

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

Redakční rada:  
vedoucí redakční rady:  
Ing. Libor Štěrba  
členové redakční rady:  
RNDr. Ivan Beneš  
Ing. Martin Čejka  
Ing. Alois Kouba  
Ing. Jiří Mühl  
Ing. Michael Remeš

Redakce:  
Ing. Libor Štěrba  
Design & Layout:  
Studio 66  
Jazyková korektura:  
Mgr. Antonín Gottwald  
Sazba, lito:  
Studio 66  
Tisk:  
Tiskárna Stopro, s. r. o.

Foto na titulní straně:  
Libor Štěrba,  
a J. Augusta  
Překlady anotací:  
Mgr. Klára Ouředníková

Ročník XVII  
4/2005  
Vyšlo 14.2. 2006  
v nákladu 1000 ks  
MK ČR 7986  
ISSN 1212 – 1711  
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2005 je cena časopisu 72 Kč.  
Roční předplatné 296 Kč vč. DPH,  
balného a poštovného.  
Objednávky předplatného na tel.:  
234 035 200, fax: 234 035 207 nebo na  
myris@myris.cz, www.myris.cz  
Myris Trade, s. r. o.  
P. O. Box 2, V Štíhlách 1311/3  
142 01 Praha 4

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

## Aktuality

- Nová evropská norma v geotechnické praxi** 2  
*RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.*
- 3. konference Speciální betony 2005** 5  
*Ing. Milan Jeřábek, Zakládání staveb, a. s.*
- Regenerace bentonitové suspenze** 6  
*J. Regler, F. Donhauser, Dr. Ing. H. Tiefel,  
pro časopis Zakládání přeložil Ing. Alois Kouba*

## Teorie a praxe

- Geofyzikální průzkum v oblasti mostů přes Ždírnické potoky na trase dálnice D8** 8  
*RNDr. Jaroslav Bárta, CSc., RNDr. Vojtěch Beneš, G IMPULS Praha, spol. s r. o.*

## Průmyslové stavby

- Spolana Neratovice – založení haly na likvidaci dioxinů** 12  
*Ing. Jiří Jíra, Prajer, a. s.*

## Dopravní stavby

- Výstavba trasy metra IV. C2 v úseku Ládví–Letňany** 14  
**Práce speciálního zakládání při zajištění stavebních jam**  
*Ing. Marcel Kušta, Ing. Michael Remeš, Zakládání staveb, a. s.*
- Stavební a architektonické řešení stanice metra Strážkov** 20  
*Ing. Petr Hankovec, HOCHTIEF VSB, a. s.*
- Ražba tunelu trasy metra IV. C2 mezi stanicí Ládví a Prosek** 22  
*Jiří Krajíček, Subterra, a. s.,*
- Povodňová ochrana pražského metra – projekt a stavební řešení** 24  
*Ing. Martin Jakoubek, METROPROJEKT Praha, a. s.*

## Občanské stavby

- Protipovodňová opatření paláce Žofín na Slovanském ostrově** 28  
*Jaroslav Lehoučka, Zakládání staveb, a. s.*
- Zajištění stavební jámy pro hotel Karmelitská v Praze** 30  
*Ing. Bohumil Kubín a Bohumil Kolisko, Zakládání Group, a. s.*

- Fotoreportáž** 33

# Nová evropská norma v geotechnické praxi

**Český normalizační institut přijal v září 2005 do soustavy norem anglický originál již deváté evropské geotechnické normy z řady „Provádění speciálních geotechnických prací“. Normy připravuje technický výbor CEN TC 288 „Execution of special geotechnical works“. Jednalo se o EN 14679: „Execution of special geotechnical works – Deep mixing“, vydanou CEN (Evropskou komisí pro normy) v trojjazyčné verzi v dubnu roku 2005. V současnosti byl dokončen její překlad a v nejbližší době bude norma převzata překladem do českého jazyka, který anglickou verzi nahradí. Norma nese český název ČSN EN 14679 (73 1075) *Provádění speciálních geotechnických prací – Hloubkové zlepšování zemin.***

Technologie hloubkového zlepšování zemin se dosud na našem území příliš neuplatňovaly. Hlavním důvodem je skutečnost, že základové poměry, pro které byly vyvinuty, se v našich podmínkách vyskytují jen v omezené míře a pro jejich zvládnutí byly dostačující technologie na našem trhu běžně dostupné (piloty, mikropiloty, klasická a trysková injektáž, šterkové pilíře). Ve světě je hloubkové zlepšování zemin známé pod pojmy „deep soil mixing“ nebo méně přesně „lime piles“, u nás pak nejvíce jako „vápnenné pilíře“, i když se tento výraz vztahuje jen k menší části technologického spektra hloubkového zlepšování zemin.

Technologie hloubkového zlepšování jsou určeny pro zlepšení vlastností velmi měkkých jíílů, senzitivních zemin, rašeliny, měkkých mořských sedimentů, gytje atp. Mají zvýšit smykovou pevnost a (nebo) snížit stlačitelnost smísením zeminy s některým druhem chemických příměsí, které reagují se zeminou. Zlepšení může nastat iontovou výměnou na povrchu jílových minerálů, spojením částic zeminy nebo vyplněním dutin produkty chemické reakce. V poslední době se tato technologie používá i při imobilizaci kontaminantů nebo stabilizaci skládek odpadů. Hloubkové zlepšování zemin je rozděleno podle použitého pojiva (cement, vápno/cement a případné příměsi jako sádra, popílek apod.) a podle způsobu zlepšování (suchým/tekutým pojivem, rotačně/tryskově, spirálovým vrtákem nebo vrtným nástrojem s břitzy).

Vývoj hloubkového zlepšování začal ve Švédsku a Japonsku koncem šedesátých let dvacátého století. Zlepšování suchým pojivem s použitím granulovaného páleného vápna (nehašeného vápna) jako pojiva bylo zavedeno do praxe v Japonsku v polovině sedmdesátých let dvacátého století. Přibližně ve stejné době vzniklo ve Švédsku zlepšování suchým pojivem jako zlepšování vápnem (práškovým vápnem) pro zlepšení charakteristik sedání měkkých plastických jíílů. Zlepšování tekutým pojivem s použitím cementové injektážní směsi jako pojiva bylo také do praxe zavedeno v Japonsku

v polovině sedmdesátých let dvacátého století. Hloubkové zlepšování se od této doby rozšířilo do dalších částí světa. Později se zavedlo použití kombinace cementu a vápna se sádrrou, popílkem a struskou.

## Stručně z obsahu normy

Všechny normy řady EN vydávané TC 288 mají jednotnou stavbu. Jednotlivé články jsou uspořádány do jedenácti kapitol. Norma dále obsahuje předmluvu, tři obsáhlé informativní přílohy a seznam literatury.

## Předmětem normy je

provádění, zkoušení, dohled a monitoring prací hloubkového zlepšování zemin. Hloubkové zlepšování se realizuje dvěma rozdílnými způsoby: zlepšováním zemin suchým pojivem (dry mixing) a zlepšováním zemin tekutým pojivem (wet mixing). Kapitola **Termíny a definice** podává výklad jedenadvaceti termínů použitých v textu normy. Anglický originál používá řadu odborných výrazů, které nelze přeložit přímo a pro které se obtížně hledá odpovídající český ekvivalent. Obdobné problémy však zcela evidentně měli i autoři překladů do německého a francouzského jazyka. Příkladem je již český překlad názvu normy (francouzsky *Colonnes de sol traité*, německy *Tiefreichende Bodenstabilisierung*) nebo překlady dvou základních technologií: anglicky *dry mixing*, francouzsky *malaxage par voie seche*, německy *Trockenmischverfahren*, český

*zlepšování suchým pojivem* nebo anglicky *wet mixing*, francouzsky *malaxage par voie humide*, německy *Nassmischverfahren*, český *zlepšování tekutým pojivem*.

V kapitole *Informace nutné k provádění prací* je taxativně vyjmenováno, co vše musí být k dispozici pro realizaci hloubkového zlepšování zemin. Uvádí se, že veškeré informace nutné k realizaci prací musí být opatřeny před zahájením prací. Technologie hloubkového zlepšování zemin jsou značně závislé na řízení prací podle dosažených výsledků, proto norma vyžaduje přesný harmonogram převzetí a zkoušek, přesné stanovení postupů a informačních toků při používání observačních metod návrhu a realizace prací a při zastížení nepředpokládaných základových poměrů na staveništi.

Úspěšnost hloubkového zlepšování zemin úzce souvisí s dokonalým poznáním zlepšovaného prostředí. Proto norma vyžaduje velice podrobný **geotechnický průzkum** staveniště, zjištění veškerých překážek pro realizaci prací včetně kořenových systémů stromů, podrobné ověření hydrogeologických, hydraulických a hydrochemických poměrů, detailní určení fyzikálních, mechanických i chemických vlastností zemin.

Kapitola **Předpoklady návrhu** obsahuje všechny



Vrtný nástroj s břitzy pro technologii hloubkového zlepšování zemin

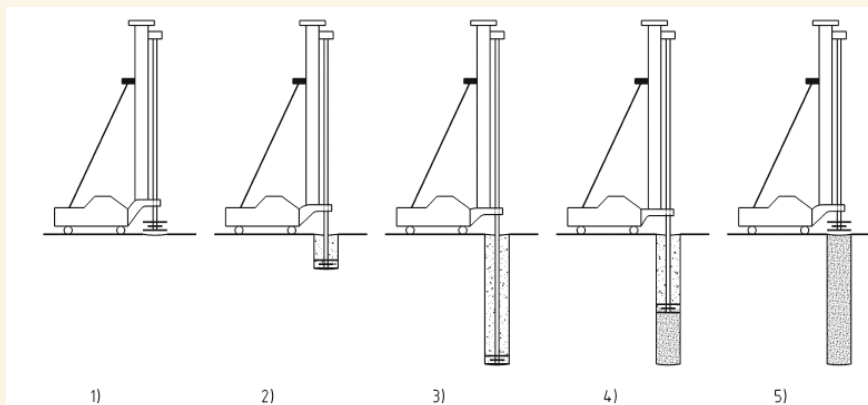
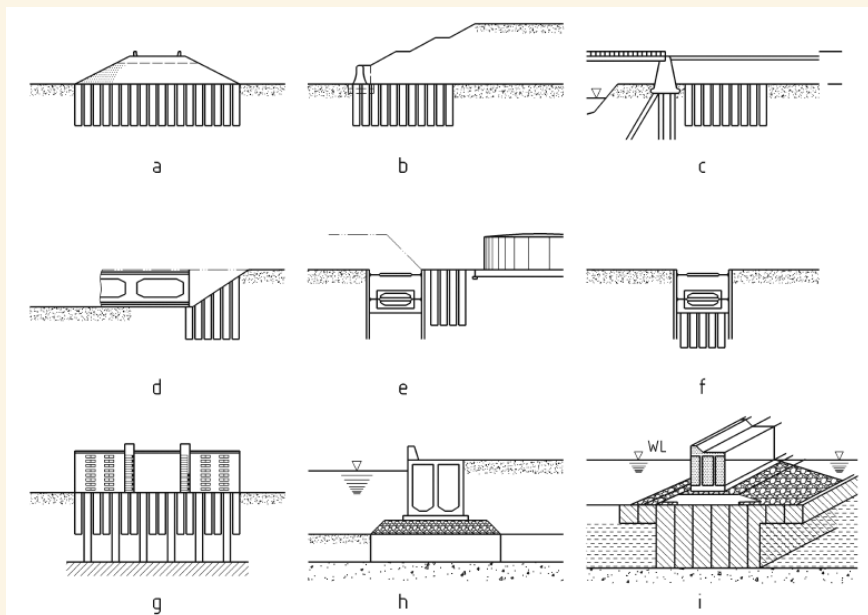


Schéma postupu instalace sloupu zlepšené zeminy



Různé možnosti použití hloubkového zlepšování: a stabilita/sedání, b stabilita vysokých násypů, c nerovnoměrné sedání mostních opěr, d stabilita svahů výkopů, e redukce vlivu sousedních staveb, f pažení výkopu proti zemnímu tlaku/zdvihu, g příčné vyztužení pilotového základu, h únosnost pobřežních hrází, i únosnost vlnolamů

údaje, které musí obsahovat projektová dokumentace. Na rozdíl od ostatních norem této řady, které se projektu věnují ve velmi omezené míře, je zde navrhování věnována větší pozornost. Důvodem je vlastní princip navrhování konstrukcí z hloubkově zlepšené zeminy, který je interaktivní a při němž je projekt průběžně upravován podle výsledků dosažených při provádění vlastních prací. Kapitola zdůrazňuje, že zkoušky laboratorně připravených vzorků vykazují obvykle výrazně lepší výsledky, než jsou dosaženy in-situ, proto je nutné provést ověřovací pokusy přímo v terénu technologií a nástroji, které budou použity při vlastní realizaci prací.

