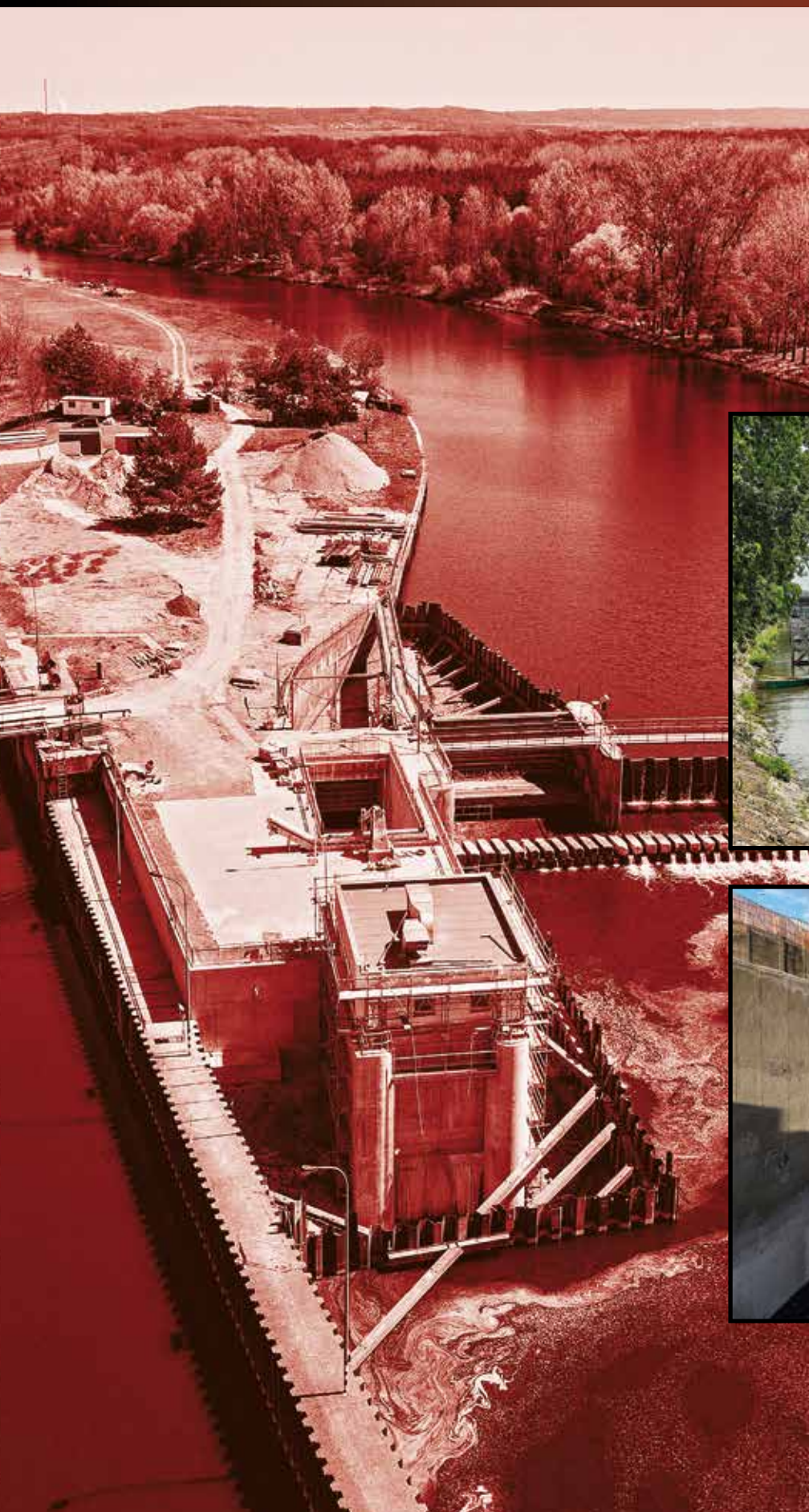


ZAKLÁDÁNÍ

časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

3/2019

ročník XXXI



- **JADERNÁ ELEKTRÁRNA KRŠKO**
VE SLOVINSKU – PAŽENÍ STAVEBNÍ JÁMY
PRO NOVOU BUDOVU BB2
- **CENTRUM BOŘISLAVKA**
NA EVROPSKÉ TŘIDĚ V PRAZE
- **PLAVEBNÍ KOMORY ŠTVANICE – NOVÁ**
ČEKACÍ STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ REJDĚ
- **MODERNIZACE A REKONSTRUKCE**
MVE VELETOV





OBSAH

Časopis ZAKLÁDÁNÍ

vydává:

Zakládání staveb, a. s.

K Jezu 1, P. S. 21

143 01 Praha 4 - Modřany

tel.: 244 004 111

fax: 241 773 713

E-mail: propagace@zakladani.cz

http://www.zakladani.cz

http://www.zakladani.com

Redakční rada:

vedoucí redakční rady:

Ing. Libor Štěrba

členové redakční rady:

RNDr. Ivan Beneš

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Petr Nosek

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrba

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

k článku na str. 28, foto Libor Štěrba

Překlady anotací:

autoři,

Ing. Kristina Kadlečíková,

RNDr. Ivan Beneš

Design & Layout:

Jan Kadoun

Tisk:

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

Ročník XXXI

3/2019

6. 11. 2019

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2019 je cena časopisu 90 Kč.

Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,

balného a poštovního.

Objednávky předplatného:

SEND Předplatné spol. s r.o.

Ve Žlínku 1800/77

193 00 Praha 9 Horní Počernice

tel.: 225 985 225

E-mail: send@send.cz

http://www.send.cz/

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

TEORIE A PRAXE

K metodice zatřídování technologií speciálního zakládání

2

Ing. Jindřich Řičica, ADSZS

Zatěžovací zkoušky provedené před výběrovým řízením

snižují míru geotechnického rizika

5

Podle článku z časopisu Deep Foundation, July/Aug 2019, připravil

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

PRŮMYSLOVÉ STAVBY

Pažení stavební jámy pro budovu BB2 dimenzované na zatížení
zemětřesením v provozované jaderné elektrárně Krško ve Slovinsku

10

Ing. Petr Nosek, Zakládání staveb, a. s.

Realizace pažicí konstrukce stavební jámy objektu BB2
jaderné elektrárny Krško ve Slovinsku

13

Ing. Libor Petrů, Zakládání staveb, a. s.

OBČANSKÉ STAVBY

Centrum Bořislavka na Evropské třídě v Praze 6

16

zpracováno dle tiskové zprávy KKCG Real Estate

Návrh zajištění stavební jámy Centra Bořislavka v Praze

18

Ing. Miroslav Dušek, FG Consult, s. r. o.

Realizace pažení stavební jámy

20

sestaveno dle textů Jana Spudila a Filipa Koudelky, Zakládání staveb, a. s.

VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

Nová čekací stání v horní a dolní rejdě plavebních komor Štvanice v centru Prahy

22

Ing. Michael Remeš, Zakládání staveb, a. s.

Modernizace a rekonstrukce MVE Veletov na Labi

28

Ing. Jan Šinták, I.P.R.E

Technické řešení jímek na horní a dolní vodě pro výstavbu nové MVE Veletov

31

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

K METODICE ZATŘÍDOVÁNÍ TECHNOLOGIÍ SPECIÁLNÍHO ZAKLÁDÁNÍ

V návaznosti na náš předchozí seriál o historii oboru uvádíme podrobnější rozklad o přístupu k metodice rozřídění a přehledného uspořádání tohoto tématu. Jde o látku s množstvím různorodých pracovních procesů, která dosud nebyla z hlediska historického vývoje souhrnně posouzena. Bylo tedy nutno vytvořit vhodnou metodiku uspořádání vzájemně různě propojených skupin prováděcích technologických systémů, metod a aplikací do vnitřně souvisejících bloků. Nová metodika může být využívána i při jiných příležitostech, například k základní orientaci při posuzování činitelů tzv. technologických vlivů.

Vymezení předmětu a záměru třídění

Úvodem je třeba připomenout, že předmětem zájmu uvedeného historického přehledu je výlučně obor speciálního zakládání jako část geotechnického inženýrství. Zaměřuje se především na metody provádění, a zejména na jejich základní technologické systémy, a to z pohledu praxe. Hlediska teorie navrhování geotechnických konstrukcí byla pojednána jen okrajově a doplňkově. Účelem bylo zobrazit časový vývoj této části geotechnického inženýrství v zrcadle používání jejich výrobních technologií při osvětlení jejich mnohdy klikaté geneze.

Již na počátku záměru se ukázalo, že k porozumění podnětů vzniku technologií a jejich následných proměn je nezbytné poskytnout nejen kontext vnějších souvislostí, ale i vzájemných vztahů mezi nimi. Bylo tedy nutno rozřídít jejich množinu do vnitřně souvisejících technologických systémů. A zkoumat pak vývoj skupin provázaných stejnými kořeny. K obtížím takového třídění přispívá, že je v oboru běžnou a častou praxí kombinování různých technologií. A to jak v základních

technologických procesech – např. nárazovo-točivé vrtání, tak v prováděcích metodách – např. ražené injektované mikropiloty, tak na různých částech projektu – např. pažení hloubeného výkopu se zlepšováním podzákladí. Stejně technologie jsou také začleňovány do různých dalších následných metod či aplikací.

V celkové složitosti našeho oboru zatím nebylo takové přehledné rozřídění provedeno. Stávající rozlišování probíhá podle dvou odlišných hledisek. Jedním je hledisko navrhování geotechnických konstrukcí. V něm jde především o to, jak vybrat nejvhodnější známou aplikaci dostupných metod pro daný úkol – například pro návrh základů vysoké budovy nebo pro zapažení výkopu hluboké stavební jámy. Část projektantů je však poměrně vzdálená od realizační praxe, je soustředěná na teoretické modelování a chybí jim nezbytné terénní zkušenosti. Znalosti technologie jsou pak značně přetržité, omezené hlavně na texty jednotlivých normových předpisů. Pak je ovšem problematické ohodnotit konkrétní technologické vlivy provádění na

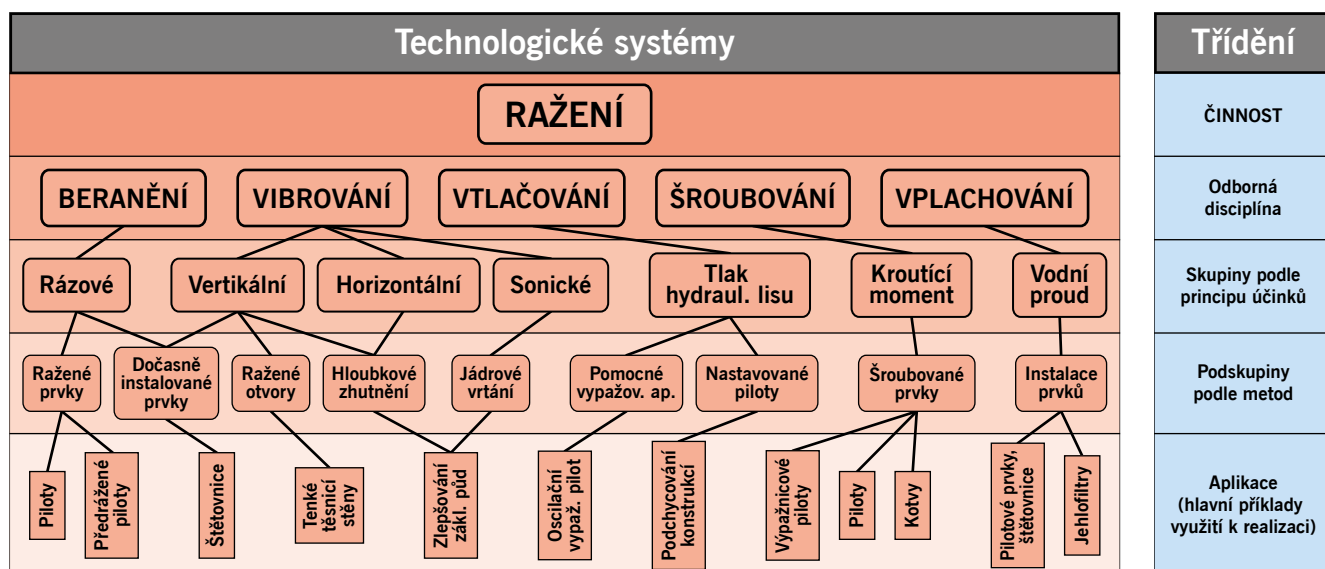
výslednou součinnost zřízené základové konstrukce se základovým prostředím.

Zcela jiný je naopak přístup z úzce prováděcího hlediska, soustředěného k nasazení technologických prostředků. Zde převažuje provozní zájem efektivního využití momentálně dostupného mechanizačního vybavení. Při prosazení tohoto pohledu se však někdy stává, že se úpravou technologického postupu podle strojního zařízení nepříznivě změní charakter tzv. technologických vlivů, původně uváděných v návrhu.

Při celkovém vývoji oboru v posledních desetiletích pak také došlo k případům úplného rozpojení uvedených přístupů tím, že inovační impulsy k rozvoji metod speciálního zakládání přicházely spíše ze strany průmyslového rozvoje mechanizačních prostředků. Vývoj teorie návrhových postupů začal zaostávat za praxí rozvoje technologií – například u systémů roztačovaných vrtaných pilot. Předložené přehledné a všeobecné rozřídění prováděcích technologií by mohlo k překlenutí uvedených protikladů přispět. Mohlo by zlepšit dosavadní nedostatečné chápání jejich vzájemných vztahů a souvislostí.

HIERARCHIE TŘÍDĚNÍ	PŘÍKLADY
OBOR	Speciální zakládání staveb
OKRUHY HLAVNÍCH ČINNOSTÍ Systémy technologií s převládajícími příbuznými aktivitami/způsoby provádění	Ražení Vrtání Hloubení Zlepšování základových půd
Třídy: ODBORNÉ DISCIPLÍNY definované podle hlavních společných rysů prováděcí technologie	Např.: 1.1 beranění 1.2 vibrování 1.3 vtlačování atd.
Skupiny: PRINCIPY POUŽITÍ podle hlavního účinku zařízení nebo jeho akce, jimiž se řídí použití metod	Např.: 1.1.1 beranění volnopádovým nárazovým beranem
Podskupiny: METODY Postupy použití technologií + mechanizačních prostředků, zařízení, materiálů atp.	Např.: – předražené piloty s dočasnou výpažnicí
APLIKACE Příklady odvození konkrétní technologie pro účel realizace	Např.: – piloty typu VIBREX se ztracenou botkou a vibračním odpažováním

Tabulka 1: Hierarchie a obecné dělení klasifikace technologií pro přehled historie technologií a metod speciálního zakládání staveb (© J.Řiřička)



Tabulka 2: Zjednodušený přehled a utřídění technologických systémů v okruhu činnosti RAŽENÍ (© J.Řiřica)

Nekonvenční přístup této klasifikace by též mohl napomoci k uvolnění navyklých zúžených náhledů a podpořit tak tvůrčí zamýšlení nad novými aplikacemi.

Základní rozdělení na okruhy činnosti

Z hlediska celkové přehlednosti byl soubor technologií rozdělen do čtyř hlavních okruhů technologických systémů podle příbuznosti převládajícího druhu základní činnosti v daných pracích speciálního zakládání. Jsou to:

- Ražení – včetně vibrování, vtlačování, šroubování atd.;
- Vrtání – maloprofilové a velkoprofilové, včetně výplachů atd.;
- Hloubení – studny, kesony, podzemní stěny, pažení výkopů atd.;
- Zlepšování vlastností základové půdy – např. injektáž, kotvení, speciálními technologiemi atd.

