

ÚV PÍSEK – PŘEDPROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA

Ing. Pavel Dobiáš, doc. Ing. Petr Dolejš, CSc.

W&ET Team, Písecká 2, 370 11 České Budějovice;
pavel.dobias@wet-team.cz, petr.dolejs@wet-team.cz

ÚVOD

Stávající technologická linka úpravny vody Písek je již na hranici technické životnosti. Proto bylo rozhodnuto, že bude postavena nová úpravna vody se zachováním stávajícího zdroje surové vody. Jako podklad pro vyprojektování nové technologické linky úpravy pitné vody v Písku bylo provedeno poloprovozní ověření:

- a) flotace rozpuštěným vzduchem (DAF)
- b) technologických variant filtračního stupně.

V rámci testování byly provedeny i koagulační testy s alternativními koagulanty k síranu železitému, který je aktuálně na ÚV Písek používán.

Poloprovozní modelové ověření flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) na ÚV Písek bylo provedeno v jarních měsících roku 2015. Následně bylo navázáno testováním různých filtračních náplní pro porovnání filtračního písku 1,0–1,6 mm, filtračního materiálu Filtralite Mono-Multi a Filtralite Mono-Multi-Fine.

Zdrojem surové vody je řeka Otava, což přináší jiná specifika úpravy vody než je tomu například u vodárenských nádrží. Je zřejmé, že s rostoucí mírou organického znečištění a klesající alkalitou, rostou i nároky na technologii úpravy vody. A to se u dynamického zdroje, jakým je řeka Otava, může projevit mnohem častěji, než ve stabilní vodárenské nádrži.

V průběhu poloprovozních testů byla sledována především separační účinnost flotace rozpuštěným vzduchem při běžné i zhoršené kvalitě surové vody. Zhoršenou kvalitou surové vody se rozumí stav, kdy dochází k nárůstu koncentrace huminových látek charakterizované ukazatelem $CHSK_{Mn}$, absorpance při 254 nm či absorpance při vlnové délce 387 nm a zároveň dochází k poklesu tlumivé kapacity upravované vody, jež je charakterizována ukazatelem $KNK_{4,5}$. S rostoucí hodnotou $CHSK_{Mn}$ můžeme v některých obdobích očekávat i nárůst hodnot zákalu. To se však nepodařilo v průběhu poloprovozních experimentů zachytit, protože v letošním roce se Otava chovala jinak, než jak vyplývalo ze zkušeností minulých let a navíc se zatím nepodařilo pokrýt některá nejexponovanější období jako je podzimní vypouštění rybníků na horním toku či tání sněhu na Šumavě.

Vedle aktuálně používaného síranu železitého byly otestovány i alternativní koagulanty včetně síranu hlinitého. Použité alternativní koagulanty PAX a Flokor jsou předpolymerované hlinité koagulanty s různou mírou neutralizace a různou koncentrací hliníku v roztoku a dalšími proměnnými fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Provedení modelových zkoušek flotace umožnilo ověřit účinnost tohoto procesu a výsledky byly použity pro optimální návrh zařízení a jako podklady pro zpracování jednotlivých stupňů projektu.

METODIKA

Podkladem pro projektování nové úpravy vody v Písku byly již tradičně použité poloprovozní modely flotace (

Obr. 1) a poloprovozních kolon pro testování filtračních náplní (obr. 2). Model flotace, který dodala firma ENVI-PUR, s.r.o, byl umístěn v přízemí úpravy vody. Do modelu DAF byla přiváděna surová voda z přípojky na potrubí úpravy vody před provozním nadávkování koagulantu.

Model flotace je navržen tak, že je možné testovat separační účinnost flotace při různých povrchových zatíženích až do hodnoty $20 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$. V modelu flotace můžeme simulovat různou dobu zdržení v agregačních reaktorech, které jsou osazeny míchadly s nastavitelnými otáčkami. Modulární je i systém trysek, čímž je možno experimentálně nastavit různý recirkulační poměr při produkci tzv. bílé vody což je voda s obsahem mikrobulinek vzduchu.

Modelové filtrační kolony byly během experimentálního měření umístěny v patře úpravy vody v prostoru sedimentačních nádrží. Modely filtrů o ploše $0,075 \text{ m}^2$ jsou vysoké 3 m. Kolony jsou vybaveny otvory pro zavedení sond k měření průběhu tlakové ztráty či odběru vzorků z různých hloubek filtrační náplně. U modelových filtrů je možno provádět praní vzduchem i vodou a lze nastavit režim filtrace s konstantní filtrační rychlostí či s postupně klesající filtrační rychlostí tzv. „*declinig rate*“.

