

PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI S FLOTACÍ ROZPUŠTĚNÝM VZDUCHEM NA ÚPRAVNĚ VODY MOSTIŠTĚ

Ing. Luboš Mazel, Jiří Dvořák

VODÁENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. divize Žďár nad Sázavou,
Studentská 1133, 591 21 Žďár nad Sázavou, mazel@vaszr.cz, uvmostiste@vaszr.cz

Úvod

Na úpravě vody Mostiště je od roku 2005 používána technologie flotace rozpuštěným vzduchem k úpravě povrchové vody z vodárenské nádrže na vodu pitnou. Jedná se o vůbec první použití této technologie ve vodárenství v České republice. Cílem tohoto příspěvku je shrnout již cca 2,5 roku provozu tohoto zařízení.

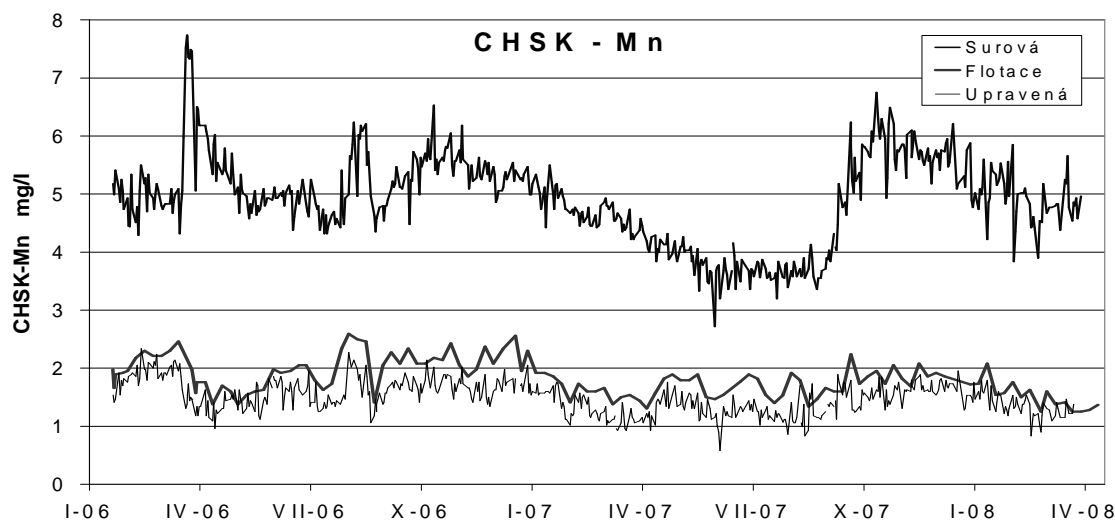
ÚV Mostiště

Úpravna vody Mostiště se nachází na Českomoravské vrchovině nedaleko Velkého Meziříčí. Slouží k zásobování okresu Žďár nad Sázavou a Třebíč pitnou vodou. Surovou vodu pro úpravu odebírá z vodárenské nádrže Mostiště, která je umístěná na řece Oslavě. Hlavním problémem jakosti vody v nádrži je mimo jiné její nadměrná úživnost, jež vyvolává projevy eutrofizace, které jsou pravidelně v nádrži pozorovány a zásadním způsobem zhoršují jakost surové vody odebírané úpravou [1]. Mezi problémové ukazatele patří jednak skupina ukazatelů související s eutrofizací nádrže (masivní rozvoj řas, nedostatek kyslíku, koncentrace manganu, amonných iontů, dusitanů, fosforečnanů aj.) a jednak ukazatele organického znečištění přírodního nebo umělého původu (CHSK-Mn, huminové látky, barva, AOX, jednosytné fenoly příp. další látky antropogenního původu) [2]. Princip úpravy vody spočívá v koagulaci a následné dvoustupňové separaci. Surová voda přitéká do úpravní vody přes kaskády, kde dochází k částečnému