

ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

3/2010

Ročník XXII



- ZALOŽENÍ UNIKÁTNÍHO KOMPLEXU CVJETNI V CENTRU ZÁHŘEBU
- PRODLOUŽENÍ TRASY METRA A V PRAZE
- STRAHOVSKÝ AUTOMOBILOVÝ TUNEL – SAT 2. B, STAVBA Č. 0065 – HLOUBENÝ TUNEL MO
- MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA A REKONSTRUKCE JEZU V BEROUNĚ





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:

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrba

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

K článku na str. 22; SAT 2. B

Foto: Libor Štěrba

Překlady anotací:

Mgr. Klára Koubská

Design & Layout:

Jan Kadoun

Tisk:

H.R.G. spol. s r.o.

Ročník XXII

3/2010

Vyšlo 2. 11. 2010 v nákladu 1000 ks

MK ČR 7986

ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2010 je cena časopisu 90 Kč.

Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,

balného a poštovního.

Objednávky předplatného:

ALL PRODUCTION, s. r. o.

Areal VGP

Budova D1 F V. Veselého 2635/15

193 00 Praha 9 – Horní Počernice

tel.: 234 092 811,

fax: 234 092 813

E-mail: obchod@allpro.cz

<http://allpro.cz/>

<http://predplatne.cz/>

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

OBSAH

SERIÁL

Stavební stroje kdysi, část 7.

Soumrak parních strojů na staveništích

Zdeněk Bauer

2

TEORIE A PRAXE

K povaze sedání osamělé piloty nebo základu na skupině pilot

Ing. Petr Hurych, FG Consult, s. r. o.

6

Nová linka na výrobu injekčních trubek

Petr Brandejs a Ing. Ivan Bažant, Zakládání staveb, a. s.

9

ZAHRAŇIČNÍ STAVBY

Cvjetni – založení unikátního obchodního a obytného komplexu v centru Záhřebu

RNDr. Ivan Beneš, Zakladani staveb, d. o. o.

10

DOPRAVNÍ STAVBY

Prodloužení trasy metra A v Praze

M. Kochánek, J. Růžička, J. Korejčík; METROPROJEKT Praha, a. s.

15

Strahovský automobilový tunel (SAT 2. B), stavba č. 0065 – Hloubený tunel MO

Ing. Ota Špinka, Ph.D., PUDIS, a. s.

s přispěním ing. Michaela Remeše, Zakládání staveb, a. s.

22

Stavba pohledem generálního zhotovitele

Petr Tesař, Eurovia CS, a. s., za zhotovitele Sdružení 2. B Eurovia – Energie

27

VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

Malá vodní elektrárna a rekonstrukce jezu v Berouně

Za projekční tým Ing. Petr Beranovský, Mürabell, s. r. o.

28

Zajištění stavební jámy pro MVE v Berouně

Ing. Jiří Charamza

31



Při stavbě plavebních komor štěchovické přehrady firmou Domanský – Kress se uplatnily nově dodané motorové lokomotivy Škoda NL-9 o výkonu 40 k.

STAVEBNÍ STROJE KDYSI, ČÁST 7. SOUMRAK PARNÍCH STROJŮ NA STAVENIŠTÍCH

V minulé části seriálu, kdy jsme navštívili staveniště v době první republiky, viděli jsme tam zprvu ojediněle, postupně však stále častěji pracovat stroje bez vysokých komínů, vydávající místo měkkého bafání parostroje rachotivý hřmot benzinového nebo naftového motoru. Čas parních rypadel, lokomotiv, beranidel, válců a lokomobil se začal pomalu naplňovat. Ve 20. letech se to ještě nedalo příliš poznat, ve 30. už byla změna nápadnější a s koncem republiky a zahnáním pod

„ochranná“ křídla německo-říšské orlice se najednou otevřela stávidla nákupu německých bagrů a lokomotiv se spalovacími motory naplno. Euforie z motorizace stavenišť ale netrvala dlouho. Přesně jen do té chvíle, než vypukne 2. světová válka zahnal Německo do stupňujících se problémů nedostatku benzínu a nafty. Uhlí sice také nebyl nadbytek, zvláště když většina českého hnědého uhlí ležela najednou na území „tisícileté Říše“, protože se ale nehodilo pro letadla a tanky, dal

se jeho přiděl získat snáz. A tak se někdy od roku 1942 znovu dostaly do módy původně už vyřazované parní stroje. Německé, ale na povel i české lokomotivky začaly na běžícím páse vyrábět stovky, ba tisíce malých parních lokomotiv pro stavby a průmysl, téměř už odepsaná výroba parních rypadel se také rozběhla naplno. Aspoň do té doby, než se větší na německých fabrik proměnila v sutiny. Když přešla válka a o něco později i největší poválečná nouze, vrátili se staré i nově vyráběné stroje se spalovacími motory znovu na staveniště. Napomohly tomu i nově objevené typy stavebních strojů z dodávek poválečné pomoci spojenců UNRRA, jako byly traktory, dozery a grejdry značky Caterpillar a dalších. Jakmile se české strojírny dostaly z nejhorších škod napáchaných válkou, rozběhla se v nich také velkovýroba stavebních strojů. Bylo to nutné, protože odjinud se najednou nedalo čerpat. Z válečných reparací se k nám jen velmi pomalu a se zpožděním dostávalo pár desítek lokomotiv pro stavby, a to ještě většinou parních. Po Němcích zabavené stroje byly často v žalostném stavu a nakupovat nebylo odkud. Zvláště poté, co Československo na příkaz Moskvy odmítlo Marshallův plán. A tak se ve Škodovce i v ČKD dál vyráběly parní lokomotivy i bagry, ale stále rychleji přibývala i rypadla motorová a naftové lokomotivy. Nebylo nutné si dělat velké starosti s původem licencí pro



Německé motorové rypadlo Demag ve službách vídeňsko-pražské firmy Pittel & Brausewetter na stavbě tzv. německé dálnice Vídeň–Vratislav u Skalice nad Svitavou na počátku 40. let; za ním parní lokomotiva Orenstein & Koppel

rypadla Menck & Hambrock typů Mb, Mb2 a Mc, která už za války obě továrny vyráběly. Produkce motorových lokomotiv Montania německého koncernu Orenstein & Koppel se do pražské továrny v Libni dostala také za války, což se teď hodilo. Staronové typy MD byly osazovány motory Škoda a označeny proto například jako MD2Š. Továrna Ferrovía v Radotíně produkovala motorové lokomotivy s elektrickým přenosem výkonu až 50 koní. Dobře fungovala i domácí výroba silničních válců (parních i motorových), traktorů a postupně stále více i nákladních automobilů. Ze zahraničí se k nám v té době mnoho techniky nedostávalo. Je zajímavé, že stavební příručky z 50. let oplývají podrobnými popisy mnoha sovětských stavebních strojů, z nichž ale většinu téměř nikdo na našich stavbách neviděl. Světlou výjimku představoval snad jedině pásový traktor Stalinec. Východoněmecké továrny byly v troskách, jejich použitelné zařízení odvezla Rudá armáda do SSSR a na větší nákup ze „západu“ chyběly devizy. Byli jsme tedy odkázáni na domácí produkci, která nemohla stačit.

Důvodů pro to bylo víc. Jednak povinné dodávky velkého množství strojů do Sovětského svazu, jednak potíže v továrnách samotných z nedostatku surovin, energie i kvalifikovaných pracovníků, přes neustálé reorganizace podniků až po šlendriánství a nechuť k práci. Stavebních strojů byl nedostatek i proto, že jich velké množství spotřebovaly severočeské povrchové doly pro skrývku zeminy i vlastní těžbu uhlí. A protože tam prakticky zmizeli původní obyvatelé včetně kvalifikovaných sil, zacházeli se složitými stroji lidé bez znalostí obsluhy, bez citu pro techniku a nakonec i bez vztahu k jakýmkoliv hodnotám, které za socialismu „patřily všem“. Staré stroje se přetkně dávaly do šrotu, ale životnost nově vyráběných byla velice krátká, často jen několik málo let. Díky nereálné stanoveným cenám, které si mamutí národní podniky jen přepisovaly navzájem, bylo levnější nakoupit novou lokomotivu než starou opravit. Není tedy divu, že bylo všeho pořád málo.

Situace se po roce 1948 vyvíjela ode zdi ke zdi. Stanovovaly se nereálné cíle, a když se



Na fotografii L. Votruby z ledna 1943 vidíme na stavbě horní nádrže štěchovické přečerpávací elektrárny (firmy Domanský a Kress) stroje všech trakcí: elektrický věžový jeřáb, motorovou lokomotivu a parní rypadlo, vypůjčené od firmy Lanna.

jich nedosáhlo, šlo se úplně jinam. Na jedné straně byla snaha zmodernizovat stavební činnost vyřazením starých parních lokomotiv, a to jednak náhradou naftovými mašinkami, jednak převedením kolejové dopravy na automobily. Tenhle trend vcelku na počátku 50. let fungoval, jak je vidět ze stavenišť vltavské kaskády. Protože ale především na Slovensku existovala stavenišť, kde lokomotivy chyběly, vyrobila ČKD v roce 1951 najednou 75 parních lokomotiv zcela nově vyvinutého typu BS 80, převážně pro stavební podniky ČSSZ (Československých stavebních závodů). Část jich odešla na vážskou kaskádu, část na připravované stavenišť slovenských hutí u Košic (HUKO), část se rozesela po jiných stavbách.

Stavba železáren se ani nerozběhla, na ostatních stavenišťích se mašinky ohřály pár měsíců, než došla auta nebo motorové lokomotivy, a do několika let se všechny ocitly za branami hutí nebo jiných podniků těžkého průmyslu, kde našly konečné útočiště. Podobným způsobem se v ČKD stále prodlužovala výroba parních lokomotiv s výkonem 200 koní pro severočeské doly jen proto, že se nedařilo elektrifikovat tamní úzkorozchodné drážky na lomech. Nakonec bylo v letech 1951–59 vyrobeno bezmála tisíc takových strojů s nejčastější životností 6 až 10 let. Poslední z nich se dodávaly jako náhrada za ty nejstarší v době, kdy se konečně elektrifikace rozběhla a nové parní stroje už nikdo nepotřeboval.



Na tovární fotografii Škodovky z počátku 40. let je zachycena na stavbě u Brna lokomotiva ČKD a rypadlo Škoda s lopatou 1 m³; oba stroje nesou označení majitele – německé stavební firmy Funke & Co. ze saského Freitalu.



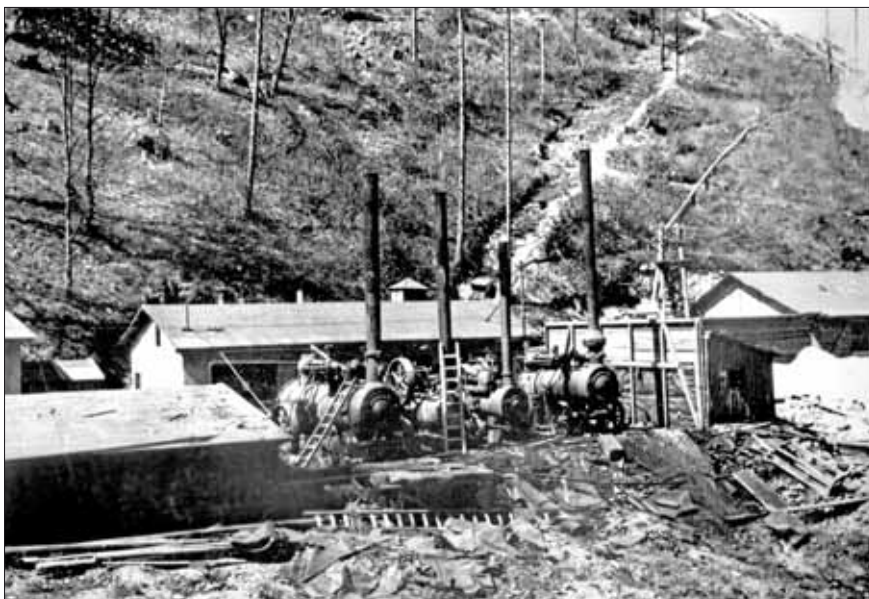
Dálnici Praha–Brno v úseku Šternov–Psáře stavěla na počátku 40. let firma Jelínek a synové. Kouřící rypadlo Menck & Hambrock má ve skutečnosti spalovací motor, sekundují mu dvě naftové lokomotivy Montania MD2 a MD3.



Ze zásob anglo-amerických spojeneckých armád pocházely některé stavební stroje používané na našich stavbách těsně po válce. Buldozer Caterpillar D8 a scraper D 80 též firmy používala v létě 1947 firma Kruliš na stavbě železnice u Tišnova. (Foto Ing. P. Havránek)



Tovární fotografie licenčního provedení rypadla Škoda-Menck typu Mb ze 40. let, jehož lopata měla obsah 1 m³



Při budování přehrady Klíčava v povodí Berounky od roku 1949 se parní stroje neuplatnily, jen čtyři parní lokomobily vytvořily kotelnu pro zimní vytápění

Skoro všechna parní rypadla se ze stavební služby vytratila už na počátku 50. let. Ta nově vyráběná putovala jen na doly a do zahraničí, především do SSSR. Ostatním strojům jejich odchod trval o něco déle, ale do konce 50. let pára ze stavenišť prakticky zmizela. Přežívalo jen několik málo parních lokomotiv, a to spíše administrativně, sem tam se objevil nějaký parní válec na úpravě silnice, pro vytápění se ještě někde využívaly staré parní lokomobily, ale to bylo všechno. Stavební scénu ovládly těžké automobily, motorová rypadla a další stroje se spalovacími či elektrickými motory. Na stavbách vltavských přehrad z té doby už ta změna byla velmi dobře patrná. Zatímco na Slapech se ještě bez parních lokomotiv nedalo obejít, i když nejvíc posloužily při těžbě kamene v teletínském lomu, na Lipně se už vyskytovaly jen krátce při odvozu materiálu u přehrad ve Vyšším Brodě a na Orlíku byly parou poháněny kromě beranidel jen dva bagrovací stroje, plující po Vltavě.

Nová technika byla výhodná z mnoha důvodů. Především skýtala mnohem více pohodlí obsluze a neobtěžovala svou „špínou“. Nebylo třeba házet lopatou uhlí, odklízet popel a nechat se zasypávat sazemí. Nepříjemný byl uhelný dým, ale otázkou je, zda nejsou zplodiny naftového motoru lidskému zdraví víc nebezpečné. Ani horší tepelná účinnost parního stroje nehrála roli, pokud bylo uhlí dostatečně laciné. Odpadlo však pravidelné nedělní vymývání kotle a dennodenní roztápění dlouho před započítím pracovní směny. Kvůli tomu by ovšem žádný soukromý majitel parní lokomotivu za motorovou nevyměnil, i když v roce 1948 soukromí podnikatelé u nás vymřeli. Důležité byly náklady na provoz stroje, do nichž se promítala cena paliva i cena pracovní síly. Dokud byla mzda topiče nepatrná, odrazovala vyšší cena benzínu nebo nafty i vlastního stroje se spalovacím motorem. Postupně se ale cenové poměry začaly měnit. Parní provoz se prodražoval i povinnými revizemi kotle a jeho poměrně nákladnými opravami. Naproti tomu údržba vlastního stroje byla velmi levná a až na výjimky se obešla bez nutnosti platit drahé dílenské opravy. Stačilo kladivo a pár klíčů a sem tam v domácí kovárně vylít ložiska.

Hlavní nevýhodou spalovacích motorů byla dlouho jejich vyšší pořizovací cena na jednotku výkonu. A také velká hmotnost oproti motorům parním, což tolik nevadilo u bagrů, zato u lokomotiv ano. Nakonec až do konce kolejové dopravy na stavenišťích nedošlo k odpovídající výkonové náhradě velkých parních lokomotiv. Ty motorové se na stavebních kolejích dostaly na úroveň pouhých 60 koní, zatímco dvoji- i trojnásobné výkony u páry byly běžné už o 50 let dříve. Páru při odvozu zeminy od



Fotografii ze staveniště lipenské přehrady přikrášlila v květnu 1955 motorová lokomotiva typu BNE 50 z radotínské Ferrovie, nesoucí kromě provozního čísla 7 také štětcem namalované jméno Jitůška.

rypadel tak mohla nahradit jenom auta. Místo kouře za nimi zůstávala mračna prachu a nekonečný rámus. Ale řidič seděl v teplé kabině a nemusel přikládat do pece. Jakkoliv se zdá dnes parní stroj archaický a dávno překonaný, není to pravda. Jeho jedinou skutečnou nevýhodou byl složitý kotol. A jeho nepřekonanou výhodou oproti spalovacímu motoru zůstala jednoduchost a pracovní charakteristika, která mu umožňuje rozjet těžkou lokomotivu plnou silou z nulové rychlosti, a to beze všech spojek a převodovek, které tak komplikují dnešní „moderní“ vozidla. Proto se i dnes stále hledá cesta, jak vyrobit páru podstatně jednodušěji než vařením vody v kotli.

Možná jsem trochu zanedbal třetí druh pohonu stavebních strojů, totiž elektromotor. Ten se ale na stavbách používal jen u menších a stabilních strojů, především k pohonu čerpadel, kompresorů, beranidel, výtahů apod. V pohonu velkých strojů se elektřina uplatnila na staveništích jen málo, na rozdíl od povrchových dolů. Elektrické lokomotivy se z pochopitelných důvodů neobjevily vůbec a elektrických rypadel bylo poskrovnu, především v době světové války a brzy po ní, kdy nebyla nafta. Pokud nebyl ani proud, existoval kuriózní způsob náhradního pohonu: kouřící parní lokomobila na uhlí poháněla generátor proudu a jím se pak napájelo rypadlo. Náhrady a náhražky byly běžné v té době, kdy se na auta, ale i na malé stavební benzinové lokomotivy montovaly generátory na dřevoplyn, tedy malá kamna, ve kterých se nedokonalé spalovaly bukové špalíky, a vzniklý plyn nahrazoval benzinovou směs.

Zdeněk Bauer



V roce 1954 na Lipně nakládalo rypadlo Orenstein & Koppel do bývalého vojenského automobilu CMP (Canadian Military Pattern) z produkce Ford nebo Chevrolet o nosnosti 3 tuny.

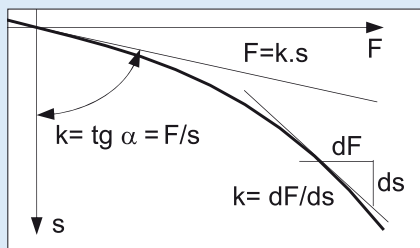


Na stavbě přehrady Orlík už vévodila nákladní auta Tatra, vedle nichž na obrázku vidíme ještě originální rypadlo Mb2 od výrobce Menck & Hambrock a v popředí sovětský traktor Stalincec s přimontovanou radlicí.