Rozdělení oboru na takovéto okruhy nebo bloky je sice neobvyklé, ale velmi podstatné

usnadňuje prvotní zachycení zásadních souvislostí obdobných technologických systémů. Dál je pak nutno vydělit hlavní společné znaky dalších tříd, podle kterých je lze klasifikovat podrobněji.

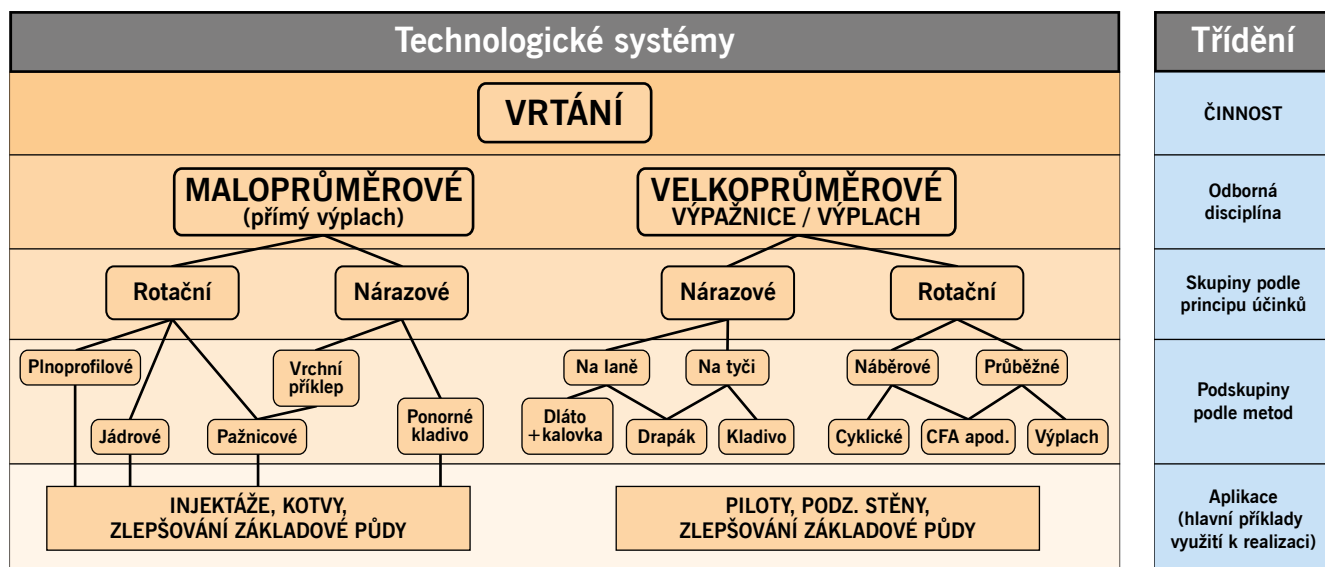
Třídění systémů

Z prvotního rozdělení se odvíjí další dělení technologií podle obvyklé hierarchie výrobních procesů. Dalším krokem je proto základní zařazení do rozdílných tříd, odborně definovaných jako disciplíny prací. Vhodným měřítkem je hlavní společný rys technologií v dané třídě. Následně je třeba rozdělit technologie do skupin podle principu účinků prováděcího zařízení nebo jeho akcí. A pak již z toho logicky vyplývá rozdělení do podskupin podle zaměření metod provádění, tedy podle prováděcích postupů a mechanizačního zařízení. Nakonec zbývá uvést rozdělení na typické aplikace nebo jejich příklady. Souhrnně je to znázorněno v tabulce 1.

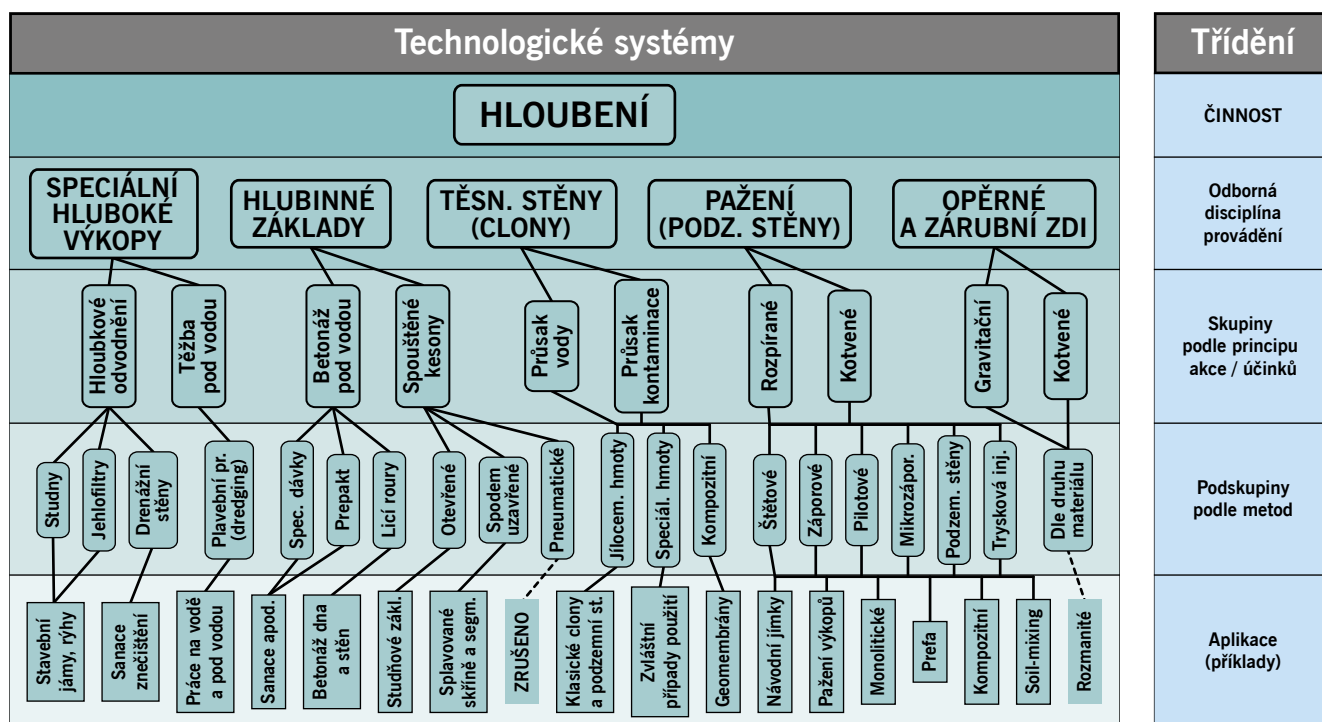
Jednotlivé přehledy roztržidění

Pro každý okruh činnosti zde uvádíme přehlednou, zjednodušenou klasifikaci podle uvedených metodiky v názorném tabulkovém diagramu utřídění (tab. 2, 3, 4, 5). Při porovnání těchto klasifikací je patrné, jak se některé hlavní činnosti vzájemně mezi sebou prolínají a doplňují – významně například při činnosti VRTÁNÍ. Nebo jak se vzájemně překrývají – například v činnosti ZLEPŠOVÁNÍ. V některých činnostech významně spolupůsobí s prováděcími postupy jiných oborů – například oboru zemních prací v činnosti HLOUBENÍ.

Naše přehledy poskytují základní souhrn užívaných technologií. Nečiní si však nárok zachytit veškeré podrobnosti a být kompletní i pro okrajové předměty. V tomto všeobecném roztržidění se také nezabýváme podrobnostmi, jako jsou parametry zmiňovaných technologií, ani navrhováním jejich použití. Podrobnější roztržidění je možno následně rozvinout uvnitř skupin nebo podskupin



Tabulka 3: Zjednodušený přehled a utřídění technologických systémů v okruhu činnosti VRTÁNÍ (© J.Řiřica)



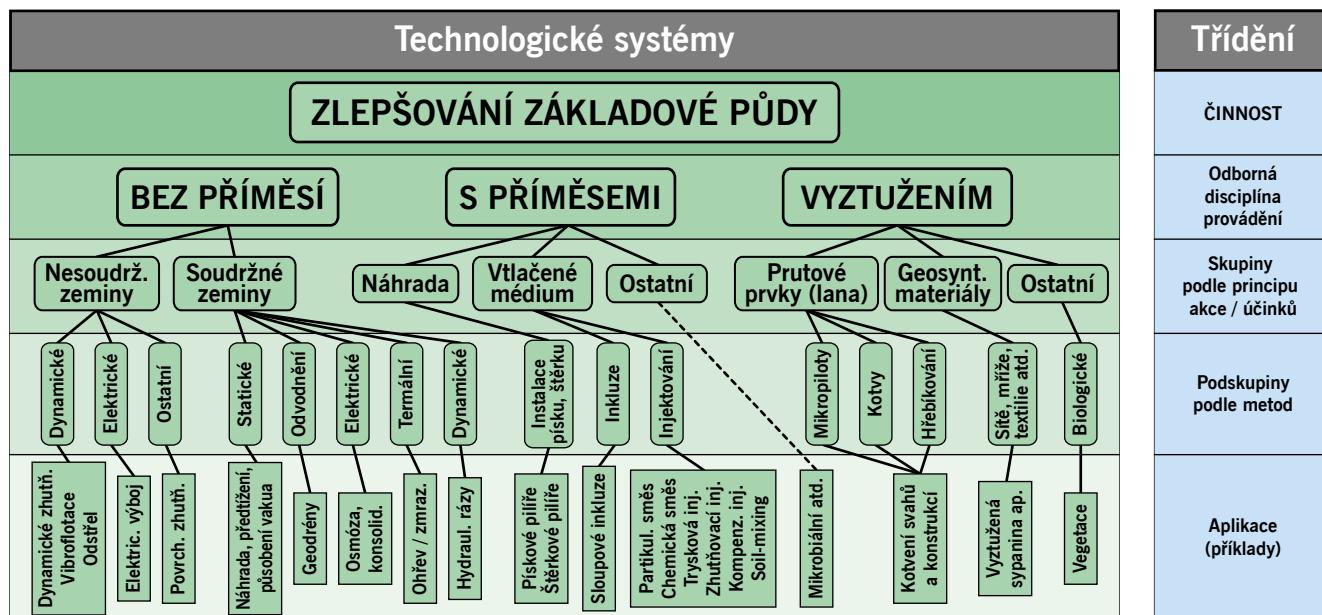
Tabulka 4: Zjednodušený přehled a utřídění technologických systémů v okruhu činností HLOUBENÍ (© J.Řiřica)

systémů. Je to vhodné provést u některých hojně rozvětvených činností přehledné klasifikace i pro jednotlivé oddělené technologické větve. V našem seriálu o historii to bylo již podobným způsobem učiněno – například pro injektáže, a to i při respektu k existující normě ČSN 12715 (15. část seriálu). Nebo zvláště upravené jen pro soil-mixing (18. část seriálu). U velmi komplikovaného okruhu

činností při zlepšování vlastností základových půd jsme sice naopak ponechali jako podklad seriálu podrobnější klasifikaci TC17-ISSMFE (20. část seriálu), nicméně zde též předkládáme nově upravenou zjednodušenou možnost (tab. 5). Obdobně bylo také zpracováno zařazení technologií pro speciální oblast sanace znečištění základové půdy (23. část seriálu).

Uvedená metoda utřídění technologických systémů oboru může být užitečná zejména pro pracovníky nově vstupující do oboru nebo pro účastníky přistupující ke spolupráci z jiných oborů. Poskytuje rychlou orientaci a širší rozhled v provázanosti a spletnosti technologií, které se obvykle získávají až po delší zkušenosti.

Ing. Jindřich Řiřica, ADSZS



Tabulka 5: Zjednodušený přehled a utřídění technologických systémů v okruhu činností ZLEPŠOVÁNÍ (© J.Řiřica)

Towards the classification methodology of foundation engineering techniques

Following our previous sequel on history of foundation engineering there is presented more detailed exposition on the classification methodology and on clearly arranged organisation of the subject. It is the matter with a lot of various working procedures, which has not been reviewed in its entirety from the point of historical evolution up to now. Therefore some suitable methodology has had to be created to organise mutually multifariously connected groups of execution technique systems, methods and applications into inherently related blocks. New methodology can be used as well in other opportunity, like for example for basic orientation at judgement on factors of so called technique effects.

I ředitel Národního technického muzea
Karel Ksandr ...



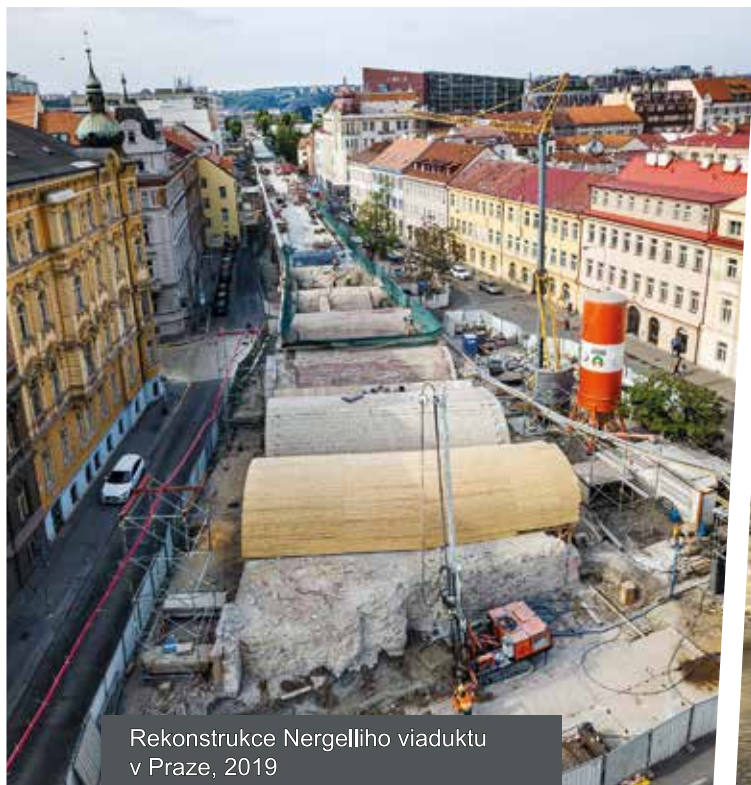
... čte časopis ZAKLÁDÁNÍ.