provzdušnění vody. Před hydraulický míšič je dávkován koagulant - síran železitý. Na odtoku z hydromíšiče je voda rozdělována na první separační stupeň, který se paralelně skládá jednak z původních galeriových čířičů s doplněnou lamelovou vestavbou a jednak z flotačních jednotek. Technologie flotace byla doplněna v rámci havarijních opatření na úpravě vody. Do vody odtékající z flotačních jednotek a čířičů je dávkována vápenná voda a vápenné mléko pro alkalizaci. Dále voda natéká na pískové filtry. Do zfiltrované vody je dávkován oxid chloričitý a chlor pro zdravotní zabezpečení vody. Upravená voda je akumulovaná v nádržích o celkovém obsahu 900 m³. Odtud je voda čerpána do distribuční sítě. Kal z praní pískových filtrů a z prvního separačního stupně je vypouštěn na kalová pole, kde je postupně odvodňován a dále likvidován kompostováním. Nevyhovující jakost surové vody, špatný technický stav celé úpravní vody, jistá morální zastaralost celé technologické linky (v provozu od r. 1964) a problematická jakost vody vyrobené v určitých ukazatelích jsou hlavními důvody, proč se připravuje celková rekonstrukce a doplnění technologické linky této úpravní vody. Celkové rekonstrukci byla „předřazena“ rekonstrukce části prvního technologického stupně, kdy byly lamelové usazovány s flokulací nahrazeny flotačními jednotkami v roce 2005 z důvodu havarijní situace na vodním díle Mostiště. Popisu technologie flotace a jejím návrhovým parametrům byla věnována pozornost již na předchozích konferencích [3], [4], [5], [6],

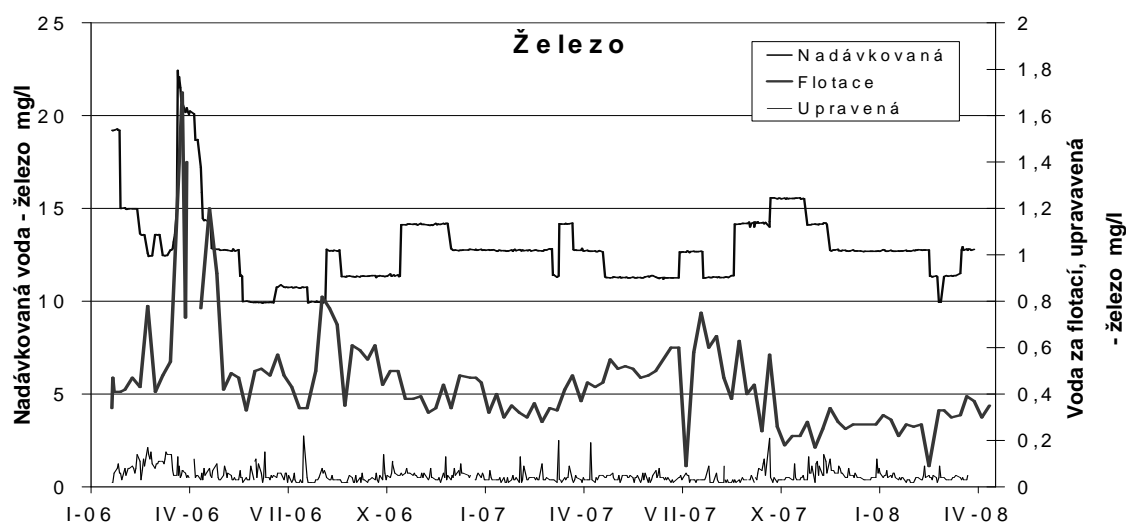
[7] aj., proto se budeme soustředit především na provozní zkušenosti s touto technologií v uvedené lokalitě.