K POVAZE SEDÁNÍ OSAMĚLÉ PILOTY NEBO ZÁKLADU NA SKUPINĚ PILOT

Článek probírá některé otázky číselného popisu sedání piloty nebo základu na pilotách. Diskutuje tuhost základu jako údaj nutný k řešení horní stavby. Ukazuje a rozebírá vážnou chybu v normách a odborné literatuře při konstrukci zatěžovací křivky. Odvozuje Hookův zákon z předpokladu o deformační energii. Diskutuje pojem „plášťové tření“ a na něm založené vyčíslitelné představy o statické funkci piloty. Ukazuje příklad matematického modelu osamělé piloty a skupiny pilot.

Sedání popisuje křivka (funkce) vztahu deformační a zatížení ve stavu rovnováhy. Lze ji získat zatěžovací zkouškou – měřením zatížení a příslušné deformace. Obecným znakem vztahu zatížení a deformace je jejich úměrnost v první fázi zatěžování, vztah je lineární. Při vyšších silách roste deformace rychleji, graf se zakřivuje (obr. 1).



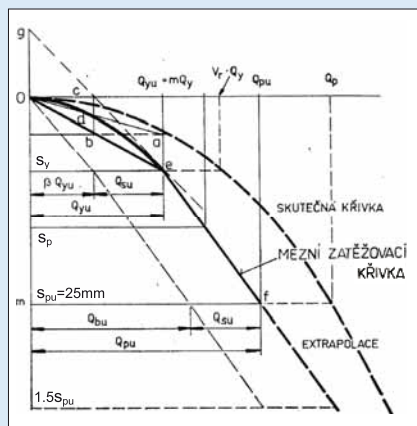
Obr. 1: Charakter závislosti zatížení a deformace

Tento charakter má zkouška každé mechanické soustavy, např. základu na skupině pilot. Sedání piloty ani jiného základu nevybočuje z obecné zákonitosti: Počátek grafu závislosti mezi F a s je lineární a v jistém rozsahu dobře splňuje Hookův zákon „Ut tensio, sic vis“, (Jaké protažení, taková síla, Robert Hooke, 1678). Tangenta sklonu α (tečny v počátku) je poměr síly a vyvozené deformace v místě a směru síly, tuhost k soustavy. V křivé části je to sklon tečny, $k = dF/ds$. Tuhost k se někdy nazývá „pérová konstanta“. Je-li problém 1D, „pero“ tuhosti k nahradí celý základ. Řešitel horní stavby víc nepotřebuje. Jde-li o 3D problém, nastoupí čtvercová symetrická matice tuhosti k_{ij} . Určí lineární vztah mezi šesti složkami sil F_i a šesti složkami deformace s_j :

$$F_i = k_{ij} * s_j \text{ (sčítá se podle } j \text{ od 1 do 6).}$$

Chceme-li matici tuhosti získat ze zkoušek, zatěžujeme jednotlivě všemi silovými a momentovými složkami a měříme všechny složky deformace pro každou složku zatížení. Matice k_{ij} pak plně nahradí základ ve statickém modelu horní konstrukce. Systém zkoušek tak může zjistit matici tuhosti základu. o něm ani o podloží pak nemusíme nic znát, je to „černá skříňka“, vše se z ní

dozvíme zkouškami. Nelze-li zkoušku provést (např. příliš velké zatížení), lze získat zatěžovací křivku např. s pomocí matematického modelu. Pak ale musíme znát tvar a materiál základu i podloží, přijmout jistá zjednodušení o chování materiálu, o podmínkách na hranicích modelu atd. Matematické modelování může být složité, ale je schůdné téměř vždy.



Obr. 2: Konstrukce mezní zatěžovací křivky podle [1]

Pro osamělou pilotu doporučuje literatura [1 až 4] konstrukci křivky dle obr. 2, která ale skrývá vážnou fyzikální chybu: Část oe navržené křivky je kvadratická parabola s vrcholem v počátku (obr. 2), kde má vodorovnou tečnu. To vede k rozporům:

1. „Nekonečná“ tuhost v počátku – jde-li s k nule, roste k nade všechny meze;
2. Parabola 2° je funkce sudá, $f(-x) = f(x)$, záporné zatížení dá stejný směr průhybu jako kladné;
3. Největší křivost je v počátku, pak postupně klesá a přechází do přímky. To je sled přesně opačný k tomu, co ukazuje zkoušky.

Ve [2] a [3] se píše: „Pro účely praktické statiky se parabola oe nahradí přímkou“. Lze to číst: „parabola je dobře jen teoreticky“, což není. Praktická statika má dát řešiteli horní stavby tuhost podpory, s parabolou to nelze.

Opakuje-li se táž chyba ve čtyřech publikacích různých autorů v různé době, jde asi

o opisování bez porozumění. Opisující autoři byli patrně geotechnici, jejichž odtažitý postoj k matematice (fyzice, statice) je častý. Chyba mohla vzniknout snahou o splojitost a hladkost náhrady bez domyšlení důsledků.

V [5] je Hookův zákon uveden do souvislosti s energií deformace. Zákon pak vyplývá z předpokladu, že energie deformace závisí kvadraticky na deformaci (obr. 3). První rovnice níže je rozvoj funkce energie $w(s)$ do MacLaurinovy řady. Druhá je její derivace podle posunu s , tj. síla F .

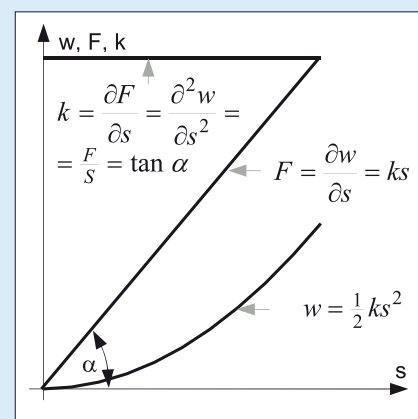
$$w(s) = w_0 + w_0' s + \frac{1}{2} w_0'' s^2 + \frac{1}{6} w_0''' s^3 + \dots$$

$$F(s) = \frac{\partial w}{\partial s} = w_0' + w_0'' s + \frac{1}{2} w_0''' s^2 + \dots$$

Pro $s = 0$ je $F = 0$, první člen druhé rovnice odpadá. Třetí člen je buď malý proti druhému (kvadrát malého čísla), anebo odpadá, mění-li zatížení i deformace znaménko společně. Posun tedy vyvodí sílu:

$$F(s) = w_0'' s + \frac{1}{6} w_0''' s^3 + \dots,$$

kde s převládne nad s^3 . Tím je odvozen Hookův zákon z hypotézy, že energie deformace roste kvadraticky s deformací. Pak platí vztahy pro energii, deformaci, sílu a tuhost dle obr. 3.



Obr. 3: Síla „F“ je derivace deformační energie „w“ podle posunu „s“, tuhost „k“ je derivace síly dle „s“.

Zajímavá je univerzalita Hookova zákona, platí pro všechny pevné látky, i umělé (textil, papír, plasty, sklo, beton, ocel atd.), viz [5]. Platnost Hookova zákona pro materiál podloží bývá zpochybňována; grafy zatěžovacích zkoušek ale ukazují, že náhrada přímkou v rozsahu pracovního zatížení je většinou oprávněná.

Jde-li o návrh piloty vymezený zatížením, sedáním a podložím, je třeba vyjít z představy o chování materiálu podloží namáhaného pilotou. To vede buď ke konstrukci

zatěžovací křivky např. dle [1 až 4], anebo k matematickému modelu, např. k rotační symetrii řešené metodou konečných prvků.

V prvním případě pracujeme s pojmy jako plášťové tření, jeho mobilizace, mobilizační posun atd. Odvoláváme se i na pružný poloprostor (Poulosovo řešení), abychom získali součinitele sedání. Musíme rozlišovat uložení paty, zda je vetknutá nebo opřená o skálu nebo o tužší zeminu. Výsledkem je zatěžovací křivka pro zvolený průměr a délku piloty v daném podloží. K výsledku lze dojít bez výpočetní techniky.

V druhém případě modelujeme podloží jako válec s modulem deformace daným po vrstvách, s pilotou uprostřed. Model zůstane spojitý i po deformaci, neukáže žádný pokluz mezi pilotou a podložím. Zobrazí deformaci a napjatost v celém řezu válcem. Modelování pružného podloží a základu se užívá v širokém oboru úloh statiky zakládání. Pojem „plášťové tření“ je v popisu chování piloty (např. [4]) klíčový. Měl by proto být nějak definován. Ale v [1 až 4] chybí jeho vymezení úplně. Není zmínka o jeho fyzikálním rozměru (někdy kPa, jindy kN/m, jindy kN), jeho mechanismus je někdy tření, jindy smykové napětí.

Intuitivní představa a pojem „plášťové tření“ (*Mantelreibung, skin friction, frottement latéral*) vznikl asi v éře beraněných pilot, posun „pilota – podloží“ je při beranění zřetelný. Založit vyčíslitelnou představu o statické piloty jen na namáhání pláště a paty a na postupné mobilizaci těchto sil bylo snad kdysi jediné řešení.

Matematické modelování zahrne do vyčíslitelné představy i okolí piloty. Obecně se z modelů vždy dozvíme jen to, zhruba řečeno, jak by to vypadalo a co by se dělo, kdyby předpoklady do nich vložené byly splněny.

Cílem modelování není simulace „skutečnosti“, ale jen toho, co je v dané situaci na předloze modelu podstatné, vybrané veličiny, vztahy apod.

Při modelování MKP odpadá formulace pojmů a algoritmů, lze využít všechny pojmy teorie pružnosti a statiky (matice tuhosti, stav přetvoření, napjatost atp.). Algoritmus řešení je stejný, ať jde o konstrukci základu nebo horní stavby. Takže je dokonce možné modelovat obě části najednou.

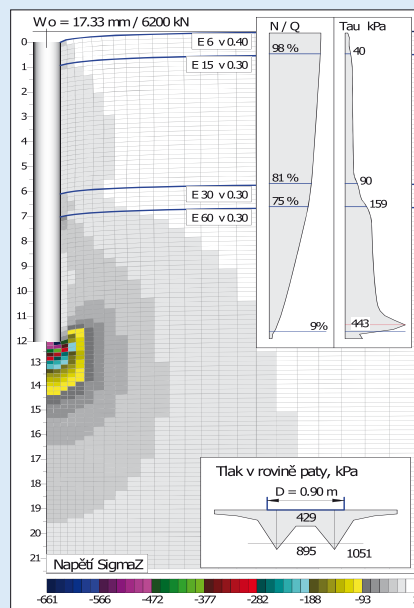
Na obrázcích 4, 5 jsou grafické části výstupu modelového řešení piloty šablonou „PileVi.dot“, která funguje v prostředí textového editoru Word. Obrázky se liší jen zobrazenou složkou napětí.

V obou je také zobrazen postupný pokles osové síly jako poměr N/Q , vnitřní síla N k zatížení hlavy Q . S tím souvisí průběh smykového namáhání „Tau“, což je rychlost úbytku N podél z , vztažená k obvodu piloty:

$$\tau = \frac{\partial N}{\partial z} \cdot \frac{1}{\pi D}$$

Průběh „Tau“ má při patě typickou špičku, vzniká z náhlé změny průřezu – konec piloty. Vynesen je i průběh napětí σ_z na patě, kde vznikají špičky při kruhové hraně „podstava – plášť“. Špičky napětí dává geometrická singularita a mohou mít z části jen teoretickou povahu. Jsou známé i z jiných oblastí mechaniky (např. razník).

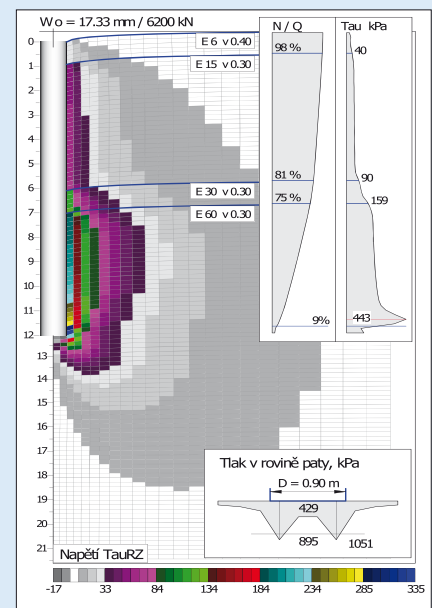
Průběh napětí je vykreslen do sítě deformovaných prvků, obarvených podle namáhání. Místo zatěžovací křivky je vyčíslena tuhost k , kN/mm, model je lineární. Je vidět, že pilota ovlivní podloží nejen na plášti a patě,



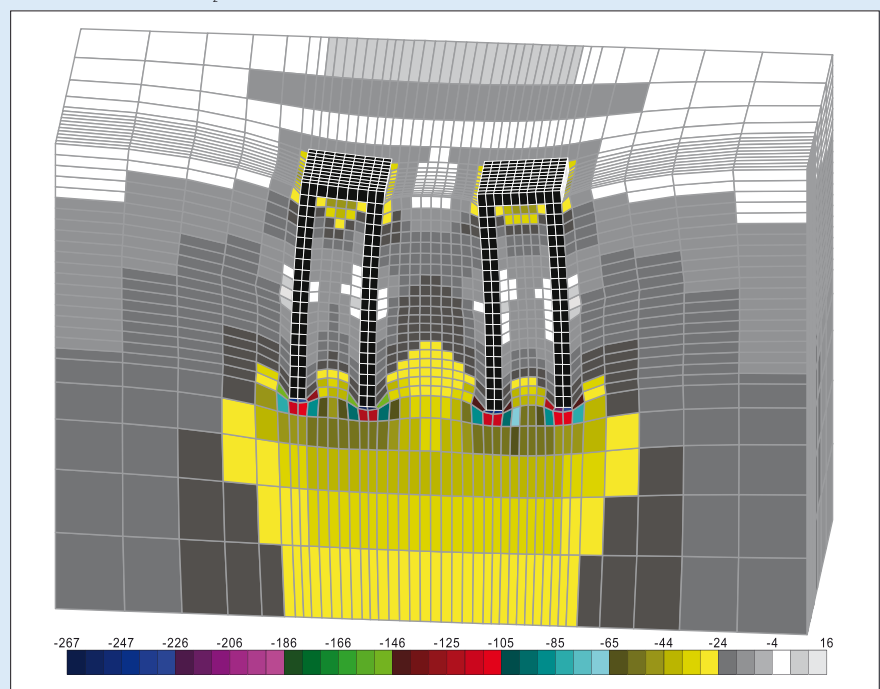
Obr. 4: Grafická část řešení matematického modelu, průběh napětí σ_z

ale i v okolním prostoru, viz též [6]. Rozšíření pozorované oblasti na prostor kolem dířku a pod patou piloty dává podstatně lepší představu, byť jen modelovou, o mechanismu „pilota + podloží“ a může být východiskem k pochopení jevů v pilotové skupině, interference a z ní plynoucích zvláštností.

Toto téma zachycuje příklad na obr. 6. Dvě základové desky na pilotách, levá na čtveřici, pravá na pěti pilot (pátá uprostřed čtveřice). Desky jsou zatíženy svisle centricky, každá výslednou silou 8 MN z rovnoměrné zátěže 0,5 MPa po celé desce. Model mj. ukazuje vliv rozmístění a počtu ve skupině a efekt dvojice základů stejné hloubky 10 m, osové vzdálenosti 9 m.



Obr. 5: Model dle obr. 4, smyková napětí τ_{rz}



Obr. 6: Čtveřice a pětice pilot $\varnothing 90$ cm, L 10 m, pod deskami 4x4m tl. 1.2m, každá deska zatížena svisle centricky 8 MN, ze zátěže povrchu 0.5 MPa. Sednutí čtveřice (vlevo) asi 34 mm, pětice 33 mm. Desky se vzájemně přiblíží asi o 1 cm.

Desky se vzájemně přiblíží asi o 1 cm, přestože zatížení každé je jen svislé a centrické. Levý základ (4 piloty) sedne asi 34 mm, pravý (5 pilot) asi 33 mm. Deformovaný model je téměř úplně symetrický. To asi překvapí, vždyť každý základ je jiný, 4 piloty vlevo, 5 pilot vpravo, za jinak stejných podmínek. Piloty jsou ohýbány, zdánlivě bezdůvodně. Ve čtveřici je max. mom. na pilotě 191 kNm, v pětičce 173 kNm, vždy v hloubce 5 m. Výsledek je trochu jiný, než jsme čekali, a zprvu nevíme, zda je správný. Vysvětlení je např. v rozboru smykových napětí na plášti základů i jeho částí. Vidíme, že nečekaný výsledek z modelu může přinést nové poznatky o modelovaném vzoru. Zde mj. zjišťujeme, že čtveřice a pětičce pilot (pátá pilota uprostřed) jsou téměř rovnocenné. Že dvojice skupin pilot (dvojice základů) se naklání k sobě. Že svislé napětí σ_z pod rovinou pat pilot má podobný charakter jako pod jediným základem. To nejsou zvláštnosti daného případu, objeví se i jindy, jsou to obecnější zákonnosti interference pilot ve skupině nebo celých skupin. A ještě malá zmínka o jednom rysu matematických zápisů. Jsou psány podle přesných pravidel, jednoznačně a stručně. Slouží proto také ke komunikaci mezi těmi, kdo je umí

používat. Ostatně je znám výrok Galileův: „V knize přírody může číst jenom ten, kdo zná jazyk, jímž je napsána. A tím jazykem je matematika.“ To už je ale jiná tematika. Příkladem stručnosti je zápis výše zmíněného maticového součinu:

$F_i = k_{ij} \cdot s_j$, Používá Einsteinovo sumační pravidlo, sčítá se podle stejných indexů. První z 6 řádků je:

$$F_1 = k_{11} \cdot s_1 + k_{12} \cdot s_2 + \dots + k_{15} \cdot s_5 + k_{16} \cdot s_6$$

Závěrem lze říci, že téma tuhosti a deformace základů, nejen pilotových, je aktuální tím, že limit deformace často v návrhu základu rozhoduje.

Literatura:

- [1] ČSN 73 1004 Velkopřůměrové piloty, 1982.
- [2] Pochman, Šimek a kolektiv, 1989, Komentář k normě ČSN 73 1002.
- [3] Šimek, Jesenák, Eichler, Vaníček: Mechanika zemin, SNTL Praha 1990.
- [4] Masopust: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, s. r. o., 1994.
- [5] Feynman: Feynmanovy přednášky z fyziky, 2. díl, 2001.
- [6] Hurych: Pilota a podzemní překážka, časopis Zakládání staveb, 2/2008.

[7] Hurych: k problematice výkladu výsledků zatěžovacích zkoušek pilot, časopis Zakládání staveb, 4/2009.

Použité modely jsou zpracovány formou šablon Wordu, výpočty a grafika jsou zapsány jazykem Texcalc2008 © ing. Hurych.

