

ZKUŠENOSTI ZE SANACÍ BETONOVÝCH NÁDRŽÍ ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

EXPERIENCE FROM REHABILITATION OF CONCRETE TANKS IN THE WASTE-WATER TREATMENT PLANTS

**TOMÁŠ KOHOUTEK,
JAROSLAV ŠACH,
ZDENĚK TOBOLKA**

Článek porovnává rekonstrukce válcových betonových nádrží v ČOV Turnov a Kralupy nad Vltavou. Jde o různé typy nádrží postavených v šedesátých letech, které po čtyřiceti letech užívání byly ve špatném stavu a vykazovaly značné průsaky. V článku je popsán stav jejich betonových konstrukcí a sanačních postupy použité při rekonstrukci.

The paper deals with the renovation of the concrete tanks in the waste-water treatment plants (WWTP) in Turnov and Kralupy. The tanks were built in the 60' and strong leakage occurred in the last period. The accepted decision was the rehabilitation of the tanks. The final solution consisted in winding with prestressed strands and repair of the concrete surface with special mortar, painting and injection technologies.

V současné době dochází k nutné rekonstrukci objektů čistíren odpadních vod, které byly stavěny v šedesátých letech minulého století. Jsou to objekty z doby, kdy na základě moderních vědeckých poznatků a nových technologií čistění se začínalo s výstavbou nových typů čistíren odpadních vod. Hlavním materiálem pro tehdejší výstavbu objektů ČOV byl železobeton, pro větší nádrže pak předpjatý beton.

Obr. 1 Pohled na nádrž ČOV v Turnově před sanací po odstranění opláštění
Fig. 1 View of the tank in WWTP Turnov with demolished cladding



VYHNÍVACÍ NÁDRŽ ČOV V TURNOVĚ

Vyhňivací nádrž je válcová železobetonová konstrukce s kuželovitým dnem a vrchlíkem. Vnitřní průměr nádrže je 10 m, výška válcové části 5,635 m, hloubka kužele dna je 2,6 m a výška vrchlíku 2,3 m. Tloušťka stěn a dna je 300 mm a tloušťka vrchlíku 200 mm. Stěny jsou vyztuženy při obou površích betonářskou ocelí 10 335 (Ø10) ve svislém směru a ocelí 10 425 (Ø20 dole a Ø14 v horní části) ve vodorovném směru. Vnější povrch válcové části nádrže byl opatřen tepelnou izolací pěnovým polystyrenem (EPS) v tloušťce 140 mm a chráněn cihelnou obezdívkou s omítkou. Vrchlní kuželovitá část byla opatřena stejnou tepelnou izolací a plechovou krytinou. Nádrž byla postavena v šedesátých letech minulého století a od té doby nebyla opravována.

Stavební stav před sanací

Protože v minulých letech docházelo k značným průsakům nádrže a problémům s plynotěsností, bylo v roce 2000 rozhodnuto o její opravě. Provedená jednoduchá oprava vnitřního povrchu nádrže nepřinesla očekávané výsledky, proto v roce 2001 byla navržena zásadní sanace nádrže.

Z nádrže byl odstraněn vnější zateplovací obvodový plášť a zastřešení. Ukázalo se, že vnější betonový povrch není válcový, ale je tvořen mnohoúhelníkem, v jehož hranách dochází k rozdílu mezi přilehlými plochami až 50 mm. Při akustickém tra-

sování na vnějším povrchu byla nalezena řada míst s dutou odezvou. Pevnostní zkoušky vývrtů potvrzené nedestruktivními tvrdoměrnými zkouškami stěny nádrže ukázaly, že krychelná pevnost betonu dosahuje necelých 20 MPa. Beton vrchlíku byl vizuálně pórovitý, nízké a proměnné kvality, nejhorší byl beton horního ztuzujícího věnce. Narušení betonu bylo také patrné na styku vrchlíku a víka nádrže kolem technologických prostupů.

