

ÚV BEDŘICHOV - TESTOVÁNÍ FILTRACE A FLOTACE, PROJEKTOVÁNÍ A ZAHÁJENÍ REKONSTRUKCE

**Milan Drda¹⁾, Ing. Josef Drbohlav²⁾, Ing. Pavel Středa²⁾, Ing. Karel Blažek³⁾,
Ladislav Rainiš³⁾**

¹⁾ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6 – Dejvice
drda@envi-pur.cz; cervenka@envi-pur.cz

²⁾Sweco Hydroprojekt a.s., Táborská 31, 140 16 Praha 4
josef.drbohlav@sweco.cz; Pavel.Streda@sweco.cz

³⁾ Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Přítkovská 1689, 415 50
Teplicekarel.blazek@scvk.cz; Ladislav.Rainis@scvk.cz

ÚVOD

Úpravna vody Bedřichov je významným zdrojem skupinového vodovodu Liberec – Jablonec nad Nisou. Vodní dílo Josefův Důl, ze kterého je odebírána surová voda, je umístěno na říčce Kamenici.

Úpravna vody je umístěna v Jizerských horách severně od města Liberec.

Areál úpravny vody je umístěn v obci Bedřichov ve výškovém rozmezí 645 - 655 m n.m. Úpravna vody je tvořena jednou budovou orientovanou sever – jih, ve které je umístěna technologická linka úpravny vody, chemické hospodářství, provozní místnosti a hotelové ubytování. V severní části areálu je umístěna v samostatném objektu elektrárna a regulace přítoku surové vody do úpravny vody. Ve východní části areálu úpravny vody jsou umístěny samostatné objekty, ve kterých je skladování oxidu uhličitého, garáže a zrušený sklad chloru. V západní části areálu jsou umístěny sedimentační nádrže odpadních vod a vápenné jímky.

Úpravna vody byla uvedena do provozu v roce 1987, jejím provozovatelem jsou Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., Přítkovská 1689, Teplice.

Úpravna vody se potýká (od roku 2009) s problémem zhoršené kvality surové vody v podobě nárazového výskytu mikroorganismů *Merismopedia punctata*, které stávající technologická linka nedokáže dostatečně separovat.

Z těchto důvodů bylo rozhodnuto rekonstruovat stávající technologickou linku.

V roce 2011 byla zpracována srovnávací studie [P 7] rekonstrukce technologické linky úpravny vody. Studie „ÚV Bedřichov – variantní studie rekonstrukce“ byla zaměřena na posouzení dílčí části technologické linky úpravny vody. Jednalo se o posouzení variantního řešení prvního a případně i druhého separačního stupně s důrazem na odstranění mikroorganismů (*Merismopedia punctata*) ze zdrojové surové vody. Podkladem pro návrh flotace, filtrace a ultrafiltrace byly poznatky a závěry z pilotních úloh, které byly v roce 2011 na úpravně vody prováděny.

Pro návrh rekonstrukce technologické linky ÚV byly specifikovány hodnoty jedněch z nejdůležitějších ukazatelů kvality surové vody (NL, barva), které byly v hydrotechnických výpočtech pro návrh technologické linky uvažovány a dále předpokládaná dávka koagulantu (síranu hlinitého):

- | | | | |
|-----------------|-----------|------------|--------------------|
| • NL | min. 1,13 | prům. 2,0 | max. 8,0 mg/l, |
| • barva | min. 9,0 | prům. 22,0 | max. 38,0 mg/l Pt, |
| • síran hlinitý | min. 20,0 | prům. 30,0 | max. 50,0 mg/l. |

Na výše uvedené parametry byl proveden návrh rekonstrukce technologické linky.

Pro návrh rekonstrukce technologické linky ÚV byly využity závěry z provedených modelových zkoušek [P 2, P 3, P 4, P 5], které na úpravě vody proběhly v roce 2011. Na základě provedeného variantního posouzení bylo doporučeno realizovat variantu č. II (tj. flotace, dvouvrstvá filtrace). Tato varianta byla vybrána a dále rozpracována v rámci DUR [P 7] a rozpracována do dokumentace pro výběr zhotovitele.

VLASTNÍ REALIZACE REKONSTRUKCE

Začátkem roku 2014 byla zahájena realizace rekonstrukce filtrace a vestavby prvního separačního stupně (flotace) na úpravě vody Bedřichov. Celá akce je prováděna za provozu ÚV (během realizace pouze krátkodobé odstávky).