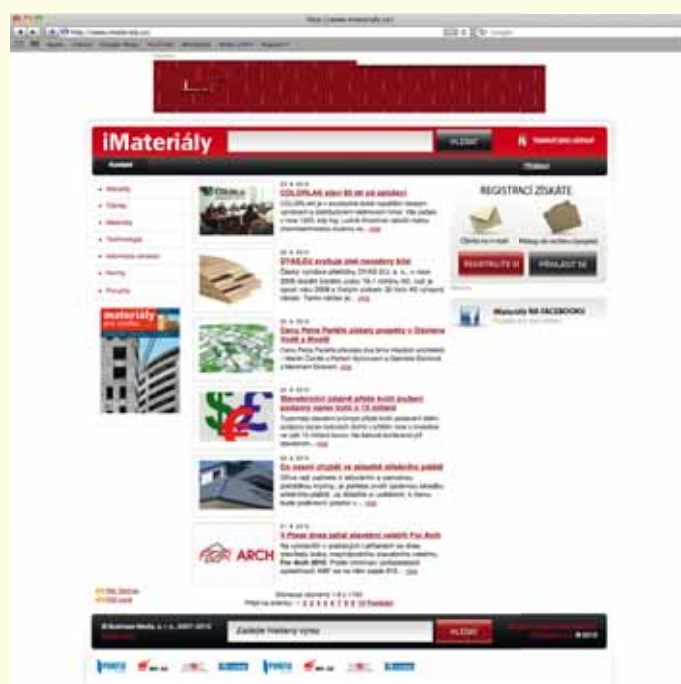
Ing. Petr Hurych, FG Consult, s. r. o.

On the character of a single pile or a group of piles foundation settlement

This article discusses some of the issues of a numeric description of settlement on a single pile or a group of piles foundation. A foundation consistence is discussed as a specification required for the solution of an upper structure. The article further presents and analyses a serious mistake found both in the standards and expert literature dealing with load curve construction. Hook's relation is derived from a premise on deformation energy. The notion of „skin friction“ is also discussed together with deriving numerically expressible concepts of the static function of a pile. The article also shows an example of mathematic modelling on a single pile and group of piles.

iMateriály

Internetový portál pro odbornou stavební veřejnost. Přináší aktuální informace z oboru stavebnictví, novinky v oblasti stavebních materiálů a výrobků a odborné články renomovaných autorů.



www.imaterialy.cz

NOVÁ LINKA NA VÝROBU INJEKČNÍCH TRUBEK

Před třemi lety jsme v časopise Zakládání psali o zprovoznění nové linky na výrobu pramencových kotev z povlečených pramenců. Již tehdy však Zakládání staveb, a. s., zadalo další úkol dodavateli této linky: postavit automatickou linku na výrobu injekčních trubek, které tvoří nedílnou součást kompletní dodávky zemní kotvy. V letošním roce bylo toto zařízení zprovozněno a vyrobilo již tisíce metrů těchto trubek.



Linka s obsluhou

Výroba injekčních trubek byla doposud zdoluhavá a pracná. Vyžadovala provádění veškerých operací při sestavování trubky manuálně. Jednalo se o řezání závitů, vrtání injekčních otvorů, navlékání kroužků a manžet, jejich lepení atp.

Firma M. B. O. z Itálie se tedy pustila do ne snadného řešení: navrhnout a vyrobit zcela unikátní zařízení, jež všechny tyto úkony umožní provádět strojově – automaticky. Přitom podobné zařízení do dnešní doby nikde nebylo. Dnes, po zhruba 2,5 letech od zadání, je toto zařízení již funkční a vyrábí injekční trubky na novém pracovišti ve výrobně kotev v Praze-Libuši. Jedná se o prototyp stroje (s označením O1), jehož půdorysné rozměry jsou 13x1,4 m, výška 1,7 m, který provádí následující operace: Ze zásobníku si stroj odebere polotovár

trubky. Vyřeže postupně na obou koncích závit a srazí hrany. Současně jsou z podavačů, které předem naplní obsluha, vyzvednuty kroužky s manžetami, které jsou zasazeny do lůžek svěr. Během posunu je trubka vyvrtávána a skrz sevřené manžety a kroužky protlačena do přesně stanovených roztečí. Přitom probíhá tavné bodové svařování zajišťovacích kroužků. Hotová trubka je tak zhruba za 4 minuty vytažena z lože stroje a vypuštěna do zásobníku hotových trubek.

Celý proces řídí prostřednictvím průmyslového počítače jeden pracovník, který přitom plní zásobník trubkami a podavače manžetami s kroužky. Dle konkrétního požadavku může nastavit různé modifikace počtu manžet nebo výrobu pouze bezmanžetových trubek. Dohlíží na chod tohoto složitého zařízení a neustále

kontroluje kvalitu výrobku. Jedinou ruční operací pak na závěr zůstává vhození kalibru do hotové injekční trubky. Tím se zkontroluje průchodnost trubky pro zapuštění obturátoru a odstraní se špony z vrtání.

V současné době je linka ve zkušebním provozu a vyrobila již více než 8 tisíc kusů injekčních trubek.

Tomuto výsledku předcházela dlouhá řada jednání s výrobcem a mnoho úprav na zařízení, ať již v Itálii nebo dolaďování v Praze. Také bylo nutno zpřísnit tolerance na tvar kroužků, manžet a trubek od dodavatelů. Některé úpravy a vylepšení jsou dílem našich pracovníků, například shozy na odpad pilin ze závitorezů, zpřesněné navádění trubek do závitorezů pomocí nátrubků, náběhy pro snadné protlačování trubek svěrami, zlepšený tvar hrotů, zamezující propálení trubek, a bezpečnostní zachytávač hotových trubek. Protože se jedná o prototyp stroje, je zatím pořád co vylepšovat. Přesto se dá říci, že se společnosti Zakládání staveb, a. s., podařilo postavit zcela nový, opravdu unikátní stroj, který výrobu injekčních trubek posouvá na novou úroveň.

Petr Brandejs a Ing. Ivan Bažant,
Zakládání staveb, a. s.

Foto: autoři

New production line for injection pipes

Three years ago the Zakládání Magazine published an article on a newly operated production line producing strand anchors with coated strands. At that time the Zakládání staveb Co. commissioned the supplier of these production lines to build an automated production line to produce injection pipes as they make an indispensable part of a complex delivery of earth anchors.

The new line has already started operating earlier this year and it has so far produced thousands of meters of the pipes.



Celkový pohled na linku



Podavače manžet



Celkový pohled na staveniště objektu „Cvjetni“

CVJETNI – ZALOŽENÍ UNIKÁTNÍHO OBCHODNÍHO A OBYTNÉHO KOMPLEXU V CENTRU ZÁHŘEBU

Zakladani staveb, d. o. o., Záhřeb se koncem minulého a počátkem letošního roku podílelo na založení jedinečného obchodního a obytného centra v samém srdci hlavního města Chorvatska Záhřebu. Nový multifunkční objekt bude mít pět podzemních a osm nadzemních poschodí. Stavba je zajímavá tím, že se při ní poprvé na území Chorvatska použil systém založení a výstavby top-and-down.

Dispozice stavby

Kromě způsobu založení je stavba nevsední i svým umístěním. Staveniště leží ve vnitrobloku ohraničeném ulicemi Ilica, Varšavská, Gunduličeva a náměstím Trg Petra Preradoviče, jen pár kroků od centrálního náměstí Záhřebu – Trgu bana Jelačića. Investor projektu, známá chorvatská investiční společnost HOTO Grupa, který se v minulosti podílel na výstavbě významných staveb nejen v Záhřebu, ale i jiných městech, si místo stavby nevybral náhodně. Náměstí Petra Preradoviče, mezi obyvateli města známé spíše jako Cvjetni trg (Květinové náměstí), se považuje za skutečné centrum života v Záhřebu. Náměstí už od svého založení ve 14. století sloužilo jako tržiště, dnes zde naleznete zejména stánky s květinami. Současné podoby skutečného městského náměstí se dočkalo koncem 19. století. I stavby, které náměstí lemují, svědčí o bohatém životě místa zasvěceného

obchodu, schůzkám a kavárenským debatám. Okolní paláce jsou postavené v souladu s nejlepšími trendy architektury a umění doby svého vzniku od přelomu 19. století do třicátých let 20. století.

Přílehlá ulice Ilica je hlavní městskou nákupní tepnou, kterou lze přirovnat k pražské ulici Na Příkopě nejen tím, že je určena jen chodcům (zde i tramvajím), ale i souvislou řadou luxusních obchodů všech světových módních značek, znamenitých restaurací a útulných kaváren.

Záměrem investora je vybudovat v tomto místě objekt, který bude propojovat Cvjetni trg s Ilicí a Varšavskou ulicí komplexem luxusních obchodů, restaurací a kaváren a ve kterém zároveň vznikne možnost nadstandardního bydlení.

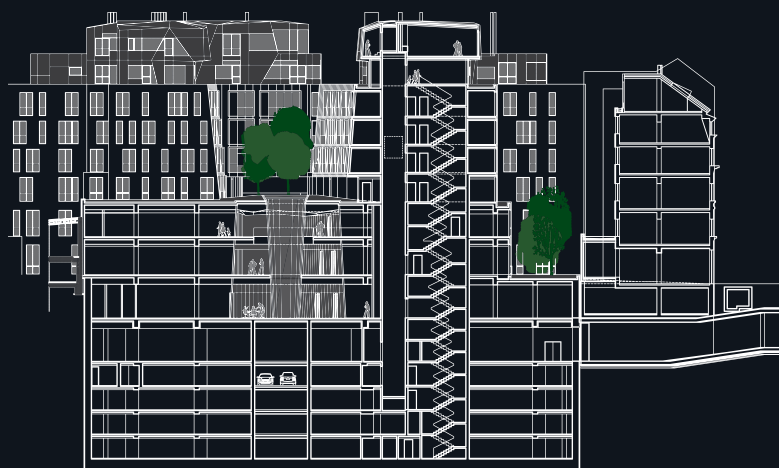
Multifunkční komplex Cvjetni sestává z tří základních celků. Prvním je přízemní část, koncipovaná jako veřejný prostor ve tvaru široké,

zakryté a klimatizované pasáže lemované obchody, butiky, restauracemi a kavárnami. Druhý celek se nalézá nad touto ulicí a tvoří jej rezidenční blok luxusních bytů s pohledem na náměstí Cvjetni trg a vnitřní otevřený park, který v duchu tradic městských vnitrobloků zdobí i prostor Cvjetného. Nad dvěma patry bytů se pak vypíná chlouba objektu, pět dvouposchodových penthousů se střešními zahradami, které ztělesňují elegantní a luxusní bydlení, dosud v Záhřebu ne zcela obvyklé.

Třetí celek je koncepčně svázán s dvěma prvními; jedná se o komplex pětipodlažních podzemních garáží, které slouží jak návštěvníkům veřejných prostor, tak i obyvatelům rezidenčního komplexu.

Realizace stavby

Staveniště multifunkčního komplexu Cvjetni je situováno v samém centru Záhřebu v proluce, vzniklé vybouráním dvorní zástavby, včetně starého kinosálu, a dvou domů s průčelím na náměstí Cvjetni trg. Vlastní projekt výstavby se několikrát proměnil. Proti původnímu záměru vybourat i jeden dům do Varšavské ulice a zbourat objekt stomatologické fakulty a protáhnout tak nákupní pasáž přes celý blok až do ulice Gunduličovy se postavily nejen



Příčný řez stavbou

občanské iniciativy, ale i záhřebští památkáři. Přes probíhající výstavbu vedou místní iniciativy ostré boje i o vjezd do podzemních garáží z Varšavské ulice.

Půdorys proluky schváleného projektu je velmi nepravidelný a vyjma hranice podél náměstí je staveniště téměř po celém obvodu obklopeno stávajícími objekty.

Geologické poměry

Geologický profil v místě provádění prací je typický pro oblast centra Záhřebu. Pod vrstvou různorodých, převážně hlinitopísčítých navážek o mocnosti do 3,5 m se nacházejí kvartérní, nejprve deluviální vrstvy, tvořené především jílovitým materiálem s proměnlivou písčitou příměsí, které nasedají na fluvialní náplavy řeky Sávy. Jejich povrch byl na staveništi zastižen v hloubce okolo 9,5 m a jejich báze se nachází v hloubce cca 15,0 m. Jedná se o drobný až středně písčité štěrky, silně zvodnělé, středně ulehle až ulehle. Podloží zastupují terciérní jíly pevné až tvrdé konzistence, které místy obsahují štěrkovitou a písčitou příměs.

Podzemní voda je vázána na fluvialní štěrkovité sedimenty, ve kterých se vyskytuje jako mírně napjatá. Po naražení voda vystupuje až do úrovně -4,50 m pod povrchem terénu.

Koncepce zajištění stavební jámy a založení objektu

Projekt zajištění stavební jámy a založení objektu vypracovala záhřebská firma IGH. Vzhledem k poměrně značné hloubce stavební jámy se dnem 21 m pod úrovní stávajícího terénu a s ohledem na charakter sousedních objektů navrhl projektant zajištění stěn stavební jámy pomocí pažicích železobetonových podzemních stěn. Podzemní stěny o tloušťce 60 cm a hloubce 29 m měly podle původního záměru sloužit pouze jako pažení stavební jámy a v definitivním stavu měl být do takto zajištěné stavební jámy vestaven zcela nový objekt včetně obvodových suterénních zdí, přibetonovaných k podzemním

stěnám. Použití zemních předpínaných kotev pro přikotvení stěn stavební jámy, byť dočasných, však narazilo na zásadní odpor u majitelů sousedních objektů, kteří nesouhlasili s jejich instalací pod svými objekty. Proto se projektant rozhodl rozepřít podzemní stěny pomocí stropů budoucí vestavby. Prvotní řešení tak spočívalo v použití modifikované technologie **top-and-down**, kde by piloty a do nich zabudované sloupy sloužily pouze jako dočasná konstrukce k přenesení přitížení od stropních konstrukcí při výstavbě suterénu stavby. Po dokončení výkopů na požadovanou hloubku, vybetonování rozpěrných stropů a vybetonování základové desky měly být nosné sloupy vlastního objektu založeny na této desce a dočasné sloupy měly být po skončení své funkce vyřezány a odstraněny. Tomu byly přizpůsobeny parametry pilot a jejich rozmístění i tvar pomocných sloupů s dopředu navařenými rámy pro jejich spojení se stropními deskami. Až během realizace stavby, po provedení zhruba jedné třetiny pilot, došlo ke kompletní změně původního záměru a projektant přešel na



Půdorys obchodní pasáže

dnes již klasicky používaný systém výstavby **top-and-down**. Tím se změnilo zatěžovací schéma všech pilot a dosud nere realizované piloty musely být přeprojektovány na piloty trvalého charakteru nesoucí celou stavbu – tedy nejen, jak se původně uvažovalo, směrem dolů, ale nově i vzhůru. Navíc muselo být přidáno dalších 12 ks nosných pilot. Zároveň se investor rozhodl změnit i postup bednění stropních desek z původního klasického systému na systém, který je spouštěn po závitových tyčích vždy o jedno patro níže.

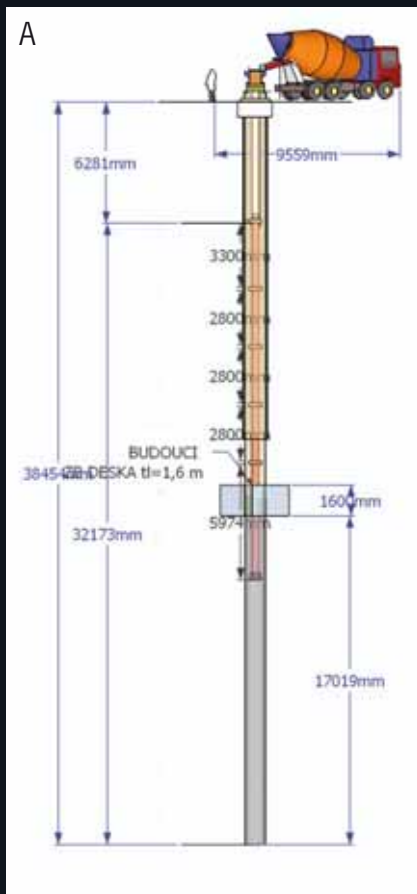
Příprava a postup výstavby

Na stavbách tohoto typu je třeba, aby se potkali technicky vzdělaný a náročný odběratel, schopný a erudovaný projektant a zkušený dodavatel. Zejména vyžaduje-li stavba technické řešení, které je, jako vždy u podobné stavby, naprosto ojedinělé, náročné na technickou a technologickou přípravu, včetně výroby pomocných zařízení a jejich odzkoušení přímo na stavbě. Z budoucích účastníků však měla zkušenost s podobnou stavbou

O metodě výstavby top-and-down

Jedná se o postup výstavby, který významně zkracuje dobu založení objektu, u středně velké stavby zhruba o 3 měsíce, u stavby velkého rozsahu se může jednat i o půl roku. Technologii **top-and-down** se stavba z úrovně terénu definitivně založí – po obvodu zpravidla v podzemních stěnách a ve vnitřním prostoru na vrtaných pilotách s hlavou na úrovni základové spáry budoucího suterénu objektu. Do armokošů pilot jsou před betonáží vsazeny definitivní ocelové nosné prvky na výšku celé spodní stavby. Následuje betonáž stropní desky na úrovni ±0,0. Dodavatelé zakládání pokračují od této úrovně směrem dolů – výkopy pod stropem – vybudováním dalšího rozpěrného suterénního stropu a tak až na základovou desku. Dodavatelé vrchní stavby pokračují současně směrem nahoru. Při použití metody **top-and-down** dochází na staveništi v jedné pracovní úrovni k podstatně větší kumulaci prací, zvláště do doby, než se od sebe výrazněji oddělí výstavba směrem nahoru a dolů. Jedná se tedy o zcela odlišný postup od postupu klasického, při němž je stavební jáma otevřena v ploše celého půdorysu až na úroveň základové spáry a teprve poté se staví nahoru.

Na první pohled je tedy použití metody **top-and-down** velmi lákavé. Provádějí se pouze konstrukce, které se využijí i v definitivním stavu, a dochází k významné časové úspoře. Z hlediska projektanta tato metoda nevnáší do návrhu konstrukce prakticky žádné komplikace. V zásadě se návrh konstrukce prováděné metodou **top-and-down** neliší od návrhu konstrukce prováděné klasicky. Zvýšené nároky jsou však kladeny na technologii provádění, zvláště na přesnost a kvalitu prací spojených s osazováním sloupů do předvrtů a hlavně na organizaci výstavby.



