

PŘEDPROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA REKONSTRUKCE ÚV BEDŘICHOV – PRŮZKUM SEPARAČNÍ ÚČINNOSTI FLOTACE A FILTRACE

doc. Ing. Petr Dolejš, CSc.^{1,2}, Ing. Pavel Dobiáš¹, Ing. Klára Štrausová, Ph.D.¹

¹⁾ W&ET Team, Písecká 2, 370 11 České Budějovice a ²⁾ FCh VUT, Brno
petr.dolejs@wet-team.cz, pavel.dobias@wet-team.cz, klara.strausova@wet-team.cz

ÚVOD

Příspěvek se zabývá souhrnem poznatků z předprojektové přípravy rekonstrukce úpravny vody Bedřichov na poloprovozních modelech flotace a filtrace. Cílem předprojektové přípravy bylo posouzení separační účinnosti jak jednotlivých stupňů filtrace a flotace zvlášť, tak i komplexní modelové technologické linky tvořené oběma uvažovanými separačními stupni, tedy flotací s následnou filtrací různými filtračními materiály. Získané výsledky slouží jako podklad pro projektové zpracování rekonstrukce úpravny.

ÚV Bedřichov je jednostupňová úpravna vody, která měla ohroženu kvalitu upravené vody v období se zhoršenou kvalitou surové vody [1]. Z těchto důvodů byly poloprovozní modely postaveny v sestavě flotace s následnou filtrací, aby bylo možné vyhodnotit, nakolik bude přínos rekonstrukce vhodný právě pro tuto lokalitu.

POLOPROVOZNÍ MODELY

Na ÚV Bedřichov byly v rámci předprojektové přípravy testovány poloprovozní modely flotace rozpuštěným vzduchem a 3 filtrační kolony naplněné různými filtračními materiály. Flotační jednotka byla umístěna v hale filtrů, zatímco filtrační kolony se nacházely o patro níže, tj. pod filtry.

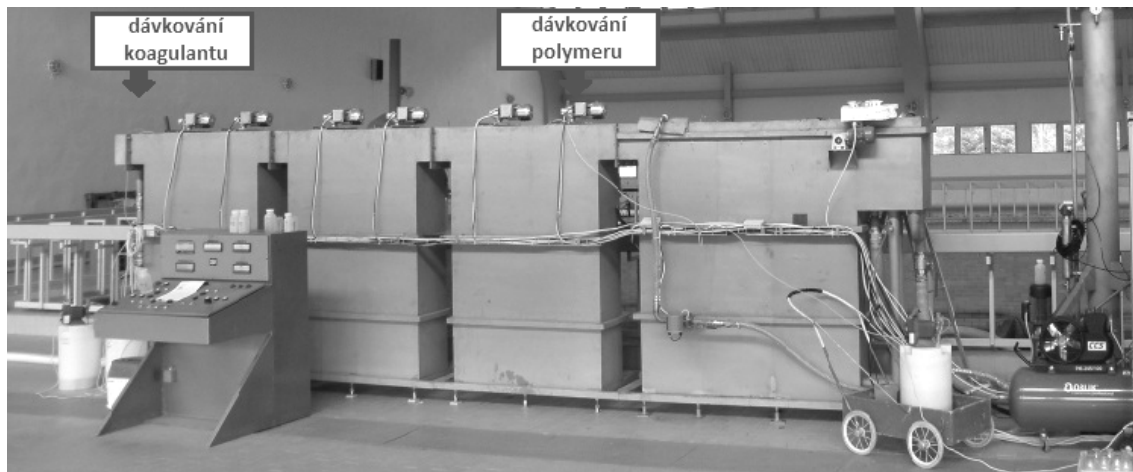
Kvalita surové vody na ÚV Bedřichov trpí především postupně se zvyšujícími hodnotami zejména v ukazateli CHSK(Mn) a barva (huminové látky) a v posledním roce také dosud dříve nezaznamenaným masovým rozvojem fytoplanktonu, tj. v ukazateli počet organismů (MO) [1]. Právě flotace, jako velmi robustní a vysoce účinný separační proces, má velmi dobré předpoklady tyto nerovnoměrnosti zvládnout a zajistit ustálený provoz následné filtrace. Zcela jistě by bylo zařazením flotace dosaženo i zlepšení kvality upravené vody z ÚV Bedřichov a její zabezpečení i za nepříznivých podmínek kvality surové vody.