Kapitola **Provádění** v obecné části požaduje před prováděním prací vypracovat technologický předpis, který musí obsahovat normou vyjmenované položky.

Další články kapitoly se věnují přípravě staveniště a zejména provedení reprezentativních polních zkoušek k potvrzení správnosti návrhu prací a stanovení řídicích hodnot provádění prací. Zde jsou požadavky obdobné jako při provádění zkušební pole při klasické nebo tryskové injektáži. Norma neuvádí žádné povolené odchylky – ty musí dát návrh prací

v závislosti na účelu prováděného hloubkového zlepšování.

Dále jsou zde uvedeny základní informace o parametrech nástrojů, rychlosti jejich otáčení a vytahování. Detailní popis zlepšování suchým a tekutým pojivem uvádí přílohavá část normy. Úspěšná realizace prací hloubkového zlepšování je závislá na kvalifikovaném **dohledu**, hojném a pečlivém **zkoušení** a detailním **monitoringu** prací. Rozsah a metody musí stanovit návrh. Přehled metod zkoušení je uveden v přílohavé části.



Částečně obnažené vápenné pilíře

hled metod zkoušení je uveden v přílohavé části. Na stavbě má být schválený plán pro supervizi, který má obsahovat přinejmenším frekvenci a obsah prováděných zkoušek. Monitoruje se postup výstavby a odpovídající parametry podle tabulky obsažené v normě. Přednost se dává počítačové formě.

O provádění prací se vedou provozní **záznamy**, výčet provozních parametrů obsahuje příslušná kapitola. U parametrických hodnot se dává přednost automatickým počítačovým záznamům. Kapitola týkající se **bezpečnosti a ochrany zdraví** při práci na staveništi klade důraz na dodržování pracovních postupů, kvalifikovanou obsluhu strojů a ochranu životního prostředí. Zejména upozorňuje na nebezpečí vyplývající z používání chemických žíravých látek, jakou je například vápno.

Přílohavá část normy je značně rozsáhlá, má 29 stran z celkových 52. Informativní přílohy rozvádějí, detailizují nebo vysvětlují požadavky některých kapitol normy.

#### Příloha A: Praktická hlediska hloubkového zlepšování

Uvádí, co je účelem hloubkového zlepšování, dále popisuje historii vývoje technologie a oblasti použití. Hlavní oblastí je redukce sedání, zlepšení stability a enkapsulace kontaminantů. Obsahuje postupové diagramy a instalační schémata zlepšování suchým i tekutým pojivem. Popisuje postupy při severské a japonské technologii včetně používaných parametrů strojů a provozních hodnot realizace.

Uvádí různé typy schémat instalace sloupů upravené zeminy, přibližuje smíšené technologie (kombinace s tryskovou injektáží nebo povrchovou stabilizací zemin pomocí frézy).

#### Příloha B: Návrhová hlediska

Tato příloha velmi zešířka doplňuje kapitolu č. 7. Navrhování hloubkového zlepšování zemin je interaktivním postupem, při kterém se návrh upravuje na základě získaných údajů z laboratorních a polních zkoušek a poloprovozního pokusu. Uvádí vhodnost jednotlivých typů pojiva pro konkrétní druhy zeminy a detailně popisuje způsoby laboratorních i polních zkoušek upravených zemin, pro které byly vyvinuty i speciální zkoušky a postupy.

Dále představuje korelační vztahy mezi různými vlastnostmi upravené zeminy. Zabývá se smykovými parametry upravené zeminy v závislosti na vzájemném umístění sloupů, dále též sedáním

sloupů nebo konstrukcí z upravené zeminy a výstavbou těsnících prvků.

#### Závěr

Evropská norma pro provádění hloubkového zlepšování zemín je celá postavena na zkušenostech zejména skandinávských a japonských odborníků, získaných z dlouhodobého shromažďování dat z jednotlivých realizovaných projektů. V Japonsku dokonce existuje instituce, která veškerá data, např. pro metodu zlepšování tekutým pojivem, centrálně shromažďuje (Coastal Development Institute of Technology). Je čistě popisná, v celé normě je jediný matematický vzorec(!), který je ještě uveden v poznámce pod čarou a slouží k výpočtu počtu otáček mísicího nástroje... V normě uváděné vztahy jsou většinou empirické. Základem návrhu technologie jsou rozsáhlé zkoušky, na základě kterých

se neustále upravují prováděcí parametry. Projektant je prakticky součástí výrobního postupu. Norma popisuje i strojní vybavení nutné pro danou technologii. Podle zkušeností autora článku nelze v Česku výrazné rozšíření této technologie předpokládat. Jelikož však již nejsme omezeni hranicemi naší malé země, dokonce ani hranicemi sjednocené Evropy, lze uvedení této normy do

praxe uvítat. V některých zemích či oblastech světa se jedná o zcela běžnou technologii zlepšování zemín, srovnatelnou například s tryskovou injektáží. Je proto namístě znát její principy a dokonce je mít i v normalizované podobě.

**RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.**  
autor českého překladu normy

### New European standard in geotechnical use

*In September 2005 the Czech Institute for Standardisation adopted into the system of standards an English original of the ninth European geotechnical standard from the series of "Execution of special geotechnical works" prepared by the technical committee CEN TC 288. It was the EN 14679 Standard called "Execution of special geotechnical works – Deep mixing", published in April 2005 by the CEN (European Committee for Standards) in trilingual version. This standard will be soon officially replaced by its Czech translation that is already finished and will be adopted into the system of standards.*

## 3. konference Speciální betony 2005

**Ve dnech 29. a 30. 9. 2005 proběhl v Malenovicích již třetí ročník konference „Speciální betony – vlastnosti, technologie a aplikace“.**

**V článku přinášíme stručný přehled nejzajímavějších příspěvků, které se dotýkají problematiky speciálního zakládání staveb.**

Program konference byl rozdělen do těchto tematických okruhů:

- 1) Vysokopevnostní beton, řídil doc. Ing. T. Klečka, CSc., Kloknerův ústav ČVUT Praha;
- 2) Samozhutnitelný beton, řídil doc. Ing. R. Hela, CSc., FAST VUT v Brně;
- 3) Pohledový beton, řídil doc. Ing. P. Svoboda, FSv ČVUT Praha;
- 4) Stříkaný beton, řídil doc. Ing. J. Vodička, FSv ČVUT Praha;
- 5) Silniční beton, řídil Ing. Jiří Šrutka, Skanska DS, Uherské Hradiště;
- 6) Betony zvlášť definovaných vlastností a složení, řídil Ing. L. Vítek, FAST VUT v Brně;
- 7) Složky, přísady a příměsi do betonů, řídil doc. Ing. K. Kolář, FSv ČVUT Praha.

Hubertová M., Hela R., VUT v Brně, FAST, Ústav technologie stavebních hmot a dílců:  
**Vlastnosti lehkých samozhutnitelných betonů s přidavkem vysoce reaktivního kaolínu a křemičitých úletů**

Příspěvek se zabývá vývojem lehkých samozhutnitelných betonů a zejména vlivem vysoce reaktivního metakaolínu a křemičitých úletů na vlastnosti těchto betonů. Hodnoty pevností tohoto typu lehkého betonu dovolují jeho použití nejen při rekonstrukcích starých stavebních objektů, které není vhodné přitěžovat, ale také pro prefabrikaci i monolitické konstrukce. Příznivý vliv na vlastnosti lehkého samozhutnitelného betonu má samozřejmě mikrosilika (v množství 10 % hm.), ale také metakaolin (5 % hm.), jehož další předností je nejen zlepšení odolnosti proti CHRL, ale především cena, která je o 50 % nižší než u mikrosiliky.

Hela R., Hubáček A., VUT v Brně, FAST, Ústav technologie stavebních hmot a dílců:

**Vliv extrémních klimatických podmínek na vlastnosti provzdušněných samozhutnitelných betonů**

Autoři v předložené práci sledují vliv mezních teplot (0 °C a 30 °C) simulujících betonáž v zimním a v letním období na reologické vlastnosti čerstvého betonu i fyzikálně-mechanické vlastnosti betonu. Na základě experimentálních výsledků konstatují, že provzdušněné samozhutnitelné betony lze s úspěchem použít i za klimatických podmínek, při kterých je třeba u běžných konstrukčních betonů přidávat přísady upravující rychlost tuhnutí a tvrdnutí. Superplastifikační přísady na bázi polykarboxylátů dokáží vliv hraničních klimatických podmínek eliminovat a z tohoto důvodu lze provzdušněné samozhutnitelné betony bez problémů zabudovat do konstrukce.

Svoboda P., ČVUT Praha, FSv: **Technologie zpracování samozhutnitelného betonu**

Příspěvek popisuje technologii postupu ukládání samozhutnitelného betonu pro provádění betonáže železobetonových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb. Doplnuje a upřesňuje ČSN EN 206 – 1 o charakteristiky samozhutnitelného betonu. Text je členěn do 16 kapitol.

Beckerová L., Šilhavá M., Velíšek M., VUT v Brně, FAST: **Vlastnosti aktivních příměsí s latentně hydraulickými vlastnostmi na vlastnosti lehkých betonů**

Autoři sledují vliv aktivních příměsí (metakaolín, struska, popílek) na fyzikálně-mechanické

vlastnosti lehkých betonů. Zvýšení pevnosti betonů není výrazné (10%), podstatně se zvýšila odolnost proti působení tlakové vody. Přísada metakaolín zvyšuje odolnost proti chemickým rozmrazovacím látkám až na čtvrtinu proti referenčnímu vzorku (měřeno odpadem g/m<sup>3</sup>).

Šafrata J., Degussa Stavební hmoty, s. r. o., Chrudim: **PCE – systém řízení vlastností betonu**

V příspěvku jsou popisovány systémy na řízení vlastností betonu v oboru prefabrikace (Zero Energy Systém) a transportbetonu (Total Performance Control). Idea Total Performance Control dává všem účastníkům výstavby (výrobci betonu, zpracovateli betonu, projektantovi, zadavateli) jistotu, že zpracovávaný beton má kvalitu, na kterou byl navržen; od výroby betonu přes transport a ukládání na stavbě po proces tvrdnutí. Pomocí přísady Glenium SKY na bázi etherů polykarboxylátu je možno vyrobit beton s dlouhou zpracovatelností, rychlými náběhy počátečních pevností při nízkém vodním součiniteli. Uvedená přísada má kromě obvyklých účinků těchto typů přísad stejnoměrnější reakce s různými druhy cementu.

**Ing. Milan Jeřábek, Zakládání staveb, a. s.**

### 3rd conference on "Special concretes" 2005

*On September 29th and 30th, 2005 the 3rd annual conference on "Special concretes – properties, technologies and application" was held in Malenovice. This article provides a short summary of the most interesting presentations dealing with the issues of special foundation engineering.*

# Geofyzikální průzkum v oblasti mostu přes Ždírnické potoky na trase dálnice D8

**Příspěvek popisuje geofyzikální průzkum pro objekt číslo A 203 – most přes Ždírnické potoky. Geofyzikální měření bylo určeno pro upřesnění geotechnických poměrů v místech, kde bylo možno očekávat pozůstatky staré důlní činnosti. Zadání bylo řešeno komplexem geofyzikálních metod (seismika, odporová tomografie a gravimetrie). Výsledky měření prokázaly složité geotechnické podmínky (vyhořelá uhelná sloj). Za těchto okolností se ukázalo jako správné rozhodnutí založit mostní opěry na pilotách.**



Pohled na místo provádění geofyzikálního průzkumu v oblasti zakládání mostů přes Ždírnické potoky

Jednou z částí stavby dálnice D8 vedoucí z Prahy na státní hranici s Německem je objekt číslo A 203 – most přes Ždírnické potoky. Most se nachází na stavbě 0807/I Trmice – Knínice. Situace lokality je zřejmá z obr. 1. Terén představuje široké, relativně mělké údolí. Na straně blíže k Ústí nad Labem se nachází stará výsypka. Na odvráceném konci mostu se předpokládají, mimo jiné, navážky. Údolní niva je budována kvarténními a terciénními sedimenty. V trase byla zastížena uhelná souvrství. Mostovka objektu bude uložena na mohutných opěrách, kterých je podle projektu celkem 14 a které jsou zakládány na pilotách. V prosinci 2004 došlo na opěře č. 9 (údolní niva) u pilot 0902 a 0904 k mimořádné

udalosti. V těchto místech zachytily piloty volné prostory, které bylo nutno vyplnit injektážní směsí poměrně značného objemu. Situace nezůstala stranou pozornosti vedení stavby i dodavatele zakládacích prací. Vznikla obava, že podobných jevů může nastat v trase stavby více. Za této situace, která měla havarijný ráz, byla požádána firma G IMPULS Praha, spol. s r. o., o okamžité geofyzikální proměření lokality.