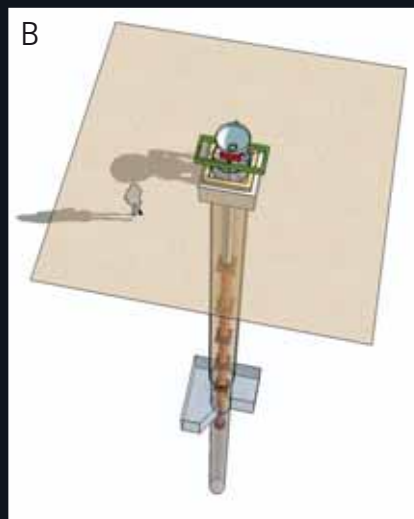
pouze naše společnost, což se výrazně projevovovalo na všech jednáních, kde byla bagatelizována projekční, technická a technologická stránka celé spodní stavby. Následkem tohoto přístupu došlo, jak bylo výše uvedeno, nejen ke zcela zásadním změnám projektu z dočasné na trvalou konstrukci u pilot i podzemních stěn až ve fázi výstavby, ale nebyly pochopeny ani reálné možnosti technologie vrтанých pilot s ohledem na požadované tolerance. Investor rovněž nesmyslně trval na



Vkládaný sloup s přírubami



Pata vkládaného sloupu



Znárodnění betonáže piloty přes předem přesně osazený ocelový sloup (A, B)

detailích, které znesnadňovaly realizaci prací a které se nakonec ukázaly jako zbytečné. Skřípala i spolupráce s hlavním zhotovitelem stavby, který často na poslední chvíli vyžadoval změny v předem odsouhlaseném postupu prací (ač sám určoval 24 hodin předem, které piloty se budou realizovat), což vedlo ke střetům souběžně prováděných technologií a zbytečným prostojům už tak napjatého harmonogramu atp.

Příprava výstavby pilotového založení ze strany Zakládání staveb, d. o. o., přesto probíhala již v době, kdy nebylo vůbec zřejmé, bude-li se společnost na stavbě podílet, a kdy neexistovaly prováděcí projekty (ty ostatně nebyly k dispozici až do konce našich prací). Naštěstí zkušenosti z předchozích staveb, které společnosti Zakládání staveb, a. s., a Zakládání Group, a. s., s výstavbou **top-and-down** mají, umožnily velice rychle reagovat na potřeby a zvláštnosti stavby v Záhlěbu. Pracovníci technického úseku, vývoje a dílen ZS i ZG dokázali na základě pouhých předběžných náčrtů připravit dokumentaci i vyrobit potřebné přípravy k úspěšnému zvládnutí náročného úkolu na vlastní stavbě. Přesto, že každé řešení dříve realizovaných staveb systémem **top-and-down** bylo jiné, poslední tři měly společný princip v praxi ověřeném „kardanovém závěsném rámu“ autora ing. Jána Bradovky ze Zakládání Group, a. s. Tento závěs slouží k přesnému osazení vkládaného ocelového sloupu do armokoše piloty. Konstrukce pilotových vrtů i konstrukce vkládaného sloupu a samozřejmě geologické podmínky jsou u každé stavby originální. Na stavbě Cvjetni došlo ke zvláštnímu paradoxu. Investorovi se podařilo v centru města získat nezvykle velké, uzavřené staveniště. K progresivnímu využití podzemních prostor ale potřeboval manipulovat s konstrukčními prvky propojujícími 5 podzemních podlaží. Nosný sloup tvořila ocelová trubka 355,6/25 mm délky 17,64, resp. 19,14 m,



Vkládání sloupu do vrtu pomocí jeřábu

s navařenými rámy 65x65 cm ve čtyřech, resp. pěti, úrovních. Rozměry vkládaných prvků tak byly na hranici možnosti manipulace na tomto celkově velkém, ale pro manipulaci nakonec malém a navíc mimořádně rušném staveništi, kde v součinnosti probíhalo více technologií najednou.

Hloubka vrtů dosahovala až 37 m, hlava piloty byla ukončena v hloubce 21 m a hlava



Konečná fáze vkládání sloupu do vrtu



Uložení sloupu na konstrukci závěsu

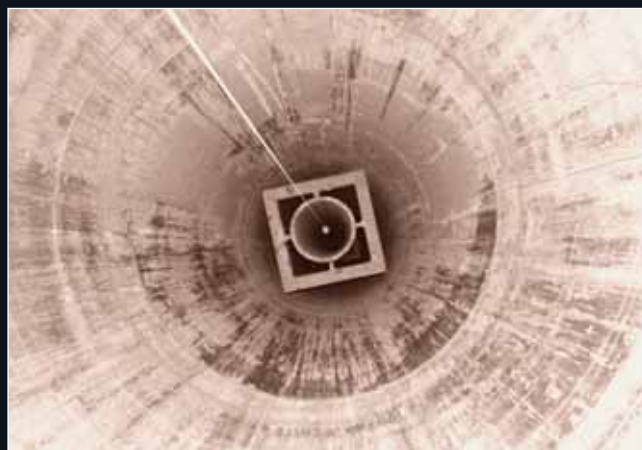
vkládaného sloupu se nacházela v hloubce 5,3 a 6,8 m pod úrovní pracovní plochy. To byla další záležitost stavby – jak osadit sloup s požadovanou přesností, když jeho hlava je ukončena hluboko pod úrovní terénu. Přitom projektant a investor trvali na dodržování prakticky nulových tolerancí jako u klasicky montovaných konstrukcí a teprve po dlouhých a obtížných jednáních souhlasili s tolerancemi ± 10 mm ve výšce hlavy vloženého sloupu, ± 20 mm v umístění středu sloupu a 0,5 % v jeho odklonu od svislice!!

Realizace stavby

Celá stavební jáma byla nejprve odkopána na úroveň $-1,0$ m, ze které se prováděly veškeré práce na jejím zajištění. Nejprve se po celém obvodu stavební jámy vybudovaly podzemní stěny. Tyto práce prováděl hlavní dodavatel geotechnických prací, záhřebská společnost Geotechnika Inženýring, d. o. o., pomocí stroje Casagrande s drapákem na Kelly tyči. Hloubka podzemních stěn byla po celém obvodu konstantní $-29,0$ m. Zajímavostí oproti zvyklostem v Česku bylo použití pažicích prvků na spoji jednotlivých lamel.

Pažicí prvek se sestával z betonových prefabrikátů o délce 5, resp. 4 m se zabudovaným waterstopem, které se vzájemně spojovaly pomocí šroubů a poté osazovaly jako pažnice do vyhloubené rýhy.

Zakladání staveb, d. o. o., zahájilo realizaci pilotového založení ihned poté, kdy byla přístupně dostatečně velká část staveniště, i když to přinášelo každodenní střety se souběžně prováděnou těžbou podzemních stěn, výrobnou armokošů pro podzemní stěny, přípravou sloupů a armokošů pro piloty a odvozem výkopku jak z deponie podzemních stěn,



Detail hlavy sloupu v zapaženém vrtu



Betonáž piloty středem sloupu



Podzemní podlaží s ocelovými sloupy a zavěšenými stropy



Průhled do podzemních podlaží z úrovně základové desky



Sloupy pilot v úrovni základové desky

tak z pilot, což zabíralo značnou část zbývajících rozlohy staveniště. Na relativně malou plochu se zároveň musela vejít i nezbytně nutná zařízení staveniště všech firem, které momentálně na stavbě pracovaly.

Vlastní technologický postup výroby pilot se nijak neodlišoval od běžného vrtání pilot. Velká pozornost se musela věnovat pečlivému vytýčení středu pilot a následnému zavrtání pažnice s co nejmenším odklonem od svislice, aby uvnitř pažnice pr. 1180 mm byl dostatečný prostor pro přesné osazení sloupu – na sloupech navažené rámy omezovaly možnost manipulace se sloupem na minimálních ± 50 mm v horizontálním směru u ústí vrtu. Po dovtření na projektovanou hloubku došlo k nejdůležitějším fázím celého procesu – k osazení armokoše piloty a instalaci sloupu. Do vrtu byl standardně osazen armokoš piloty a na ústí pažnice byl s milimetrovými tolerancemi osazen kardanový závěs sloupu. Následovalo umístění sloupu a nástavce a spuštění této sestavy do armokoše v pilotě na hloubku cca 1,7 m. Poté se geodeticky zkontrolovala výšková úroveň hlavy sloupu a poloha středu sloupu. Výšku hlavy bylo možné regulovat pomocí šroubů na kardanovém závěsu, svislost pak bylo možno upravit dvojicí nafukovacích vaků umístěných kolmo na sebe v hloubce okolo –11 m. Po stabilizaci polohy sloupu se pilota betonovala středem sloupu pomocí betonářské kolony do požadované úrovně. Po minimálně 6 hodinách technologické pauzy, sloužící k náběhu pevnosti betonu, se zabetoval vnitřek sloupu do úrovně hlavy trubky a pomocí speciální násypky se vyplnilo mezikruží mezi sloupem a pažnicí tříděným štěrskem frakce 4–22 mm. Nakonec se vrt postupně odpažil za průběžného doplňování vrtu štěrkovým obsypem. Nedílnou součástí procesu bylo protokolární předání každé piloty odběrateli, ve kterém se, kromě běžných údajů, uváděly přesné výškové a polohové údaje hlavy sloupu před jeho celkovým zasypáním.

Před započítím prací panovala obava, že se, s ohledem na relativně velké hloubky vrtů, nestihne ostrý termín realizace, zejména když se počátek prací neustále posouval a jejich konec byl neměnný. Problémem nebylo vrtání pilot. Použitá souprava Bauer BG 24 H a zkušení vrtáři mateřské firmy Zakládání staveb, a. s., dávali záruku dosažení potřebného denního výkonu. Neznámou však byl proces osazování, zejména při nutnosti dodržovat požadované minimální tolerance na minimálním prostoru pro manipulaci s dlouhým břemenem. Řešení se našlo v použití dvou pažnicích kolon a autojeřábu s dostatečnou délkou ramene pro osazování sloupů a výztuže. Vrtná souprava se tak mohla v rámci možností nerušeně věnovat vrtání vrtu pro pilotu, případně odpažovat již hotovou pilotu, zatímco do zapaženého vrtu vyhloubeného na požadovanou hloubku se současně mohl jeřábem osazovat sloup s výztuží se všemi návaznými operacemi. Toto řešení zaručilo potřebný výkon – nejméně 1,5 ks piloty denně při 15hodinové pracovní době. Po získání potřebné praxe v osazování výztuže a po uvolnění celé plochy staveniště pouze pro naše práce dosáhla produktivita bez problémů 2 piloty denně, a to i v případě těch nejhlubších o vrtané hloubce 37 m. Nebylo tak nutné nasadit další vrtnou soupravu, která by, s ohledem na prostorové možnosti stavby, jen těžko postup prací urychlila. Práce na pilotovém založení byly zahájeny 11. 11. 2009 a ukončeny 12. 1. 2010 s přerušením od 22. 12. do 4. 1. po dobu vánočních a novoročních svátků. Za 46 pracovních dnů bylo provedeno celkem 83 ks pilot/sloupů o celkové délce vrtů 2860 m. Do vrtů bylo uloženo 1050 m³ betonu a 1420 m³ štěrku. Průměrná hloubka vrtů byla 34,45 m a nejhlubší realizovaný vrt dosahoval hloubky 37 m. Délka vlastních armovaných pilot byla průměrně 11,2 m. Až na výjimky byly veškeré sloupy osazeny s přísnými výrobními tolerancemi požadovanými investorem.



Detail piloty a sloupu v úrovni základové spáry

Hlavní zásluhu na úspěšném zvládnutí náročného úkolu měla týmová spolupráce všech pracovníků, jak mateřské firmy z Prahy, tak dceřině společnosti ze Záhřebu. Kolektivu pracovníků pod vedením stavbyvedoucího Ivana Gajského a vedoucího výroby Jana Králíka se po vyřešení počátečních problémů, vyladění technologických postupů a vyřešení spolupráce s ostatními účastníky stavby, což bylo často složitější než vlastní provádění pilot, dařilo plnit požadovaný harmonogram ke spokojenosti jak investora, tak generálního dodavatele stavby. Koncem července 2010 byla stavební jáma dotěžena až na základovou spáru, koncem září byla dokončena hrubá stavba.

Název stavby:

Cvjetni, stambeno-poslovna zgrada, Zagreb
Investor: HOTO Grupa, d. o. o., Zagreb
Projektant: IGH d. d., Zagreb
Generální dodavatel: Tehnika, d. d., Zagreb
Pilotové založení objektu:
Zakladani staveb, d. o. o.

RNDr. Ivan Beneš, Zakladani staveb, d. o. o.

Foto: autor, Ivan Gajski, Ing. Jiří Koehler, Zakládání staveb, a. s.,

Cvjetni – foundation of a unique business and residential complex in the centre of Zagreb

At the turn of last year the Zakladani staveb d.o.o. in Zagreb participated in works on foundation of an extraordinary business and residential complex in the heart of the Croatian capital – Zagreb. The new polyfunctional building is designed to have five underground and eight above-the-ground floors. As a matter of fact, this building realisation was the first one in Croatia to use the top-and-down system of foundation and construction.



Vizualizace stanice Veleslavín

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA A V PRAZE

Pokračování trasy metra A ze stanice Dejvická na letiště Ruzyně je etapovitě rozděleno na tři provozní úseky V. A, VI. A a VII. A. První část prodloužení, tj. provozní úsek V. A, navazuje na stávající stanici Dejvická a končí tunelem pro obrátové koleje za konečnou stanicí Motol. Tento úsek je dlouhý 6,12 km a jsou na něm navrženy celkem čtyři stanice s výrazně odlišnými způsoby výstavby. Stanice Motol je hloubená v zajištěné stavební jámě, stanice Petřiny a Červený Vrch jsou ražené, hluboko uložené jednodlné kaverny a stanice Veleslavín je ražená trojlodní stanice s relativně malým nadložím.

Trasa metra propojuje hustě obydlené oblasti podél Evropské a Kladenské ulice, sídliště Červený Vrch a sídliště Petřiny; navíc umožní snadný přístup do Fakultní nemocnice Motol. Mezistaniční úseky jsou téměř celé ražené. Traťové tunely jsou v převážném rozsahu navrženy jako jednokolejné, ražené tunelovacím strojem TBM, což představuje první použití tohoto typu tunelovacích strojů pro dopravní tunely v České republice. Pouze v okolí stanice Motol jsou navrženy dvoukolejné traťové tunely, ražené pomocí technologie NRTM.

Úvodem

Prodloužení trasy A metra představuje rozsáhlou komplexní liniovou stavbu, situovanou do hustě obydlené části hlavního města Prahy, při jejíž výstavbě bude použita celá řada různých technologií. Ražby budou probíhat často v obtížných geologických podmínkách, pod povrchovou zástavbou, frekventovanými komunikacemi s řadou inženýrských sítí a v některých úsecích i přímo pod tramvajovými tratěmi. Stavba zahrnuje prostorné stanice, dlouhé traťové tunely i na ně napojené provozní podzemní objekty.

Typy a technologie výstavby stanic reagovaly především na polohu stanic, které byly navrženy s ohledem na hustou povrchovou zástavbu a výškové řešení celé

trasy ve složité morfogii této části Prahy. Mimo to byly zásadně ovlivněny složitými geotechnickými poměry.

Hlavním kritériem při návrhu tunelů i stanic byla snaha o minimalizaci poklesů povrchu zastavěného terénu nad raženými objekty a zároveň snaha o co nejkratší dobu výstavby. Z tohoto důvodu byla pro převážnou část traťových tunelů zvolena technologie ražby pomocí TBM. Celková koncepce ražeb byla dále ovlivněna nutnou koordinací výstavby traťových úseků s výstavbou jednotlivých stanic a polohami volných ploch pro zařízení stavenišť, jejichž výběr byl značně omezený. Trasa metra V. A je v dalším textu popisována ve směru staničení od stanice Motol až po stanici Dejvická.

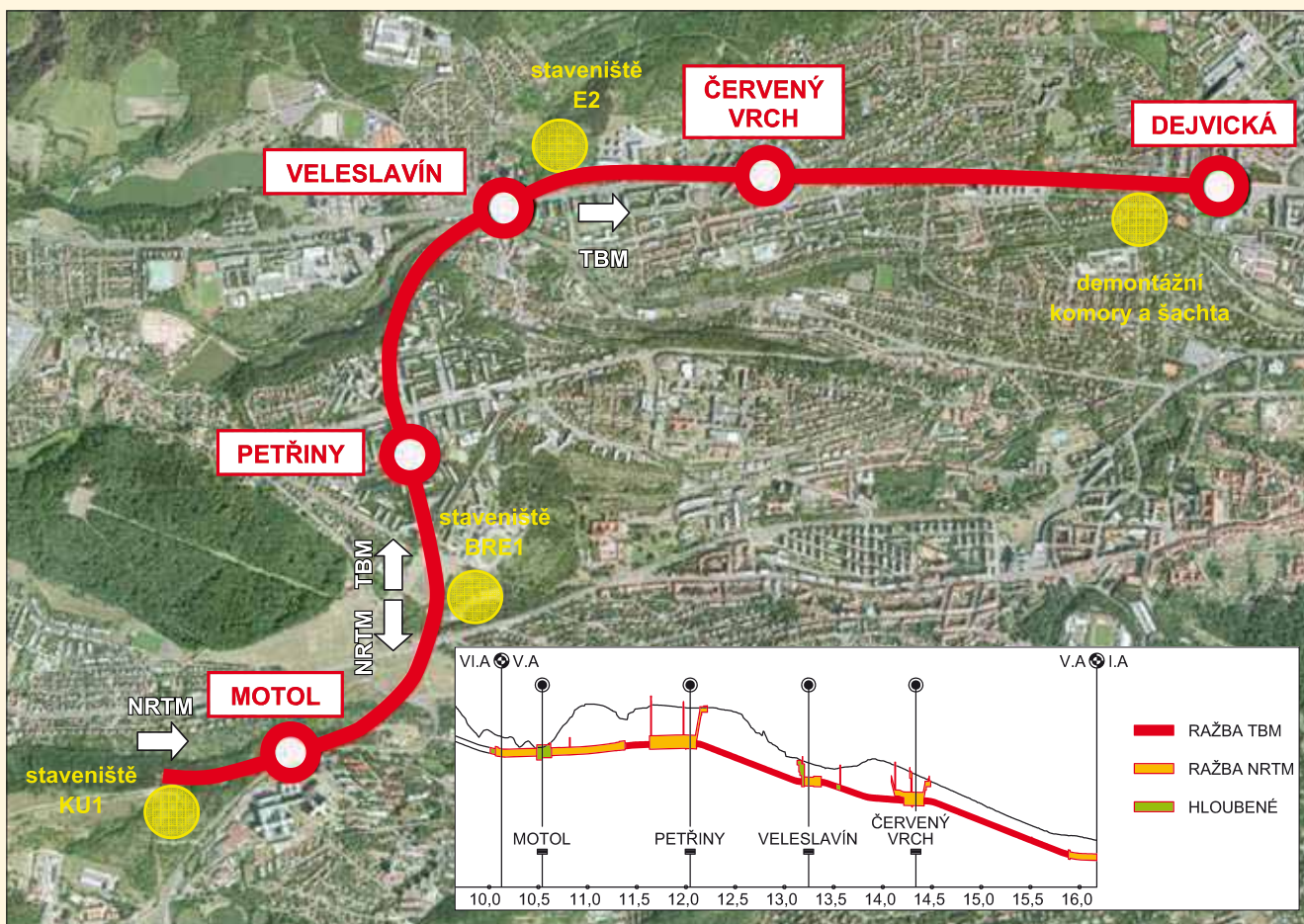
Popis trajektorie trasy V. A

Stanice metra Motol je situována proti hlavnímu vstupu do areálu nemocnice Motol, severně od ulice Kukulovy. Je to mělká hloubená stanice s bočními nástupišti. Osová vzdálenost kolejí ve stanici je 4,5 m. Součástí stavebního odvětví je současně ražený dvoukolejný tunel, v němž jsou dočasně umístěny dvě koleje délky 410 m pro obrát a odstav vlaků. Na konci tunelu na staveništi KU1 je umístěna stavební jáma, ve které je u portálu navržen hloubený železobetonový objekt strojovny hlavního větrání s větracím objektem na povrchu. Zde bude dočasně ukončen provozní úsek trasy metra V. A. Z této stavební jámy bude ražen směrem ke stanici Motol dvoukolejný tunel obrátových kolejí podle zásad technologie NRTM. V budoucnu tato jáma umožní montáž razících mechanismů TBM a ražbu dvou jednokolejných tunelů metra na navazující trase metra VI. A.

