

Zajištění stavební jámy stanice metra Letňany – projekt trasy IV.C2 pražského metra

V současné době probíhá výstavba druhé části IV. provozního úseku trasy C pražského metra z Ládví do Letňan. Tato stavba navazuje na zprovozněný úsek IV.C1 ze stanice Nádraží Holešovice do stanice Ládví a zahrnuje tři nové stanice: Střížkov, Prosek, Letňany. V následujícím textu je popsáno zajištění jámy pro stanici metra Letňany, která je unikátní jak rozsahem, tak prováděním pod hladinou podzemní vody.

Délka trasy IV.C2 je 4,6 km, z toho je 2,24 km hloubených objektů, včetně tří stanic. Celkový objem výkopů je 950 000 m³. Stavba je dle postupu výstavby a funkce rozdělena na sedm stavebních oddílů.

Oddíl 08 – Stanice Ládví – obrátové koleje;

Oddíl 09 – Traťový úsek Ládví–Střížkov;

Oddíl 10 – Stanice Střížkov;

Oddíl 11 – Traťový úsek Střížkov–Prosek;

Oddíl 12 – Stanice Prosek;

Oddíl 13 – Traťový úsek Prosek–Letňany;

Oddíl 14 – Stanice Letňany.

Převážná část výkopů hloubených traťových úseků a hloubených stanic je zajištěna dočasnými kotvenými záporovými stěnami s dřevěnými pažinami, částečně jsou použity kotvené pilotové stěny se stříkaným betonem. Výkopové práce jsou v současnosti (konec dubna 2005) téměř dokončeny. Zajištění stavebních jam je ve většině případů navrženo s dostatečným odsazením od nosných konstrukcí tak, aby železobetonové konstrukce a izolace mohly být prováděny z rubu.

Trasa bude dle předpokladu dokončena na přelomu let 2007 a 2008. Zhotovitelem stavby je sdružení firem Metrostav, a. s., Skanska CZ, a. s., a Subterra, a. s. Prováděcí dokumentaci projektuje METROPROJEKT Praha, a. s. Společnost Zakládání staveb, a. s., se významně podílí na pracích speciálního zakládání.

Stanice Letňany

Stavební jáma stanice Letňany navazuje na ražený úsek jednokolejného traťového tunelů oddílu 13. Staveniště se nachází na „zelené louce“ v prostoru budoucího veletržního areálu. Rozměry jámy jsou v trase traťových tunelů cca 600x25 m, hloubka jámy je 10,5–16,8 m. Součástí oddílu jsou také dva vestibuly založené do hloubky 6,0 m po povrchu. Původní návrh zajištění otevřené stavební jámy (projekt pro stavební povolení) předpokládal zhotovení



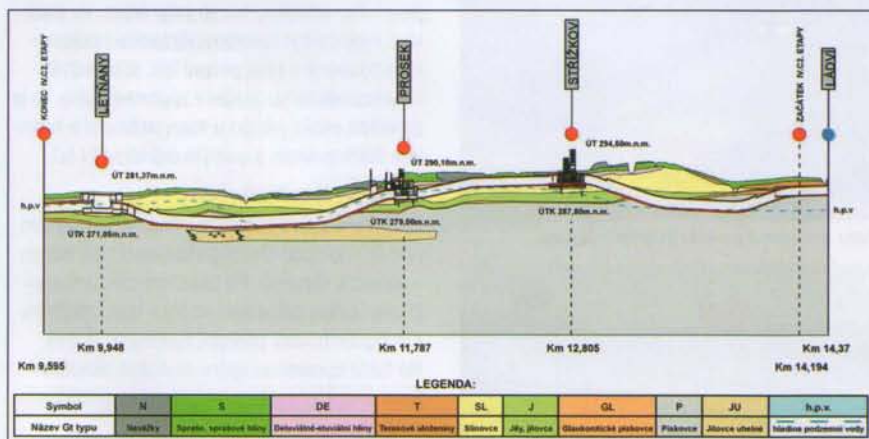
Situace s vyznačením trasy IV. C2 pražského metra



Ortofotomapa s vyznačením v současnosti budované trasy IV. C2 pražského metra



Letecký pohled na stavební jámu stanice Letňany (Foto: Subterra, a. s.)



