

Nové technologie pro úpravy vody

Ing. Josef Drbohlav ¹⁾, Ing. Aleš Líbal ²⁾, Ing. Luboš Mazel ³⁾

¹⁾ Hydroprojekt CZ a.s., Tábořská 31, Praha 4

²⁾ Severočeská vodárenská společnost a.s., Přítokská 1689, Teplice

³⁾ VAS a.s., divize Žďár n/S, Studentská 1133, Žďár nad Sázavou

1. Úvod

V uplynulých letech jsme měli možnost se v řadě přednášek na konferencích VODA Zlín seznámit s různými přístupy k řešení rekonstrukcí úpravny vody jak z hlediska teoretického tak i v ukázkách praktických realizací. Spojující myšlenkou všech těchto přednášek byl důraz na provedení řádné předprojektové přípravy, která umožní odpovědně navrhnout technologii úpravy vody pro novou úpravnu vody, ale především pak pro rekonstrukci stávajících provozů, které zpravidla s ohledem na zhoršující se kvalitu surové vody vyžadují změny současné technologie úpravy vody nebo doplnění o další technologické stupně.

Příprava rekonstrukce je o to složitější, že se odehrává v existujícím provozu, který musí i po dobu rekonstrukce zajišťovat výrobu pitné vody. Zpravidla je ze strany investorů požadováno, aby byly maximálně využity současné provozy úpravy vody a aby nebylo nutné rozšiřovat stavební objekty.

To někdy nutí technologa a projektanta, zpracovatele koncepce technologie úpravy vody, k hledání nestandardních řešení, případně použití technologií, s kterými u nás nejsou praktické zkušenosti či dostatečné reference pro jejich použití. Je třeba zdůraznit, že je nezbytná úzká spolupráce a aktivní přístup investora spolu s provozovatelem rekonstruovaného zařízení. K tomu se pak váže ochota investora přijmout případná rizika související s nasazením nových technologií, která jsou snížena na přijatelnou mez jejich ověřením v poloprovozních podmínkách. Obecně lze říci, že poloprovozní pokus je zde nezastupitelný a laboratorní pokusy mohou pouze naznačit počáteční nastavení zařízení, což s sebou nese m.j. úsporu času i relativně vysokých nákladů.

V posledním roce řešil Hydroprojekt CZ a.s. několik projektů, které byly zajímavé právě možnostmi podílet se na poloprovozním odzkoušení nových technologií. Hledání výsledné podoby řešení znamenalo v některých případech komplikovanou cestu návrhů, jejich posuzování, hledání alternativních řešení a diskusí nad návrhy mezi vodárenským technologem, projektanty různých specializací, investorem a provozovatelem úpravy vody.

2. Využití flotace a šnekového lisu pro zpracování odpadních vod z úpravy vody

Myšlenka využití flotace a šnekového lisu pro zpracování vodárenských kalů vznikla v souvislosti s připravovanou rekonstrukcí úpravy vody Souš. Nutnost rekonstrukce kalového hospodářství vyplývá z výrazného zhoršení kvality surové vody odebrané z vodárenské nádrže Souš. Za dobu provozu úpravy vody se významně zvýšily dávky koagulantu (síran hlinitý) a zvýšila se spotřeba vápenného hydrátu. Současná kapacita kalových lagun je zcela nedostatečná pro objem kalu, který je produkován technologickou linkou. Úpravna vody se nachází v CHKO Jizerské hory, což s sebou

nese zvýšenou pozornost věnovanou vlivu vypouštěných pracích vod na kvalitu vody v recipientu. V průběhu zpracování studie a dokumentace pro územní rozhodnutí byla zvažována a projednána řada variant – rozšíření kalových lagun, více-
stupňová sedimentace s odvodněním kalu na komorovém kalolisu či odstředivce, využití kontinuální pískové filtrace. Z řady důvodů – negativní stanovisko CHKO Jizerské lesy, provozní nedostatky navržených řešení, vysoké investiční náklady, apod. – byla jednotlivá řešení postupně opouštěna a bylo rozhodnuto hledat jinou cestu.