Od stanice Motol směrem ke stanici Petřiny se trasa levostranným obloukem stáčí k severu, pozvolna stoupá a je přivedena do prostoru stanice Petřiny. Maximální podélný spád je v tomto úseku 16,08 %.

Tunely tohoto traťového mezistaničního úseku budou raženy ze staveniště BRE 1, umístěného v oblasti Vypichu. Dvoukolejný tunel délky cca 770 m bude ražen směrem ke stanici Motol. Směrem ke stanici Petřiny pak budou pomocí technologie TBM raženy dva jednokolejné tunely délky cca 500 m.

Na staveništi BRE 1 je navržena kruhová šachta z převrtávaných pilot pro montáž razících mechanismů TBM. Přístup do podzemí je dále navržen prostřednictvím sjezdové rampy a navazující úpadní přístupové štoly do dvoukolejného tunelu.



Situace a postup výstavby

Převýšený podélný řez

Stanice Petřiny je situována pod ulic Brunclíkovou. Vlastní stanice je navržena jako jednodlní ražená s ostrovním nástupištěm 37 m pod úrovní terénu. Osová vzdálenost kolejí ve stanici je 14,7 m. Na stanici ve směru ke stanici Motol navazuje jedna obrátová kolej, umístěná v jednokolejném tunelu mezi traťovými tunely. Za stanicí se trasa obloukem stáčí k severovýchodu a současně klesá do stanice Veveřslavín. Maximální podélný spád v úseku je 38,7 %. Ražené jednokolejné tunely mají délku cca 1070 m a budou prováděny ražicími mechanismy TBM. Mezi jednokolejnými tunely jsou navrženy vzduchotechnické propojky.

Stanice Veveřslavín je situována do prostoru mezi stávajícími tratěmi ČD a východní stranou ulice K Červenému vrchu a má střed přibližně pod ulic Evropskou. Stanice je navržena jako mělce ražená trojdní, s ostrovním nástupištěm 19 m pod terémem. Osová vzdálenost kolejí je 15,0 m. Dále pokračuje trasa dvěma raženými jednokolejnými tunely délky cca 800 m do stanice Červený Vrch, prováděnými pomocí ražicích mechanismů TBM. Asi 150 m za stanicí jsou ražené traťové tunely přerušeny cca 50 m dlouhým hloubeným objektem, prováděným v otevřené stavební jámě na staveništi E2, ve kterém bude umístěna strojovna vzduchotechniky s větrací šachtou umístěnou mezi dva jednokolejné

traťové tunely. Při ražbách ražicími mechanismy je stavební jáma využívána pro potřeby logistiky (zásobování tubinky montovaného ostění, odvoz rubaniny, injektážní hospodářství, napájecí kabely atd.). Mezi traťovými tunely jsou opět navrženy vzduchotechnické propojky. Maximální spád v úseku je 35 %. Stanice Červený Vrch je situována rovněž pod ulic Evropskou, v prostoru mezi křižovatkami ulic Evropská – Arabská a Evropská – Horoměřická, a je navržena jako ražená jednodlní s dvěma hloubenými vestibuly. Hloubka ostrovního nástupiště pod terémem ve středu stanice je 27 m. Osová vzdálenost kolejí je 13,0 m. Za stanicí Červený Vrch pokračuje trasa metra pod Evropskou ulicí dvěma jednokolejnými raženými traťovými tunely délky 1760 m, ústícími do prostoru odstavných kolejí stávající koncové stanice Dejvická. Traťové tunely jsou rovněž opatřeny vzduchotechnickými propojkami a klesají v maximálním sklonu 39,5 % směrem ke stanici Dejvická. V tomto traťovém úseku je navržen společný hloubený objekt pro měnirnu a pro strojovnu vzduchotechniky s větrací šachtou. Objekt je umístěn na okraji parku a s trasou je spojen dvěma raženými štolami. Na konci úseku před stanicí Dejvická je navržena stavební jáma, která umožní demontáž ražicích mechanismů.

Geologické poměry

Předkvartérní podklad zájmového území tvoří horniny barrandienského staršího paleozoika (ordovik – silur), zastoupené převážně břidlicemi, pískovci, prachovci a drobami, místy s polohami křemenců. Minoritně jsou také zastoupeny horniny ordovického vulkanismu, tvořené převážně bazaltovými tufy a tufity a bazaltovými aglomeráty. Paleozoické horniny jsou zvrásněné, s generálním úklonem vrstev mezi 30 a 60° směrem k JV. Ordovik je zastoupen souvrstvím charakteristickými pro pražskou geologii – souvrství šárecké, dobrotivské, libeňské, letenské, vinické, záhořanské, bohdalecké, královovské a kosovské. V okolí stanice Motol vystupuje zpod křídly liteňské souvrství siluru.

Další horniny předkvartérního podkladu jsou mesozoického stáří a náleží k svrchní křídě, konkrétně se jedná o souvrství perucké, korycanské a bělohorské. Tyto horniny jsou zastoupeny jíly a jílovci s uhelným pigmentem, pískovci, slepenci a ve svrchních partiích slínovci. Křídlové horniny jsou generálně subhorizontálně uloženy a spočívají diskordantně na podložních paleozoických horninách.

Kvartérní pokryv představují zejména deluviální, deluviofluviální, eolické a fluviální terasové sedimenty. V trase stavby byly zjištěny rovněž uloženy antropogenního původu.

Z hlavních tektonických linií se v horninách ordoviku a siluru uplatňuje okrajový podélný zlom, který patří k pražskému zlomovému pásmu a objevuje se v blízkosti trasy ve svalu v prostoru stanice Motol. Druhou význačnou tektonickou linií je šarecký zlom, který prochází severně od stanice Veleslavin, cca 150 m od trasy.

Z hydrogeologického hlediska je proterozoikum a paleozoikum prostředím s omezenou puklinovou propustností a v rozloženém skalním masivu i omezenou průlinovou propustností, v obou případech s velmi nízkou vydatností podzemních vod. Ve svrchní křídě je nutné počítat s oddělenými zvodněními jednotlivých souvrství s převážně puklinovou až průlinopuklinovou propustností. Zvodnění kvartérních pokryvů je vázáno především na údolní fluvialní sedimenty, kde hladina podzemní vody komunikuje s vodami ve vodotečích. Periodické zvodnění lze očekávat i v deluviofluvialních sedimentech.

Technické řešení traťových tunelů

Převážná část ražených mezistaničních úseků je navržena jako **jednokolejné tunely**, ražené pomocí TBM. Pro tento projekt je uvažováno nasazení zeminových štítů EPB (Earth Pressure Balance), které jsou schopny razit ve zcela porušených horninách a v měkkých horninách charakteru zemin v modu s plnou podporou čela. Současně lze stroje během krátké doby upravit pro ražbu v modu s částečnou podporou čela nebo v modu ražbu bez podpory čela, které jsou vhodnější pro pevné skalní horniny a umožňují rychlejší postupy ražby. Jednokolejné tunely jsou navrženy jako kruhové s vnitřním průměrem 5,3 m. Jejich ostění je jednoplášťové, montované z prefabrikovaných železobetonových dílců tloušťky

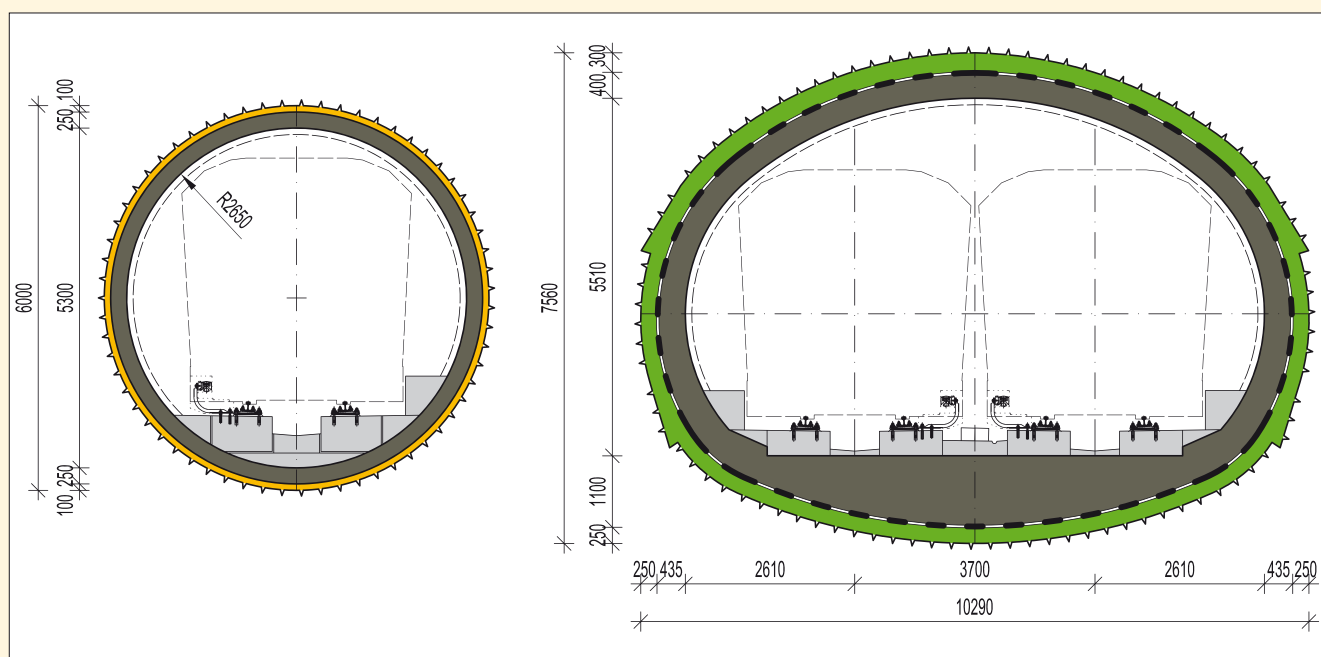
250 mm. Navržen je jednotný typ prstenců o šířce 1500 mm se zkosenými čely. Skladba prstence byla navržena z pěti dílců a jednoho malého klenáku.

U staveb metra je požadována pasivní ochrana žlb. konstrukcí proti bludným proudům, tj. oddělení rubu konstrukce od okolního prostředí fóliovou izolací (hydroizolací). Protože při navržené technologii ražeb nelze tento požadavek splnit, je ochrana proti bludným proudům řešena zvýšeným krytím výztuže a zvýšenou požadovanou kvalitou betonu. Dle předběžného statického výpočtu je navržena minimální třída betonu C 50/60 při dodržení maximálního průsaku do 30 mm. Jednotlivé segmenty budou po obvodu opatřeny těsněním, které zajistí vodonepropustnost spár. Montáž prstenců ostění se provádí pod ochranou štítu a při posunu se štít opírá o čelo předchozího již smontovaného prstence ostění tunelu. Pro minimalizaci deformací v nadloží tunelu je nutné provádět okamžitě výplň prostoru mezi rubem nově smontovaného prstence ostění a lícem výrubu. Vhodně zvolená technologie výplňové injektáže je zárukou minimalizace poklesů zástavby. Jednokolejné traťové tunely budou po celé trase, v intervalech max. 200 m, propojeny vzduchotechnickými propojkami podkovo-vitého profilu šířky 4,7 m a výšky 5,4 m s délkou cca 12 m, které snižují píšťový účinek projíždějících souprav metra. Současně slouží pro možnou evakuaci osob a zásah záchranných jednotek. V případě detekce požáru budou propojky automaticky uzavřeny pomocí protipožárních vrat, ve kterých je dvojice protipožárních dveří pro únik osob oběma směry. Konstrukčně je ostění propojek navrženo jako dvouplášťové s mezilehlou fóliovou hydroizolací.

Všechny průřezy **dvoukolejného tunelu** mají tvar oválu, jehož rozměry respektují průjezdné průřezy metra a rozmístění a technického vybavení traťových tunelů. Základní profil je navržen pro osovou vzdálenost kolejí (o. v.) 3,7 m s šířkou 10,3 m a výškou 7,6 m.

Pro úseky, kde dochází k postupnému zvětšování osové vzdálenosti kolejí (přechod na dva jednokolejné tunely), byly navrženy další zvětšené profily dvoukolejného tunelu: o. v. 3,9 m, o. v. 4,5 m, o. v. 5,0 m, o. v. 5,8 m a o. v. 6,5 m. V těchto úsecích dochází ke zvětšení profilu tunelu vždy skokově. Ostění tunelu je navrženo jako dvouplášťové s uzavřenou mezilehlou fóliovou hydroizolací. Vnější primární ostění je ze stříkaného betonu, vnitřní ostění je z monolitického železobetonu. Navržená třída betonu definitivního ostění je C 25/30.

Ražba dvoukolejných tunelů bude probíhat ve velmi komplikovaných a proměnlivých inženýrskogeologických a geotechnických podmínkách s proměnlivou výškou nadloží a s častým střídáním horninových typů o rozdílných mechanicko-fyzikálních vlastnostech. Razit se bude podle zásad technologie NRTM, při rozpojování horniny pomocí strojů i při použití trhacích prací. Předpokládá se horizontální členění výrubu, při zhoršených geologických poměrech se přejde na členění vertikální. Podle geologických podkladů se očekává ražba v technologických třídách 3, 4, 5a, 5b a 5c. Těmto jednotlivým třídám odpovídají vystrojovací prostředky a tloušťky primárního ostění. Lze očekávat i ražbu v úsecích s nutností sanace okolního horninového, případně zeminového prostředí. V místě zahájení ražeb NRTM bude přístropí zajišťováno mikropilotovými deštníky, při ražbě v zeminách pod hladinou podzemní vody se předpokládá zajištění pomocí překrývajících



Jednokolejný traťový tunel ražený TBM a dvoukolejný traťový tunel ražený NRTM

se vějířů tryskové injektáže. Ostění trvalých konstrukcí bude opět dvouplášťové s primárním ostěním ze stříkaného betonu, mezilehlou hydroizolací a železobetonovým sekundárním ostěním. U všech dočasných konstrukcí, jako jsou přístupové štoly, bude vybudováno pouze primární ostění a zbylý prostor bude po ukončení funkce díla zaplněn popílkobetonem.

Postupy provádění traťových tunelů

Výstavba dvoukolejných traťových tunelů v okolí stanice Motol, prováděných technologií NRTM, bude probíhat ze dvou rozsáhlých stavenišť směrem ke stanicím. První staveniště poblíž ulice Kukulovy je umístěno na konci tunelu pro obrátové koleje a bude později využito pro ražbu navazujících provozních úseků trasy metra A. Druhé staveniště, již zmiňované BRE 1, se nachází poblíž ulice Na Vypichu a bude sloužit pro ražbu dvoukolejného tunelu směrem ke stanici Motol a současně pro ražbu dvou jednokolejných tunelů ražených pomocí dvou razících strojů TBM směrem ke stanici Petřiny. Ražba dvoukolejného tunelu začne ještě před nasazením strojů TBM a část hotových dvoukolejných tunelů bude využita jako montážní komora pro montáž razících mechanismů TBM. Zařízení staveniště BRE 1 zde umožňuje kapacitní zásobování materiálem pro ražbu obou tunelů a současně odtěžování vyrubané horniny. Odtěžování rubaniny bude prováděno pomocí pásových dopravníků. Oba stroje TBM budou postupně spuštěny do hloubené kruhové stavební jámy průměru 21,6 m a hloubky 33,1 m, s možností zasunutí zadní části strojů do předem vyražené montážní komory v místech dvoukolejného tunelu. Komora je spojena s povrchem přístupovou štolou (šířka 7,1 m a výška 6,6 m) s navazující sjezdovou rampou. Po vyražení tunelů v délce cca 500 m budou razící mechanismy protaženy bočními dílčími výrubami stanice Petřiny a po protažení bude dále pokračovat úpadní ražba traťových tunelů směrem ke stanici Veleslavin. V třílodi stanici Veleslavin je nutné v předstihu vyrazit oba boční výrubu v primárním ostěním tak, aby mohly být stroje stanic protaženy a dále pokračovala ražba až ke stanici Červený Vrch.

Přibližně 150 m za stanicí Veleslavin vjedou stroje do předem vyhloubené stavební jámy půdorysných rozměrů 51x31 m. Po projetí

obou razících mechanismů touto jámou bude celý komplex obsluhy stroje (odtěžování rubaniny, skládka železobetonových dílců, napojení na média atd.) přenesen k této stavební jámě a další ražba traťových tunelů bude zajištěna z tohoto místa. To umožní v průběhu další ražby traťových tunelů zároveň pokračovat v ražbě stanic Petřiny a Veleslavin. Po protažení razících strojů stanicí Červený Vrch, která bude budována v předstihu z raženého přístupového tunelu s portálem u ulice Kladenské, bude pokračovat ražba traťových tunelů až k provozované stanici metra Dejvická. Oba stroje TBM budou postupně rozebrány v ražených demontážních komorách kruhového profilu o průměru 9,4 m, které budou předem vyraženy v prostoru traťových tunelů před stanicí Dejvickou. Jednotlivé díly strojů pak budou přemístěny přístupovým tunelem do 23 m hluboké demontážní šachty půdorysných rozměrů 10x15 m, odkud budou vytaženy na povrch.

Zbývající úseky jednokolejných traťových tunelů až ke stanici Dejvická budou vyraženy technologií NRTM s nutností sanace okolního prostředí.

Konstrukční řešení stanic

Stanice Motol – stavební oddíl 09

Jedná se o hloubenou stanici, která je umístěna ve strmém svahu nad frekventovanou komunikací Kukulovou severně od hlavního vstupu do areálu Fakultní nemocnice Motol.