Vyhodnocení separační účinnosti

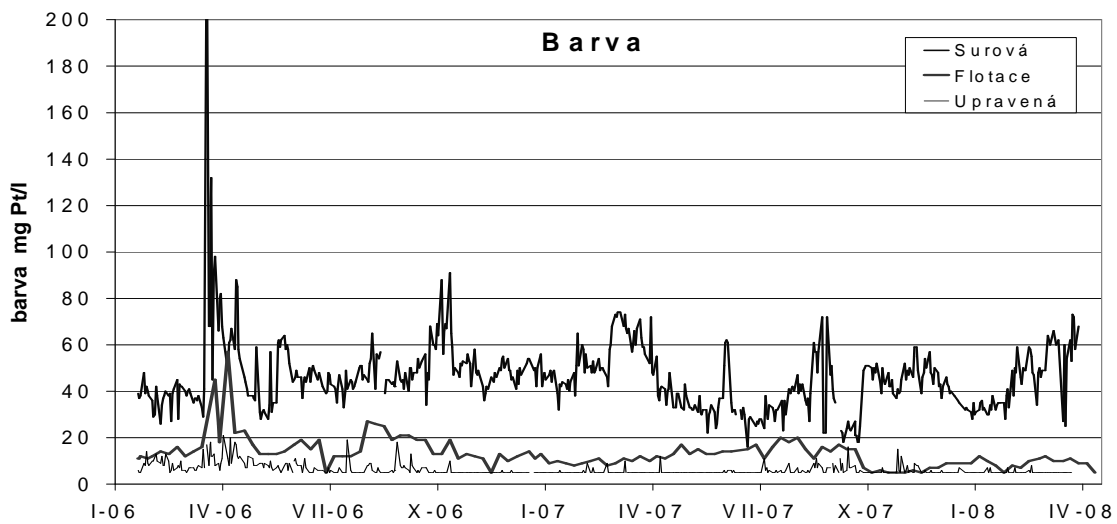
Jednou z hlavních předností technologie flotace je její vysoká separační účinnost. Při srovnání separační účinnosti flotace, galeriových čiričů a lamelových usazováků, které byly rovněž na ÚV Mostiště instalovány, flotační jednotky jednoznačně dosahují mnohem vyšší účinnosti pro odstranění částic z vody, a to jak částic organických a anorganických i při odstranění mikroorganismů. Separační účinnost flotace pro vybrané ukazatele – $CHSK_{Mn}$, zbytkový koagulant – Fe, barva, zákal, a počet organismů je znázorněna na obrázcích 1 až 5. Pro vyhodnocení je použito cca 2,5 roku sledování jakosti vody surové natékající na úpravnu, vody odtékající z flotace a vody vyrobené. Dosahované efekty úpravy vody flotací (obr. 6) prokazují, že její použití jako prvního separačního stupně při úpravě povrchové vody z vodárenské nádrže je velmi vhodnou volbou.



