

CELKOVÁ PŘESTAVBA A ROZŠÍŘENÍ ÚČOV V PRAZE NA CÍSAŘSKÉM OSTROVĚ ■ COMPLETE RECONSTRUCTION AND EXTENSION OF THE CENTRAL WASTE WATER TREATMENT PLANT ON THE CÍSAŘSKÝ ISLAND IN PRAGUE



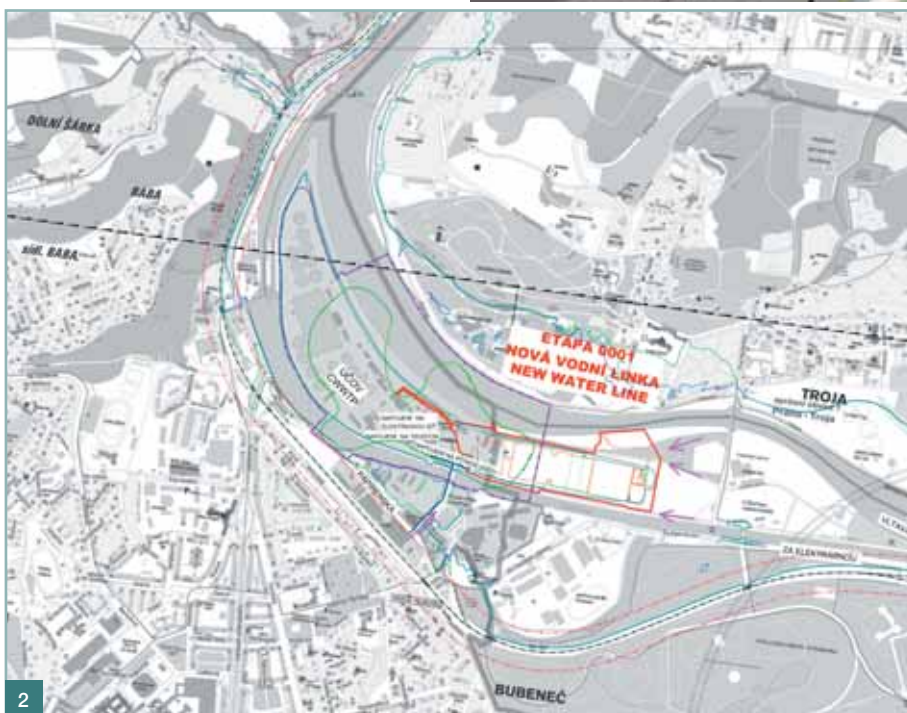
Hana Maixnerová, Ivo Köhler,
Alena Procházková,
Vladimír Hendrich

Příspěvek popisuje výstavbu Nové vodní linky Ústřední čistírny odpadních vod (ÚČOV) v Praze. Postupně provází jednotlivými objekty a seznamuje se základními principy čištění odpadní vody. Pozornost je přitom věnována provádění železobetonových konstrukcí a složení betonu základních technologických celků. ■ This contribution describes construction of the New Water Line of the Central Waste Water Treatment Plant in Prague. It guides gradually around individual objects and informs on basic principles of waste water management. Special attention is paid to reinforced concrete structures and the concrete design of the basic technological units.

Účelem celkové přestavby a rozšíření Ústřední čistírny odpadních vod (ÚČOV) na Císařském ostrově v Praze 6 – Bubenči je zajistit hlavnímu městu odpovídající úroveň čištění odpadních vod v souladu s národní i evrop-

skou legislativou pro kvalitu odtoku vyčištěných odpadních vod a současně v nejvyšší možné míře přispět ke zkvalitnění životního prostředí.

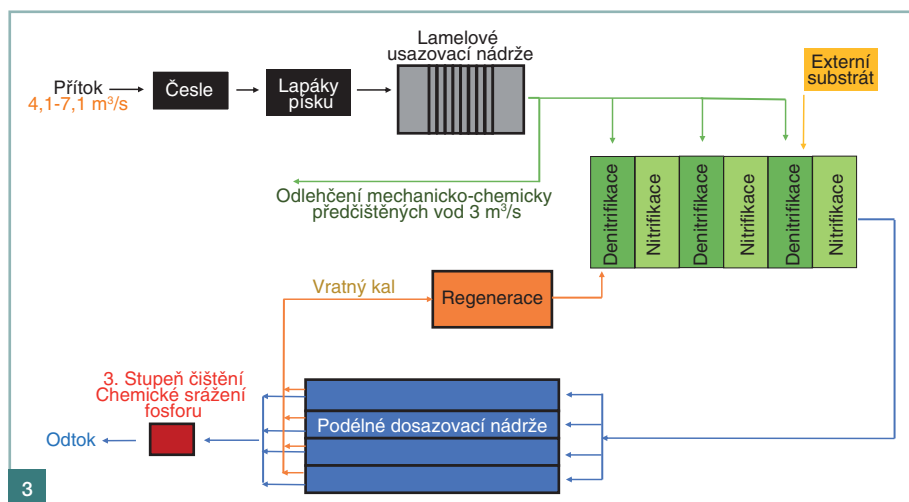
Modernizace je naplánována ve dvou krocích. Prvním je vybudování Nové vodní linky (NVL) ÚČOV, která už sama o sobě výrazně přispěje ke zlepšení kvality vyčištěných odpadních vod vypouštěných do Vltavy. Ve druhém



Obr. 1a,b Vizualizace Ústřední čistírny odpadních vod na Císařském ostrově v Praze 6 – Bubenči

■ Fig. 1a,b Visualisation of the Central Waste Water Treatment Plant on the Císařský island in Prague 6 – Bubeneč

Obr. 2 Situace širších vztahů ■
Fig. 2 Situation and wide scope
(zdroj/source: www.novacistirna.cz)



kroku (není předmětem článku) bude provedena modernizace stávající vodní linky (SVL) ÚČOV, kterou bude zabezpečeno snížení množství dusíku a fosforu na stanovené hodnoty i při nejvyšším zatížení čistírny odpadními vodami.

Nová vodní linka je ojedinělým projektem podzemní zastřešené čistírny odpadních vod, na jejíž střeše bude vytvořen rekreační areál. Toto moderní architektonicko-urbanistické řešení celého areálu významně přispěje ke zlepšení unikátního mikroregionu Trojské kotliny (obr. 1a,b a 2).