ZAKLÁDÁNÍ®
STAVEB





ZAKLÁDÁNÍ STAVEB®



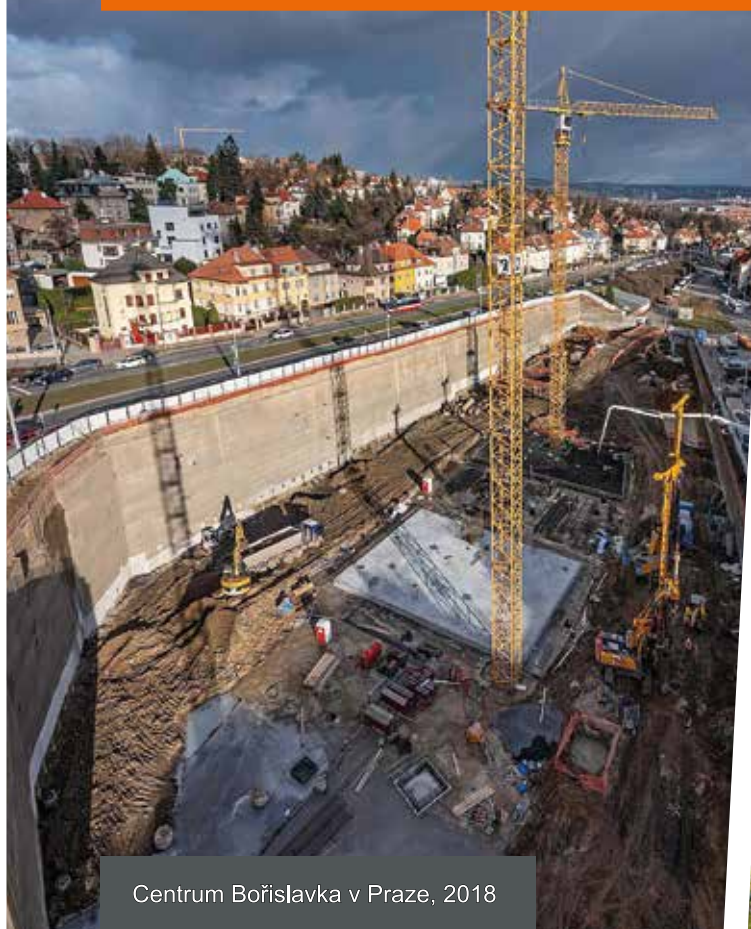
Rekonstrukce Nergelliho viaduktu
v Praze, 2019



Oprava ledolamů
Karlova mostu v Praze, 2019

Váš spolehlivý partner

pro všechny typy staveb



Centrum Bořislavka v Praze, 2018



Výstavba trasy I. D. metra v Praze, jedna
ze šachet geologického průzkumu, 2019



Obr. 1: Pohled do stavební jámy pro budovu BB2 – výkop na druhou kotvení úroveň

PAŽENÍ STAVEBNÍ JÁMY PRO BUDOVU BB2 DIMENZOVANÉ NA ZATÍŽENÍ ZEMĚTŘESENÍM V PROVOZOVANÉ JADERNÉ ELEKTRÁRNĚ KRŠKO VE SLOVINSKU

Na jaře roku 2017 uspěla společnost Zakládání staveb, a. s., ve výběrovém řízení na provedení konstrukcí zajištění stavební jámy nově budovaného objektu Bunkered Building 2 (BB2) v atomové elektrárně Krško. Forma kontraktu „design&build“ zahrnovala i vypracování kompletní sady projektové dokumentace ve stupních podle požadavků slovinských předpisů a zásad tamního stavebního řízení. Vlastní zajištění stavební jámy bylo provedeno klasickým způsobem kotvenými monolitickými podzemními stěnami. Unikátnost řešení představuje skutečnost, že podzemní stěny musely být navrženy na předepsanou úroveň seismického zatížení, což dimenze zajištění zcela zásadně mění. Objednatel společnosti Zakládání staveb, a. s., byla slovinská společnost Kolektor CPG, d. o. o., generálním dodavatelem stavby je italská společnost Ansaldo Nucleare spa a investorem je NEK Krško.

Základní informace o elektrárně

Jaderná elektrárna Krško leží blízko slovensko-chorvatské hranice na levém břehu řeky Sávy a je jedinou jadernou elektrárnou na území Slovinska. Její poloha tak předurčuje podmínky jejího provozování – je společnou slovinsko-chorvatskou investicí a dnes je vlastněna a provozována rovným dílem společně státními energetickými společnostmi Slovinska a Chorvatska.

Elektrárna byla vybudována v letech 1975–1981, do sítě byla poprvé připojena v říjnu 1981 a od ledna 1983 je v komerčním provozu. V současné době byla její životnost

prodloužena o 20 let do roku 2043. Svými zhruba 700 MW elektrického výkonu zajišťuje více než čtvrtinu spotřeby energie Slovinska a 15 % spotřeby Chorvatska. Elektrárna je vybavena technologií Westinghouse a je řízena podle amerických norem. Celkový počet zaměstnanců je cca 600. Jak konstatuje vedení elektrárny, během minulých 30 let provozu se podařilo zvládnout profesionální a technické standardy nukleární technologie, v současné době však vzrůstá potřeba aktivního PR s informováním veřejnosti o všech aspektech provozu jaderné elektrárny – garance bezpečnosti, konkurenceschopnost výroby

elektrické energie, ochrana životního prostředí včetně způsobu ukládání jaderného odpadu atd. V rámci tohoto PR elektrárna dokonce pořádá přednášky a besedy a areál navštíví ročně až 5000 zájemců o seznámení se s jejím provozem. Nicméně z vlastní zkušenosti musíme potvrdit, že bezpečnostní opatření na vstupu do areálu jsou na vysoké úrovni, pracovníci dodavatelů/stavebních firem podléhají přísným regulím, které mj. např. nedovolují pořizovat jakoukoli fotografickou dokumentaci a všechny fotografie u tohoto článku otištěné pocházejí přímo od investora nebo jsou staženy z otevřených zdrojů na internetu.



Obr. 2: Uvnitř areálu elektrárny



Obr. 3: Pohled na elektrárnu z JV strany

Základní informace o stavbě

Elektrárna zahájila proces tzv. fáze 3 bezpečnostního upgrade, který aktualizuje systém v intencích, které jsou do provozu jaderných elektráren zaváděny po zkušenostech z havárie JE Fukušima. Tato fáze zahrnuje výstavbu Bunkered Building 2 (BB2) včetně technologie, alternativního bezpečnostního vstřikovacího systému, záložního vodního nátokového systému a záložního systému elektro.

Práce spojené s aplikací fáze 3 bezpečnostního upgrade realizuje italská firma Ansaldo Nucleare se sídlem v Janově s podporou několika specializovaných, často lokálních firem, např. IBE Lublaň (projektant) či CPG Kolektor (dodavatel stavebních prací). Vlastní objekt BB2 projektuje francouzská společnost Tractebel. Celá dodávka by měla být kompletována v prosinci 2021.

Zadání a rozsah dodávky Zakládání staveb

V rámci zakázky na zajištění stavební jámy nově plánované budovy BB2 v intencích tendrové dokumentace byla vypracována i projektová dokumentace od koncepčního návrhu přes projekt pro stavební povolení do stupně prováděcí projekt v detailech výrobně-technické dokumentace.

Z důvodu velmi náročných požadavků na funkci pažení stavební jámy a nutnosti prezentace všemi stranami akceptovatelného řešení včetně statického posouzení se vstupní data projektu vícekrát měnila. To výrazně ovlivnilo dobu zpracování projektové dokumentace – první podklady jsme obdrželi v červnu 2017 a definitivní verzi výrobně-technické dokumentace jsme odevzdali v říjnu 2018. Obecně se jedná o vodonepropustnou konstrukci pažení po obvodu suterénních prostor budovy BB2, přičemž zajištění je dimenzováno vedle běžných zemních a vodních tlaků na zemětřesení PGA (vrcholové zrychlení horninového masivu) 0,45 g a ze severní strany na přitížení mělce založenou stávající budovou BB1, jejíž funkce musí být i v případě návrhového seismického zatížení zachována.

Pažící konstrukce tvoří rubové bednění podzemních obvodových stěn vestavby BB2, nicméně není s vlastním objektem nijak

propojena. Podzemní stěny jsou navrženy jako trvalá konstrukce se stabilizační funkcí v případě budoucích zemětřesných projevů, kotvení je dočasné s prodlouženou životností 3 roky (semipermanentní kotvy).

Staveniště a popis nově budovaného objektu

Budova BB2 je situována na relativně volném pozemku mezi stávající BB1, ve vzdálenosti 8 m od její fasády, a levým břehem řeky Sávy. Půdorysné rozměry objektu jsou 32x38 m, zastřešení je navrženo v úrovni cca 8 m nad terénem a objekt je založen v hloubce cca 12 m pod terénem.

V nově budované BB2 budou umístěny některé technologické celky, které budou po kolaudaci propojeny se zařízením v budově BB1. Budova BB2 je navržena na extrémní zatížení klimatickými vlivy včetně povodní a má odolat pádu letadla. Zatížení zemětřesením je pro vlastní konstrukci budovy zadáno v úrovni $PGA = 0,78$, hodnota pro posuzování jaderných elektráren je vyšší proti běžné zástavbě. Objekt je konstruován z masivního monolitického železobetonu, pod úrovní terénu je stavba povlakově izolována proti podzemní vodě s hladinou v úrovni cca 4,5 m pod povrchem terénu.

Princip zajištění stavební jámy

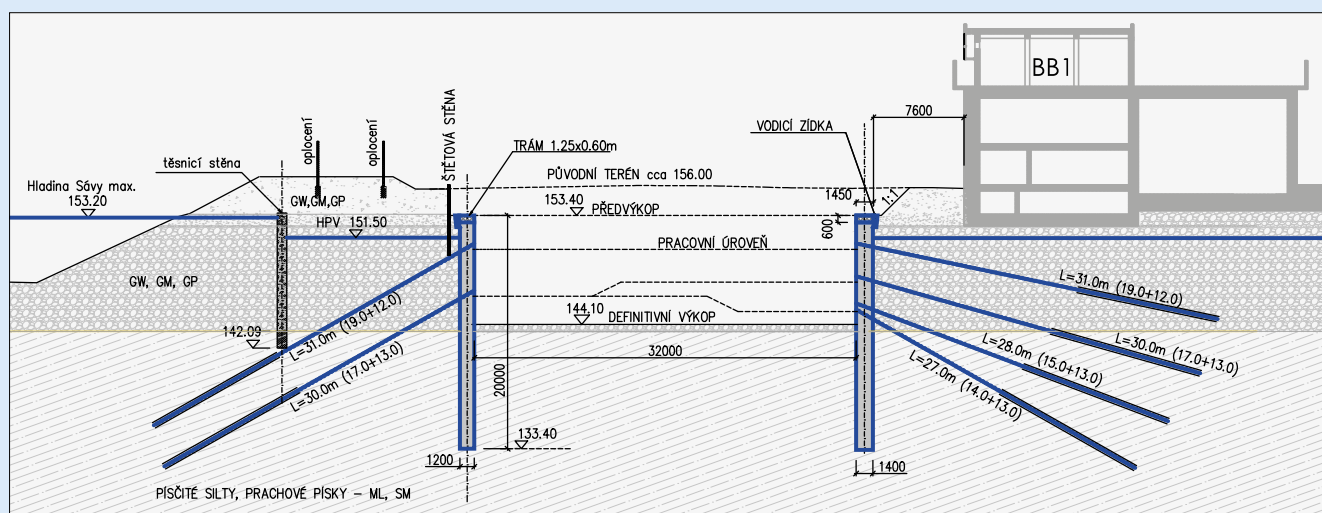
Již autor tendrové dokumentace předpokládal ve dvou úrovních kotvenou monolitickou podzemní stěnu – avšak pouze tloušťky 80 cm, provedenou z povrchu terénu bez předvýkopu. Výpočty zajištění stavební jámy na návrhové seismické zatížení PGA 0,45 g tento subtilní návrh tendrové dokumentace nepotvrdily a finanční náročnost akce se tak výrazně zvýšila. S cílem zajistit splnění požadovaného zadání, především pak spolehlivého zajištění budovy BB1 ve všech fázích výstavby objektu BB2, byly navrženy odpovídající dimenze pažení. Ve snaze o zlevnění zajištění jámy byl navržen předvýkop hloubky cca 2,5 m a následně příslušně zkráceny podzemní stěny – předvýkop je ze tří stran jámy svahovaný, podél říčního břehu s instalovaným bezpečnostním plotem elektrárny je pažen vetknutou štetovou stěnou.

Vlastní jáma je ze tří stran zapažena podzemními stěnami tl. 1200 mm kotvenými pramencovými kotvami ve dvou úrovních, strana severní pod stávajícím objektem BB1 je zajištěna podzemní stěnou tloušťky 1400 mm kotvenou ve třech úrovních (viz obr. 5).

V hlavě podzemních stěn je po celém obvodu do vodicích zídek vybetonován hlavový trám.



Obr. 4: Pohled na elektrárnu s vyznačenou polohou staveniště (foto před vzedmutím hladiny Sávy hydroelektrárnou Brežice)



Obr. 5: Schematický příčný řez stavební jámou

Geologie

Uložení geologických vrstev je víceméně vodorovné: svrchní vrstva je tvořena navážkou charakteru neulehlého štěrku s příměsí jemnozrné zeminy a byla odtěžena v rámci předvýkopu. V úrovni hlavy podzemních stěn se nachází subtilní vrstva aluviálních sedimentů CL, ML. V úrovni mezi hlavou podzemní stěny a výkopem byly zastíženy kvartérní říční sedimenty GW, GM, GP středně ulehle až ulehlé. Níže pak byla zastížena vrstva miocenních jílových až prachových sedimentů tuhé až pevné konzistence.

Hladina řeky Sávy byla v nedávné době zvednuta o 3 m výstavbou těsnicích pobřežních hrází nové hydroelektrárny Brežice (viz ZAKLÁDÁNÍ 2/2017, Těsnění podloží pravobřežní hráze při výstavbě přehradní nádrže pro vodní elektrárnu HE Brežice ve Slovinsku, Oto Petrášek). Její hladina se pohybuje mezi kótami 152,10–153,20 m n. m. Jadernou elektrárnou byla přijata adekvátní opatření včetně separace jejího pozemku od řečiště těsnicí podzemní stěnou, za níž, tj. v prostoru staveniště BB2, dosahuje hladina podzemní vody úrovně 150,50, přičemž návrhová hladina byla zadána na 151,50 m n. m.

Návrh pažení stavební jámy na předepsanou úroveň seismického zatížení

Návrh zajištění stavební jámy daného pravidelného půdorysu a hloubky 12 m vůči původnímu terénu se jeví jako banální geotechnický problém až do okamžiku posouzení konstrukcí na předepsanou úroveň zatížení seismického. V rámci přípravy dokumentace nebylo možné používat aplikace běžné v naší každodenní praxi, tj. aplikace založené na výpočtu zemních tlaků prostřednictvím pevnostních charakteristik zemin v kombinaci s jejich úpravou na dané seismické zatížení – způsob výpočtu se sníženými pevnostními parametry na zadané PGA lze najít v literatuře.

Pro výpočet nelineární úlohy s důrazem na vyjádření deformací v širokém okolí stavební

jámy byl použit program Plaxis s modulem „zemětřesení“.

V úvodních kolech přípravy projektové dokumentace pro nás výpočty zpracovali kolegové z 3-G Consulting Engineers, později, kdy bylo nutné znovu a použitelnému výpočetnímu modelu na míru vyhodnotit data IG průzkumu, jsme požádali o asistenci Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky Přírodovědecké fakulty University Karlovy v Praze. Jako nezávislá instituce byla k supervizi nad projektem investorem přizvána Lublaňská Univerzita, jejíž experti kontrolovali a doporučovali použití některých vstupních parametrů a hodnotili a posuzovali zpracování výpočtů.

Pro výpočet v Plaxisu byl zvolen model Hardening Soil Small Strain a výpočet byl vzhledem k charakteru kvartérních sedimentů proveden pro odvodněné i neodvodněné podmínky pro tři různé série akcelorogramů (tj. 2x horizontální + 1x vertikální). Základním vstupem seismického zatížení byl zadaný uměle vytvořený akcelorogram PGA 1,0 g v délce trvání cca 31 s – akcelorogram odpovídal předpisu *Regulatory Guide 1.60, Design response spectra for seismic design of nuclear power plants* US agentury Nuclear Regulatory Commission Office of Nuclear regulatory research. Základní vstupní akcelorogramy byly korigovány pro výpočetní použití a bylo nutno vytvořit další dva sady akcelorogramů v souladu s výše uvedenou směrnicí při dodržení předepsaného spektra.

Zatížení pažení stavení jámy seismicitou PGA 0,45 g zcela vybočuje z běžné praxe geotechnických výpočtů – srovnáme-li efekt statického zatížení severní stěny jámy pod objektem BB1 (PS 140) s hodnotami při zatížení zemětřesením, pohybujeme se v následujících hodnotách:

Statické zatížení:

- max. ohybový moment v podzemní stěně ... 1432,2 kNm/m,
- max. síla v kotvě ... 712,0 kN.