Po rekonstrukci bude maximální výkon technologické linky úpravy vody 400 l/s, průměrný 200 l/s a minimální 100 l/s.

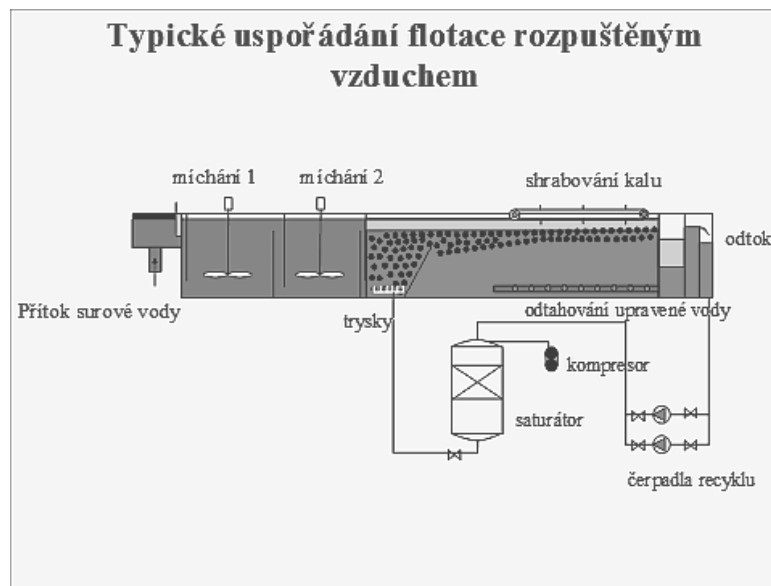
Rekonstrukce probíhá ve stávající hale filtrů v budově úpravy vody.

PRVNÍ SEPARAČNÍ STUPEŇ (DAF)

Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF – dissolved air flotation) je separační proces, který je zařazován jako první separační stupeň při úpravě pitné vody. Tato technologie je ve světě používána zhruba 30 let.

Příprava suspenze pro flotaci je podobná přípravě suspenze pro klasické schéma úpravy vody se sedimentací filtrací. To znamená, že flotaci je předřazeno dávkování koagulantu, rychlé a pomalé míchání.

Principem separace suspenze flotací je agregace mikrobublinek vzduchu s vločkami vzniklé suspenze. Výsledný agregát má celkově menší specifickou hmotnost než voda a proto překonává gravitaci a stoupá v kapalině směrem k hladině. Princip uspořádání technologického zařízení flotace je naznačen na Obr. 1.



Obr. 1. Princip flotace

Výhodou flotace je, že je podstatně účinnější pro separaci malých částic velikosti desítek μm , které prakticky nesedimentují a klasickými technologiemi (sedimentační nádrže, čířiče) jsou obtížně separovatelné. Zpravidla jsou zachytávány až na pískových filtrech. Vyšší separační účinnost oproti sedimentaci se pak také pozitivně projevuje na provozu následného separačního stupně. V případě filtrace je dosahováno delších filtračních cyklů a je možné pracovat při vyšších filtračních rychlostech. Další výhodou je také vysoká sušina kalu, kterou flotace produkuje, a která se podle konstrukce flotace, způsobu odtahu kalu a dalších provozních požadavků pohybuje od 0,2 až do 6 %.

Využití této technologie, bylo v rámci [P 2] a [P 4] na úpravně vody testováno. Poloprovozní zkoušky byly zaměřeny na odstranění problémů se zhoršenou kvalitou surové vody (zejména zvýšenému výskytu organismů Merismopedia). Dle výsledků provedených měření byla separační účinnost na výše uvedené organismy cca 94 až 99% při povrchovém zatížení flotace cca 10 – 18 m/h.

Dle dodatečných testů flotace na povrchové zatížení cca 25 m/h, je pro reálné povrchové zatížení cca 22,0 m/h předpokládaná „souhrnná“ separační účinnost flotace cca 60 %.

Technické řešení umístění a návrhu flotace na úpravně vody Bedřichov, bylo řešeno v rámci [P 7] a v rámci DUR [P 7] bylo výsledné řešení dále upřesněno.

V rámci [P 7] bylo vyhodnoceno optimální řešení pro druhý separační stupeň pomocí dvouvrstvé filtrace „Filtralite“. Problematicke filtrace se věnovaly poloprovozní experimenty, které byly prováděny v rámci [P 2, P 4].

