

# MODERNÍ PŘÍSTUPY V PŘEDÚPRAVĚ PITNÝCH A PROCESNÍCH VOD

**Mgr. Jan Runštuk, Ing. Pavel Konečný**

VWS MEMSEP s.r.o., U Nikolajky 1070/13, 150 00 Praha 5  
e-mail: jan.runstuk@veoliawater.com, pavel.konecny@veoliawater.com

## ÚVOD

V uplynulých letech nastal rychlý rozvoj nových přístupů k předúpravě pitných a procesních vod. Nové technologie řeší hlavně otázku obecného nedostatku prostor pro výstavbu nových, případně intenzifikaci stávajících technologií. Tyto nové intenzivní technologie jsou kompaktnější, účinnější a ekonomicky výhodnější.

Při rozhodování o vhodné technologii pro konkrétní lokalitu hraje roli mnoho parametrů. Mezi hlavní parametry patří kvalita surové vody a její kolísání během roku, požadovaná kvalita upravené vody, dostupný prostor pro instalaci zařízení, provozní a investiční náklady a případně další omezující faktory dané lokálními poměry. Na mnohé z těchto parametrů lze odpovědět testem pomocí mobilních pilotních jednotek.

K technologiím porovnávaným v tomto textu patří vysokorychlostní-zátěžové čiření, flotace rozpuštěným vzduchem a membránové procesy. Tyto technologie lze jednoduše rozdělit na postupy mechanické (membrány) a chemické (zbylé dva). Vysokorychlostní-zátěžové čiření se od flotace liší způsobem separace balastních látek od vyčiřené vody. Zatímco u flotace jsou balastní látky vynášeny k povrchu bublinkami vzduchu a upravená voda se odvádí spodní částí flotátoru, v případě vysokorychlostního-zátěžového čiření se upravená voda odvádí vrchní částí čířiče a kal zatížený mikropískem je odčerpáván zesponu. V další části textu budou rámcově popsány uvedené technologie s jejich hlavními výhodami a nevýhodami.

