Racionální přístup k inovacím úpraven vod

doc. Ing. Jaroslav Hlaváč, CSc.; doc. Ing. Milan Látal, CSc.,

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.,
Soběšická 156, 638 01 Brno, *hlavac@vasgr.cz* , *latal@vasgr.cz*

Úvod

V současné době je v České republice v provozu několik set úpraven vody vybudovaných převážně v minulém století. Velmi často jsou úpravny v přijatelném stavu a funkční, avšak již neodpovídají požadavkům na kvalitu vody či na provozní komfort. Vyžadují obnovu, spojenou často s rekonstrukcí a inovací tak, aby odpovídaly současným obvyklým provozním standardům. Přitom je možné zachovat značnou část stavebních částí úpravny a na technologických objektech provést úpravy vedoucí ke zlepšení efektivity a mnohdy i kapacity úpravny.

Z hlediska potřeb praxe se klade na inovace vodárenských objektů důraz zejména z hlediska spolehlivosti, kvality, odolnosti proti extrémním stavům, energetické úspornosti a provozní jednoduchosti. Tyto požadavky se dají shrnout do několika zásad:

- Odpovídající kvalita materiálů stavebních částí a strojně-technologických zařízení přicházejích do styku s pitnou vodou z hlediska možností ovlivnění kvality vody.
- Využívání modernějších, účinných a hygienicky bezpečných chemikálií, jako náhrady za původně používané látky.
- Zabezpečenost vůči kontaminaci, neoprávněné manipulaci i proti selhání lidského faktoru.
- Hledisko kontinuálnosti procesů, t.j. hodnocení celého systému v souvislostech, např. technickým nebo technologickým auditem a zejména pak využitím analýzy rizik.
- Eventualita standardizace procesů při zajišťování provozu využíváním systémů řízení jakosti.

U jednotlivých částí úpraven vod je vhodné zohledňovat tyto aspekty:

Rychlé a pomalé míchání

Homogenizace, potažmo rychlé míchání zajišťuje, aby připravený roztok koagulantu byl rovnoměrně rozmíchán do upravované vody. Pomalé míchání pak umožňuje tvorbu separovatelných vloček. V zásadě se požívají dva základní způsoby, jak toho dosáhnout, a to hydraulický a mechanický. Každý z těchto způsobů má své přednosti i slabiny, stejně tak oba mají svoje zastánce a odpůrce. Z hlediska historických souvislostí se vyskytují oba v našich zemích asi od 30. let 20. století a je s nimi mnoho zkušeností. Jsou li v dobrém technickém stavu a funkční, není nutné uvažovat o jejich inovaci, leda by k tomu byl jiný důvod. Hydraulické systémy jsou konstrukčně jednodušší, nemají žádné nebo jen minimum pohyblivých částí, jsou však citlivější na změny průtoků. Vykazují-li funkční závady (např. nadměrné sedimenty, ucpávání, zhoršená účinnost), doporučuje se jejich kontrola z hlediska správného dávkování, hydraulických poměrů (zejména gradientu rychlosti) a ostatních návrhových parametrů, než se rozhodne o jejich náhradě, neboť ta by nemusela očekávaný výsledek přinést.

Již od osmdesátých let minulého století se uplatňují u vločkovacích nádrží inovace v tom smyslu, že vločkovací nádrže s mechanickými pádly byly nahrazovány nádržemi s hydraulickým mícháním se systémem různých norných stěn se stabilními nebo regulovatelnými otvory. Tyto inovace sledovaly snížení energetické náročnosti vločkovacích nádrží a tím i příspěvek k energetickým úsporám na celé úpravně.