V odřezu zajištěném pilotovou stěnou s trvalými kotvami bude vyhloubena stavební jáma a vybudována stanice.

Dispoziční řešení stanice odráží výškové uspořádání okolí a minimální zásah stavební jámy do terénu. Koleje i nástupiště stanice jsou umístěny co nejbližší k terénu, což umožňuje přirozeně prosvětlit prostory pro cestující. Aby byl zajištěn bezbariérový přístup pěších do nemocnice podchodem, je tento umístěn pod úroveň nástupiště. Proto je i vestibul umístěn pod touto úrovní. Nástupiště je s vestibulem spojeno pomocí pevného schodiště, eskalátorů a svislého výtahu. Kolejiště metra je v prostoru vestibulu umístěno na mostě. Na vestibul je napojen podchod ústící před budovy nemocnice. V podchodu je umístěno nezbytné vybavení pro cestující.

Konstrukce podzemní části stanice je navržena z monolitického železobetonu. Na vestibul v úrovni pod nástupištěm navazuje podchod pod ulicí Kukulovou s výstupními rampami k oběma protisměrným autobusovým zastávkám a do areálu nemocnice.

Prosklené zastřešení stanice včetně železobetonových střešních nosníků tvoří velice náročnou konstrukci jak na výrobu, tak osazení a zajištění požadovaných parametrů. Železobetonové nosníky proměnného průřezu a obloukového tvaru nejsou všechny stejně dlouhé. Je to dáno zvyšováním stěny podél Kukulovy ulice, na které jsou nosníky kloubově uloženy.



Budoucí podoba stanice Motol



Příčný řez stanicí Motol s podchodem do areálu nemocnice

Dalším náročným technickým řešením je samotná prosklená konstrukce střešního pláště. Při návrhu vycházel projektant z požadavků požární ochrany a dále z požadavku zabránění oslunění strojvedoucích a zajištění tepelné pohody v letním i zimním období.

Pro zajištění svahu za objektem stanice je navržena opěrná stěna s trvalými kotvami se zařízením umožňujícím sledovat napjatost v kotvách. Obslužný prostor mezi touto stěnou a stanicí je navržen pro eventuální dopínání kotev. Tento prostor není zastřešen a je odvodněn do dešťové kanalizace. Ve stěně budou provedeny odlehčovací vrty pro zabránění stoupání hladiny podzemní vody za stěnou, výškové umístění těchto otvorů bude definitivně určeno až na základě geologického průzkumu.

Stanice Petřiny – stavební oddíl 07

Vlastní stanice je navržena jako jednodlná ražená s ostrovním nástupištěm. Kromě stanice patří do tohoto stavebního oddílu objekty nadzemního vestibulu, eskalátorového tunelu, staničních a obrátových tunelů, šachty s únikovými vertikálními komunikacemi, podzemní výstupní objekt a objekt strojovny hlavního větrání, včetně výdechové šachty a kiosku. Poloha těchto objektů je zjednodušeně definována pomyslnou spojnici křižovatky ulic Brunclíkova a Na Petřinách s křižovatkou ulic Ankerská, Zvoníčková a Brunclíkova. Stanice je navržena jako jednodlná s hlavním výstupem do prostoru křižovatky ulic Brunclíkova a Na Petřinách. Veřejný prostor stanice je z povrchu přístupný trojicí eskalátorů, vedoucích z povrchového vestibulu u obchodního domu Billa, a dále dvojicí výtahů, umístěných o cca 160 m jižněji, spojujících podzemní výstupní objekt pod Bruclíkovou ulicí a úroveň nástupišť. Pro případ úniku je možné použít pevné schodiště, vedoucí ve společné šachtě s výtahy.

Stanice Petřiny je hluboko uložená ražená jednodlná stanice. Výška nadloží nad klenbou staničních tunelů se pohybuje okolo 30 m. Podzemní kaverna šířky 22 m a výšky 15,4 m bude ražena technologií NRTM. Základní profil stanice má plochu výrubu 256 m² a je navržen v celkové délce 183 m. Předpokládá se jak horizontální, tak i vertikální členění výrubu s primárním zajištěním stříkaným betonem v kombinaci s kotvením.

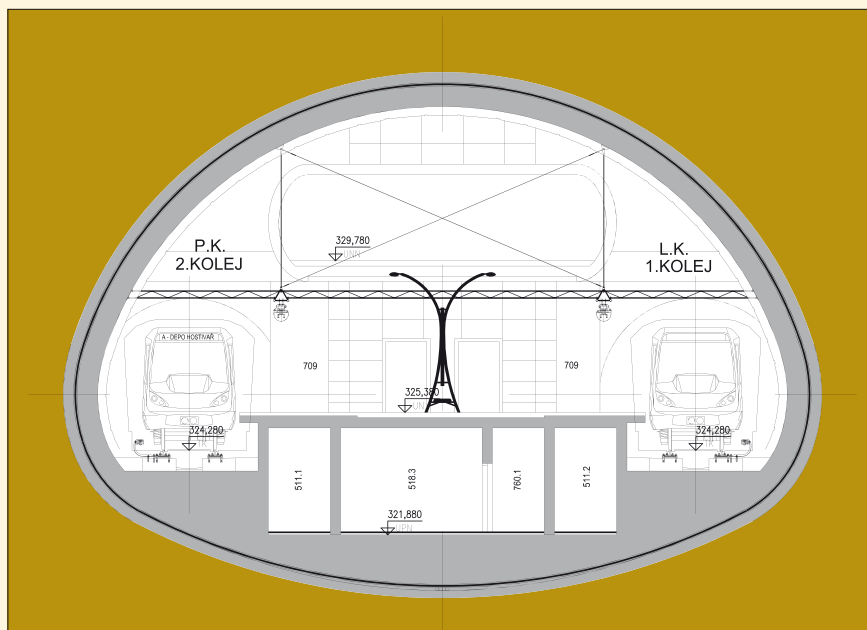
V první fázi budou vyraženy a primárně zajištěny oba boční výrubu, které budou ještě horizontálně členěny. Dále bude vyražena a primárně zajištěna střední část výrubu, která bude opět horizontálně členěna, a její klenba bude opřena o klenbu bočních výrubů. Navržené postupy ražeb a velikosti jednotlivých dílčích výrubů budou přizpůsobeny nasazené mechanizaci tak, aby byla zajištěna maximální možná rychlost výstavby s minimálními poklesy terénu a minimálními dopady na povrchovou zástavbu. Strop výrubu a většina jádra se bude vyskytovat v pískovcích, dno bude v jílovcích s přechodem do jílovitých břidlic. Přítoky vody do výrubu jsou odhadovány od 0,01 do 0,1 l/s s možností zvýšených lokálních přítoků až do 3 l/s. Podle geologických podkladů jsou navrženy jednotlivé technologické třídy ražnosti, kterým odpovídají vystrojovací prostředky a tloušťky primárního ostění. Pro ražbu NRTM platí riziko dlouhodobých přítoků ze stropních kotev, které budou zajišťovat ostění, kdy v případě jejich nedostatečného zainjektování může dojít k rozsáhlému ovlivnění režimu HPV a k trvalým přítokům do tunelu. Ražba stanice bude probíhat z přístupové štolky vedené ze staveniště BRE 1 Na Vypichu.

Konstrukce ostění ražené stanice je dvouplášťová s mezilehlou fóliovou hydroizolací z PVC.

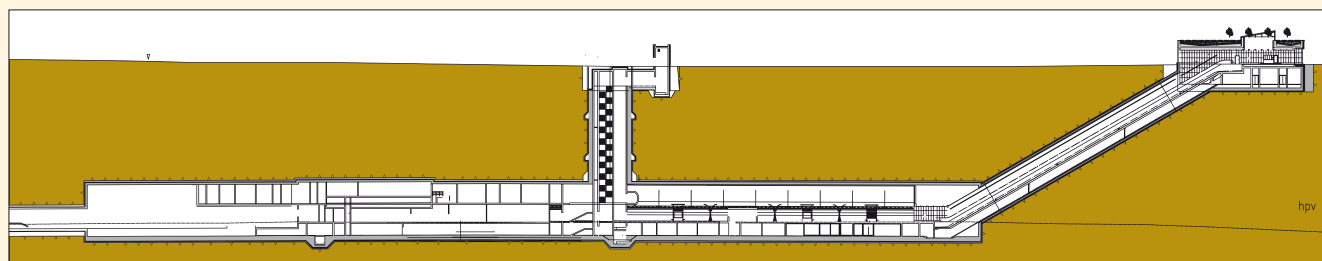
Vnější primární ostění je tloušťky cca 400 mm ze stříkaného betonu s ocelovými sítěmi. Stříkaný beton je třídy SB 30 (C 25/30). Primární ostění musí dočasně zajistit výrub tak, aby se izolační plášť a vnitřní ostění mohly zabudovat s časovým odstupem až po vyražení celé stanice. Vnitřní definitivní ostění je navrženo z monolitického železobetonu třídy C 30/37 a má minimální tloušťku 600 mm. Betonáž sekundárního ostění se bude provádět pomocí posuvné bednicí formy po záběrech cca 10 m.

V úseku mezi km 11,450 až 12,200 zasahuje tunely metra do zvodnělých křídových vrstev korycanských pískovců. Jednodlná stanice metra Petřiny, jejíž klenbová část zasahuje nad hladinu podzemní vody, vytváří v úseku dlouhém cca 217 m přehradu pro vodu odtekající východním směrem. Navazující sousední tunely (traťové tunely a obrátový tunel) jsou menšího příčného profilu a nad hladinu podzemní vody již nezasahují.

Aby nedocházelo k negativnímu ovlivnění pramenů ležících východním směrem, budou při ražbě jednodlné stanice přijata potřebná stavební opatření – v místech výrazně zvodnělých tektonických zón s rychlým pohybem podzemní vody je nutno za rubem ostění vybudovat drenážní žebra tak, aby současné směry proudění podzemní vody zůstaly zachovány.



Příčný řez jednodlné stanice Petřiny



Podélný řez jednodlné stanice Petřiny

Stanice Veleslavín – stavební oddíl 05

Vlastní stanice je navržena jako trojpodlažní ražená s ostrovním nástupištěm. Poloha stanice, vestibulu, podchodu a jednotlivých výstupů je navržena tak, aby umožňovala přímé spojení s dočasným autobusovým terminálem, tramvajovými zastávkami na ulici Evropské a aby zároveň – bez nutnosti přestavby – v předstihu reagovala na předpokládanou modernizaci stávající tratě ČD včetně stanice rychlodráhy. Základní rozčlenění prostoru pro cestující je horizontální do čtyř úrovní – nástupiště, vestibul, podchod a úroveň terénu. Západní čelo nástupiště ražené trojpodlažní stanice sousedí s hloubeným objektem, ve kterém je umístěn výstup ze stanice s trojicí eskalátorů a výtahem do podzemního vestibulu. Vestibul s podchodem je rovněž propojen trojicí eskalátorů. Na východní straně ražené stanice je do středního traktu mezi boční nástupiště částečně vsunuta technologická část, která dále pokračuje mezi bočními traťovými tunely. Na konci nástupiště je umístěno únikové schodiště, které ústí do únikové štol, ležící nad stanicí. Na tuto štolu navazuje úniková šachta s pevným schodištěm až na terén.

U ražené trojpodlažní stanice celkové šířky 22,1 m a výšky nejvyššího středního tunelu 10 m je navržena opět ražba technologií NRTM za použití trhacích prací. S ohledem na malou výšku nadloží se koncepčně předpokládá nejprve ražba bočních výrubů šířky 9,5 m a výšky 8,5 m, zajištěných primárním ostěním. Členění výrubu bude horizontální, v případě zhoršených geologických podmínek nebo výskytu inženýrských sítí v nadloží tunelu citlivých na poklesy se přejde na členění vertikální. Ražba stanice se

bude provádět ze stavební jámy, vybudované v předstihu na začátku stanice a zapažené pilotovými kotvenými stěnami. Po vyražení obou bočních tunelů se práce přeruší a bočními staničními tunely se po upraveném lůžku protáhnou razicí stroje TBM pro ražbu traťových tunelů. Pro protažení štítů je nutné v rozsahu celé stanice připravit v předstihu lůžka ve dně a u výjezdových portálů vybudovat opěrné rámy pro opření lisů při startu štítů a zahájení další ražby. U výjezdových i výjezdových portálů jsou nad traťovými tunely navrženy ochranné deštníky z mikropilot.

Teprve po vyražení dalšího úseku traťových tunelů a přepojení obsluhy razicích mechanismů do prostoru stavební jámy na staveništi E2 je možné s výstavbou stanice pokračovat. Nejprve se položí mezilehlá fóliová hydroizolace a poté se vybetonuje definitivní monolitické železobetonové ostění obou bočních staničních tunelů včetně podélných řad sloupů, tvořících podpory kleneb. V technologických částech stanice jsou místo řad sloupů navrženy průběžné podélné nosné dělicí stěny. Po dokončení definitivního železobetonového ostění bočních staničních tunelů bude prováděna ražba středního tunelu s horizontálním členěním výrubu. Nakonec se i zde položí fóliová hydroizolace a provede betonáž definitivního ostění.

Podle geologických podkladů jsou navrženy jednotlivé technologické třídy ražnosti, kterým odpovídají vystrojovací prostředky a tloušťky primárního ostění. Stanice se bude razit jak v pevných skalních horninách, které bude nutné rozpojovat pomocí trhacích prací, tak i v horninách rozpojitelných rypadly. Při provádění se ze stavební jámy

zabudují nejprve krátké ochranné deštníky z mikropilot a dále bude následovat ražba ve skalních horninách s nízkým nadložím. Ke konci raženého úseku, kde bude kalota postupně zasahovat do eluvia jílovitých břidlic a deluviálních hlín, je navržena ražba pod ochranou zpevňujících mikropilotových deštníků s případnými tryskovými injektážemi. Konstrukce ostění je navržena dvouplášťová s mezilehlou fóliovou hydroizolací z transparentního PVC. Vnější primární ostění s proměnlivou tloušťkou pláště od 200 do 350 mm ze stříkaného betonu SB 30 (C 25/30) s ocelovými sítěmi, zajistí výrub dočasně tak, aby se izolační plášť a vnitřní ostění mohly zabudovat s velkým odstupem. Vnitřní ostění z monolitického železobetonu třídy C 30/37 má minimální tloušťku 400 mm. Železobetonové pilíře, tvořící podpory kleneb v části nástupiště, jsou navrženy ze samozhutnitelného betonu SCC 40/50 a mají rozměry 800x600 mm. V podélném směru jsou navrženy po 6 m, v příčném směru je jejich vzdálenost 7,6 m. V technologické části stanice jsou sloupy nahrazeny souvislými železobetonovými stěnami tloušťky 500 mm.

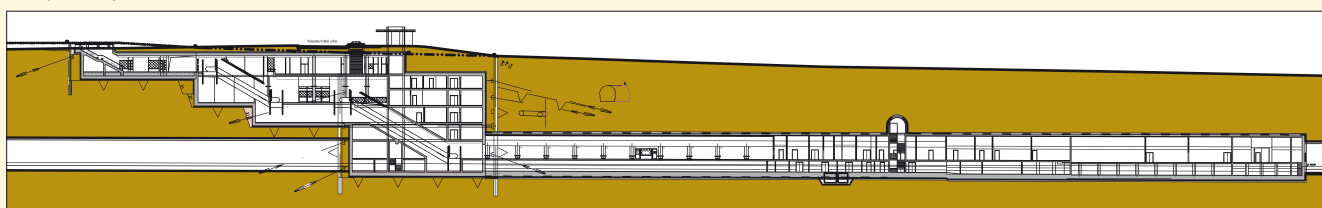
Stanice Červený Vrch – stavební oddíl 03

Stanice je navržena jako jednodlažní ražená se dvěma vestibuly. Ražena bude ze staveniště umístěného v prostoru mezi zástavbou u Kladecké ulice, odkud bude přivedena přístupová štolka k západnímu čelu stanice. Část přístupové štolky bude v definitivním řešení využita pro strojovnu hlavního větrání a bude doplněna o větrací šachtu.

Západní výstup ze stanice je navržen bezbariérový a je situován do podchodu pod ulicí Evropskou v prostoru u stávajícího obchodního centra. Propojení se stanicí je zajištěno dvojicí velkokapacitních výtahů v samostatné šachtě oválného tvaru, přičemž jeden z dvojice výtahů končí v úrovni nástupiště a jeden zjíždí na úroveň pod nástupištěm. V této šachtě je také umístěno únikové schodiště s technologickými rozvody. Západní prostor kaverny stanice za výtahovou šachtou je vyhrazen pro technologickou část a je dle potřeby výškově rozčleněn do tří a čtyř úrovní. Východní vestibul (provozně hlavní) je propojen se stanicí trojicí eskalátorů, umístěných v eskalátorovém tunelu. Je situován pod jižní část vozovky a chodníku Evropské ulice v místě křížení s ulicemi Horoměřickou



Příčný řez trojpodlažní stanicí Veleslavín



Podélný řez trojpodlažní stanicí Veleslavín



Budoucí podoba stanice Červený Vrch

a Liberijskou a jeho součástí je i široký podchod pod Evropskou ulicí s výstupy na oba chodníky a na obě zastávky tramvaje. Stanice Červený Vrch je ražená jednoduchá stanice. Výška nadloží nad klenbou staničních tunelů se pohybuje od 15 do 22 m. Podzemní kaverna šířky 20,3 m a výšky 14,5 m bude ražena technologií NRTM za použití trhačích prací. Základní profil stanice má plochu výrubu 223,7 m² a je navržen v celkové délce 159 m.

Stejně jako u předchozích stanic, i zde se předpokládá jak horizontální, tak vertikální členění výrubu s primárním zajištěním stříkaným betonem s ocelovými sítěmi v kombinaci s jehlami a kotvením. Výšková poloha přístupové štoly do úrovně klenbové části kaverny ovlivňuje další postup prací ve stanici. Po dorážení této štoly k čelu stanice bude zahájena ražba kaloty jednoduché stanice v délce cca 30 m členěným způsobem. Tím bude vytvořen potřebný manipulační prostor. Ve stanici budou potom vyraženy oba boční výrubu při horizontálním členění se zřízením sjezdové rampy. Dále bude vyražena a primárně zajištěna střední část výrubu, která bude opět horizontálně členěna, a klenba jejího primárního ostění se opře o klenby bočních výrubů. Tím

se primární ostění stanice uzavře. Zbylá část opěří se sjezdovou rampou se dobře protiražbou a zajišť primárním ostěním. Velikosti jednotlivých dílčích výrubů budou přizpůsobeny nasazené mechanizaci tak, aby byla zajištěna maximální možná rychlost výstavby s minimálními poklesy terénu. Postupy dílčích ražeb jsou navrženy tak, aby vliv na povrchovou zástavbu, inženýrské sítě a povrchovou dopravu

byl minimální. Podle geologických podkladů jsou navrženy jednotlivé třídy ražnosti, kterým odpovídají vestrojovací prostředky a tloušťky primárního ostění.