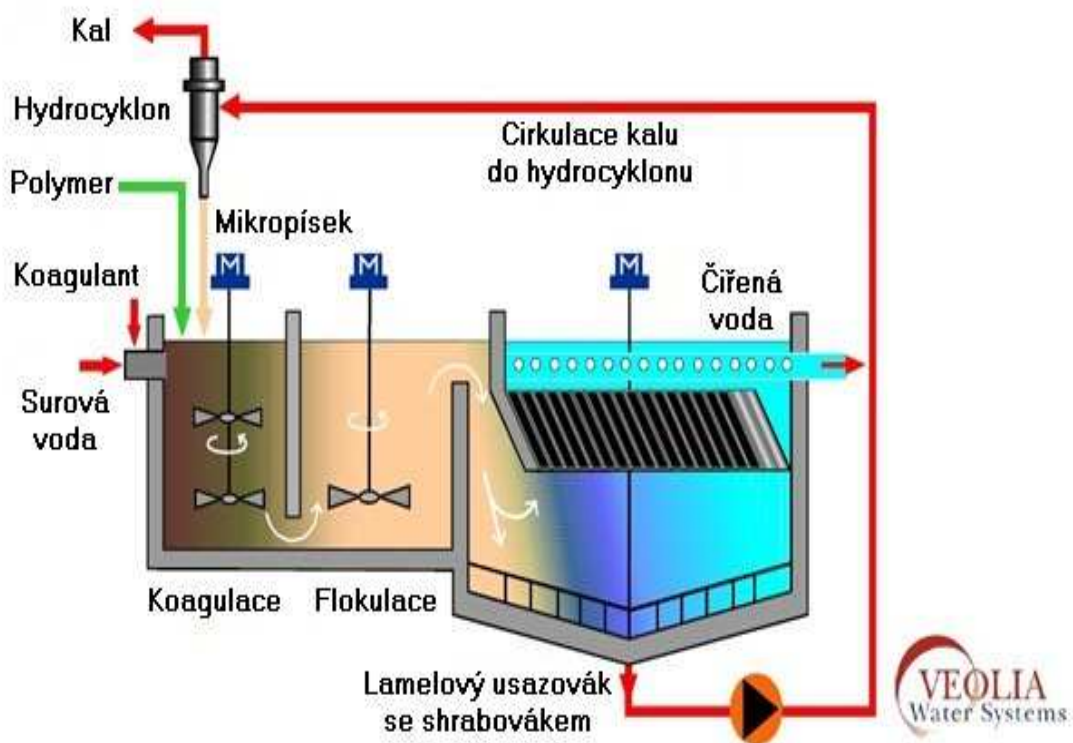
## PŘEHLED TECHNOLOGIÍ

### Vysokorychlostní-zátěžové čiření

Vysokorychlostní-zátěžové čiření, uváděné pod obchodním jménem Actiflo™ a celosvětově patentované společností Veolia, bylo vyvinuto na konci 80. let 20. století. Od té doby bylo po celém světě instalováno několik stovek jednotek na úpravu pitných, procesních a odpadních vod. V ČR bylo prozatím instalováno 7 jednotek o celkovém výkonu cca 2000 m<sup>3</sup>/h. [1]

Z provozního hlediska se jedná o intenzifikaci čířiče s lamelovým separátorem doplněným o dávkování mikropísku společně s anorganickým koagulantem a polymerním flokulantem. Díky vysoké koncentraci mikropísku v celém objemu čířiče dochází k vytváření kompaktních a rychle sedimentujících vloček. V sedimentační nádrži dochází k rychlému oddělení vyčiřené vody a kalu. Vyčiřená voda prochází lamelovou vestavbou a vrchním žlabem opouští čířič. Toto řešení umožňuje dosáhnout vysoké stoupací rychlosti až 120 m/h.

Actiflo™ obsahuje oddělené prostory pro koagulaci, flokulaci a sedimentaci (viz obr. 1). Systém Actiflo™ dále zahrnuje proces recirkulace, který pomocí recirkulačního čerpadla a hydrocyklónu vrací mikropísek zpět do koagulační komory, zatímco oddělený kal odchází do kalové jímky. Upravená flokulace a sedimentace v procesu Actiflo™ vede



**Obrázek 1. Schéma procesu Actiflo™**

k významně menšímu záboru plochy oproti ostatním technologiím o stejném výkonu. Nová generace Actiflo™ Turbo dále snižuje množství odpadního kalu a prostor potřebný k instalaci a provozu při stejné kvalitě a kvantitě upravené vody. [1]

**Tabulka 1. Vysoko-zátěžové čiření – výhody a nevýhody**

Výhody	Nevýhody
Malý zábor plochy, z čehož plynou nižší investiční náklady a větší užití v místech s omezeným prostorem	Velký podíl mechanických zařízení
Až pětinasobné snížení času zdržení oproti konvenčnímu čiření	Počáteční náklady na mikropísek
Rychlé najetí procesu (5-15min)	Náklady na provoz recirkulace
Vysoká stoupačí rychlost – 10-15x vyšší oproti konvenčnímu čiření	Méně vhodný pro surovou vodu s velmi nízkým obsahem balastních látek
Dobré výsledky při kolísavé kvalitě a kvantitě surové vody	
Výborné výsledky při odstraňování zákalu a organických látek	
Schopnost upravovat vodu o vysokém zákalu (>100NTU) nebo vody s velkými rozdíly v kvalitě surové vody	

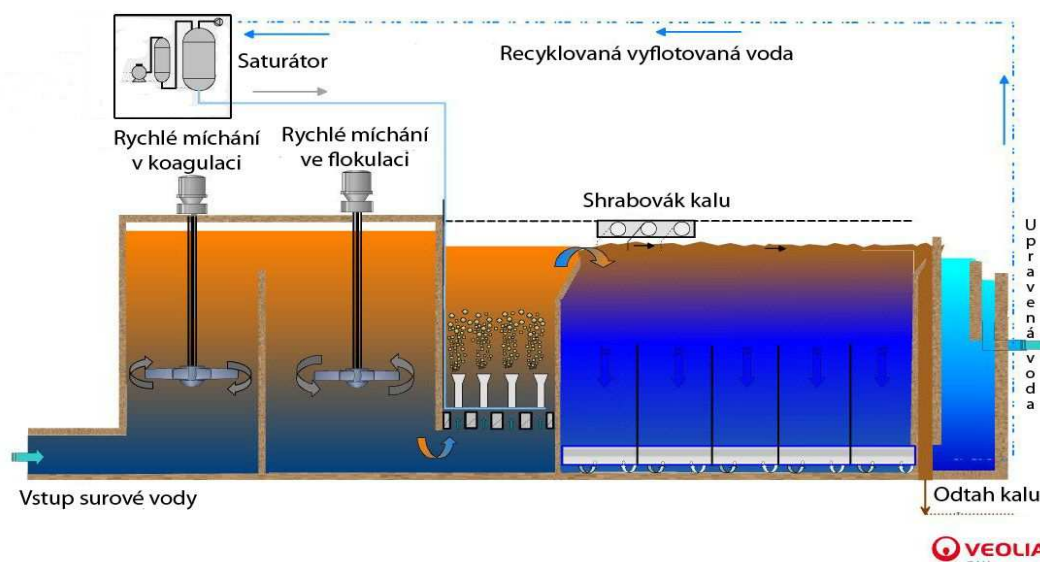
### Flotace rozpuštěným vzduchem

Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) je technologie úpravy vody, která se ve světě začala používat od 60. let 20. století a v ČR byla na úpravu pitné poprvé instalována