V rámci rekonstrukce bude doplněna technologická linka úpravní vody do této podoby:

- přítok surové vody do ÚV
- dávkování chemikálií:
- vápenný hydrát,
- manganistan draselný (pouze v případě odmanganování),
- síran hlinitý
- rychlé míchání – kaskáda
- dávkování chemikálií:
- síran hlinitý (alternativně)
- flokulace, flotace
- dávkování chemikálií:
- dávkování polymerního flokulantu (do flokulace nebo alternativně do potrubí za flotací a do potrubí obtoku flotace),
- dvouvrstvá filtrace („Filtralite“)
- UV záření
- dávkování chemikálií za filtrací:
- oxid uhličitý,
- vápenný hydrát,
- síran amonný,
- chlor,
- akumulace upravené vody

Na základě provedených poloprovozních zkoušek a měření byly doporučeny základní návrhové parametry flotace pro aplikaci na úpravnu vody Bedřichov - Tab. 1

Tab. 1. Návrhové parametry flotace

| Návrhový parametr | Rozměr | Hodnota parametru |
|--|--------------------|-------------------|
| povrchové zatížení | [m/h] | 10-15 |
| minimální počet míchaných agregačních reaktorů | [ks] | 3 |
| celková minimální doba zdržení ve všech agregačních reaktorech | [min] | 20 |
| střední rychlostní gradient v prvním agregačním reaktoru | [s ⁻¹] | 160 – 80 |
| střední rychlostní gradient v druhém a třetím agregačním reaktoru | [s ⁻¹] | 100 – 10 |
| recirkulační poměr | [%] | 10 |
| dávka síranu hlinitého | [mg/l] | 20 – 50 |
| dávka polymeru | [µg/l] | 50 – 100 |

V rámci [P 7] byly zpracovány dva alternativní návrhy flotace, pro další realizaci byla vybrána varianta s dvěma flotačními jednotkami.

NÁVRHOVÉ PARAMETRY FLOTACE – ZÁKLADNÍ PARAMETRY JEDNÉ JEDNOTKY:

- počet míchaných zón 3 ks ,
- délka zóny flokulace cca 15 m,
- délka separační zóny flotace 12 m,
- celkové půdorysné rozměry jednotky flotace cca 32,0 × 3,0 m, výška hladiny cca 4,25 m,
- střední návrhový výkon jedné jednotky flotace 133,3 l/s, povrchové zatížení 14,7 m/h,
- minimální výkon jedné jednotky 66,7 l/s, povrchové zatížení 7,3 m/h,
- maximální výkon jedné jednotky 200,0 l/s , povrchové zatížení 22,0 m/h ,
- stírání pěny – hydraulické s možností mechanického odstranění pěny

Jednotky flotace budou umístěny do stávající reakční nádrže. Reakční nádrž konstrukčně navazuje na rychlomísení (vstupní nádrž a poté navazující kaskáda, která je tvořena čtyřmi přepady) a od rychlomísení je oddělena nornou stěnou. Nátok na flotační jednotky bude přes dílčí část stávající reakční nádrže, v rámci zkušebního provozu bude nutné ověřit počet děrovaných stěn, které bude možné využít – předpoklad čtyři stěny.

Flotační jednotky budou umístěny ve druhé části „meandru“ reakční nádrže – dílčí část prvního celku reakční nádrže bude možné využít při havarijních stavech (tj. rezervní zóna). Nátok do rezervní zóny bude možný pomocí dvou „vřetenových“ šoupátek DN 1000. V rámci zkušebního provozu bude nutné upřesnit počet stávajících děrovaných stěn v rezervní zóně – limitní stav průtok přes bezpečností přeliv rezervní zóny.

Problematika umístění jednotek flotace byla detailně řešena v předchozích stupních PD (tj. [P 7, P 9, P 10]).

Odtok upravené vody („filtrátu“) z flotace bude realizován pomocí děrovaných potrubí 5×DN 250 mm, která budou umístěna u dna separační zóny. Odtok čisté vody DN 600 bude napojen na stávající potrubí DN 1000, poté rozdělení vody na jednotlivé filtry.

Na základě kalibrace kaskády a detailních výpočtů bylo rozhodnuto, že součástí vestavby flotace bude i dílčí úprava nátoků na čtyři rekonstruované filtry.

