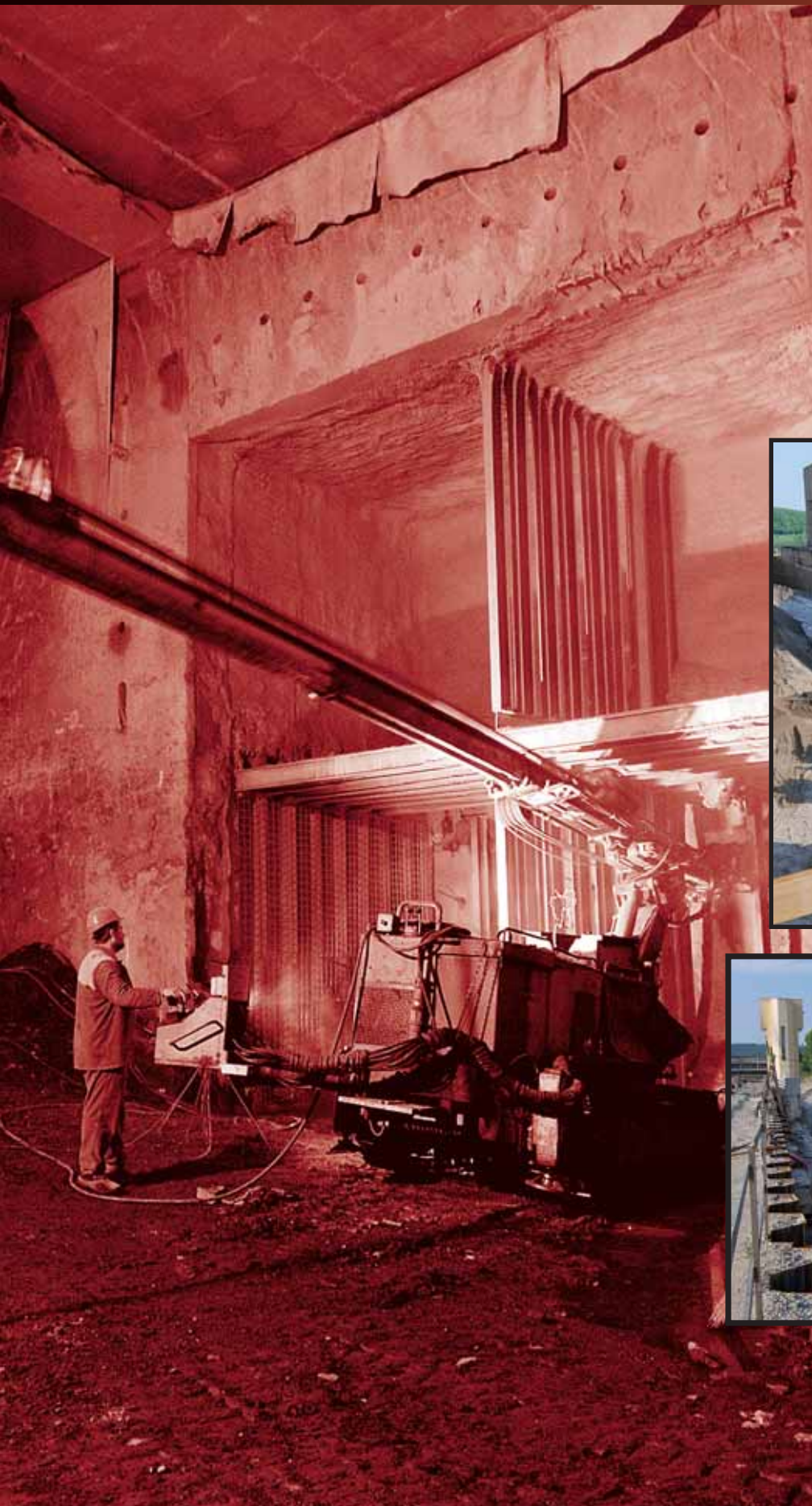


# ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

3/2012

Ročník XXIV



- PLAVEBNÍ KOMORA HLUBOKÁ NAD VLTAVOU – ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY
- MVE VELKÝ OSEK – NÁVRH DÍLA A PAŽICÍCH KONSTRUKCÍ
- VÝKLENKY PRO ÚNIK OSOB V HLOUBENÉM TUNELU MO (SAT 2. B) V PRAZE
- MODERNIZACE NÁBŘEŽNÍ HRANY V PŘÍSTAVU ÚSTÍ NAD LABEM-VAŇOV





## VÝROBNÍ PROGRAM

- Podzemní stěny konstrukční, pažicí, těsnicí a prefabrikované
- Vrtané piloty, CFA piloty, pilotové a záporové pažicí stěny
- Mikropiloty a mikrozápory
- Kotvy s dočasnou a trvalou ochranou
- Injektáže skalních a nesoudržných hornin, sanační injektáže, speciální injekční směsi
- Trysková injektáž M1, M2, M3
- Beranění štětových stěn, zápor, pilot apod.
- Zemní práce z povrchu, těžba pod vodou
- Zlepšování základových půd
- Realizace všech typů hlubinného založení objektů
- Pažení stavebních jam
- Sanace rekonstrukce a rektifikace občanských, průmyslových a historických objektů a inženýrských staveb
- Vodohospodářské stavby, rekonstrukce jezů, retenční přehrážky
- Shybky
- Sklárky ropných produktů a toxických látek, jejich lokalizace a zabezpečení
- Ochrana podzemních vod
- Geotechnický průzkum, studie, projekty, konzultace
- Zatěžovací zkoušky a zkoušky integrity pilot
- Projekční a poradenská činnost

### ZAKLADÁNÍ STAVEB, a. s.

K jezu 1, P. S. 21  
143 01 Praha 4,  
tel.: 244 004 111,  
fax: 241 773 713  
e-mail: mailbox@zakladani.cz  
[www.zakladani.cz](http://www.zakladani.cz),  
[www.zakladani.com](http://www.zakladani.com)



# OBSAH

## Časopis ZAKLÁDÁNÍ

vydává:

**Zakládání staveb, a. s.**

K Jezu 1, PP 21

143 01 Praha 4 - Modřany

tel.: 244 004 111

fax: 241 773 713

E-mail: [propagace@zakladani.cz](mailto:propagace@zakladani.cz)

<http://www.zakladani.cz>

<http://www.zakladani.com>

### Redakční rada:

#### vedoucí redakční rady:

Ing. Libor Štěrba

#### členové redakční rady:

RNDr. Ivan Beneš

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

### Redakce:

Ing. Libor Štěrba

#### Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

### Foto na titulní straně:

Libor Štěrba, k článku na str. 14

### Překlady anotací:

Mgr. Klára Koubská

### Design & Layout:

Jan Kadoun

### Tisk:

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

### Ročník XXIV

3/2012

Vyšlo 9. 11. 2012 v nákladu 1000 ks

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2012 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](mailto:obchod@allpro.cz)

<http://allpro.cz/>

<http://predplatne.cz/>

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

## SERIÁL

**Stavební podnikatelé minulosti, 7. část seriálu**

**Trochu jiné stavby a jiné firmy**

Zdeněk Bauer

2

## TEORIE A PRAXE

**Statický model piloty s přerušným dřikem**

Ing. Petr Hurych, autorizovaný statik

6

## ZAHRAŇIČNÍ STAVBY

**Rejdařství „Atlantska plovitba“**

**– komplexní zajištění stavební jámy nového sídla společnosti**

RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

10

## DOPRAVNÍ STAVBY

**Atypický způsob výstavby výklenků pro únik osob  
v hloubeném tunelu MO (SAT 2. B) v Praze**

Ing. Ota Špinka, Ph.D., PUDIS, a. s.,

s příspěvím Ing. Michaela Remeše, Zakládání staveb, a. s.

14

## VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

**Malá vodní elektrárna Velký Osek**

Ing. Jan Šinták, I.P.R.E.

**Návrh zajištění stavební jámy**

Ing. Karel Staněk, FG Consult, s. r. o.

18

20

**Plavební komora Hluboká nad Vltavou – zajištění stavební jámy**

Ing. Pavel Průcha, FG Consult, s. r. o.

24

**Realizace**

Ing. Jiří Ludvíček, Zakládání staveb, a. s.

31

**Veřejný přístav Ústí nad Labem-Vaňov, modernizace nábrežní hrany**

Bohuslav Bubník, Zakládání staveb, a. s.

32

SILNICE „VLTAVA-BUŠ“ KM. 14 300 - 14 600 19. V. 10. 1937 PRAHA

Příjezdovou silnici Vltava–Buš k zamýšlené přehradě Slapy stavěla na počátku 30. let firma Kapsa-Müller. Přímo v trase cesty, hned u restaurace Na Skalici, byl zřízen lom s drtičem. (foto J. Dvořák)

## STAVEBNÍ PODNIKATELÉ MINULOSTI, 7. ČÁST SERIÁLU TROCHU JINÉ STAVBY A JINÉ FIRMY

Z minulých dvou dílů seriálu je zřejmé, že těžišťe velkých veřejných stavebních prací v období let 1919–1938 leželo ve výstavbě železničních a vodních cest, v regulaci toků a budování přehrad. Samozřejmě se kromě toho zdokonalovala i stávající silniční síť, a stejně jako ta kolejová, především ve směru Morava – Slovensko a ve slovenských horách. Byly tu také průmyslové a jiné stavby víceméně

veřejného zájmu, které stavěly nejen firmy zvučných jmen svých zakladatelů, ale také nově vznikající akciové stavební společnosti. Silnice nestály na počátku 20. let minulého století rozhodně v popředí zájmu státních dopravních odborníků, a tedy ani větších stavebních firem. Pro dálkovou dopravu osob ani nákladů se tehdy cesty ještě moc nehodily, povozy a v malé míře automobily mohly obojí

dovážet nejlépe z nejbližšího nádraží. Zatímco technologie stavby železnic, vyvinutá v počátcích parostrojní dopravy ve 30. letech 19. století, nemusela při zvyšování zátěže vlaků doznat kromě postupného zvětšování profilu kolejnic žádných změn, se silnicemi to vypadalo jinak. Prašné štětované silnice nepřekážely povozům, ale pro auta se vzduchovými pneumatikami zcela vhodné jistě nebyly. Drahé čedičové dláždění se používalo jen ve městech a na některých více exponovaných úsecích silnic zvláště ve spádech. Pro výstavbu a údržbu takových silnic nebyla potřebná celkem žádná mechanizace s výjimkou silničních válců s koňským, ale především s parním pohonem, jakými se už od počátku století postupně vybavovala města a okresy, respektive jejich silniční správy. Jak ale na cestách přibývalo samohybných vozidel a jak se šířila nabídka firem pokládat asfaltové povrchy cest, začala veřejná správa ztrácet soběstačnost. Kupovat v každém okrese drahé zařízení pro výrobu živice směsi a její rozprostírání nebylo možné. Tak se ve druhé polovině 20. let stále víc uplatňovaly specializované stavební firmy pro úpravy, rozšiřování a novostavby silnic. Potřebnou technologii mohly při dostatku zakázek neustále doplňovat a modernizovat, přičemž často ani nemusely mít příliš početný park válcovacích



Podnikatelé Nejedlý a Řehák si jako jedni z prvních obstarali vlastní Ammannův mísič živice směsi pro úpravu silnic.



Běžný obrázek na stavbě silnice ve 30. letech, v tomto případě u Českého Brodu; tzv. kalení vozovky s pomocí trojice parních válců Škoda prováděla Konstruktiva.



Jeden z prvních finišerů Krauss-Maffei u nás, který si pořídila společnost Konstruktiva ve 30. letech. Při práci v Teplicích k němu dovážel směs parní automobil Škoda-Sentinel.



Na jaře roku 1938 budovala brněnská firma Šamánek jihlavskou státní silnici v km 46,25–47,9 u „Vysokého mostu“. (foto Novotný)



Na stavbě strahovského sletového stadionu se v roce 1926 kromě moderní stavební techniky uplatnili i koně, například při válcování budoucí cvičební plochy.

strojů – ty si jednoduše vypůjčily od místní silniční správy. Ve 30. letech došlo i na mechanizaci samotného pokládání živičného nebo betonového povrchu, kdy se největší firmy začaly vybavovat prvními finišery německé výroby. Kromě zvyšujícího se počtu automobilů, včetně nákladních, nutila i vysoká nezaměstnanost způsobená hospodářskou krizí ve 30. letech státní správu, aby kromě železnic stavěla i nové dálkové silnice. Jednou z těch, o kterých se tehdy hodně mluvilo a pro které se vypisovala výběrová řízení, byla silnice

z Valašského Meziříčí přes Beskydy na Slovensko. Budovalo se rovněž lepší spojení Prahy přes Jihlavu s Brnem a zahajovala se i řada dalších staveb. Přitom už se plánovala dálková silnice po délce celého státu od Plzně přes Prahu a Brno na Slovensko a dál až na Podkarpatskou Rus. Také československý průmysl potřeboval neustálé zdokonalování a rozšiřování své základny. Tyto aktivity však vesměs spadaly do sféry soukromých investorů, tedy samotných průmyslových podniků. Tady pochopitelně

vynikaly ty největší, jako například Akciová společnost, dříve Škodovy závody v Plzni nebo Baťovy závody ve Zlíně. Škodovka v té době získala řadu dalších podniků, které modernizovala a rozšiřovala a stavěla nové závody, jako například ASAP (Akc. spol. automobilového průmyslu) v Mladé Boleslavi či strojírnou v Dubnici nad Váhom. Stejně tak i Baťa, kromě celého nového Zlína, budoval víceméně ve vlastní režii nejen obunické, ale ve velké míře také strojírenské i jiné závody po celém státě. S výdatnou injekcí z veřejných peněz postavil i známý Baťův kanál.

Pokud jde o investice z veřejných prostředků, nelze zapomenout na velké stavby ve městech. Ty sice do určité míry prováděly přímo vlastní stavební podniky měst, větší stavby ale byly zadávány podnikatelstvím ve veřejných soutěžích. Nejvíce takových staveb vzniklo samozřejmě v Praze, ať už jde o veřejné budovy jako Veletržní palác či Elektrické podniky nebo o monumentální budovy některých ministerstev, ale také například o novou tramvajovou vozovnu na Pankráci či Pražskou obecní plynárnu v Michli. Jednou z nejsledovanějších staveb 20. let byla i výstavba sletového stadionu na Strahově, dokončeného v roce 1926. Jen o necelé dva roky později bylo otevřeno také nové brněnské výstaviště pro Výstavu soudobé kultury v Československu. Zatímco ve Zlíně postavil



Stavitel Matoušek prováděl na jaře roku 1926 před pankráckou věžnicí se svou jedinou lokomotivkou výkop pro tramvajovou vozovnu.



Pro betonování obchodně-průmyslového pavilonu na vznikajícím výstavišti v Brně v roce 1927 bagrovala firma Bratři Redlichové potřebný štěrkopisek hned vedle stavby.



Před zahájením stavby budovy Ředitelství železnic vrtala firma Belada ve 20. letech sondy na Petřském nábřeží v Praze. (Vlevo vltavské nábřeží, vzadu skladiště tehdejšího Denisova nádraží na Těšnově.)



Českomoravská stavební akciová společnost získala počátkem 30. let stavbu vodní elektrárny nového jezu v Brandýse nad Labem.

celé nové sídliště i s občanským vybavením soukromník Baťa, vzniklo pražské „vilové“ sídliště Spořilov ve 20. letech z peněz družstva Městské spořitelny. I to byla událost,

které tehdejší veřejný i odborný tisk věnoval mnoho pozornosti. Ve druhé polovině 30. let začala výstavba pohraničního opevnění, jež kromě množství malých staveb obsahovalo

i velké železobetonové komplexy novodobých vojenských pevností.

Je tedy vidět, že i mimo velké vodní a železniční stavby bylo jak v soukromé, tak ve veřejné sféře pro stavební firmy dost příležitostí. Na jedné straně se tu především ve 20. letech mohli uplatnit i podnikatelé s menším strojním vybavením, na straně druhé také investoři z jiných oborů už ucítili příležitost, jak vydělat peníze stavební činností. Na stavbách silnic bylo tehdy možné najít velké množství převážně místních stavitelů. Širší okruh působnosti měli jen podnikatelé, kteří se cíleně věnovali tomuto oboru stavební činnosti. Mezi ně patřil průkopník asfaltových vozovek Ing. **Václav Diviš** z Prahy (nar. 1893). Jeho firmě patřila továrna na asfalt v Loděnici u Berouna a řada silničních strojů. Kromě silnic stavěl také železobetonové hangáry, maják a vodovodní věž letiště ve Kbelích a spolupracoval s jinými podnikateli (například s inženýry Nejedlým a Řehákem). Jiným silničním odborníkem byl Ing. **Josef Jelínek** z Berouna. I když jeho firma Jelínek a synové postavila či rekonstruovala řadu silnic především v širokém okolí Berouna a později i po celé republice, věnovala se mimo to hlavně vodním a betonovým stavbám. Mezi ně



Ing. Bohumil Belada



Ing. Jan Matoušek



Dr. Ing. Karel Skorkovský

patřily mnohé železobetonové konstrukce v samotném Berouně a v blízkých cementárnách a železárnách, ale i část ervěnické elektrárny či opevnění na Šumavě. Později podnikatelství budovalo také dva úseky dálnice Praha–Brno. Do historie stavebnictví se Ing. Jelínek zapsal svými výrobami prefabrikovaných konstrukcí, které ve 30. letech vznikly v Hýskově u Berouna a ve Velkých Levárech na Slovensku.