Inspirací pro další postup se stala studijní cesta uskutečněná v roce 2003, při které byl m.j. navštíven výrobní závod firmy Nijhuis Water technology b.v. v Holandsku, která je jedním z významných výrobců flotace pro čistírny odpadních vod, a návštěva úpravní vody v Antverpách, kde byla flotace pro zpracování odpadních vod instalována.

V roce 2004 rozhodla Severočeská vodárenská společnost a.s. o provedení polo-provozních zkoušek na úpravně vody Souš, při kterých byly ověřeny technologie flotace a sedimentace v lamelové usazovací nádrži v kombinaci s kontinuální filtrací a zpracováním kalu komorovým kalolitem. Zajištění přípravy, organizace a vyhodnocení poloprovozních zkoušek bylo zadáno u Hydroprojektu CZ a.s. a k provedení poloprovozních zkoušek byla vyzvána společnost Nijhuis Water technology b.v. a Envites Brno s r.o. Poloprovozní zkoušky se uskutečnily v září 2004. Mimo ověření obou technologií byla sledována z hlediska kvality i možnost vracení vyflotované a filtrované vody zpět do surové vody.

V lednu 2005 proběhly dodatečné zkoušky s šnekovým lisem Contipress od firmy Andritz Filtrationstechnik GmbH.

Z vyhodnocení poloprovozních zkoušek pak vyplynulo rozhodnutí, že rekonstrukce kalového hospodářství na úpravně vody Souš bude řešena takto:

- odpadní práci vody z praní filtrů budou zpracovávány na technologické lince skládající se z:
 - vyrovnávacích nádrží,
 - dávkování polymerního flokulantu,
 - flotace,
 - dávkování polymerního flokulantu,
 - šnekové odstředivky,
- budou vytvořeny podmínky pro vracení vody upravené flotací zpět do surové vody.

V roce 2004 zpracoval Hydroprojekt CZ a.s. „Generel zásobování vodou pro Vodárenskou soustavu Jihozápadní Moravy“, jejíž součástí byl i návrh rekonstrukce úpravní vody Mostiště a Vír. Ve studii bylo doporučeno ověřit v poloprovozních zkouškách, jako podklad pro vypracování projektové dokumentace rekonstrukce kalového hospodářství, použití flotace pro zpracování odpadních pracích vod. Obdobně jako na úpravně vody Souš i zde je současný stav kalového hospodářství provozně a technicky nevyhovující a bude nutné přistoupit k jeho rekonstrukci.

S nepatrným časovým posunem probíhaly poloprovozní zkoušky na úpravně vody Mostiště, které zajišťovala VAS a.s., divize Žďár nad Sázavou, jako podklad pro řešení připravované rekonstrukce úpravní vody. Při přípravě poloprovozních zkoušek již bylo možné využít první zkušenosti z úpravní vody Souš a na úpravně vody Mostiště již proto byla ověřena celá linka, skládající se z flotace a šnekového lisu.

Na základě provedených poloprovozních zkoušek na úpravně vody Souš, Mostiště a Vír je možné konstatovat, že:

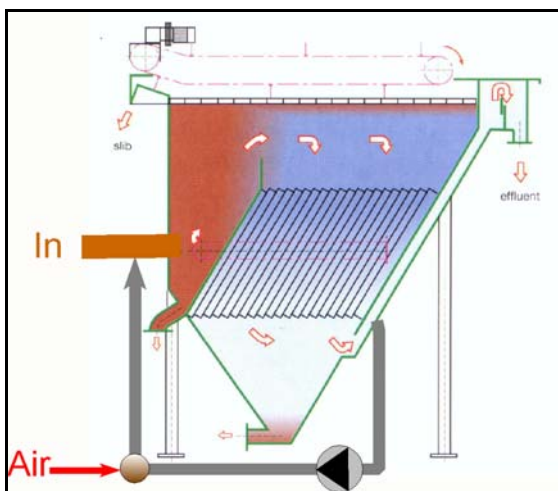
- použití flotace jako prvního stupně pro zpracování odpadních pracích vod z praní pískových filtrů je reálné a bude ji možné aplikovat při rekonstrukci kalového hospodářství.
Bylo prokázáno, že se výstupní koncentrace kalu odcházejícího z flotace ve formě pěny pohybuje v rozmezí 4 – 8 %. V pění se zachycuje zhruba 95 % nerozpuštěných látek, v sedimentu flotace 1 % a ve vodě upravené flotací 4 %. $CHSK_{Mn}$ je redukována z více jak 75%.
Voda upravená flotací kvalitativně vyhovuje jak pro vrácení zpět do surové vody tak pro vypouštění do vodoteče.
- poměrně vysoká výstupní koncentrace kalu z flotace umožňuje využití šnekového lisu, pro který je tato koncentrace vhodná. Bylo ověřeno, že je možné při použití šnekového lisu získat:
 - na úpravně vody Mostiště, kde se používá železitý koagulant, byla výstupní koncentrace kalu až 24 - 35 %, při dávce 5,6 g polymerního flokulantu na 1 kg sušiny,
 - na úpravně vody Souš, kde se používá hlinitý koagulant, byla výstupní koncentrace kalu z šnekového lisu 21 – 29 %. Zde byl pro ověření použit čerstvý kal odebraný z kalových lagun o koncentraci 2,1 %, při dávce 13,5 g polymerního flokulantu na 1 kg sušiny.

Pro provedení poloprovozních zkoušek na úpravě vody Souš, Mostiště a Vír bylo použito **flotační zařízení** IPF firmy Nijhuis Water technology b.v. Jedná se o vysoce výkonné kompaktní oddělovací zařízení k oddělování flotujících a sedimentujících částic z odpadní vody. Je vybavené vestavbou vlnitých desek s protiproudým tokem.

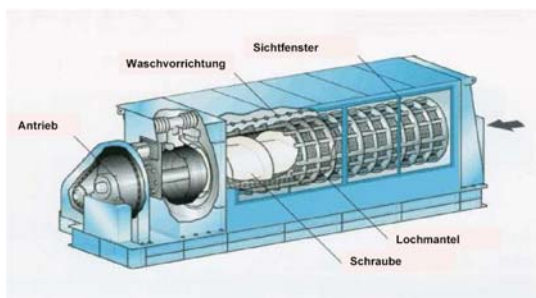
Vločky připravené pomocí koagulace a flokulace je možno za pomoci jemných vzduchových bublinek oddělit z kapalně fáze. Tento způsob oddělování se nazývá flotace. Flotace probíhá s velikostí vzduchové bubliny v rozmezí 30 - 50 mikronů, což je ideální velikost pro efektivní oddělování malých a větších vloček, kdy dochází k úplnému oddělení. Vyflotované vločky se shlukují do kompaktní vrstvy, kterou je možno tím pádem jednoduchým způsobem odstranit.

Před nátokem na flotační zařízení je do proudu surové vody dávkována vzduchem nasycená recirkulovaná voda. Vzduchové bublinky se míchají s pevnými částicemi a dochází k pevnému ulpívání vzduchových bublinek na jemných částicích znečištění. Takto předpřipravená voda je přiváděna do rozdělovacího potrubí flotačního zařízení.

Voda prochází vertikálním směrem vestavbou vlnitých desek. Vlnité desky jsou montovány pod takovým úhlem, aby flotující částice vyplovaly a sedimentující pevné látky padaly. Odstup jednotlivých desek je volen tak, aby bylo dosaženo laminárního proudění. Laminární proudění je nutným předpokladem pro oddělování jemných částic. Vyčištěná voda opouští zařízení potrubním systémem.



Vyflotované vrstvy kalu jsou z hladiny odstraňovány prostřednictvím shrabovacího systému.



V zařízení **Contipress** dochází k aktivnímu promíchávání flokulantu s kalem, který je dále dopravován k vlastnímu odvodnění. V odvodňovacím zařízení je kal transportován speciálně tvarovaným šnekem podél děrovaného síta, které odvádí filtrát a zadržuje kal. Pomaloběžný šnek, který kal nejen dopravuje, ale také stlačuje a odvodňuje. Pomalé otáčky šneku (0,3 – 1,7 ot/min), nízký plnicí tlak

(0,07 bar) zaručují nízké provozní náklady, tichý a bezvibrační provoz celého zařízení.