Geofyzikální měření probíhalo v několika etapách. Již 11. 12. 2004 bylo realizováno parametrické měření v místech opěry č. 9, které potvrdilo deformace horninového prostředí (indicie zřícení nad volnou prostorou) v místech

havárie pilot 0902 a 0904. Zároveň již tato první měření naznačovala, že obdobné geofyzikální anomálie se budou objevovat i v jiných místech. Na základě získaných výsledků bylo 14. 12. 2004 rozhodnuto, že práce budou dále pokračovat, a to formou dvou podélných geofyzikálních profilů (profily P10 a P20), vedených po celé délce zájmového území (cca 500 m). Na kontrolním dnu konaném na TDS Trmice 4. 1. 2005 byly předneseny výsledky dosavadních měření a bylo rozhodnuto, že v zájmu dodržení termínů stavby budou geofyzikální práce dále pokračovat, a to detailním průzkumem kolem opěry 11 a 12. Později bylo dohodnuto proměření celé lokality. O výsledcích měření bylo průběžně informováno vedení stavby, které tak mohlo pružně přizpůsobovat postup stavebních prací zjištěným podmínkám. Měření, které mělo původně charakter havarijní činnosti, přešlo postupně do standardního režimu založeného na objednávce prací a prováděcím projektu. Ten vyžadoval proměřit celou oblast mostní konstrukce s tím, že akcentoval zejména tyto požadavky:

- práce musejí probíhat tak, aby byl zajištěn jejich předstih před stavebními pracemi (přípravou opěr),
- o výsledcích měření musí být průběžně informováno vedení stavby,
- závěrečná zpráva musí být koncipována tak, aby mohla být v budoucnu použita pro případný monitoring prostředí a aby podrobně informovala o anomálních geotechnických charakteristikách lokality.

Zadané úkoly byly řešeny následujícím komplexem geofyzikálních metod:

- metodou odporové tomografie (multielektrodové odporové měření),
- metodou přesné gravimetrie,



Obr. 1: Situace mostu přes Ždírnické potoky



Obr. 2: Multielektrodová aparatura ARS-200E (GF Instruments, Brno) a příprava měření

- metodou seismické refrakce a sledováním seismických šumů.

Navržený komplex geofyzikálních metod vychází z dlouhodobých zkušeností s problematikou vyhledávání poddolovaných prostor, resp. míst se zhoršenými geotechnickými poměry. Metoda **gravimetrická** je v dané situaci metodou přímou. Po odstranění topokorekcí zůstává z naměřených dat residuální anomálie, která v případě záporných hodnot indikuje deficit hmot. **Seismická** metoda umožňuje popsat základní geotechnickou situaci v místě měření včetně modulů. Velikost rychlosti šíření seismické vlny prostředím je v přímé úměře k pevnosti prostředí (pevná hornina – vyšší rychlost). Geoelektrická, přesněji **odporová metoda**, umožňuje vymežit celky s rozdílnými měrnými odpory a vyhledat místa, kde dochází k náhlým změnám či přerušením v průběhu souvrství. S ohledem na to, že geologické poměry zkoumané lokality jsou komplikované, bylo potřebné kombinovat všechny tři výše uvedené metody. Při měřeních byla využita multielektrodová odporová aparatura ARS-200E (GF Instruments). Tíhová měření byla realizována s gravimetrem CG-3M (Scintrex). Seismická měření byla provedena s digitální 24kanálovou aparaturou McSeis 1600 (OYO).

Práce probíhaly za zimního počasí v krajně nevhodných klimatických poměrech a při plném provozu stavby. Aby byl nepříznivý vliv stavebního ruchu alespoň částečně potlačen, byla pro měření využívána zejména doba víkendů. Gravimetrické práce byly vesměs realizovány s krokem 5 m. Vzdálenost seismických snímačů (geofonů) od sebe byla 2,5 až 5 m. Vzájemná vzdálenost elektrod při multielektrodové metodě byla vesměs 2 m. Všechny geofyzikální profily byly vytyčovány pomocí dřevěných kolíků. Průběh profilových linií byl zakreslován do mapy odměřováním vzdáleností od známých bodů pomocí pásma. Nivelace profilů byla prováděna pomocí niveláčného přístroje Sokkia C41.



Obr. 3: Přesný gravimetr CG-3M (Scintrex, Kanada)

## Použitý komplex geofyzikálních metod

### Metoda odporové tomografie

Metoda odporové tomografie (multiodporová metoda) je založena na detailním měření odporů hornin pomocí multielektrodového systému řízeného sofistikovaným software. Výsledkem interpretace je pak odporový model sledovaného prostředí. Odporové modely se vesměs vyznačují velmi malou střední chybou vůči původním naměřeným hodnotám zdánlivých odporů („fit“ kolem 5%), tj. jsou značně spolehlivé. Všechna odporová měření prokázala, že zájmové území je jako celek porušeno, a to hlavně v údolní části, kde lze očekávat uhelné sloje, případně lidskou činnost spojenou s dobývkami. Odporová tomografie zjistila zejména silné porušení (rozlámání) přívodové polohy, což je indicií častých vertikálních pohybů. Na obr. 5 je uveden jako příklad výsek z profilu P20 (regionální profil vedený rovnoběžně s osou tunelové trasy), který dobře ilustruje rozlámanou přívodovou polohu zkoumaného prostředí. Jako jiný příklad z naměřených dat uvádíme na obr. 6 odporový řez vedený přes opěru 13. Vlast-

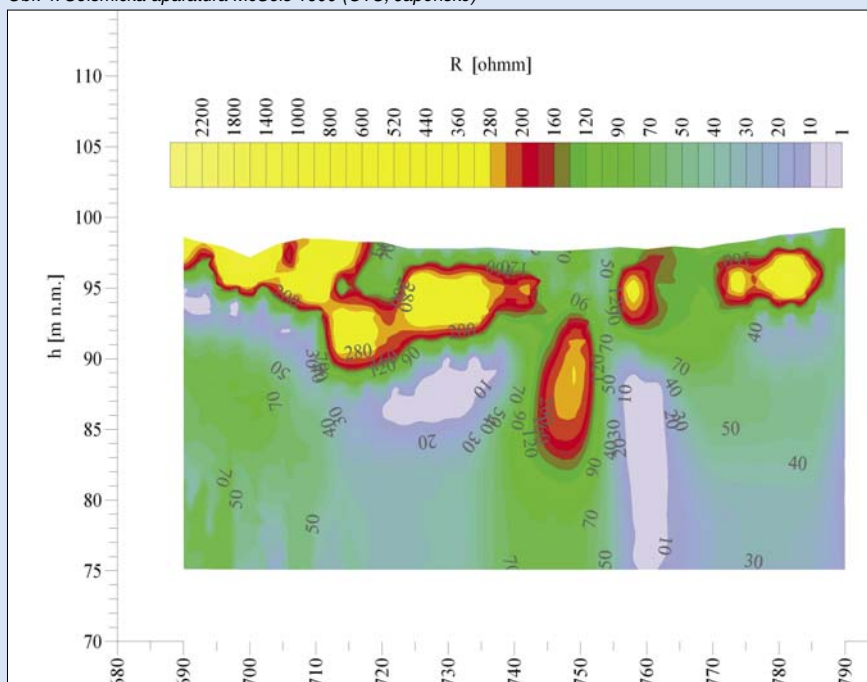
ní opěra zasahuje staničení 70 až 120. Výrazná quasiverikální struktura je pravděpodobně projevem výchozu či vyvlečení uhelné sloje. Při podrobnějším sledování odporových řezů je patrné, že výspka, která se nachází na jižním okraji mostovky, se vyznačuje všeobecně velmi nízkými odpory, což je indicií silné mineralizace prostředí a přítomnosti velmi jemnozrnných zemín. Prostředí může být za nepříznivých okolností citlivé ke svahovým pohybům (tento názor podporuje i jiný poznatek, a to, že se terén vyznačuje nízkými seismickými rychlostmi).

### Seismická měření

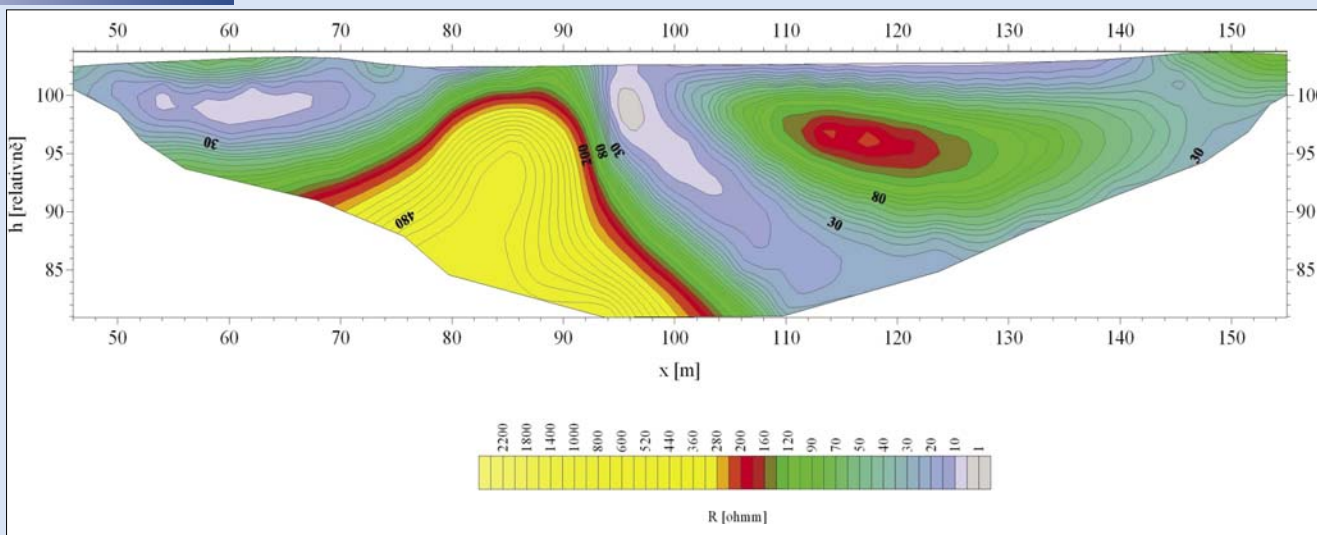
Seismická měření byla silně rušena seismickým neklidem, způsobeným hlavně pohybem strojů na stavbě. Interpretace byla zásadně ztížena i tím, že seismické vlny procházely zcela neregulérním (nehomogenním) prostředím, a tak nebylo možno použít standardní interpretační metody seismické refrakce, nýbrž pouze paprskovou analýzu spojenou s konstrukcí optimálního rychlostního modelu prostředí. Z rychlostního modelu vyplývá, že povrchová poloha (o mocnosti kolem 10 až 20 m) se vyznačuje seismickými rychlostmi kolem 350 až 950 m/s. Podložní



Obr. 4: Seismická aparatura McSeis 1600 (OYO, Japonsko)



Obr. 5: Porušené (rozlámané) převážně kvartérní souvrství nad neogenními sedimenty. Výsek z profilu P 20, který má směr S–J a je veden 25 m jižně od osy mostu. Kotování obrázku je v metrech.



Obr. 6: Quasivertikální struktura, která je zřejmě projevem vyvlečené struktury (uhelné sloje). Profil 13a na opěře 13.

poloha má rychlosti kolem 1200 až 2200 m/s (výjimečně i 4300 m/s). Zjištěné rychlosti jsou vesměs nízké, což svědčí o porušeném prostředí. Ojedinelá hodnota rychlosti 4500 m/s, zjištěná v centru údolí, je anomální a může pocházet např. od silně vypálené slojové polohy (obdoba porcelanitu), nebo nemusí být vůbec projevem pevné polohy, ale pouze důsledkem výrazné difrakce seismické vlny na porušené geologické struktuře. Nízkým rychlostem odpovídají i zjištěné moduly pružnosti (viz obr. 7). Zjištěné hodnoty byly vypočteny z rovnice pro šíření seismické podélné vlny.