Separací účinnost obou technologických stupňů byla vyhodnocována na základě sledování velikostní distribuce částic pomocí přístroje ARTI WPC22 (Hach), měření UV absorbance (při optické délce 1 cm), barvy, zákalu, pH, koncentrace zbytkového koagulantu, aktuální teploty vody i počtu mikroorganismů.

Účinnost flotace byla vztažena i na dobu zdržení v agregaci či povrchové zatížení a filtrace zase na filtrační rychlost a průběh tlakové ztráty. Byl také testován vliv různých typů koagulantů, jež by mohly v budoucnu nahradit používaný síran železitý.



Obr. 1. ÚV Písek – umístění modelu flotace v objektu úpravy vody

Kvalita surové vody v průběhu testování flotace je ilustrována tabulkou 1. Jedná se o základní ukazatele kvality upravované vody, ze kterých už lze určit strategii pro nastavení technologických parametrů úpravy. Jejich výhodou je rychlá dostupnost

analýz i snadná interpretace. V tabulce uvádíme průměrné hodnoty z hodnot za sledované období. Výsledky z filtrace v tomto příspěvku zatím nejsou uvedeny, protože poloprovozní experimenty nebyly do uzávěrky tohoto sborníku ukončeny.



Obr. 2. ÚV Písek – umístění poloprovozních modelů filtrace v prostoru sedimentačních nádrží

Tabulka 1. ÚV Písek - Přehled kvality surové vody v průběhu poloprovozního testování flotace
(únor – květen 2015) – průměrné hodnoty za sledované období

A254	zákal [NTU]	barva [mg.l ⁻¹ Pt]	pH	teplota [°C]	CHSK_{Mn} [mg.l ⁻¹]	KNK_{4,5} [mmol.l ⁻¹]
0,177	6,1	28,7	7,25	5,2	6,54	0,91

VÝSLEDKY

Vzhledem k omezenému rozsahu tohoto konferenčního příspěvku uvádíme v této kapitole jen některé vybrané výsledky poloprovozního testování separační účinnosti flotace rozpuštěným vzduchem. Cílem je ukázat, co všechno se dá, resp. je vhodné vyzkoušet ve fázi předprojektové přípravy na modelovém poloprovozu.

Z porovnání účinnosti flotace (při podobné kvalitě surové vody) při koagulaci síranem železitým (**Tabulka 2**) a Flokorem 1,2A (**Tabulka 3**) vidíme, že by bylo vhodné v budoucnu uvažovat o změně koagulantu. Přínosem předpolymerovaného hlinitého koagulantu je nižší dávka i při mírně vyšším zatížení flotace. Lze tedy říci, že při použití Flokoru vzniká suspenze, která je pro separaci flotací vhodnější.

Při zhoršené kvalitě surové vody vidíme, že nejlepší separační účinnosti bylo dosaženo s koagulantem Flokor 1,2A (tabulka 4). U předpolymerovaných hlinitých koagulantů je přínosem i výhoda, že nedochází k významnému snižování KNK upravované vody. To

přináší možnost lépe pracovat s optimální dávkou koagulantu a mohou se snižovat náklady na doupřpravu pH.

Další poloprovozně hodnocenou proměnou musí být například teoretická doba zdržení při tvorbě suspenze. Na obr. 3 vidíme, že čím delší byla doba zdržení, tím byla flotace účinnější. To je podkladem pro projektanta, jaký prostor může využít pro agregační (flokulační) nádrže v budoucím provedení technologické linky.

Tabulka 2. Provozní parametry a separační účinnost DAF při použití $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

Q [m ³ .h ⁻¹]	Recirk. poměr [%]	Povrch. zatížení [m.h ⁻¹]	Doba zdržení [min]		
4	10	10	35,64		
koagulant		separační účinnost E [%]			
Dávka Fe [μmol.l ⁻¹]	pH	A254	Fe	barva	Zákal
235	6,11	43 %	79 %	23 %	75 %
211	6,24	43 %	75 %	27 %	75 %
187	6,52	43 %	70 %	29 %	81 %