KONCEPCE

Základní koncepce přestavby a rozšíření ÚČOV spočívá ve zřízení dvou zcela oddělených linek – ve výstavbě Nové vodní linky, která zajistí 50 % budoucí kapacity, a v rekonstrukci stávající vodní linky, která zabezpečí zbývajících 50 % kapacity. Množství odpadní vody přitékající na obě vodní linky bude říditelné. Základní rozdělení kapacity bude 50:50, ale prakticky bude možné měnit rozdělení až do vyčerpání látkové či hydraulické kapacity více zatížené linky. Určitý minimální průtok odpadní vody NVL i SVL ÚČOV však bude muset být zachován.

PRINCIP ČIŠTĚNÍ ODPADNÍ VODY

NVL je řešena jako mechanicko-biologická ČOV s chemickým srážením fosforu ve vyčištěné odpadní vodě. Odpadní a splašková voda bude po hrubém předčištění na česlech a provzdušňovaných lapačích písku mechanicko-chemicky předčištěna v lamelových usazovacích nádržích. Předčištěné odpadní vody budou biologicky čistěny v kaskádové aktivaci systémem Alpha s regenerací kalu a s podélnými dosazovacími nádržemi, za nimiž bude zařa-

zeno chemické srážení fosforu. Schéma čištění je na obr. 3.

FIDIC A ČASOVÝ HARMONOGRAM

Stavba je realizována na základě smlouvy o dílo podle smluvních podmínek FIDIC, tzv. **Žluté knihy** – „**Vyprojektuj, postav a provozuj**“ (Design, build and operate). V září 2013 byl objednatelem projektu udělen pokyn k zahájení prací na projektové dokumentaci, následovalo projekční a legislativní období, stavební povolení projektu NVL nabylo právní moci v říjnu 2015 a 9. října 2015 byly oficiálně zahájeny vlastní stavební práce na tomto dlouho očekávaném a významném projektu s názvem **Celková přestavba a rozšíření ÚČOV Praha na Císařském ostrově – stavba č. 6963 Etapa 001 – Nová vodní linka** (obr. 4).

POPIS PROJEKTU NVL ÚČOV

Projekt Nová vodní linka ÚČOV je stavbou s převážně průmyslovým charakterem a je situován na Císařském ostrově v Praze 6 – Bubenči. Císařský ostrov, tudíž i celá stavba NVL, se nachází v záplavovém území a leží v ochranném pásmu památkové rezervace hl. m. Prahy.

Celkový zábor území je v rozsahu cca 9 ha, z toho zastavěná část zábo-



ru území má rozlohu 6,48 ha. Projekt je rozdělen na jednotlivé stavební objekty a provozní soubory, které tvoří technologickou část dodávky.

Hlavní stavební objekty, jejichž nosnou konstrukcí je železobeton, jsou:

- hrubé a mechanické předčištění,
- biologická vodní linka,
- dosazovací nádrže,
- třetí stupeň čištění se stavební konstrukcí pro UV desinfekci,
- povodňová čerpací stanice.

Tyto objekty jsou podzemními objekty technické infrastruktury a jsou tvořeny soustavou pravoúhlých železobetonových nádrží a žlabů, kabelových kanálů, dvou zakomponovaných podzemních dmychárů a jedné podzemní a dvou nadzemních budov rozveden. Všechny objekty jsou zastropeny, v rámci konečných terénních úprav obsypány, ozeleňeny intenzivní vegetací, takže se stavba projeví jako zemní zelený val o půdorysném rozměru maximálně 470 x 121 m do výše 5 až 6 m nad původní rostlý terén, který se pohybuje v rozmezí 180 až 182 m n. m. Bp. Plocha nad podzemními objekty bude rovněž vybavena sítí obslužných komunikací sloužících mimo jiné i k obsluze vzduchotechnických komínků s výdechy a k obsluze celé řady uzamykatelných poklopů, které budou určeny jak k možné kontrole zařízení, tak i k případné nutné výměně části technologického vybavení v podzemí NVL.

Nová vodní linka bude po dokončení chráněna proti povodním, a to až do úrovně povodně z roku 2002, kdy protékalo Prahou přes 5 tisíc m³/s. Celková kapacita biologicky vyčištěné vody bude 4,1 m³/s.

POPIS HLAVNÍCH STAVEBNÍCH OBJEKTŮ

Po přípravných pracích bylo zahájeno založení stavební jámy pomocí podzemní jílocementové stěny s nastraženými štětovicemi částečně kombinované s pilotovou stěnou, která plnila pro stavební jámu nejen funkci pažicí a těsnicí, ale byla i součástí konstrukce protipovodňové zemní hráze pro ochranu stavby na úroveň dvacetileté vody Q20. Zemní práce – vlastní výkopy stavební jámy – představovaly objem cca 382 000 m³.

Po dokončení přípravných prací projektu a vybudování objektů zařízení staveniště byly v únoru 2016 zahájeny práce na železobetonových konstrukcích objektu pro hrubé a mechanické předčištění.



5a



5b

Obr. 3 Schéma čištění odpadní vody na Nové vodní lince (NVL) ■ Fig. 3 Scheme of waste water treatment on the New Water Line (NWL)

Obr. 4 Pamětní deska k zahájení výstavby NVL ■ Fig. 4 Plaque commemorating the beginning of the construction of the NWL

Obr. 5 a) Objekt hrubého a mechanického předčištění, b) jedna ze šesti největších nádrží předčištění (Densadeg) s předmontovanou technologií – výška stěn 8,4 m, spádové betony ve tvaru kuželové plochy ■

Fig. 5 a) Mechanical Pre-treatment Structure (screens, grit removal, primary clarifier), b) one of the six biggest tanks of the primary treatment (high-rate solids contact clarifier – Densadeg) with pre-mounted technology; walls height 8.4 m, concretes in the form of a conic surface

Obr. 6 Spádový klín ■ Fig. 6 Gravity wedge

Obr. 7 Vybetonovaný trychtýř turbozahušťovače: a) bednění, b) po odbednění ■ Fig. 7 Concreted funnel of the thickening cone: a) formwork, b) after removal of the formwork

Hrubé a mechanické předčištění

Účelem toho objektu je 1. stupeň čištění odpadních vod – budou zde osazeny česle pro odstranění hrubých nečistot a především nádrže Densadeg 4D pro primární sedimentaci a separaci tuhu a písku a další technologická zařízení včetně zahušťovačů kalu a kontejnerového hospodářství pro odvoz shrabků a písku. Jedná se o převážně technologický objekt, který však částečně slouží i jako administrativní zázemí čistírny odpadních vod s dozornou a velínem NVL. (obr. 5a,b)