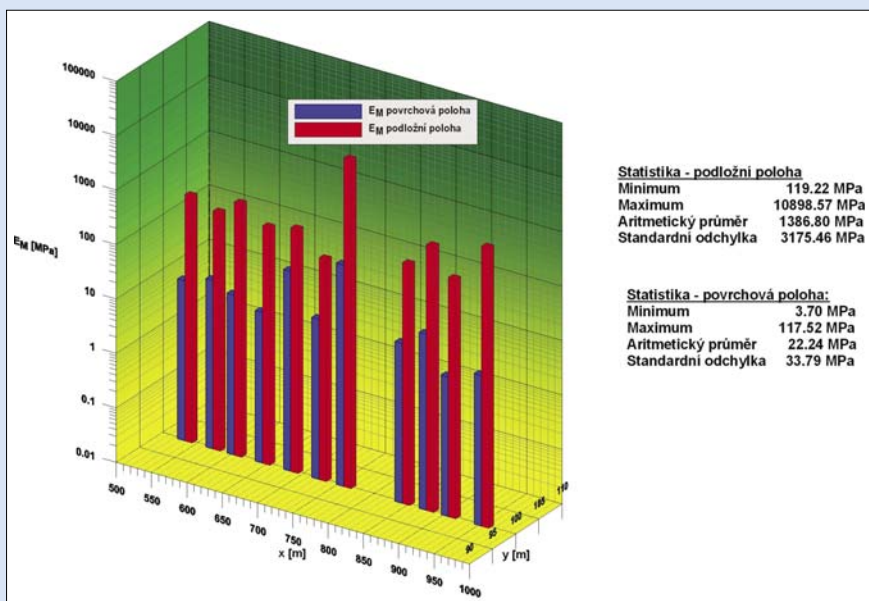
Zkušenost s výpočty učí, že vypočtené hodnoty modulu pružnosti jsou většinou vyšší, než jaké získáme při standardních testech, tj. například při zatěžovacích zkouškách. Tento jev je snadno vysvětlitelný – seismická měření se pohybují v jiném řádu deformací než polní zatěžovací

zkoušky. Z tohoto důvodu byly výpočty ze seismických měření korigovány pomocí Masudova vzorce tak, aby reprezentovaly hodnoty odpovídající běžným statickým geotechnickým zkouškám. Zjištěná data mají v daném místě formálně platnost pro profil jdoucí středem mostovky, ale v praxi i pro její blízké okolí. Protože byly zjištěny problémy s možností klasické interpretace naměřených dat, bylo přistoupeno i ke zpracování naměřených seismických záznamů formou spektrální frekvenční analýzy. Přesněji, hlavní pozornost byla věnována analýze seismických šumů. Analýza byla založena na metodě Fourierovy transformační analýzy. Ze získaných podkladů byly vybrány ty případy, které jsou indicií seismické nestability prostředí ve smyslu indicií oblasti s možným výskytem porušení až dutin. Takovéto záznamy se podle našich zkušeností projevují neostrým frekvenč-

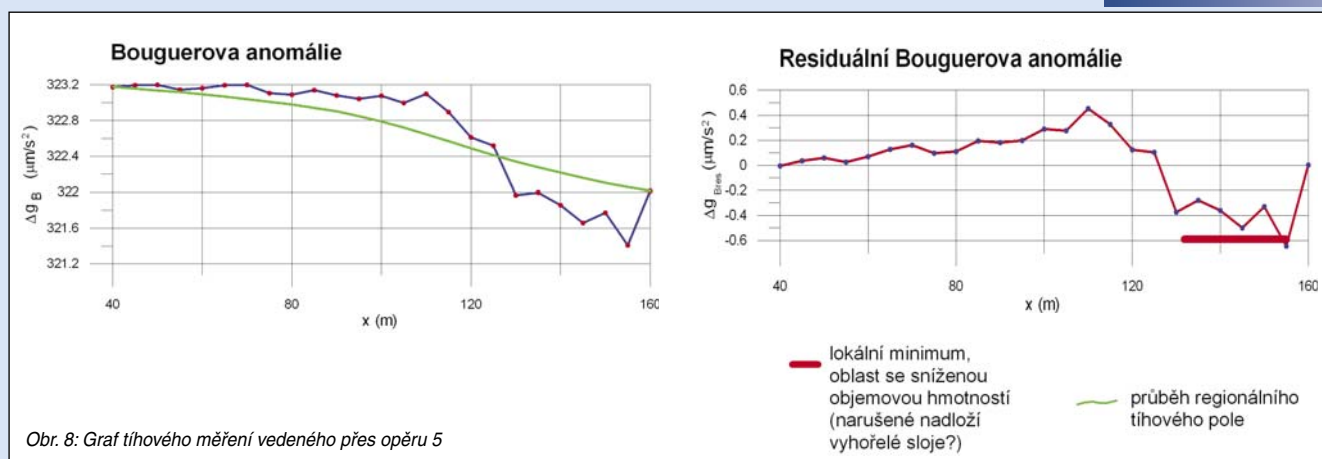
ním spektrem s výraznou přítomností vyšších harmonických frekvencí. Na anomální místa byl objednatel prací upozorněn a očekává se, že tato místa budou v budoucnu dále sledována.

**Gravimetrická měření**

Obdobně jako u odporové tomografie a seismiky, lze i v případě **gravimetrie** konstatovat, že prostředí je porušené. Tíhovým měřením bylo proměřeno detailně místo každé opěry i její blízké okolí. Zároveň byly vedeny dva regionální profily rovnoběžně s osou mostovky (profil P10 a P20). Jako příklad je uveden graf z profilu 5 (byl veden přes opěru 5). Na obr. 8 lze sledovat lokální reziduální zápornou anomálii, která je indicií oblasti s deficitem hmot. Tento deficit však nemusí být vždy způsoben přítomností klasické dutiny, může často jít pouze o porušené prostředí s vyšší porozitou. Naopak drobné kladné tíhové anomálie mohou být někdy indicií oblasti, kde existuje pevná, a tedy neporušená nadložní klenba, pod kterou se skrývá drobná dutina vyhořelé sloje (jejíž deficit hmot se zastře hutným nadložím). V tomto případě tedy hmotnost kompaktního nadloží převýšila projev prázdné dutiny. Z uvedeného je zřejmé, že interpretace geofyzikálních dat se musí provádět komplexně a že je nutno porovnávat více geofyzikálních metod. Při hodnocení tíhových dat je nutno zdůraznit, že kromě lokálních tíhových anomálií se dá z celkového tíhového obrazu vysledovat i několik rozsáhlejších tíhových struktur, které vedou v zásadě napříč osou mostní konstrukce. Obrázek 9 přehledně demonstuje úzké záporné anomálie rozsáhlejšího charakteru (viz deprese směru SZ–JV jdoucí přes staničení 700 a 850) i zřetelný projev staré důlní činnosti při východní straně zájmového území. Obrázek 9 je prezentován dílem **A** a **B**. V případě **A** byla pro výpočet regionálního pole použita pouze data z profilů směru S–J. V případě **B** byly při výpočtu použity všechny měřené tíhové body.



Obr. 7: Přepočtení rychlostního modelu lokality na moduly pružnosti. Staničení 500 odpovídá jižnímu předmostí (přesně opěra 1) a staničení 900 severnímu předmostí (přesně opěra 13). Přerušení grafu na staničení 725 je způsobeno terénní překážkou při měření (kumulace těžké strojní techniky).



Obr. 8: Graf tíhového měření vedeného přes opěru 5

### Závěry z geofyzikálních prací a doporučení

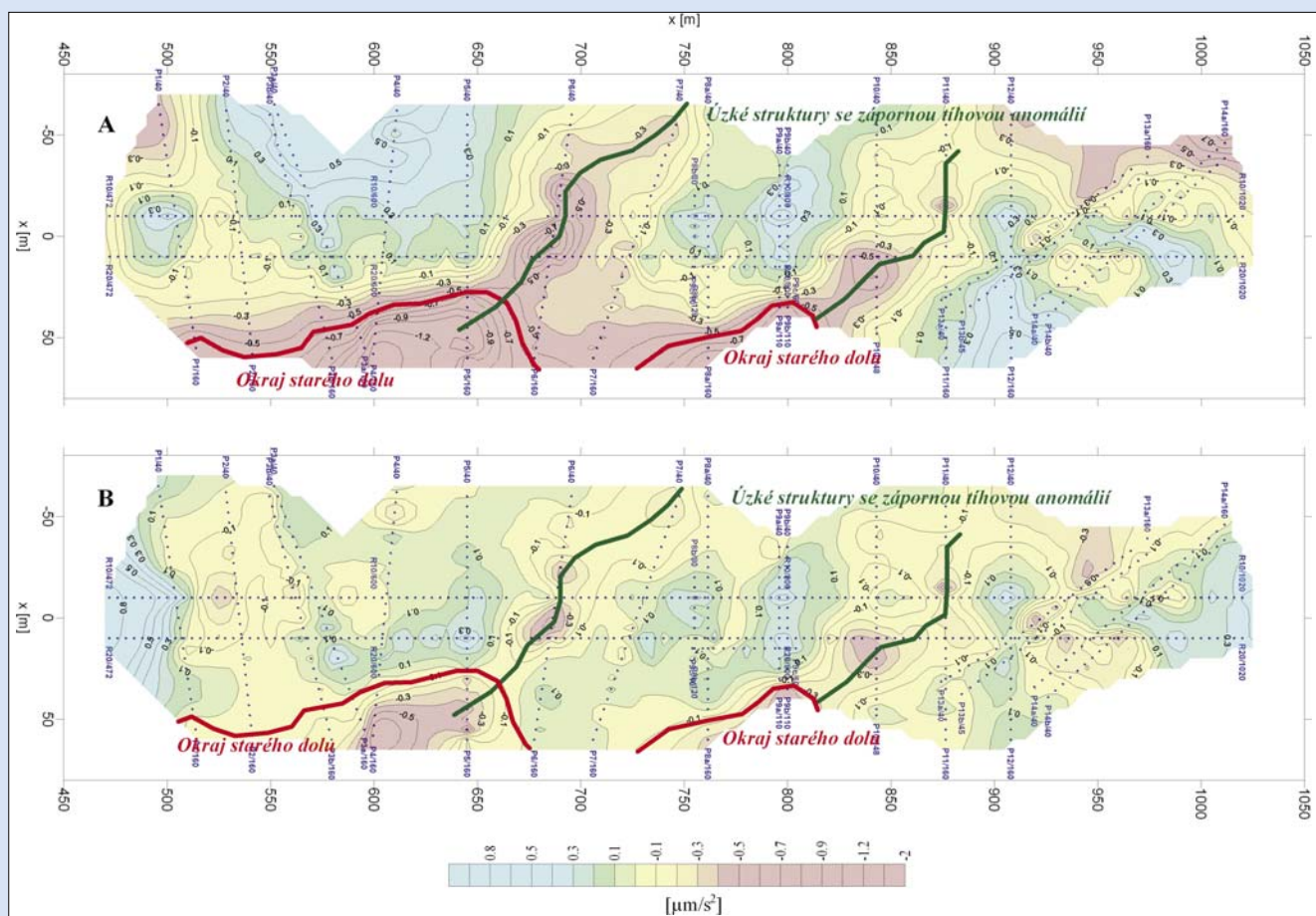
1. Lokalitu lze rozdělit na tři úseky. Jižní svah je v zásadě budován výsypkou. Existence výsypky přináší sama osobě geotechnická rizika. Severní svah se vyznačuje rozsáhlým výkopem zavezeným cizorodým materiálem, který se projevuje na odporových modelech zvýšenými odpory. Střed území (údolní niva) se jeví jako celkově silně porušené prostředí. Ze všech dostupných geofyzikálních dat soudíme, že v tomto území, s pravděpodobností hraničící s jistotou, došlo k vyhoření

slaje (a následnému plošnému závalu). Při propadnutí slaje došlo i k následnému rozlámání (porušení) nadloží. Jako možnou, nicméně z geofyzikálního hlediska velmi málo pravděpodobnou alternativu připouštíme, že se v zájmovém území intenzivně těžilo (metoda sklípkování?) a následně došlo k závalu nebo zde byl řízeně proveden zával. Tato druhá alternativa je však v rozporu s poznatky získanými při nahodilých odkryvných pracích či při rozhovorech s pamětníky, kteří vyhoření slaje potvrzují.

2. Složitě podmínky pro založení stavby

potvrzují správnost rozhodnutí založit mostní konstrukci na pilotách.

3. Operativní spolupráce geofyzikální skupiny s vedením stavby se velmi osvědčila a umožnila řídit stavební práce s větší jistotou. Vedení stavby získávalo průběžně informace o geotechnických poměrech v místě pilířů. To umožnilo vybírat optimální cestu pro přisun těžké techniky do míst pilíře (vyhýbat se místům se zhoršenými geotechnickými poměry) a v místech s očekávaným deficitem hmot pracovat při injektážích pracích se zvýšenou pozorností. Výsledkem této spolupráce bylo, že



Obr. 9: Mapa residuálních tíhových anomálií



obtíže spojené s injektážními pracemi na opěře 9 se již dále neopakovaly.

4. Geotechnické poměry lokality jsou intenzivně poznamenány lidskou činností. Lokalita se nachází na okraji velkodolu v Chabařovicích. V zájmovém místě byly zřejmě několikrát měněny (regulovány) vodoteče. Geofyzika indikuje přítomnost různých skládek a navážek. Při západním okraji zkoumané oblasti zjistila spektrální analýza seismických záznamů, že prostředí není zcela zkonsolidované. Zpracované tíhové měření (residuální Bouguerovy anomálie) indikuje přítomnost regionálních struktur (záporné anomálie) jdoucích zhruba napříč vůči ose mostovky.