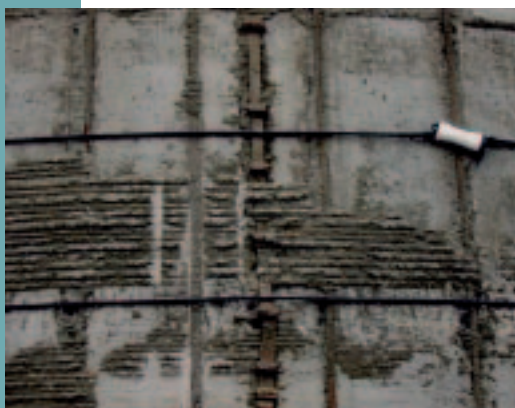
Vnitřní povrch nádrže byl očištěn vysokotlakým vodním paprskem (VVP) o tlaku 80 MPa (800 bar). Při následné prohlídce bylo zjištěno, že vnitřní povrch není homogenní, ale nacházejí se zde místa vyspravená výrazně odlišnou šedou cementovou maltou v tloušťce místy až 40 mm. Protože nebyla nalezena žádná přechodová vrstva mezi touto vrstvou a vlastním betonem, lze se důvodně domnívat, že tato oprava byla provedena již při dokončení nádrže před čtyřiceti lety.

V průběhu sanačních prací však byly zjištěny další závady konstrukce:

- nedostatečná tuhost celé konstrukce a zejména vrchlíku, při naplnění nádrže vodou docházelo k výrazným průsakům;
- tloušťky stěn a vrchlíku nedosahovaly projektovaných hodnot, tloušťka svislé stěny se pohybovala v rozmezí 250 až 300 mm, vrchlíku v rozmezí 150 až 180 mm;
- kvalita betonu byla nízká a velice pro-

Obr. 2 Pohled na nádrže v ČOV Kralupy
Fig. 2 View of the tanks in WWTP Kralupy





Obr. 3 Zbytky původního ovinutí nádrže a nová předpínací lana

Fig. 3 Rest of original winding and new prestressing strand with joint

Statické zajištění a oprava vnějšího povrchu nádrže

Statický posudek prokázal, že plnou vodotěsnost a plynutěsnost nelze zajistit pouhými sanačními úpravami povrchů. Proto bylo dle sanačního projektu zavedeno vodovodné předpětí ovinutím válcové části kabely Monostrand dle systému DYWIDAG. V dolní části byly použity lana s předpínací silou 150 kN, v horní části 120 kN. Pro úspěšné ovinutí se ukázalo nutností odstranění, zbroušení a vyrovnání ostrých přechodů a nerovností na vnějším povrchu pláště. Jinak by nedošlo ke kontaktnímu spojení lan a betonu a mohlo by dojít k poškození ochranné bandáže kabelů. Po ovinutí byla do vytvořené pomocné ocelové konstrukce na vnějším povrchu vložena tepelná izolace z minerálních vláken ve dvou vrstvách 2 x 70 mm. Povrch byl uzavřen opláštěním KOB 1004 plechy.

Na vrchlíku byla odbourána stará technologická potrubí a tato místa včetně míst po průzkumných sondách byla vyztužena a vyspravena betonem a závlakovou maltou s řízenou expanzí PAGEL. Z vnější strany nádrže byla opravována pouze místa po provedených sondách obdobnou technologií jako na vnitřním povrchu, tj. rychle tuhnoucí maltou.

Sanace vnitřního povrchu

Stanovení rozsahu poškození a případné nalezení dalších dutin na vnitřním povrchu pláště bylo prováděno opět akustickým trasováním, a to i během bouracích prací. Zjevně narušené vrstvy betonu byly odbourány elektrickými sbíjecími kladivky. Přitom došlo k odhalení dalších trhlin a spár ve stěnách, na dně pláště a v okolí armatur. Následně byla konstrukce otryskána vodním paprskem tlakem 80 až 100 MPa (800 až 1000 bar), odstraněny usazeniny, kaly a nesoudržné části betonové konstrukce. Po technologickém oplachu povrchu vodou byly trhliny v plášti z vnější strany zatěsněny injektáží chemickou dvousložkovou polyuretanovou pryskyřicí BEVEDAN-BEVEDOL WF.

Injektáž tlakem do 8 MPa (80 bar) byla prováděna ve dvou fázích:

- Injektáž viditelných trhlin z vnější strany tzv. na sucho, při prázdné nádrži. Postup spočíval v mechanickém očištění, při-

padně oplachu v místě poruchy, vyvrtání a osazení pakrů průměru 13 mm, vlastní injektáží, vyjmutí pakrů a začištění. Následovalo kontrolní technologické napuštění nádrže vodou.