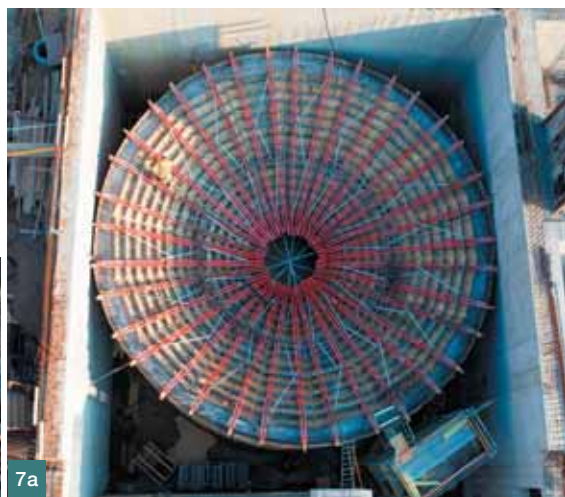
Objekt pro hrubé a mechanické předčištění je samostatný oddělený celek, který má jak podzemní, tak i nadzemní část, nad úroveň okolního terénu se tyčí do výšky 12 m. Založení objektu je řešeno jako monolitická železobetonová vana a objekt má jako jediný nadzemní konstrukční systém řešený jako železobetonový prefabrikovaný skelet

s vyzdívkami z betonových tvárnic Live-therm. Fasáda objektu je v designu celého projektu NVL, tedy v barvě holubičí šedé a je v celé ploše zateplená polystyrenem. Na ploché střeše jsou osazeny polykarbonátové světlíky, plocha střechy bude ozeleněna suchomilnými rozchodníky.

Po vybudování základové desky byly postupně vystavěny stěny, stropy a spádové klíny. Pro spádové klíny (obr. 6) bylo nutné běžně dodávaný beton pozměnit tak, aby jej bylo možné udržet ve spádu. Část konstrukce (cca 1/3) bylo nutné vybetonovat bez použití systémového bednění. Beton byl připraven v konzistenci S3, dostatečně tekutý, aby mohl být vyložen z bádie, ale zároveň aby jeho konzistence zabránila následnému „skluzu“ ze spádové vrstvy během vibrace. Tohoto požadavku bylo dosaženo vhodnou kombinací přísad na bázi melaminu a lignosulfonanu. Be-



6



7a



7b



8

ton nebyl vyztužen, a tudíž neměl tzv. vnitřní kostru, která by mu umožňovala opěru.

V tomto objektu se nachází také turbobazušťovač kalu (obr. 7). Pro jeho betonovou konstrukci byl požadován povrch bez kaveren a neprobetonovaných míst a konstrukce měla být navíc provedena v pohledové kvalitě, neboť jakékoli vady povrchu by nepříznivě ovlivnily následné zpracování kalu. Pro konstrukci byl použit Easycrete C25/30-XC1-4, XD1-2, XF1, XA1-2, v konzistenci SF1, rozlité kužele 550–650 mm a při betonáži byla použita velmi mírná vibrace.

Biologická vodní linka

Biologická vodní linka je největším stavebním podzemním objektem projektu NVL. Jedná se o sestavu zakrytých železobetonových nádrží, kde bude probíhat odstraňování dusíku procesem nitrifikace, denitrifikace a odplynění. V objektu se nachází čtyři samostatné linky se společnou předřazenou regenerační nádrží vždy pro dvě linky, v každé lince jsou denitrifikační a nitrifikační nádrže a odplyňovací zóna. (obr. 8 a 9)

Objekt je založen na základové železobetonové desce s vertikálním systémem obvodových stěn a železobetonových sloupů profilu 500 × 300 mm, podporujících horizontální desky ve středním komunikačním pruhu – v kolektoru (obr. 10).

Zvláštní pozornost byla věnována betonáži stěn vysokých 12 m o tloušťkách 350 a 700 mm. Betonáže jednotlivých záběrů probíhaly najednou s tím, že byla vždy dodržována maximální výška volného pádu betonové směsi a čas betonáže byl prodloužen s ohledem na únosnost bednění. Pro betonáže stěn tloušťky 350 mm (vnitřní stěny biologické vodní linky) byla navržena receptura C25/30-XC1-4, XD1-2, XF1, XA1-2, konzistence S5, D_{max} 16. Změnu konzistence z S3 na S5 zapříčinila obava o dostatečné probetonování konstrukce. Použité bednění neumožňovalo použití konzistencí vyšších než S5.

Dosazovací nádrže

Dalším významným a velkým podzemním objektem jsou dosazovací nádrže. Jedná se rovněž o podzemní monolitický železobetonový objekt o půdorysném rozměru 135,6 × 122,4 m, který je rozdělen podélným a příčným kolektorem vedeným v osách objektu (obr. 11) a tvoří jej soustava 4 × 10 podélných železobetonových nádrží. Hloubka objek-



9



10

Obr. 8 Biologická vodní linka
Fig. 8 Biological water line

Obr. 9 Pohled shora na nitrifikační nádrže
Fig. 9 Aerial view to the nitrification tanks

Obr. 10 Potrubí zpětného kalu v kolektoru biologické vodní linky
Fig. 10 Pipeline for returnable sludge in the collector of the biological water line

Obr. 11 Kolektor v objektu dosazovacích nádrží – systém monolitických sloupů
Fig. 11 Collector in the building of secondary settling tanks – system of monolithic columns

Obr. 12 Dosazovací nádrže
Fig. 12 Secondary settling tanks

Obr. 13 Filigránový strop
Fig. 13 Filigree slab

Obr. 14 Lamelová usazovací nádrž
Fig. 14 Lamellar settling tank



11



12



13

tu je v místě nádrží 8,55 m, v místě kalových nádrží 13,95 m. Objekt se nachází mezi objektem biologické vodní linky a objektem pro třetí stupeň čištění a všechny tři objekty jsou vzájemně propojeny. Součástí jsou na severní a na jižní straně železobetonové konstrukce odtokových žlabů šířky 1,6 m a výšky 2,5 m, které jsou na východě napojeny na propojovací žlaby vedoucí do objektu třetího stupně čištění.

Na tomto objektu byly postupně budovány podélné nádrže se středovým kolektorem (obr. 12). Nádrže budou vybaveny řetězovými shrabovákami, kterými bude kal trvale shrabován do sběrných jímků ve dně nádrží.