Seismické zatížení:

- max. ohybový moment v podzemní stěně ... 4187,7 kNm/m,
- max. síla v kotvě ... 1254,6 kN.

Během výpočtu v průběhu zemětřesné periody pak dochází k pohybům celé jámy a okolních objektů – výstupní video Plaxisu zcela naplňuje představy Středoevropa o vzniklých pohybech zemních mas, nicméně chování jednotlivých prvků řešení, v daném případě konstrukcí pažení stavební jámy, je v procesu velkých protisměrných zrychlení zcela nepředvídatelné.

Monitoring

Ke stavebním aktivitám uvnitř provozované atomové elektrárny patří instrumentace exponovaných konstrukcí a intenzivní monitoring. V daném případě bylo osazeno 6 inklinometrů pro sledování průhybů podzemních stěn (tři z nich umístěny pod objektem BB1) spolu s kontrolními měřicími body 3D geodetického sledování v ústí každé inklinometrické výpažnice, dále pak 15 dynamometrů na kotvách (z nich 9 umístěno ve stěně pod BB1) a podle návrhu generálního projektanta byla osazena série geodetických bodů i na vlastním objektu BB1. Stejně tak jako dimenze pažic konstrukce i systém jejího sledování byl především zaměřen na zjištění stavu jámy po eventuálním zatížení zemětřesením. Proto také nebyly zaznamenány žádné výchylky průhybů či sil na sledovaných kotvách od očekávaného stavu: Na obr. 6 je prezentován prakticky nulový průhyb východní stěny (bez vnějšího přitížení se dvěma kotevními úrovněmi), na obr. 7 jsou dokumentovány deformace podzemní stěny pod objektem BB1 v řádu prvních jednotek mm. Všechny dynamometry prokázaly přesnost napínání hydraulickými lisami v rozsahu $\pm 4\%$ od jednotné předpínací síly 700 kN a následně nárůst, event. pokles, kotevních sil v rozsahu jednotek kN (vysoké předpínací síly byly opět voleny pro zatížení zemětřesením a tyto síly se pod statickým zatížením neměnily).

Závěr

Zajištění stavební jámy pro novou budovu BB2 bylo provedeno kvalitně, v požadovaném termínu, který se bohužel odvinul od výrazně opožděného zahájení vlastních stavebních prací díky opakovanému zpracovávání projektové dokumentace na měnící se zadání generálního dodavatele, jak bylo konstatováno výše. Příprava projektové dokumentace, tedy především statické posouzení zajištění s aplikací poměrně vysokého stupně zemětřesení, byla mimořádně náročná, neboť tato disciplína není v našich zeměpisných šířkách běžnou aktivitou. V několika kolech jednání s týmem expertů investora z Univerzity v Lublani byl zvolen model výpočtu odpovídající problému; upgrade výsledků IGP a výpočet vzorových příčných řezů jámou zpracoval doc. RNDr. David Mašín, Ph.D., konzultace v oboru zemětřesení a zprostředkování dat předepsaných akcelorogramů do podoby výpočetních vstupů poskytl prof. RNDr. Tomáš Fišer, Ph.D. Oběma pánům za asistenci upřímně děkujeme.

Ing. Petr Nosek, Zakládání staveb, a. s.

Poznámka: Kromě fotografické dokumentace z archivu investora NEK Krško byla v článku použita data a fotografická dokumentace z následujících webových stránek:

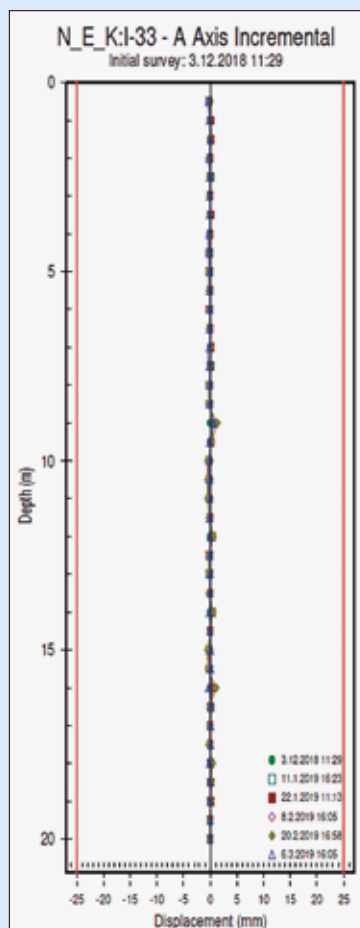
https://en.wikipedia.org/wiki/Kr%C5%A1ko_Nuclear_Power_Plant

<https://ejatlas.org/conflict/krsko-nuclear-power-plant-slovenia>

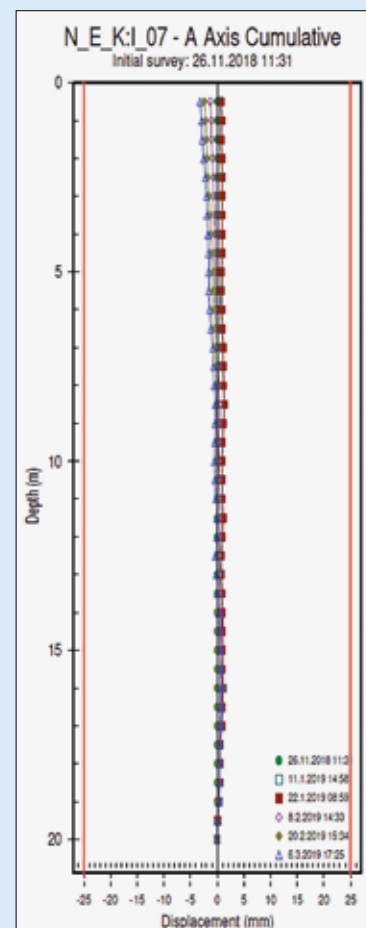
<https://www.nek.si/en>

<https://www.total-croatia-news.com/business/27779-krsko-nuclear-power-plant-another-croatia-slovenia-dispute>

business/27779-krsko-nuclear-power-plant-another-croatia-slovenia-dispute



Obr. 6: Příklad výstupu inklinometrického měření – inklinometr ve východní straně jámy bez přetížení objektem BB1



Obr. 7: Příklad výstupu inklinometrického měření – inklinometr v severní straně jámy pod objektem BB1

Retaining Walls of a Construction Pit for the BB2 Building in the Nuclear Power Plant under Operation in Krško, Slovenia, Designed to Withstand an Earthquake

In spring 2017 the company Zakládání staveb, a. s. won a tender for delivering structures securing the construction pit for the newly constructed Bunkered Building 2 (BB2) in the Nuclear Power Plant Krško. The „design&build“ contract form included also elaborating complete set of design documentation in stages according to the requirements of Slovenian regulations and principles of local construction procedures. Securing the construction pit itself was carried out in a conventional way by anchored cast in place diaphragm walls. Uniqueness of the solution consists in the fact that diaphragm walls had to be designed to withstand a specified level of seismic load, which fundamentally changes the retaining walls dimensions. Slovenian company Kolektor CPG, d. o. o. was the ordering party for Zakládání staveb, a. s., Italian company Ansaldo Nucleare spa is the General Contractor for the project and Nuklearna elektrarna Krško / NEK Krško is the project Investor.

REALIZACE PAŽICÍ KONSTRUKCE STAVEBNÍ JÁMY OBJEKTU BB2 JADERNÉ ELEKTRÁRNY KRŠKO VE SLOVINSKU

Dodávka prací společnosti Zakládání staveb, a. s., ve smlouvě o dílo zahrnovala kromě provedení projektové dokumentace, popsané částečně v předcházejícím textu, i provedení jednotlivých technologií speciálního zakládání pro zajištění stavební jámy. Jednalo se především o zhotovení podzemní stěny extrémních tloušťek 1200 a 1400 mm, pramencových kotev a dočasná štětová stěna pro zajištění předvýkopu.

Postup prací a provádění jednotlivých technologií

Zkušební kotvy

V rámci přípravy projektu ve stupni realizační dokumentace provedlo Zakládání staveb, a. s., v dubnu 2018 typovou zkoušku kotev. Jednalo se o 3 ks 7pramencových

kotev délky 34 m, umístěných uvnitř půdorysu budoucí stavební jámy; realizovány byly z povrchu terénu, délka a sklon kotev odpovídaly předpokládanému umístění kořene kotev při finálním kotvení stěn stavební jámy. Pro zkoušení kotev byl vytvořen roznášecí železobetonový blok rozměru 6,0x2,2x0,8 m.

Dočasná štětová stěna

Dočasná štětovnice bylo nutno instalovat z důvodu zajištění dostatečného odstupu mezi bezpečnostním plotem a předvýkopem stavební jámy. Jednalo se o štětovou stěnu z VL 604 délky 6 m. Štětovnice byly zabírány pomocí vibroberanidla ICE 416 a kolového autojeřábu. Tyto práce probíhaly v srpnu 2018.



Zařízení staveniště uvnitř elektrárny

Podzemní stěna

Podzemní stěna se realizovala z předvýkopu hloubky cca –2,5 m na kótě 153,4 m, půdorysných rozměrů cca 36x42 m. Jak již bylo uvedeno v předchozím textu, podzemní stěna měla tloušťku 1200, resp. 1400 mm; hloubka podzemní stěny byla 20 m.

V areálu jaderné elektrárny byl obecně velmi omezený prostor pro umístění zařízení staveniště i přístupových cest do stavební jámy. V úrovni stávajícího terénu podél východní strany stavební jámy byla zhotovena železobetonová deska pro umístění výrobní bentonitové pažicí suspenze s kapacitou 300 m³. Na západní straně stavební jámy byla zřízena přístupová cesta pro dopravu výkopku z těžby podzemní stěny a čerstvého betonu. V severovýchodním rohu stavební jámy byla zřízena rampa pro pásový jeřáb, který zajišťoval svislou dopravu armokošů.

Výroba armokošů probíhala mimo areál jaderné elektrárny, jednotlivé armokoše byly uzpůsobeny svými rozměry možnostem dopravy a byly na stavbu dováženy na návěsech. Výrobu a dopravu čerstvého betonu zajišťovala betonárna umístěná uvnitř technologické části jaderné elektrárny.

Pro těžbu rýhy podzemní stěny byl nasazen lanový drapák Stein K 810 šířky 1200 a 1400 mm. Nosičem byl pásový bagrjeřáb Liebherr HS 855HD. Betonáž byla zajišťována pásovým bagrjeřábem Liebherr HS 843HD. Příprava a regenerace pažicí suspenze probíhala na míchacím centru TWM 30 a BE 250. Pro maximální omezení vjezdů a výjezdů z areálu elektrárny, byl při instalaci podzemních stěn zaveden režim tálání recyklace bentonitové suspenze.

Aby se snížilo namáhání armokošů při jejich zvedání z vodorovné polohy a osazování do rýhy, byly pro tento účel používány dva vrátky a lanová kladka.

Podzemní stěna je složena z 22 ks vícezáběrových lamel. Teoretický objem betonáže jedné lamely byl od 153 m³ do 190 m³. Krytí výztuže bylo zajištěno pomocí distančních trubek.

Postup výstavby podzemních stěn

Nejprve byla provedena severní stěna stavební jámy v blízkosti BB1 s tloušťkou stěny 1400 mm, poté následovala realizace zbývajících stěn tloušťky 1200 mm. Na západní stěně bylo nutno koordinovat těžbu a betonáž jednotlivých lamel s ohledem na zachování přístupu do stavební jámy.



Betonáž lamely v severní podzemní stěně pod BB1

Pramencové kotvy

Pro kotvení podzemních stěny byly použity 6pramencové kotvy s prodlouženou dobou životnosti 3 roky a s těsněním proti tlaku podzemní vody.

- I. KÚ je na kótě 151 m, délka kotev je 31 m s volnou délkou 19 m a kořenem 12 m;
- II. KÚ je na kótě 148 m pod objektem BB1, resp. 147 m u dalších stran stavební jámy, délka kotev je 30 m s volnou délkou 17 m a kořenem 13 m;
- III. KÚ je na kótě 145,89, resp. 145,35 m pod objektem BB1, délky 28 m, resp. 27 m, s volnou délkou 15 m, resp. 14, a kořenem 13 m.

Zkušební síla kotev byla 1320 kN, zaručená síla byla 700 kN, resp. 480 kN u III. KÚ.

Pro hloubení vrtů pro kotvy byly nasazeny vrtné soupravy Jano 7, HVS 6187, Klemm KR 807-7, vrtné soutyčí pažnic prům. 178 mm, vzduchové kompresory AC 317, výplachové čerpadlo Haponic VP125/400 a injekční čerpadlo Haponic IS 250 C/1080.

Injektáž kořenů kotev byla prováděna PVC injekčními trubkami prům. 32 mm s etážemi po 0,5 m. K napínání byla použita napínací pistole TENSA M 2100kN.

Úprava povrchu podzemní stěny

Z II. a III. KÚ a z úrovně základové spáry byl povrch podzemní stěny očištěn do předepsaných tolerancí daných projektem. Pro tento účel byly nasazeny pásový bagr Liebherr R 924 compact a skalní fréza Erkat 650. Prostor hlav kotev byl vyplněn stříkaným betonem.



Osazování výpažnice tl. 1,4 m v severní stěně

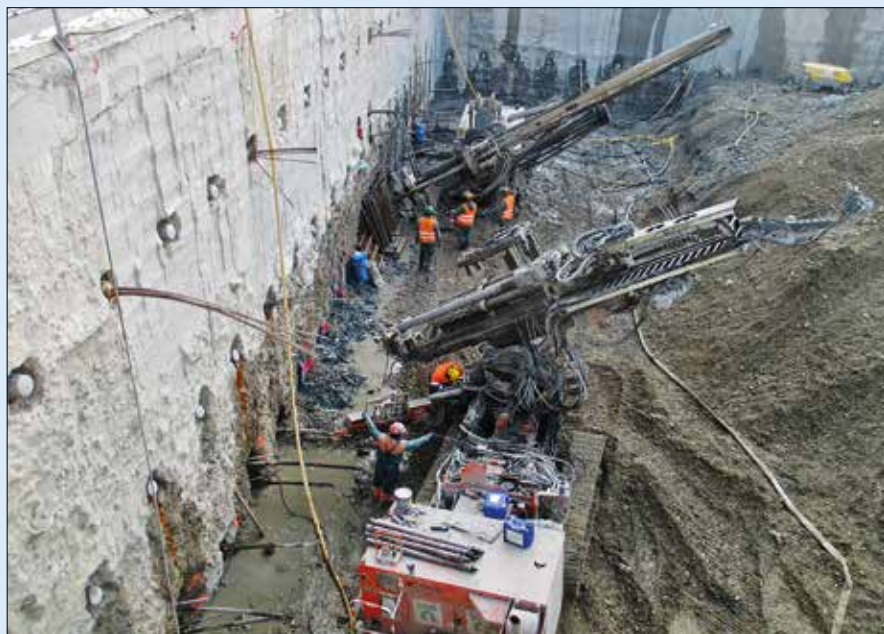
Hlavní výměry prací pro stavební jámu BB2

Výkop stavební jámy včetně předvýkopu na pracovní úroveň: ... 15 759 m³,
Dočasná štětová stěna VL 604: ... 281 m²,
Podzemní stěna šířky 1400 mm: ... 808 m²,
Podzemní stěna šířky 1200 mm: ... 2088 m²,
Hlavový trám podzemní stěny: ... 114 m³,
Frézování povrchu podzemní stěny: ... 1302 m²,
Dočasné 6pramenné kotvy s prodlouženou životností 3 roky a s těsněním proti tlaku podzemní vody: ... 202 ks, 6048 m.