Modelové experimenty byly prováděny v první polovině roku 2011. Pro orientaci uvádíme průměrné hodnoty kvality surové vody za období našich experimentů:

CHSK(Mn)	6,0-7,0 mg/l
A254 nm	0,243-0,279 (1 cm)
pH	5,4-5,8
KNK 4,5	0,05 mmol/l
Teplota	1,6-5,5 °C
Al	0,24-0,31 mg/l
Počet organismů (MO)	2 700-14 000 jedinci/ml (dle laboratoře SČVK, a.s.)

Dávka předpolymerovaného koagulantu (vyjádřená jako koncentrace hliníku) byla po dobu experimentů optimalizována a pohybovala se od 2,1 do 2,5 mg/l Al.

Pro tvorbu suspenze před flotací má modelové zařízení šest komor agregačních reaktorů. Při povrchovém zatížení separační zóny flotace 10 m/h je doba zdržení v každém reaktoru 3,8 minuty a celková maximální doba agregace je 23 minut. Tato celková doba zdržení byla odpovídajícím způsobem kratší v případě měření při vyšších povrchových zatíženích. Při nejvyšším testovaném povrchovém zatížení (18 m/h) se zkrátila na max. 12,8 minuty.



Obr. 1. Hlavní část modelu flotace a umístění dávkování chemikálií

Během filtračních cyklů byly testovány tři kompozice filtračních náplní experimentálních filtrů:

Náplň filtru F1 – Písek FP2

Náplň filtru F1 byla tvořena vrstvou 160 cm písku FP2 (1,0–1,6 mm), který je identický s náplní provozních filtrů ÚV Bedřichov.

Náplň filtru F2 – skleněné kuličky

Náplň filtru tvořilo 160 cm skleněných kuliček o velikosti zrna 1,0–1,3 mm.

Náplň filtru F3 – Filtralite Mono-Multi

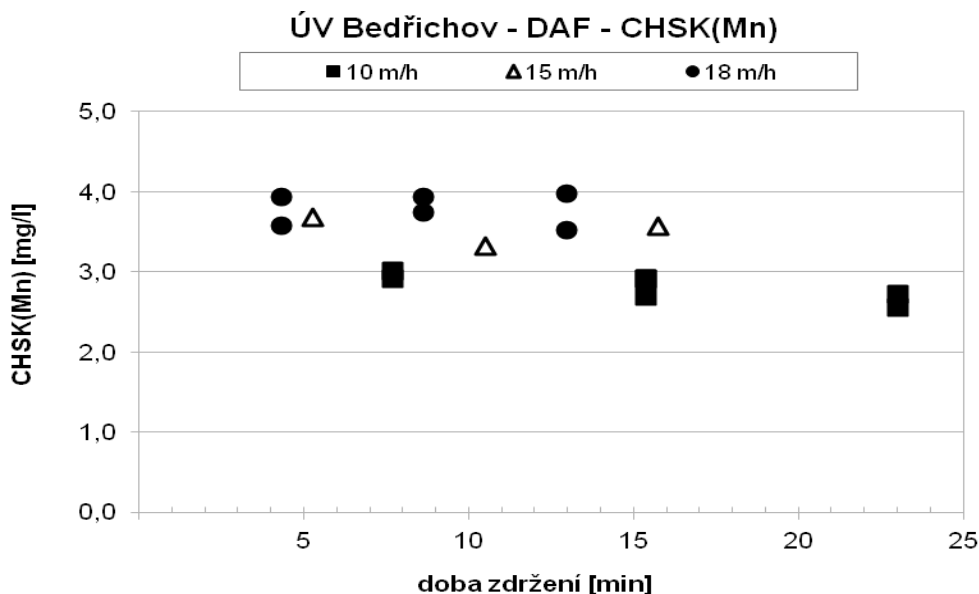
Ve filtru F3 byla použita speciální sestava filtračních náplní Filtralite, která se nazývá Mono-Multi. Je tvořena dvěma druhy materiálu Filtralite. Horní vrstva byla 70 cm materiálu Filtralite NC 1,5–2,5 mm, který má střední hustotu 1100 kg/m³ a spodní vrstva 90 cm materiálu Filtralite HC 0,8–1,6 mm, který má střední hustotu 1600 kg/m³.