Betonáž se týkala převážně základových desek, stěn a stropů. Část stropů byla realizována pomocí železobetonových desek (filigrány), které byly následně zmonolitněny betonem. Filigrány sloužily během betonáže jako ztracené bednění. (obr. 13)

Třetí stupeň čištění

Za dosazovacími nádržemi je zařazen objekt pro třetí stupeň čištění, který je posledním stupněm čištění odpadních vod chemickou cestou. Pomocí chemického srážení fosforu bude minimalizováno ovlivnění Vltavy fosforem vypouštěným ve vyčištěných odpadních vodách. Kvůli nedostatku místa budou k separaci chemického kalu použity lamelové usazovací nádrže. Předčištěná voda z dosazovacích nádrží bude přiváděna kanálem do prostoru objektu, který sestává ze tří samostatných

linek s předřazenými míchacími jímkami a flokulační nádrží. Technologie Densadeg 2D je v tomto objektu založena na principu koagulace, flokulace, lamelového usazování a zahuštění kalu. (obr. 14)

Jedná se rovněž o monolitický železobetonový podzemní objekt se zelenou střechou. Stavební konstrukce na objektu: základové desky, stěny, filigránové i klasické železobetonové stropy a spádové klíny. Beton pro Parshallův žlab, který slouží k měření průtoku v čistírnách odpadních vod, obsahoval polypropylenová vlákna. (obr. 15)

Povodňová čerpací stanice

Posledním z rozhodujících objektů je povodňová čerpací stanice, která bude využívána v případě povodňových stavů, kdy již vyčištěná voda nemůže odtékat gravitačně z Nové vodní linky. Vzhledem k tomu, že dno stavební jámy je pod úrovní Vltavy, bylo při výstavbě nutné neustále čerpat podzemní vodu. V konečném stavu bude stavba zakryta a chráněna na výšku hladiny povodně z roku 2002.

Z dalších monolitických železobetonových částí stavby NVL je třeba zmínit ještě alespoň tři objekty rozvo-



14



15

Obr. 15 Betonová konstrukce Parshallův žlab
 ■ Fig. 15 Concrete structure of Parshall's flume



16

Obr. 16 Nátoková potrubí v objektu třetího stupně čištění
 ■ Fig. 16 Suction pipeline in the tertiary treatment

Obr. 17 Pevnostní charakteristika betonu C25/30-XC1-4, XD1-2, XF1, XA1-2, konzistence S3, D_{max} 22 (receptura C310K30.22)
 ■ Fig. 17 Strength feature of concrete C25/30-XC1-4, XD1-2, XF1, XA1-2, S3 consistency S3, D_{max} 22 (formula C310K30.22)

Obr. 18 Maximální naměřená teplota zkušebního vzorku během hydratace

■ Fig. 18 Maximum temperature measured in the tested sample during hydration

Obr. 19 Podkladové souvrství

■ Fig. 19 Subbase formation

Obr. 20 Pochozí lávky v nádržích pro obsluhu

■ Fig. 20 Footbridges for service in the tanks

den a dva objekty dmycháren. Projekt NVL řeší současně i celou řadu dalších stavebních objektů včetně komunikací, kanalizací, rozvodu vody, slaboproudu, veřejného osvětlení, sadových úprav apod.

PŘEVAŽUJÍCÍ RECEPTURA BETONU VS. KONTROLA KVALITY

Stavba NVL je rozdělena do několika stavebních objektů, které korespondují s hlavními technologickými celky linky. Velká část všech železobetonových konstrukcí byla realizována z betonu C25/30-XC1-4, XD1-2, XF1, XA1-2, konzistence S3, D_{max} 22 (receptura C310K30.22), maximální průsak tlakovou vodou byl omezen na 35 mm, nárůst pevnosti byl požadován pomalý. U prvků vystavených účinkům bludných proudů s přísnějším kritériem se

hodnota průsaku určí zkouškou ve stáří 180 d. Beton byl vyroben podle normy ČSN EN 206 [2] a ČSN P 73 2404 [3], použitý cement CEM II/B-S 32,5 R byl z lokality Radotín. Pevnostní charakteristika navrženého betonu je v grafu na obr. 17.

Pro tento beton byla v laboratoři Kloknerova ústavu ČVUT v Praze provedena zkouška měření vývoje teplot během hydratace, jejímž cílem bylo zjistit nejvyšší dosaženou teplotu vlivem hydratace cementu. Maximální dosažená teplota na zkušebním vzorku, který tvořila krychle o hraně 300 mm, byla naměřena 41,4 °C po 35 h od namíchání betonu. Průběh maximální naměřené teploty uprostřed krychle je zobrazen v grafu na obr. 18.

Díky používání jednotné receptury betonu na všech objektech bylo možné sledovat kvalitu jednotlivých staveb-

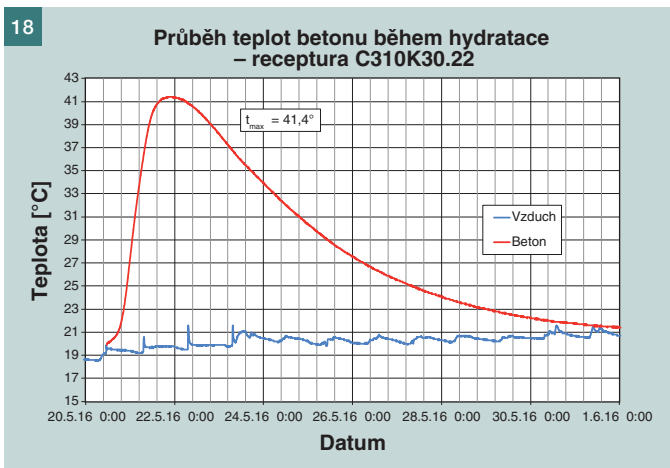
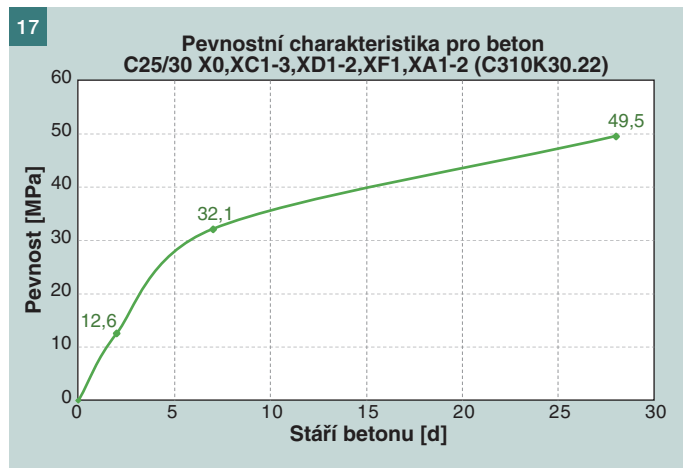
ních konstrukcí. Je třeba zmínit, že na jednotlivých stavebních objektech pracovaly různé pracovní skupiny.