Ing. **Bohumil Belada** (1874–1964) byl nejstarším z trojice synů profesora vodního stavitelství na pražské Technice Viléma Belady. Jeho specialitou byly zeměměřné práce, projektoval a stavěl vodárny (např. v Káraném), elektrárny (např. v Praze-Holešovicích či v Ervěnicích), kanalizace, tunely, šachty a další hlubinné, ale i běžné inženýrské stavby. Společně s prof. Listem vypracoval první studii podzemní dráhy v Praze. Také jeho bratři Antonín a Karel Beladové založili vlastní stavební firmy a všichni tři občas vzájemně spolupracovali. Ing. **Jan Matoušek**

(nar. 1884 v Podkrkonoší) se zabýval hlavně vysokými konstrukcemi ze železobetonu. Postavil v Praze např. Ministerstvo obrany či Ministerstvo pošt, Právnickou fakultu či Městskou knihovnu. Stavěl vozovny pražských Elektrických podniků, vagonku Fram v Kolíně i část opevnění u Králík. Dr. Ing. **Karel Skorkovský** (1881–1959), původem z Vysočiny, se za první světové války jako důstojník zdravotního sboru dostal do ruského zajetí a pak do Československých legií. Byl vyhlášeným odborníkem v oboru železobetonových staveb, jichž také zvláště v Praze řadu postavil: palác Adria, Veletřní palác, Masarykovy domovy v Krči, Poštovní spořitelnu, některé budovy nákladového nádraží na Žižkově i část Pražské obecní plynárny v Michli. Budoval více částí opevnění, pracoval i na dálnici Praha–Brno. Jeho firma měla pobočky v Brně a Bratislavě, kde pracovala na úpravách slovenských řek, silnic a letišť. Akciové stavební společnosti nebyly v době první republiky žádnou novinkou. Existovaly



Kamenolom u Zbraslavi dostala do vlnky společnost Konstruktiva hned na začátku 30. let. Odvoz upraveného a roztříděného kamene zajišťovala vlastními parními automobily Škoda-Sentinel.

tu už dříve zavedené firmy, které jen změnily formu a vydaly akcie. Tak fungovala například akciová společnost Kress nebo Lanna. Posledně jmenovaná a. s. přitom po přechodném vlastnictví bankou zůstala až do znárodnění rodinnou firmou inženýrů Nejedlého a Řeháka a později jen prvního z nich. Vedle těchto „starých“ firem vznikaly ale nové akciové společnosti, o jejichž vzniku a majitelích není dnes téměř nic známo. Anonymní vlastnictví tak bohužel pohltilo jména odborníků, kteří tehdy společnosti vedli a byli zárukou kvality jejich činnosti. Kolem českých kamenolomů vznikla Litická stavební a. s., o níž už byla řeč dříve. Vedle ní byla v Praze **Českomoravská stavební a. s.**, která se účastnila řady menších staveb, podílela se na budování Vranovské přehrady na Dyji i na výstavbě „protektorátní“ dálnice do Brna. Původně pro „zřizování, udržování a válcování silnic“ bylo v roce 1932 vydáno živnostenské povolení firmě **Posista**, a. s. (zkratka pro Pozemní a silniční stavby). Založena byla v roce 1929

a později do jejího podtitulu přibýly i stavby vodní, železniční a regulační. Společnost se od počátku orientovala na stavby pro Ministerstvo obrany, tedy na armádní zakázky.

Kromě svého původního oboru se účastnila stavby úseků železnic Horní Lideč–Púchov, Banská Bystrica–Diviaky a Brno–Havlíčkův Brod i některých částí dálnice. Díky svému spojení s armádou nezankla Posista ani po znárodnění a stala se součástí nově vytvořených vojenských staveb.

Vedení Akciové společnosti, dříve Škodovy závody v Plzni se v době, kdy firma pohlcovala jeden strojírenský podnik za druhým, rozhodlo založit v rámci koncernu stavební firmu. Ta vznikla v roce 1929 jako formálně samostatná akciová společnost **Konstruktiva**. Vybavena byla na počátku téměř 30 parními válci a stejným množstvím parních nákladních automobilů, samozřejmě vše od mateřské firmy Škoda. V roce svého založení také otevřela kamenolom na Zbraslavi. Vybavení mělo sloužit především k práci na silnicích, kde Konstruktiva také na počátku své činnosti hledala (mimo práce pro mateřskou firmu, jako byla například výstavba závodu v Dubnici nad Váhom) většinu zakázek. Od poloviny 30. let už se ale zapojila do budování železnic Zbehy–Zlaté Moravce a Banská Bystrica–Diviaky i do stavby pohraničního opevnění. Za německé okupace pracovala na dálnici, na trati Brno–Havlíčkův Brod, na vážském stupni u lavy a na mnoha průmyslových a železničních stavbách. Konstruktiva, podobně jako Posista, si i po znárodnění v roce 1945 a po zařazení do Československých stavebních závodů o tři roky později ponechala své jméno s přídomkem „národní podnik“. Stala se správcem majetku po zabavených německých stavebních firmách a v roce 1948 měla více než 5700 zaměstnanců.

Zdeněk Bauer



Na rodinné fotografii je Ing. Josef Jelínek – druhý pán zprava, na krajích jsou synové, inženýři Josef (vlevo) a Karel (vpravo).

## STATICKÝ MODEL PILOTY S PŘERUŠENÝM DŘÍKEM

*Článek se zabývá možností vyčíslit statické důsledky přerušení piloty, je-li zjištěno testem integrity a jde-li o pilotu skupiny. K tomu řeší modelové příklady, u nichž je východiskem popis a rozbor chování pilotové skupiny. Článek šířeji rozebírá možnosti matematických modelů ve statické zakládání a je doplněn příkladem z praxe.*

Matematické modely jsou často jediná cesta k odpovědím na otázky o věcech jinak zcela nepřístupných. Kromě jiných sem patří také všechny fyzikální zákony. Jsou to elementární, praxí stále ověřované vyčíslitelné vztahy; jako všechny modely jsou ale jen přiblížením ke skutečnosti [2].

K přerušení dřívku piloty může dojít při betonáži během vytahování pažnice. Zjistí se obvykle až testem integrity hotové piloty. Test může určit i polohu a délku přerušení. Otázka je, jak se změní statická funkce přerušené piloty, zda ji lze podrobněji posoudit v rámci celého základu. Možná může být použitelná i se sníženou funkcí.

Potřebujeme tedy statický model, který vše blíže zobrazí a porovná. Nestačí model sedání osamělé piloty, ten „nevidí“ nic z okolí piloty. K popisu přerušené piloty jsou ale napjatost a deformace podloží kolem piloty podstatné. Okolo vlastního přerušení namáhání horniny vzroste a to může o použitelnosti přerušené piloty rozhodnout.

Každý model zjednodušuje předlohu, musí být řešitelný a dávat použitelné výsledky.

Chybný je názor, že složitější model je dokonalejší a lépe postihne „skutečnost“. Model nehodnotíme dokonalostí, ale účelností – jak poslouží účelu, pro který byl sestaven. Dobrým příkladem modelu je obyčejná mapa a měřítko, které volíme podle účelu. Ať je jakékoliv, vždy může každý říci: „Ale ve skutečnosti je to jinak“. Mapa ani žádný jiný model si nedělá nárok na shodu se „skutečností“, je to jen pomůcka a vhodnost měřítka závisí na účelu, pro který ji potřebujeme.

Model nesmí pominout ty části vzoru, které nás zajímají. Zde např. vedle deformace a napětí kolem piloty i obraz skupiny pilot. Základ na skupině s jednou pilotou přerušenou může někdy být jako celek staticky přijatelný. Nástrojem k řešení je tu metoda konečných prvků. Vzhledem k povaze problému je nutný 3D model, porucha (přerušení) aktivizuje příznivé prostorové účinky. Vzájemné ovlivnění (interference) pilot skupiny je také výrazně prostorová úloha.

Porovnáme tři dvojice konstrukcí, druhá z dvojice bude s přerušenou pilotou. Půjde o osamělou pilotu, trojici pilot a trojici pilot

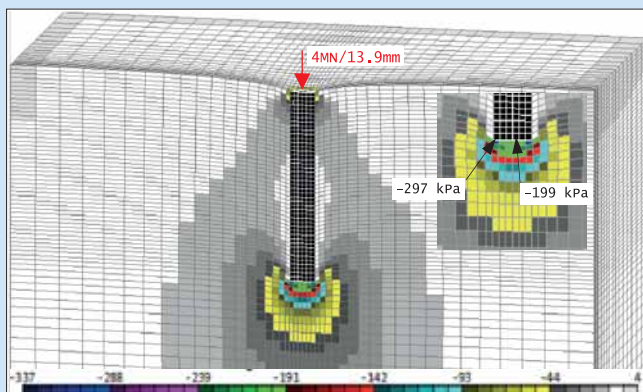
s trámem. Piloty jsou uvažovány o průměru 120 cm a délce 9,0 m. Podloží modulu  $E_{def}$  je 30 MPa a  $\mu$  0,40. Rozteč pilot v trojici činí 3 m. Svislé zatížení hlav je 4,0 MN, trojice s trámem je zatížena v povrchu trámu v ose pilot. Trám je výšky 1 m, šíře 1,2 m, délky 7,2 m a je monoliticky spojen s pilotami. Náhrada přerušení je válcová dutina výšky 60 cm, v hloubce od 6,4 m do 7,0 m. Průměr dutiny je 1,2 m.

Obrázky 1 až 4 ukazují průběh svislého napětí  $\sigma_z$  na přetvořeném modelu, deformace jsou zvětšeny 50x. Složek napětí je šest, podle potřeby se je vyčíslily i další složky napětí kolem dutiny. Stav napětí je rozdělen do dvou obrázků, napětí v podloží a v základu. Tam je napětí řádově větší než v podloží a bylo by těžké je rozlišit jednou barevnou škálou. Konstrukce je proto zobrazena čtyřmi obrázky, dva pro neporušený a dva pro porušený stav.

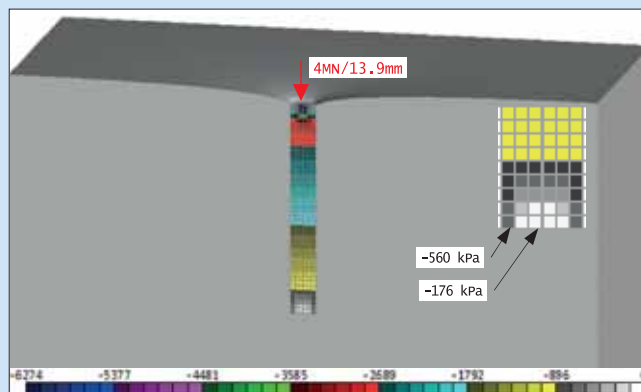
Obrázky obsahují barevnou škálu napětí (kPa) a ev. detail kolem paty nebo přerušení. Obrázky trojice pilot jsou doplněny průběhem momentů namáhajících vnější pilotu. Trojice s trámem je doplněna tabulkou ohybových momentů trámu. Modely neporušené a porušené konstrukce se liší jen prvky dutiny, vše ostatní, členění na prvky, okrajové podmínky i zatížení, je stejné.

### Osamělá pilot

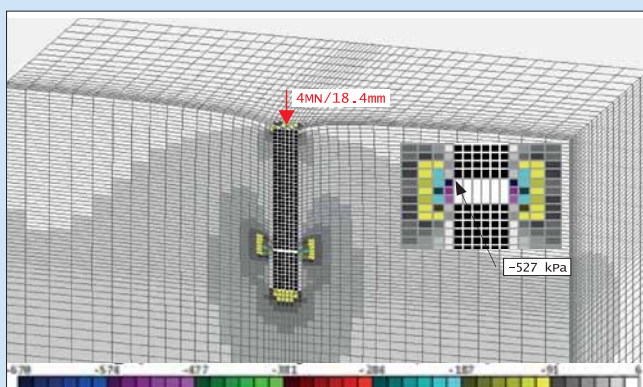
Příklad osamělé piloty ukazuje, že přerušením piloty klesla tuhost hlavy asi o 25 %.



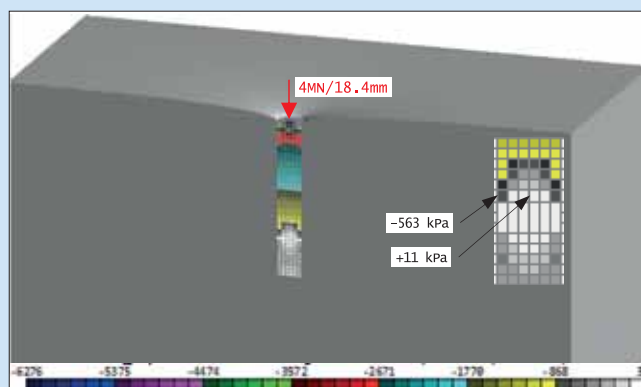
Obr. 1: Neporušená pilot, napětí Sigma Z v podloží, sedání paty 13,2 mm



Obr. 2: Neporušená pilot, napětí Sigma Z v dřívku



Obr. 3: Přerušení od 6,4 do 7,0 m, napětí Sigma Z v podloží, sedání paty 7,1 mm



Obr. 4: Přerušení od 6,4 do 7,0 m, napětí Sigma Z v dřívku



Rozhodlo by ale napětí v podloží, viz detail obr. 3; ve stěně dutiny dosahuje  $-527$  kPa. Pevnost by se vyčerpala např. při kohezi  $c \leq 527$  kPa (při nulovém vnitřním tření „f“). V patě nepřerušené piloty a v patě části nad dutinou dojde k odlehčení středu a přitížení obvodu, vzniká zde „klenba“ v napětí. V patě nad dutinou je malý tah, 11 kPa (obr. 4).

Vliv přerušení závisí i na jeho hloubce. Tlak v dřívku s hloubkou klesá, menší účinky má přerušení ve větší hloubce plovoucí piloty. Je-li však pilota opřená o tuhou vrstvu, je úbytek tlaku dřívku v měkké nadložní vrstvě malý a oblast přerušení je tlačena téměř celým zatížením piloty.

### Trojice pilot

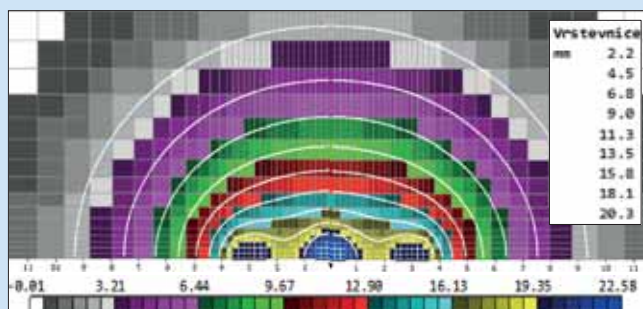
Trojice pilot v řadě vykáže tzv. skupinový účinek. Hledáme vliv přerušení střední piloty. Skupinový účinek vidíme již na sedání hlav pilot. Porovnáme-li sedání pilot trojice a sedání osamělé piloty při stejném zatížení 4 MN/pilotu, všechny piloty trojice sedají více než osamělá pilota (22,6 mm a 20 mm proti 13,9 mm). Zatímco osamělá pilota zatěžuje celé své okolí, piloty skupiny zatěžují společně sdílený prostor mezi dřívky. Tento prostor je více namáhaný než prostor kolem osamělé piloty a více se deformuje.

Obdobně je to s vodorovnými posuny a ohybem vnějších pilot skupiny. Smykový odpor na části obvodu přivrácené k vnitřní pilotě je menší než na části odvrácené od

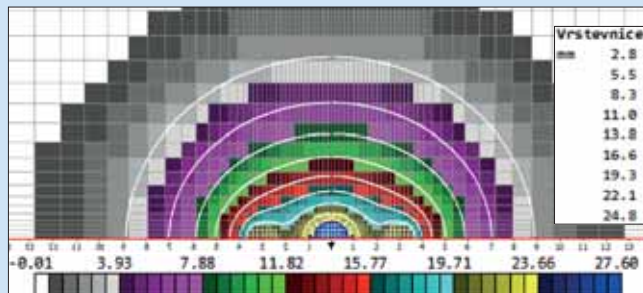
skupiny. Smykové napětí se po obvodu krajní piloty mění a vyvodí moment a vodorovné průhyby. V příkladu s neporušenou trojicí dochází k vodorovnému posunu hlavy 2,2 mm ke střední pilotě a k posunu paty 2 mm od středu. Ohybový moment je 87 kNm ve 3 m, viz tabulka v obr. 8. Obrázek také ukazuje, že tlak ve vnějších pilotách se po průřezu mění, u střední piloty je stálý.

Chování skupiny ukazují i vrstevnice sedání povrchu, viz obr. 5. Již ve vzdálenosti asi 4,5 m od středu mají hladký oválný tvar, jaký by odpovídal jedinému tělesu.

Trojice pilot s přerušenou střední pilotou má podobnou deformaci povrchu (obr. 6) s větším sedáním: střední pilota 27,6 mm, krajní 20,5 mm. Přírůstek vlivem přerušení jsou 22 %, resp. 2,5 % pro střední, resp. krajní, pilotu. Osamělá pilota vlivem přerušení sedla z 13,9 mm na 18,4 mm, tj. asi o 32 %.