Aktuálně se zaměřují inovace vločkovacích nádrží na plynulé snižování středního gradientu rychlosti ve směru průtoku. Pozvolné snižování gradientu rychlosti se převážně daří deflektorovými, přepážkovými stěnami s postupně se zvětšujícím průtočným profilem. Z důvodu vysoké tvorby vloček již ve vločkovací nádrži lze tyto deflektorové stěny někdy doplnit řetězovými shrabováky, které spolehlivě stírají usazené vločky do kalových prostorů. Toto řešení tj. odkalování pomocí řetězových shrabováků představujeje u těchto zařízení další inovační řešení. Tím se vlastně integrují do prvního separačního stupně.

Velmi názorným příkladem pro toto tvrzení je případ, kdy vločkovací nádrže na úpravně vody s výkonem 200l/s byly intenzifikovány hydraulickými nornými stěnami a z důvodu tvorby velkého množství kalu (vloček) byly řetězové shrabováky navrženy již v tomto flokulačním prostoru. Podélné usazovací nádrže, které navazují na flokulační nádrže, byly také vybaveny řetězovými shrabováky, které při zpětném chodu lišty stírají hladinu v usazovacích nádržích a tím částečně zabezpečují úpravnu vody před ropnými látkami, neboť zdrojem surové vody pro úpravnu je voda povrchová. V minulých třech letech, kdy již úpravna vody byla v provozu po rekonstrukci, se vyskytlo několik ropných havárií na surové vodě a úpravna vody vždy tuto havárii zvládla bez jakýchkoliv problémů projevujících se na kvalitě upravené vody.

Další vývojový aspekt je třeba zmínit u vločkovacích nádrží s mechanickými pádly. V úvodu této kapitoly konstatujeme, že v určitém období byla mechanická pádla nahrazována hydraulickými nornými stěnami ve vločkovacích nádržích.

Některé konstrukce těchto hydraulických stěn byly velmi odvážné a nedosahovaly svojí účinností potřebnou hodnotu středního gradientu rychlosti za účelem míchání suspenze. Proto na počátku třetího tisíciletí došlo při rekonstrukcích vločkovacích nádrží k opětovnému použití inovovaných konstrukcí mechanických pádel. Ze všech variant mechanických pádel našla nejširší použití varianta mechanických pádel se svislou osou.

V praxi se nejvíde používají dvě technická řešení a to:

a) Soustava mechanických míchadel se svislou osou s jedním pevným bodem hřídele, kde pro míchání jsou využita rámová desková pádla na jednom nebo dvou ramenech. Hlavní výhodou této varianty je zonální rozčlenění míchaného objemu suspenze v závislosti na středním gradientu rychlosti.

b) Soustava mechanických míchadel se svislou osou a dvěmi pevnými body hřídele, kde jsou pro míchání navržena opět desková pádla ve stejném konstrukčím uspořádání jako ve variantě a). Hlavní výhodou této varianty je možnost míchat velký objem suspenze s velmi rozkolísanou hladinou vody v nádrži pro různé výkony (řádové) úpravny vody.

První separační stupeň

Sedimentační nádrže nebo čiřiče nejrůznějších typů se jako prvé separační stupně v klasické úpravě vody používají nejčastěji. Horizontální podélné sedimentační nádrže se ve vodárenství používají již více než sto let, tedy od samého počátku využívání moderních technologií. Začaly se používat jako předstupeň pro pomalou filtraci, pak se jejich konstrukce a parametry postupně standardizovaly, později se začaly používat i vertikální a radiální sedimentační nádrže. Podélné horizontální sedimentační nádrže jsou však stále nejvíce rozšířeny. Jsou funkční a provozně velmi robustní. Častým způsobem inovace jsou lamelové vestavby různých systémů. Jejich teorie je podrobně propracovaná již od 60. let minulého století, v pozdějším období se inovace zaměřují na vyklízení kalů, kde vývoj směřuje od klasických radlic přes řetězové k plastovým dnovým shrabovákům. Řetězové shrabováky mohou mimo jiné stírat i méně přístupné prostory pod odběrnými žlaby a zpětným chodem jsou schopny řetězové shrabováky stírat hladinu. U kruhových nádrží je snaha konstrukčními úpravami zvyšovat účinnost stíracích mechanismů včetně odstraňování tvorby pěny. Pro zlepšení hydraulických poměrů se používají též podélné vestavby.