Pro část modelových experimentů jsme používali vodu z potrubí nátoky na provozní filtr 1. Vycházeli jsme z dobře ověřeného předpokladu, že úpravna má nastavené optimalizované podmínky pro chemismus tvorby a agregace suspenze. Dále jsme v další části experimentů ověřovali chování testovaných filtračních náplní při přípravě suspenze v modelovém zařízení. K tomu jsme použili míchané agregační reaktory modelu flotace.

VÝSLEDKY FLOTACE

Na obr. 2 - 4 uvádíme příklady výsledků poloprovozních experimentů z modelu flotace. Na obr. 2 je vidět vliv na zbytkovou hodnotu CHSK(Mn). Surová voda měla koncentraci CHSK(Mn) 8 mg/l a počty organismů se pohybovaly od 12 do 15 tis. jedinců/ml.

Vidíme, že nejnižší povrchové zatížení (10 m/h) a dostatečná doba zdržení v agregaci zajistí na odtoku z flotace již hodnoty, které dokonce splňují požadavky na pitnou vodu. Při vyšších povrchových zatíženích a kratší době zdržení v agregaci je nezbytné počítat s tím, že další separační stupeň bude více zatěžován suspenzí a je tedy nezbytné ho podle toho dimenzovat.

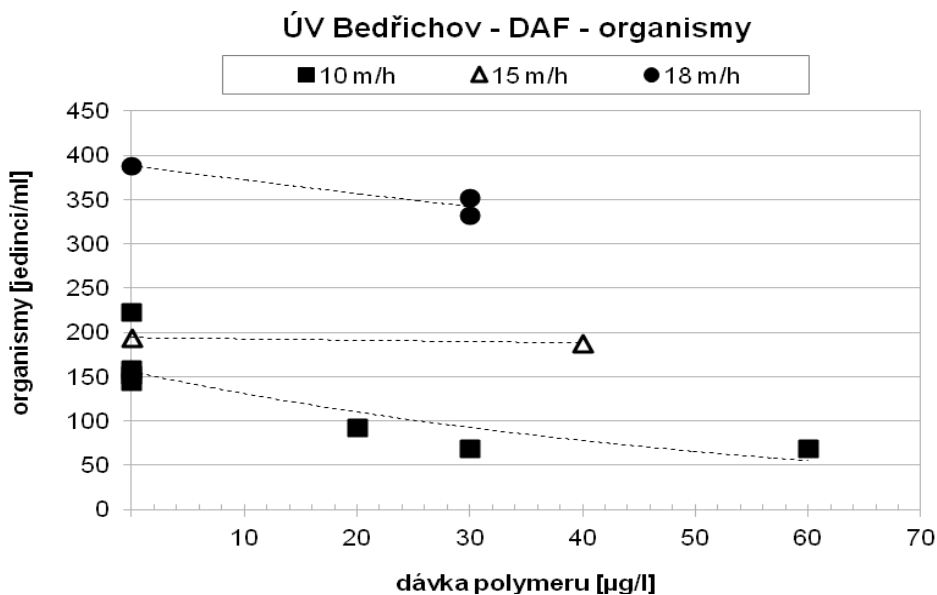


Obr. 2. Vliv doby zdržení v agregačních reaktorech a povrchového zatížení na zbytkovou koncentraci CHSK(Mn) po flotaci

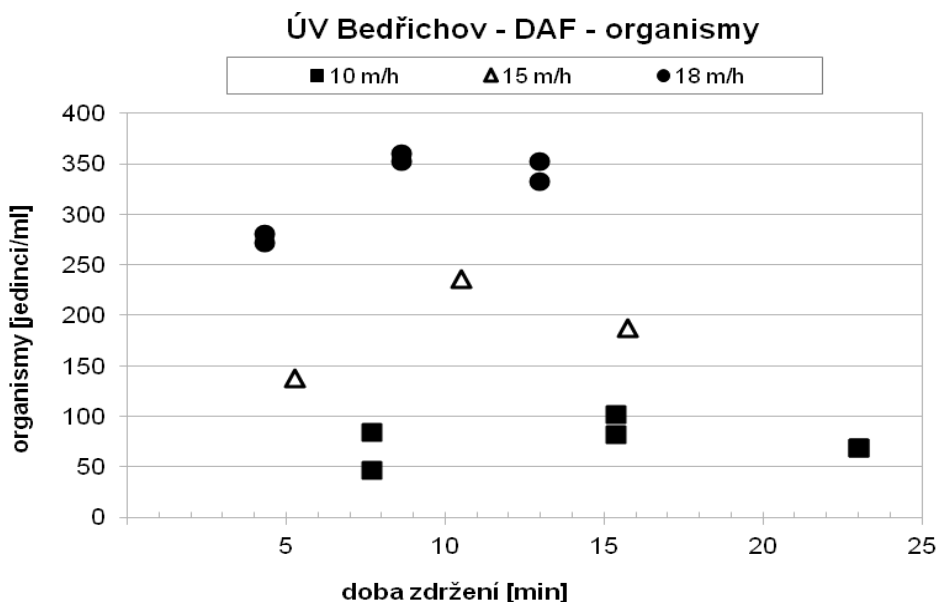
Podobné výsledky ukazují i další dva obrázky (obr. 3 a 4). Na obr. 3 je zachycen vliv dávky polymeru a povrchového zatížení na zbytkové počty organismů. Vidíme, že zvýšení povrchového zatížení vede v tomto případě ke snížení separační účinnosti a dávkování polymeru může tento trend mírně kompenzovat. Podobně je tomu i na obr. 4, kdy při vyšším povrchovém zatížení klesá separační účinnost organismů ve vodě po flotaci.