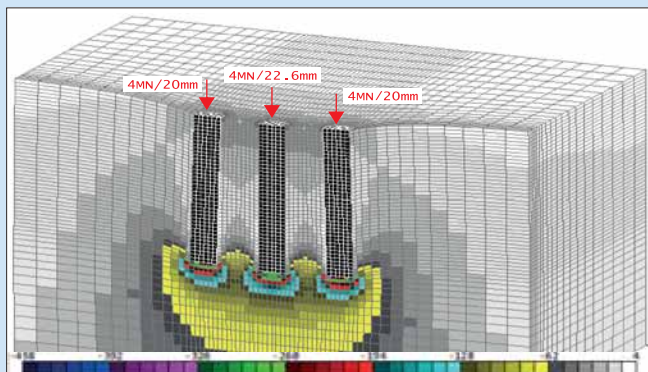


Obr. 5: Neporušená trojice pilot, svislá složka deformace („sedání“) povrchu modelu

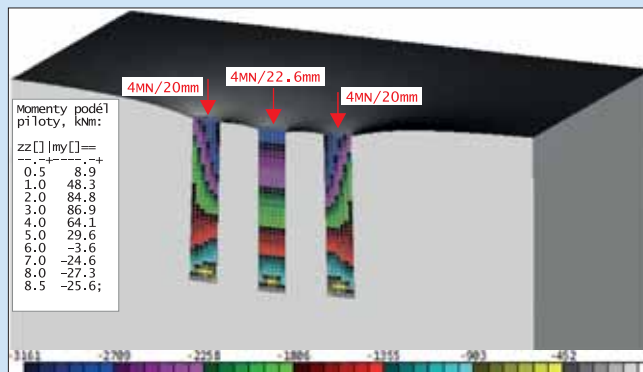


Obr. 6: Přerušení střední piloty v hloubce 6,4–7,0 m, svislá deformace povrchu modelu

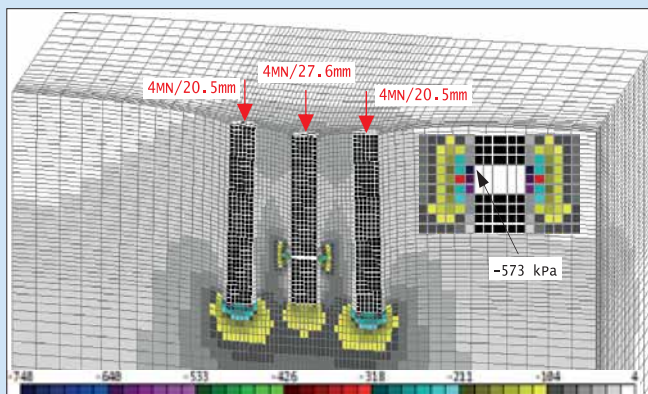
Tuhost přerušené piloty v trojici klesla méně, než klesla tuhost přerušené piloty osamělé. Ale svislý tlak ve stěně dutiny je větší, vzrostl z 527 kPa na 573 kPa, viz obr. 3 a 9. Souvisí to opět se smykovou tuhostí, ta je nižší v částech blíže vnější pilotám. Povědomost o statice skupiny (nejen pilot) je obecně nevelká. Často narazíme na argumentaci: základ ponese 12 MN na třech pilotách. Na pilotu připadá zatížení 4 MN a její sedání vyjde 13,9 mm (např. programem pro



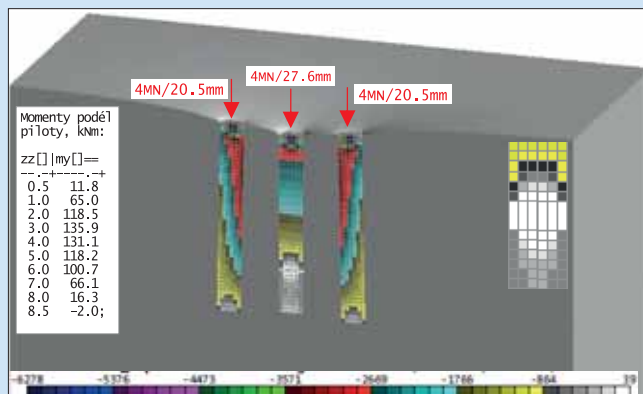
Obr. 7: Neporušená trojice pilot, Sigma Z v podloží



Obr. 8: Neporušená trojice, Sigma Z dřívku, přiblížení hlav 4,4 mm, oddálení pat 4,0 mm



Obr. 9: Přerušení 6,4–7,0 m, Sigma Z podloží, sedání střední piloty 27,6, krajní 20,5 mm



Obr. 10: Přerušení 6,4–7,0 m, Sigma Z dřívku, sblížení hlav 5,0 mm, oddálení pat 5,0 mm

osamělou pilotu), a základ tedy sedne také 13,9 mm. To je však v našem příkladě jen asi 2/3 sedání skupiny, ale větší skupina sedne i násobně více než osamělá pilota zatížená jen číselným podílem celého zatížení. Nerozporná představa o chování skupiny pilot je důležitá, máme-li dobře popsat skupinu s pilotou přerušenou.

Skupina pilot bez spojených hlav není častá. Piloty se zde ovlivňují jen podložím. „Zdravé“ piloty sniží sedání piloty přerušené, ale zvětší se namáhání stěn a okolí dutiny.

### Trojice pilot s trámem

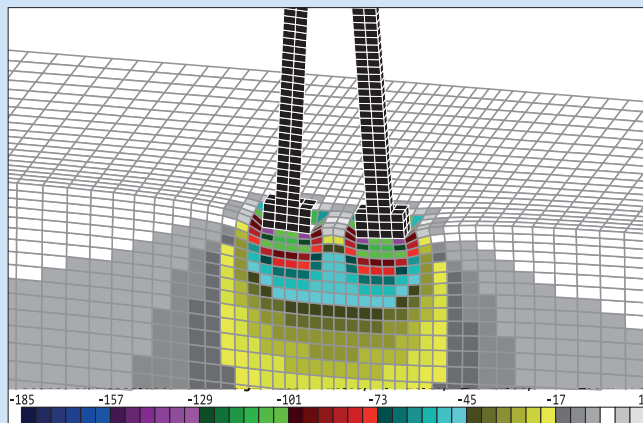
Trojice pilot propojených trámem je již běžnější, i když zde jen ilustrující konstrukce, neboť skupina pilot bývá častěji svázána deskou. Propojení hlav pilot změní chování celého základu. Zmenšilo se sednutí středu, z 22,6 mm na 20,9 mm, poklesly ohybové momenty podél vnějších pilot a změnily znaménko, viz tabulky momentů v obr. 8 a 12. Trám je ohýbán momentem +111 kNm uprostřed a momentem 433 kNm nad vnitřním lícem vnějších pilot.

Tlaková síla v kontaktu „trám – pilota“ je menší u střední piloty (3,05 MN) a větší u krajních pilot (4,13 MN). Střední pilota je ovlivněna krajními, jejich účinky se tu počítají. Jako v případě bez trámu sedá střední pilota nejméně (obr. 7). Jeví se jako měkčí podpora proti krajním a přejímá proto menší

zatížení. Pochopení těchto jevů je užitečné pro každý základ na skupině pilot. Pilota uvnitř skupiny nese menší podíl zátěže než pilota na obvodu, bez ohledu na tuhost desky nebo bloku základu.

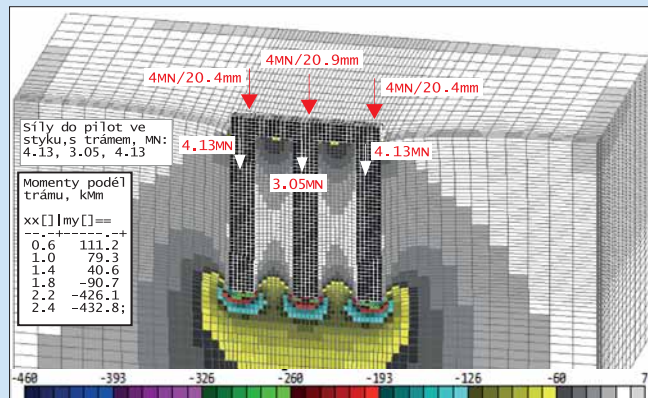
Vyčíslení efekty skupiny lze jen na 3D modelu. Je to možná i důvod, proč učebnice zakládání často jen zmíní jejich existenci. Ale občas v nich lze nalézt atraktivní příklad dvou vysokých sousedících budov naklánějících se k sobě. Jde o týž projev popsaný výše pro skupinu pilot. Podloží mezi budovami je sdíleno a přitíženo oběma budovami. Na vnějších stranách již všechno podloží „patří“ jen jedné budově, jeví se proto tužší než mezi budovami. Je to praktický a přesvědčivý důkaz, že pohled na podloží jako na spojitě prostředí schopné deformace úměrně zátěži je pro úlohy statiky zakládání v zásadě správný.

K efektům spolupůsobení nás může dovést model sám, když např. ukáže, že paty pilot se vychýlí ze skupiny, že některé piloty jsou ohýbány, že spoje „pilota-deska“ jsou i při

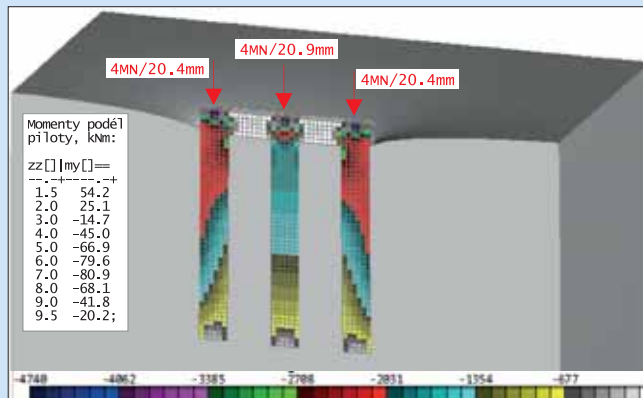


Obr. 11: Sousedící sloupy na patkách se přikloní, i když zatížení je jen svislé centrické.

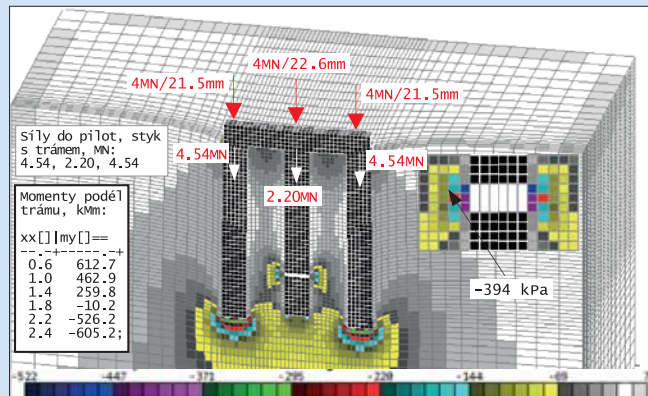
stejně deformaci namáhány výrazně jinak apod. To asi nejprve považujeme za chybu modelu a teprve později zjistíme, že chybné byly naše představy, vycházející z neznalosti toho, co model odkrývá jako zákonitost. Je to mimo jiné dobrý příklad omylnosti „selského rozumu“ i selhání inženýrského citu. Přerušení střední piloty dává opět větší deformace (střed z 20,9 na 22,6 mm, okraj z 20,4 na 21,5 mm). Mění se osová síla v hlavách pilot, u střední klesne z 3,05 na 2,20 MN, v krajních pilotách vzroste ze 4,13 na 4,54 MN. Vzroste ohybové namáhání trámu uprostřed z 111 kNm na 613 kNm, nad krajními pilotami z -433 na -605 kNm. Zvětší se i moment v kontaktu „pilota-trám“, z původních 54 na 220 kNm.



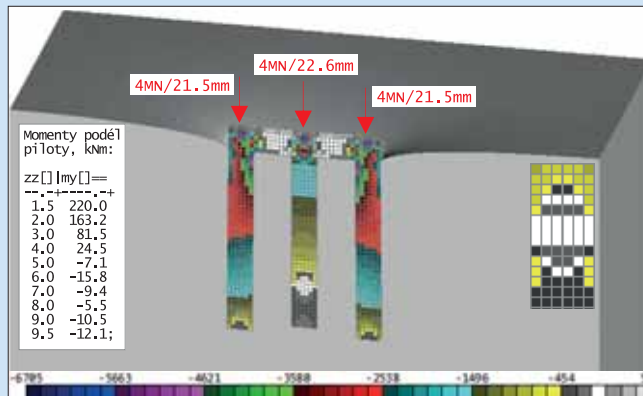
Obr. 12: Neporušená trojice+trám, Sigma Z v podloží, sedání střed 20,9 mm, kraj 20,4 mm



Obr. 13: Neporušená trojice+trám, Sigma Z díku, přiblížení hlav 0,2 mm, oddálení pat 3,0 mm



Obr. 14: Přerušeni 6,4–7,0 m, Sigma Z podloží, sedání střední piloty 22,6, krajní 21,5 mm

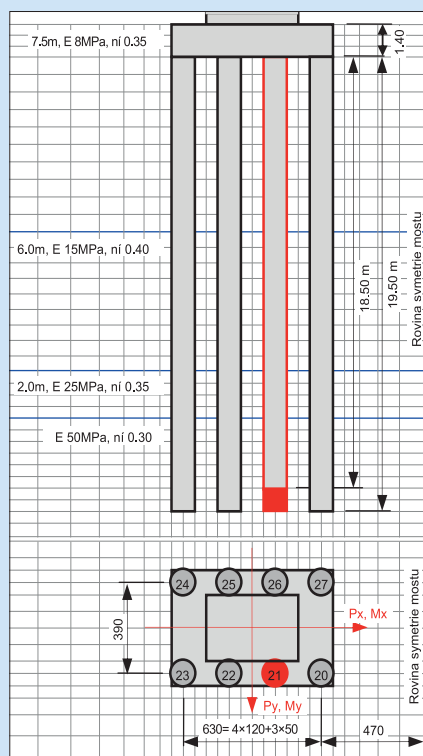


Obr. 15: Přerušeni 6,4–7,0 m, Sigma Z díku, oddálení pat vnějších pilot 3,5 mm

Příznivý účinek nosné konstrukce, nyní více namáhané vlivem přerušení piloty, je v tom, že odlehčuje namáhání podloží kolem přerušení. Ve stěně dutiny je nyní max. tlak  $-394$  kPa, v případě bez trámu byl v téže místě tlak  $-573$  kPa, viz obr. 9 a 14. Příznivý vliv propojení pilot trámem je zřejmý, jde-li o namáhání podloží vlivem přerušení. Ale základ, piloty a trám jsou vlivem přerušení namáhání podstatně víc.

Poslední ilustrační konstrukce (obr. 15) již naznačuje praktický postup při posuzování vlivu přerušené piloty základu na skupině pilot. Podstatou je porovnání dvou konstrukcí, jedna z nich se odlišuje přerušenu pilotou. Posouzení se kromě podloží a samotných pilot týká i navazující horní konstrukce (desky, dřívku pilíře apod.), kde vznikají zvětšená namáhání vlivem snížené tuhosti přerušené piloty.

**Příklad z praxe** – posudek základu pilíře dálničního mostu přes údolí u Dobkoviček (dálnice D8, obj. D208). Testy integrity zjistily oslabení průřezu jedné z osmi pilot základu o 80 % v rozsahu dle obr. 16. Zadavatel posudku stál před rozhodnutím, zda pokračovat ve stavbě (betonáž desky) nebo zda bude nutno piloty základu nejprve sanovat. Z rozsahu oslabení je sice zřejmé, že základ jako celek svou tuhostí vyhoví, ale bylo třeba to nějak doložit. Ale hlavně bylo nutno posoudit nové namáhání celé konstrukce, zda vyhoví výztuž pilot a výztuž desky, kterou ještě bylo možno zesílit.



Obr. 16: Základ pilíře P8 mostu na dálnici D8 přes údolí u Dobkoviček

Oslabení piloty bylo modelováno dvěma způsoby, zkrácením piloty nebo nahrazením oslabené části dutinou. Obě verze byly posouzeny na všechny dané zatěžovací stavy. Největší změny nastaly ve spoji rohové piloty č. 20 s deskou. Ohybové momenty tu vzrostly až o 15 %. Jinde změny nepřesáhly 10 % původních namáhání. Ta byla počítána samostatně, takže bylo nutno řešit tři konstrukce: původní neporušená, oslabená zkrácením piloty a oslabená dutinou pod patou kratší piloty.

Podrobný rozbor na 3D modelu zjednodušil původní situaci na otázku, zda výztuž v hlavách pilot převezme namáhání ohybem asi o 10 % vyšší, u rohové piloty č. 20 asi o 15 % vyšší.

#### Závěrečné poznámky

Přerušení dřívku piloty je spíše vzácnější, o to však závažnější závada. Tento článek však chce ukázat možnosti matematického modelování, jeho podstatné rysy a použitelnost ve statické základů, v situacích, kdy ani jiné možnosti nemáme.

Není pochyb, že jediným účelem základů je jejich funkce statická – nejen schopnost přenést koncentrované zatížení a rozptýlit ho do podloží, ale také omezit s tím související deformace, závislé především na vlastnostech podloží. Tuhost základu, volně řečeno poměr zatížení a deformace (vyčíslovaná maticí tuhosti), je důležitým vstupem pro statické řešení celé horní konstrukce, např. celého mostu. Pak řešitel statiky založení průběžně spolupracuje se statikem mostu, který do svého modelu zabuduje tuhostní vlastnosti (matici tuhosti) základu, což má zpětně vliv na síly zatěžující základ. Návrh mostu i základu proto proběhne v několika iteračních krocích, viz [8] a [4]. Bylo by možné, ale zatím asi málo účelné sestavit model celku „podloží + základ + konstrukce mostu“. Pak by iterace odpadla, změna zatížení či úprava mostní konstrukce by ihned vyvolala odezvu v základu (a naopak). Podobným způsobem jako výše lze modelovat statické důsledky i jiných technologických vlivů (řemeslných vad, τεχνική = řemeslo), např. změkčení horniny při povrchu piloty, nižší kvalita betonu některých částí základu apod. Ale ve fázi projektu, kdy statik rozhoduje o rozměrech základu, je účelné držet se idealizace, že základ bude zhotoven bez závad toho druhu, že by oslabily jeho statickou funkci či životnost. Praxe takový přístup jenom potvrzuje.

#### Literatura:

- [1] Fedá, J.: Interakce piloty a základové půdy, Academia Praha 1977.
- [2] Feynman, R.: Feynmanovy přednášky z fyziky, díl 1/3, Fragment 2000.
- [3] Hurych, P.: Pilota a podzemní překážka, časopis Zakládání, 2/2008.

[4] Hurych, P.: Statika krabicových základů šikmých podpěr mostu přes Lochkovské údolí, časopis Zakládání, 2/2009.

[5] Křivý, I. – Kindler, E.: Simulace a modelování, Ostravská univerzita 2003.

[6] Masopust a kol., Rizika prací speciálního zakládání staveb, ČKAIT 2011.

[7] Řičica, J.: Technologické vlivy ve speciálním zakládání staveb, časopis Zakládání, 1/2012.

[8] Vlasák, M.: Most přes Lochkovské údolí – vliv tuhosti založení spodní stavby na návrh mostní konstrukce, časopis Zakládání, 2/2009.

#### Poznámky k literatuře

[1] Cituje srovnání teoretických (MKP) a experimentálních řešení pilotových skupin, kdy shoda byla někdy až překvapivě dobrá. Konstatuje praktickou nemožnost zatěžovacích zkoušek, jde-li o skupinu pilot.