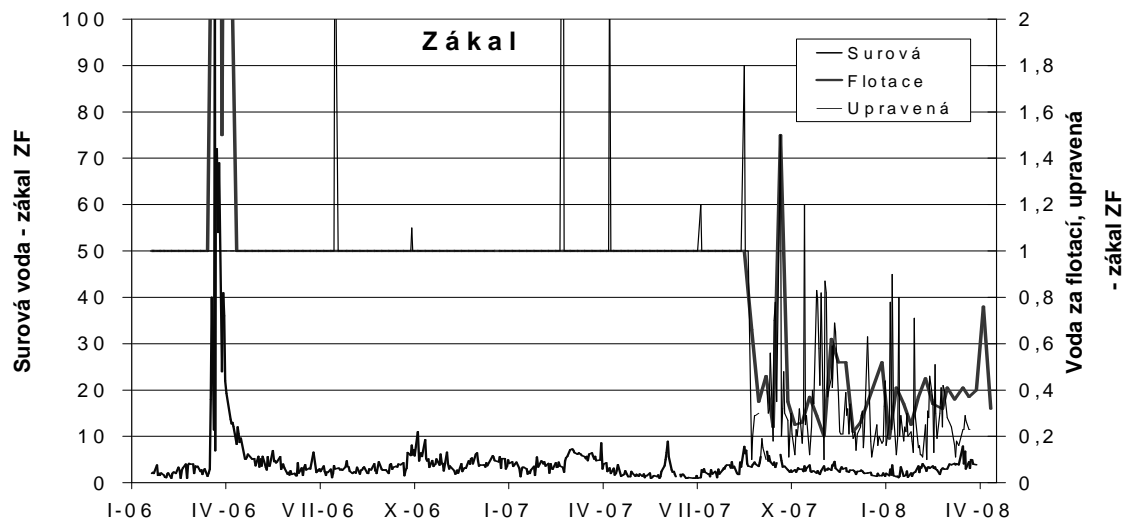
Obr. 1. Průběh hodnot CHSK-Mn



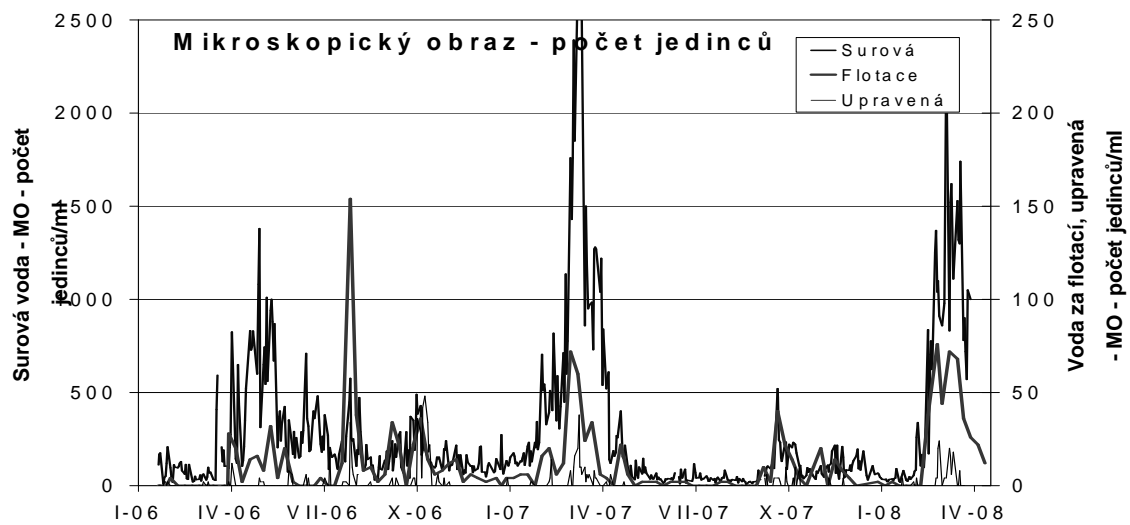
Obr. 2. Průběh hodnot železa



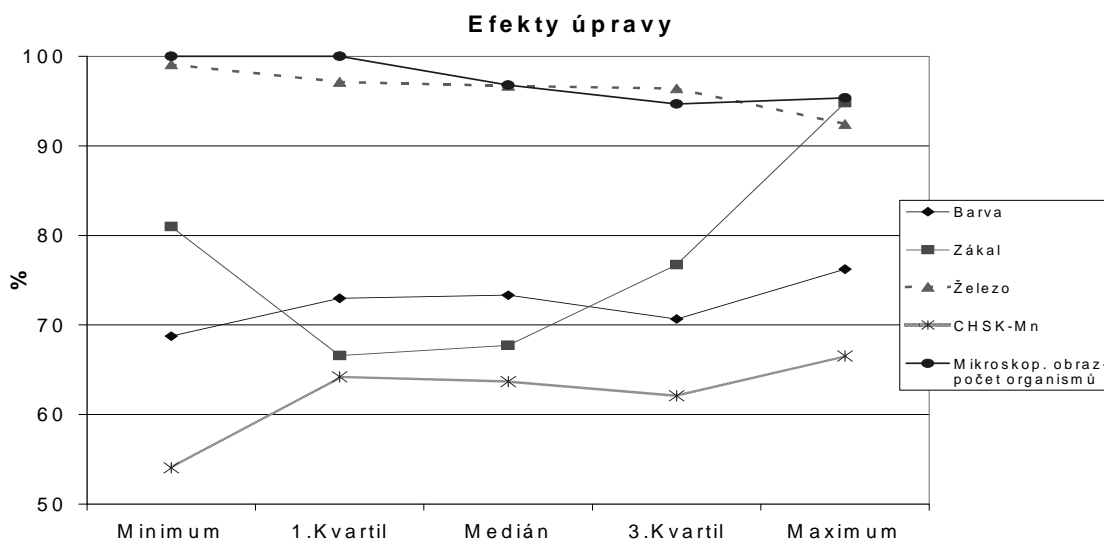
Obr. 3. Průběh hodnot barvy



Obr. 4. Průběh hodnot zákalu



Obr. 5. Mikroskopický obraz – počet jedinců



Obr. 6. Separáčnı́ účinnost flotace - efekty snížení jednotlivých ukazatelů

Na obr. 6 je znázorněna účinnost úpravy vyjádřená hodnotami minimum, 1.kvartil, medián, 3.kvartil a maximum (efekty jsou vyjádřeny vztahem $(1 - \text{odtok z flotace/surová voda}) \times 100$). (Při laboratorním měření zákalu byla do podzimu 2007 poměrně vysoká mez stanovitelnosti - 1,0 ZF, což je patrné z obrázku 3 a do určité míry je tímto zkrleseno i vyhodnocení na obr. 6 v ukazateli zákal, zejména hodnoty 1.kvartil, medián, 3.kvartil.)

Optimalizace provozu flotačních jednotek

Pro efektivní použití technologie flotace je třeba mít optimálně nastaven její provoz. Základem je jako u ostatních procesů optimální nastavení podmı́nek koagulace (dávka koagulantu, pH, fáze rychlého a pomalého míchání aj.). Na vlastních technologických linkách flotace se nastavuje:

- průtok přes jednotlivé jednotky
- intenzita míchání v první a druhé sekci flokulace