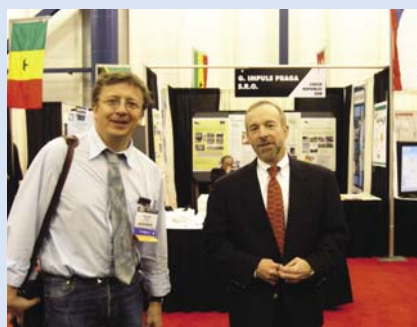
5. Geotechnické podmínky stavby se mohou s časem měnit. Stavba mostu podloží zatíží. V deštivých obdobích může dojít k zaplavení území. Jedná se o relativně volné území, které nabízí možnost stavět i v blízkém okolí. S ohledem na všechny tyto skutečnosti doporučujeme geotechnické poměry v případě potřeby (při prvních náznacích drobných potíží či změn) geofyzikálně monitorovat. Jako základ pro monitoring bude sloužit geofyzikální zpráva o zde předkládaném měření.

6. Spolehlivé závěry z naměřených dat lze získat pouze porovnáním výsledků více metod. Každá z použitých metod informuje pouze o některých fyzikálních poměrech, a jejich samostatná interpretace tak nemusí být dostatečná.

7. Pokud se mohla geofyzikální skupina seznámit

s výsledky předcházejícího geologického průzkumu, lze konstatovat, že byl proveden kvalitně. Na druhé straně je evidentní, že obtíže s financováním staveb vedou často ke krácení nákladů na geofyzikální průzkum a přitom některé parametry, jako charakter celkového porušení lokality, přítomnost a význam civilizačních vlivů apod., mohou právě geofyzikální měření dobře charakterizovat a zachytit v dostatečném předstihu. Z tohoto důvodu bychom doporučovali, pokud možno, napříště věnovat rozpočtům na geofyzikální práce větší pozornost.

O výsledcích geofyzikálního měření pro stavební objekt A 203 byla již informována i mezinárodní odborná veřejnost a výsledky byly přijaty se



Obr. 10: Prezident SEG pan Craig Beasley (vpravo) při návštěvě u společnosti G IMPULS Praha na expozici v Houstonu 2005 (foto: D. Dostál)

značným zájmem, protože v některých teritoriích se geofyzika pro stavební účely zatím využívá málo. Tak například řešitelský tým o výsledcích referoval na 75. (jubilejní) konferenci SEG (Society Exploration Geophysicists) v Houstonu v USA v listopadu 2005 (obr. 10). Zřejmě by bylo účelné připravit i jiné, komplexnější články o stavebních, geotechnických a geofyzikálních aktivitách a pokusit se tak společně pronikat na zahraniční trh.

RNDr. Jaroslav Bárta, CSc., RNDr. Vojtěch Beneš, G IMPULS Praha, spol. s r. o.

### Geophysical survey in the surroundings of the bridge over the Ždírnické potoky on the D8 motorway

The article describes geophysical survey for the A203 structure – a bridge over the Ždírnické potoky. The geophysical surveying was aimed at specifying geotechnical parameters in places with anticipated remnants of former mining activities. The task was solved by using a complex of geophysical methods (seismology, resistive tomography and gravimetry). The surveying results proved complicated geotechnical conditions (burnt-out coal seam). Under such conditions the decision to found the bridge supports on piles proved to be the suitable one.

## Spolana Neratovice – založení haly na likvidaci dioxinů

**Bývalé výrobní haly Spolany Neratovice obsahují dosud velké množství jedovatých dioxinů a dalších chlorovaných uhlovodíků. Vzhledem k vysoké nebezpečnosti těchto látek byl zvolen speciální způsob kompletní likvidace těchto zamořených objektů a zbytků výrobních zařízení. Pro tento účel je dnes přímo v objektu závodu Spolany budována nová dočasná hala, v níž budou staré kontaminované objekty kompletně likvidovány pomocí speciální technologie BCD. O založení této haly na beraněných ocelových pilotách informuje tento článek.**

### Historie

Chemický závod Spolana Neratovice leží asi 25 km severně od Prahy na břehu Labe. V letech 1965 až 1968 se zde vyráběl chlorovaný herbicid 2,4,5-T, dodávaný prostřednictvím obchodních firem do Vietnamu, kde z něj americká armáda míchala směs známou jako „Agent Orange“. Při výrobě tohoto herbicidu vznikalo obrovské množství dioxinů, které jsou pravděpodobně jednou z nejtoxičtějších látek, kterou až dosud

člověk vyrobil. Bývalé výrobní haly se zbytky výrobních zařízení, surovin a polotovarů z výroby jsou tak dodnes jedním z nejzamořenějších míst v Evropě. Objekty jsou již více než 30 let opuštěny a uzavřeny. Vzhledem k popsané kontaminaci dioxiny není možné budovy opravovat, a proto stále rychleji chátrají.

### Projekt na likvidaci ekologických zátěží

V červnu 1992 byla firmami ICF Inc. (USA), AQUA

TEST, CHEMOPROJEKT a EKOHYDROGEO vypracována studie zabývající se starými ekologickými zátěžemi ve Spolaně Neratovice, zahrnující mj. i objekty zamořené dioxiny. Na základě této studie byla podepsána smlouva s Fondem národního majetku ČR č. 33/94, kterou se FNM zavazuje podílet se na financování likvidace starých ekologických zátěží. Projekt počítá s odstraněním asi 35 000 tun různých druhů materiálů, které obsahují dioxiny a další chlorované uhlovodíky. Kolem obou zamořených budov budou postaveny dvě dočasné konstrukce, vybavené podtlakovým systémem, který by měl zamezit jakémukoli úniku škodlivin do okolí. Kontaminované objekty budou rozebrány a drceny. Kontaminovaný materiál se pak bude zpracovávat ve speciální hale s potřebnou technologií. Dioxiny se budou likvidovat nespalovací metodou BCD – zahříváním se převedou do plynného stavu a tím budou odděleny od stavebních materiálů, zařízení objektů a zeminy. Pak budou rozloženy v chemických reaktorech. Naprostou většinu kontamino-



Beranění pilot pod plošnými základy haly



vaného materiálu se tak podaří vyčistit na místě a uložit na standardních skládkách. Fond národního majetku vybral pro tuto zakázku za přibližně 2,7 miliardy korun firmu Sita Bohemia a její metodu nespalovací technologie BCD. Podle zástupců firmy a zpracovatelů dokumentace vybraná metoda při dodržení všech podmínek neohrozí významným způsobem životní prostředí ani zdraví lidí.

#### Stavební řešení

V srpnu 2005 byla zahájena výstavba haly procesní budovy o půdorysných rozměrech 200x60 m. Základové konstrukce a železobetonové konstrukce na objektu procesní budovy a obálky okolo kontaminovaného objektu provedla společnost Zakládání staveb, a. s.

Hala na likvidaci dioxinů byla navržena jako dočasná stavba, a proto i základové konstrukce byly navrženy s ohledem na možnost snadného odstranění základových prvků, které jsou navíc umístěny v kontaminované zemině. Z tohoto důvodu a z důvodu rychlosti výstavby byly použity beraněné ocelové piloty z profilů HEB 200, které byly beraněny vždy až do únosného podloží. Proto měly piloty v různých částech staveniště

Dvojice pilot s U-profilu pro založení ocelové konstrukce haly



proměnlivé délky. Pro ověření projektovaných hodnot byla před zahájením prací zaberaněna zkušební pilota a na ní provedena zatěžovací zkouška.

Pod každým sloupem ocelové konstrukce haly byly provedeny dvě piloty, na kterých byla po jejich částečném odhrabání zřízena ocelová bárka, tvořená dvěma U-profilu a ocelovou deskou pro osazení sloupu konstrukce haly. Tento systém založení umožňoval v případě kolize s inženýrskými sítěmi základové piloty natočit či posunout radiálně tak, aby se kolizi zabránilo, a přitom střed bárky zůstal zachován. Beraněné piloty byly dále použity jako podpora základových desek pod technologickými jednotkami. Při provádění prací byly lokálně kontaminované plochy zeminy zakryty fólií, aby se zabránilo event. kontaktu s pracovníky; místa kontaminovaná dioxiny byla před zahájením prací odtěžena a zakryta.

Provádění prací bylo velmi náročné, protože piloty byly beraněny v uzavřeném chemickém provozu ve velmi prostorově omezených podmínkách, rovněž přítomnost inženýrských sítí způsobovala častá přerušování prací a vedla k již zmíněnému přizpůsobování základových bárek.

Dokončená drátkobetonová podlaha se vsypem



Práce na podkladních vrstvách podlahy haly byly zahájeny po dokončení pilotového založení. Na pískovém podloží v prostoru haly byla uložena cementová stabilizace v tloušťce cca 250 mm a násyp ze šterkodrtě v tloušťce cca 200 mm. Na takto připraveném podloží byly provedeny statické zatěžovací zkoušky k ověření dostatečné únosnosti kvality podloží. V ploše haly byla následně zhotovena drátkobetonová podlaha se vsypem, která sloužila jako plocha pro montáž ocelové konstrukce haly a technologií. Stavba byla i přes obtížné podmínky práce v areálu chemičky provedena ve stanoveném termínu a v požadované kvalitě předána objednateli pro montáž technologických celků a ocelové konstrukce haly.

Ing. Jiří Jíra, Prajer, a. s.

Foto: autor

#### Spolana Neratovice – foundation of a hall for remediation works

Former production plants of the company Spolana Neratovice still contain a big amount of hazardous dioxins and associated materials. Due to high risk of these materials a special method of complete remediation and clean-up was chosen. A new hall serving to this purpose has been built in the area of Spolana chemical works. All contaminated objects are being treated using the base catalyzed decomposition (BCD) process. The article describes foundation of the hall on driven steel piles.

# Výstavba trasy metra IV. C2 v úseku Ládví-Letňany

## Práce speciálního zakládání při zajištění stavebních jam

**Není to o mnoho déle než rok od doby, kdy se společnost Zakládání staveb, a. s., značnou měrou podílela na výstavbě úseku trasy metra IV. C1 s podchodem pod Vltavou pomocí unikátního zaplavování hotových tubusů a již se rozběhly práce na dalším rozšíření pražského metra. I zde se značnou měrou podílela pracemi speciálního zakládání společnost Zakládání staveb, a. s. Tentokrát se jedná o prodloužení trasy C o další tři stanice v úseku Ládví-Letňany v celkové délce 4,6 km.**

Stavba navazuje na nedávno zprovozněný úsek IV. C1 ze stanice metra Nádraží Holešovice do stanice Ládví a je rozdělena do 7 stavebních oddílů.

Oddíl 08: stanice Ládví–obratové 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.

Investorem celé stavby je Dopravní podnik hl. m. Prahy, projektantem Metroprojekt, a. s., a zhotovitelem stavby je sdružení firem Metrostav, a. s., Subterra, a. s., a Skanska CZ, a. s. Společnost Zakládání staveb, a. s., se podílela na zajištění otevřených stavebních jam jak v prostoru budoucích stanic, tak i v trasách hloubených traťových tunelů. Převážná část

pažení stavebních jam byla navržena v technologii kotveného záporového pažení. Vzhledem k ohromnému rozsahu prací a hlavně vzhledem k jejich časovému souběhu společnost Zakládání staveb, a. s., neprováděla kompletní práce speciálního zakládání na všech úsecích – na objektu SO 12 a 13 tyto práce realizovala společnost Skanska, a. s., a vrtání a osazování zápor na SO 14 realizovala firma Topgeo, a. s., a Metrostav, a. s., divize 7. Celá trasa má být dokončena a zprovozněna do roku 2008.

### Geologické poměry

Po geologické stránce se v předmětném území nacházejí navážky, spraše a sprašové hlíny, deluviálně-eluviální písčité hlíny a terasové uloženiny. Pod těmito vrstvami se v podloží nacházejí písčité slínovce, pískovce, glaukonitické pískovce, jílovce a uhelné jílovce. Podzemní voda v rozsahu výkopu stavebních jam se v úseku stavebních oddílů 8–11 nachází pod

úrovni základové spáry. V úseku stavebních oddílů 12–13 je již nad úrovní základové spáry, a proto je nutné ji čerpat. V úseku stavebního oddílu 14 je pak základová spára hluboko pod hladinou podzemní vody, a bylo tedy nutno počítat s jejím vlivem při zajištění stavební jámy.

### Stavební oddíl SO 08 – stanice Ládví–obratové koleje

Tento oddíl zahrnuje konstrukce hloubených traťových tunelů v délce 264 m, bezprostředně navazujících na stanici Ládví a tvořících přechod k portálu raženého traťového dvoukolejného tunelu oddílu 09. Hloubka stavební jámy je 10–16 m. Geologickou skladbu zájmového území tvoří v horní části sprašové hlíny a navážky v tl. 3 m, pod kterými se vyskytují polohy terasových sedimentů do hloubky cca 5 m. Pod nimi se nacházejí slínovce v mocnosti 1–1,5 m a podstatně méně pevné jílovce v mocnosti okolo 1 m. Pod těmito vrstvami leží poloha glaukonitů 1,5–2,0 m a hlouběji pak vrstvy jemnozrnných pískovců. Podzemní voda v rozsahu výkopu stavební jámy zastížena nebyla.