[2] Na příkladech ukazuje, že fyzikální zákony musí pracovat s idealizovanými pojmy (např. „hmotný bod“). „K pochopení fyzikálních zákonů je třeba pochopit, že všechny jsou určitou aproximací.“

[3] Ukazuje, jak lze s pomocí 3D modelů řešit účinky zatížené piloty na blízké překážky, např. stávající objekt.

[4] Stručně o statickém řešení a použitím modelu pro základ nezvykle zatížený jak o velikosti, tak i směru.

[5] Hlubší úvahy o modelování s výstižnou definicí: „Podstatou modelování je náhrada zkoumaného systému modelem s cílem získat na pokusech s modelem informaci o původním zkoumaném systému.“

[6] V předmluvě jsou obecně zmíněny technologické vlivy, které ale, dle názoru ing. Masopusta, nelze kvantifikovat. To je jistý rozpor s textem zde předloženým.

[7] Shrnuje nejružnější technologické vlivy, hlavně týkající se výroby pilot. Třídí je podle různých hledisek, ale nezabývá se jejich důsledky ve statické funkci základu.

[8] Zajímavý popis koncepce a také celé historie projektu zcela ojedinělého mostního díla pražského okruhu.

Ing. Petr Hurych, autorizovaný statik  
hurychpj@seznam.cz

#### Static pile model with a cut-off shank

The article discusses possibilities of calculating static consequences of cutting off a group pile shank that has been detected during an integrity test. It also provides model examples where description and analysis of a pile group are taken as a starting point for modelling. The article also deals in more detail with possibilities of mathematical models in ground engineering statics and adds practical examples.





Celkový pohled na stavenišťe



Souběžné provádění injektáže a pilot

pilotovacích prací na jedné menší stavbě v Dubrovniku již v etapě přípravy ideového projektu. Projektantem stavby byla dubrovnická společnost Alfa-plan, která patří k největším a nejsilnějším stavebním firmám regionu, a oprávněně předpokládala, že bude zakázku nejen projektovat, ale i realizovat. Proto nabídla Zakladání staveb Zagreb za technickou pomoc dohodu o spolupráci při realizaci stavby. Projektanti Alfa-planu předložili investorovi ideový projekt stavby zahrnující řešení zajištění stavební jámy kotvenou převrtávanou pilotovou stěnou s injektáží dna stavební jámy horninovou injektáží proti prolomení dna vzlakem a k omezení přítoků podzemní vody podle doporučení Zakladání staveb. Avšak investor následně objednal hlavní a prováděcí projekt u společnosti IGH d. d., nejsilnější a nejvlivnější stavební skupiny v Chorvatsku. Tím dostala celá příprava zakázky, včetně výběru generálního dodavatele, zcela jiný ráz. Proběhla dvě výběrová řízení; první bylo investorem za nejasných okolností zrušeno, druhé bylo dvoukolové. V prvním podalo nabídku sedm firem, do druhého kola se dostaly nabídky tří významných chorvatských stavebních společností, ve dvou figurovalo Zakládání staveb d. o. o. jako subdodavatel zajištění stavební jámy. Po upřesnění cenových nabídek byla generálním dodavatelem zvolena firma zcela jiná, a sice společnost Tromont Split ... Ovšem s podmínkou, že investor určí sám, které firmy se mají na výstavbě podílet; Zakladání staveb však mezi nimi chybělo. Je třeba podotknout, že specializací generálního dodavatele jsou stavební instalace a rozvody. Jedním dechem však nelze hned neřít, že se vedení stavby ze strany generálního dodavatele chopilo svých povinností na

místní poměry nezvykle různé a se situací, před kterou bylo postaveno, se vyrovnalo více než se ctí. I za této situace pracovníci Zakládání staveb nesložili zbraně a přímo investorovi i generálnímu dodavateli nabídli připravenou optimalizaci projektu založení včetně vyčíslení možných úspor. Změnou zajištění stavební jámy z dočasných konstrukcí na trvalé by se dosáhlo úspory na nákladech na zajištění stavební jámy cca 15 %, urychlila by se výstavba o cca 2 měsíce a zvětšila by se využitelná plocha stavby. Bohužel bez kladné odezvy. Zde svou významnou roli sehrála skutečnost, že investora zastupoval penzionovaný kapitán námořní plavby, který se ve věcech stavebních spoléhal na poradce, kteří nepokrytě zastávali svoje zájmy. Subdodavatelem zajištění stavební jámy byla direktivně určena dceřiná společnost projektanta stavby. Ta se však již delší dobu potýkala s druhotnou platební neschopností, neměla finance ani na materiál, ani na pohonné hmoty, vrtné nářadí, opravy strojů atd. a její zaměstnanci dokonce na několika stavbách přerušili práci, protože opakovaně nedostávali mzdu v termínu a plné výši. Tento subdodavatel sice dopravil na stavbu část strojního zařízení, avšak jeho výkony byly z výše uvedených důvodů prakticky nulové. Po více než dvou měsících plných slibů již bylo generálnímu dodavateli jasné, že původně odsouhlasený závazný harmonogram stavby a odsouhlasený termín dokončení zajištění stavební jámy je naprosto nereálný. V nouzi se tak obrátil o pomoc na Zakladání staveb. Nejprve požadoval, aby Zakladání staveb pracovalo jako subdodavatel dodavatele prací zajištění stavební jámy, což bylo nepřijatelné. Nakonec došlo k uzavření smlouvy na realizaci zhruba poloviny prací na

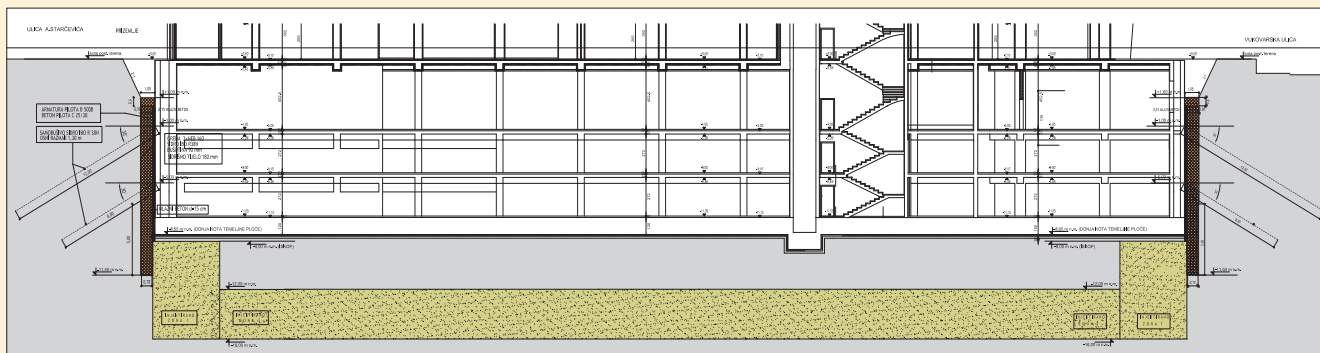
zajištění stavební jámy jako přímé dodávky pro generálního dodavatele. Dotažení smlouvy o dílo do úspěšného konce spolu s poměrně složitou logistikou přípravy stavby v předvánočním období – zajištění strojů, nářadí, jejich transportů, pracovníků mateřské firmy, jejich pracovních a pobytových povolení – se díky úsilí všech zúčastněných podařilo v relativně velmi krátké době. Stavba mohla být ze strany Zakladání staveb zahájena ihned po skončení vánočních a novoročních svátků.

#### Realizace

Pracovníci Zakladání staveb nastoupili na stavenišťe, kde již působil původně určený zhotovitel (viz výše). Následně tak na malé ploše pracovaly souběžně (a nezávisle) obě firmy, a to jak při realizaci konsolidační horninové injektáže, tak s odstupem cca 4 týdnů i při provádění převrtávané pilotové stěny. Znamenalo to na omezené ploše stavenišťe souběžnou práci tří maloprofilových vrtných souprav, dvou míchacích center a injekčních stanic, injekčních čet, následně navíc dvou pilotovacích souprav Bauer BG 24 s veškerým nutným zařízením, včetně dopravy materiálu, cementu, betonu a armokošů. Na stavbě zároveň probíhaly zemní práce a přeložky sítí. Využitelnou plochu omezovala i deponie vytěženého materiálu, který dopravci nestihali včas odvážet.

#### Konsolidační injektáž

Injekční vrty pro konsolidační injektáž se vrtaly v rastru primárních vrtů 5x5 m. Pokud nebyly splněny kontrolní podmínky propustnosti, které se zjišťovaly vodními tlakovými zkouškami, pokračovalo se v injektáži sekundárními vrty opět v rastru 5x5 m. Maximální hloubka vrtů dosahovala 20 m.



Příčný řez zajištěním stavební jámy, vyznačeny jsou kotvené převrtávané pilotové stěny a oblast konsolidační injektáže podloží

Jak již bylo výše uvedeno, cílem konsolidační injecktáže bylo snížit propustnost a zamezit prolomení dna vztlakem podzemní vody, a to z průměrné propustnosti neinjektované horniny  $3,5 \cdot 10^{-5}$  m/s na konečnou propustnost proinjektované horniny  $3,5 \cdot 10^{-7}$  m/s (což odpovídá zkušební hodnotě vodní tlakové zkoušky 3 Lu).

Vrty se injektovaly po etážích o délce max. 4 m sestupnou injecktáží. Konečný předepsaný tlak injecktáže byl 10 bar, protože vyšší tlak by mohl poškodit strukturu horniny a nadzvedávat povrchové vrstvy podložní horniny.

Injecktáž se začínala řídkou směsí (poměr suchý podíl/voda – 1 : 1) do spotřeby cca 400–500 l směsí. Pokud nedošlo k nárůstu injecktčního tlaku, přecházelo se na hustší směsí až do směsí nejhustší (1 : 0,65). Pokud vrt neukázal do spotřeby 2000 kg suchého podílu tendenci k ukončení injecktáže, musela se injecktáž přerušit a pokračovalo se s nejhustší směsí po uplynutí 24 hodin. V extrémních případech byla předepsána směs s pískem. K těmto případům však nedošlo.

Projekt předpokládal průměrné spotřeby směsí v množství vyjádřeném 500 kg suchého podílu na bm injecktáže. Konečná průměrná spotřeba však byla nižší.

Složení injecktčních směsí bylo klasické – používal se cement CEM I 42,5 R, bentonit a voda s poměrem suchého podílu/voda 1 : 1 až 1 : 0,65 s přídatkem přísad intraplast a melment pro bobtnání a zpracovatelnost.

Vrty byly prováděny soupravou Hausherr HBM 120; běžný denní výkon v jedné směně se pohyboval okolo 160 bm vrtů a 40–50 m injecktáže. Celkově bylo na stavbě provedeno 6196,5 m injecktčních vrtů a 1432 m konsolidační injecktáže.

#### Převrtávané piloty

Jednotlivé vrty převrtávané pilotové stěny se zhotovovaly do předem připravených vodicích zídek zhotovených v úrovni terénu. Realizaci vodicích zídek zajistil objednatel prací.



Kotvení převrtávané pilotové stěny

Vrtání pilot bylo prováděno pomocí soupravy Bauer BG 24H. Dvouplášťové pažnice o průměru 880 mm se zavrtávaly až do kompaktní horniny a dále se pokračovalo bez pažení skalním vrtným nářadím o průměru 780 mm. Pevnost dolomitu dosahovala 35–100 MPa. Stejným postupem se realizovaly primární i sekundární piloty. Délka pilot byla 12,5 m, povolená tolerance v odklonu od svislice byla pouhé 1 %.

Protože hlava pilot měla být ukončena v hloubce až 2 m pod povrchem terénu a jelikož nebylo z prostorových důvodů možné provést předvýkop na potřebnou hloubku, musely se primární piloty z technologických důvodů přebetonovat až do úrovně vodicích zídek, beton sekundárních pilot byl ukončen v předepsané hloubce. Sekundární piloty se osazovaly armokošem z armatury B500B, betonáž se prováděla pomocí betonovacích kolony betonem C25/30 s maximálním

zrnem 16 mm a třídou vodonepropustnosti VDP2, s minimálním obsahem cementu 400 kg a konzistencí S-4. U nearmovaných pilot byl použit zomalovač tuhnutí betonu.

Běžný denní výkon se v jedné směně pohyboval okolo 5 pilot, tj. 60 bm. Celkově společnost Zakladání staveb Zagreb na stavbě realizovala 2484 m převrtávaných pilot, do kterých bylo uloženo 57 033 kg výztuže a 1470 m<sup>3</sup> betonu.

#### Kotvy

Kotvení se provádělo ve dvou kotevních úrovních samozávrtnými kotvami typu IBO R38M ( $P_{yd} = 400$  kN,  $P_{yk} = 500$  kN). Na stavbě se realizovaly přes každou primární pilotu s roztečí 130 cm v úrovni –1,0 m a –5,0 m. Délka kotev první řady byla 12,0 m, v 2. řadě byly kotvy osmimetrové. Tento způsob kotvení je v Chorvatsku běžný a převládá nad pramencovými kotvami, i když



Betonáž základové desky v dokončené stavební jámě



Detail převrtávané pilotové stěny s kotevní převázkou

samozávrtné kotvy mají menší únosnost a musí jich být použit větší počet. Jejich výhodou je rychlost realizace – samozávrtná kotva spojuje vrtání, osazování a injektáž do jedné fáze. Následuje již pouze napínání, které se provádělo přes železobetonovou převážku 22x45 cm a roznašecí desku 200x200x12 mm. Injekční směs sestávala z cementu CEM I 42,5 R, příměsí pro bobtnání a urychlovače. Poměr cement/voda byl předepsán 1 : 0,44; na 1 m<sup>3</sup> směsi bylo použito min. 600 kg cementu.

Po zhotovení táhla kotvy se kotva napínala na 50 kN pomocí momentového klíče nejdříve za 7 dní po zhotovení kotvy. Šest kotev se zkoušelo podle EN 1537:2008 na zkušební sílu  $P_p = 270$  kN u horní řady a 300 kN u dolní řady kotev.

Kotvy se prováděly již s delším časovým odstupem po realizaci konsolidační injektáže, proto je pro Zakladání staveb Zagreb realizovala v subdodávce záhřebská firma Karst d. o. o.

Běžný denní výkon nejčastěji závisel na připravenosti staveniště. Obvykle se v jedné směně pohyboval okolo 10 kotev, tj. 80–120 bm. Nebyl však problém realizovat i 15 ks kotev o celkové délce 180 bm. Celkově se na stavbě provedlo 1960 bm samozávrtných kotev.

#### Závěr

Úspěšné dokončení všech prováděných prací v požadovaných termínech a zejména požadované kvalitě bylo velkým zadosťucháním pro pracovníky

vedení organizační složky Zakládání staveb, a. s. v Chorvatsku, kteří se o získání zakázky snažili více než dva roky. Přímou na stavbě se pak zaměstnancům Zakládání staveb, a. s. podařilo ukázat investorovi i generálnímu dodavateli, že společnost nenabízí plané sliby, ale je schopná, přes všechny administrativní i logistické problémy spojené s realizací složité stavby v zahraničí, splnit své závazky rychle a kvalitně.

**RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.**

Foto: autor a Nenad Pintarić

Údaje o stavbě:

Investor stavby: Atlantska plovitba d.d.

Dubrovnik, Chorvatsko

Generální dodavatel: Tromont d. o. o. Split

Dodavatel zajištění stavební jámy:

Zakládání staveb, a. s., OS Zagreb



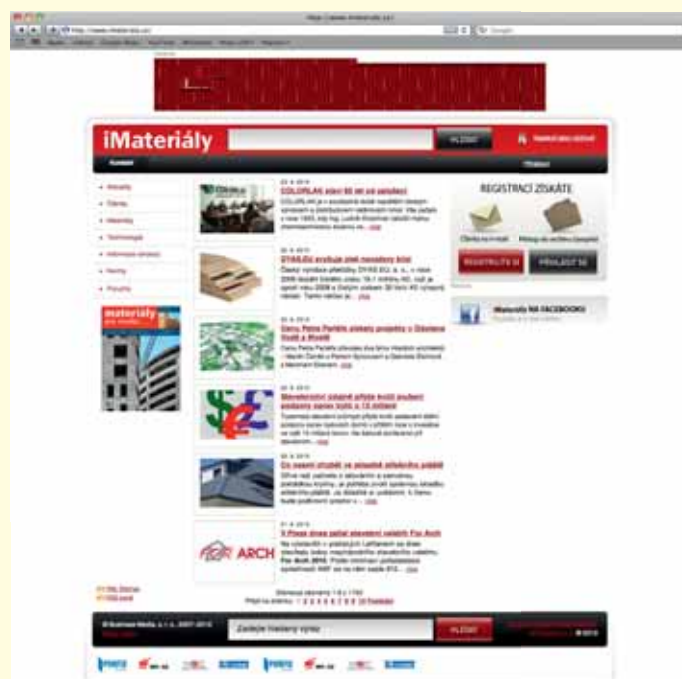
Detail hlavy tyčové kotvy

### Atlantska plovitba Dubrovnik – complex securing of a foundation pit

*At the beginning of 2012 the Croatian branch of the Zakládání staveb Co. carried out securing works on a foundation pit for business premises of the Atlantska plovitba d.d., a shipping company located in Dubrovnik, Croatia. The construction was very interesting for several reasons. Firstly, it was carried in complicated geotechnical conditions and rather confined space in the busy city centre. Moreover, numerous technologies of special foundation engineering had to be used at the same time. The construction was also affected by a nonstandard selection procedure for a building constructor. Finally, the construction schedule was hindered by initial delays resulting in very tight deadlines for single phases of the construction.*

# 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**



Vrtné práce na čele výrubu ve výklenku severní tunelové trouby (STT)

## ATYPICKÝ ZPŮSOB VÝSTAVBY VÝKLENKŮ PRO ÚNIK OSOB V HLOUBENÉM TUNELU MO (SAT 2. B) V PRAZE

*S ohledem na bezpečnost provozu v tunelech SAT 2. B bylo třeba obě tunelové trouby vybavit SOS výklenky a výklenky pro únik osob. Z řady důvodů je nebylo možné realizovat během provádění konstrukčních podzemních stěn tunelu, ale bylo nutné je dodatečně vyrazit z prostoru tunelové trouby. Ražba výklenků probíhala pod ochranou ostění ze sloupů tryskové injektáže. Čelba výklenků byla navíc proti prolomení zpevněna dalšími „zámkovými“ sloupy tryskové injektáže v předepsaném rastru. Po tomto zajištění následovala horizontálně dělená ražba a zhotovení primárního a sekundárního ostění.*

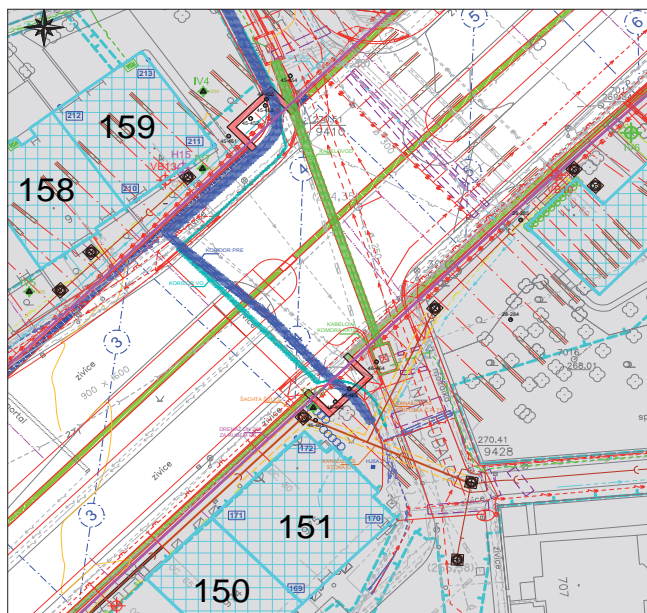
V březnu roku 2010 byla zahájena 2. stavba Strahovského automobilového tunelu, část 2. B – Hlubený tunel MO (SAT 2. B), která navazuje na již dokončenou část SAT 2. A – MÚK Malovanka a stavbu č. 9515 tunelového komplexu Myslbekova–Pelc-Tyrolka (tunel Blanka).