Podélný řez trasou IV. C2 s vyznačením geologických poměrů

sahované jámy s částečným kotvením a dílčím zajištěním jámy pilotovou stěnou. Před započítáním stavby však zhotovitel (sdružení firem) rozhodl o realizaci varianty navržené firmou Zakládání staveb, a. s. se zajištěním jámy záporovým pažením. Konceptní návrh vyprojektoval jednostupňově Metroprojekt Praha, a. s. Zhotovitel preferoval tyto výhody oproti původnímu návrhu sahované jámy: snížení objemu a odvozu výkopku, zjednodušení způsobu odvodnění jámy a provedení izolačních prací. Objem vý-

kopů přesto činí více než 300 000 m³ a plocha záporového pažení je 15 200 m². Výkopy pro vestibuly jsou sahované. Zajištění stěny portálu je provedeno stříkanými svahy s třemi úrovněmi kotvených železobetonových převázků. Výjezdy z jámy jsou zajištěny dvěma výjezdovými rampami.

Geologické a hydrogeologické poměry

Geologický profil tvoří:

- sprašové hlíny S,
- písčité jíly, písčito-jílovitá hlína D+E,

- slínovec (jílovitý vápenc) SL,
- jíl, jílovec J,
- glaukonitovec GL,
- pískovec P.

Hladina podzemní vody tvoří dva souvislé horizonty. První zvodně v puklinovém prostředí slínovců je oddělena od druhé zvodně vrstvou jílovců o mocnosti 3,0–5,0 m. Jílovec tvoří izolátor mezi kolektory zvodně. Hladina vody v jámě se ustálila po otevření výkopu na 5,0 m pod úroveň terénu. Podzemní voda v souvrství pískovců není tlaková a nemá přímou hydraulickou spojitost s kolektorem první zvodně. V rámci IG průzkumu byl zpracován matematický model režimu proudění podzemních vod v Letňanech.

Při variantě jednorázového otevření stavební jámy až po dosažení jejího dna byly vypočteny dále uvedené přítoky podzemní vody do jámy:

- po 30 dnech – 36,5 l/s,
- po 60 dnech – 20,9 l/s,
- po 130 dnech – 15,7 l/s,
- po 365 dnech – 10,1 l/s.

Skutečné přítoky podzemní vody v současném období beze srážek činí 40 dní po dosažení dna jámy cca 18 l/s. Z uvedeného plyne, že výsledky matematického modelu jsou na straně bezpečnosti. Poměrně vysoké přítoky podzemní vody do jámy jsou dotovány infiltrací atmosférické



Stavební jáma stanice metra Letňany, pohled od portálu, vlevo je výjezdová rampa



Zajištění jámy stanice metra záporovým pažením, pohled směrem k portálu ražených tunelů



Záporové pažení, kotvené ve třech úrovních; podkladní betony dilatačních dílů 4, 5

kých srážek na Letňanské plošině a významně také přítokem podzemní vody z hydrologického rozvodí podzemních vod. Dosah snížení HPV vlivem čerpání je dle modelu 450 m. Podzemní voda vykazuje nízkou agresivitu.

Zajištění jámy

Zápory jsou provedeny z pracovní úrovně předvýkopu hloubky 2,7 m pod úroveň terénu. Jednotlivé zápory I 300 (I 360) jsou vloženy do vrtů profilu 630 mm. Délka zápor je 12,5–18,3 m. Pata zápor je vyplněna betonem C12/15. Osová vzdálenost prvků je 1,5 a 2,0 m. Během provádění vrtů pro zápory byly rozdíly zastížené hladiny podzemní vody běžně až 8,0 m mezi sousedními vrty. Výjimkou nebyly ani případy suchého a zavodněného vrtu v bezprostřední blízkosti. Tento stav je způsoben charakteristickou puklinovou propustností slínovců. Mezi příruby zápor jsou vloženy dřevěné hranoly 100/100 mm. Zápory jsou kotveny ve dvou, ve třech nebo ve čtyřech úrovních dočasnými pramencovými kotvami. Přenos kotveních sil je zajištěn ocelovými převážkami ze dvou válcovaných profilů U 260 (U 300). Polohově je záporové pažení navrženo ve vzdálenosti 1,6 m od líce nosných stěn tak, aby mohly být na konstrukci provedeny z rubu povlakové izolace. Převážná většina zápor byla osazena do svislého líce s dodržением odchylky 1 % z délky zápor, povolené projektem.