v roce 2005 na ÚV Mostiště. Společností Veolia je flotace dodávána pod obchodním jménem Spidflow™.

Tato technologie byla vyvinuta jako alternativa ke konvenčním způsobům čiření. Proces separace balastních látek probíhá za přispění bublinek rozpuštěného vzduchu, které unášejí nečistoty k povrchu a upravená voda se odvádí spodní částí separační komory. Proces DAF je nejvíce účinný za podmínek, kdy vznikají lehké vločky kalu. Toho je dosaženo u surové vody zejména z povrchových zdrojů jako jsou jezera a nádrže, kde hlavní znečišťující látky představují řasy, mikroorganismy a další suspendovaný organický materiál. Schéma procesu je vyobrazeno na obrázku 2.

**Obrázek 2. Schéma procesu flotace - Spidflow™**



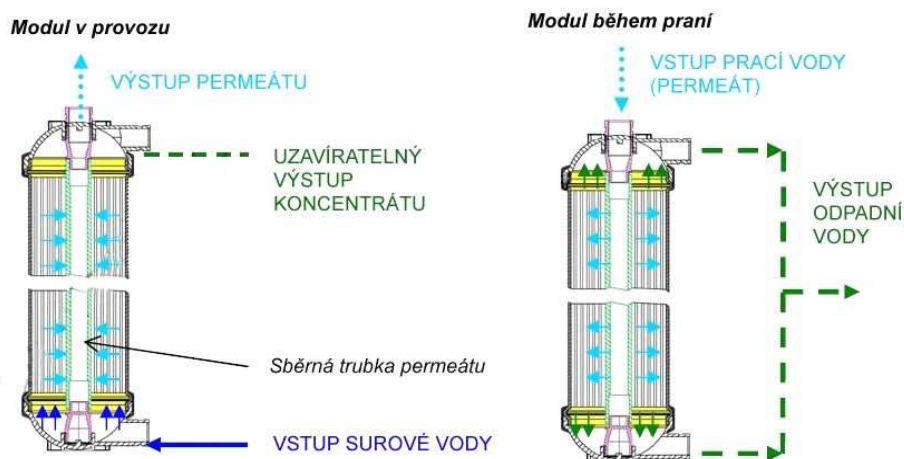
K docílení optimálních podmínek flotace je zapotřebí dosáhnout optimální velikosti bublinek vzduchu. Dávka koagulantu případně flokulantu je s ohledem na požadované velikosti vloček kalu snížena o cca 30 % oproti konvenčním procesům. Snížené dávky chemikálií a větší stoupací rychlosti se projeví menšími požadavky na plochu instalovaného zařízení. Z důvodu možného porušení vrstvy vyflotované kalu okolním prostředím (vítr, déšť) musí být celé zařízení instalováno uvnitř budovy či jinak adekvátně chráněno před vlivy venkovního prostředí. Pro efektivní fungování flotace je zapotřebí průměrná hodnota zákalu nižší než 50 NTU a hodnota TOC nižší než 10 mg/l. Nižší hodnoty NTU a TOC jsou důležité, z toho důvodu že DAF nezvládá separovat větší vločky produkované při adekvátně zvýšené dávce koagulantu a flokulantu. [1].

**Tabulka 2. Flotace rozpuštěným vzduchem – výhody a nevýhody**

Výhody	Nevýhody
Menší zábor plochy než srovnatelné konvenční metody	Neschopnost upravovat vodu o vysokém zákalu (>100NTU) nebo vody s velkými rozdíly v kvalitě surové vody
Výborné výsledky při dobré kvalitě surové vody	Vyšší spotřeba energie z důvodu provozu saturátoru a recirkulačního čerpadla
Vysoká účinnost při odstraňování lehkých a nesedimentujících vloček	Flotace musí být umístěna uvnitř budovy
Nižší dávky chemikálií	
Dobré výsledky při odstraňování řas	

## Membránové procesy

Membrány jsou už léta používány pro produkci čisté a ultračisté vody zejména v potravinářském průmyslu a farmacii. Tyto procesy nacházejí v současné době širší uplatnění v dalších oblastech z důvodu jejich technického rozvoje a postupně klesající ceny. K jejich hlavním výhodám patří výborná efektivita v odstraňování mikroorganismů (*Giardia*, *Cryptosporidium* a viry), která má za následek snížení dávek dezinfekčních prostředků a potažmo omezení vzniku vedlejších produktů dezinfekce.