- recyklační poměr - průtok vody přes saturátor, tlak v saturátoru
- četnost a rychlost shrabování vyflotovaného kalu
- výška přelivných hran - ovlivnění výšky hladiny ve flotaci

Průtok vody přes flotační jednotky pochopitelně ovlivňuje jejich účinnost. Dobře je zmonitorována zejména oblast průtoků od návrhového průtoku po maximální průtok. Čím se průtok snižuje od maximálního průtoku, tím je dosahováno lepší separáčnı́ účinnosti. Nutno dodat, že většina dat, která jsou vynesena v grafech 1 až 6, je měřena za maximálních průtoků, případně průtoků, které se jim blíží. Pokud je to možné v závislosti na potřebě vody, jsou totiž v provozu pouze flotační jednotky a galeriové čiřiče jsou odstaveny.

Změna intenzity míchání je nastavována frekvenčními měniči. Pokud se intenzita míchání udržuje v první sekci flokulace v rozsahu 4-7 otáček/minutu a v druhé sekci 2-5 otáček/minutu, nemá změna intenzity míchání v těchto oblastech dle našeho sledování podstatný vliv na efektivitu procesu.

Recyklační poměr ovlivňuje účinnost separáčnı́ho procesu více. Nejvyšší účinnosti je dosahováno při nejvyšším recyklačním poměru, tj. při nejvyšších průtocích vody přes saturátor. Horní hranice recyklace je cca 10% hlavního průtoku. Zvýšení recyklace je