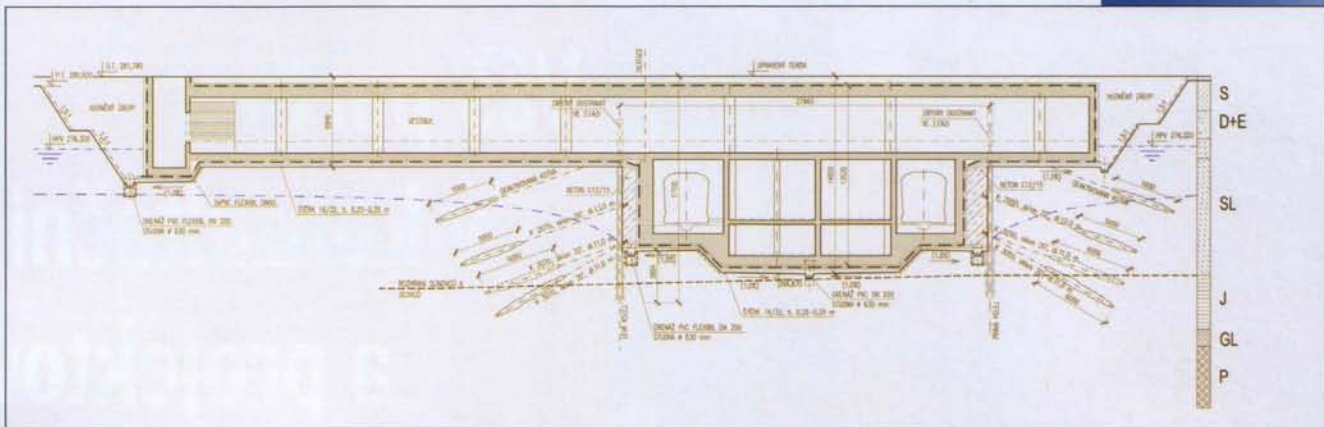
Statické řešení ovlivnila poloha vrstvy jílovců. Jedná se o horninu charakteru spíše zeminy (jíly pevné, místy tuhé konzistence). Tato vrstva neumožňuje spolehlivé vetknutí pat zápor, proto jsou kotvy umístěny blízko paty zápor. Ve statickém výpočtu byl zaveden předpoklad dokonalého odvodnění rubu pažení tak, aby nedošlo k hydrostatickému zatížení záporové stěny. To je zajištěno výplní prostoru mezi pažinami a horninou štěrkopískem a svislým drénem DN 50.

Úprava základové spáry

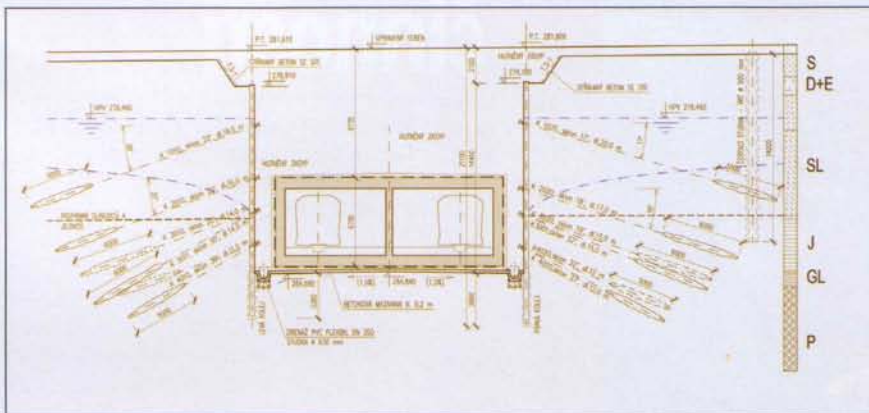
Základová spára zasahuje přibližně ve stejném poměru do obou charakteristických typů hornin – jílovců a slínovců. Při zastížení slínovců spočívala úprava základové spáry v jejím začástitění a v zaplombování překopů betonem C12/15. Na takto upravenou spáru je uložen dvouúrovňový drenážní systém (trubní drény a štěrkový polštář).

Při zastížení jílovců je definitivní výkop proveden z pracovní úrovně 0,65 m nad základovou spárou, dočasně opatřenou betonovou mazaninou C16/20 tl. 0,15 m se sítí. Definitivní dotěžení výkopů se provádělo při záběrech cca 6,0x6,0 m bez pojezdu mechanizace po základové spáře. Odkrytá spára je bezprostředně po odhalení překryta betonovou mazaninou C16/20, tl. 0,2 m, aby nedošlo k jejímu znehodnocení. Až poté je na takto ošetřenou spáru postavena systematická drenáž.