**Obrázek 3. Schéma jednotky Ultrafiltrace během provozu a praní**

Membrány s malou velikostí pórů 0,1 – 1 nm a vysokým pracovním tlakem (reverzní osmóza a nanofiltrace) se používají k odstranění rozpuštěných látek a malých organických molekul. Ultrafiltrace a mikrofiltrace s poněkud větší velikostí pórů 10 – 100 nm a nižším pracovním tlakem se používají k odstranění koloidních a nerozpuštěných látek a mikrobiálních patogenů.

Pro výběr membrán hrají hlavní roli dva faktory – průtok (flux) a zanášení (fouling) membrány. Průtok membránou je charakterizován množstvím vody protečené membránou za stanoveného tlaku jednotkovou plochou za jednotkový čas ( $\text{l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Průtok membránou je zpravidla určen kvalitou a teplotou surové vody. Zanášení membrány je proces, kdy se díky nečistotám vstupujícím na membránu předčasně sníží účinnost, případně se membrána úplně odstaví z provozu. Zanášení membrány je závislé na množství organických a anorganických nečistot vstupujících do membránového modulu. Pro nastavení optimálních hodnot průtoku a zanášení membrán slouží především pilotní testy, při kterých se určí vhodný typ membrán a požadovaný počet modulů. Schéma jednotky ultrafiltrace s vyznačeným způsobem provozu během pracovní a prací fáze je na obrázku 3. Hlavní výhody a nevýhody membrán v tabulce 3. [1]

**Tabulka 3. Membránové procesy – výhody a nevýhody**

Výhody	Nevýhody
Fyzikální bariéra pro zákal a patogeny	Potřeba předúpravy surové vody při zákalu >15 NTU
Menší zábor plochy	Riziko zanášení (NL) membrán s možným úplným odstavením úpravny
Jednoduchá automatizace a snadná obsluha	Potřeba pravidelné kontroly integrity membrán
Obecně bez dávkování chemikálií	Vyšší objem odpadních vod
Vhodná technologie pro malé systémy	Malá zkušenost úřadů s povolováním

## **FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE**

### **Kvalita surové vody**

Jedním z hlavních faktorů určující výběr vhodné technologie je kvalita surové vody a to jak její střední hodnota, tak i její kolísání během roku. Mezi hlavní sledované ukazatele patří zákal, organické látky, teplota a mikrobiologické oživení. S kvalitou surové vody a výběrem vhodné technologie včetně jejího nadimenzování úzce souvisí garantované parametry požadované investorem.

Z pilotních a provozních zkoušek provedených na výše zmíněných technologiích, které byly prováděny buď společně za stejných podmínek nebo zvlášť, lze vyvodit tyto závěry.

Při dobré a relativně stabilní kvalitě surové vody (průměrný zákal <15 NTU a TOC <4 mg/l) vykazují všechny technologie v hlavních sledovaných parametrech výborné a srovnatelné výsledky jak za čířičem tak i za následnou pískovou filtrací. [1, 2]

Při horší kvalitě surové vody, a/nebo jejích výrazných změnách, se jednoznačně prosazuje systém Actiflo™, který zvládá upravovat vodu i při extrémních stavech (zákal až 1000 NTU) za mírně zhoršených výstupních hodnot. Flotace při zákalu vyšším než 50 NTU začíná mít velké problémy a při zákalu nad 100 NTU přestává fungovat. Pro membránové procesy představuje vysoké zatížení nerozpuštěnými látkami zkrácení pracovního cyklu (častější zanášení) a zvýšené množství odpadních vod, pro omezení častého zanášení membrán je zapotřebí instalovat předřazenou technologii pro úpravu surové vody. [1, 2]