- Dodatečné injektování netěsností, injektáž aktivních průsaků z vnější strany při plném zatížení vodou.

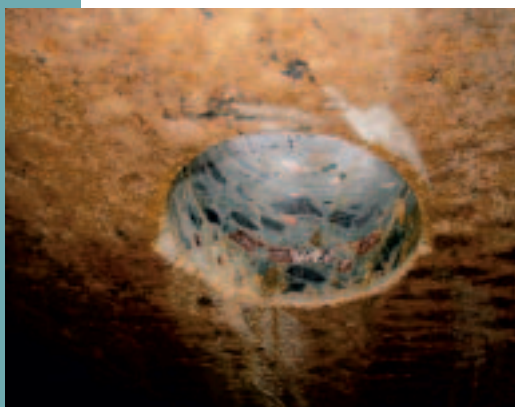
K doplnění do původního stavu byla v místech poruch hlubších než 10 mm provedena lokální reprofilace. Trhliny ve dně a v okolí armatur byly zatěsněny bobtnavými závlakami a tmely PAGEL V* a SIKA SWEL S. Obnažená výztuž byla očištěna a natřena dvakrát nátěrem SIKA MONO TOP 610. Dále byl nanesen spojovací adhezni můstek opět hmotou SIKA MONO TOP 610 v množství 1,5 až 2 kg/m². K reprofilaci byly použity PCC malty do tloušťky 30 až 50 mm (PAGEL M 10, SIKA REP 4 + SIKACEM 810). Stejně byla provedena reprofilace otvorů po vybouraných sondách na vnitřním i vnějším plášti nádrže.

K dotěsnění vnitřního povrchu vrchlíku byla použita dvousložková PU membrána CONIPUR 255 v tloušťce cca 2 mm. Tato povrchová ochrana svou pružností a schopností překlenout aktivní trhliny zajistila potřebnou vodotěsnost a plynutěsnost konstrukce. Postup spočíval v nanesení epoxidové penetrace CEILCOTE 680 PRIMER 0,4 kg/m², zasypání povrchu nanesené penetrace za čerstva křemičitým pískem zrnitosti 0,5 až 0,7 mm v množství 1,5 až 2 kg/m² a konečně v nanesení PU membrány CONIPUR 255 ve vrstvě cca 2 mm jako stříkané izolace. Na zbývající svislé stěny nádrže a dno byl aplikován pouze ochranný nátěr na beton SIKA INERTOL POXITAR F, protože výskyt aktivních trhlin byl vyloučen ovinutím nádrže.

Statické posouzení nádrže vypracoval Hydroprojekt Praha, hlavním dodavatelem rekonstrukce byla divize 6 Metrostav, a. s., ovinutí nádrže provedly SM7, vlastní práce se sanačními hmotami pak firma HCS, s. r. o.

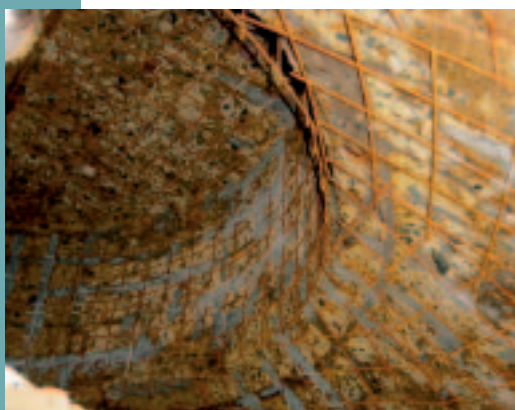
VYHNÍVACÍ A USKLADŇOVACÍ NÁDRŽE ČOV V KRALUPECH NAD VLTAVOU

V rámci probíhající modernizace ČOV v Kralupech jsou rekonstruovány i dvě kruhové nádrže z předpjatého betonu. Nádrže byly projektovány v roce 1959. Vyhňivací nádrž je tlaková válcová nádrž z předpjatého betonu s dolním a horním