Při výstavbě úseku tunelů SAT 2. B byly použity dvě odlišné technologie.

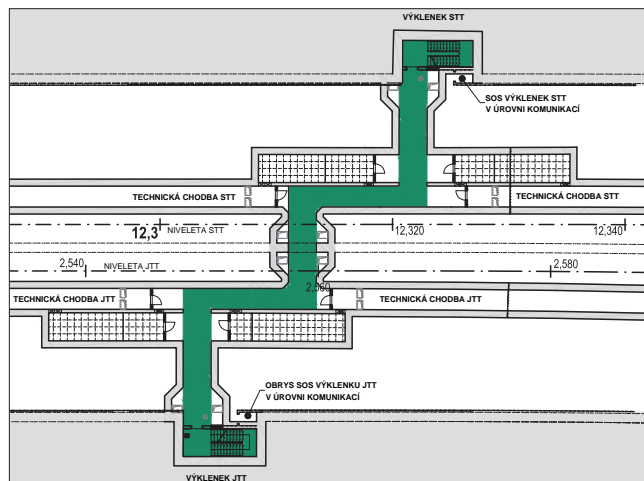
V místech s velmi stísněnými prostorovými podmínkami a v místech s nutností

minimalizace omezení stavební činnosti na povrchu území byla použita technologie hloubeného tunelu, prováděného čelním odtěžováním, tzv. modifikovanou milánskou metodou (MMM). V ostatních místech byly tunely realizovány již klasickou metodou v otevřené stavební jámě.

Z pohledu technologie a provozu budoucích tunelů jsou tunely SAT 2. B začleněny do realizovaného tunelového komplexu Blanka. Z toho důvodu musí být vybaveny rovněž bezpečnostními prvky. Mezi ty patří mimo jiné SOS výklenky, které jsou v tunelu SAT 2. B navrženy na dvou místech. Jedno se nachází v tunelu realizovaném MMM, druhé v tunelu realizovaném klasickou metodou (není předmětem tohoto článku). Pro možnost úniku osob z tunelů v případě havárie



Koordinanční situace s vyznačením umístění výklenků



Šchéma barevného řešení podlah v úrovni technických chodeb pro únik osob tunelovou propojkou



jsou za SOS výklenky navrženy požárně oddělené prostory se schodištěm, které propojuje úroveň komunikací tunelu s úrovní technických chodeb, ze kterých je možno projít pod vozovkou do druhého tunelu. Tento příspěvek popisuje způsob výstavby SOS výklenků v úseku MMM z pohledu speciálního zakládání staveb.

### Realizace projektu

Investorem celého úseku SAT 2. B je odbor městského investora Magistrátu hlavního města Prahy, zastoupený mandátářem, firmou VIS, a. s., která zajišťuje rovněž geotechnický monitoring. Projektovou dokumentaci zajišťuje jako generální projektant společnost PUDIS, a. s. Řešení nosných konstrukcí hloubeného tunelu vychází rovněž z projektu technologie tunelu Blanka, který zajišťuje Satra, spol. s r. o. Celou stavbu na základě výsledků veřejné soutěže realizuje sdružení firem EUROVIA CS, a. s., a Energie stavební a banská, a. s. Významným dodavatelem je rovněž Metrostav, a. s., divize 5. Veškeré konstrukce speciálního zakládání na této stavbě, tj. záporové pažení, pilotové stěny, kotvení, zajištění okolních objektů pomocí injektáží a především pak vlastní konstrukční podzemní stěny, které jsou základním prvkem metody MMM, pak prováděla firma Zakládání staveb, a. s.

### Historie projektu

Při zpracování všech stupňů projektové dokumentace SAT 2. B jsme brali v úvahu skutečnost, že výklenky nebude možné s ohledem na hustotu inženýrských sítí a další omezení realizovat v konstrukčních podzemních stěnách a budou až dodatečně vyraženy z prostoru tunelové trouby. Před ražbou však bylo nutné prostor budoucích výklenků z důvodu zastížených nepříznivých geologických



Hloubení vrtů pro vnitřní „zámkové“ sloupce TI

podmínek zajistit, a to jak z povrchu, tak následně z prostoru tunelů. Veškeré tyto práce spojené se zajištěním výrubu výklenků prováděla rovněž společnost Zakládání staveb, a. s.

### Zajištění výklenků z pohledu speciálního zakládání staveb

V první řadě šlo o zabezpečení sousedních objektů tak, aby při stavebních pracích nedošlo k jejich porušení. Vzhledem ke stísněným podmínkám zde bylo výhodné použít technologii tryskové injektáže (TI). Jednalo se především o objekt č. p. 4 na rohu ulic Patočkova a Na Hubálce. Zde bylo nutné z důvodu blízké ražby výklenku STT a také následné ražby kanalizační stoky O10 v rámci první fáze stavby SAT 2. B podchytit přímo základny tohoto objektu ze dvou stran pomocí sloupů TI, přenášejících jejich zatížení do únosného podloží. U výklenku JTT pak šlo o zajištění objektu č. p. 975 v ulici Za Hládkovem pomocí ochranné clony, tvořené svislými sloupy z TI s minimálním odstupem podél tohoto objektu. V průběhu injektáže a minimálně 1 hodinu po jejím ukončení bylo vždy nutné sledovat v blízkosti se nacházející vedení inženýrských sítí

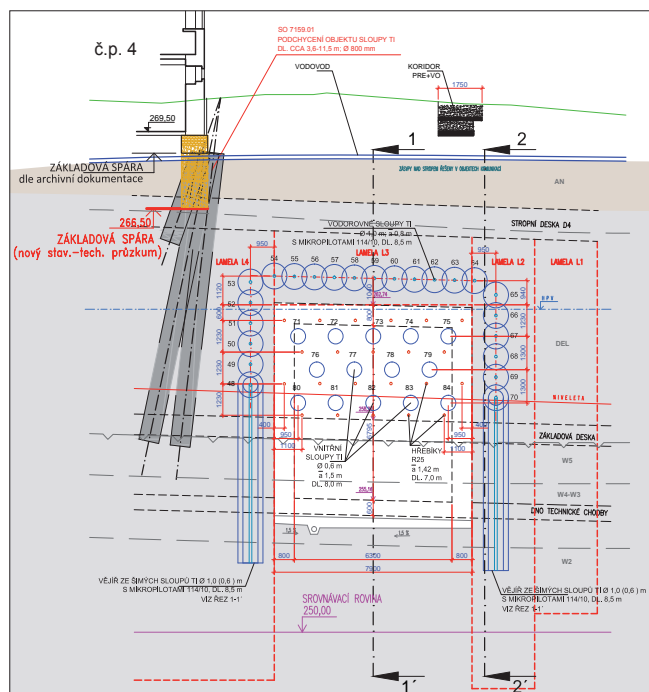
a podzemní prostory přilehlých nadzemních objektů. Především se jednalo o kanalizační stoku a domovní kanalizační přípojky.

Další práce byly již realizovány z podzemního prostoru vytěženého tunelové trouby v koordinaci s výstavbou spodních rozpěrných desek. Zajištění výklenků bylo prováděno rovněž pomocí technologie TI. Z pracovní roviny odpovídající přibližně úrovni budoucí základové desky byly na bocích a nad stropem budoucích výklenků (nad úrovní pracovní roviny) zhotoveny vodorovné sloupce TI; zajištění boků pod

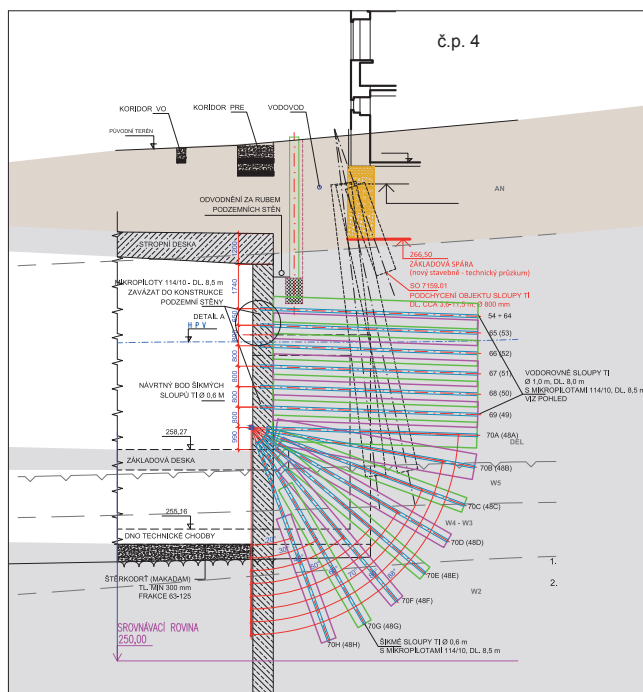
úrovní pracovní roviny pak bylo zajištěno sérií šikmých vrtů (viz řez výklenkem).

Sloupce TI byly vyztuženy mikropilotami 114/10 dl. 8,5 m a prováděny v různých technologických krocích na vodní, případně cementový, výplach. Vyplavený materiál byl při tryskání jímán u čelby do zachytňné jímky a následně byl kalovým čerpadlem MAPE dopravován potrubním či hadicovým vedením do sběrné jímky, zhotovené na pracovní plošině, či do přistaveného cisternového vozidla CAS 10. Sousední sloupce TI byly realizovány s minimálním časovým posunem 12 hodin. Projekt požadoval vytvoření překrývajících se sloupů zpevněné zeminy o průměru minimálně 1000 mm (osová vzdálenost 0,8 m) o minimální pevnosti v prostém tlaku 2 MPa po 28 dnech. Na základě těchto požadavků byla navržena vzestupná jednofázová trysková injektáž metody M1.

Celkem bylo před ražbou každého výklenku provedeno 23 vodorovných a 14 šikmých sloupů TI. Kvůli zpevnění čelby bylo dále do prostoru budoucího výrubu provedeno 14 vnitřních „zámkových“ sloupů TI délky 8,0 m v rastru 1,5x1,5 m. Projektant zde požadoval vytvoření sloupů zpevněné



Pohled na výklenek STT se zajištěním sloupů TI



Řez (2-2) výklenkem STT se zajištěním sloupů TI

zeminy o průměru minimálně 600 mm (pevnost v tlaku opět 2 MPa po 28 dnech). Všechny práce byly prováděny z úrovně budoucí základové desky tunelu.

#### Technologie ražby výklenku STT

Ražba výklenku STT byla prováděna vzhledem ke geologickým poměrům s horizontálně dělenou čelbou. Ražba tedy byla dělena na horní a spodní lávku po záběrech dlouhých 0,5 m (kubatura cca 40 m<sup>3</sup>/m ražby). Po každém záběru bylo nutno čelbu zastříkat betonem MAXIT SB 80 B v tl. 100 mm.

Poté bylo zhotoveno primární ostění tl. 450 mm, tvořené ocelovým rámem z válcovaného profilu I 240 s roztečí 0,5 m a stříkaným betonem MAXIT SB vyztuženým z obou stran KARI sítí 100/8x100/8. Po vyražení posledního záběru byl osazen poslední rám z HEB 240 a dále byly v čele výrubu osazeny perforované flexibilní odvodňovací PVC trubky Ø 80 mm, KARI sítí 100/8x100/8 a čelba byla zastříkána betonem MAXIT SB 80 B v tl. 150 mm. Po osazení středních svislých stojek z I 240 do každého rámu byly navíc mezi spodní a stropní nosník posledního rámu u čelby přivařeny svislé stojky z I 240 á 1,0 m. V další fázi byly přes takto zajištěné čelo výrubu vrtány ještě kotevní hřebíky. Vrtky pro hřebíky měly průměr 96 mm. Každý vrt je po celé délce vyplněn cementovou záplavkou. Po upevnění dalších KARI sítí 100/8x100/8 byla v čelbě provedena konečná vrstva stříkaného betonu MAXIT SB 80 B, do kterého jsou hřebíky zavazány. Dokončovací vrstva stříkaného betonu byla nakonec provedena i na bocích výrubu. Postup ražby spodní lávky byl analogický jako u horní lávky.

#### Technologie ražby výklenku JTT

Ražba výklenku JTT probíhala rovněž s horizontálně dělenou čelbou na horní a spodní lávku, ale vzhledem k ještě nepříznivějším geologickým podmínkám bylo nakonec rozhodnuto zhotovitelem rozdělit každou lávku ještě na levý a pravý výrub. Postup prací se sice výrazně zpomalil, ale ražba proběhla bez problémů a bezpečně. Záběry v každém výrubu v obou lávkách byly dlouhé 0,6 m (kubatura cca 20 m<sup>3</sup>/m). Po každém záběru bylo nutno i zde čelbu zastříkat betonem MAXIT SB 80 B v tl. 100 mm. Poté bylo zhotoveno primární ostění tl. 450 mm, tvořené ocelovým rámem z válcovaného profilu HEA 240 s roztečí 0,6 m a stříkaným betonem MAXIT SB 80 B vyztuženým z obou stran KARI sítí 100/8x100/8, přičemž stříkaný beton s KARI sítí byl pouze na stranách blíže k provedeným sloupům TI okolo výklenku.

Po vyražení posledního záběru následovaly postupně stejné dokončovací práce jako u výklenku STT (osazení posledního rámu z HEB 240 včetně stojek z I 240 á 1,0 m, flexibilní PVC trubky prům. 80 mm, KARI sítí 100/8x100/8, beton MAXIT SB 80 B v tl. 150 mm). Dokončovací vrstva stříkaného



Výklenek JTT před zhotovením sekundárního ostění

betonu s KARI sítí 100/8x100/8 z betonu MAXIT SB 80 B byla i zde doplněna o kotevní hřebíky. Postup ražby výrubů dolní lávky byl analogický jako u horní lávky.

#### Sekundární ostění výklenků

Po dokončení primárního ostění výklenků byla zahájena výstavba sekundárního ostění výklenků z monolitického železobetonu C30/37 XF2 s ocelovou vázanou výztuží. Ze statických důvodů mohlo dojít k demontáži stojek a rozpěr osazených uprostřed rámu okolo výrubu až po dokončení sekundárního ostění výklenků. Tento požadavek vyvolal obavu z průsaků vody do tunelu. Aby k tomu nedošlo, byla v místě stojek a rozpěr navržena betonáž ve dvou krocích. Nejdříve však bylo nutno v místě stojek a rozpěr vybednit drážky šířky 400 mm a hloubky 150 mm, přičemž 1. část byla betonována mimo drážky až k vnitřnímu líci sekundárního ostění, 2. část byla dobetonována až po demontáži stojek a rozpěr. Výztuž v místě drážky byla řešena pomocí napojovacího prvku STABOX STA12B0815.

Výstavba výklenků byla po výšce rozdělena na celkem 4 pracovní spáry. Každá spára je ošetřena krystalizačním nátěrem AQUAFIN IC, spárovým plechem AQUAFIN CJ5 a pojistným injektážním systémem. Průběh prací byl sledován v rámci monitoringu. Větrání při výstavbě výklenků bylo z důvodu malé hloubky výklenků zajištěno přirozeným způsobem.

#### Sanace vrtů v podzemní stěně po vrtech pro sloupky TI

Po dokončení sekundárního ostění každého výklenku bylo nutné vrtky v konstrukční podzemní stěně

okolo výklenku před úpravou podzemních stěn monolitickou přibetonávkou ještě sanovat, aby přes ně nedošlo k průsakům vody do tunelu. Na základě místního šetření byl schválen návrh pracovníků Zakládání staveb, a. s., provést sanaci v několika krocích. Po aplikaci sanační malty Sika Mono Top 612 v tloušťce cca 5 cm na dno každého vrtu byl zbytek vrtu utěsněn betonem C 30/37 XA2, který je shodný s betonem podzemní stěny. V případě, že by přesto došlo u některého takto zajištěného vrtu k průsakům vody, bude ještě provedena chemická injektáž polyuretanovou pěnou Webac 150 s následným doinjektováním dvousložkovým epoxidem Webax 1403.