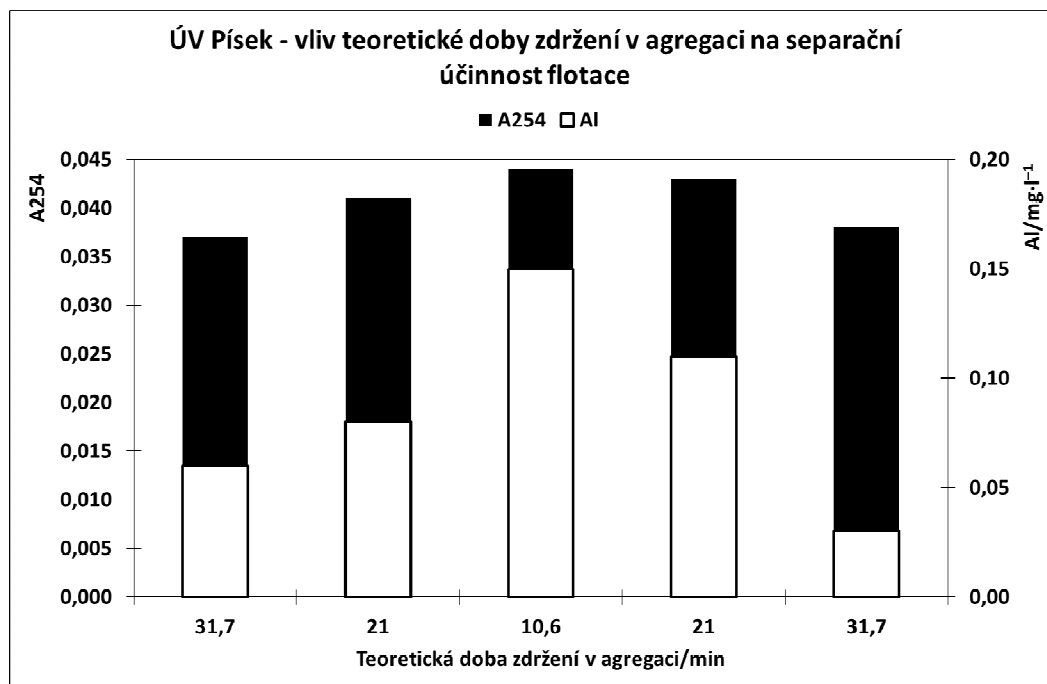
Tabulka 3. Provozní parametry a separační účinnost DAF při použití koagulantu Flokor 1,2A

Q [m ³ .h ⁻¹]	Recirk. poměr [%]	Povrch. zatížení [m.h ⁻¹]	Doba zdržení [min]		
4,5	9	11,25	31,7		
koagulant		separační účinnost E [%]			
Dávka Al [μmol.l ⁻¹]	pH	A254	Al	barva	CHSK _{Mn}
139	7,23	71 %	97 %	78 %	
139	7,12	71 %	96 %	77 %	
111	7,11	65 %	97 %	75 %	68 %
125	7,10	70 %	97 %	75 %	
195	7,16	74 %	98 %	75 %	66 %

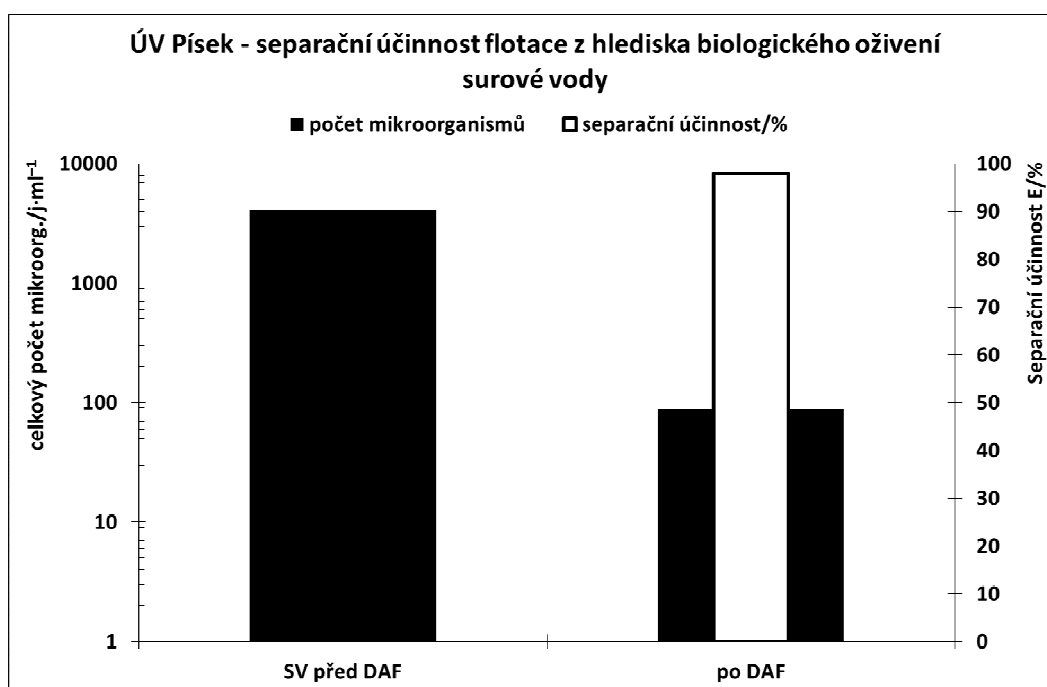
Tabulka 4. Separální účinnost flotace při zhoršené kvalitě surové vody