Závěr

Projekt od podání nabídky přes realizaci trval zhruba dva roky. V současné době zbývá odinstalovat štětovou stěnu zajišťující bezpečnostní oplocení jaderné elektrárny. To je podmíněno vlastní výstavbou objektu BB2 na úroveň stávajícího terénu a provedením zpětného zásypu. Předpokládaný termín je na začátku roku 2020.

Projekt zajištění stavební jámy i vlastní provedení splnily v plné míře vysoké nároky kladené investorem, společností NEK Krško, na všechny aspekty tohoto díla a umožní výstavbu nového



Kotvení ve druhé úrovni

Provedení předvýkopu, výkop stavební jámy a provedení hlavového věnce podzemní stěny zajišťoval objednatel – společnost Kolektor CPG, d. o. o.

objektu BB2. Ve stanoveném termínu se podařilo uskutečnit zakázku, která je svým charakterem výjimečná, a to zejména v těchto ohledech: – Zvýšené nároky na parametry pažicí konstrukce, která musí odolat zvýšenému dynamickému namáhání. Zakládání staveb, a. s., zde poprvé realizovalo podzemní stěnu šířky 1400 mm.

– Vlastní provádění prací bylo nutno přizpůsobit režimu provozu jaderného zařízení se všemi souvislostmi – bezpečnostní prověrka pracovníků, denní a týdenní dispečink činností s koordinací a dozorem pracovníky investora a generálního dodavatele. Bezpečnostní dohled pro přepravu zařízení a materiálu použitého na stavbě.

Ing. Libor Petrů, Zakládání staveb, a. s.



Výkop na 2. korevní úrovni



Definitivní výkop

Execution of Construction Pit Retaining Walls for the BB2 Building of the Nuclear Power Plant Krško in Slovenia

The work delivered by Zakládání staveb, a. s., as specified by the Work Contract, comprised particular technologies of special foundation engineering for securing the construction pit, in addition to the elaboration of design documentation, as partially described in the preceding text. It consisted especially in constructing diaphragm walls of extreme thicknesses (1200 and 1400 mm), strand anchors and a temporary sheet pile wall for securing the pre-excitation pit.



Vizualizace budoucí podoby Centra Bořislavka, pohled směrem k Vítěznému náměstí

CENTRUM BOŘISLAVKA NA EVROPSKÉ TŘIDĚ V PRAZE 6

Na Evropské třídě v Praze 6 mezi ulicemi Evropská, Liberijská a Kladenská vyrůstá v dnešních dnech nad úroveň terénu vrchní stavba multifunkčního Centra Bořislavka. Dokončena je již asi polovina stavby. Více než 19 metrů hlubokou a 203 metry dlouhou stavební jámu s kapacitou 580 parkovacích míst vyplnila již železobetonová konstrukce. Vlajkový projekt skupiny KKCG s celkem 24 000 m² špičkově vybavených kanceláří a dvoupodlažní nákupní pasáží propojenou se stanicí metra Bořislavka na tomto místě vzniká od loňského června a má být dokončen na začátku roku 2021. V následujících textech přiblížíme hlavní rysy tohoto unikátního projektu za více než 3 mld. korun a popíšeme způsob zajištění hluboké stavební jámy.

O projektu

Developer projektu Centra Bořislavka společnost KKCG Real Estate vstoupil do území u stanice metra Bořislavka v roce 2012, když koupil svažitý lichoběžníkový pozemek o rozloze zhruba 12 000 m², na němž mělo v souladu s platným stavebním povolením vyrůst komerční centrum s převahou obchodních ploch a menším kancelářským komponentem. KKCG se na základě analýz lokality a nabídky moderních kancelářských ploch a nákupních příležitostí v populární rezidenční čtvrti Prahy 6 rozhodla poměr obrátit, nákupní centrum zmenšit na třetinu celkové plochy a projekt oživit příjemnou, rozlehlou pobytovou terasou s výhledem na město, s dostatkem zeleně, která by nabídla obyvatelům této části Prahy prostor k setkávání a posezení v kavárně nebo v restauraci. Z tohoto podloží pak vyrůstají krystalické struktury čtyř administrativních budov. O financování této ambiciózní investice ve výši 3 miliard korun se dělí tři bankovní domy: Unicredit Bank, Česká spořitelna a Komerční banka.



Vizualizace podoby jednoho z „krystalů“ novostavby

Architektonické řešení

„Vizi společnosti KKCG bylo vytvořit na tomto místě unikátní architekturu. V roce 2013 jsme proto zorganizovali mezinárodní architektonický workshop za účasti světových veličin, jako jsou Coop Himmelb(l)au, Kohn Pedersen Fox, Hadi Teherani, Ian Bogli Architects, z českých pak CMC Architects a Aulík Fišer architekti (AFARCH), jejichž návrh jsme nakonec jako vítězný vybrali k realizaci,“ vysvětluje vývoj nové podoby projektu ředitel KKCG Real Estate Patrik Skála.

Architekti AFARCH v souladu se zadáním KKCG rozbili původně monolitickou hmotu kanceláří do čtyř krystalických útvarů, pootočených tak, aby kopírovaly hranice pozemku. „Geometrie objektů vychází z fraktální podobnosti přírody, tedy z principu, podle kterého má kámen určité příbuzné geometrické vlastnosti jako skála, ze které se odlomil. Pozemek, na kterém komplex stojí, je velice nepravidelný, s ostrým úhlem a velkým výškovým rozdílem. Jedná se tak o podobnost domů s místem – s reliéfem, na kterém se nacházejí,“ popisuje architekt Jan Aulík z ateliéru AFARCH.

První budova nejbližší stanici metra sleduje hranu ulice Liberijská. Další dvě budovy se postupně stáčíjí do směru Evropské ulice a poslední, čtvrtý objekt již zcela respektuje uliční linii. Paralelně s tím, jak klesá terén podél Evropské ulice, snižuje se také výška budov od sedmipatrové po poslední pětipatrovou. Nelehký úkol vytvořit pětipatrovou fasádu krystalických útvarů, která by byla naprosto čirá, bez obvyklého namodralého nádechu, svěřil developer společnosti Sipral. Náročné bylo také splnit požadavky na tepelnou propustnost fasády tak, aby projekt odpovídal



Centrum Bořislavka bude tvořené čtyřmi samostatnými budovami, pohled k severu

standardům certifikace LEED Gold. Jako materiál pro fasádu s celkovou plochou 17 000 m² proto investor s architektem zvolili trojsklo Clear, díky kterému bude v budově zachováno příjemné prostředí i při intenzivním slunečním osvětlení. O další ochlazení vzduchu se postarají chladicí trámy a v zimě bude objekt vytápěn dálkovou párou z teplárny.

Většina kancelářských ploch se bude nacházet v první nejvyšší položené dvojici budov (směrem od centra): objekty propojené společným parterem zde nabídnou 17 500 m² moderních kanceláří. Hlavní dominantu komplexu přímo u křižovatky ulic Evropská a Liberijská obsadí investor projektu skupina KKCG spolu s další

firmou ze skupiny, Moravskými naftovými doly. S druhou budovou, sídlem společnosti Sazka, ji propojí rozlehlá reprezentativní lobby. Další dvě budovy blíže centru, propojené s celkem 3patrovými podzemními garážemi a nákupní pasáží, nabídnou společně zhruba 8000 m² kanceláří k pronájmu – s terasami v nejvyšším patře a s restauracemi, kavárnou a komunitním centrem v přízemí. Retailové prostory budou ústít na veřejnou piazzetu, jejíž příjemná atmosféra bude umocněna uměleckým dílem.

*zpracováno dle tiskové zprávy
KKCG Real Estate*



Stavební jáma v těsné blízkosti Evropské třídy, pohledy k západu a k východu



Bořislavka Centre on the Evropská Avenue in Prague 6

The superstructure of the multifunctional Bořislavka Centre has been rising above the ground level on the Evropská Avenue in Prague 6 between the streets Evropská, Liberijská and Kladenská these days. Approximately half of the structure has been completed. A reinforced concrete structure has filled a 19 m deep and 203 m long construction pit with a capacity of more than 580 parking places. A flagship project of the KKCG Group comprising the total of 24 000 m² top-equipped offices and a two-storeyed shopping arcade interconnected with the underground station of Bořislavka has been coming into existence in this location since last June and is expected to be completed by the beginning of the year 2021. The following articles deal with the main features of this unique project costing over 3 thousand million CZK and describe the way of securing the deep construction pit.



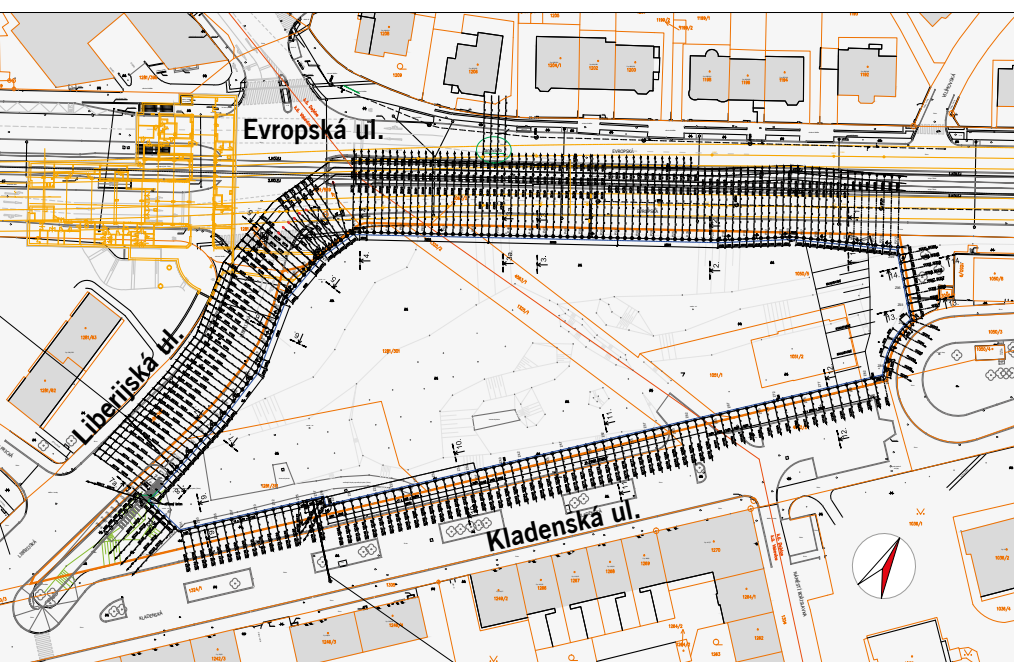
NÁVRH ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY CENTRA BOŘISLAVKA V PRAZE

Hluboká stavební jáma objektu Centra Bořislavka je určena pro třípodlažní podzemní garáže o kapacitě přes 500 osobních aut. Pažení jámy bylo řešeno několika konstrukcemi speciálního zakládání. Podél Evropské a Liberijské ulice byla k zajištění výkopu použita kotvená pilotová stěna, podél ulice Kladenské pak kotvené záporové pažení. V článku přinášíme podrobnější informace o technickém řešení těchto konstrukcí a rovněž i o prováděném monitoringu, který byl významnou součástí procesu výstavby pažení.

Multifunkční objekt Centra Bořislavka je situovaný ve svažitém terénu vymezeném ulicemi Evropská, Liberijská a Kladenská.

Půdorysná dispozice je přibližně ve tvaru trojúhelníku se základnami 203x153x93 m. Obvod stavební jámy je 497 m, půdorysná plocha

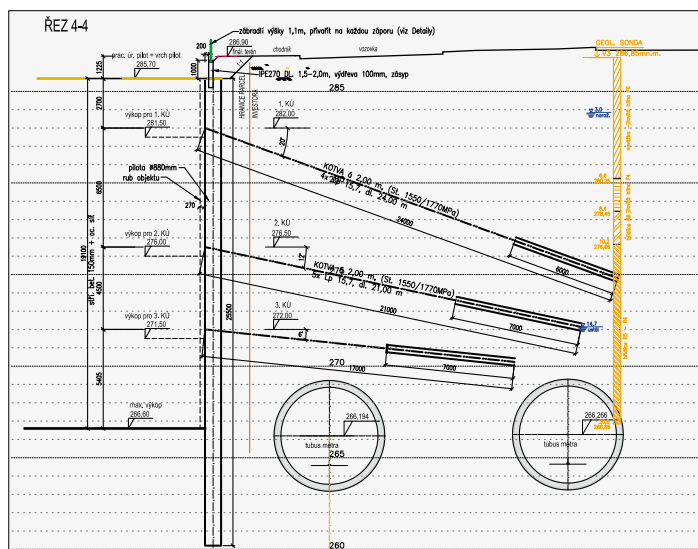
v úrovni základové spáry je 10 250 m². Výška výkopu podél ulice Evropské je 12–19 m, podél ulice Kladenské 5–9 m.



Zajištění stavební jámy Centra Bořislavka kotvenou pilotovou a záporovou stěnou

Geologické poměry

Skalní podklad zájmového území tvoří horniny *dobrotivských břidlic*. Zastiženy byly v hloubce 4,60–14,80 m pod povrchem terénu na kótě 261,0–279,2 m n. m. Nejbližší povrchu terénu se skalní podklad vyskytuje v severozápadní části lokality a nejhluběji je v jihovýchodní části. Svrchní zvětralinná zóna je tvořena silně zvětralými až rozloženými břidlicemi. Silně zvětralé až rozložené břidlice jsou hnědě zbarvené, mají charakter jílu pevné konzistence s hojnými střípkami a drobnými úlomky břidlic. Mocnost polohy rozložených břidlic je 1,50–3,90 m. Silně zvětralé až rozložené břidlice však netvoří povrch skalního podkladu na celé ploše zájmového území. Některými sondami nebyly vůbec zastiženy a povrch skalního podkladu lokálně začíná polohou zvětralých břidlic. Mocnost polohy zvětralých břidlic je vyšší než 8 m. Deluviální sedimenty tvoří přímé nadloží skalního podkladu na celé ploše zájmového území. Jedná se o zvětřeliny hornin skalního



Řez pažicí kotvenou pilotovou stěnou kolmo na Evropskou třídu s vyznačením polohy tubusu metra

podloží přemístěné svahovými pohyby. Zastoupeny jsou převážně písčité jíly až hlíny s proměnlivým obsahem úlomků hornin, které mohou lokálně přecházet až do kamenitých sutí. Konzistence písčitých jílu a písčito-jílovitých hlín je na rozhraní tuhá až pevná. Nejmladší polohu pokryvných útvarů tvoří navážky, kterými byl upravován terén. Jejich složení je obecně velmi nestejnorodé, podle průzkumných sond mají navážky charakter převážně písčité a jílovité hlíny s různorodou příměsí, převážně stavebního odpadu. Mocnost navážek je v severní části území až 6,60 m, naopak v jižní části lokality se výrazně snižuje na 0,30–0,50 m.