Zajištění stavební jámy bylo provedeno pomocí:

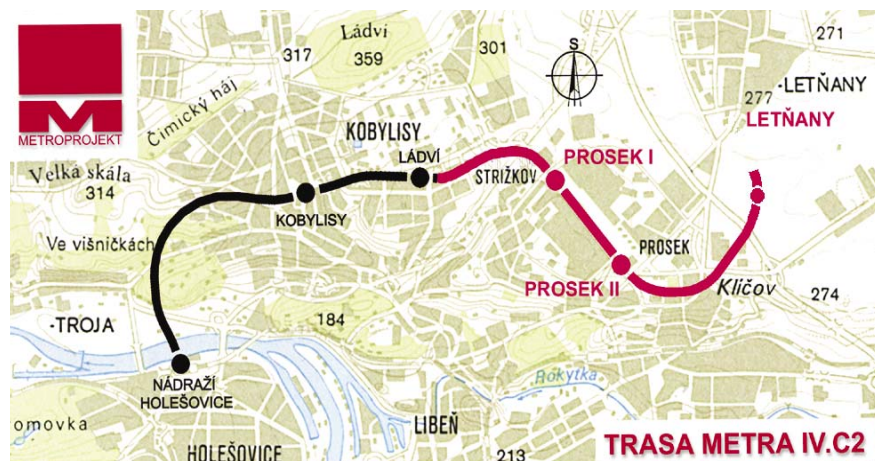
- kotvené pilotové stěny souběžné s trasou horkovodu,
- kotvené záporové stěny ve zbývajícím rozsahu stavební jámy včetně dvou čel,
- svahovaného výkopu, zajištěného stříkaným betonem se sítí a sklolaminátovými kotvami ve spodní části portálu.

### Pilotové stěny

Použití pilotových stěn bylo navrženo z důvodu minimální deformace s ohledem na souběžně probíhající trasu horkovodu. Stěny tvoří piloty z betonu C20/25 Ø 600 mm v osových vzdálenostech 1500 mm. Líc je upraven stříkaným betonem tl. 100 mm se sítí. Stěna je kotvena ve třech úrovních. Tam, kde to dovolují prostorové možnosti, je kotvena přes železobetonové převážky, ve zbývajících částech je kotvena přímo přes jednotlivé piloty.

### Záporové stěny

Záporové stěny jsou tvořeny ocelovými prvky I 340, resp. I 360, vloženými do vrtů Ø 600 mm. Spodní část je zabetonována betonem C12/15. Horní část byla zasypana hlinitopísčitou zemi-



Přehledná situace nového úseku Metra IV. C2 Ládví-Letňany (červeně)

nou s cementem. Základní osová vzdálenost zápor je 1500 mm. Mezi příruby jsou vloženy dřevěné pažiny tl. 120 mm. Záporové kotvy jsou ve dvou až třech úrovních dočasnými pramencovými kotvami s pramenci  $\varnothing 15,5/1800$ . Přenos kotveních sil je zajištěn přes ocelové převázky ze dvou válcových profilů U 280, resp. U 300. Všechny kotvy jsou dočasné pramencové s pramenci  $\varnothing 15,5/1800$ .

### Zajištění portálu

Portál raženého tunelu byl zajištěn v horní části klasickým kotveným záporovým pažením. Pod ním se provedla železobetonová převázka z betonu C25/30, vyztužená ocelí 10 505 (R), výšky 800 mm, přikotvená dočasnými pramencovými kotvami s pramenci  $\varnothing 15,5/1800$ . Pod touto převázkou byl svah portálu proveden ve sklonu 5 : 1 a je zajištěn stříkaným betonem tl. 100 mm se sítí a injektovanými sklolaminátovými kotvami 2xP30x5. Rozteč laminátových kotev je 2x2 m ve čtyřech výškových úrovních. Práce probíhaly v úzké stavební jámě v součinnosti se zemními pracemi prováděnými vyšším dodavatelem, což z hlediska koordinace velkého počtu mechanizace nebylo vždy jednoduché.

### Stavební oddíl SO-09, traťový úsek Ládví–Střížkov

Tento oddíl zahrnuje konstrukci dvoukolejného raženého tunelu v délce 910 m a v malé části také konstrukce hloubených traťových tunelů přiléhajících k hloubené stanici Střížkov v délce 139 m. Zajištění stavební jámy pro výstavbu hloubeného dvoukolejného tunelu mezi portálem raženého dvoukolejného tunelu ze směru od stanice Ládví a hloubenou stanicí Střížkov bylo realizováno včetně sjezdové rampy, opěrné zdi pro zasypání nově provedeného horkovodu, založení konstrukce pro provizorní vyvěšení horkovodu přes sjezdovou rampu a základové konstrukce pro lávky pro vyvěšení sítí přes stavební jámu. Geologické složení zájmového území tvořily v horní části sprašové hlíny a navážky v tl. 1–2 m, pod nimiž se vyskytovaly polohy deluviálních a eluviálních hlín do hloubky cca 4 m. Pod nimi se nacházely slínovce, v horní části navětralé, ve spodní části navětralé až zdravé. Vrstvy méně únosných jílovců byly až cca 1,5–2 m pode dnem stavební jámy. Podzemní voda v rozsahu výkopu stavební jámy zastížena nebyla. Při provádění stavební jámy bylo nutné především ochránit funkčnost soustavy horkovodů, kabelovodů a plynovodu. Byly zde provedeny:

- kotvené záporové a pilotové stěny,
- svahovaný výkop, zajištěný stříkaným betonem se sítí, kotvami CPS a hřebíky,
- mikrozáporové stěny, kotvené přes betonový blok šachty.



SO 08, pohled do otevřené jámy směrem k portálu traťového tunelu

### Zajištění portálové stěny

Portálová stěna byla v horní části zajištěna vysvahováním s ochranou svahu stříkaným betonem. Na spodní hraně svahu byla provedena železobetonová převázka výšky 800 mm z betonu C25/30, vyztužená ocelí BSt 500 a přikotvená pramencovými kotvami. V místě kotev byly osazeny typové průchodky, roznášecí deska průchodky byla podbetonována. Pod převázkou byl proveden svah ve sklonu 4 : 1, zajištěný stříkaným betonem tl. 150 mm se sítí a kotvami CPS  $\varnothing 25$  mm délky 4 m, resp. 6 m, v rastru 2x2 m.

### Záporové stěny

Záporové stěny jsou na tomto úseku tvořeny ocelovými prvky I 280, vloženými do vrtů  $\varnothing 600$  mm. Základní osová vzdálenost je 2000 mm. Pažení je z dřevěných pažin tl. 120 mm. Záporové kotvy jsou ve dvou úrovních dočasnými pramencovými kotvami s pramenci  $\varnothing 15,5/1800$  přes ocelové převázky ze dvou válcových profilů U 300, resp. U 280. Místně je záporová stěna rozepřena v horní úrovni.

### Pilotové stěny

Stěny tvoří piloty z betonu C20/25

$\varnothing 600$  mm v osových vzdálenostech

1500 mm. Svázány jsou železobetonovou převázkou z betonu C25/30 a oceli 10505 (R) o rozměrech 600x800 mm. Líc pilot je upraven stříkaným betonem tl. 100 mm se sítí. Ve spodní části je stěna kotvena přes žlb. převázku 450/600 mm, výjimečně přímo přes piloty.

### Stříkaný beton se sítí, kotvami CPS a hřebíky

Stříkaný beton tl. 150 mm a zemní hřebíky délky 4 m zajišťují střední část jámy v oblasti výklenků a spodní část skalních svahů, kde jsou místo hřebíků kotvy CPS  $\varnothing 25$  mm, délky 4 m, resp. 6 m.

### Kotvené mikrozáporové stěny

Stěny tvoří mikrozáporové HEB 120 uložené do vrtů  $\varnothing 250$  mm. Prostor za stěnou je vybetonován betonem C 12/15. Takto vzniklý betonový blok je přikotven ve dvou úrovních pramencovými kotvami přes ocelové převázky. Spodní část pod betonovým blokem je vysvahována ve sklonu 4 : 1 a zajištěna stříkaným betonem se sítí a kotvami CPS.



SO 09, vrtání kotev 1. kotvení úrovně při postupném provádění výkopových prací



SO 10, dokončené záporové pažení stavební jámy stanice Střížkov

## Stavební oddíl SO 10 – stanice Střížkov

Tento oddíl zahrnuje konstrukci hloubené stanice. Předmětem prací bylo zajištění stavební jámy pro výstavbu objektu stanice Střížkov a vjezdové rampy v úseku mezi hloubenou částí tunelů oddílů 9 a hloubeným úsekem oddílu 11. Součástí zakázky bylo i zajištění sjezdové rampy v místě přechodu konstrukce horkovodu přes jámu. Geologické složení zájmového území tvoří v horní části navážky proměnné mocnosti v tl. max. 1,5 m, pod kterými se nacházejí eolické sedimenty, zejména spraše a písčité hlíny. Dále navazují deluviální sedimenty, tvořené převážně písčitojilovitými hlínami s úločky pískovců. Základová spára stanice se nachází v oblasti možného výskytu úrovně hladiny podzemní vody. Zajištění stavební jámy bylo provedeno pomocí kotvené záporové stěny.

### Záporové stěny

Záporové stěny jsou zde tvořeny ocelovými prvky I 300, resp. I 360, vloženými do vrtů Ø 600 mm v osové vzdálenosti 1500–2000 m.

Pažení tvoří dřevěné pažiny tl. 100 mm v horní části záporových stěn, ve spodní části pak pažinami tl. 120 a 150 mm. Záporny jsou kotveny ve dvou úrovních dočasnými třípramencovými kotvami s pramenci Ø 15,5 mm/1800 přes ocelové převázky ze dvou válcovaných profilů U 300, resp. U 280.

## Stavební oddíl SO 11 – traťový úsek Střížkov–Prosek

Hloubené tunely jsou umístěny v zeleném pásu podél ulice Vysočanská. Předmětem prací zde bylo zajištění stavební jámy pro výstavbu dvoukolejného hloubeného tunelu spojujícího stanice metra Střížkov a Prosek v délce 794 m. Hloubka stavební jámy se pohybuje od 9,5 až 16,5 m. Součástí našich prací bylo i zajištění vjezdové rampy. V těsné blízkosti jámy se nachází soustava inženýrských sítí, a proto bylo nutné provádět veškerá zaměření s max. pečlivostí. Geologické složení zájmového území tvoří v horní části sprašové hlíny a navážky v tl. 2,5–5,0 m uložené na skalním podkladu z jílovitých vápenců. U jílovitých vápenců se střídají vrstvy od charakteru

hlíny až po navětralé a zdravé do hloubky cca 13,0–15,0 m pod úroveň terénu. Pod jílovitými vápenci se nachází vrstva pevných jíílů a jílovců. Hladina spodní vody je pod úrovní základové spáry pouze u stanice Prosek II. Zajištění stavební jámy bylo provedeno pomocí kotvené záporové stěny.

### Záporové stěny

Záporové stěny jsou zde tvořeny ocelovými prvky I 300, resp. I 360 a I 400, vloženými do vrtů Ø 600 mm v osové vzdálenosti 2000 mm, resp. 1330 mm dle měnící se hloubky stavební jámy. Pažení je tvořeno dřevěnými pažinami tl. 100, 120, 150 mm. Záporny jsou kotveny ve dvou až pěti úrovních dočasnými čtyřpramencovými kotvami s pramenci Ø 15,5 mm/1620 přes ocelové převázky ze dvou válcovaných profilů U 300, resp. UPE 400.

## Stavební oddíl SO 12 – stanice Prosek

Tento stavební oddíl zahrnuje konstrukci hloubené stanice, kde stavební jáma začíná před křižovatkou ulic Prosečská a Vysočanská a končí v ulici Vysočanská na úrovni obchodního domu Billa. Délka úseku je 204 m a hloubka stavební jámy cca 14 m. V nadloží se zde vyskytují spraše a sprašové hlíny, pokryvné útvary. V podloží jsou zastoupeny písčité slínovce a jílovcé. Hladina podzemní vody se nachází nad základovou spárou a bylo tedy nutné její čerpání. Stavební jáma je zajištěna záporovým kotveným pažením. Práce na tomto úseku neprováděla společnost Zakládání staveb, a. s.