V rámci doplnění prvního separačního stupně (flotace) jsou navržena dvě odpadní potrubí pro odvedení pěny z flotace do stávající splaškové kanalizace. Vnitřní rozvody budou navrženy v profilu DN 150, vnější rozvody (od budovy úpravy vody po zaústění do stávající kanalizace v areálu) budou navrženy DN 200, materiál PE. Potrubí bude navrženo tak, aby bylo možné provádět případné čištění vnější části potrubí, tj. bude navržen demontovatelný kus potrubí. Odpadní potrubí pro odvedení pěny jsou zaústěny do stávající splaškové kanalizace v areálu úpravy vody.

DRUHÝ SEPARAČNÍ STUPEŇ - FILTRACE

Na základě projednání závěrů studie [P 7] se zástupci investora a provozovatele úpravy vody bylo rozhodnuto, že bude dále realizována varianta s dvouvrstvou filtrací „Filtralite“. V průběhu roku 2012 byl výše uvedený filtrační materiál do čtyř filtrů (filtry č. 1 - 4) uložen.

Je navržena přestavba stávajících filtrů s mezidny na filtry bez meziden. Pro úpravu vody se předpokládá použití drenážního systému.

V návaznosti na snížení max. výkonu úpravy vody na 400 l/s, se rekonstruují pouze čtyři filtry ve střední části haly filtrace (z důvodu rovnoměrného nátoků vody z prvního separačního stupně), za podmínky snížení výkonu úpravy vody na cca 260 l/s. Při

vyšších výkonech od cca 260 l/s do 400 l/s bude nutné „připojit“ další dva stávající pískové filtry.

Filtrační plocha jednoho filtru je 83,2 m², tj. celková filtrační plocha čtyř rekonstruovaných filtrů poté cca 332,9 m². Filtrační rychlost při max. výkonu úpravní vody a provozu čtyř filtrů je poté 4,3 m/h, při praní jednoho filtru rychlost stoupne až na cca 5,8 m/h.

Pro rekonstruované filtry bude využit stávající dvouvrstvý filtrační materiál Filtralite.

V návrhu řešení se nepředpokládá, že by byl provozní cyklus dvouvrstvých filtrů delší než 72 hodin.

Praní dvouvrstvých filtrů se předpokládá, že bude zajišťováno ve třech fázích vodou a vzduchem takto :

1.fáze praní vzduchem 18 - 20 l/s×m² 64,8 - 72 m/h cca 5 minut

2.fáze praní vzduchem 18 l/s×m² 64,8 m/h
praní vodou 3,5 - 5 l/s×m² 12,6 - 18 m/h

3.fáze praní vodou 6 - 8 l/s×m² 21,6 - 28,8 m/h 5 - 8 minut

4. zafiltrování do odpadu cca. 2,5 minuty

Praní filtrů vodou bude zajišťováno novými čerpadly prací vody, která budou umístěna ve stávajícím prostoru (suterénu strojovny čerpadel). Pro praní pískových filtrů vodou je požadován průtok při 2.fázi (voda + vzduch) 291 - 416 l/s, pro 3.fázi praní (pouze voda) 499 - 666 l/s. Podle zvolené intenzity a doby praní se potřebný objem prací vody pohybuje v rozmezí 280 - 449 m³/jedno praní.

Vzhledem k předpokládaným intenzitám praní vodou není nutné nahradit stávající potrubí prací vody.

Pro praní filtrů vzduchem bude na úpravně vody využito stávající dmychadlo pracího vzduchu. Pro praní filtrů vzduchem je třeba výkon cca 5393 - 5992 m³/h.

Rozvod vzduchu bude zachován stávající, pouze dojde k úpravě zaústění do pískového filtru - zaústění vzduchu do drenážního systému „zezhora“.

Stávající řešení přítoku surové vody, odvedení odpadní (prací) vody a filtrátu zůstane zachováno i po rekonstrukci. V rámci rekonstrukce budou vyměněna nátoková potrubí na filtry (odbočky ze stávající DN 1000), potrubí prací vody - výměna dílčí části (nad úrovní zakrytí kanálu), odtoková potrubí (filtrátu, zfiltrování a odpadní vody z praní) - výměna potrubí bude končit nad podlahou (tj. nad zakrytím kanálů) - nebude se zasahovat do stropní konstrukce kanálů.

Stavební úpravy na reakčních nádržích spočívají v tom, že část nádrže blíže k pískové filtraci bude nově využita pro první separační stupeň - dvojici flotačních linek a zbylá část jakožto rychlé míchání, nátoková komora a rezervní zóna.