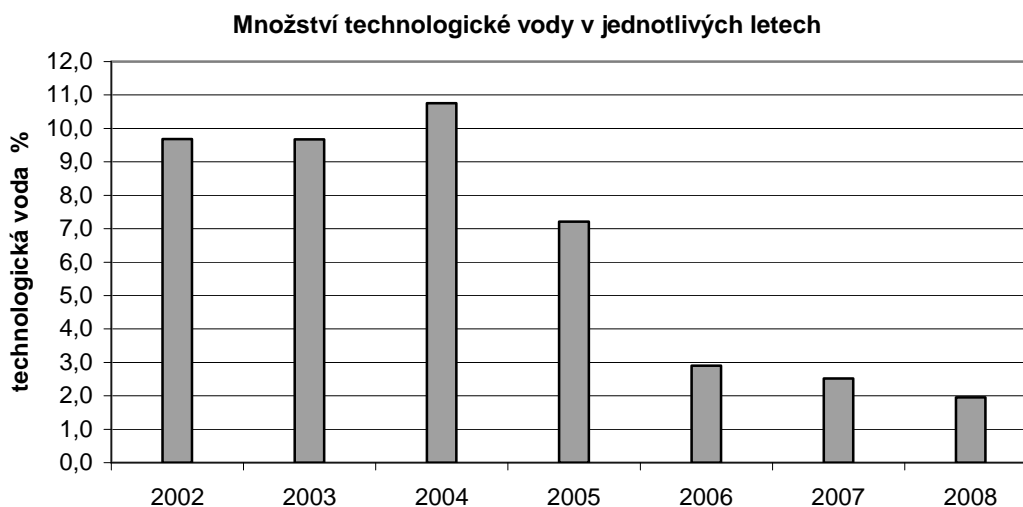
dosahováno zvýšením tlaku vzduchu, který vstupuje do saturátoru. V saturátoru je udržována konstantní hladina pomocí frekvenčních měničů na recyklačních čerpadlech. Při zvýšení tlaku vzduchu tedy dochází i ke zvýšení průtoku vody přes saturátor.

Nastavení režimu shrabování vyflotovaného kalu z hladiny a současně nastavení výšky hladiny vody v separační zóně pomocí nastavitelných přelivných hran má rovněž zásadní význam. Nesprávné nastavení těchto parametrů totiž může významně zhoršit jakost vody odtékající z flotace.

Byl zkoušen i účinek pomocného organického flokulantu, který byl dávkován do druhé sekce flokulace. Jeho použití však významným způsobem nepřispělo k dalšímu zvýšení separačního účinku flotace.

Snížení technologické vody

Při běžných výkonech úpravy vody jsou v současné době v provozu pouze flotační jednotky, které v rámci svého pracovního rozsahu ($\pm 50\%$ svého jmenovitého výkonu, který je pro jednu jednotku 43 l/s, pro dvě jednotky celkem 86 l/s, minimum 43 l/s, maximum 129 l/s) stačí obvykle vykrývat nerovnoměrnosti v potřebě vody. Při výkonech nad 130 l/s se uvede do provozu jeden čířič. V důsledku vysoké separační účinnost flotačních jednotek se významným způsobem snížilo zatížení druhého separačního stupně - pískových filtrů. Současně byla provedena i změna v dávkování vápenného hydrátu. Při provozu flotace totiž způsobovaly zanášení pískových filtrů především nerozpuštěné zbytky z vápenného mléka. Proto byly zprovozněny staré sytiče pro přípravu vápenné vody. Jejich výkon je ale nedostatečný, musí se proto používat i vápenné mléko, ale přesto bylo dosaženo významného snížení zatížení filtrů nerozpustným podílem z vápenného hydrátu. V důsledku popsanych změn byly několikanásobně prodlouženy filtrační cykly pískových filtrů z původních asi 16 hodin na cca 72 hodin. Vyjma významných úspor technologické vody na prací vodě je více než řádové snížení množství odpadních vod z prvního separačního stupně. Zatímco při provozu čířičů a lamelových usazováků byla sušina v odtahované kalové vodě cca 0,1% a odkalované množství bylo 300 až 350 m³ denně, při provozu flotace je hustota vyflotovaného kalu přes 2% a objem kalu je tedy cca 15 m³. V důsledku těchto změn došlo ke snížení technologické vody na ÚV Mostišťě na téměř 2%. Vývoj snižování technologické vody na ÚV Mosišťě je vynesena na obr. 7.