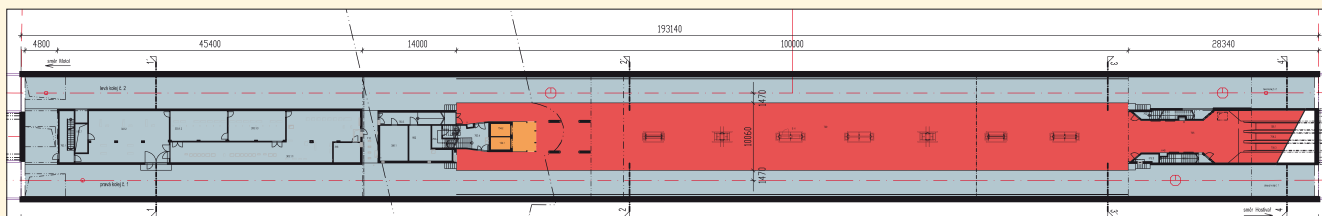
Konstrukce ostění ražené stanice je dvouplášťová s mezilehlou fóliovou hydroizolací z PVC. Vnější primární ostění stanice je tloušťky cca 400 mm ze stříkaného betonu s ocelovými sítěmi. Stříkaný beton je třídy SB 30 (C 25/30). Primární ostění musí zajistit výrub dočasně tak, aby se izolační plášť a vnitřní ostění mohly zabudovat s časovým odstupem až po vyražení celé stanice. Vnitřní definitivní ostění je navrženo z monolitického železobetonu třídy C 30/37 a má minimální tloušťku 600 mm. Betonáž sekundárního ostění se bude provádět pomocí posuvné bednicí formy po záběrech cca 10 m. Výstavba provozního úseku trasy metra V. A bude jistě velkou výzvou pro všechny, kteří se na realizaci této stavby budou podílet. Věříme, že všechny problémy, které nastanou, budou úspěšně vyřešeny a v roce 2014 bude nový úsek předán do užívání všem obyvatelům i návštěvníkům Prahy.

M. Kochánek, J. Růžička, J. Korejčík;
METROPROJEKT Praha, a. s.

Prolonging the A-line of Prague Underground

Prolongation of the A-line from the Dejvická stop to Ruzyně Airport has been phased into three operational sections - V. A, VI. A and VII. A. The first part of this prolongation, i.e. the operational section V. A, follows upon the existing Dejvická stop and finishes in a tunnel for turning tracks behind the final stop in Motol. This section is 6,12 km long with four designed stops adopting completely different methods of realisation. The Motol stop is cut-and-covered inside a secured foundation pit; the Petřiny and Červený Vrch stops are driven and deep-set three-aisled caverns; the Veleslavín stop is a driven three-aisled stop with relatively low overburden.

The A-line interconnects heavily populated areas along Evropská and Kladsná Streets as well as the Červený Vrch and Petřiny housing developments. It will also enable easier access to the Motol University Hospital. Sections between individual stations are almost exclusively driven. Line tunnels are to a large extent designed as one-track ones and the TBM tunnel driving machine will be used to drive them; this will be the first usage of this tunnelling machine in road tunnels in the Czech Republic with the exception of the Motol stop surroundings where two-track line tunnels are designed to be driven using the NRTM technology instead.



Půdorys stanice Červený Vrch



Podélný řez stanicí Červený Vrch



Příprava pro betonáž stropní desky uložené na podzemních stěnách, Patočkova ulice, pohled směrem k MÚK Malovanka

STRAHOVSKÝ AUTOMOBILOVÝ TUNEL (SAT 2. B), STAVBA Č. 0065 – HLOUBENÝ TUNEL MO

V březnu roku 2010 byla zahájena 2. stavba Strahovského automobilového tunelu, část 2. B – Hloubený tunel MO (SAT 2. B), která navazuje na již dokončenou část SAT 2. A – MÚK Malovanka a stavbu č. 9515 tunelového komplexu Myslbekova–Pelc-Tyrolka (tunel Blanka). Stavba 2. B je dále dle typu stavebních prací a jejich postupu rozdělena do tří fází. První fáze: přípravné práce a přeložky inženýrských sítí. Druhá fáze: zajištění otevřené stavební jámy pomocí záporového kotveného pažení. Na dně této stavební jámy pak budou zhotoveny podzemní stěny a na nich vybetonována stropní deska budoucího tunelu v rámci technologie hloubeného tunelu, prováděného čelním odtěhováním, tzv. modifikovanou milánskou metodou (MMM). Ve třetí fázi bude v dalším úseku otevřena stavební jáma, zajištěná kombinací záporového a pilotového kotveného pažení. V této stavební jámě budou vybudovány tubusy s klenbovou stropní konstrukcí, realizovanou již klasickou metodou v otevřené stavební jámě.

Základní údaje o stavbě

Stavba č. 0065 – Hloubený tunel MO (Strahovský tunel–Myslbekova) patří do souboru staveb Strahovský automobilový tunel (SAT), který je součástí Městského okruhu (MO) hl. m. Prahy v severním segmentu Prahy v úseku Strahovský tunel – Myslbekova – Prašný most – Špejchar – Pelc-Tyrolka. V jižní části navazuje tato 2. stavba SAT na již dokončenou 1. stavbu SAT, která je v provozu již od roku 1997 (dnes využívaný Strahovský tunel). Stavba č. 0065, 2. stavba SAT,

je rozdělena na dvě stavby. Jde o část 2. A – MÚK Malovanka a část 2. B – Hloubený tunel MO. Část 2. B byla dále dle postupu stavebních prací rozdělena na tyto tři fáze:

1. fáze stavby SAT 2. B probíhala od července 2009 do začátku března 2010. Během ní byly provedeny přeložky inženýrských sítí v ulici Patočkově a jejím okolí, především přeložky kanalizací, kabelovodů, silových a sdělovacích kabelů. Dále probíhala úprava suterénu obj. č. p. 869 a č. p. 105 s ohledem na trasu budoucího tunelu.

2. fáze stavby SAT 2. B byla zahájena na začátku března 2010 v prostoru mezi SAT 2. A a křižovatkou ulic Patočkova a Na Hůbálce. Během této fáze jsou prováděny především práce spojené se zajištěním stavební jámy pro betonáž stropní desky v dilatacích D1–D4 (1. etapa) a dilatacích D5–D8 (2. etapa – zahájena v září 2010). Otevření stavební jámy předcházelo uzavření ulice Patočkovy. Automobilová doprava i MHD pak byla do července 2010 odkloněna na objízdovou trasu ulicemi Myslbekova – Bělohorská – Pod Královkou.

3. fáze stavby SAT 2. B byla zahájena v červenci 2010 otevřením další stavební jámy v prostoru mezi křižovatkou ulic Patočkova–Myslbekova a stavební jámou Myslbekova, která je součástí tunelu Blanka, stavby č. 9515. Zahájení 3. fáze samozřejmě opět předcházela další vynucená změna v režimu městské dopravy. Ta je nyní vedena krátkou, provizorně zbudovanou komunikací z ulice Myslbekovy do křižovatky Patočkova – Střešovicická. Tato provizorní komunikace umožnila pro výstavbu zcela uzavřít křižovatku Myslbekova – Patočkova a přilehlý úsek ul. Patočkovy. Výstavba vlastních tunelů zde bude totiž po úpravě harmonogramu probíhat najednou v celém rozsahu, tj. dochází ke spojení 2. a 3. fáze.

Historie projektu

Při zpracovávání všech stupňů projektové dokumentace SAT 2. B (2. fáze) jsme brali v úvahu skutečnost, že v ulici Patočkově mezi stavbou SAT 2. A a křižovatkou s ulicí Myslbekovou jde nejen o místa s velmi stísněnými prostorovými podmínkami, ale i o místa, kde je nutné časově omezit stavební práce na minimum. S ohledem na tyto skutečnosti byla zvolena v části stavby tzv. modifikovaná milánská metoda (viz např. Zakládání 1, 2/2009). Vzhledem k místním velmi stísněným podmínkám bylo při zpracování DSP dále rozhodnuto, že podzemní stěny budou v některých úsecích realizovány z povrchu a ve zbylé části z úrovně spodního líce stropní desky. V obou případech však bylo nutné nejdříve stěny budoucí stavební jámy zapazit až do úrovně budoucí stropní desky MMM pomocí záporového pažení. Původně se dokonce uvažovalo zabudovat záporny přímo do milánských stěn. S ohledem na technicky náročné řešení těsnění v místě podélné spáry stěna/strop se však od tohoto návrhu nakonec ustoupilo. Vzhledem k podélnému spádu tunelů bylo při zpracování RDS dále rozhodnuto, že při betonáži podzemních stěn z pracovní roviny v úrovni horního líce stropu bude podélná spára stěna/strop přebetonována o 500 mm. Definitivní spára pak bude po zatvrdnutí upravena „odšramováním“ na požadovanou úroveň.

Technologie hloubeného tunelu prováděného čelním odtěšováním, tzv. modifikovanou milánskou metodou (MMM).

Jedná se o konstrukci hloubených tunelů s čelním odtěšováním, která je navrhována z důvodu velmi stísněných prostorových podmínek a kvůli požadavkům na co nejkratší dopravní omezení. Z předvýkopu, zajištěného záporovým pažením, se nejdříve zhotoví monolitické konstrukční podzemní stěny, vetknuté do skalního podloží, a na urovnaném povrchu dna stavební jámy se vybetonuje definitivní nosná konstrukce stropu, která je uložena na hlavy podzemních stěn. Strop se po zatvrdnutí betonu zasype, provedou se úpravy přeložek inženýrských sítí, obnoví se konstrukce tramvajového tělesa a vozovky. Odtěžení vlastního profilu tunelu se provádí až po dokončení celého úseku ze zajištěného profilu tunelu klasickými tunelářskými mechanismy čelním odtěžením pod stropní konstrukcí. Po odtěžení se zhotoví základová deska tunelu a vlastní tubus tunelu je tak dokončen. Pro dva tubusy tunelu tohoto uspořádání je společná jedna střední podzemní stěna.

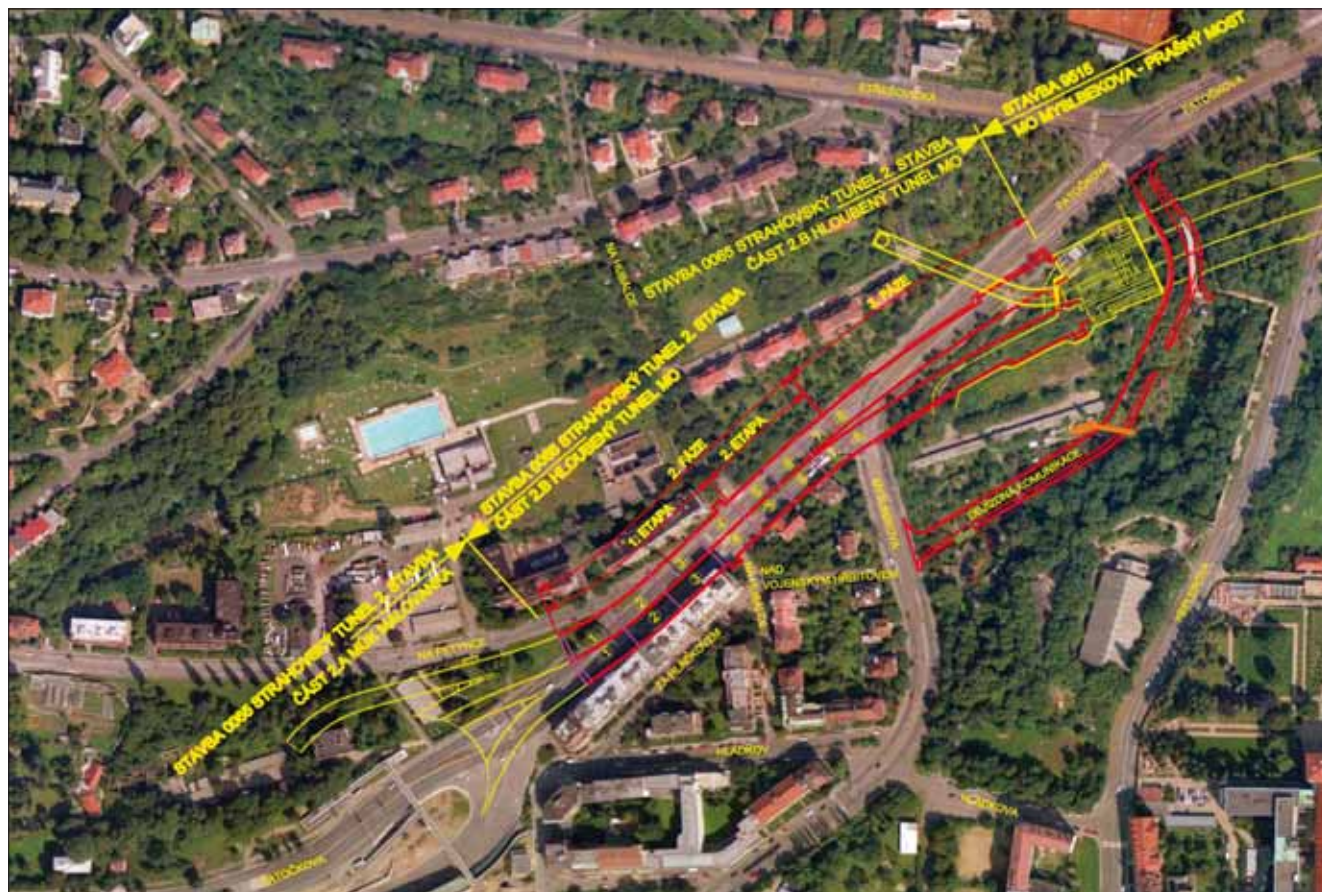
Geologické a hydrogeologické poměry

Podle *Podrobného geotechnického průzkumu (PUDIS, a. s., červenec 2005)* lze geologické poměry obecně charakterizovat jako relativně složité a značně proměnlivé. Skalní podloží je zde tvořené sedimentárními horninami ordovické barandienské geosynklinály – souvrství letenské. Toto souvrství zde má charakter prachovitých a písčitých břidlic s ojedinělými vložkami křemenných pískovců. Podle stupně navětrání je možné jednotlivé vrstvy skalního podloží charakterizovat a zatřídit pro těžbu jako rozložené, zvětřalé, navětrálé a zdravé. Pokryvné útvary ležící na skalním podloží jsou tvořeny navážkami, deluviálními, eolickými a holocenními sedimenty. Navážky jsou převážně tvořeny stavebním rumem, popelem a škvárou a dále překopanými a přemístěnými

zeminami a horninami skalního podkladu. Deluviální sedimenty jsou geneticky vázané na gravitační pohyby rozložených a zvětřalých hornin svrchní křídly. Eolické sedimenty kryjí holocenní sedimenty. Potok Brusnice, procházející zájmovým územím, pak zde vytvořil holocenní sedimenty.

Z hlediska hydrogeologických poměrů jsou v zájmovém území hlavním zdrojem podzemní vody atmosférické srážky a vody holocenních náplavů Brusnice, příp. výron podzemní vody z báze křídových sedimentů. Do režimu podzemní vody také výrazně zasáhla předchozí výstavba SAT 2. A.

Základová spára stavební jámy pro vybudování stropní konstrukce tunelu je nad hladinou podzemní vody, a proto nebylo třeba zvažovat zřízení čerpacích jímek. Při ražbě tunelu



Stavba SAT 2. B – situace s vyznačením etapizace prací, včetně dilatačních úseků

pod stropní konstrukcí, která bude napojena na pažici (nosné) vodotěsné podzemní (milánské) stěny však odhadujeme přítoky dnem od desetin až do 2 l.s⁻¹.

Účastníci výstavby

Projektovou dokumentaci celého úseku SAT 2. B zajišťuje jako generální projektant společnost PUDIS, a. s. Řešení nosné konstrukce hloubeného tunelu je pak sjednocené s technologií použitou na tunelu Blanka, který má na starosti jako generální projektant Satra, spol. s r. o.

Celou stavbu na základě výsledků veřejné soutěže realizuje sdružení firem EUROVIA CS, a. s., a Energie stavební a báňská, a. s., ze staveniště v prostoru mezi křižovatkou Malovanka a křižovatkou ulic Patočkova – Střešovická.

Veškeré konstrukce speciálního zakládání na této stavbě (záporové pažení, pilotové stěny, kotvení, zajištění okolních objektů pomocí injektáží atd. a i vlastní konstrukční podzemní stěny, které jsou základním prvkem metody MMM) pak provádí společnost Zakládání staveb, a. s., buď přímo pro sdružení firem, nebo pro Metrostav, divizi 5, která se na této stavbě také podílí.

Konstrukční řešení stavební jámy SAT 2. B – 2. fáze (1. etapa), dilatace D1–D4

Před vlastní realizací podzemních stěn technologií MMM bylo nutné v tomto úseku zajistit některé sousední stávající objekty, aby nedošlo k jejich porušení. Vzhledem ke stísněným podmínkám zde bylo výhodné **použít technologii tryskové injektáže a také vrtané mikropiloty**, realizované pomocí malé sklepní vrtačky v suterénních prostorách objektů. Jednalo se

především o objekt č. p. 4 na rohu ulic Patočkova a Na Hubálce. Zde bylo nutné z důvodu blízké ražby výklenku severní tunelové trouby a také následné ražby kanalizační stoky 010 v rámci první fáze stavby SAT 2. B podchytit pomocí vějířů z tryskové injektáže (TI) základy tohoto objektu ze dvou stran. Celková délka navržené stěny z TI byla cca 30 m. Délka vrtů v osových vzdálenostech 1,0 m byla v rozmezí 6,0 až 14,0 m, z toho vlastní sloupy průměru 0,80 m byly navrženy v délkách 3,6 až 11,5 m. Celkem bylo provedeno 83 jednotlivých sloupů TI, rozmístěných ve třech vějířích. Vrtání sloupů neprobíhalo postupně, ale šachovnicovitě, po cca 3 až 6 metrech, aby se minimalizovaly negativní dopady na objekt. Převážná část vlastní stavební jámy pro betonáž stropní desky (dilatace D1–D4) byla zajištěna **kotveným záporovým pažením**. Hloubka stavební jámy byla od 2,9 do 5,4 m.

Celkem zde bylo do vrtů průměru 0,6 m osazeno 111 ocelových zápor z válcovaných profilů IPE 300, IPE 400 a IPE 500. Kořen zápor byl vytvořen z betonu C12/15 X0. Osová vzdálenost zápor se pohybuje od 1,3 do 2,0 m; délka zápor je pak od 6,1 do 14,1 m. Při hloubení jámy byly mezi záporů postupně osazovány vodorovné dřevěné pažiny tloušťky 120 mm. V předepsaných úrovních, daných statickým výpočtem, se provádělo kotvení zápor přes předsazené ocelové převázky, tvořené vždy dvojicí válcovaných profilů UPE 300, resp. UPE 400. Dočasné kotvy (celkem 76 ks) s prodlouženou životností a ochranou proti bludným proudům byly dle statického výpočtu navrženy dvou-, tří- a šestipramencové, předpínané o délce 10,0 až 17,0 m z pramenců Lp 15,7 mm (St 1570/1770 MPa). Délka kořene kotev se pohybuje od 4,0 až do 9,0 m.