#### Přípojka vody pro tunelový vodovod

Na základě jednání firem Satra, spol. s r. o., a Pražské vodovody a kanalizace, a. s., (dále jen PVK) byla z důvodu nedostatečné kapacity okolních řádů zrušena přípojka vody pro tunelový vodovod do technologického centra TGC 1 v prostoru budoucího parku Myslbekova. Tato přípojka byla po dohodě s PVK přesunuta do stavby č. 0065. S ohledem na tuto skutečnost bylo na dalším jednání za účasti zástupců zúčastněných firem rozhodnuto tuto přípojku umístit včetně vodoměrné šachty nad únikové schodiště JTT a SOS výklenek do křižovatky ulic Na Hubálce a Patočkova. V době realizace prací speciálního zakládání staveb v září 2012 byla už u výklenku JTT pro únikové schodiště dokončena spodní rozpěrná železobetonová deska včetně stěn výklenku. Pro vlastní přípojku vody bylo proto nutné nejdříve ve dna těžní šachty pro budoucí vodoměrnou šachtu (hloubky cca 3,4 m) realizovat zapažený vrt průměru cca 500 mm do prostoru výklenku JTT vystrojený ocelovou chráničkovou prům. 324 mm. S vrtem hloubeným přes několik metrů zeminy bylo nutné se trefit mezi již osazené ocelové rámy primárního ostění výklenku. Tuto velmi specifickou a technicky dosti obtížnou úlohu ve stísněném prostoru s úspěchem realizovala dodatečně také společnost Zakládání staveb, a. s.

Ing. Ota Špínka, Ph.D., PUDIS, a. s.,  
s přispěním Ing. Michaela Remeše,  
Zakládání staveb, a. s.

Foto: Libor Štěrba

### Atypical method of constructing alcoves for passenger exits in an excavated tunnel MO (SAT 2. B) in Prague

Safety procedures for SAT 2.B tunnels required building conjoint SOS alcoves and passenger exit alcoves for both tunnel tubes. For various reasons these alcoves could not be carried out during the process of constructing tunnel diaphragm walls and they had to be additionally bored from the tunnel tube area. Alcove boring works were realised under the protection of jet grouted columns lining. Alcove faces were provided with an extra protection using more „lock“ jet-grouted columns according to a set grid. These securing works were followed by horizontally divided boring as well as carrying out primary and secondary lining.



Pohled na jez a zámek Hluboká přes staveniště před zahájením výkopu stavební jámy

## PLAVEBNÍ KOMORA HLUBOKÁ NAD VLTAVOU – ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY

*Plavební komora na jezu v Hluboké nad Vltavou je součástí II. úseku „Dokončení vltavské vodní cesty v úseku Hluboká nad Vltavou– Vodní dílo Hněvkovice“. Plavební komora se spádem cca 3 m umožní plavidlům překonání jezu Hluboká nad Vltavou. Předmětem prací speciálního zakládání bylo dočasné pažení a těsnění výkopu stavební jámy pro plavební komoru, trvalé pažení horní a dolní rejdy a sanace pravobřežního pilíře jezu a jeho podzákladí. Pro zajištění stavební jámy komory i horní a dolní rejdy použity převrtávané pilotové stěny, podél řeky byla stavební jáma zajištěna pomocí dvojité i jednoduché štětové jímky.*

Úsek Hluboká nad Vltavou–Vodní dílo Hněvkovice je II. úsekem komplexního projektu „Dokončení vltavské vodní cesty mezi Českými Budějovicemi a Týnem nad Vltavou“. Jeho cílem je zajištění splavnosti vodní cesty pro rekreační plavbu. Horní Vltava se tak bude moci plavebně napojit až na nádrž vodního díla Orlík. V budoucnosti – po dokončení plavebních zařízení na Orlíku a Slapech – pak bude moci vzniknout souvislá vodní cesta, napojená přes Labe na rozsáhlou síť evropských vodních cest. I. úsek Č. Budějovice–Hluboká nad Vltavou je dnes již dokončen. Jeho nejvýznamnější součástí byla výstavba plavební komory v Českém Vrbném, na jejímž založení se Zakládání staveb, a. s., rovněž významně podílelo (ZAKLÁDÁNÍ

1/2010). Poslední III. úsek projektu „Vodní dílo Hněvkovice–Týn nad Vltavou“ by měl být dokončen v roce 2013.

### Situace

Vodní dílo Hluboká nad Vltavou se nachází při jihovýchodním okraji obce (říční km 229,04) v rovinatém území. Na pravém břehu řeky, v místě původní vorové propusti jezu, byla navržena plavební komora s horní a dolní rejdou a novými dělicími zdmi při zachování stávajícího pravobřežního pilíře jezu. Pravý břeh řeky v horní vodě tvoří protipovodňová hráz s nezpěvnou stezkou v koruně. Na vzdušné straně hráze jsou vzrostlé stromy. Pod jezem do Vltavy ústí Opatovická strouha. Jelikož plavební komora, její velín a obě rejdy budou viditelné

ze zámku Hluboká, byly kladeny zvýšené nároky na architektonické ztvárnění jejich pohledových částí. Plavební komora proto byla vysunuta směrem do horní vody pro její ukrytí pod úroveň vodní hladiny zvýšené jezem. Pohledové plochy plavební komory, dělicích zdí i opěrných stěn horní a dolní rejdy budou nad minimální plavební hladinou obloženy řádkovým zdivem. Tyto úpravy významným způsobem přispějí k harmonickému začlenění plavební komory do okolního reliéfu krajiny. Plavební komora Hluboká nad Vltavou je určena pro I. třídu vodních cest dle jejich klasifikace, tj. pro plavidla do 300 t s návrhovými rozměry 38,5x5,05 m. Vlastní plavební komora je navržena jako železobetonový monolitický plošně založený polarám. Celková délka plavební komory včetně horního a dolního ohlaví je 93,6 m. Na břeh je umístěn velín, vtokový objekt horního krátkého obtoku, včetně provozního uzávěru a ovládání horních klapkových i dolních deskových vrat. Šířka plavební komory je 6 m, délka 45 m, hloubka vody nad záporníky min. 3 m. Plánovaná hloubka vody v korytě je 2,7 m (2,2 m ponor + 0,5 m marže); v první etapě 1,6 m (1,3 m ponor + 0,3 m marže). Doba pro plnění, resp. prázdnění, plavební komory se předpokládá okolo 5 min.

### Geologické poměry

Zájmové území náleží z hlediska regionální geologie do českého moldanubika, tj. do oblasti mezi středočeským a moldanubickým plutonem. Jedná se o velkou synklinálu protaženou ve směru SV–JZ s velice složitou vnitřní stavbou. Předkvartérní podloží zájmového území je budováno svrchnoproterozoickými metamorfovanými horninami jednotvárné série moldanubika. Základním typem hornin jednotvárné série moldanubika jsou biotitické plagioklasové pararuly a sillimaniticko-biotitické pararuly. Pararuly jsou ojediněle protkány vložkami leukokrátických žilných žul, případně křemennými žilami, aplity a pegmatity. Povrch předkvartérního podloží byl IG sondami zastiženy na úrovních 367,10 až 369,30 m n. m. Ve svrchních partiích byly zastiženy převážně silně zvětřalé až zcela rozložené pararuly. Horniny jsou rozložené na pevný až tvrdý písčité jíly se střípkovitými úlomky křemene, ojediněle i s drobnými střípkovými pararulami. Jejich mocnost byla v zájmovém území ověřena mezi 0,6 až 1,6 m. Na jižním okraji staveniště mocnost rozložených a zvětřalých poloh silně narůstá, což pravděpodobně souvisí s blízkou hranicí s českobudějovickou páneví. V podloží eluviálně rozložených pararul byly zastiženy pararuly zvětřalé, plynule přecházející do pararul navětralých až zdravých. Hranice jednotlivých zón zvětřání jsou pozvolné a neostré. Stupeň zvětřání, spolu s celkovým porušením masivu, klesá s hloubkou a současně vzrůstá pevnost pararul. Kvartérní pokryv představují v celém zájmovém území zejména písčitoštěrkovité terasové sedimenty, které jsou při svém povrchu mimo říční koryto místy překryty holocénními náplavy a v okolí jezů pak i antropogenními navážkami, které jsou zde vázány na tělesa ochranných hrází podél říčního toku a na drobné terénní úpravy úprav koryta a běhu Vltavy a ústí Opatovické strouhy. Navážky pravobřežní ochranné hráze mají převážně charakter středně ulehých písků a písčitých štěrků s kolísající množstvím příměsí. Jejich mocnost byla v nadjezí zastižena mezi 1,9 až 2,5 m; v podjezí v rozmezí 3,4 až 4,9 m. Ve vrstvách navážek se vyskytují kameny a balvany použité na zpevnění břehů ochranných hrází v podjezí. Holocénní jemnozrnné náplavy byly zastiženy v pravobřežní části jezů. Jedná se o jemnozrnné zeminy charakteru jemně písčitého jílu a hlín i středně plastických jílu tuhé až pevné konzistence. Místy mají i charakteristický bahňitý zápach po tlející organické hmotě. V prostoru vorové propusti ani ve vlastním říčním korytě nebyly tyto zeminy zastiženy.

Terasové písčitoštěrkovité sedimenty představují pleistocénní fluvialní uložení údolní terasy Vltavy a vyskytují se souvisle v celém zájmovém území. Mají převážně charakter dobře zrněných písčitých štěrků o velikosti valounů až 15 cm, při povrchu zahliněných. Mocnost terasových sedimentů klesá od jihu k severu. Báze terasových sedimentů v pravobřežní části jezů byla zastižena na úrovních 367,10 až 369,20 m n. m.

### Hydrogeologické poměry

Hlavní zvodnělé prostředí v zájmové oblasti představují průlinově propustné terasové sedimenty charakteru písčitých štěrků překrytých jemnozrnnými holocénními náplavy. Hladina podzemní vody v terasových sedimentech je spojitá a úzce komunikuje s volnou hladinou vody ve Vltavě. Pod vrstvou špatně propustných jílovitých holocénních náplavů je hladina podzemní vody místy mírně napjatá. Charakteristické hodnoty koeficientu propustnosti terasových sedimentů byly ověřeny v rozmezí 0,001 až  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s, kde vyšší hodnoty odpovídají nejvíce propustným štěrkovitým polohám a nižší hodnoty reprezentují méně propustné, zahliněné polohy terasy. Prostředí předkvartérního podloží má řádově nižší propustnost než terasové sedimenty a propustnost je v něm výhradně puklinová. Proudění podzemní vody je vázáno na svrchní rozvolněnou zónu masivu a na výraznější poruchová pásma a pukliny. Hladina podzemní vody zde není vždy spojitá, ale závisí na hustotě i charakteru rozpukání a míře vzájemného propojení jednotlivých puklin. Polohy jílovitých zvětřalin předkvartérního masivu, vyskytující se nesouvisle pod bází kvartéru, jsou prakticky nepropustné, a mohou tak lokálně oddělovat oba horizonty podzemní vody. V oblasti plavební komory však byla zvoďeň v předkvartérním masivu dobře propojena se zvodní kvartérem. Hodnota koeficientu hydraulické vodivosti propustných partií předkvartérního podloží byla ověřena v rozmezí  $7 \cdot 10^{-6}$  až  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s. Nepropustné partie předkvartérního podloží mají hodnotu koeficientu hydraulické vodivosti výrazně menší než  $10^{-8}$  m/s. Agresivní účinky podzemní vody byly zjištěny pouze ve vzorku z vrtu HV103, který vykazoval uhličitánovou agresivitu na stavební konstrukce stupně XA2 ve smyslu normy ČSN EN 206-1.

### Převrtávané pilotové stěny

Pro dočasné pažení a těsnění výkopu stavební jámy plavební komory a pro trvalé opěrné stěny horní a dolní rejdy byly navrženy kotvené převrtávané pilotové stěny z pilot průměru 900 mm v rozteči 650 až 750 mm a délek 5,6 až 14,7 m. Piloty jsou rozděleny na primární (nevztužené, převrtávané) a sekundární (vztužené). Pro zajištění těsnicí funkce stěny a minimalizaci nutného přesahu vrtů

bylo požadováno dodržení polovičních hodnot mezních odchylek pilot ve stěně oproti povoleným dle ČSN EN 1536. Pro hloubení vrtů pro piloty proto byly nutné monolitické vodící zídky.

Vzhledem k požadavku zapuštění typových kotevních prvků velkých plavidel za líc opěrných stěn horní a dolní rejdy byla nutná úprava tvaru pažení. Pilotové stěny byly v místě pacholat doplněny trojicí převrtávaných pilot za rubem stěny, která zajistila statickou a těsnicí funkci pažení v místě požadovaného odbourání horní části lícové primární piloty pro betonový kotevní blok vázacího prvku. Vázací prvky pro malá plavidla a žebříky byly řešeny v rámci přibetonované vrstvy, mocnosti 0,30 m, s minimálním zásahem do primárních pilot.

S ohledem na dispoziční poměry a technologické požadavky při vrtání, osazení armokošů a betonáž pilot byly vrtly pro piloty hloubeny z násypu do řeky šířky 10,0 m, resp. 12,0 m, v úsecích mimo těsnicí štětové jámy. Pro násyp pracovních ploch byl využit výkopek štěrkopískových náplavů z prohrábky dna Vltavy v úseku Hluboká nad Vltavou–VD Hněvkovice. S ohledem na geologické poměry, požadované vyloučení bentonitového výplachu a požadovanou

minimalizaci odchylek při vrtání byly vrtly pro piloty paženy dvouplášťovými ocelovými pažnicemi Leffer 880/800/40 mm až do hornin třídy R3 s pevností v prostém tlaku do 30 MPa (navětralé pararuly). V horninách R3 s pevností nad 30 MPa (navětralé až zdravé pararuly) byly vrtly hloubeny bez pažnic skalním vrtákem (průměr vrtu 780 mm). Změna průměru pilot byla nutná v části pilotových stěn pažnicích výkop pro plavební komoru a u navazujícího úseku pažení

podél dolní rejdy s požadovaným prohloubením výkopu pro kamenný zához. Místní netěsnosti pažení vlivem technologicky nutné změny průměru pilot nebylo nutno řešit díky dodržení požadavků na dovolené mezní odchylky vrtů a zastiženým geologickým a hydrogeologickým poměrům (omezená puklinová propustnost v prostředí navětralých až zdravých pararul). Piloty jsou vztuženy armokoši z betonářské oceli BSt 500 S. Po dohodě s projektanty akce byl navržen přesah podélné výztuže pilot nejen do monolitického kotevního věnce ve zhlaví pilotových stěn podél horní a dolní rejdy, ale i do konstrukce plavební komory tam, kde přesahuje přes horní hranu pilot (např. u návodní pilotové stěny podél pilíře jezů). Pilotové stěny jsou kotveny v jedné až třech úrovních dočasnými



Hloubení vrtů pro piloty dolní rejdy



Těsnící dvojitá štětová jímka horní rejdy a plavební komory



Částečný výkop pro plavební komoru

(plavební komora), resp. trvalými (horní a dolní rejdou), pramencovými kotvami ze čtyř až osmi pramenců Lp 15,7 mm (St 1570/1770 MPa). Půdorysná rozteč kotev je dána dvojnásobkem osové vzdálenosti sekundárních pilot. Výšková poloha spodní kotevní úrovně byla odvozena z horní hrany základové desky PK a požadované dispoziční výšky přesahu svislé výztuže obvodové stěny PK nad základovou deskou. Pracovní spáry betonáže obvodových stěn PK pro deaktivaci dočasných kotev byly uvažovány obecně 1,50 m pod kotevní úroveň v ose pažení. Deaktivace dočasných kotev a rozpěr včetně odstranění jejich předsazených převážek byla možná až po převzetí jejich funkce vestavěnou konstrukcí plavební komory, resp. zpětným zhutněným zásypem prostoru mezi příčnými pilotovými stěnami a vlastní obvodovou stěnou plavební komory. V rámci autorského dozoru byla s ohledem na zastížené geologické poměry a statické posouzení pažení část pilot prodložena (jižní část horní rejdou), resp. zkrácena (severní část dolní rejdou).

### Horní rejda

Trvalá kotvená pažící stěna podél břehu horní rejdou má délku 132,75 m a je navržena z převrtávaných pilot průměru 900 mm délky 5,65 až 9,40 m. Pro návrh pažení podél břehu horní rejdou byla zadána max. návrhová hladina podzemní vody v úrovni 373,00 m n. m. Vrtky pro piloty byly hloubeny přes monolitické vodicí zídky z pracovní plochy v úrovni 373,20 m n. m.

(totožná s horní hranou vodicích zidek a úrovní čistého betonu pilot). Pažení podél břehu horní rejdou bylo navrženo již s ohledem na předpokládané budoucí prohloubení dna na plnou plavební hloubku horní rejdou, tj. na úroveň 368,75 m n. m. V části navazující na plavební komoru bylo uvažováno se dnem v úrovni 367,95 m n. m., resp. s jeho prohloubením o 1,0 m pro kamenný zához před plavební komorou. Pažení pilotové stěny horní rejdou je kotveno trvalými čtyř- a šestipramencovými kotvami v rozteči 3,0 m přes železobetonový monolitický věnec v hlavě pilot. Výšková poloha kotev je dána požadovaným tvarem pilotových stěn s monolitickým kotevním věncem v koruně pažení a konečnou úpravou pohledové části líce pažení (kamenný obklad, neumožňující staticky vhodnější výškové umístění kotev). Zhlaví kotev je trvale nad max. plavební hladinou v horní rejdě (372,05 m n. m.). Komplikací pro návrh a realizaci pilotové stěny podél horní rejdou bylo její křížení s trasou přeložky vodovodu PE DN 160 mm, která pilotovou stěnu podchází. Obrys chráničky PE DN 300 mm byl navržen jen 0,40 m pod patou pilot. Vzhledem k tomu, že přeložka vodovodu předcházela hloubení vrtů pro piloty a dle zadání nebylo možné prohloubení trasy přeložky (kvůli poloze startovací šachty protlaku přeložky), byly piloty v blízkosti přeložky zkráceny o 0,50 až 1,0 m. Hloubení vrtů pro piloty v oblasti vodovodu navíc předcházelo zaměření jeho skutečné polohy.