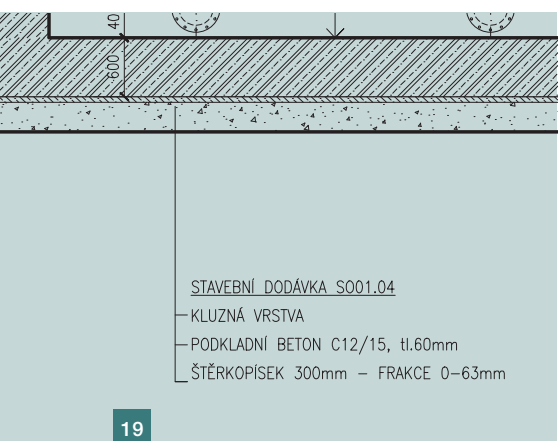
Obecně se dá říci, že mistři na stavbách se kolikrát mylně domnívají, že ukládání betonu do bednění je jednoduchá činnost, kterou nemusí příliš kontrolovat. Zapomínají při tom, že málo kvalifikovaný dělník nedbá na dodržení maximální výšky volného pádu betonu při jeho ukládání, často se beton neukládá po vrstvách, příp. nebývá dodržena odpovídající výška vrstvy nebo rychlost betonáže. K hrubým chybám dochází i při zhuťování ponornými vibrátory, kdy buď není zajištěno spojení spodní vrstvy s vrstvou vibrovanou, nebo jsou naopak spodní vrstvy narušeny příliš zanořeným vibrátorem. Také předčasné ukončení vibrování či nepřijatelné rozkmitání výztuže, kterého se dělníci často z neznalosti dopouštějí, má závažné dopady na kvalitu betonových konstrukcí.

Postupně byly na všech objektech tyto zmíněné nešvary zcela odstraněny a výsledné konstrukce se pyšní velmi vysokou kvalitou provedení.

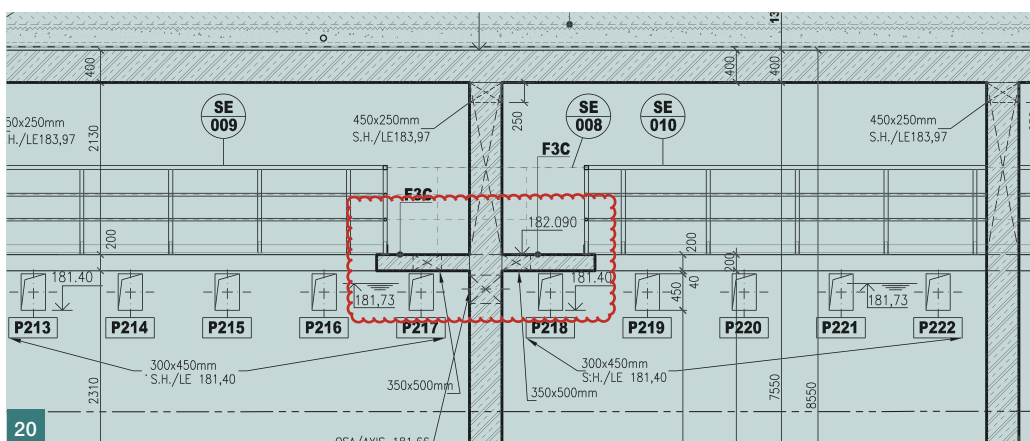
BETONOVÉ KONSTRUKCE VE ZKRATCE

- Pro statický výpočet konstrukce objektů NVL z železobetonu byla uvažována na celém staveništi NVL hladina podzemní vody vystavená na úroveň kóty Q20 = 183,00 m n. m.,
- pro výpočet stability proti nadzvednutí podzemní NVL vztlakem byla uvažována mimořádná zátěžová situace – vystavení hladiny vody na úroveň kóty Q2002 = 186,64 m n. m.,
- stupně vlivu prostředí železobetonové konstrukce NVL ve styku s podzemní vodou a náplní jsou XC3, XA1 (CZ, F.1), pro ostatní konstrukce XC3 (CZ, F.1). Nadzemní části šachet mají stup-





19



20

ně XC4, XF3 (CZ, F.1) a v komunikaci XC4, XF4, XD3 (CZ, F.1),

- pod základovou železobetonovou deskou jednotlivých objektů NVL je vybetonován na vrstvě štěrkořísku (tloušťky 300 mm, frakce 0–63 mm) podkladní beton C12/15, na který je položena kluzná vrstva pro eliminaci objemových změn betonové konstrukce (obr. 19),
- monolitická železobetonová konstrukce průběžného kolektoru je vybavena spádovými betony třídy C16/20,
- nadzemní části betonových vstupních šachet na povrchu NVL jsou z betonu třídy C30/37, vstupní šachty jsou opatřeny uzamykatelnými poklopy,
- ocel pro výztuž železobetonových konstrukcí je navržena B500B,
- krytí výztuže je navrženo na hodnotu 35 mm, odlišně je voleno pouze krytí na lávkách uvnitř nádrží, kde podle normy postačuje hodnota 30 mm. Tato odchylka byla použita s ohledem na sortiment používané spárové výztuže v obousměrně vyztužených prvcích,
- koncepce zemnicí soustavy je vytvořena základovým zemničem sestávajícím z provařené výztuže základové desky v provedení bílá vana. Projekt využívá základových zemničů s doplněním pouze v nouzi strojnými zemniči uloženými v betonové mazanině a betonu. Žádné další strojné zemniče nebyly navrženy,
- pracovní spáry v konstrukcích, které jsou ve styku s podzemní vodou, náplní nádrží a zemním prostředím, jsou provedeny jako těsněné; těsněné jsou i dilatační spáry,
- vzhledem k značnému objemu jednotlivých stavebních objektů je každý z nich rozrastrován na soustavu dilatačních celků,
- v místech podzemních nádrží je v rámci monolitické konstrukce navržen systém pochozích lávek pro ob-

sluhu NVL, které jsou z důvodu bezpečného pohybu zakončené zábradlím z kompozitu (obr. 20),

- vnitřní prostředí NVL je klasifikováno jako prostředí C3 – vyšší zátěž na konstrukce. Z tohoto důvodu jsou do interiérů navrženy zámečnické konstrukce s odolností na prostředí C3. Z velké části jsou zámečnické konstrukce řešeny z kompozitních materiálů – vnitřní zábradlí a velká část poklopů,
- nelehkým úkolem bylo řešení vhodné finální povrchové úpravy železobetonových konstrukcí v interiéru. Při realizaci nátěrů a stěrek bylo nutné přihlídnout k vysoké vzdušné vlhkosti, k proměnlivým klimatickým podmínkám pro provádění nátěrů, část stěrek a nátěrů musela vyhovět i chemické agresivitě prostředí,
- z hlediska bilance spotřeby betonu, výztuže a bednění tvořily hlavní nosnou část stavby stavební objekty SO 04, SO 06, SO 09 a SO 10 (tab. 1).