Obr. 7. Vývoj snižování množství technologické vody

Ovlivnění kalového hospodářství

Stávající kalové hospodářství na ÚV Mostišť bylo při výstavbě a zejména intenzifikaci úpravní v 80. letech značně poddimenzováno, což se při předchozím provozu, kdy se používaly čističe a lamelové usazovky, projevovalo v nedostatečné kapacitě sedimentačních nádrží i kalových polí. Provoz flotace a s ním související snížení množství odpadní vody vyřešil nedostatečnou kapacitu sedimentačních nádrží. Přesto však zůstává neuspokojivý stav kalových polí a jejich nedostatečná kapacita. Proto je pro rekonstrukci navrženo kompletní řešení kalového hospodářství.

Provozní a investiční náklady

Porovnáme-li provoz flotačních jednotek s dřívějším provozem čističů a lamelových usazováků, k navýšení nákladů došlo u elektrické energie. V případě flotace jde především o čerpání recyklační vody, dále chod kompresoru pro výrobu tlakového vzduchu a míchadel flokulace (u čističů a usazováků bylo míchání pouze hydraulické) a v poslední řadě chod shrabováků. Nejvýznamnější změny však bylo dosaženo v oblasti snížení množství ztrátové vody na ÚV. To představuje úsporu především na platbách za surovou vodu, snížení množství chemikálií, jistou úsporu el. energie v důsledku snížení množství čerpání prací vody a chodu dmychadla při praní pískových filtrů. Při srovnání představují úspory na technologické vodě cca čtyřnásobek oproti vícenákladům na el. energii při provozu flotace.

Při investicích je výhodné použití flotace z více důvodů. Především jde o velmi účinný a efektivní proces. Díky intenzitě procesu a tím vysokému plošnému zatížení flotace, jde při stejných výkonech o mnohem menší zařízení v porovnání s čističi, usazovky apod. Při rekonstrukcích tak získáme prostor, který jde použít jinak při doplnění technologické linky o další procesy. Díky vysoké koncentraci vyflocovaného kalu se snižují požadavky na kapacitu kalového hospodářství úpraven vod.

Závěr

Provozní zkušenosti s technologií flotace použité na úpravně vody Mostiště při úpravě surové vody z údolní nádrže dokazují, že jde o progresivní technologii, která si díky svým přednostem jistě získá v českém vodárenství své místo.

Literatura

1. Duras J., Hejzlar J.: Vodárenská nádrž Mostiště – základní vyhodnocení dat z období 1985-2005 a návrh monitoringu 2006,
2. Hejzlar J. a kol.: Vodárenská nádrž Mostiště: vyhodnocení monitoringu nádrže a povodí 2006, Biologické centrum AV ČR, v.v.i., Hydrobiologický ústav České Budějovice, 2007
3. Dolejš P., Dobiáš P., Mazel L.: Provozní výsledky první vodárenské flotace v ČR realizované na ÚV Mostiště. Sborník konference Vodárenská biologie 2006, s. 92-97. Praha 31.1.-2.2.2006. VŠCHT Praha a Ekomonitor, s.r.o. Chrudim, Praha 2006.
4. Dolejš P.: Návrhové parametry a separační účinnost flotace – ověření v provozu první vodárenské flotace v ČR na ÚV Mostiště. Sborník konference VODA ZLÍN 2006, s.131-136, Zlínská vodárenská, a.s., Voding Hranice s.r.o., Zlín 2006.
5. Eades A.: Dissolved air flotation (DAF): Design, application and a world perspective. Sborník konference Pitná voda 2006, Tábor, s.121-124, W&ET Team, České Budějovice 2006.
6. Fuchs K., Mazel L.: Výstavba a první zkušenosti z provozu flotace rozpuštěným vzduchem na úpravně vody Mostiště. Sborník konference Pitná voda Trenčianské Teplice 2006, s.181-188, Slovenský národný komitét IWA, Bratislava 2006.
7. Drbohlav J., Dolejš P.: Možnosti doplnění technologie úpravní vody o další technologické stupně, rekonstrukce úpraven vody III. Mlým a Jirkov. Sborník konference VODA ZLÍN 2008, s.87-93, Moravská vodárenská, a.s., Zlín 2008.