3. První separační stupeň - sedimentace zatěžovaná mikropískem, flotace

V již zmíněném „Generelu zásobování vodou pro Vodárenskou soustavu Jihozápadní Moravy“ bylo pro úpravnu vody Mostiště navrženo, nahradit technicky a provozně nevyhovující galeriové čiríče a lamelové usazovací nádrže (LUF), prvním separačním stupněm, který bude mít potřebnou kapacitu, účinnost a bude jej možné umístit do existující haly bez nároků na další výstavbu nových objektů. Z posouzení, které bylo ve studii provedeno vyplynulo, že nebude možné s ohledem na velikost haly použít lamelové usazovací nádrže s předcházející flokulací.

Z posouzení, které bylo provedeno ve studii, vyplynulo že požadavek investora na využití stávající haly splňuje flotace a sedimentace zatěžovaná mikropískem (Actiflo). V obou případech se jedná o technologie, s kterými nejsou dosud v České republice praktické zkušenosti. Po dokončení studie proto VAS a.s., divize Žďár nad Sázavou přistoupila k postupnému poloprovoznímu ověření obou technologií. Poloprovozní zkoušky probíhaly od října 2004 do ledna 2005 a v současnosti probíhá jejich vyhodnocení. Z těchto důvodů není možné uvést výsledky zkoušek a doporučení pro projektovou přípravu. Uvádíme proto pouze základní technické informace k oběma technologiím.

K provedení poloprovozních zkoušek byla vyzvána firma Nijhuis Water technology b.v. pro ověření flotace a Veolia Water systém pro ověření technologie sedimentace zatěžované mikropískem.

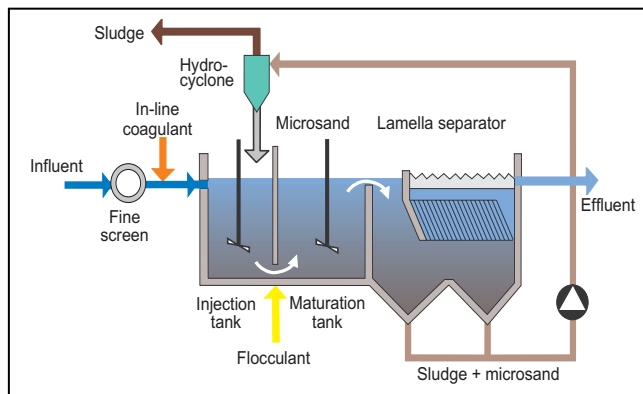
Sedimentace zatěžovaná mikropískem

Sedimentace zatěžovaná mikropískem má charakter kompaktní technologie, která umožňuje velké plošné zatížení. Může se jednat o technologii, která výhodným způsobem kombinuje přednosti urychlené „zatěžové“ flokulace vloček nerozpuštěných látek a lamelové usazovací nádrže, sloužící k urychlené separaci nerozpuštěných látek a odsazené vody. Jako zatěžkávadlo jsou používány různé minerální materiály jako mikropísek, mastek, jíla apod., jejichž měrná hmotnost je obvykle kolem 2,5 kg/l. Tato zatěžkávadla podporují tvorbu větších a těžších vloček, na které se dále „nabalí“ buď menší nerozpuštěné látky nebo přímo mikrovločky. Vytvoření větších aglomerátů s těžší interní strukturou umožní rychlejší separaci sedimentací.

Vlastní reaktor technologie je tvořen ze 4 hlavních částí:

- zóna rychlého míchání, ve které probíhá koagulace,
- zóna rychlého míchání kde se dávákuje flokulant a zatěžkávadlo,
- zóna pomalého míchání, kde dochází ke flokulaci a nárůstu vloček,
- zóna separace, vybavená lamelovým modulem.