Již od 50. let minulého století jsou běžnou součástí vodárenských technologií čiřiče. Variant jejich technických řešení jsou již desítky, takže inovační možnosti je nutno zvažovat vždy velmi individuálně. V některých případech se osvědčily lamelové vestavby, v jiných však nikoliv, zpravidla z důvodů narušení původních hydraulických poměrů, na něž byl čiřič navržen Velmi důležité je, zda čiřiče v konkrétním případě zahrnují i flokulační prostor, nebo zda se do čiřiče přivádí již voda s vločkami z klasického pomalého míchání. Pak se inovace omezují na případné zlepšení hydrauliky pro lepší stabilizaci vločkového mraku. Hydraulické i procesně – technologické aspekty funkce čiřičů jsou poměrně složité, proto je nutné, aby přípravě změn byla věnována při přípravě dostatečná pozornost a řešení aby bylo svěřeno renomovanému specialistovi. Inovační a konstrukční návrhy rekonstruovaných čiřičů je vhodné provádět tak, že se využije kombinace obou způsobů funkce čiřičů v jednom technologickém zařízení tj. aby provoz čiřičů fungoval tak, že při nízkých průtocích čiřičem se uplatní mechanický vznos vločkovité suspenze a při vyšších průtocích hydraulický princip vznosu vločkového mraku. Tím se dosáhne minimální energetické náročnosti při dosažení maximální separační účinnosti.

Čiřiče jsou hlavně výhodné při rekonstrukcích úpraven vod, které mají jako první separační supeň navrženy vločkovací nádrže v kombinaci s podélnými usazovacími nádržemi. Tyto usazovací nádrže rozměrově odpovídají možnosti, aby byly přebudovány na čiřiče s kombinovaným vznosem vločkového mraku. Z jedné podélné usazovací nádrže klasické šířky 6m se většinou budují tři až čtyři jednotky čiřičů, což velmi přispívá k možnosti provozovat úpravnu vody ve velmi rozdílných průtočných výkonech.

Vlastní jednotka tohoto pulzačího čiřiče může spolehlivě pracovat v rozpětí svého výkonu od 60 do 100% a další výrazné změny průtoku mohou být měněny vypínáním případně zapínáním do provozu konkrétního počtu jednotek čiřičů. To je nejdůležitější podmínka při úpravě vody chemických srážením, totiž aby první separační stupeň pracoval vždy v optimálních technologicko-hydraulických podmínkách. Druhý separační stupeň (většinou rychlofiltry) na této podmínce již nejsou natolik závislé a mohou pracovat v daleko širším rozpětí výkonu celé úpravny vody.

Filtry

Filtry, které byly inspirovány původně napodobením přírodních procesů, jsou nejčastějším objektem používaným při úpravě vody. Nejstarším typem filtrů jsou pomalé (anglické) filtry používané už od 19. století. Při příznivých podmínkách jsou funkční (jsou použitelné pro úpravu povrchových vod obsahujících dostačující množství živin a kyslíku, není-li třeba šetřit plochou a není-li na překážku určitý objem ručních prací). Inovační potenciál pomalých filtrů je diskutabilní, lze jít buď cestou minimalizace ručních úkonů (objem ručních prací lze významně snížit inovativním použitím geotextilie na povrchu filtru), nebo se dá jít cestou změny technologie – přechodem na modernější a výkonnější rychlofiltry. Po stránce ploch a objemů to nebývá problém, pomalé filtry stejného výkonu jsou podstatně větší, než rychlofiltry. Rozhodující je v tomto případě stavební stav objektu. Při posuzování inovace historických pomalých filtrů se doporučuje uvážlivost, je to technologie, která má i v moderním vodárenství svoje místo a proti rychlofiltrům má výhodu v biologické funkci membrány.