Přebudování reakčních nádrží na flotaci bude zahájeno odstraněním a vybouráním všech vestavěných prvků - děrovaných stěn a vodících nosných prvků zabudovaných do původního meandru. První čtveřice stěn S1-S4 bude pouze demontována s ponecháním vodících prvků na stěnách nádrže a následně po provedených sanačních pracích bude tato čtveřice osazena zpět. Stejným způsobem budou demontovány 2 ks děrovaných stěn v rezervní zóně - ověření v rámci zkušebního provozu.

Nový potřebný tvar flotace bude získán vestavbou norných a přelivných stěn mezi původní podélné stěny. Vzhledem k možným návrhovým situacím, kdy část nádrží bude

prázdná a druhá plná je nutné nové příčné stěny v celém rozsahu nádrže zabudovat do podélných tak, aby byly schopné přenášet i případné tahové účinky a tvořily tak nový nosný systém spolu s původními stěnami. Dílčí část nádrže zůstane funkčně zachována (nádrž rychlého míchání, rezervní zóna). Druhá část nádrže bude nově tvořena dvojicí linek flotace. Ve střední části bude středová podélná stěna probourána (provrtána) k vytvoření trvalého propojení nátoků s rozdělením na dvě symetrické linky - flotace 1 a 2. Přelivné stěny budou u dna provedeny s malými propojovacími otvory pro rovnoměrné současné plnění a vypouštění jednotlivých komor.

Pro osazení strojně technologického zařízení (tlakových nádob saturátorů) nad nádrže, budou na zhlaví stěn osazeny ocelové nosníky v místě podpor (nohou) nádrží. Každý saturátor se uvažuje s dvojicí nosníků, vždy ze svařeného profilu 2 × U 200.

Na celé nádrži budou nově provedeny lávky z ocelové pozinkované nosné konstrukce vč. zábradlí a s pochozími kompozitními rošty. Nové montážní otvory budou zakryty plnými kompozitními poklopy.

Elektrotechnologická část a měření a regulace

Součástí rekonstrukce je také obnova a doplnění elektroinstalace v těch místech, kde bude narušena rekonstrukcí technologické a stavební části. Všechny nové měřicí a ovládací prvky budou zakomponovány do současného systému měření a regulace, aby byla zachována možnost řízení a monitorování jak na místě, tak centrálně z velína.

ZÁVĚR

Rekonstrukce ÚV Bedřichov byla navržena na základě provedení podrobné analýzy současného stavu, pečlivého vyhodnocení všech možných variant a řadě několika i dlouhodobých poloprovozních ověřovacích pokusů.

Věříme, že byla vybrána a zpracována nejlepší varianta rekonstrukce a na příští konferenci „Pitná voda 2016“ budeme moci podrobněji referovat o výsledcích rekonstrukce a pochlubit se dosaženými provozními výsledky.

LITERATURA

- P 1 HYDROPROJEKT CZ a.s., Drbohlav J. a kol., Rekonstrukce úpravny vody Bedřichov, studie, 05/2003.
- P 2 W&ET Team, Dolejš, P. a kol., ÚV Bedřichov – modelové ověření možnosti rozšíření technologické linky úpravny o první separační stupeň – flotaci, poloprovozní zkoušky, 05/2011.
- P 3 W&ET Team, Dolejš, P. a kol., ÚV Bedřichov – porovnání vybraných filtračních materiálů, poloprovozní zkoušky, 05/2011.
- P 4 W&ET Team, Dolejš, P. a kol., ÚV Bedřichov – modelové ověření technologické linky složené z prvního a druhého separačního stupně (flotace a filtrace), poloprovozní zkoušky, 07/2011.
- P 5 VWS MEMSEP, ÚV Bedřichov – zpráva z testování ultrafiltrační jednotky, poloprovozní zkoušky, 06/2011.
- P 6 W&ET Team, Dolejš, P. a kol., ÚV Bedřichov – poloprovozní ověření funkce flotace při vysokém povrchovém zatížení, poloprovozní zkoušky, 09/2011.
- P 7 HYDROPROJEKT CZ a.s., Středa P. a kol., Rekonstrukce ÚV Bedřichov, studie, 09/2011.
- P 8 http://mapy.mestojablonec.cz/tms/mujablonec_upd_orp
- P 9 HYDROPROJEKT CZ a.s., Středa P. a kol., Rekonstrukce ÚV Bedřichov, dokumentace pro územní řízení, 01/2012.
- P 10 HYDROPROJEKT CZ a.s., Středa P. a kol., Rekonstrukce ÚV Bedřichov, dokumentace pro stavební povolení, 04/2012.