Obr. 4 Složení betonu ve vrchlíku

Fig. 4 Concrete structure in spherical cap



Obr. 5 Nová výztuž na vnitřním povrchu vrchlíku

Fig. 5 New reinforcement on inner surface of spherical cap

měnná, z vnější strany byl povrch válce opatřen 2 až 10 mm silnou cementovou omítkou a asfaltovým penetračním nátěrem, pod kterými nebyly vady betonu viditelné;

- u vrchlíku bylo navíc na základě doprovodných jevů při injektáží prokázáno, že beton skořepiny není soudržný s výztuží a tudíž nespolečně působí.

kuželovým vrchlíkem, uskladňovací nádrže je nahoře otevřená bez horního vrchlíku. Horní povrch vrchlíku vyhnivací nádrže byl doplněn přízdívkou z dutinových keramických příček zatřených cementovým potěrem.

Nádrže mají vnitřní průměr 13 m. Jejich kuželovité dno je ze železobetonu s klasickou výztuží, svíslé válcové stěny jsou předpjaté ve svíslém i vodorovném směru. U obou nádrží byl zjištěn lokálně špatný stav původní vodorovné předpínací výztuže. Ta byla podle tehdejších technologií provedena spirálovitým ovinutím patentovým drátem chráněným torkretovým nástřikem cementovou maltou.

Předpínací výztuž byla poškozena korozi hlavně v podzemní části nádrží, v horních částech byla i po čtyřiceti letech užívání ještě funkční. Při rekonstrukci byl celý patentový drát odstraněn a předpětí bylo nahrazeno dnes užívaným lanovým systémem DYWIDAG. V místech funkčního předpětí docházelo přitom k náhlému uvolnění drátů. Nové předpětí je zajištěno předpínacími lany typu Monostrand průměru 15,3 mm. Ta byla rozmístěna po vnějším obvodu obou nádrží. Vnější i vnitřní povrchy svíslých válcových stěn obou nádrží byly v dobrém stavu.

Větší poškození bylo nalezeno na vnitřku vrchlíku vyhnivací nádrže, kde došlo ke zkorodování původní výztužné sítě. Krycí vrstva výztuže a samotná výztuž místy zcela chyběly. Omytím tlakovou vodou tlakem 120 až 150 MPa byla odstraněna vrstva betonu do hloubky 30 až 40 mm. Mimo vnitřní povrch se beton vizuálně jevil jako dobrý s dostatkem hrubého kameniva. Zkouškou na kontrolních jádrových vrtech byla potvrzena jeho pevnost 40 MPa. Podle požadavku projektanta bylo provedeno zesílení výztuže vrchlíku přidáním KARI sítí zevnitř po celé ploše. Doprava sítí do vnitřku nádrže přístupovým otvorem průměru ca 600 mm vyžadovala však jejich rozřezání na menší díly.

Vady v ploše betonu byly opět hledány akustickým trasováním. Označená porušená místa, tj. kavery, trhliny, dutá místa a odpadávající části povrchu v tloušťkách nad 15 mm, byla lokálně mechanicky odbourána. Zkorodovaný a zkarbonatovaný beton byl celoplošně otryskán dle stupně poškození vysokotlakým vodním paprskem s rotační tryskou o výstupním tlaku 140 MPa. Dále byl povrch betonu celoplošně očištěn nízkotlakým vodním paprskem od vzniklých usazenin, kalů a prachu.

Antikorozní ochrana výztuže byla navržena spojovacím můstkem SIKA TOP-ARMATEC 110 EPO CEM. Na obnaženou otryskanou suchou ocelovou armovací výztuž požadované čistoty Sa 2 1/2 dle DIN byla nanášena štětcem epoxy-cementová ochrana TOP-ARMATEC v tloušťce cca 1 mm ve dvou pracovních operacích. Tentýž materiál byl dále použit jako spojovací můstek mezi starým a novým betonem. Byl natírán na otryskanou výztuž s přesahem na okolní beton. Po dvanáctihodinové přestávce byla aplikována druhá vrstva ve stejné tloušťce. Spojovací můstek tvořila následná reprofilační do nezavádlého nátěru, která byla prováděna ručně a nástřikem šnekovým čerpadlem reprofilační maltou s cementovým pojivem CALOFRIG BP 20. Malta byla zesleštěna umělými vlákny a reaktivní syntetickou disperzí SIKACEM 810. Tloušťka vrstvy pro jeden pracovní postup byla do 40 mm. Povrch reprofilační malty byl nahrubo upraven plastovým hladítkem.