Již od 20. let 20. století se však v drtivé většině úpraven požívají rychlofiltry. Ty mají dvě základní varianty – evropské (s mezidnem nebo bez mezidna, prané vzduchem a vodou zpravidla zdola) a americké (bez mezidna, prané vodu shora i zdola). Rozšířenější jsou evropské, vývojově starší americké. Obě konstrukce mají svoje přednosti, slabiny, ale i možnosti inovací. Pokud jsou nádrže v dobrém stavebním stavu (na mysli máme klasické otevřené filtry), je jednoduchou inovací zavedení vícevrstvé filtrace. Ta zvýší kalovou kapacitu filtru a prodlouží filtrační cyklus. Vrstev může být několik, ale již 2 vrstvy dokáží významně zlepšit funkci filtru.

V úvahu přichází též zavedení jiného materiálu do filtrační náplně než je klasický křemičitý písek. Kromě osvědčeného antracitu, který se hodí jako horní vrstva, je možno uvážit též použití zrněného aktivního uhlí s tvrzeným povrchem, čímž se dosáhne nejen filtračního, ale i sorpčního účinku. Provoz filtru s aktivním uhlím je však výrazně dražší z důvodu nutnosti obměny náplně po poklesu jejího sorpčního efektu, k němuž dochází v závislosti na kvalitě filtrované vody po několika letech. Přesto je filtrace přes aktivní uhlí oblíbená, neboť dokáže snížit koncentrace i těch druhů znečištění, které klasickým filtrem projdou. Hospodárnější variantou může být v některých situacích použití zeolitů.

Vedle nahrazení nebo doplnění filtračních náplní je vhodné uvažovat i o konstrukčních zlepšeních, a to směrem ke konstrukcím bez mezidna, avšak se zachováním principu používání pracího vzduchu (obvyklého u evropských filtrů), což umožňuje nižší potřebu prací vody. V úvahu přichází některý z osvědčených systémů (např. Novák nebo Leopold, u menších jednotek i Triton). Je však třeba počítat s tím, že systémy s mezidnem mají podatatně menší hydraulické ztráty při praní, což hraje svou roli při zajištění rovnoměrnosti praní.

Významnou inovací může být modernizace regenerace rychlofiltrů – tj. optimalizace délky a intenzity jednotlivých fází regenerace. Dochází pak k významným úsporám energie i množství regeneračních médií. Délka a intenzita jednotlivých fází praní filtru by měla být zásadně přizpůsobena jak kvalitě filtrované vody, tak i konstrukci filtru a charakteru jeho náplně.

Ke zlepšení spolehlivosti provozu filtrů (ale i celé úpravny vody) vede zavedení, případně modernizace automatických řídících systémů. Těch je na trhu dostatek, při jejich volbě je třeba pracovat jednak se zamýšlenou míru automatizace, jednak se

skutečností, zda bude nutný přenos dat do vzdáleného dispečinku nebo zda bude zvoleno řízení přímo na místě. Množství sledovaných veličin, nakládání s daty a reference z hlediska spolehlivosti a hospodárnosti jsou pro výběr řešení rozhodující.