VÝSTAVBA BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Betonové konstrukce představují na projektu NVL něco více než 40 % finančního objemu stavební části projektu a rozhodující činnost z hlediska ča-

sového harmonogramu výstavby. Z tohoto důvodu se stala jejich stavba klíčem ke zvládnutí celé výstavby NVL. Důležitým faktorem je, že se drtivá většina konstrukcí nachází ve stavební jámě, která je pomocí obvodové hráze, štětovnic, pilot a jílocementové suspenze chráněna před vniknutím jak podzemní, tak i povrchové vody, a to až do úrovně odpovídající dvacetileté vodě.

Příprava stavby začala souběžně se zpracováním dokumentace ke stavebnímu povolení na podzim 2013, kdy byl ustanoven tým technické a výrobní přípravy betonových konstrukcí. Pro výstavbu betonových konstrukcí tým vytyčil následující technické principy:

- dělení pracovních čtí podle druhu práce na železáře, tesaře a betonáře,
- maximální přiblížení mechanizace k pracovním místům.

Díky způsobu zadání podle tzv. Žluté knihy FIDIC mohly být dopady těchto principů zapracovány do realizační dokumentace (RDS), jejíž statická část vznikala především v letech 2014 a 2015. Nosné železobetonové konstrukce jsou vesměs zapuštěny pod úroveň budoucího upraveného terénu s výjimkou objektů předčištění, které nad něj vystupují halami zastřešený-

Tab. 1 Bilance spotřeby betonu, výztuže a bednění ■ Tab. 1 Review of the consumption of concrete, reinforcement and formwork

Stavební objekt	Množství betonu [m ³]	Množství výztuže [t]	Množství bednění [m ²]	Zastavěná plocha [m ²]	Objem [m ³]
SO 04 Mechanické a hrubé předčištění – základy, stěny, stropy a ostatní	29 098	2 464	57 617	9 284	142 356
SO 06 Biologická vodní linka – základy, stěny, stropy a ostatní	77 646	8 292	139 591		
SO 09 Dosazovací nádrže – základy, stěny, stropy a ostatní	37 502	3 771	75 857	55 516	589 328
SO 10 Třetí stupeň čištění – základy, stěny, stropy a ostatní	17 564	1 521	34 439		
Celková bilance spotřeby betonu, výztuže a bednění	161 810	16 048	307 505		

mi prefabrikáty. Konstrukce jsou tvořeny převážně prostorovými krabicemi, navzájem od sebe různým způsobem oddílanými v závislosti na jejich účelu. Jejich založení je plošné – na základových deskách ležících na podkladním betonu, od něhož jsou odděleny kluznou vrstvou polyetylenové fólie oboustranně chráněné geotextilií. Toto řešení je v souladu s TP ČBS 02 Bílé vany: vodotěsné betonové konstrukce, což je v současné době technicky již překonaný dokument (v roce 2015 byla vydána TP ČBS 04 Vodonepropustné betonové konstrukce: překlad německé směrnice a komentáře, pozn. redakce). Celkový objem konstrukčních monolitických betonů činil 140 tisíc m³, bez prefabrikátů (5550 m³) a spádových a výplňových betonů.

Na začátku zpracování RDS byly projektantům předány zásady detailů styků jednotlivých konstrukcí a na jejich základě bylo vypracováno příslušné řešení. Nejvýznamnějším faktorem návrhu bylo zajištění vodotěsnosti většiny detailů, protože hotové dílo musí odolat povodni odpovídající extrémnímu průtoku vody v roce 2002. Současně byly určeny polohy veškerých vodorovných pracovních spár, což se promítlo do tvaru výztuže. Pracovní záběry v základových deskách byly podmíněny zajištěním pohybu mechanismů po dně pracovní jámy a ten závisel na způsobu a rychlosti odtěžení zeminy. Rozhodujícími pohyblivými mechanismy byly domíchávače a čerpadla betonu, jejichž pracovní prostor a poloha

bylo nutno koordinovat s polohou pevných věžových jeřábů.

Současně byly zvažovány pracovní náročnosti jednotlivých pracovních postupů, a to s ohledem na specifikum NVL. Těmi byly relativně masivní základové desky, představující třetinu celkových objemů konstrukčních betonů, a především stěny, jejichž podíl byl 45 %. Hodnoty náročností sloužily k sestavení pracovního harmonogramu postupu prací a určení potřeb k jednotlivým činnostem. Zatímco u základových a stropních desek se daly s malými úpravami použít hodnoty z obvyklých staveb, u stěn podobnou analogii použít nešlo.

Většina stěn výškově přesahovala standardní konstrukce, jejich běžné výšky se pohybovaly od 5 do 11 m, v některých případech až 14 m. Po zvážení, jaké komplikace by přinesly vodotěsné vodorovné pracovní spáry uprostřed stěn, bylo rozhodnuto je betonovat v jednom záběru na celou výšku. Tato zásada byla dodržena až na několik výjimek, které souvisely se středovým komunikačním prostorem procházejícím objekty biologického čištění a dosazovacích nádrží, tzv. kolektorem. Zvolené řešení bylo v souladu s hlavním principem rozdělit pracovní čety podle druhu práce a zároveň podpořilo úvahy vázat výztuž stěn v předstihu před přistavením bednění. V důsledku toho obdrželi projektanti instrukci nebrat ve vodorovné výztuži stěn zřetel na svislé pracovní spáry s výjimkou míst lomů nebo napojení. Přesto však přetrvávaly pochybnosti

Obr. 21 Schéma stropu nad objektem třetího stupně čištění ■ Fig. 21 Scheme of the ceiling slab above the tertiary treatment

Obr. 22 Pohled na část stavby (cca 80 %) v lednu 2017 z nejvyššího jeřábu (80 m), napravo plavební kanál, nalevo Vltava, vlevo nahoře je vidět Trojský zámek ■ Fig. 22 View to part of the construction (approx. 80 %) in January 2017 from the highest crane (80 m), navigation channel on the right, Vltava river on the left, in the top left corner Troja castle