Hydrogeologické poměry

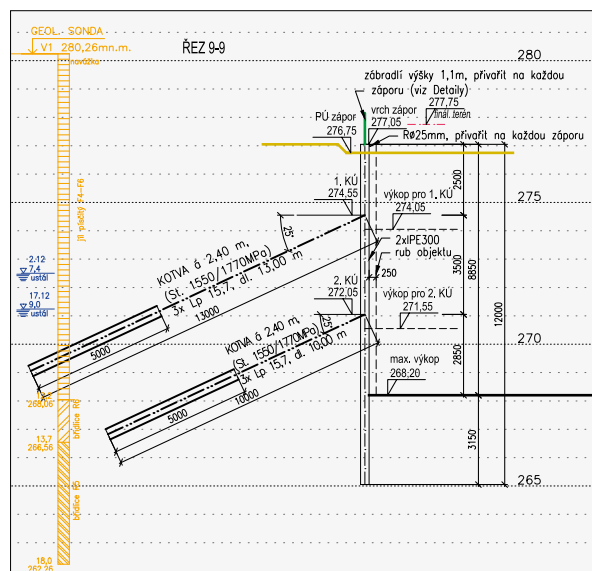
V deluviálních sedimentech je pohyb podzemní vody vázán na písčité a kamenité polohy vyznačující se relativně vyšší průlinovou propustností. Podzemní voda byla průzkumnými sondami zastižena v bazálních částech deluviálních sedimentů. Jílovité břidlice se vyznačují omezenou puklinovou propustností, v nezvětřalém stavu jsou prakticky nepropustné. Nevytváří se zde stálá a souvislá zvodně. Výraznější zvodnění se objevuje ve vyšších partiích skalního podkladu, kde jsou břidlice silně rozpukané, navíc v přímém kontaktu se zvodnělými nadložními pokryvnými útvary. V úrovni hladiny podzemní vody došlo v souvislosti s výstavbou metra v Evropské ulici k zásadním změnám ve smyslu snížení její úrovně. Obecně byla voda očekávána v hloubce 7 m (jih) až 14 m (sever) pod terénem. Podzemní voda je zde slabě agresivní na betonové konstrukce, dle ČSN EN 206-1 stupeň XA1.

Zajištění stavební jámy

K zajištění výkopu podél ulic Evropská a Liberijská byla navržena pažicí pilotová stěna z pilot Ø 880 mm v osové vzdálenosti 2,0 m o délkách 18,5–25,5 m. Důvodem pro

zvolený typ konstrukce byla velká hloubka pažení a požadavek na jeho minimální deformace z důvodu přilehlé trasy metra.

Vrty pro piloty byly zapaženy pomocí ocelových dvouplášťových pažnic. Piloty byly betonovány pomocí licích rour sahajících až nad dno vrtu. V souladu s ČSN EN 206-1 a ČSN EN 1536 byl navržen beton C 20/25 X0, konzistence S4. Výztuž pilot byla ze svařovaných armokošů z oceli 10 505 (R). Centrického osazení armokošů a zajištění krytí bylo dosaženo pomocí distančníků z betonových koleček. Armokoše byly vyrobeny ze dvou částí, stykovaných montážními svary ve svislé poloze při osazování. V určených pilotách byly do košů osazeny profily pro inklinometrická měření. Pilotová stěna byla v horní části zvýšena záporovým pažením: v hlavách



Řez kotvenou záporovou stěnou kolmo na ulici Kladenskou

pilot byly do čerstvého betonu osazeny profily IPE300 o délce 2,0 a 2,5 m. V místě podchodu pod ulicí Liberijskou byly piloty nastaveny profily HEB300 o délce 5,0 m. Ostění pilotové stěny tvoří hlazený stříkaný beton C 20/25 staticky nutné tloušťky 150 mm. Výztuž je tvořena 1x sítí KARI 100/8–100/8. Síť je fixována na svorníky 2x Ø R12 zavrtané do pilot ve výškové vzdálenosti ≤ 0,5 m. V případě tl. stříkaného betonu ≥ 150 mm byla výztuž tvořena 2x sítí KARI – vnitřní 100/6–100/6 a vnější (do jámy) 100/8–100/8. Povrch horniny pod torkretem je v každém poli odvodněn pomocí perforovaných hadic Ø 80 mm obalených geotextilií. Koruna pilotové stěny byla opatřena stříkaným betonem tl. 20–30 mm. Prostor mezi nosníky IPE300 a HEB300 byl vyplněn polohraněnou výdřevou tl. 100 mm.



Provádění pilot v SV části stavební jámy

Kotvení pažicí pilotové stěny bylo navrženo ve třech úrovních pomocí dočasných pramencových kotev 4–5x Lp Ø 15,7 mm (0,62"), 1570/1770 MPa. Zálivka a vysokotlaká injektáž kotev jsou provedeny cementovou zálivkou $c : v = 2,2 : 1$ (cement CEM II/B-S 32,5 R, $\rho = 1,87 \text{ kg/l}$). Zakotvení bylo navrženo bez převázek (kotvena je každá pilota). Kotvy byly hloubeny na finální délku přímo přes piloty předvrtané diamantovým vrtákem. Prostor pro kotevní desku byl vyfrézován až k výztuži piloty. Podkladní deska je kruhová rozměrů 300x35 mm. U kotev 1K06, 2K06, 1K21, 2K21, 1K38, 2K38, 3K38, 1K53, 2K53, 3K53, 1K66, 2K66 a 3K66 byly osazeny dynamometry. Z důvodu ochrany objektu před bludnými proudy jsou u kotev podél ulic Evropská a Liberijská provedeny tyto úpravy hlavy: Hlava kotev je opatřena typovým plastovým krytem a podkotevní ochrana a výplň hlavy jsou provedeny jílocementem.

Podél ulice Kladenské bylo navrženo záporové pažení. Záporny jsou tvořeny profily 2x IPE300 o délkách 7,0–12,0 m. Nosníky jsou osazeny do vrtů Ø 880 mm. K dosažení požadované přesnosti byly vrty pažení pomocí ocelových dvouplášťových pažnic. Většinou část záporny byla do úrovně výkopu vyplněna betonem C 8/10 (B10). Zbývající část vrtu byla vyplněna píščito-šterkovitým materiálem stabilizovaným cementem (50 kg/m³).

Koruna zápor je sprážena táhlem Ø R 25 přivařeným na každou záporu.

V místech, kde byly zastíženy sypké zeminy, jsou pažiny dřevěné polohraněné tl. 100 mm z jehličnatého řeziva jakosti S7. Prostor mezi pažinami a odtěženou zeminou byl dokonale vyplněn zásypovým materiálem. V oblasti kotev byl k aktivaci pažin použit beton C 4/5.

V případě, že při těžbě byly zastíženy pevné kohezivní zeminy, byl prováděn přímo stříkaný beton C 20/25 tl. min. 150 mm (staticky nutná tloušťka). Výztuž je 1x síť KARI 100/8–100/8.

Povrch zeminy/horniny pod torkretem byl v každém poli odvodněn opět pomocí perforovaných hadic Ø 80 mm, obalených geotextilií. V projektu bylo navrženo zakotvení zápor v 1–2 úrovních pomocí dočasných pramencových kotev 3x Lp Ø 15,7 mm (0,62"), 1570/1770 MPa. Zálivka a vysokotlaká injektáž kotev jsou provedeny cementovou zálivkou $c : v = 2,2 : 1$ (cement CEM II/B-S 32,5 R, objemová hmotnost 1,87 kg/l). Hlavy kotev jsou umístěny mezi profily IPE a nepřesahují líc pažení.

Sledování deformací

Projekt sledování deformací, samotné měření a vyhodnocování výsledků zajišťovala firma INSET. Sledovány byly zejména horizontální deformace pažení pomocí inklinometrů a deformace tubusů metra v několika příčných

profilech. U kotev v těchto profilech byla pomocí dynamometrů sledována síla v kotvách. Na základě výsledků provedených měření se pokusím o stručné shrnutí této rozsáhlé observace:

- Interpretace výsledků zhotovitelem měření ve vztahu k objednateli způsobovala značné komplikace typu „šíření poplašných zpráv“. Lépe se osvědčilo ponechat komentář na statikovi konstrukce.
- Měření sil v kotvách a deformací pažení v daném profilu dávaly rozporuplné výsledky: při klesající síle rostly deformace.
- Anomálie v měření deformací pomocí inklinometrů se nepodařilo vždy spolehlivě objasnit.
- Teprve po značné době se podařilo s využitím geodetického sledování stabilizovat výsledky horizontálních deformací pažení. Celkově tak odpovídaly návrhovým hodnotám i makroskopickým projevům pažicí konstrukce.

Závěr

V současnosti probíhá výstavba monolitické konstrukce a výškově již překročila niveletu ulice Evropské. Jako autor dodavatelské dokumentace se domnívám, že pažicí konstrukce byly navrženy efektivním a zároveň po statické stránce dostatečně spolehlivým způsobem.

*Ing. Miroslav Dušek, FG Consult, s. r. o.
Foto u celého tématu: Libor Štěrba
Vizualizace: Aulík Fišer architekti, s. r. o.*

REALIZACE PAŽENÍ STAVEBNÍ JÁMY

Hlavní práce speciálního zakládání na zajištění stavební jámy byly zahájeny realizací **pažicích pilot** v úseku od ulice Liberijská východním směrem podél ulice Evropská. Na práce byla nejprve nasazena jedna velkoprofilová vrtná souprava BG 24 H a pro zkrácení doby provádění pak brzy i druhá souprava BG 25.

Z pažicí pilotové stěny byla nejprve provedena pilota určená pro měření horizontálních deformací pažicí konstrukce. Tato pilota byla vystrojena inklinometrem; osazování a měření zajišťovala firma Inset. Samotná betonáž piloty musela probíhat velmi opatrně a za přítomnosti techniků firmy Inset tak, aby nedošlo

k poškození nebo narušení svislé polohy inklinometrů. Práce na hloubení vrtů pro piloty a osazování armokošů probíhaly standardním způsobem. V místě podchodu pod ulicí Liberijskou (propojující budoucí objekt se stanicí metra Bořislavka) byly do čerstvého betonu pilot osazeny profily



Provádění kotev 2. KÚ na pilotové stěně podél Evropské třídy



Z větší části provedené pažení stavební jámy podél Evropské třídy, pohled k západu



Pažení stavební jámy podél ulice Liberijské dosahovalo výšky až 20 m.



Pohled na západní část stavební jámy, vlevo záporová stěna podél Kladenské ulice, vpravo pažení podél ulice Liberijské

HEB 300, resp. IPE 300. Tyto profily zde sloužily jako zápor pro výdřevu nad úrovní hlav pilot. Celkem bylo na pažení jámy provedeno 137 ks pilot celkové délky 2905 m.

Po dokončení prací na pilotové stěně byla zahájena další etapa pažení podél ulice Kladenské. Zde byla prováděna **záporová stěna**, tvořená záporami z dvojice svařených profilů IPE 300 Ø 880 mm a kořenem vyplněným betonem C 8/10.

Na hloubení vrtů pro zápor byla nasazena jedna vrtná souprava BG 24H. Celkem bylo provedeno 99 ks zápor celkové délky 948 m. Po dokončení pilotové a záporové stěny na obvodu stavební jámy byla zahájena těžba stavební jámy a realizace **pramencových kotev**. Práce probíhaly po jednotlivých kotevních úrovních. Před zahájením hloubení vrtů pro osazení kotev byly piloty v pilotové stěně převrtány rotačním jádrovým způsobem za použití diamantové vrtné korunky. Následně byly hloubeny vrty pro osazení dočasných kotev dle projektové dokumentace. Po úspěšné injektáži kotev cementovou injektční směsí byly osazeny podkotevní hlavy a napnuty kotvy na předpínací sílu od 250 kN do 550 kN. Na každou hlavu již napnuté kotvy pilotové stěny byl osazen plastový kryt kotevní hlavy. U některých kotev byly osazeny dynamometry pro průběžné měření případných deformací stěn stavební jámy.

Na maloprofilové vrtné práce byla nasazena vrtná souprava HBM 12 CB, kořeny kotev byly injektovány čerpadlem Hapon. Celkem bylo pro kotvení pilotové i záporové stěny provedeno 501 ks kotev celkové délky 8592 m.

Fáze realizace kotvení stěn stavební jámy byla náročná na koordinaci navazujících prací s dalšími činnostmi, jako byly výkopové

práce, stříkané a hlazené betony, výdřevu zápor, průvrty pilotami atd.

Po polovině roku 2019, kdy vestavba pažení jámy postoupila do úrovně terénu, byla zahájena **stavba podchodu spojujícího nový objekt se stanicí metra Bořislavka**. Pažení jakož i výstavba vlastní železobetonové vestavby probíhaly ve dvou etapách a každá si vyžádala zábor jednoho jízdního pruhu ulice Liberijské. Zajištění vestavby podchodu bylo tvořeno záporami IPE 360 osazenými do vrtů průměru 640 mm. Líc záporové stěny byl ve vrchní části tvořen dřevěnými pažinami tl. 100 mm, ve spodní části byl proveden stříkaný beton tl. 150 mm vyztužený KARI sítěmi. Pažení bylo rozepřeno ve dvou úrovních pomocí rozpěr z profilů 2x U300 a převážek 2x IPE 360. Po dokončení vestavby žlb. konstrukce podchodu první etapy a uvedení komunikace nad podchodem do provozu byla obdobným způsobem provedena druhá etapa.

Vzhledem k tomu, že se jednalo o práce realizované v záboru, který tvořil jeden jízdní pruh ulice Liberijská, tedy ve velmi stísňených podmínkách, v blízkosti přechodu pro chodce a frekventované ulice Evropské, byla na vrtné práce nasazena co nejmenší velkoprofilová souprava Liebherr LB16. Veškeré práce v záboru musely být prováděny s velkou opatrností tak, aby nemohlo být ohroženo blízké okolí staveniště.

Sestaveno dle textů **Jana Spudila** a **Filipa Koudelky**, *Zakládání staveb*, a. s.

Investor: Bořislavka Office & Shopping Centre, s. r. o., (KKCG Real Estate)
Stavební manažer: PM Group CZ, s. r. o.
Architekt: Aulík Fišer architekti, s. r. o.
Projektant: Casua, spol. s r. o.
Projekt speciálního založení: FG Consult, s. r. o.
Zajištění stavební jámy: Zakládání staveb, a. s.



Celkový pohled na stavební jámu, paženou již téměř až na úroveň základové spáry, pohled k východu

The Design of Securing the Construction Pit for the Bořislavka Centre in Prague

The deep construction pit of the Bořislavka Centre is intended for three-storeyed underground garages for over 500 cars. Bracing the pit was designed using various special foundation engineering structures. Along the Evropská and Liberijská streets an anchored pile wall was built to secure the excavation, along the Kladenská street anchored rider bracing was used. The article brings more detailed information on the technical design of these structures as well as on conducted monitoring which was an important part of the bracing construction process.



NOVÁ ČEKACÍ STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ REJDĚ PLAVEBNÍCH KOMOR ŠTVANICE V CENTRU PRAHY

Modernizace rejd plavební komory spočívala ve vybudování nových čekacích stání pro malá a návrhová plavidla v horní a dolní rejdě plavební komory, opravě stávajících nábrežních zdí a zajištění potřebných plavebních hloubek v obou rejdech prohrábkou dnových sedimentů. Při modernizaci rejd byla využito široké spektrum technologií speciálního zakládání – uplatnění zde našly převrtávané pilotové stěny, trysková injektáž, štětové stěny a samozřejmě také pramencové kotvy. Část prací probíhala z vodní hladiny za použití lodních mechanismů. Samostatnou kapitolou pak bylo vystrojení lodních stání v řečišti Vltavy svislými dalbami osazovanými do velkopřůměrových vrtů.

Důvody modernizace a základní popis stávajících plavebních komor

Plavební komory Štvanice se nacházejí při pravé straně ostrova Štvanice za Hlávkovým mostem a jsou součástí významné dopravní vodní cesty. Vedle sebe jsou zde dvě souběžné plavební komory. Velká komora je rozdělena na dvě části o délkách 97 a 72 metrů, malá má délku 55 metrů. Šířka obou komor je stejná, 11 m.