Stavební jáma v Patočkově ulici pažená záporovým pažením; koruna podzemních stěn byla vzhledem k podélnému spádu tunelů nadbetonována asi o 50 cm a následně upravena „odšramotáním“.



Budování podzemních stěn probíhalo v těsné blízkosti domů v Patočkově ulici.



Pohled na staveniště v Patočkově ulici od MÚK Malovanka (od západu)

Konstrukční řešení stavební jámy SAT 2. B – 2. fáze (2. etapa)

Podobně jako u výše popsaného úseku dilatace D1–D4, bylo i zde u dilatace D5–D8 několik objektů, které vyžadovaly speciální zajištění. U Psychosomatické kliniky, **obj. č. p. 712**, byl novým stavebně-technickým průzkumem (listopad 2009) zjištěn rozdíl ve vzdálenosti navržené podzemní stěny hloubeného tunelu od objektu oproti vzdálenosti zjištěné z archivní dokumentace. Vzhledem ke stísněným podmínkám tak u tohoto objektu nebylo možné realizovat původně navrženou záporovou pažici stěnu; nahrazena tak byla **stěnou ze sloupů tryskové injektáže**, podchycující základy objektu a dovolující provést výkopy až těsně u jeho líce.

Po demolici oplocení a dlažby před objektem, ověření poloh všech sítí zasahujících do oblasti dotčeného objektu a zjištění skutečného tvaru podchytávaného základu vstupního portálu objektu (kopané sondy) byla zahájena TI s průměrem sloupů 0,8 m (srpen 2010). Vrtání sloupů neprobíhalo postupně, ale šachovnicovitě, aby se minimalizovaly negativní dopady na objekt. Celková délka navržené stěny z tryskové injektáže je zde 8,5 m. Délka vrtů TI se pohybuje od 7,9 do 13,3 m. Celkem bylo provedeno 23 sloupů TI, rozmístěných do vějířů. Během následného hloubení stavební jámy pod základem objektu bude stěna z TI kotvena pomocí pramencových kotev o sklonu 20° a celkové délce 13 m přes ocelovou převážku, tvořenou dvojicí válcovaných profilů

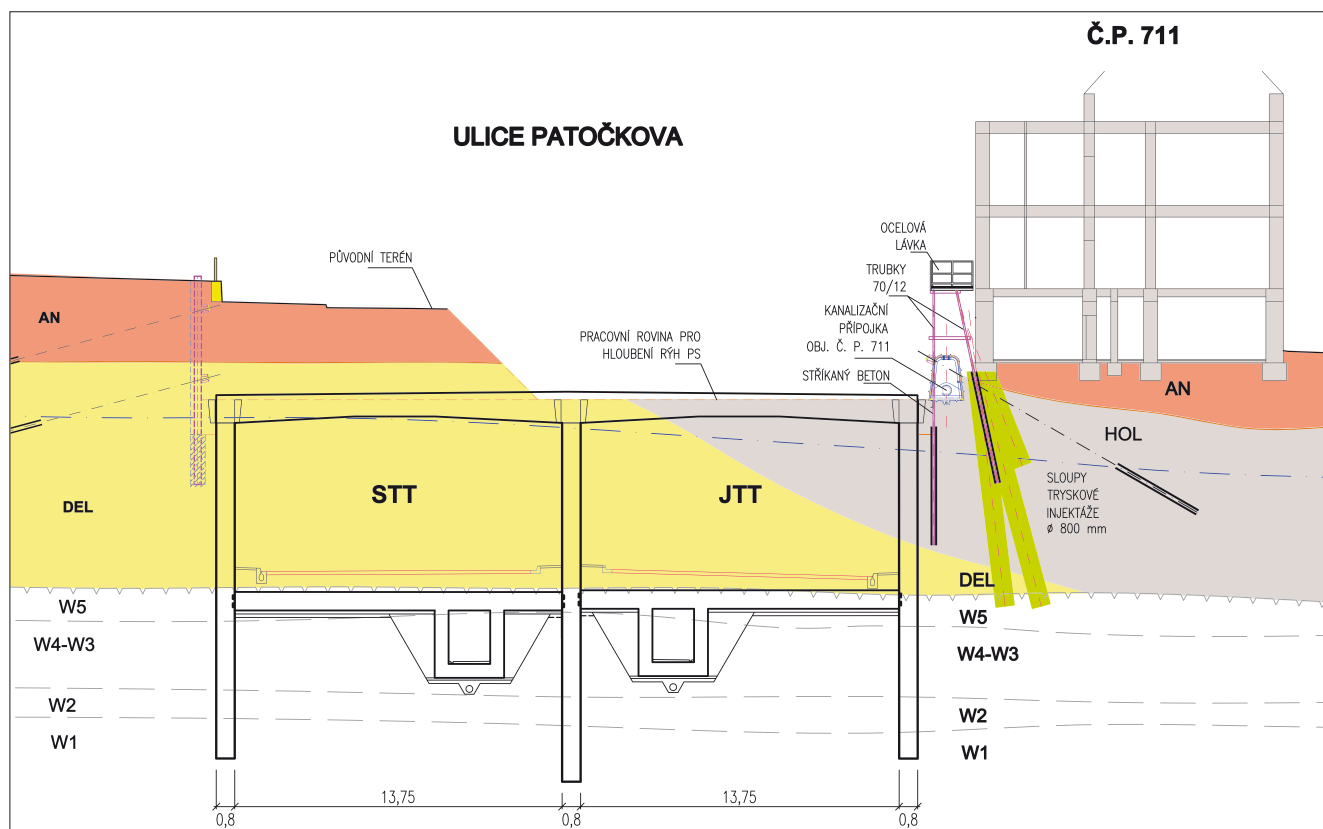


U objektu č. p. 712 nemohlo být provedeno kvůli stísněným podmínkám záporové pažení; to bylo nahrazeno tryskovou injektáží, podchycující jeho základy.

UPE 400, které budou zasekány do sloupů TI. Tvar lomené převážky bude upraven podle skutečné polohy provedených sloupů a svařen v jeden celek. Přední sloupů TI jsou ze statických důvodů ještě vyztuženy ocelovou trubkou 70/12 mm o délce 6 m.

Změnou realizace kanalizační přípojky **obj. č. p. 711** z hloubené na raženou nebylo ani zde možné vzhledem k stísněným podmínkám realizovat původně navrženou záporovou stěnu. Navíc zde úroveň výkopu pro betonáž stropní desky (dilatace D5) zasahuje výrazně pod úroveň základu objektu. Při hledání řešení se braly v úvahu dvě podmínky.

Nesmí dojít k poškození kanalizační přípojky stavebními pracemi a musí být zajištěn přístup do hlavních vchodů objektu na straně do ulice Patočkovy po celou dobu výstavby. Pro minimalizaci negativních dopadů na objekt bylo také zde rozhodnuto pochytit základy objektu u hlavního vchodu **sloupy tryskové injektáže**. Průměr sloupů TI je 0,8 m. Vrtání sloupů neprobíhalo postupně, ale z výše uvedených důvodů opět šachovnicovitě. Celková délka navržené stěny tryskové injektáže je 9,8 m. Délka vrtů pro TI je od 5,8 do 12 m. Celkem zde bylo provedeno 29 sloupů TI v jednotlivých vějířích.



Příčný řez stavební jámou v místě objektu č. p. 711, který byl podchycen TI a přístupová lávka k němu byla uložena na mikropilotách.

Pro zajištění přístupu do objektu byla navržena ocelová lávka, která měla být podle projektu po dokončení TI uložena po obou stranách kanalizační přípojky na stojinách, vytvořených z profilů HEB 120 v osové vzdálenosti 1,0 m se zabetonovaným kořenem. Kvůli obavám o poškození kanalizační přípojky se od tohoto řešení v době realizace (říjen 2010) ustoupilo. Ocelová lávka byla nakonec uložena na ocelové trubky 70/12 v osové vzdálenosti 1,0 m, ukotvené z jedné strany ve sloupech TI a z druhé strany kanalizační přípojky osazené do vrtů se zabetonovaným kořenem. Na této straně směrem do jámy vytvoří **tyto mikropiloty** s následně provedeným stříkaným betonem zároveň pažení výkopu pro betonáž stropní desky.

V koordinaci s realizací TI bude postupně prováděno i **záporové pažení** vlastní stavební jámy. Do doby vyřešení problematiky vstupů na pozemky zahrad obytných domů v ulici Nad Octárnou, které sousedí s ulicí Patočkovou na severní straně stavební jámy, bylo z časových důvodů rozhodnuto otevřít nejdříve alespoň tu část stavební jámy, kde bude možné realizovat jižní a střední podzemní stěny hloubeného tunelu. Severní strana stavební jámy je řešena prozatím jako svahovaný výkop se sklonem 1 : 1. Jižní stěnu stavební jámy bude zajišťovat kotvené záporové pažení a západní stranu jámy bude tvořit vyztužený svah. Po obdržení souhlasu majitelů zahrad ke vstupu na pozemky bude záporovým pažením zajištěna i severní strana stavební jámy. Hloubka stavební jámy bude od 5,4 do 7,3 m.

Celkem budou v této 2. fázi 2. etapy postupně provedeny 104 záporů z válcovaných profilů IPE 300, IPE 400, IPE 450, IPE 500 a HEB 400 osazené do vrtů o průměru 0,6 m s kořenem z betonu C12/15 X0. Osová vzdálenost záporů bude od 1,5 do 2,0 m. Délka záporů byla navržena dle statického výpočtu od 6,6 do 14,6 m s proměnlivou délkou kořene od 2,0 do 7,5 m.

Při hloubení jámy budou za přírby odkrytých válcovaných profilů osazovány vodorovné dřevěné pažiny tl. 120 mm. V předepsaných úrovních, daných statickým výpočtem, bude pak probíhat kotvení přes ocelové převázky z dvojic válcovaných profilů UPE 300 a UPE 400. Z důvodu bourání vodicích zídek budou ocelové převázky druhé kotevní úrovně provedeny jako zapuštěné; v ostatních případech budou záporů předsažené. Navržené dočasné kotvy s prodlouženou životností a ochranou proti bludným proudům budou dvou-, tří-, čtyř- a šestipramencové, předpínané o délce 10,0 až 18,0 m z pramenců Lp 15,7 mm (St 1570/1770 MPa). Délka kořene kotev je navržena v rozmezí 4,0 až 10,0 m. Celkem bude na záporovém pažení této stavební jámy osazeno 122 kotev.

Konstrukční řešení stavební jámy SAT 2. B – 3. fáze

Jedná se o stavební jámu v prostoru mezi křižovatkou ulic Patočkova – Myslbekova a stavební jámou Myslbekova (stavba č. 9515), zajištěnou po obvodě (na severní a jižní straně) **kotvenými pilotovými stěnami, resp. záporovými stěnami**. V této stavební jámě budou

vybudovány tubusy s klenbovou stropní konstrukcí, realizovanou již klasickou metodou v otevřené stavební jámě.

V době zpracování ZDS došlo na základě geologických poměrů zjištěných při ražbě přeložky kanalizačního sběrače „C“ ke změně pažení stavební jámy oproti DSP. V DSP se uvažovalo stavební jámu pažit ocelovými záporami o profilu HE 400 B. V ZDS byly tyto záporů nahrazeny pilotami o průměru 900 mm. Kotvení pilotových stěn je provedeno přes ocelové typové převázky Zakládání staveb, a. s., pomocí dočasných pramencových kotev s prodlouženou životností a ochranou proti bludným proudům. V místě záporové stěny, kde není dostatek místa a převázky by zasahovaly již do profilu budoucí konstrukce tunelu, budou převázky provedeny jako zapuštěné.

Záporové stěny jsou použity jednak v místech stísněných geometrických poměrů vzhledem ke konstrukci přilehlých kanalizačních štol, jednak podél části tunelu realizované technologií MMM, kde paží výkop pro betonáž stropní desky (dilatace D8). Hloubka této stavební jámy je od 7,3 m (v místě dilatace D8) do 29,0 m (na hranici s jámou Myslbekova). Pro zajištění stavební jámy stavby 2. B, 3. fáze, bylo využito pažení jižní strany sjezdové rampy do sousední stavební jámy Myslbekova, tvořené kotvenou pilotovou stěnou a záporovým pažením. Severní strana sjezdové rampy, tvořená rovněž pilotovou a záporovou kotvenou stěnou, bude v rámci 3. fáze výstavby kompletně odbourána.



Pohled na 3. fázi výstavby stavební jámy SAT 2. B, která zde navazuje na stavební jámu Myslbekova; vpravo je sjezdová rampa do této stavební jámy, z níž se pro účely pažení této 3. fáze ponechá jižní (zde pravá) část pažení.

Severní stěnu stavební jámy této 3. fáze tvoří 115 pilot a 22 zápor o celkové půdorysné délce 187,1 m. Jižní stěnu o celkové délce 173,73 m tvoří celkem 119 pilot a 7 zápor, z toho 71 pilot bylo provedeno již v rámci zajištění jižní stěny sjízdné rampy do jámy Myslbekova.

Osová vzdálenost svislých prvků pažení je 1,30 m. Délka pilot se pohybuje od 12,7 do 30,0 m. Délka zápor IPE 450 se pohybuje od 10,4 do 22,0 m.

Piloty jsou z betonu C30/37 XA2. Průměr pilot severní stěny je 900/780 mm, tj. piloty v horní části mají průměr 900 mm, ve spodní části pak 780 mm. Piloty jižní stěny mají průměr 900 mm. Jako součást armo koše jsou do zhlaví pilot osazeny ocelové zápor y z profilu HE 240A v délce 4 m. Z toho 1 m je zabetonován v pilotě a zbylé 3 m tvoří pažení, které bude při konečném zasypaní jámy po dokončení tunelů odstraněno. Pilotové a záporové stěny budou kotveny pomocí dočasných předpjatých dvou- až osmipramencových kotev z pramenců Lp 15,7 mm (St 1570/1770 MPa) s prodlouženou životností. Kotvení je prováděno vždy v několika kotevních úrovních. Délka



3. fáze výstavby SAT 2. B; ocelové zápor y jsou osazeny do zhlaví pilot

kotev se pohybuje od 9,0 m (nejkratší) do 26,0 m (nejdelší), z toho délka kořene je 5,0 až 10,0 m.

Po dokončení celé stavební jámy této 3. fáze, zajištěné postupně výše uvedeným způsobem, bude po provedení výkopových prací

zahájena výstavba hloubených tunelů s klenbovou stropní konstrukcí.

Ing. Ota Špinka, Ph.D., PUDIS, a. s.
s příspěvím **ing. Michaela Remeše,**
Zakládání staveb, a. s.

STAVBA POHLEDEM GENERÁLNÍHO ZHOTOVITELE

Navazují na předchozí článek ing. Špinky o stavbě Strahovského tunelu, části 2. B, tzv. stavby SAT 2. B. Projektant poměrně přesně popsal technické řešení hlavních částí stavby. K tomu připojuji pár myšlenek na téma součinnosti zvláštního zakládání s dalšími pracemi na stavbě SAT 2. B.

V dnešní době, kdy je na dodavatele staveb vyvíjen velký tlak na zkracování celkové doby výstavby a také na minimalizování doby významných dopravních omezení, dochází k paradoxní situaci, kdy investorská příprava vlastní stavby trvá mnohem déle než vlastní výstavba. Přesto je zhotovitel dále nucen hledat opatření k dalšímu urychlování výstavby. Nejinak tomu bylo a je i na stavbě SAT 2. B, která oproti původnímu předpokladu začala přibližně o 8 měsíců později, než se předpokládalo, a navíc dochází k časovému spojení s výstavbou další částí MO – stavby č. 9515 Myslbekova–Prašný most, což situaci dále komplikuje. Prakticky jediným možným systémovým řešením na naší stavbě tak bylo časové spojení jednotlivých činností a fází výstavby a tím její celkové urychlení. Právě spojování některých činností, jakými jsou souběžné provádění podzemních milánských stěn a provádění ŽB stropů tunelu, je možnou cestou jak stavbu urychlit. Technologie provádění podzemních stěn je však poměrně náročná na prostor. Tento souběh však umožní dřívější započítí navazujících prací a tím i částečné zkrácení výstavby.

Na druhé straně přinese značné komplikace pro zhotovitele prací speciálního zakládání a ve svém důsledku pak snížení jeho výkonů. Právě tato skutečnost představuje hlavní „spor“ mezi hlavním dodavatelem a zhotovitelem zvláštního zakládání, kdy je třeba se rozhodnout, které „křídlo“ obětovat. Ideální řešení není, protože vždy je třeba určitou činnost omezit (tím prodražit), je to však často jedinou cestou jak stavbu významně zrychlit. V praxi se totiž kritická cesta stavby v čase posouvá a ne vždy musí být u jednotlivé technologie od začátku do konce, nové technologické možnosti urychlení prakticky nejsou a rozšíření doby

provádění naráží v intravilánu na velký odpor veřejnosti a úřadů. Doba, kdy se provádí zajištění stavebních jam a další technologie zvláštního zakládání, je proto vždy bojem o prostor a čas. Je to ale jediná technologická část stavby, která může přinést opravdu výraznější časové a finanční úspory. Spojení se zemními pracemi pak dělá tuto část na každé stavbě vždy jedinečnou.

Petr Tesař, Eurovia CS, a. s., za zhotovitele Sdružení 2. B Eurovia – Energie
Foto: Libor Štěřba

Obrázky: Ing. Ota Špinka, Ph.D., PUDIS, a. s.

Strahov motorway tunnel (SAT 2.B), construction no. 0065 – cut-and-covered tunnel

In March 2010 works on the 2nd part of the Strahov motorway tunnel started, namely on its 2. B part – a cut-and-covered tunnel (SAT 2. B), following up on the finalised SAT 2. A part – MÚK Malovanka and the Myslbekova–Pelc-Tyrolka tunnel complex (the Blanka tunnels) – construction no.9515. The 2. B construction has been further divided into three phases depending upon the type of construction works and their procedures. The first phase involves preparatory works and relays of underground services. The second phase includes securing of an open foundation pit using anchored rider bracing. Diaphragm walls are to be subsequently carried out from the foundation pit bottom; these diaphragms will hold a concrete floor slab for the future tunnel realised within the framework of a cut-and-covered tunnel construction technology; the tunnel will be carried out using the so-called Modified Milan Method (MMM). Within the 3rd phase a new foundation pit will be opened in the next tunnel section and secured by a combination of rider bracing and pile anchored sheeting technologies. This foundation pit will incorporate tubes with a vaulted floor structure carried out by a standard method used inside open foundation pits.