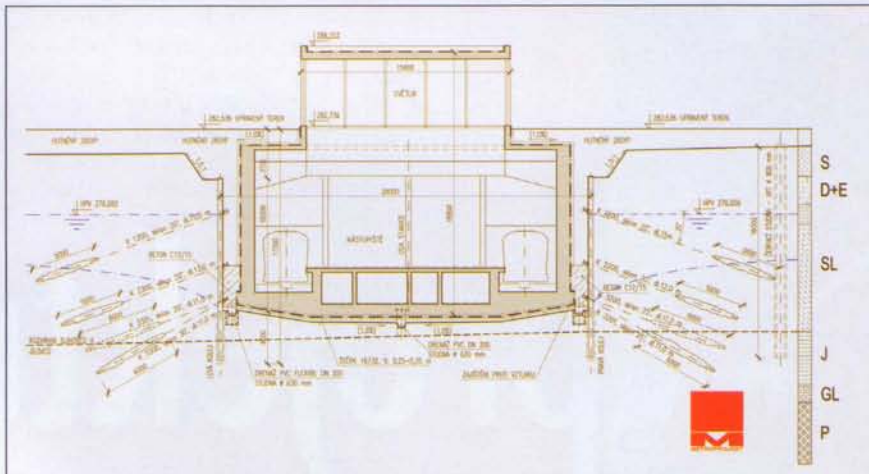
Dle geometrie základové desky je základová spára upravena ve střechovitém sklonu s odvedením vody do boků nebo do středu jámy.



Stanice Letňany, příčný řez vestibulem



Stanice Letňany, příčný řez tratovým tunelem



Stanice Letňany, příčný řez nástupištěm

V nejnižších místech výkopu jsou provedeny sběrné drény, zaústěné do čerpacích studní.

Odvodnění jámy

Odvodňovací systém je dimenzován na přítok podzemní vody a atmosférických srážek. Při návrhu dočasného odvodnění prostoru stanice Letňany se zvažovalo několik variant. Možnost odvodnění dna jámy propojením obou zvodní svislými vrty procházejícími vrstvou jílovců byla zamítnuta již ve fázi úvodního projektu. Důvodem byla obava z přítoků podzemní vody z horního kolektoru do navazujícího raženého úseku SO 13 a z případných dalších poruch při

razících pracích.

Odvodnění prostoru jámy bylo v projektové dokumentaci navrženo jako kombinace vnějších studní v okolí jámy a systematické drenáže na dně jámy. Studny profilu 900 mm, provedené ve vzdálenosti 15–20 m od jámy, jsou vystrojené perforovanou výpažnicí Ø 600 mm s obsypem. Podíl na celkovém čerpaném množství vody ze studní je nízký a nepřevyšuje 10 % z celkového objemu čerpání. Účinnost odvodňovacího zásahu pomocí vnějších studní nespĺnila projekční předpoklady. Tato zkušenost ukazuje, že použití vrtaných studní pro plošné odvodnění v puklinovém prostředí není efektivní. Bezporuchové

provádění izolačních a betonářských prací plně zajišťuje drenážní systém na dně jámy. Drenážní vody jsou čerpány přes usazovací nádrže do dešťové kanalizace, zaústěné do Rokytky. Měření průtoků je prováděno důlními vodoměry, osazenými před zaústěním výtlačků do kanalizace. Během těžby výkopu pod úrovní HPV došlo k vyplavování jemnozrnných částic, což bylo operativně řešeno přidáním usazovacích nádrží před zaústěním výtlačků do dešťové kanalizace. Po dosažení dna jámy vyplavování jemnozrnných částic ustalo. Čerpání bude probíhat po dobu cca 2–3 let, do okamžiku zajištění všech dilatačních dílů proti vztakovým účinkům. Poté bude čerpání ukončeno uzavřením a zainjektováním čerpacích studní a HPV se vrátí do původního stavu. Vzhledem k umístění stanice Letňany rovnoběžně se směrem proudění podzemní vody by neměla mít dokončená stavba zásadní vliv na režim proudění podzemních vod.

Ing. Martin Jakoubek
METROPROJEKT Praha, a. s.

Obrázky: Metroprojekt Praha, a. s.
Foto: Libor Štěrba

Securing a foundation pit for the Letňany underground station – project of the IV. C2 line of the Prague Underground

The construction of the 2nd part of the functional division IV.C of the Prague Underground between Ládví and Letňany is currently realised as a continuation of the IV.C1 section between Nádraží Holešovice and Ládví stations that is already in operation. The new section includes three stations: Střížkov, Prosek and Letňany. The following text describes securing of a foundation pit for the Letňany station – it is a unique construction in terms of its extent as well as realisation under ground water level.