Štvanické plavební komory jsou jedněmi z nejvytíženějších plavebních komor v ČR. Je zde intenzivní provoz jak malých plavidel, tak i velkých výletních lodí, kabinových lodí a potenciálně i nákladních plavidel. Právě takto smíšený provoz vyžaduje velkou pozornost vůdců plavidel zejména při čekání na proplavení. Rejdy plavebních komor nebyly vybaveny odpovídajícím čekacím stáním, které by bylo v souladu s aktuálně platnými zákonnými

úpravami. Neexistence čekacích stání neúměrně zvyšuje riziko plavební nehody. Cílem modernizace rejd je tak zabezpečit v dolní i horní rejdě dostatečné kapacitní a technicky vyhovující oddělená čekací stání pro malá a návrhová plavidla. Současně bude provedena i prohrábká dna Vltavy na potřebnou minimální plavební hloubku 2,5 m v obou rejdech. Horní rejda má délku 124 metrů a šířku 30 metrů, dolní rejda má délku 329 metrů a šířku 23 až 32 metrů. Vybudování čekacích stání odpovídajících požadavkům moderní plavby umožní lepší a bezpečnější využití vodní cesty. Dojde k zvýšení bezpečnosti plavidel při proplavování plavební komorou Štvanice. Zároveň dojde i ke zvýšení spolehlivosti plavebního provozu v rámci centrální Prahy a rovněž zvýšení atraktivity a pohodlí pro uživatele vodní cesty prostřednictvím vybudování potřebné infrastruktury.

Architektonické řešení konstrukcí je odlišné pro horní a dolní čekací stání, neboť každé je vybaveno zcela odlišným typem konstrukcí.

Dolní rejda PK Štvanice

- vybudování nového čekacího stání pro malá plavidla,
- vybudování nového čekacího stání pro návrhová plavidla,
- zajištění plavebních hloubek prohrábkou dna,
- osvětlení rejdy,
- nové plavební značení a informační systém.

Horní rejda PK Štvanice

- vybudování nového čekacího stání pro malá plavidla,
- zajištění plavebních hloubek prohrábkou u stávajícího čekacího stání pro návrhová plavidla,
- osvětlení celé rejdy,
- nové plavební značení a informační systém.

Parametry

- rozměry návrhového plavidla: 137,0x10,6 m (výhledově 137,0x11,4 m),
- rozměry malého plavidla: 20,0x3,5 m,
- minimální plavební hloubka pro návrhová plavidla: 2,5 m (2,2 m ponor + 0,3 m marže), přičemž veškeré nově zřizované stavební konstrukce budou umožňovat zvýšení plavební hloubky na 3,3 m (2,8 m ponor + 0,5 m marže),
- minimální plavební hloubka pro malá plavidla: 2,1 m (1,8 m ponor + 0,3 m marže).

Dolní rejda

Nové čekací stání u nové nábrežní zdi

V dolní rejdě se jedná o zásadní úpravu původní břehové linie – vybudování nové levo-břežní nábrežní zdi v návaznosti na zpevněnou část pilíře Negrelliho viaduktu. Prostor pro umístění nového čekacího stání byl před úpravou tvořen šikmým břehem ostrova Štvanice, povrchově upraveným dlažbou do betonu, pod hladinou pak opevněným kamenným záhozem. V rámci stavby byla tedy tato linie nahrazena svislou nábrežní zdí zhruba v místě průsečíku původní úrovně hladiny a svahu. (Prostor čekacího stání je zde od řečiště u pravého břehu Vltavy částečně oddělen stávající železobetonovou dělicí navigační zdí.) Svah nad linií nové stěny bude opevněn kamennou rovnatinou.

Čekací stání bude sloužit pro jedno návrhové a jedno malé plavidlo (1 x 137 m + 1 x 20 m). Budou zde krátkodobě kotvit plavidla před vjezdem do plavební komory. Osoby zde nebudou nastupovat ani vystupovat a nebude expedován žádný náklad. Stání je umístěno v úseku ř. km 50,43–50,23.

V prvním úseku je nová nábrežní zeď vedena v délce 7,4 m šikmo směrem ke břehu v prodloužení ochrany pilíře. Poté je již stěna vedena rovnoběžně s plavební dráhou, a to v délce 110 m, poté následuje mírná korekce směru a další, 80 m dlouhý příčný úsek. Stavební řešení předpokládalo vybudování nábrežní zdi, jejíž koruna se nachází v úrovni 181,95 m n. m., v kombinaci s odsazenou opěrnou zdí, jejíž koruna se nachází v úrovni 183,20 m n. m., tedy v úrovni svahové lavičky břehu ostrova. Řešení stěny s odskokem a sníženou korunou je navrženo z důvodů estetických – optické rozdělení vysoké svislé stěny a rovněž i z důvodů provádění a komfortu údržby.

Záporové pažení

Pro vybudování nábrežní zdi, konstrukčně řešené jako trvalá pilotová stěna, bylo nutné použít dočasné pomocné konstrukce. Jednalo se především o zřízení kotveného záporového pažení, zajišťujícího potřebný prostor pro výstavbu a umožňujícího vytvoření manipulační plošiny/lavice, ze které bude nábrežní zeď realizována. Tato plošina byla vytvořena rozsáhlým zemním



Celkový pohled na staveniště PK Štvanice, po pravé straně výstavba nové nábrežní zdi na dolní vodě

násypem hrubozrnného kamenitého materiálu, uloženým do koryta Vltavy s korunou na úrovni cca 181,20 m n. m., s šířkou v koruně 10 m od osy budoucí pilotové stěny směrem do řeky. Svah i pata plošiny byly z důvodu stability opevněny těžkým kamenným záhozem s hmotností kamenů do 200 kg s urovnáním líce. Na konci plošiny byla vybudována nájezdová rampa vedoucí až na korunu břehu ostrova, ze které byl umožněn přístup stavební technice z prostoru zařízení staveniště. Rampa byla navržena ve sklonu 1 : 5 a šířky 5 m. Jelikož zemní těleso plošiny zasahovalo do plavební dráhy, byla její hranice vyznačena pomocí bójí. Po dokončení stavby bude tato pracovní plošina bez zbytku odstraněna.

Práce byly zahájeny prohrábkou a výkopem rýhy pro budoucí záhozovou patu. Výstavba plošiny probíhala částečně ze břehu za pomoci zemních strojů a částečně z vody s pomocí tlačných člunů (TČ 1000) a remorkérů. Malá plavební komora byla během výstavby uzavřena. Plavební provoz přes velkou plavební komoru však v této fázi stavby přerušen nebyl a plavba probíhala dále ve vymezené plavební dráze. Plavidla s nákladem materiálu pro násyp plošiny se musela pohybovat mimo vymezenou plavební dráhu. Záhozový kámen byl přepravován na místo stavby po vodě z překládky v přístavu Praha-Holešovice, vzdáleného 3,5 km. Zdrojovým lomem byl lom Žernovka, vzdálený 35 km. Do přístavu Holešovice byl záhozový materiál dopraven automobily. Výplňový hrubozrnný materiál byl přepraven na místo stavby plavidly z překladiště Lužec, vzdáleného 45 km.

V dalším kroku bylo z dokončené pracovní plošiny realizováno dočasné záporové pažení z vibrovaných ocelových záporů I300 mm délky 7,0 m. Stabilita pažení byla zajištěna pramenovými zemními kotvami 3x Lp15,3 délky 8,0 m v osové vzdálenosti 4,0 m se sklonem 20° a s délkou kořene 3,0 m. Kotvy byly osazovány do vrtu Ø 156 mm a napnuty přes ocelovou převážku 2x U300 mm. Potřebný stavební prostor i přístup pro tyto práce zajišťovala v plné míře manipulační plošina a práce proto mohly probíhat bez využití plavidel. Před výstavbou pilotové stěny se pak pouze odtěžila část svahu v lici záporového pažení, výšková úroveň manipulační plošiny se neměnila. Povrch této plošiny byl zpevněn tak, aby umožňoval pojezd vrtných souprav o hmotnosti 80 tun.

Převrtávaná pilotová stěna

Konstrukčně je nová nábrežní zeď řešena jako svislá pilotová stěna z převrtávaných pilot Ø 640 mm, v rozteči 450 mm, délky 9 m, vetknutá do skalního podloží a kotvená v jedné úrovni pomocí kotev umístěných v hlavě pilot v žlb. trámu výšky 1,0 m. Pilotová stěna je tvořena primárními nevyztuženými a sekundárními vyztuženými pilotami a byla zde navržena jako trvalá. Při zahájení vrtání pilot i v jeho průběhu byla nutná přítomnost geologa, který průběžně dokumentoval zastižený geologický profil tak, aby bylo možné případné zastižené anomálie konzultovat s projektantem. Piloty byly betonovány pomocí licíhrou a byly z betonu C 25/30 XC2, XF3, XA1, D_{max} 16, konzistence S4. Armokoše sekundárních pilot jsou z betonářské výztuže z oceli B500B a jsou vytaženy 950 mm nad čistý



Vrtání velkopřůměrových pilot tvořících statickou část konstrukce nové nábrežní zdi na dolní vodě

beton pilot a zavázány do hlavového trámu. Pilotová stěna je kotvená jednou řadou trvalých 6pramencových kotev Lp15,5 napnutých na 400 kN, délky 12 m s délkou injektovaného kořene 6 m. Hlavy kotev jsou umístěny v hlavovém trámu v osových vzdálenostech 2,5 m a osazeny v úhlu 20°. Hlava kotev je z důvodů provádění umístěna nad úrovní max. plavební hladiny.

Za kotvenou převrtávanou pilotovou stěnou se nachází nízká opěrná zídka tvaru „L“, jež definitivně zajišťí zbývající výšku svahu. Zídka je železobetonová s kamenným obkladem. Odvedení drenážní vody zajišťují sběrné drenážní roury DN 100 obalené geotextilií. Vyústění jsou pod hladinu řeky pomocí PVC trubek DN80 v intervalech po 10 m. Pochozí plato je navrženo šířky 1,6 m a bude tvořeno kamennou dlažbou do betonu, vyspádovanou směrem k řece.

Štěťová jímka

Po dokončení realizace pilotové stěny z převrtávaných pilot a zakotvení hlavového trámu bylo dalším krokem výstavby obetonování spodní části pilotové stěny a obložení horní části této stěny kamenným obkladem v celé

její délce. Pro tento účel bylo nutné jednak snížit hladinu v řece na minimální plavební hladinu a také vybudovat podél pilotové stěny těsněnou štětovou jímku. Jímka byla vytvořena ze štětovnic VL 604 délky 6 m, beraněných rovnoběžně podél stěny z převrtávaných pilot ve vzdálenosti 2,8 m od osy pilot. Na obou koncích pak byla stěna jímky zalomena a dotěsněna k pilotové stěně pomocí sloupů tryskové injektáže (TI) Ø 900 mm. Po délce byla jímka následně rozdělena pomocí tří přepážek, vytvořených opět pomocí sloupů TI Ø 900 mm, délky cca 6 m, na čtyři úseky. Těžba zeminy, následné práce uvnitř jímky a s nimi spojené nutné čerpání vody probíhaly tak vždy pouze v jednom úseku. Každý úsek pak byl ještě rozdělen na dvě dilatační sekce. Vlastní štětová jímka byla staticky zajištěna ve dvou úrovních pomocí rozpěr ze štětovnic Larssen III n v půdorysných vzdálenostech 3,6, resp. 4,8 m. Roznášecí rám byl z ocelového profilu 2x IPE 300.

Při realizaci se však v části stěny nepodařilo štětovnicí vlivem nepříznivých geologických podmínek zaberanit na potřebnou hloubku 1,25 m pod dno budoucího výkopu, jak bylo předpokládáno projektem, ale v průměru

pouze na hloubku cca 0,6 m (od štětovnice č. 200 do štětovnice č. 335). Druhá rozpěrná úroveň by tak byla po vytěžení jímky namáhána podstatně více, než předpokládal statický výpočet. Zmenšit rozteč rozpěr tak, aby byly schopné zvětšené síly přenést, nebylo reálné, protože by pak prakticky nebylo možné stavební jámu přes rozpěry dotěžit ani v ní provádět potřebné stavební práce. Rozteč rozpěr byla proto zachována a profily převázky i rozpěry byly posíleny. Převážka tak byla ve druhé rozpěrné úrovni vytvořena z dvojice profilů IPE 360 (namísto 2x IPE 300) a rozpěry ze zdvojeného profilu 2x IPE330 (namísto 1x Larssen III n). Z výše uvedených důvodů bylo také velmi důležité, aby při provádění zemních prací nedošlo k přehloubení výkopů pod předepsanou úroveň, stanovenou na kótu 177,8 m n. m. pro montáž dolního rozepření a 176,6 m n. m. pro definitivní výkop. Hloubení jímky na úroveň definitivního výkopu bylo prováděno vždy pouze v části jímky, kde byly následně ihned zhotoveny podkladní betony tloušťky 20 cm se sítí Ø 6 mm s oky 100/100 mm, jelikož tato betonová vrstva na dně stavební jámy sloužila rovněž k rozepření štětovnic do



Nábrežní zeď ve fázi realizace hlavového trámu nad pilotovou stěnou



Vrtání kotev přes osazené průchodky v hlavovém trámu pilotové stěny



Dokončovací práce v horní části nábrežní zdi s již osazenými pacholaty a vybetonovanou navazující L zídkou



Vibrování štětové jímky ze štětovnic VL 604

pilotové stěny. V místech štětovnic nedoberených dle původního předpokladu byla výtěžná síť v podkladních betonech zdvojnásobena a beton byl tak vyztužen při obou površích. Poté, kdy byl podkladní beton schopen přenést zatížení z pilotové stěny, tedy cca 14 dnů po jeho betonáži, bylo možné dolní ocelové rozpěry demontovat, aby nebránily následné realizaci přibetonávky pilotové stěny.

Uvnitř vytěžené jímky byl nejprve otryskán povrch pilot a dále byly do pilot navrtány a osazeny kotvení prvky. Podkladní i spodní přibetonávka jakožto i kamenný obklad jsou totiž do pilotové stěny kotveny pomocí chemických kotev v rozteči 0,45x0,90 m. Následně byly v dolní části pilotové stěny osazeny svařované sítě, instalováno bednění a provedena železobetonová finální přibetonávka. Ta má tloušťku

40 cm a je založena 20 cm pod plánovanou úroveň výhledově plánované minimální plavební hloubky (ponor 2,80 m + marže 0,5 m). Horní část pilotové stěny pak byla opatřena kamenným obkladem, jenž začíná 50 cm pod úrovní minimální plavební hladiny a je zakotven rovněž do železobetonové podkladní přibetonávky. Do hlavového trámu vybudovaného nad pilotovou stěnou pak byly osazeny úvazné typové prvky, a sice pachole (typ dle VL 3714) umístěné v koruně zdi a vázací trn (typ VL 3715) umístěný 1 m nad min. plavební hladinou. Vázací prvky jsou rozmístěny v osových vzdálenostech 20 m v prvním přímém úseku a v druhém úseku po 5 m. Součástí vybavení zdi jsou i nerezové žebříčky, umožňující výstup na pochozí plato. Po odstranění dočasné štětové jímky bude odtěžena i manipulační plošina. Vytěžený záhozový kámen z opevnění

manipulační plošiny bude pak postupně dopravován do horní rejdy PK k výstavbě opevnění svahu u horního čekacího stání.