VÝSLEDKY FLOTACE S NÁSLEDNOU FILTRACÍ

Srovnání filtračních cyklů bez prvního separačního stupně a s předřazeným prvním separačním stupněm je znázorněno na obr. 5. Filtrační rychlost při těchto filtračních cyklech byla v režimu „declining rate“ při počáteční filtrační rychlosti 10 m/h. Z důvodu



Obr. 3. Vliv dávky polymeru a povrchového zatížení na zbytkové počty organismů po flotaci



Obr. 4. Vliv doby zdržení v agregačních reaktorech a povrchového zatížení na zbytkové počty organismů po flotaci

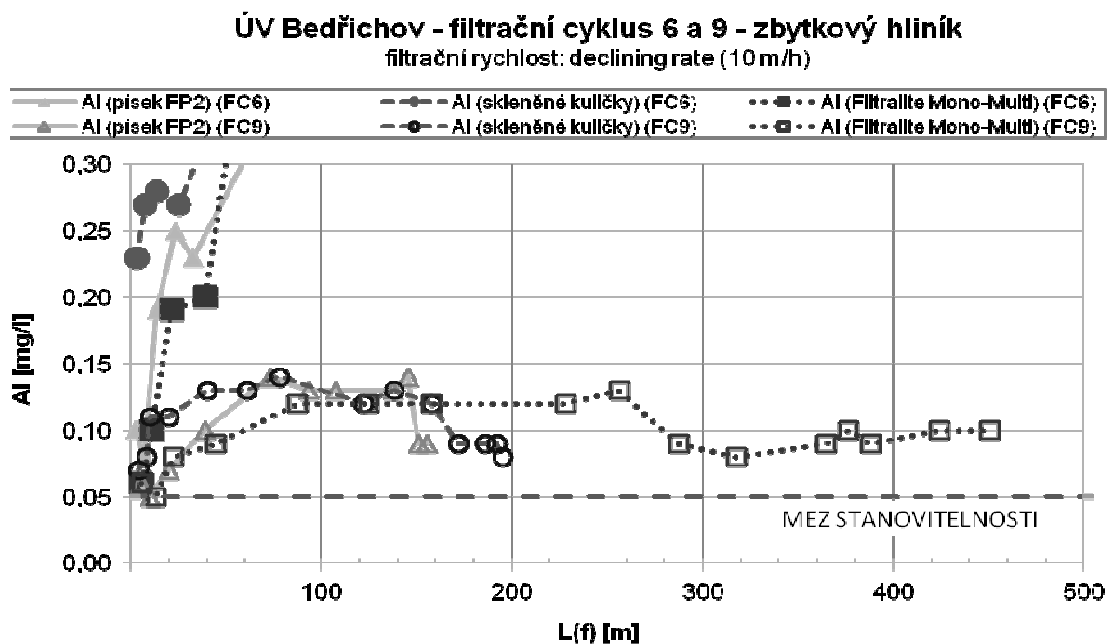
vysoké hodnoty dosažené filtrační délky při úpravě vody flotací a filtrace, jsou křivky, které odpovídají FC6 málo zřetelné, avšak pro porovnání jednotlivých rozdílů postačují.