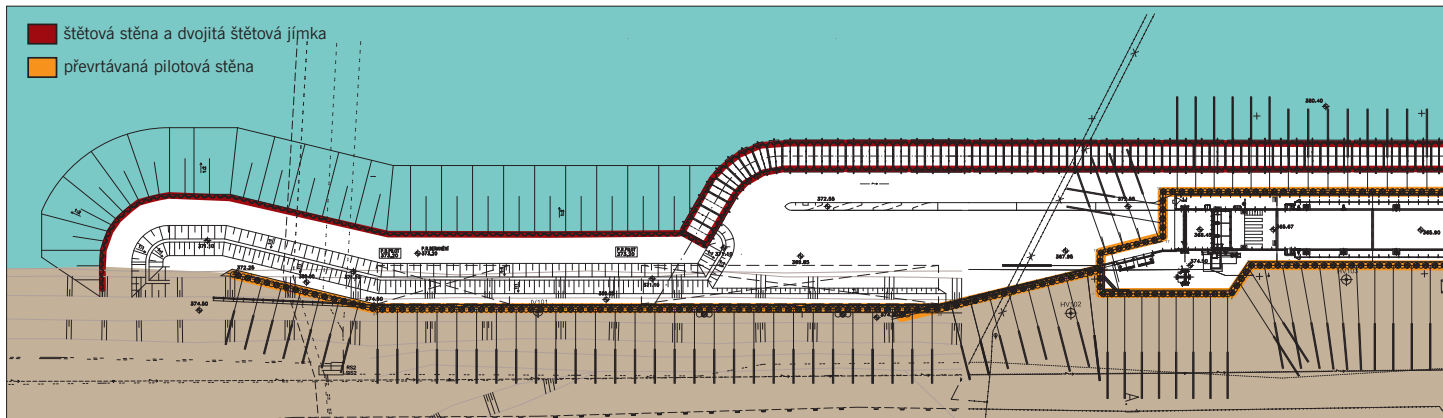
### Plavební komora

Pro plavební komoru bylo nutno zapažit výkop stavební jámy o půdorysu 99x16 m při hloubce až 12,80 m. V rámci přípravných bouracích a zemních prací byla po uzavření vorové propusti štětovými jímkami na horní a dolní vodě odbourána betonová konstrukce propusti v místě kolize s pažením. Část vorové propusti včetně stávajících dělicích zdí horní a dolní rejdou byla odbourána až při hloubení stavební jámy při přípravě pracovní roviny pro návodní pilotové stěny. Dno propusti bylo odstraněno až při výkopu na dno stavební jámy pro plavební komoru. S ohledem na dispoziční poměry (půdorysnou polohu a požadovanou úroveň horní hrany pažení) je možno dočasné pažení výkopu stavební jámy pro plavební komoru rozdělit na dvě části:

- a) pažení podél břehu,
- b) pažení podél návodní strany a příčných stěn stavební jámy.

#### a) Pažení podél břehu

Pažení je v délce 107,20 m tvořeno dočasným kotveným pažením z převrtávaných pilot délky 11,70 až 14,70 m. Vrtky pro piloty byly hloubeny přes monolitické vodicí zídky z násypu pracovní plochy šířky 10,0 m od osy pilotové stěny v úrovni 373,00 m n. m. Pro zachování max. možné šířky obslužné břehové komunikace a možnost snížení horní hrany pilotové stěny do úrovně zadané návrhové



Půdorys zajištění stavební jámy plavební komory



Zajištění stavební jámy u jezového pilíře

zvýšené hladiny nad jezem (373,00 m n. m.) bylo navrženo zvýšení pažení stavební jámy pro PK podél břehu do úrovně komunikace záporovým pažením. Tím se současně minimalizoval rozsah zemních prací pro pracovní plochu pilot a zkrátila se obslužná vzdálenost PK pro stavební mechanizaci. Do sekundárních (vyztužených) pilot byly po ukončení

jejich betonáže osazeny výztužné tyče IPE 300 mm délky 3,0 m s přesahem 1,65 m nad korunu pilot. Pažení podél břehu bylo kotveno ve dvou až třech úrovních dočasnými šesti- a osmipramencovými kotvami v rozteči 2,60 až 2,80 m přes přesazené ocelové převázky s předpokládanou postupnou deaktivací kotev během



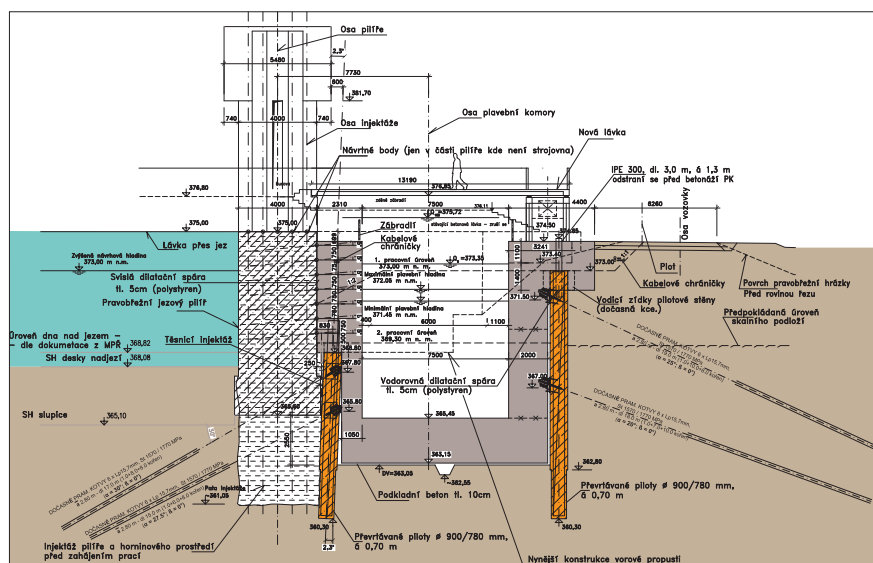
Příprava na betonáž přední části plavební komory do pažení z pilotových stěn

hrubé stavby plavební komory. S ohledem na požadovaný půdorys osy pilotové stěny výkopu pro PK podél břehu a navazující pilotové stěny podél horní rejdy i ze statických důvodů (nevhodná poloha kořenů kotev těsně za rubem pažení podél horní rejdy, křížení kotev s nutností úprav jejich půdorysného odklonu a sklonu od vodorovné roviny) bylo kotvení v úseku lomových bodů (19–1) nahrazeno dočasným zropečením pažení rohovými vodorovnými ocelovými rozpěrami přes přesazené průběžné ocelové převázky.

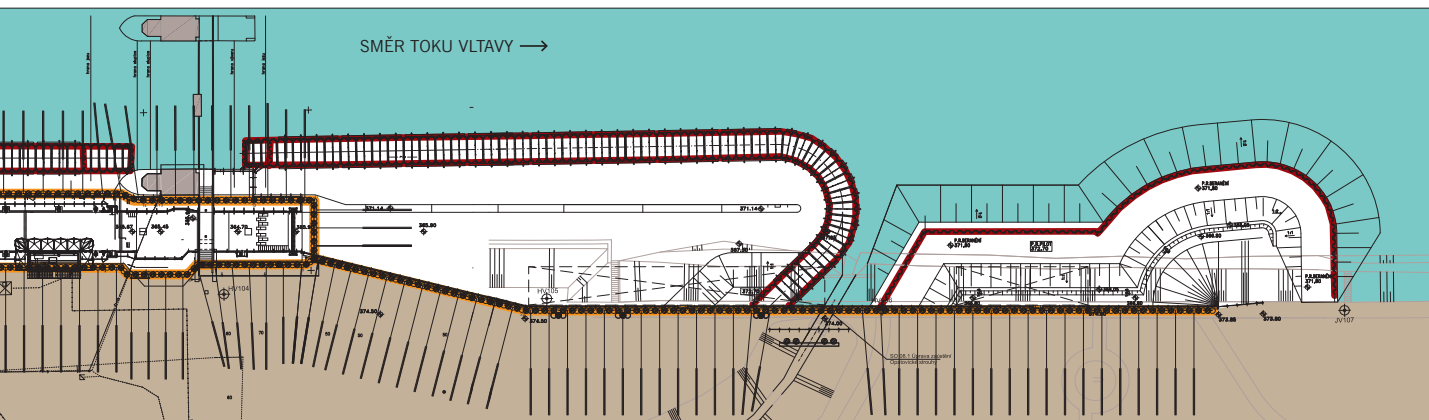
### b) Pažení podél návodní strany a příčných stěn stavební jámy plavební komory

Pažení výkopu podél návodní strany a příčných stěn stavební jámy je zajištěno dočasně kotvenou pilotovou stěnou z převrtávaných pilot. Délka pažení je 119,20 m, piloty se zadávají úrovní horní hrany 368,80 m n. m. jsou délkou 7,20 až 10,20 m. Výšková poloha pracovní roviny a horní hrany vodicích zídek (369,30 m n. m.) byla odvozena z úrovně zpevněného dna řeky nad jezem (368,82 m n. m.) a z požadavku na vytvoření odvodňovací rýhy u vzdušné paty štětových jímek.

Piloty návodní stěny výkopu pro PK zasahují dle zadané polohy osy pažení ve vzdálenosti



Příčný řez plavební komorou a pilířem jezu



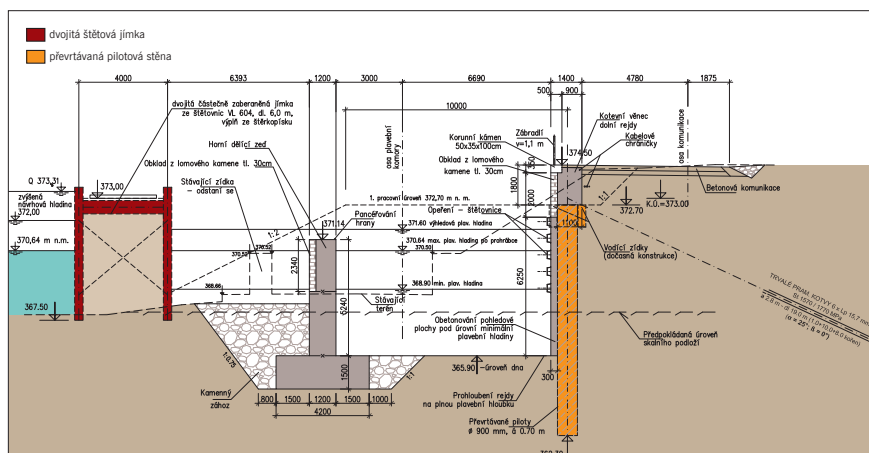
0,305 m od obrysu PK za obrys obvodových stěn PK, resp. u pažení podél pilíře jezu jsou jejich součástí. Pažení příčných stěn výkopu bylo navrženo odsazené pro osazení slezných oddělení a situování čerpacích studní mimo obrys PK. Před realizací pilot podél pilíře jezu byla odbourána stávající lávka přes vorovou propust a přeložena inženýrské sítě nesené lávkou. Prostorová kolize vrtné věže s horní rozšířenou částí nástavby pilíře jezu byla řešena odklonem vrtů pod nástavbou od vislé roviny při zachování půdorysné polohy zhlaví pilot.

Pažení podél návodní a příčných stěn bylo kotveno v jedné až dvou úrovních dočasnými čtyř- a šestipramencovými kotvami přes předřazené ocelové převázky v rozteči 2,80 a 3,0 m s předpokládanou postupnou deaktivací během realizace hrubé stavby plavební komory. Pro kotvení pažení podél pilíře jezu byly s ohledem na dispoziční poměry, statické posouzení pažení a požadovanou minimalizaci průhybů pažení podél pilíře jezu navrženy zapuštěné ocelové kotevní převázky a kotvy nebyly deaktivovány při betonáži plavební komory. Zapuštěné kotevní převázky byly přivařeny k ocelovým trubkám 630/8 mm, které byly součástí armokošů pilot podél pilíře jezu. S ohledem na možné zeslabení těsnicí funkce pažení podél pilíře jezu vlivem požadovaného zapuštění kotevních převázek (nutné odbourání částí primárních pilot, možné zúžení sekundárních pilot v místě kotevních trubek) byla za rubem pažení podél pilíře navržena těsnicí injektáž. Do vnějších vodících zídek pilotové stěny podél pilíře jezu byly proto osazeny průchodky pro bezkolizní hloubení vrtů pro injektáž za rubem pilotové stěny. Příznivě se zde projevil geologické poměry a zpevňující a těsnicí injektáž pod základy pilíře jezu (viz dále v textu).

S ohledem na odlišnou úroveň pracovních ploch a čistého betonu pilot podél břehu a pilot podél příčných stěn výkopu stavební jámy pro PK, značnou časovou prodlevu a technologické možnosti vrtných velkopříměrových souprav bylo navázání pažicích



Stavební jáma dolní rejdy a dělicí stěny



Příčný řez dolní rejdou

stěn řešeno snížením pevnostní třídy „přechodových“ primárních pilot PA1 a PA165 (prostý beton C12/16).

**Dolní rejda**

Trvalá pažicí kotvená stěna z převrtávaných pilot podél břehu dolní rejdy má délku 137,40 m. Délky pilot se pohybují v rozmezí 9,75 až 11,90 m. Pro návrh pažení podél břehu dolní rejdy byla zadána max. návrhová hladina podzemní vody v úrovni 372,00 m n. m. Vrtky pro piloty byly hloubeny z pracovní plochy v úrovni o cca 70 cm vyšší. Pažení podél břehu dolní rejdy bylo navrženo již s ohledem na předpokládané budoucí prohloubení dna na plnou plavební hloubku dolní rejdy (na úroveň 366,20 m n. m.). V části navažující na plavební komoru bylo uvažováno se dnem na úrovni 365,90 m n. m., resp. s jeho prohloubením až o 1,50 m na úroveň 364,40 m n. m. pro kamenný zához za plavební komorou.

Pažení podél břehu dolní rejdy je kotveno trvalými šestipramencovými kotvami v rozteči 2,60 a 2,80 m přes železobetonový věnec v hlavě pilot. Pouze v úseku požadovaného prohloubení dna výkopu pro kamenný zához za plavební komorou byla pilotová stěna kotvena při výkopu stavební jámy ve dvou úrovních. Ze statických důvodů vloženy kotvy 2. KÚ byly dočasné s předřazenou ocelovou kotevní převázkou, deaktivovanou po uložení kamenného záhozu u paty pažení. Stejně jako u horní rejdy byla výšková poloha kotev dána požadovaným tvarem pilotových stěn a monolitického věnce v koruně pažení a požadovanou konečnou úpravou pohledové části líce pažení. Zhlaví trvalých

kotev je nad max. plavební hladinou po prohrábce v dolní rejdě (370,64 m n. m.). V místě kolize Opatovické strouhy s opěrnou stěnou dolní rejdy byl tvar pilotové stěny upraven s ohledem na polohu a tvar nového propustku strouhy. Horní hrana pilot ve stěně byla snížena na úroveň spodní hrany základové desky propustku. Ze sekundárních pilot stěny byla do základové desky propustku vytažena podélná výztuž. Vtoková stěna propustku byla založena za rubem pažení na čtveřici pilot průměru 0,90 m. Pro realizaci pilotové stěny v oblasti propustku a následně pro zhotovení vlastního propustku Opatovické stoky bylo nutno provizorně stoku přehradit sypanou hrází a stoku čerpat.

**Štětové jímky**

Stavební jáma plavební komory, část horní a dolní rejdy pro demolici dělicích stěn vorové propusti a realizaci dělicích stěn plavební komory byly od řeky odděleny dvojitými štětovými jímkami (návodní a povodní) částečně zaberaněnými, resp. nasazenými. Horní konec jímky na horní vodě byl zatažen do pravého břehu Vltavy až k pilotové stěně horní rejdy, spodní konec byl ukončen nad jezem na návodní straně pravobřežního pilíře jezu. Horní konec jímky na dolní vodě byl ukončen pod jezem na návodní straně pravobřežního pilíře, spodní konec byl zatažen do pravého břehu nad ústím Opatovické strouhy až k pilotové stěně podél dolní rejdy. Průtok Opatovické strouhy do Vltavy tak byl po dobu výstavby plavební komory zachován. Zadaná návrhová hladina Vltavy nad jezem byla na kótě 373,00 m n. m. a pod jezem na kótě 372,00 m n. m. Byly navrženy provizorní dvojitě odvodněné jímky ze štětovnic VL 604 vibroberaněných z řeky v osové vzdálenosti 4,0 m. S ohledem na zastižené geologické poměry (skalní podloží těsně pod dnem řeky) lze dvojitě štětové jímky pro minimální možné vetknutí paty štětovnic pod dno řeky charakterizovat jako nasazené. Čistě jen nasazené byly koncové komory obou jímek na zpevněném povrchu dna řeky nad

a pod jezem. Návrh i následnou realizaci jímek zkomplikovala absence požadovaného doplňkového IG průzkumu pro ověření dosažitelné hloubky vetknutí vibroberaných štětovic pod dno řeky v trase jímek. K dispozici nebyly ani archivní výkresy tvaru jezu a podjezí u pravobřežního pilíře jezu; tj. nebyl znám rozsah, tvar a způsob zpevnění dna řeky nad a pod jezem. Z předané archivní dokumentace pravobřežního pilíře bylo možno odvodit pouze předpokládanou úroveň dna nad jezem (368,82 m n. m.) a úroveň dna vývaru pod jezem (367,80 m n. m.). Chybějící údaje byly postupně získávány konzultacemi se správcem jezu během zpracování projektové dokumentace a ověřovány těsně před realizací potápěči. Dle upřesnění tvaru zpevnění dna řeky nad a pod jezem a zastížených geologických poměrů byl v rámci autorského dozoru upravován návrh štětových jímek (délka štětovic, sepnutí štětových stěn jímek, tvar koncových nasazených komor atd.).