Do první zóny rychlého míchání, kam přichází surová voda, je dávkován koagulant a dochází ke koagulaci. Do druhé zóny se dávákuje flokulant a je přidáváno zatěžkávadlo (velikost zrna 40 - 350 μm), které tvoří vnitřní kostru budoucích vloček. Rozměr vzniklých vloček narůstá v další zóně pomalého míchání. Vysoká měrná hmotnost zatěžkávadla, tvořícího jádro vloček, a značná velikost vloček umožňuje zvýšenou rychlost sedimentace v separační zóně. Vzniklý primární kal, jehož jádro tvoří zrnka zatěžkávadla, lze nazvat granulovaným kalem. K další intenzifikaci celého procesu dochází tím, že usazovací prostor je vybaven lamelovými moduly, které zvýší usazovací plochu, a tím zároveň urychlí celý proces separace.

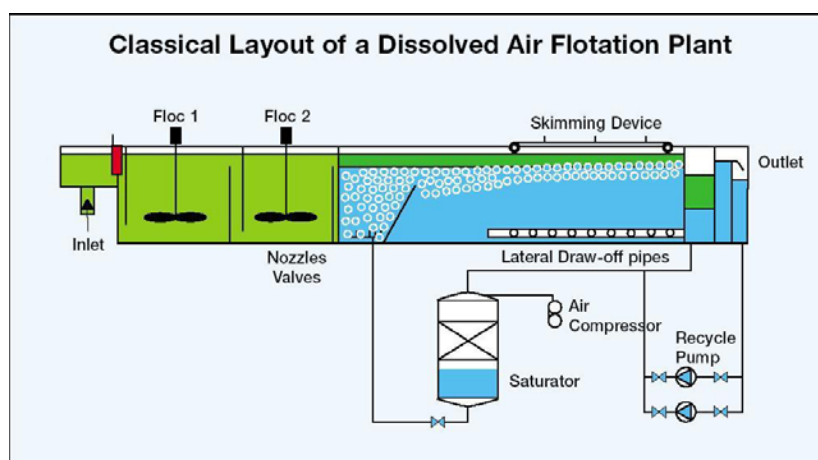


Kal se zatěžkávadlem je v lamelové sedimentační zóně oddělen od vyčištěné vody a odtažen k separaci zatěžkávadla. Přebytný kal je od zrn mikropísku oddělen v hydrocyclonech, a zatímco kal je odčerpán k dalšímu zpracování do kalového hospodářství, čisté zatěžkávadlo se znovu vrací do druhé zóny rychlého míchání k dalšímu cyklu čištění.

Zrychlená sedimentace umožňuje značné povrchové zatížení lamelového separačního modulu. Běžně je technologie navrhována na průměrnou hodnotu povrchového zatížení lamelové separační zóny $25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$ až $75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$.

Flotace

Pro provedení poloprovozních zkoušek flotace byla na úpravnách vody Souš, Mostiště a Vír bylo použito flotační zařízení IPF firmy Nijhuis Water technology b.v., které je popisováno v předchozí části. Na obrázku uvádíme obvyklé uspořádání flokulace a flotace v technologii, tak jak bylo již navrženo na řadě úprav vody v zahra-níci (na obrázku je uspořádání používané společností F.B.Leopold Company, Inc.).



4. Drenážní systémy Leopold

Drenážní systémy společnosti F.B.Leopold Company, Inc. byly v České republice poprvé představeny dvěma přednáškami na vodohospodářské konferenci Pitná voda 2004 v Táboře. Jejich výhodou je možné spatřovat především v rozložení pracích médií po celé ploše dna filtru a zabránění vzniku nepraných mrtvých koutů v meziprostorech mezi tradičními zcezoovacími hlavicemi. Výhodou je rovněž jednoduchá montáž a zkrácení doby výstavby.