## Stavební oddíl SO 13 – traťový úsek Prosek–Letňany

Tento stavební oddíl zahrnuje ražené jednokolejné traťové tunely vycházející z hloubené části stanice Letňany v délce 65 m, ražený dvoukolejný tunel v délce 1285 m a dvoukolejný hloubený tunel směrem ke stanici Prosek v délce 147 m. Hloubka stavební jámy je od 12,5 m do 17 m. V nadloží jsou zastoupeny spraše, sprašové hlíny a pokryvné útvary o mocnosti 6–10 m. V podloží se nacházejí písčité slínovce, jílovcé a uhelné jílovcé. Hladina podzemní vody se nachází nad základovou spárou (čerpání). Zajištění stavební jámy bylo provedeno pomocí záporového kotveného pažení. Práce na tomto úseku neprováděla společnost Zakládání staveb, a. s.

## Stavební oddíl SO 14 – stanice Letňany

Stavební oddíl 14 zahrnuje hloubenou koncovou stanici se čtyřkolejným uspořádáním pro obrát a odstav vlakových souprav, umístěnou do volného, zatím nezastavěného prostoru. Předmětem prací na SO 14 bylo



Celkový pohled na otevřenou stavební jámu SO 11 v délce 794 m



SO 11, v konečné fázi výkopu zde hloubka stavební jámy bude dosahovat až 18 m

zajištění stavební jámy stanice metra Letňany, hluboké 12–17 m, v délce 591 m. Geologické složení zájmového území tvoří v horní části sprašové hlíny o mocnosti 2–3 m, pod kterými se vyskytují jílovité hlíny, které přecházejí do slínovců; mocnost těchto vrstev je 1–3 m. Pod touto vrstvou se vyskytuje poloha jílovců o mocnosti 4–5 m po celé délce stavební jámy s koeficientem filtrace  $10^{-4}$ – $10^{-7}$  m/s, která působí jako izolant. Dále do hloubky pokračuje vrstva glaukonitických pískovců mocnosti 1–2 m. Podzemní vody byla zastížena na úrovni cca 6,5 m pod okolním terénem a bylo tak nutné ji po celou dobu výstavby nepřetržitě čerpat. Skutečné přítoky do stavební jámy se pohybovaly okolo 20 l/s.

Technologicky stejné práce zde byly společností Zakládání staveb, a. s., realizovány pro dva objednatelé: zhruba 1/3 pro společnost Subterra, a. s., a 2/3 pro společnost Metrostav, a. s.

Zajištění stavební jámy bylo provedeno pomocí:

- kotvené záporové stěny,
- svahovaného výkopu zajištěného stříkaným betonem, hřebíky a žlb. převázkami u portálu.

#### Záporové stěny

Stěny stavební jámy jsou tvořeny ocelovými prvky I 300, resp. I 360, vloženými do vrtů  $\varnothing$  630 mm se základní osovou vzdáleností 1500–2000 mm. Použity jsou dřevěné pažiny tl. 100 mm. Zápor jsou kotveny ve dvou až čtyřech úrovních dočasnými pramencovými kotvami se dvěma až čtyřmi pramenci



Stavební jáma pro stanici Letňany SO 14 s provizorní sjezdovou rampou



Stanice Letňany – SO 14, pohled na portál tratového tunelu stavebního úseku 13 (Prosek–Letňany)



V dokončené stavební jámě začíná okamžitě proudově vyrůst objekt stanice



Letecký pohled na rozsáhlou stavební jámu v průběhu výstavby

Ø 15,5 mm/1800 přes ocelové převázky z válcových profilů U 260–U 300.

#### Svahovaný výkop zajištěný stříkaným betonem

Výkopy pro vestibuly jsou svahované a chráněné stříkaným betonem se sítí. Strmější svahy jsou navíc zajištěny hřebíkováním. Strmá část portálu je zajištěna ve třech úrovních kotvenými železobetonovými převázkami, které rovněž rozpírají poslední záporny na koncích podélných stěn. Stěna pod 2. převázkou v prostoru tunelů má sklon 3 : 1; tam, kde je spodní převázka

přerušena, je zajištěna stříkaným betonem tl. 100 mm s KARI sítí Ø 5/150x150. Hřebíky s kotvenou hlavou jsou z betonářské oceli Ø 25 mm a opatřeny ocelovou deskou 14/200x200, pod kterou jsou vloženy 2+2 pruty Ø R14 dl. 1,0 m. Hřebíky jsou 4 m dlouhé a jsou provedeny vystřídáně v půdorysné rozteči 2,0 m a výškových etážích 1,5 m.

#### Výměry provedených prací

Na této nepřehlédnutelné liniové stavbě s nebývalým rozsahem současně budovaných otevřených stavebních jam uprostřed městské zástavby

v proměnných geologických podmínkách realizovala společnost Zakládání staveb, a. s., ve velmi krátkém časovém úseku tyto objemy hlavních konstrukcí spojených se speciálním zakládáním:

- kotvy (2–4pramencové): 36 392 m,
- výdřeva (tl. 100–150 mm): 25 536 m<sup>2</sup>,
- záporny (I 280–I 400 mm): 18 165 m,
- stříkaný beton (tl. 100–200 mm): 4058 m<sup>2</sup>,
- piloty (Ø 600–800 mm): 2324 m,
- ocelové převázky (U 200–U 300 mm): 503 t,
- sklolaminátové kotvy (2xP30x5): 602 m,
- mikropiloty (Ø 108/16 mm): 212 m.

**Ing. Michael Remeš, Ing. Marcel Kušta,**  
Zakládání staveb, a. s.

Foto: Libor Štěrbá, Zakládání staveb, a. s.,  
Metrostav, a. s., Subterra, a. s.

#### Special foundation works for securing of foundation pits

It is not more than one year since the company Zakládání staveb, Co. took significant part in construction of the IV. C1 underground line with underpass under the Vltava river with the method of unique protrusion of cast-in-situ tubes. Now works on further extension of Prague underground are in progress. The company Zakládání staveb, Co. participates in the construction with special foundation works. This time the works are being carried out on three new underground stations in the part Ládvi–Letňany with total length 4,6 km.

# Stavební a architektonické řešení stanice metra Střížkov

***V současné době probíhá na trase metra IV. C2 v severní části Prahy výstavba tří nových stanic metra Střížkov, Prosek, Letňany a spojovacích tunelových úseků, které jsou z části ražené a z části hloubené. Všechny tři stanice na tomto nově budovaném úseku metra jsou prováděny hloubeným způsobem. V článku jsou stručně popsány v současnosti prováděné práce na stanici metra Střížkov.***

## Architektonický návrh stanice

Sdružení firem Hochtief VSB, a. s., divize 8 a ŽS Brno, a. s., divize pozemního stavitelství Praha, realizuje v současnosti jednu ze tří nových stanic s názvem Střížkov. Autorem architektonického návrhu stanice je ing. arch. Patrik Kotas. Lze říci, že její moderní řešení dále rozšiřuje vysoký

architektonický standard a koncepci staveb dopravní infrastruktury hlavního města, kterou můžeme vidět například na nedávno zprovozněné tramvajové trati na Barrandovské sídlišti. Jak již bylo zmíněno, jde o hloubenou stanici o celkové délce 220m, kde provozně-technické části na obou koncích stanice jsou zapuštěny



Vizualizace architektonické podoby stanice Střížkov s dominantní ocelovou konstrukcí a proskleným fasádním a střešním pláštěm

pod terén a hlavní architektonickou dominantou je veřejná část stanice. Objektu dominuje ocelová konstrukce, jejíž dva hlavní obloukové vazníky o rozponu 150 m a maximálním průřezu 3x1,5 m nesou na systému nerezových táhel nosnou konstrukci střešního pláště. Tato nosná konstrukce střechy je tvořena středovým vazníkem a obvodovými obloukovými vazníky podporovanými sloupy tvaru „Y“. Středový a obloukové vazníky jsou spojeny komůrkovými „žebry“ a celá nosná konstrukce střechy je doplněna ocelovými vazničkami a krokviemi v rastru skleněného střešního pláště.

Vlastní střešní plášť a zároveň i veškeré opláštění veřejné části stanice tvoří prosklené konstrukce. Střešní plášť bude pochází s dvojskly rozměru 3x1 m, zasklívanými do hliníkového rámového systému. Fasádní prvky jsou naproti tomu navrženy jako terčová fasáda, nesená systémem nerezových sloupků a paždíků. Vzhledem k rozměrům primární ocelové konstrukce je maximální pozornost věnována právě řešení těchto prosklených konstrukcí. Tyto prosklené plochy musí být schopny přenést teplotní deformace ocelové konstrukce, které jsou ve vrcholu hlavních vazníků až +- 100mm ve vertikálním směru.

## Přeložky inženýrských sítí

Vzhledem k tomu, že především první dvě stanice Střížkov a Prosek jsou prováděny v zastavěném území, přináší jejich výstavba rozsáhlá omezení v dopravní obslužnosti celé oblasti, což především v počátcích výstavby dělalo nemalé problémy. Při provádění stanice Střížkov jsme byli od počátku postaveni před problém koordinace stavebních prací a skutečnost, že v prostoru stanice se nacházelo množství inženýrských sítí, které bylo nutno přeložit před zahájením vlastních stavebních prací.

Jednalo se především o rozsáhlou přeložku pátevní sítě horkovodu, jehož původní trasa procházela osou stanice. Teplotovod v této oblasti zásobuje teplem bezmála 17 tisíc obyvatel. Vzhledem k tomu, že práce byly zahájeny v poměrně pozdním termínu a bylo nutno zajistit kontinuální provoz této „strategické“ sítě, museli jsme vybudovat dočasné propojení a práce koordinovat tak, aby nová přeložka mohla být zprovozněna s minimální odstavkou, a to do šesti hodin.

## Průběh stavebních prací

Výstavba objektu stanice začala v listopadu roku 2004 zajištěním stavební jámy formou záporového pažení se dvěma, místy třemi



kotevními úrovněmi. Tyto práce realizovala společnost Zakládání staveb, a. s. (viz předchozí článek ing. Remeše).

V polovině ledna roku 2005 byl zahájen výkop stavební jámy o objemu 95 000 kubických metrů. Svahy výkopů poměrně členité základové spáry byly opatřeny stříkanými betony, stejně jako svahy výkopů budoucího východního přednádraží.

Během postupujících výkopových prací a zajišťování základové spáry byly pilotově založeny čtyři základové bloky hlavních obloukových vazníků ocelové konstrukce. Současně s dokončováním zemních prací na jednotlivých úsecích stanice byly prováděny podkladní betony, fóliové izolace základové desky a vlastní železobetonové konstrukce stanice. S jejich výstavbou se začalo v červenci roku 2005 a dnes (12/2005) je prakticky dokončena (s výjimkou interiérových lávek přes kolejiště a železobetonových kotevních bloků).

Současně s dokončováním žlb. konstrukcí byly prováděny izolace stěn a stropů stanice. Provedeny byly rovněž i základy prostoru mezi nosnými konstrukcemi stanice a stěnami jámy.

Velké úsilí je rovněž věnováno budování základových bloků hlavních oblouků ocelové konstrukce, jejíž montáž započne v polovině března letošního roku a je nutno ji dokončit do šesti měsíců.

Zároveň s těmito hlavními činnostmi probíhají práce HSV ve vnitřních prostorech stanice a také příprava pro pokládku kolejových betonů, které je nutno dokončit do začátku května.

#### Statistické údaje o stavbě:

Zemní práce: 110 000 m<sup>3</sup>,

Žlb. nosné konstrukce: 16 000 m<sup>3</sup>,

Primární ocelová konstrukce: 1100t,

Zastřešení: 4000 m<sup>2</sup>,

Fasádní pláště: 3200 m<sup>2</sup>.

Ing. Petr Hankovec, HOCHTIEF VSB, a. s.,  
divize 8 o. z.

Foto: Ing. Jan Samec, Ing. Antonín Rous

Vizualizace: Ing. arch. Patrik Kotas, Atelier  
designu a architektury

### Constructional and architectural solution to Střížkov underground station

Three new underground stations on the IV. C2 underground line in northern part of Prague – Střížkov, Prosek and Letňany and their connection tunnel sections are currently under construction. The stations are carried out by tunnelling method cut and cover and the parts between them are partly driven and partly excavated. The article briefly describes recent works on Střížkov underground station.



Celkový pohled na stavbu v průběhu betonáže základových konstrukcí



Provádění první fáze konstrukcí v prostoru budoucího kolejiště



Zárodky konstrukcí žlb. interiérových lávek přes kolejiště

# Ražba tunelu trasy metra IV. C2 od stanice Ládví v délce 530 metrů

***V článku je popsána technologická příprava ražby a průběh vlastní ražby traťového tunelu pražského metra na trase IV. C2 v km 13,930–13,400 na úseku SO 09. Pečlivá příprava ražby se opírala o podklady geotechnického průzkumu a o zkušenosti, získané v obdobných podmínkách na předchozích úsecích a z hloubení otevřené jámy v bezprostřední blízkosti ražby.***

## **Geologický průzkum a jeho vyhodnocení**

Projektem byly určeny směrové a sklonové poměry trasy a tvar i plocha výrubu v jednotlivých úsecích. Dle tohoto základního podkladu pak byly rozmístěny průzkumné vrty, jejichž vyhodnocení přineslo podrobnější znalost hornin a mechanicko-fyzikálních vlastností jednotlivých geologických vrstev, ve kterých měla být vedena ražba, a kategorizaci hornin do tříd dle pevnosti v tlaku a těžitelnosti.