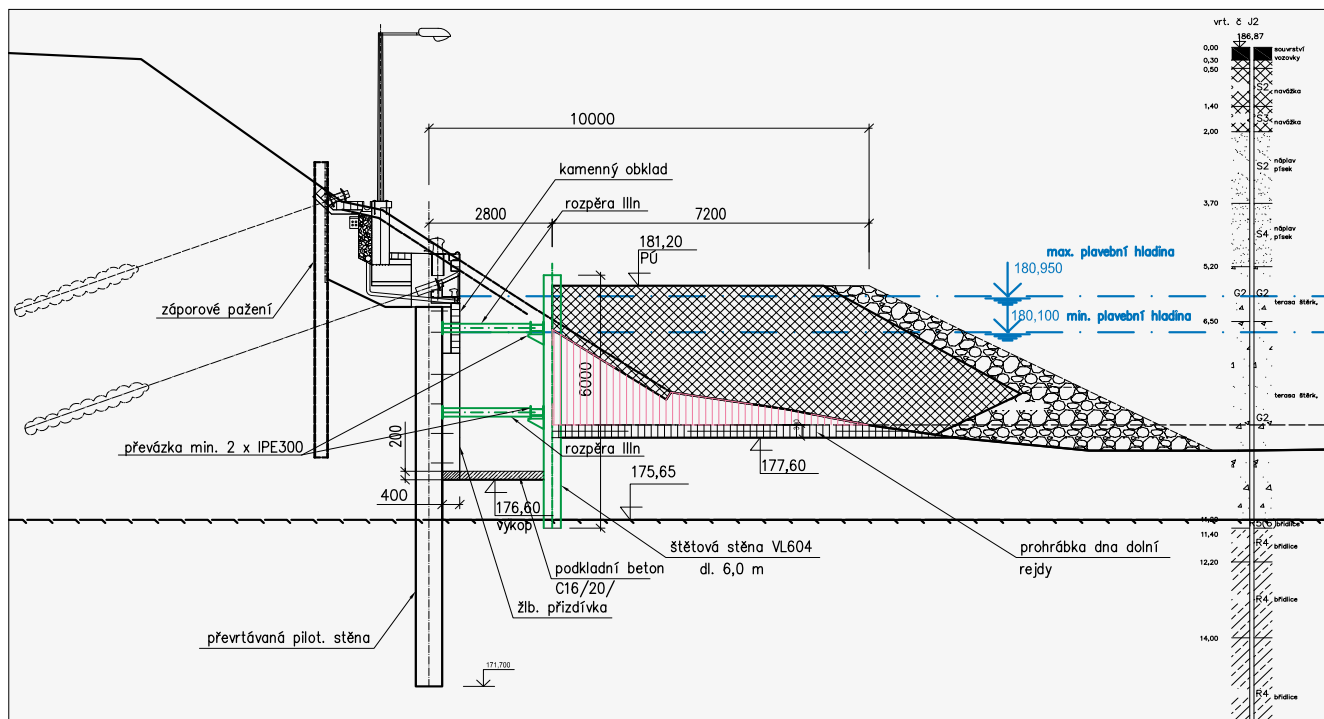
Horní rejda

Nové čekací stání z ocelových dalb

Čekací stání na horní rejde je nově tvořeno 7 kusy dalb z ocelových rour instalovaných do vodní hladiny, bez zásahu do stávajícího břehu. Dalby vyčnívají nad max. plavební hladinu 1,5 m, resp. 2,5 m nad minimální plavební hladinu. Konstrukčně jsou navrženy pro plánovanou minimální hloubku ponoru 3,30 m ($2,80 + 0,50$) z důvodů, že jejich prodloužení by bylo již v budoucnu nerealizovatelné. Stání v horní vodě bude sloužit pro dvě malá plavidla délky 20 m. Zahajovací fázi výstavby v tomto úseku bylo provedení prohrábků a rýh v patě svahu pro



První fáze výkopových prací v dokončené štětové jímce s již osazenou první řadou rozpěr



Charakteristický příčný řez konstrukcemi spojenými s výstavbou nové nábrežní zdi na dolní vodě



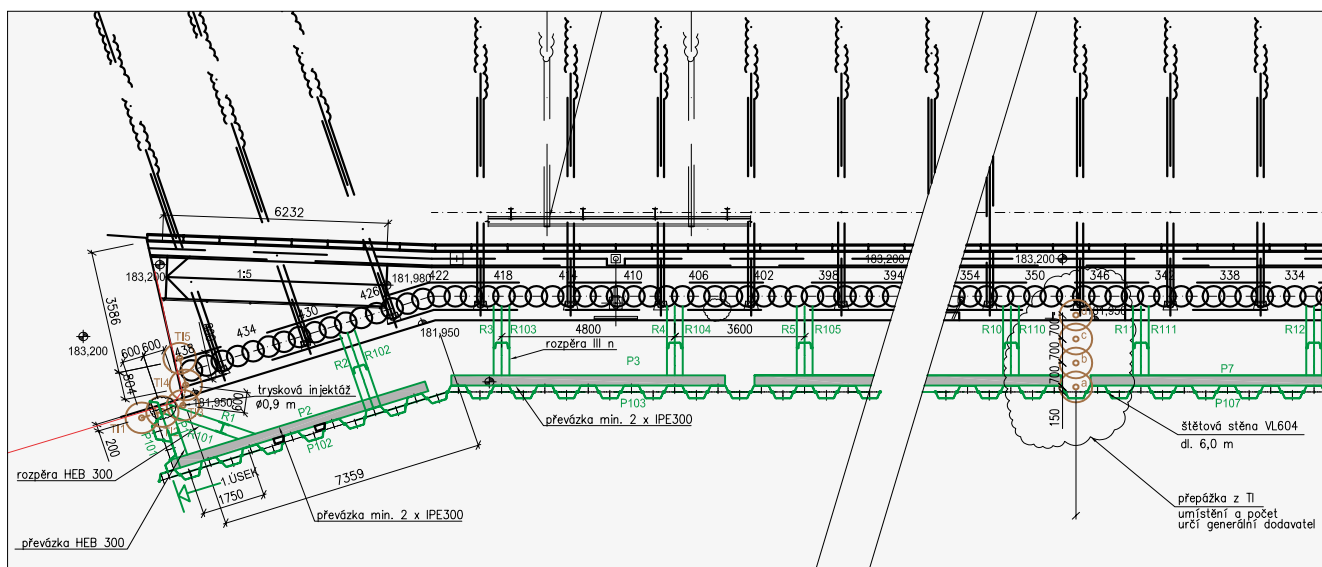
Vlevo rozepřená štětová jímka podél pilotové stěny, uprostřed realizace obkladu pilotové stěny pod ochranou štětové jímky, vpravo již zasypaná jímka s položeným kamenným obkladem v horní části pilotové stěny a na zadní L zídce

zřízení záhozové patky. Tyto práce probíhaly z plavidel v návaznosti na dokončení první části manipulační plošiny v dolní rejdě. Materiál pro výstavbu dalb byl dopraven plavidly z přístavu Holešovice. Umístění čekacího stání v horní rejdě bylo navrženo v prostoru před dnešním čekacím stáním pro návrhová plavidla (v ř. km 50,96 až 51,0) v patě břehu ostrova Štvanice. Prostor pro umístění nových dalb byl v době výstavby bez jakýchkoli konstrukcí a byl tvořen pouze vodní plochou. Stávající břeh je opevněn kamennou dlažbou a kamenným pohozem pod hladinou vody, do tohoto břehu nově realizované konstrukce nezasahují a vlastní břeh zůstává beze změn. Původní dno celé horní rejdy v prostoru u navržených dalb zajišťovalo plavební hloubku pouze cca 1,4 m.

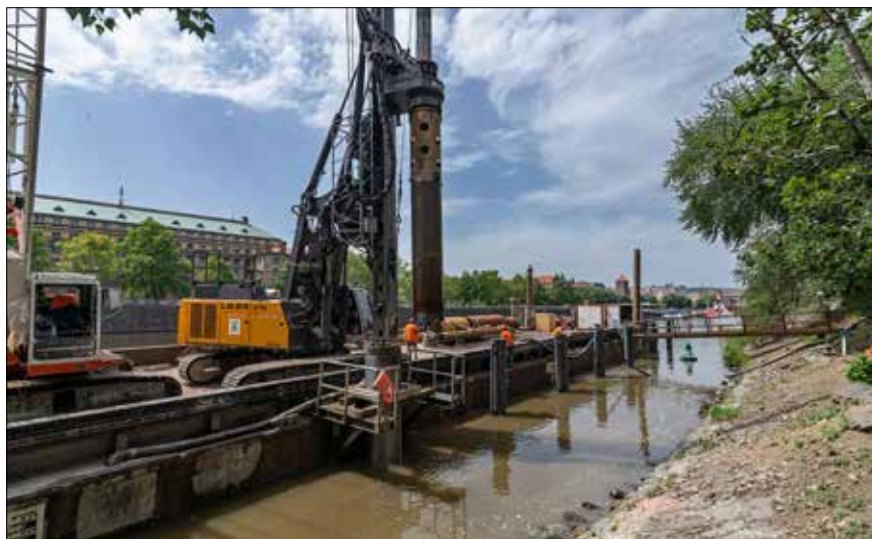
Dalba je tvořena vždy jedním ocelovým prvkem osazeným do vrtu vyplněným

betonovou směsí. Návrh dalby (dimenze, hloubka vetknutí do dna) byl proveden pro sílu 20 kN působící v horním úvazném trnu. Dalbu tvoří ocelová trouba $\varnothing 508$ mm, s tloušťkou stěny 16 mm, celkové délky 10,8 m, s hloubkou vrtu 6,0 m od úrovně dna. Hloubka zavázání piloty/dalby je navržena s ohledem na cílovou úroveň dna. Vrt průměru 900 mm byl prováděn ve vrstvách štěrkopísků a během vrtných prací byl pažen ocelovou pažnicí, jež byla po vyplnění vrtu betonem vytažena. Do čerstvé směsi byla poté zapuštěna již kompletní konstrukce celé dalby a její vnitřek byl pro zvýšení tuhosti shora před „zavíčováním“ také vyplněn betonovou směsí. Vlastní dalba je na návodní straně vybavena dvěma vázacími trny v úrovni 1 m nad minimální hladinou a 1 m nad maximální hladinou, přičemž rozpětí hladin je rovněž 1 m. Na břehové straně pak je dalba ještě opatřena vyvazovací svíslou tyčí

z trubky 108/10. Koruna dalby je 1,50 m nad max. plavební hladinou, tedy v úrovni 187,20 m n. m. Dalby jsou umístěny v patě svahu a jsou od sebe vzdáleny 10 m, resp. 5 m v druhé čekací poloze. Veškeré práce byly realizovány z plavidla (vrtání, betonáž, osazení). Vzhledem ke značné vzdálenosti dalb od břehu (cca 10–15 m) nebylo uvažováno s výstupem posádek na břeh, a tedy s nutností budování výstupní lávky. Povrch dalb byl opatřen nátěrem systému Jotun (celková tl. 400 μm – metalizace Zinacor Zn/Al, základní nátěr + vrchní nátěr epoxidový pod vodou, resp. polyuretanový odolný proti UV záření nad vodou). V rámci dokončovací práce byly ještě provedeny v břehové oblasti horního čekacího stání rýhy pro uložení kabeláže a elektrošachet, vybudovány základy pro sloupy osvětlení, osazeno osvětlení a osazeny prvky informačního systému a plavebního značení.



Půdorys dočasné štětové jímky podél pilotové stěny



Velkopřůměrová vrtná souprava při realizaci dalb na horní vodě

Závěrečné práce – prohrábka dna

Dolní rejda

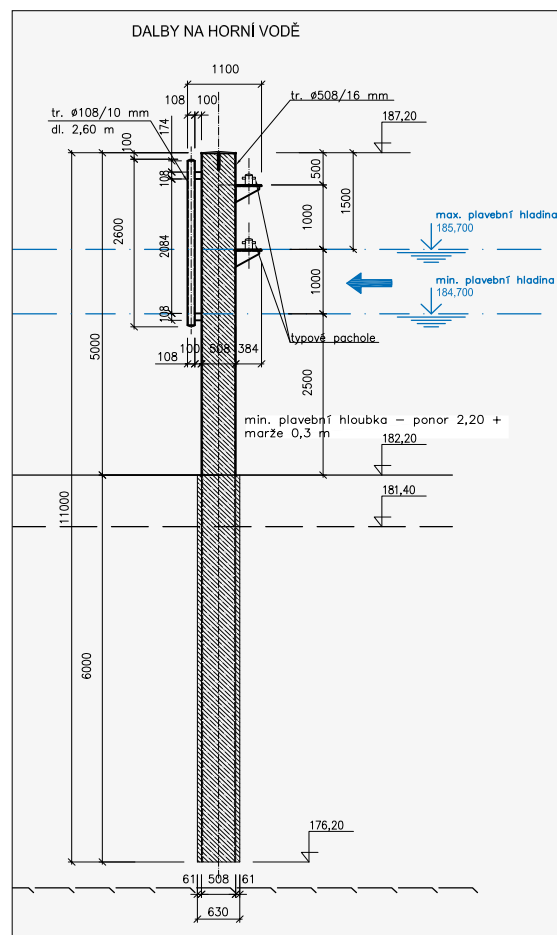
Součástí prací v dolní rejdě bude i celková prohrábkba dnových sedimentů v šířce plavební dráhy na úroveň 177,60 m n. m. Účelem bude zajistit, po ukončení výstavby dolního čekacího stání a po odkopání dočasné lavice, srovnání dna na požadovanou úroveň min. plavební hloubky 2,5 m. Celkem se bude jednat o objem cca 1050 m³. Provádění prohrábkby se předpokládá z plavidel bez přerušování plavebního provozu.

Horní reida

Součástí stavebních úprav horní rejdy bude i provedení prohrábek sedimentů dna na požadovanou úroveň plavební hloubky, na úroveň 182,20 m n. m., tedy zajištění min. hloubky 2,50 m. Prohrábka bude realizována v prostoru malého a velkého čekacího stání a bude

zahrnovat i úpravu dna a břehu ostrova Štvanice. Celkem se bude jednat o objem cca 2150 m³. Provádění prohrábků se předpokládá z plavidel, a to bez přerušení plavebního provozu. Po odtěžení nánosů na svahu ostrova Štvanice bude tento svah upraven do sklonu 1 : 2 a následně opětovně opevněn těžkým kamenným záhozem z lomového netříděného kamene o váze do 200 kg. Zához bude tloušťky 600–800 mm a bude v patě svahu opatřen malou záhozovou patkou, zapuštěnou pod úroveň dna. Opevnění bude v délce 285 m. Provádění záhozu jakož i těžba rýhy pro zához bude rovněž probíhat z plavidel. Nové opevnění stabilizuje a ochrání tento svah před mechanickým a chemickým účinkem proudící vody, pohybem splavenin, chodem ledů atd.

Ing. Michael Remeš, Zakládání staveb, a. s.
Foto: Libor Štěrbá, archiv Zakládání
staveb, a. s., Ing. Petr Závorský



Příčný řez konstrukcí dalby na horní vodě

Název stavby: Modernizace rejd plavební
komory Štvanice
Investor: ŘVČČR
Generální dodavatel: Metrostav, a. s.
Projekt: Vodotika, a. s., Bratislava,
Vodní cesty, a. s., Praha
Práce speciálního zakládání:
Zakládání staveb, a. s.



Osazování nastrojené ocelové dalby pr. 508/16 mm do vrtu pr. 900 mm



Provádění dalbových stání na horní vodě u břehu ostrova Štvanice

The modernization of the navigation lock Štvanice in the center of Prague

The modernization of the navigation lock roadsteads consisted of the construction of new waiting stands for both large and small vessels in the upper and lower roadsteads, reparation of the existing embankment walls and securing the necessary navigational depth in both roadsteads by digging the river bottom sediments. Most of the work was carried out from the water surface using a ship mechanism and a wide range of special foundation technologies. The project included usage of secant bored pile walls, jet grouting, sheet-pile walls, and of course ground anchors. A separate chapter was the equipment of the boat dock with vertical dolphins fitted into large-diameter boreholes realized in the riverbed of the Vltava river.