Jak je patrné z výsledků porovnání filtrace bez předřazené flotace a s flotací, jsou filtrační délky dosahované u dvoustupňové úpravy minimálně 7x delší než u jednostupňové úpravy samotnou filtrace v případě velmi dobře filtrujícího filtru s náplní

Filtralite Mono-Multi. Uvádíme zde pro ilustraci parametr hliník, protože je jedním z dobrých kvalitativních indikátorů separační účinnosti při úpravě vody na ÚV Bedřichov. Ještě větší rozdíl je možné vidět v provozu bez předřazené flotace (simulující jednostupňovou úpravu) a v provozu s flotací před filtrací (tj. dvoustupňovou úpravou) je pro jednovrstvé filtry s náplní buď filtračního písku anebo skleněných kuliček.

Uvedené rozdíly jsou ještě patrnější při provozu s vyšší počáteční filtrační rychlostí (10 m/h). Ukazuje se, že náplň Filtralite Mono-Multi poskytuje v tomto uspořádání nejen mírně lepší kvalitu filtrátu a také lepší stabilitu kvality po dobu trvání filtračního cyklu, ale také zhruba 2,5 x lepší hodnoty filtrační délky na jeden filtrační cyklus.

Souhrnné hodnoty parametrů sledovaných na odtoku z flotace jsou v tabulce 1 a informace o počtech organismů po flotaci a filtraci je v tabulce 2. Z těchto údajů vidíme, že po flotaci jsou počty organismů již velmi nízké a prakticky dosahují počtů požadovaných pro pitnou vodu. Jak ukazuje tabulka 2, po filtraci by pak bylo zaručeno, že se počty organismů budou pohybovat maximálně v pásmu těsně nad nulovou hodnotou a nejčastěji budou nulové a to i v případech, kdy bude kvalita surové vody značně zhoršená.



Obr. 5. Srovnání filtrační délky jednostupňové (FC6) a dvoustupňové (FC9) úpravy vody

Ověřili jsme také, že dávkování polymeru je vhodným intenzifikačním faktorem a stačilo by ho dávkovat za flotací do nátoků na filtry. Bylo by dokonce možné dávku polymeru snížit oproti současnému stavu zhruba na třetinu.

Tabulka 1. Souhrnné hodnoty kvality vody na odtoku z flotace

	A254	A387	A820	Al	Barva	Organismy	CHSK(Mn)
Koagulant 2,3-2,5 mg/l Al³⁺, Polymer 60 µg/l							
min	0,080	0,055	0,001	0,16	14,0	6	2,34
max	0,094	0,074	0,006	0,40	18,9	30	3,55
průměr	0,088	0,062	0,004	0,27	15,8	17	2,90
Koagulant 2,1-2,3 mg/l Al³⁺, Polymer 25 µg/l							
min	0,085	0,057	0,002	0,25	14,5	-	2,36
max	0,104	0,078	0,005	0,54	19,9	-	3,66
průměr	0,093	0,066	0,003	0,38	16,9	-	2,99

Tabulka 2. Souhrnné hodnoty počtů organismů na odtoku z flotace a filtrace

Datum	Surová voda	Flotace	Filtrace		
			písek	skleněné kuličky	Filtralite
28.3.2011	6000	68	-	-	-
6.4.2011	4000	-	0	4	2
31.5.2011	1500	6	0	2	0
1.6.2011	1408	6	14	4	0
2.6.2011	1400	8	filtr. cyklus již skončil	filtrační cyklus již skončil	4
7.6.2011	922	30	2	0	2

ZÁVĚR

Podrobnými poloprovozními experimenty ověřeno, že flotace spolu s filtrací by na ÚV Bedřichov mohla velmi účinně separovat všechny hlavní složky znečištění surové vody. Bylo by tak zaručeno, že v období vysokého organického znečištění a při výskytu vysokých počtů organismů v surové vodě nebude kvalita upravené vody ohrožena.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme všem kolegům z ÚV Bedřichov a SČVK, a.s., za laskavý a vstřícný přístup a také za kolegiální pomoc při instalaci a provozu našich poloprovozních modelů a vytvoření dobrého zázemí na úpravně pro naši práci. Děkujeme také SVS, a.s. za zadání tohoto průzkumu.

LITERATURA

1. Švec L., Rainiš L., Beyblová S., Michalová J. (2011): Výskyt sinice *Merismopedia sp.* – mimořádná událost na ÚV Bedřichov a její řešení. Sborník konference *Pitná voda*, s. 109-114. Hydrotechnológia Bratislava.