Významnější technologické inovace

Možností zásadnějších inovací, které přinášejí zcela nové technologie a mění používaná technická zařízení na odlišná, je řada a stále se objevují nové možnosti. Uvádíme zde jako příklad dvě možnosti, jak se na historických objektech vyrovnat s významnými inovačními kroky na jednotlivých separačních stupních. V prvém separačním stupni přichází v úvahu např. použití flotace. Tato technologie je běžněji používaná v průmyslu, ve vodárenství je její využití zatím méně časté, i když technické řešení je již dobře propracované. Je to navíc technologie prostorově úsporná, takže nečiní potíže při využití stávajících budov. Je velmi účinná zejména při odstraňování lehkých suspendovaných látek, jaké vznikají např. při eutrofizaci na vodních zdrojích. Poněkud náročnější může být separace těžších suspenzí, např. při okalových stavech. Tehdy může část suspenzí sedimentovat, takže je žádoucí pamatovat na možnosti provozně přijatelného odkalování, nejlépe bez nutnosti vypouštění flotační nádrže. To není konstrukčně zcela jednoduché. Je třeba si též uvědomit, že ve srovnání s klasickou sedimentací nebo čiřením je tato technologie energeticky náročnější. Na obrázku je ukázka vestavby flotační nádrže z nerez oceli do stávajícího objektu úpravny vody. Tento technologický prvek je již úspěšně provozován a vyrovnává se přijatelným způsobem jak s běžnými, tak i s extrémními stavy na zdroji surové vody. Slouží též jako referenční zařízení pro projektanta i dodavatele.



U druhého nebo dalšího separačního stupně představuje další zásadní inovaci membránová filtrace. Tento způsob úpravy je velmi účinný a je již rozšířen natolik, že může být přijatelný i z hlediska pořizovacích nákladů, zejména pro nižší výkony. Pro orientaci uvádíme obvyklé účinky jednotlivých druhů membránových technologií dle Dolejše a kol. (2002):

Odstraňované látky / Druh filtrace	**MF**	**UF**	**NF**	**RO**
Suspendované látky	C	C	C	C
Prvoci	C	C	C	C
Bakterie	C	C	C	C
Viry	P	C	C	C
Železo, mangan	D	D	C	C
Huminové látky (NOM)	-	P	C	C
CHSK	-	-	P	C
Syntetické org. látky – pesticidy	-	-	P	C
Ca + Mg	-	-	P	C
Dusičnany	-	-	-	C
Amoniak	-	-	-	C

C – kompletní odstranění, D – v závislosti na chemické formě, P – částečné odstranění
MF – mikrofiltrace, UF – ultrafiltrace, NF – nanofiltrace, RO – reversní osmoza.

Závěr

Tento článek pro omezený rozsah neobsahuje úplný výčet inovativních možností, jeho smysl je převážně metodický, cílem je upozornit hlavně na systematičnost a komplexnost přístupu k této problematice, přičemž na počátku by mělo stát jasné definování cíle a omezujících (či spíše vymezujících) podmínek řešení. Tato vymezení je třeba chápat jako provozní, ekonomické a personální limity. Součástí přípravy každé inovace by měla být analýza rizik a zhodnocení z hlediska systémů řízená jakosti.

Literatura

DVOŘÁK, V. et al. : Vodovody jihozápadní Moravy, VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., Brno, 2005, 136 s.

SOVAK: Příručka provozovatele úpravny pitné vody. Praha, SOVAK, 2005, 202 s.

HLAVÁČ, J. – BIELA, R. – CICVÁRKOVÁ, L. - DOLEJŠ, P. – MERGL, V. –NOVÁK, J. – ŽÁČEK, L.: Učebnice vodárenství, jímání, úprava, procesy, konstrukce, výpočty. VAS, a.s. Brno, 2005, CD 32 MB, 527 s.

DOLEJŠ, P. – KALOUSKOVÁ, N. – NOGOVÁ, Z. : Využití membránových procesů při úpravě pitné vody, VaK Zlín, Sborník VI. mezinárodní konference Voda Zlín 2002, s. 109-114.

DOLEJŠ, P.: Flotace rozpuštěným vzduchem (DAF) pro úpravu pitné vody a její první provozní realizace v ČR. Vodní hospodářství 4/2006, s 99 – 101.

HLAVÁČ, J. – LÁTAL, M. : Technický rozvoj v oboru vodovodů a kanalizací, IWMD, BIG Praha 2008, 12 s.

HLAVÁČ, J. – LÁTAL, M. : Inovační potenciál vodárenských objektů z hlediska praxe. W&ET Team, Pitná voda 2008, Tábor, s. 21 - 28