Ražený tunel se nachází v pokračování trasy metra IV. C mezi stanicí Ládví a Prosek. V km 13,930 navazuje na 264 m dlouhý hloubený tunel a pokračuje v délce 530 m do km 13,400. Sklon trasy je v celém úseku jednotný – 3,4978 cm/m – a směrově zde na sebe navazují dva oblouky – o poloměru 4000 m v délce 62 m a o poloměru 501,7 m v délce 552 m. Plocha výrubu je na počátku ražby největší – 76,6 m<sup>2</sup>, snižuje se a po 60 m přechází v úseku km 13,870 až 13,400 na plochu výrubu 61,8 m<sup>2</sup>.

Na trase Ládví–Prosek bylo situováno celkem 6 průzkumných vrtů a z toho dva (J 53, J 58) v bezprostřední blízkosti popisovaného raženého úseku v km 13,930–13,400. Geologický průzkum na základě odebraných vzorků a jejich rozboru dokázal s dostatečnou přesností určit horniny, ve kterých bude probíhat ražba tunelu, i horniny, které budou v okolí výrubu a budou jím ovlivněny. Konkrétně bylo předpokládáno vedení ražby převážně v korycanském souvrství cenomanského stáří, které je zastoupeno jemnozrnnými až nestejnozrnnými křemitými pískovci. Tyto horniny mají variabilní diagenetické zpevnění a tomu odpovídající i variabilní pevnosti v tlaku. Přesto je možné jejich zařazení do třídy R4–R5 dle ČSN 73 1001, případně tříd těžitelnosti 3–4 v celém rozsahu raženého úseku.

Nadloží tunelu je tvořeno glaukonitickými písčitými jíly až pískovci a drobovými pískov-

ci, v jejichž nadloží se nacházejí již horniny bělohorského souvrství, náležejícího spodnímu turonu. Stírájí se zde polohy jílu a písčitých jílovců s nadložními slínovci – opukami a jílovitými prachovci.

Z hlediska zvodní podzemní vody bylo pro ražbu nepříznivé nadložní turonské souvrství, z něhož mohlo docházet k přítokům do tunelu, a to zvláště při nadvylomech nebo z vrtů pro svorníky. Cenomanské zvodně se nacházejí převážně pod úrovní počvy tunelu, a ražbu tedy neohrožují.

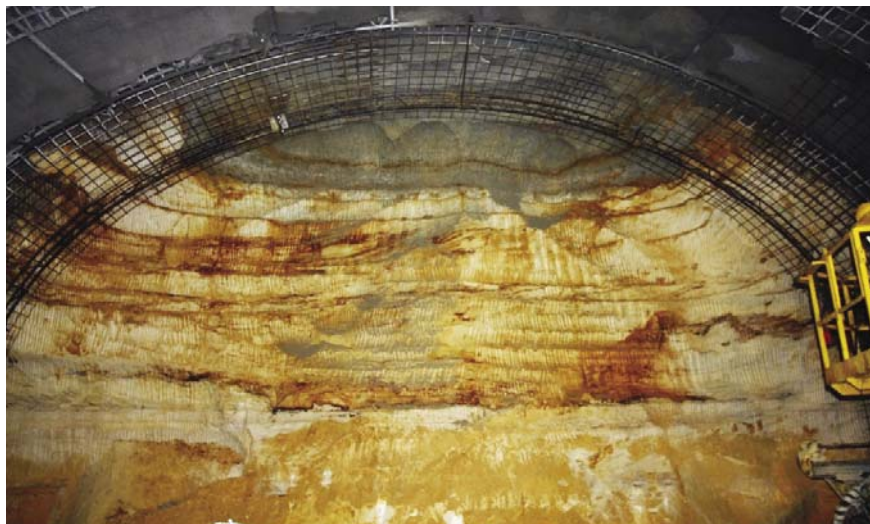
Celková mocnost nadloží se pohybuje v rozmezí 10–17 m a stabilita výrubu byla hodnocena jako dobrá až velmi dobrá, umožňující otevření nezajištěného výrubu od 2 do max. 48 hodin s roztečí podpěrných konstrukcí 1,2–3 m.

Na základě zkušeností z předchozích lokalit bylo možno shrnout tato fakta:

- Je možno očekávat nadloží ražených tunelů se sníženou stabilitou.
- Jemnozrnné až nestejnozrnné křemité pískovce s různým stupněm diagenetického zpevnění, variabilní pevností a s pevnějšími limonitizovanými polohami budou ve výrubu stabilní.
- Nejpevnější horninou budou písčité slínovce až silicity, které mohou dosáhnout pevnosti v tlaku



Ražba frézou ET 380Q



Pohled na kalotu s typickou geologií

až 100 MPa. Jejich rozpojení bude ekonomické trhacími pracemi. Ostatní horniny ve výrubu budou rozpojitelné bagrem, případně frézou.

Z těchto předpokladů, závěru a doporučení vycházela technologická příprava ražby, která byla zpracována do následujících bodů:

- Ražba bude v km 13,930–13,400 probíhat systémem NRTM s členěním výrubu horizontálně na kalotu a spodní klenbu.
- V nadloží tunelu se nachází bělohorské souvrství spodního turonu s výskytem hornin o nízké až velmi malé pevnosti.
- Prvních 30 m ražby od portálu Ládví lze zařadit do třídy NRTM 5P s předpokladem zajištění nadloží portálu soustavou horizontálních mikropilot.
- Jemnozrné až nestejnozrné křemité pískovce, které budou tvořit převážnou plochu výrubu, vykazují spíše lavicovitou než deskovitou odlučnost, a proto bude vhodné zvýšit tolerance nadvylomů.
- Vzhledem k tomu, že horniny zastižené geotechnickým průzkumem vykazují velký rozptyl hodnot pevnosti i ostatních parametrů, bude vhodné počítat i s nutností trhacích prací.

### Ražba tunelu

Vlastní ražba tunelového úseku byla zahájena v listopadu 2004. Byla nasazena metoda NRTM s horizontálním členěním výrubu na kalotu a dolní klenbu. Pro vystrojení výrubu byly použity příhradové oblouky, svařované sítě, svorníky a stříkaný beton C20/25 mokrá směs. Rozteč výstrojných prvků byla 1,5 m, v místech nestabilní čelby zkrácena osově na 1,2 m. Pro rozpojení horniny byla použita fréza ET 380Q, doplněná o vrtací vůz Boomer L2C a nakládací i transportní mechanismy. Stříkaný beton byl proveden manipulátorem skládajícím se z ramena Meyco Robojet a čerpadla na mokrou směs Meyco Potenza, uložených na podvozku

Dieci. Ražba tunelového úseku v délce 530 m byla ukončena v dubnu 2005. Na ražbě bylo odpracováno celkem 160,5 pracovních dní, což představuje dohromady v kalotě i spodní klenbě průměrný postup 3,3 m/den!

### Rekapitulace

K hodnocení ražby lze uvést následující:

- Rozhodnutí o nasazení výložníkové frézy ET 380Q jako součásti technologie NRTM bylo v daných podmínkách správné, v kombinaci s vhodnými doprovodnými stroji umožnila fréza plynulou a bezproblémovou ražbu.
- Zastižené geotechnické podmínky odpovídaly převážně výsledkům a doporučením geotechnického průzkumu, a proto se nevyskytly situace, na které by posádka a technické vedení stavby nebyli připraveni.
- Ke konci raženého úseku došlo sice ke zhoršení geotechnických podmínek ražby, což však geotechnický průzkum předpokládal, a proto

byly posádka i technici na tuto skutečnost připraveni. Ražba tak mohla i zde proběhnout rychle a kvalitně.

- Přítoky podzemních vod do výrubu byly ojedinělé, a to v množství do 10 l/min (zhruba před polovinou raženého úseku a ke konci ražby na posledních 50 m).
- Trhací práce nebyly v trase použity, mimo rozrážky na čerpací stanici, která byla v součinnosti s hlavní trasou provedena během ražby.
- Je zřejmé, že pečlivá technologická příprava stavby na základě dobrých a spolehlivých podkladů byla podmínkou pro rychlou a bezpečnou realizaci ražeb i všech doprovodných prací. V neposlední řadě bylo úspěšné provedení ražby zásluhou zkušených posádek strojů a zkušených techniků vedení stavby, kteří dokázali řešit problémy a anomálie za provozu, bez snížení výkonů a bezpečnosti práce. Výsledkem je pak jeden z nejrychlejších postupů ražeb na trasách metra.

**Jiří Krajiček**, Subterra, a. s.,  
Podklady: Metroprojekt Praha, a. s.,  
SG Geotechnika, a. s., RNDr. O. Tesař, DrSc.  
Foto: Ing. J. Augusta.

### Tunnel driving on the IV.C2 underground line from station Ládví, in the length 530 m

This article deals with technological preparation and the driving procedure itself in the line tunnel of the Prague underground line IV.C2, within km 13,930–13,400 (SO 09). Thorough preparation of the driving works was based on the findings of a geotechnical survey as well as experience gained in similar conditions on the previous sections and excavation of an open pit in close proximity of the driving works.



Ochrana kaloty v klenbě v místech glaukonitů

# Fotoreportáž

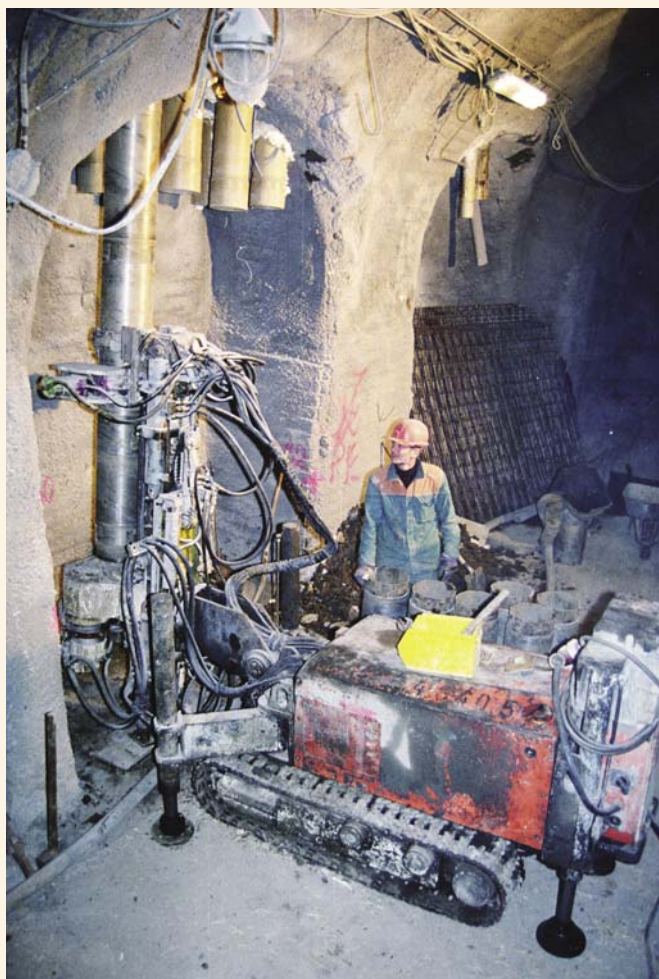
Na této straně přinášíme obrazové ohlednutí za některými ze staveb, realizovanými v roce 2005.



**Dálnice D47 v úseku Hrušov–Bohumín**  
Štěťové jímky a základové piloty na objektu estakády přes odru a Antošovické jezero.



**Přístav Ústí nad Labem – Ganza**  
Prodloužení přístavní zdi pomocí trvalé štěťové stěny osazované do předhrabané rýhy a kotvené trvalými 6ti pramencovými kotvami.



**Kolektor Centrum I. A v Praze – etapa Vodičkova**  
Provádění přípojkových vrtů propojujících kolektor pro inženýrské sítě s jednotlivými objekty nadzemní zástavby.



**Přemostění výjezdu ze Strahovského tunelu na Malovance v Praze**  
Přikotvení závěrné zdi trvalými pramencovými kotvami v souvislosti s plánovaným novým přemostěním výjezdu z tunelu.



**Zřízení kotevnicí dalb pro plovoucí molo na Slapské přehradě**  
Osazování příhradové konstrukce jedné z dalb plovoucího mola na mikropilotový základ.

Foto: Libor Štěřba