Letní období rozvoje řas a sinic přináší velké zatížení organismy, které je potřeba odstranit. Za těchto podmínek, vzhledem k charakteru vznikajícího kalu, vykazuje nejlepší vlastnosti flotace, která vykazuje >99% odstranění řas v upravené vodě. Actiflo™ odstraňuje řasy s mírně nižší účinností. Pro membrány platí stejná omezení jako v předchozím odstavci. Při velkém zatížení řasami dochází k rychlému zanášení, a proto pro bezproblémový provoz je nutná předřazená úprava surové vody. V případě správně nadimenzované technologie a nepříliš extrémních stavů, však membrány trvale odstraňují téměř 100% řas a sinic. [1, 4, 5, 6]

### **Provozní spolehlivost**

Kromě správného nastavení technologie vůči kvalitě a kvantitě surové vody, musí zařízení zajišťovat spolehlivý provoz i za extrémních situací jako např. okálové stavy nebo rozvoj řas a sinic v letním období. V provozní spolehlivosti instalované technologie také hraje nezanedbatelnou roli množství a složitost mechanických zařízení (míchadla, saturátory, čerpadla, apod.). V případě poruchy těchto zařízení dochází k omezení, případně k úplnému odstavení technologie.

### **Investiční náklady**

Přímé investiční náklady patří společně s garancemi na zařízení a kvalitu a kvantitu vyrobené vody mezi hlavní kritéria při hodnocení nabídky v ČR a na východ od nás. Pro snížení investičních nákladů může hrát roli využití stávajících prostor při modernizaci technologie. Tyto úspory se hlavně týkají částečných rekonstrukcí při intenzifikaci stávajícího procesu nebo instalaci zařízení, které nemají speciální požadavky na uložení, např. membránové procesy.

### Náklady během životního cyklu

V současné době se zvyšuje tlak od investorů vyčíslit také celkové náklady během životnosti celého zařízení. Do těchto nákladů se započítávají jak přímé investiční náklady, tak i náklady provozní, náklady na údržbu zařízení a náklady na předpokládanou výměnu opotřebovaných zařízení. Tyto náklady jsou vysoce závislé na množství a složitosti instalovaných zařízení a jejich životnosti v provozních podmínkách.

V níže uvedené tabulce 4 jsou pro ukázkou vyčíslené náklady pro úpravnu pitné vody ve městě Melbourne, Florida (jezero Washington) o instalovaném výkonu 3150 m<sup>3</sup>/h a pro terciární stupeň čistírny odpadních vod v městě Westborough, Massachusetts o instalovaném výkonu 2520 m<sup>3</sup>/h. [3, 7]

**Tabulka 4. Náklady jednotlivých technologií**

Melbourne, Florida - 3150 m <sup>3</sup> /h		
	<b>Actiflo™</b>	<b>DAF</b>
Stoupací rychlost	60 m/h	7,5 m/h
Náklady na zařízení	\$1 050 000	\$1 592 085
Celkové náklady	\$2 969 824	\$3 983 723
Westborough, Massachusetts - 2520 m <sup>3</sup> /h		
	<b>Actiflo™</b>	<b>DAF</b>
Stoupací rychlost	173 m/h	48 m/h
Náklady na zařízení	\$1 396 385	\$1 171 000
Celkové náklady	\$1 871 000	\$1 318 000
Roční provozní náklady	\$465 000	\$552 000
Celoživotní náklady (20 let)	\$7 440 000	\$8 832 000
Celkové celoživotní náklady	\$9 311 000	\$10 150 000

### Literatura

1. Firemní materiály Veolia Water Solutions & Technologies; <http://www.memsep.cz>
2. SCOTT, M. A., et al. When it's time to choose: A discussion of conventional treatment, Ballasted flocculation, Upflow clarification, Dissolved air flotation, and Membranes. In *AWWA - Annual Conference Proceedings*; 2002.
3. ALVAREZ, M. City of Melbourne Lake Washington pilot program. Executive summary, CH2MHILL; 1999.
4. REDDY, S.; et al. Demonstration level comparison of DAF and Ballasted sand flocculation for pretreatment of Colorado River water. In *AWWA - Water quality technology conference*; 2002.
5. SHAHNAWAZ, S.; et al. Sand ballasted flocculation versus Conventional coagulation: Bench- and Pilot-scale comparisons of highly variable source waters. In *AWWA - Water quality technology conference*; 2002.
6. VAN CAPPELLEN, J.; et al. Long-term Comparison Testing with Sand Ballasted Flocculation (SBF) and High-rate Dissolved Air Flotation (DAF). *Water Practice & Technology*; 2008.
7. Earth Tech, Inc.; Westborough Wastewater Treatment Plant Upgrade Phosphorus Treatment – Pilot Study. 2008.