Obr. 23 Zkouška stavby vysokých stěn v areálu SMP v Zápěch ■ Fig. 23 Test of the high walls construction on the SMP Zápy premises

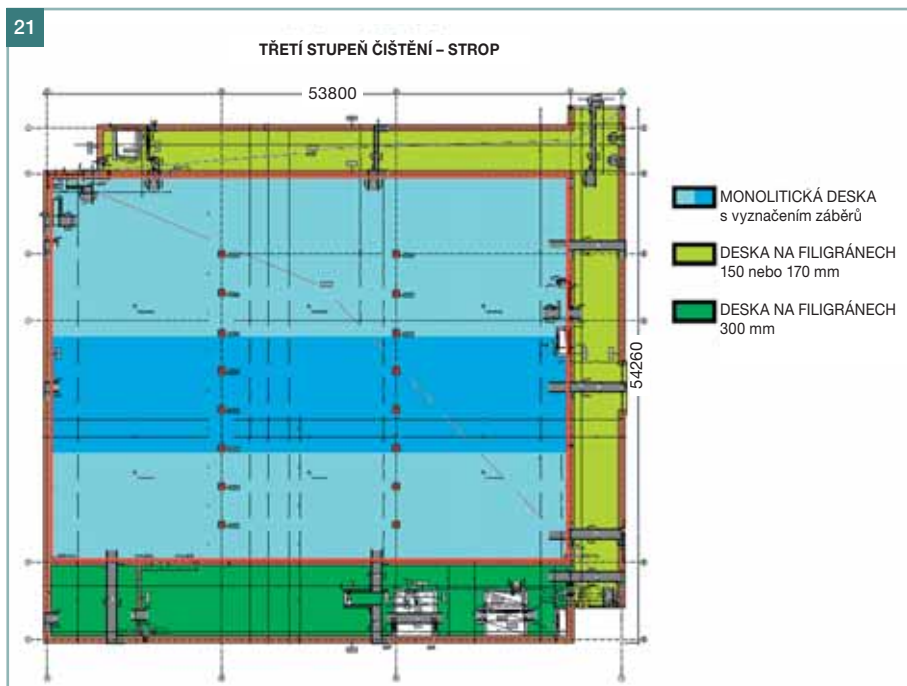
o této pracovní metodě a otázky s tím spojené byly řešeny následně.

Stropní konstrukce

Stropní konstrukce lze rozdělit do tří typů: a) prefabrikované stropy hal objektu předčištění, b) mělce přesypané stropy objektů biologického čištění a dosazovacích nádrží, c) stropy objektů třetího stupně čištění, zčásti hluboce přesypané (obr. 21).

Na halách objektu předčištění projektant v dokumentaci pro stavební povolení navrhl na střechnu předepjaté dutinové panely a toto řešení se ukázalo za daných okolností jako jediné rozumně proveditelné. Rozhodující pro danou volbu bylo překlenutí 17m rozpětí bez možnosti podepření v prostorách nad již předmontovanou technologií.

Mělce přesypané objekty byly v RDS podle instrukce zpracovány jako spřažené na prefabrikovaných filigránových deskách, a to všude, s výjimkou kolektoru. Ostatní stropy byly uvažovány převážně jako monolitické, přičemž za pozornost stojí strop nad největším objektem třetího stupně čištění, kde bylo třeba překlenout rovněž 17 m. Řešení jako na hale předčištění bylo vyloučeno, protože objekt je přesypáný a nadto bylo třeba vzít v potaz otázku vztlaku, která zde hrála roli. Podmínkám vyhovovala monolitická deska o tloušťce 1 m, u které bylo nutno vyřešit skruž na výšku 13 m, přitom byly uvnitř vybetonovány kuželovité spádové betony. Výslednému řešení napomohlo zjednodušení obvodových částí stropu, které byly od hlavního pole od-





děleny stěnami. Tyto podružné oblasti menších rozpětí byly betonovány na samonosných prefabrikovaných filigránových deskách.

Logistika výstavby

Na základě přepokládaných výkonů byl sestaven harmonogram, který počítal s dobou trvání výstavby betonových konstrukcí 19 měsíců po kritické cestě, přičemž tato kritická cesta vedla od vytěžení ucelené části stavební jámy po výstavbu objektu třetího stupně čištění. Současně byly určeny požadavky na lidské zdroje, které dosahovaly počtu 380 dělníků ve špičce provádění. Další významná množství

byla tonáž výztuže k objednání z hutí (16 800 t) a objem nejběžnější betonové směsi C25/30-XC3, A2 byl 161 tisíc m³ (včetně objemu pro spádové betony a ztratiného).

Podstatnou součástí přípravy bylo rozmístění věžových jeřábů. Vzhledem ke konfiguraci staveniště (cca 500 x 135 m) se uvažovalo i se stavbou jeřábových drah. Ve výsledku stavbu obsluhovalo 18 stabilních jeřábů a k montáži střechy objektu předčištění byly navíc použity dva mobilní jeřáby s únosností 500 a 750 t. Věžové jeřáby byly kotveny k základové desce, která byla v místech kotvení zesílena. Tyto části byly stavěny v předstihu, jak je vidět na obr. 22.

Ověřovací zkouška předvazování výztuže stěn

Protože bednění stěn představovalo přibližně 80 % celkového bednění, bylo třeba ujistit se o skutečné náročnosti pracovní metody předvazování výztuže s až následným přistavením bednění. Z tohoto důvodu byla provedena zkouška in situ, a to v měřítku 1:1, která proběhla v únoru 2015 v areálu SMP v Zápech u Brandýsa nad Labem (obr. 23). V rámci zkoušky byl nejprve vybetonován pas délky 12 m s vyčnívající výztuží. Po jeho zatvrdnutí byla uložena výztuž – pruty \varnothing 20 délky 12 m v rozteči 200 mm oběma směry při obou površích. Výztuž byla zabezpečena proti ztrátě stability a následně byl oboustranně zabeďněn úsek o ploše 10 x 10 m. Přitom byla měřena časová náročnost jednotlivých pra-