Surová voda		Koagulant		Za flotací				
CHSK _{Mn} [mg.l ⁻¹]	KNK _{4,5} [mmol.l ⁻¹]	Typ	Dávka Al(Fe) [μmol.l ⁻¹]	A387	CHSK _{Mn} [mg.l ⁻¹]	pH	Al(Fe) [μmol.l ⁻¹]	KNK _{4,5} [mmol.l ⁻¹]
18,0	0,35	FL 1ASW	395	0,057	2,8	6,46	-	0,27
12,0	0,40	FLOKOR DM17H	373	0,076	3,5	6,30	-	0,20
13,5	0,43	Fe ₂ (SO ₄) ₃	182	0,148	3,2	5,04	1,97	0,05
9,6	0,60	Al ₂ (SO ₄) ₃	152	0,070	2,9	5,64	0,70	0,20
9,6	0,60	FL 1,2A	195	0,056	2,8	6,82	0,20	0,55

Výsledků bylo získáno mnohem víc, ale není možné je bohužel všechny uvést v rozsahu tohoto příspěvku. Je třeba podotknout, že nedílnou součástí jsou získané zkušenosti, které nelze dobře kvantifikovat grafem či hodnotami v tabulce. Jedná se o zkušenosti, které lze získat intenzivní prací na modelových zařízeních v konkrétní lokalitě. Teprve při takové práci, která téměř předpokládá kontakt s modelem, odběr a rychlou analýzu vzorků 24 hodin denně, je možné získat v relativně krátké době poloprovozních experimentů co nejvíce informací o chování jednotlivých technologických procesů na dané lokalitě.



Obr. 3. Vliv teoretické doby zdržení v agregaci na separační účinnost flotace



Obr. 4. Vliv flotace na odstranění mikroorganismů (levá osa je logaritmická)

Separční účinnost flotace při našich experimentech je uvedena v tabulce 5.

Tabulka 5. ÚV Písek – dosahovaná separční účinnost flotace rozpuštěným vzduchem u vybraných ukazatelů

Ukazatel	Účinnost flotace [%]
CHSK(Mn)	≥60
A254	≥70
Barva	až 90
Zákal	až 95
zbytkový koagulant	≥90
počet MO	až 98

ZÁVĚRY

1. Použití flotace rozpuštěným vzduchem v prvním separčním stupni ÚV Písek bude vhodnou volbou procesu pro novou technologickou linku ÚV Písek. Při podmínkách měření byla zaznamenána vysoká separční účinnost modelové flotace u vybraných ukazatelů.
2. Navrhujeme zvážit změnu koagulantu. Nejvíce vhodná se ukázala varianta použití síranu hlinitého při běžné (dobré) kvalitě surové vody a použití Flokoru 1,2A nebo Flokoru 15D při zhoršené kvalitě surové vody.
3. Při použití předpolymerovaných hlinitých koagulantů je výhodné, že téměř nedochází ke změně $KNK_{4,5}$ resp. pH upravované vody, což snižuje nároky na alkalizaci upravené vody.
4. Teoretickou dobu zdržení v agregaci před prvním separčním stupněm navrhujeme 30 minut.
5. Navrhujeme konstruovat míchané agregační reaktory osazené mechanickými míchadly s nastavitelným počtem otáček za minutu tak, aby mohlo být dosahováno středního rychlostního gradientu míchání $50 - 150 \text{ s}^{-1}$.
6. Flotace rozpuštěným vzduchem by měla být navržena tak, aby byla optimálně provozována při povrchovém zatížení $10 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ a recirkulačním poměru 10 %.
7. Recirkulace vody by měla být navržena tak, aby při překročení povrchového zatížení flotace o 50 % nedošlo k poklesu recirkulačního poměru pod 8 %.
8. Garantovaná separční účinnost flotace rozpuštěným vzduchem u vybraných ukazatelů kvality upravované vody, které by mělo být dosahováno, je shrnuta v tabulce 5.

Poděkování

Děkujeme za spolupráci a pomoc při experimentálních pracích pracovníkům ČEVAK a.s.. Jmenovitě bychom chtěli poděkovat Ing. Renatě Havlové. Rovněž děkujeme za pomoc mladým a nadějným technologům firmy ENVI-PUR, s.r.o – Ing. Petře Hruškové a Mgr. Tomáši Brabencovi.