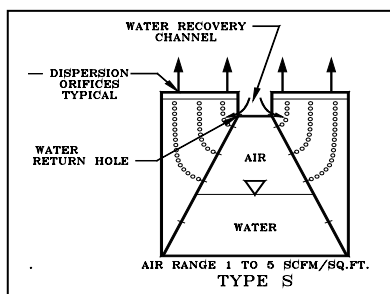
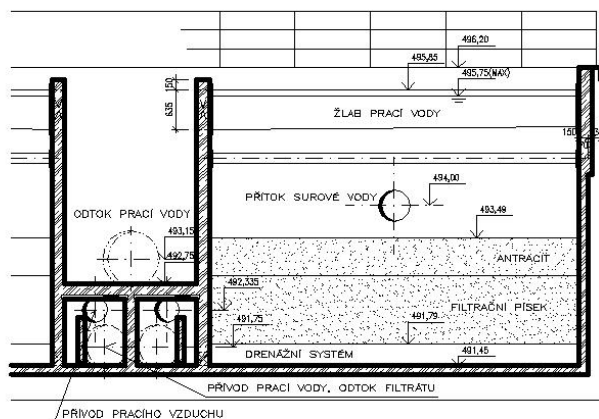
Investor stavby „Rekonstrukce úpravní vody Hradiště“ Severočeská vodárenská společnost a.s. se po posouzení nabídek výrobců drenážních systémů rozhodl použít tento drenážní systém pro rekonstruované pískové filtry na úpravně vody Hradiště.

Ve spolupráci s firmou F.B.Leopold Company, Inc. bylo navrženo technické uspořádání pískových filtrů, které využívá výhod pro osazení drenážního systému Leopold. Konstrukce pískových filtrů pro úpravně vody Hradiště se tak, jak je patrné z příloženého schématu, odlišuje od dosavadních zvyklostí u nás.

V případě úpravní vody Hradiště bylo celé uspořádání přizpůsobeno i navržené odtokové regulaci s proměnnou filtrační rychlostí (declining rate). Rekonstrukce rychlofiltrů na úpravně vody Hradiště proběhne v průběhu roku 2005 a první provozní poznatky bude možné získat v průběhu roku 2006, kdy budou rekonstruované filtry uvedeny do zkušebního provozu.

V případě úpravní vody Hradiště se jedná o první aplikaci drenážního systému Leopold v České republice, jinak velmi rozšířeného drenážního systému především v USA, Velké Británii, Japonsku, Číně, Austrálii ale je v poslední době používán třeba i v Polsku.

Drenážní systém Leopold je moderním systémem úspěšně spojujícím standardní hydraulické požadavky na praní provoz filtrů s moderními materiály. Je tak možné konstatovat, že se na náš trh dostává drenážní systém, který bude možné v budoucnosti, stejně jako již existující, využívat pro rekonstrukce úpravní vody.



5. Závěrem

Provedení poloprovozních zkoušek je pro investora zpravidla prvotně nákladnou akcí, zdánlivě zpomaluje přípravu investice a řada investorů se proto raději obrátí na inženýrské organizace, které řešení bez váhání navrhnou a nepřinášejí mu „komplikace“ v podobě složitého hledání optimálního a funkčního řešení, které odpovídá úrovni současného technického poznání. Jeho hledání však klade i na projekční subjekty zvýšené nároky a vede k nutnosti opustit zaběhnutá projektová schémata.

Otázkou je, nakolik jsou tato rozhodnutí ovlivněna pouze tlakem na urychlení investice pod vidinou získání dotace z fondů a není-li někdy důvodem neochota se rozhodnout, vybrat si z možných řešení, a především nést odpovědnost za své rozhodnutí. Na druhou stranu je třeba říci, že stále ještě nejsou běžně dostupná poloprovozní zařízení pro navrhované technologie, které by bylo možné kdykoli zapůjčit za všestranně přijatelných podmínek. Je-li příslušné zařízení dostupné, tak se stává, že jeho výrobce - pronajímatel není připraven na spolupráci při řešení zadané problematiky, kdy zejména jeho znalosti technologických možností daného zařízení jsou často nenahraditelné.

Je třeba říci, že při komunikaci s našimi zahraničními kolegy se často setkáváme s údivem nad tím, jak málo času se u nás věnuje odpovědné předprojektové přípravě, průzkumům a studijní práci, které u nich trvají několik let před zahájením vlastní projektové práce.

Zkušenosti ukazují, že odpovědná předprojektová příprava přináší ve svém důsledku významné úspory z hlediska investičních nákladů, které bude nutné na rekonstrukci vynaložit, ale i z hlediska provozních nákladů na následný provoz úpravny vody.