K ochraně sanovaného povrchu vrchlíku byla použita hmota INERTOL POXITAR nanášená až pod budoucí úroveň vodní hladiny. Tento dvousložkový materiál na bázi dehtu a epoxidu, který má zajistit plynutěnost vyhnivací nádrže, umožňuje aplikaci i na vlhký podklad. Nanášení je možné nátěrem nebo stříkacím zařízením tlakem 25 MPa (250 bar) tryskou 0,53 mm o vydatnosti 0,4 až 0,5 kg/m². Nástřik či nátěr je prováděn ve dvou pracovních fázích, čekací doby mezi jednotlivými nástřiky při teplotě 15 °C nesmí být delší než jeden den. Povrchová úprava stěny nad budoucí hladinou je hmotou CONCRESEAL PLASTERING, které je složena ze směsi speciálních cementů a chemických přísad. Hmota má vodotěsné, ochranné a krycí vlastnosti. Na povrch předem očištěný tlakovou vodou je nanášen zednickou štětkou spojovací můstek z této hmoty. Druhý vyrovnávací krok je proveden do mírně zavádlého prvního nátěru a zahlazen molitanovým hladítkem.

Dno bylo chráněno hydroizolačním krystalickým nátěrem AQAFIN-IC na bázi speciálních cementů a chemických přísad. Nátěr, který prostupuje do kapilár a pórů, kde krystalizuje a stává se součástí betonového povrchu, je nanášen na předem očištěný a vlhký povrch hrubou zednickou štětkou v tloušťce odpovídající spotřebě 0,75 až 1 kg/m².

Zkouška vodotěsnosti naplněné nádrže prokázala dobrou vodotěsnost uskladňo-

vací nádrže a tak úspěšnost zvoleného sanačního způsobu. Projekt sanace byl opět zpracován Hydroprojektem Praha, rekonstrukci provedla divize 6, a. s. Metrostav, nové předpětí zajistily SM7, sanační práce pak firma AVE-servis.

ZÁVĚR

Popis sanací tří betonových nádrží v ČOV zhruba stejného stáří ukazuje na některé společné znaky poškození. Je to především netěsnost pláště a objevující se průsaky jak u nádrží ze železobetonu, tak u nádrží předpjatých. Přítomnost vlastního betonu může být naprosto rozdílná, od velmi dobré až po nízkou. Příčinou průsaků jsou spíše průsaky pracovními spárami a spárami způsobenými objemovými změnami. Vnější povrchy nádrží po ca čtyřiceti letech nevykazují větší závady, u vnitřních povrchů jsou podstatné poruchy v úrovni hladiny a v prostoru nad hladinou. Vlivem chemické agresivity, teplotních a vlhkostních změn dochází k poměrně silné degradaci betonového pláště do hloubky 30 až 40 mm. Důsledkem je především ztráta plynutěnosti, která v těchto místech bývá pro řádnou funkci nádrže rozhodující. Samostatným problémem jsou prostupy technologických potrubí, osazení zámečnických prvků a různých úchytů. Zde dochází jednak k silné korozi prvků z běžné oceli a vzhledem k nedostatečné péči při betonáži i k zhoršené kvalitě betonu v přímém okolí.

Obnovení vodotěsnosti pláště pomůže především jeho nové předpětí a oprava běžnými sanačními metodami. Obtížnější jsou opravy horních vrchlíků. Samostatným problémem je přístup do opravovaných nádrží z hlediska dopravy materiálů a potřebných strojních zařízení. Přesto se ukázalo, že sanace betonových nádrží tohoto typu je účelnější než jejich demolice a výstavba nových.

*Ing. Tomáš Kohoutek
Metrostav, a. s., divize 6
Na Florenci 35, 110 00 Praha 1
tel.: 222 323 509
e-mail: tomas.kohoutek@seznam.cz*

*Ing. Jaroslav Šach
tel.: 777 283 999
e-mail: sach@centrum.cz*

*Doc. Ing. Zdeněk Tobolka, CSc.
Metrostav, a. s.
Koželužská 5, 180 00 Praha 8
tel.: 266 709 262
e-mail: tobolka@metrostav.cz*