POZVÁNKA NA ŠKOLENÍ TECHNOLIE BETONU 1 a 2

CBS

Česká betonářská společnost ČSSI
www.cbsbeton.eu

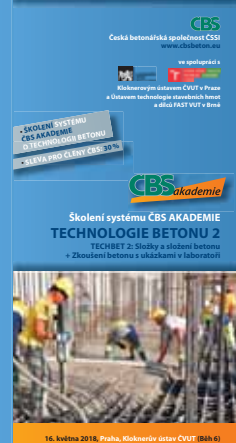
Osmý běh školení TECHBET 1
se bude konat dne **15. května 2018**
od **9:00** do **17:30** hod.
v **Kloknerově ústavu ČVUT**,
Šolínova 7, Praha 6

POZVÁNKA NA ŠKOLENÍ



Šestý běh školení TECHBET 2
se bude konat dne **16. května 2018**
od **9:00** do **17:30** hod.
v **Kloknerově ústavu ČVUT**,
Šolínova 7, Praha 6

POZVÁNKA NA ŠKOLENÍ



24



Obr. 24 Stírací most v nádrži Densadeg ■
Fig. 24 Bottom scraper system in the Densadeg tank

Obr. 25 a) Rozestavěný objekt biologických nádrží v srpnu 2016), b) stabilizovaný úsek předvázané výztuže na stavbě, c) manipulace se skruženou plentou vysoké stěny v říjnu 2017, d) odstraňování bednění vysokých stěn ■
Fig. 25 a) Biological treatment tanks under construction in August 2016, b) stabilized section of finished reinforcement, c) manipulation with a high wall in October 2017, d) removing the formwork of the high walls

Obr. 26 a) Pohled na stropy podzemních nádrží před zásky, b) střecha objektu hrubého a mechanického předčištění, c) dokončená fasáda nadzemního objektu v březnu 2018 ■
Fig. 26 a) View of the ceilings of the underground tanks before backfill, b) roof of the Mechanical Pre-treatment Structure, c) finished facade of the above-ground building in March 2018

covních úkonů. Zkouška proběhla opakovaně s rámovým bedněním různých dodavatelů. Na základě zkoušek byly upraveny sestavy bednění a podrobně popsány pracovní postupy při vyztužování a bednění vysokých stěn.

Vlastní stavba byla zahájena na podzim 2015, ovšem betonové konstrukce byly zahajovány až po lokálním zajištění jámy a vytěžení zeminy v souvisejících pracovních oblastech v průběhu roku 2016 (obr. 25a až d). Přitom

bylo respektováno stavební povolení, které v souladu s územním rozhodnutím vázalo zahájení prací na většině stavenišť na provedení tzv. kompenzačních opatření, tj. opatření, jež v případě povodně redukuje navýšení hladiny způsobené stavbou v záplavovém území. Jejich provedení, které bylo mimo rámec výstavby NVL, posunulo také kritickou cestu časového harmonogramu betonových konstrukcí.

ZMĚNY V PRŮBĚHU VÝSTAVBY

V průběhu výstavby došlo k drobným úpravám postupů prací a z nich vyplynul požadavek na úpravu v RDS. Vzhledem k rozsahu díla lze tyto změny charakterizovat jako minimální. Obecně lze konstatovat, že byly dodrženy oba hlavní technické principy. Detaily napojení konstrukčních prvků se osvědčily a nebyly měněny, pouze doplňovány. Ve větší míře byly rovněž dodrženy zvolené pracovní postupy. Největší změ-

25a



25b



25c



25d





26a



26b

26c



nou bylo nahrazení filigránového stropu nad severní polovinou objektu dosazovacích nádrží monolitickým stropem. Důvodem bylo nedodržení předpokladu podepření filigránů v hlavách stěn (na koncích prefabrikátů), což vedlo k nutnosti nahradit je vysokým podepřením a v důsledku k téměř plošnému podepření filigránů, které tím pozbyly smyslu. Pokud jde o další pracovní náročnosti, předpoklady se potvrdily u základových konstrukcí. Významnější odchylka byla zaznamenána u bednění stěn, kde byla skutečná pracnost vyšší, a to se promítlo do vyššího počtu dělníků na stavbě. Na druhé straně vyztužování stěn probíhalo naprosto v souladu s předpoklady. Jako jeden ze zásadních faktorů se zde osvědčila podrobná instruktáž jednotlivých pracovních čet.

ZÁVĚR

V současné době je vybudováno 99,9 % všech železobetonových konstrukcí NVL a její výstavba se chýlí ke konci. Zhotovené konstrukce mají velmi dobrou kvalitu provedení, jelikož byla eliminována většina negativních vlivů vyskytujících se při ukládání betonu.

Betonové konstrukce NVL byly výzvou nejen svým rozsahem, ale i svou technickou náročností. Největším překvapením, které stavba přinesla, je ku podivu skutečnost, že pracovníci společností Hochtief CZ, a. s., Průmstav, a. s., a SMP CZ, a. s., vytvořili kompaktní a odolný tým. V napjatých termínech se mu podařilo postavit mimořádné dílo, na které jeho stavitelé budou vzpomínat celý život.

Na podzim roku 2018 bude dokončena stavební a technologická část projektu NVL. Poté bude následovat provozování Nové vodní linky v režimu patnáctiměsíčního zkušebního provozu.

Objednatel	Hlavní město Praha
Správce stavby	Pražská vodohospodářská společnost, a. s.
Zhotovitel	Sdružení ÚČOV Praha
Stavební část	SMP CZ, a. s., Průmstav, a. s., a Hochtief CZ, a. s.
Technologická část	Suez International (do 28. 4. 2016 Degrémont) a WTE Wassertechnik GmbH
Projektová dokumentace	Sweco Hydroprojekt, a. s.
Dodavatel betonu	TBG Metrostav, s. r. o., betonárny Libeň, Radlice a Rohanský ostrov

- [1] Celková přestavba a rozšíření ÚČOV na Císařském ostrově v Praze. *Stavební a investorské noviny* [on-line]. 31.10.2016. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/4255-celkova-prestavba-a-rozsireni-ustredni-cistirny-odpadnich-vod-na-cisarskem-ostrove-v-praze>
- [2] ČSN EN 206. *Beton – Specifikace, vlastnosti výroba a shoda*. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [3] ČSN P 73 2404. *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplnující informace*. Praha: ÚNMZ, 2016.

Ing. Hana Maixnerová
SMP CZ, a. s.
e-mail: maixnerova@smp.cz



Ing. Ivo Köhler
SMP CZ, a. s.
e-mail: kohler@smp.cz



Ing. Alena Procházková
TBG Metrostav, s. r. o.
TBG Pražské malty, s. r. o.
e-mail: alena.prochazkova@tbg-beton.cz



Ing. Vladimír Hendrich
SMP CZ, a. s.
e-mail: hendrich@smp.cz