Stabilita jímek byla vzhledem k min. hloubce vetknutí paty štětovic

zajištěna sepnutím v koruně vodorovnými rámovými rozpěrami ze štětovic přivařenými ve svislé poloze k vnitřním štětovicím jímek v rozteči 2,40 m, vodorovnými táhly z prutů R 32 mm v rozteči 2,40 m (vystřídáné s rámovými rozpěrami) přes vnější ocelové převázky z dvojice tyčí U 300 mm a šikmými protilehlými kloubovými tyčovými táhly z dvojic prutů R 32 mm v rozteči 1,20 m. Rozteč táhel a rozpěr byla odvozena z tvaru štětových stěn, skladebné délky štětovic VL 604 a statického posouzení jímek. Ve vnitřní stěně směrových oblouků obou jímek byly použity štětovnice III n skladebné délky 0,40 m. To v kombinaci se štětovnicemi VL604 skladebné délky 0,60 m ve vnější stěně umožnilo zachovat rytmus příčného ztužení jímek i v obloucích. Převázky z dvojice tyčí U 300 mm s vodorovnými stojinami současně sloužily jako vodící kleštiny při beranění štětových stěn. Jejich poloha byla zajištěna osazením na předem zaberaněné směrové ocelové sloupy z válcovaných tyčí I 400 mm, resp. dvojic štětovic.

Pro zásep jímek byl využit štěrkopisek z prohrábků dna Vltavy na plánovanou plavební hloubku. Předpokladem návrhu a statického posouzení jímek bylo odvodnění jejich zásepů, proto byly ve spodní části vzdušné štětové stěny vypáleny odvodňovací otvory v úrovni těsně nad dnem řeky.



Instalace dvojité štětové jímký

V blízkosti pilíře jezu a v úseku nad přeložkou vodovodu byly štětovnice zavibrovány vysokofrekvenčním bezrezonančním vibroberanidlem.

Pro zakončení obou štětových jímek na železobetonové desce nad a pod jezem byly navrženy těsnicí komory o půdorysu 4x4 m z nasazených štětových stěn. Zajištění stability podélných stěn těchto komor bylo shodné jako u navazujících dvojitých jímek. Stabilita příčných návodních stěn byla zajištěna ve dvou úrovních rámovými nosníky z tyčí HEB 200 mm. Pro těsnění paty nasazených koncových komor jímek v úrovni zpevněného dna Vltavy v oblasti jezu bylo navrženo použít rychletuhnoucí cementovou maltu REDPATCH PLUG S. Těsnění bylo provedeno za pomoci potápěčů. Spodní vrstva zásepů komor o mocnosti 0,30 m byla navržena z jílovité zeminy, případně z jílocementu. Těsnění styku koncových jímek s pilířem jezu bylo řešeno pomocí těsnicích komůrek ze štětovic, těsnicích vaků vyplněných jílocementem a zásepem zbývající části komůrek jílovitou zeminou.

Břehové konce jímek byly na styku návodní štětové stěny s pilotovou stěnou rejd dotěsněny těsnicí injektáží jílocementovou injektční směsí. Šikmá poloha jímek vzhledem k pojezdové břehové hrázi Vltavy a poloměry směrových oblouků byly navrženy s ohledem na

pojezd mechanizace po koruně jímek.

Dle zadání realizační dokumentace pažení měl být výkop pro konečnou úpravu líce pilotových stěn horní a dolní rejd mimo štětové jímký oddělen od řeky pouze zemní lavicí z ponechaného násypu pracovní roviny pro piloty. Počítalo se i s dočasným snížením hladiny Vltavy při konečných úpravách líce pažení. Toto zadání však bylo v průběhu stavby vyhodnoceno jako nerealizovatelné kvůli zastížení propustných štěrkopískových vrstev pod násypem pracovní roviny horní rejd, vysoké propustnosti vlastního násypu z prohrábků řeky, nutnosti dlouhodobého snížení hladiny Vltavy a zvětšení rozsahu prací při úpravě břehů na konci obou rejd. Na žádost vedení stavby bylo proto navrženo těsnění výkopu v daných úsecích pomocí štětové stěny, zaberaněné do ponechané zemní lavice s pojižděnou korunou. Vzhledem k požadavkům na ponechání průtoku Opatovické strouhy do Vltavy po max. možnou dobu bylo nutné těsnění spodní části dolní rejd rozdělit na dvě etapy.

### Sanace pravobřežního pilíře jezu

Základová spára pravobřežního pilíře jezu je nad dnem výkopu pro plavební komoru. Podzákladí pilíře tvoří zvětralé pararuly, jejichž stav nebyl při IG průzkumu ověřen. Přesto bylo doporučeno zlepšení základových poměrů pilíře metodami speciálního zakládání. S ohledem na velmi špatný technický stav zdíva pilíře (vyplavená a degradovaná pojivová výplň vnitřní kamenné sypaniny) bylo současně doporučeno zpevnění konstrukce pilíře a vyplnění zastížených volných dutin v tělese pilíře. Pro tyto účely byla navržena sanační injektáž a injektáž skalních hornin cementovou injektční směsí přes vrty průměru 75 mm vystrojené ocelovými injektčními trubkami 35/5 mm s injektčními etážemi po 0,33 m. Ocelové trubky byly ponechány ve vrtu i po ukončení injektáže jako výztužný a kotvení prvek zajišťující minimalizaci posunů a naklonění pilíře při hloubení výkopu stavební jámy pro plavební komoru. Správcem jezu byly změny v poloze pilíře průběžně měřeny a zapisovány laserovým zaměřovačem v technologické chodbě; po celou dobu realizace plavební komory nebylo nutné řešit pohyb nebo naklonění pilíře jezu. Návrh injektáže zdíva a podzákladí pilíře polem svislých vrtů v půdorysné rozteči 0,80 m (v podélném směru pilíře) a 0,75 m (v příčném směru) ukončených cca 2,5 m pod dnem výkopu stavební jámy v daném úseku byl dispozičně omezen věžovitou nástavbou pilíře a jezovou





Horní rejsa při úpravě líce pilotové stěny a betonáži dělicí zdi ze suché stavební jámy



Horní rejsa před demontáží štětové jímky

lávkou. Pro vykrytí zdiva pilíře pod nástavbou byly svislé injekční vrty doplněny injektáží vějíří šikmých injekčních vrtů z přístupné koruny pilíře. Zbývající část pilíře přímo pod nástavbou (z koruny pilíře nepřístupná) byla sanována plošnou injektáží mírně skloněnými vrty do boční stěny pilíře z prostoru bývalé vorové propusti ve vodorovné a svislé rozteči 0,75 m vystřídáně v půdorysném směru. Vzhledem k neúplnosti a vzájemné rozpornosti předaných archívních výkresů pilíře byl před zahájením vrtných prací pravobřežní pilíř jezu na žádost projektanta zaměřen včetně v podkladech chybějícího schodiště, technologicke chodby a niky ovládnání jezu i inženýrských sítí vedených pilířem. Toto zaměření a požadavky správce jezu pak byly podkladem pro aktualizaci návrhu polohy a délky vrtů pro sanační injektáž.

Ve spodní řadě injekčních vrtů v boční stěně pilíře byla cementová injekční směs vzhledem k průnikům vody do vrtů nahrazena polyuretanovou injekční směsí.

Pro zdokumentování stavu pilíře a prostoru pod jeho základy před sanační injektáží a po ní byly navrženy vodní tlakové zkoušky. Vyhodnocení zkoušek potvrdilo správnost navrženého způsobu sanace zdiva pilíře a použité technologie. Součástí sanace pilíře byla i kontrola a oprava spárování kamenného lícového zdiva

přístupných obvodových stěn pilíře jezu včetně opětovného kamenického osazení uvolněných nebo chybějících kamenných kvádrů a přesparování zdiva. Nutný rozsah opravy lícového zdiva byl upřesněn na stavbě v průběhu prací.

Z porušených spár kamenného zdiva byla před zahájením sanační injektáže pilíře odstraněna netěsnící degradovaná uvolněná malta a spáry důkladně vyčištěny vytryskáním stlačeným vzduchem, resp. tlakovým vodním paprskem, a vyplněny hloubkovým spárováním rychletuhnoucí cementovou maltou Redpatch plug S pro opravy betonových konstrukcí s průsaky vody.

**Závěr**

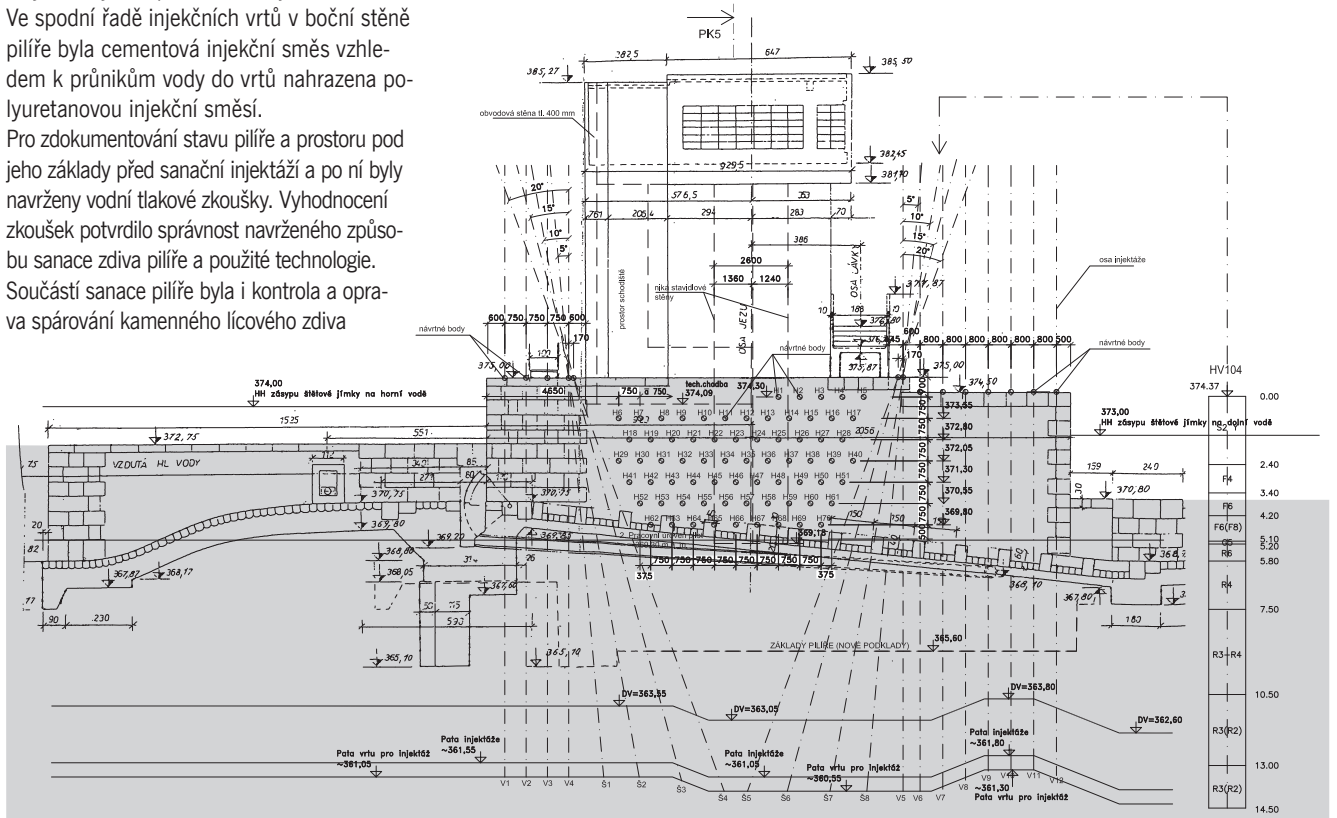
V současné době je již dokončena hrubá stavba plavební komory včetně konečné povrchové

úpravy trvalých pilotových stěn horní a dolní rejsy. Plavební komora bude uvedena do provozu při zahájení plavební sezóny 2013.

Rád bych poděkoval za spolupráci při zpracování projektové dokumentace a při její realizaci ing. Petru Kaňkovskému (Sweco Hydroprojekt, a. s.), Pavlu Drahovzalovi (Vodní díla – TBD, a. s.), Petru Mulačovi (Záchranná potápěčská služba České republiky) a stavbyvedoucím: ing. Jiřímu Ludvíčkovi (Zakládání staveb, a. s.), ing. Lucii Lehečkové (AZ Sanace, a. s.) a Jaroslavu Jedličkovi (Metrostav, a. s., divize 6).

**Ing. Pavel Průcha, FG Consult, s. r. o.**

Foto: Libor Štěrba a ing. Jan Šperger, ing. Jiří Jíra, Zakládání staveb, a. s.



Pohled na pravobřežní pilíř se zákresem sanačních vrtů

## REALIZACE

Hlavní práce společnosti Zakládání staveb, a. s., na plavební komoře Hluboká nad Vltavou spočívaly především v provedení dvojitých štětových jímek na horní a dolní vodě, převrtávané pilotové stěny na horní rejdě a pažení jámy plavební komory. Dále byly v plavební komoře provedeny dočasné kotvy, mezi pilířem a převrtávanou pilotovou stěnou zhotovena těsnicí injektáž a na horní a dolní vodě napínány dočasné a trvalé kotvy. Ještě před zahájením prací nám byly sděleny dvě podmínky pro jejich provádění – omezení pracovní doby na stavbě na hlučné práce na dobu od 8–18 hodin (týkalo se jak beranění, tak hloubení pilot) a omezení hmotnosti jednotlivých vozidel navážejících materiál na stavbu na 26 t. To si vyžádalo nutnost překládání materiálu na meziskládce před Hlubokou nad Vltavou. Také pracovní doba musela být striktně dodržována, v opačném případě hrozily stížnosti místních občanů na hluk a následně s tím spojené udělení pokut. Práce byly zahájeny v únoru 2011 montáží dvojitých štětových jímek v břehové části horní vody. Jímky jsou navrženy jako částečně zaberaněné, resp. nasazené. Beranění probíhalo za pomoci autojeřábu Liebherr LTM 30 s vibroberanidlem ICE 625. Pro osazování štětových stěn z vody byl nasazen jeřáb Kobelco 700 s vibroberanidlem ICE 1223 a pontony pro pracovníky provádějící montáž štětových stěn. Štětové stěny byly stráženy do vodítek z převázek 2xU300; vodítka byla osazena v úrovni požadované projektem pro převázky a po zaberanění jednotlivých úseků nebyla demontována, ale navařena na štětovnice jako konstrukční převázky. Po zaberanění štětovnic

a navaření převázek probíhala kompletace sklopných šikmých a vodorovných táhel a rozpěr pro zajištění tuhosti celé konstrukce. K tělesu jezu byla dvojitá štětová jímka dotěsněna pomocí nasazené jímky těsně u paty štětovnic jílocementovou zálivkou, u pilíře jezu bylo dotěsnění zajištěno komůrkou ze štětovnic, rovněž vyplněnou jílocementem. Štětové jímky byly po osazení zasypany štěrkopískovým zásypem. Po dokončení štětových jímek na horní vodě byla obdobným způsobem zhotovena jímka na dolní vodě; zde byly práce dokončeny v červnu 2011. Provádění převrtávaných pilotových stěn bylo zahájeno v březnu 2011 a ukončeno v srpnu 2011. Proběhlo ve třech etapách – na břehové části plavební komory, horní rejdě, na návodní straně a příčných stranách plavební komory. Pro hloubení pilot byla nasazena vrtná souprava WIRTH 16. Pilotové stěny byly prováděny do vodících zídek. Po zahájení prací na pilotových stěnách ubýlo na stavbě prostoru na skladování materiálu a provádění dalších přípravných prací – navařování táhel na štětovnice, výrobu armo-košů. To spolu s omezením tonáže na dopravu materiálu na jednotlivé vozidlo vyžadovalo úzkou vzájemnou koordinaci postupu a místa prací pro jednotlivé technologie speciálního zakládání. Při vrtání pilot na horní rejdě byl v části stěny zjištěn geologický profil odlišný od předpokladů PD. Pro dodržení požadavku projektanta na vetknutí pilot 1,0 m do nepropustného podloží zde byly piloty prodlouženy o 1–2 m. Po dokončení břehové části pilotové stěny plavební komory a štětové jímky na horní

vodě bylo zahájeno kotevní 1. úrovně dočasných kotev pilotové stěny. Tato úroveň musela být provedena co nejdříve, aby mohla pokračovat těžba až na pracovní úroveň pro provádění návodní strany a příček převrtávané pilotové stěny plavební komory. Další práce na dočasných kotvách plavební komory byly prováděny v období srpen–září 2011 v závislosti na pokračování zemních prací. V tomto období byla provedena také těsnicí injektáž mezi jezovým pilířem a převrtávanou pilotovou stěnou. Hlavní objem prací na stavbě plavební komory v Hluboké nad Vltavou byl dokončen v září 2011 napínáním dočasných kotev plavební komory. Stavební práce byly ukončeny v prosinci 2011 napnutím kotev na horní rejdě. Dvojité štětové jímky byly demontovány zhruba za půl roku v období červenec–září 2012. Tyto práce probíhaly z pontonu PS50 s pomocným pontonem PS25. Na demontáž byl nasazen jeřáb LTM 30 a beranidlo ICE 625.

Ing. Jiří Ludvíček, Zakládání staveb, a. s.

Údaje o stavbě:

Název akce: Dokončení Vltavské vodní cesty v úseku Hluboká nad Vltavou–VD Hněvkovice, Plavební komora Hluboká nad Vltavou  
Objednatel: Ředitelství vodních cest ČR  
Generální dodavatel: Sdružení Metrostav, a. s., SMP CZ, a. s.  
Projektant: Sweco Hydroprojekt, a. s.  
Projektant prací speciálního zakládání: FG Consult, s. r. o.  
Speciální zakládání: Zakládání staveb, a. s., AZ Sanace, a. s.

### Navigation lock in Hluboká nad Vltavou – securing a foundation pit

The navigation lock on a weir in Hluboká nad Vltavou is a part of section II. of the finishing works on Vltava waterway between Hluboká nad Vltavou and Hněvkovice waterworks. With its 3 m high gradient the navigation lock allows vessels to bridge the weir in Hluboká nad Vltavou. Special ground engineering works included temporary sheeting and sealing of a foundation pit for the navigation lock, permanent sheeting of the upper and lower basin and reconstruction of a right-side bank weir pier with its subsoil. Redrilled pile walls were used to secure the foundation pit for both upper and lower basins of the lock; double and single sheet pile walls were used to secure the foundation pit along the river bank.



Plavební komora před dokončením