

# MINIMALIZACE PROVOZNÍCH NÁKLADŮ PŘI REKONSTRUKCI ÚV ZNOJMO

**doc. Ing, Milan Látal, CSc., doc. Ing. Jaroslav Hlaváč, CSc., Ing. Josef Filla**

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.,  
Soběšická 820/156, 638 01 Brno, latal@vasgr.cz, hlavac@vasgr.cz, filla@vasgr.cz

## Úvod

Úpravna vody Znojmo byla postavena v průběhu let 1967-1970 a uvedena do zkušebního provozu dne 1. 2. 1970. Její umístění i návrh technologie úpravy vody odpovídal tehdejšími potřebám veřejného zásobování pitnou vodou. Do současné podoby na úpravně proběhly jen dílčí opravy a úpravy technologických zařízení. Z těch rozsáhlejších je nutné zmínit rekonstrukci chemického hospodářství v první půli 90. let a dále montáž nového rychlomísíče a výměna části odkalovacího potrubí. Během provozu byl rovněž zaveden systém řízení a dohledu nad úpravnou vody prostřednictvím ASŘTP.

## Popis současného stavu

Vzhledem ke skutečnosti, že základní technologické zařízení je z roku 1970, kdy úpravna byla uvedena do zkušebního provozu a rekonstrukce zatím byly provedeny pouze na pomocných provozech a to jen částečně a totéž platí i o rozvodné síti, která rovněž nebyla zásadně rekonstruována, je nezbytné tato vodárenská zařízení rekonstruovat a modernizovat a doplnit o technologie a technická zařízení, která zabrání tvorbě chloroformu v rozvodné síti.

Stávající technologie úpravny vody byla navržena na maximální výkon  $Q = 360$  l/s. V současné době je surová voda čerpána z řeky Dyje dvěma čerpadly výtlačným řadem do objektu úpravny vody. Po vstupu do úpravny je prováděno dávkování vápenné vody a hlavního koagulantu (Prefloc) před rychlomísíčem Helax. Za rychlomísíčem voda odtéká do dvoukomorové flokulační nádrže, kde probíhá pomalé míchání pomocí horizontálních pádlových míchadel. Z flokulační komory voda odtéká do rozvodného žlabu před horizontálními usazovacími nádržemi, kde je rovnoměrně rozdělen nátok do všech tří sedimentačních nádrží. Po průtoku sedimentacemi a nadávkování vápna voda dále odtéká na 6 ks otevřených pískových rychlofiltrů. Filtry jsou vybaveny klasickými betonovými mezidny, ve kterých jsou osazeny filtrační zcezovalí hlavice s tryskami z PVC. Jednotlivé filtry mají filtrační plochu  $42\text{m}^2$  a jsou konstruovány jako dvojče – to znamená, že filtrační plocha je ve dně rozdělena na dvě stejné poloviny. Toto řešení při výstavbě přináší úsporu na trubním a částečně i armaturním vystrojení jednotlivých filtrů (menší profily).

Z rychlofiltrů dále voda po úpravě pH a zdravotním zabezpečením odtéká do hlavní velké akumulace ÚV o objemu  $4\,000\text{m}^3$ . Tato akumulace je vnitřním propojem spojena s malou akumulací objemu  $360\text{m}^3$ , přes kterou pitná voda odtéká do spotřebiště – gravitačně do II. tlakového pásma, ze kterého je dále přepouštěna do I. tlakového pásma a částečně čerpána do III. tlakového pásma. Skupiny 4 ks distribučních čerpadel a 2 ks pracích čerpadel mají každá samostatné sací potrubí z akumulace. Trubní zapojení v úpravně dále umožňuje v případě potřeby i přepouštění vody přes odběrné potrubí přímo za II. tlakového pásma do II. (a I.) tlakového pásma.

Stávající chemické hospodářství je výsledkem částečné rekonstrukce provedené v první půli 90. let a některé jeho části bude případně možné použít i v nově rekonstruované úpravně. Možnost využití některých zařízení bude podrobněji vyřešena v dalších stupních projektové dokumentace.

**Vápenné hospodářství** je umístěno v hlavní provozní budově, v I. a II. NP. nahoře, ve II. NP se nachází sklad pytlomaného vápenného hydrátu, do něhož je dopravován na paletách nákladním výtahem. Ve skladu v úrovni podlahy se nachází 2 ks násypných otvorů, kterými je vápno sypáno do rozmíchávací nádrže, osazené pomaloběžným míchadlem, které provádí homogenizaci roztoku. V nádrži zůstávají nerozpuštěné nečistoty, které vápenný hydrát obsahuje. Z této rozmíchávací nádrže je vápenný roztok přepouštěn do 2 ks řadících nádrží, kde je provedeno doředění na požadovanou koncentraci vápenné vody. Dávkování takto připravené vápenné vody je prováděno 1 ks hadicového čerpadla do sytiče a z něj dále na konec úpravárenské linky, kde je před nátokem do akumulace prováděna korekce pH. Hlavní dávkovací čerpadlo dávkuje roztok vápenné vody do odtokového žlabu ze sedimentačních nádrží.

**Hlavní koagulant** – Prefloc je skladován v I. PP ve čtyřech zásobních nádržích. Tyto nádrže jsou vyrobeny z polypropylénu a po montáži obetonovány. Každá z nádrží je vybavena pomaloběžným míchadlem, které zajišťuje homogenizaci obsahu celé skladovací nádrže. Ze skladovacích nádrží je koagulant čerpán podávacím čerpadlem do II. NP, kde jsou umístěny ředící nádrže (2ks). Každá z nich je vybavena pomaloběžným míchadlem. Odtud je naředěný prefloc odebírán a v I. NP dávkován do nátku surové vody přes rychlomísíč. Dávkování zajišťuje dvouhlavé membránové čerpadlo.

**Zdravotní zabezpečení vody** je zajištěno pomocí plynného chloru, který je dávkován do odtoku vody z rychlofiltrů před akumulační nádrže.

Stávající proces je jen zčásti monitorován a signalizace přenášena do velínu, kde je vizualizovaná na monitoru PC.

Stávající úprava vody má několik problémových míst, na která je nutno se v připravované rekonstrukci zaměřit, aby mohlo dojít ke zjednodušení celého provozu technologické linky.

### **Varianty technického řešení**

V následující části jsou popsány variantní možnosti řešení rekonstrukce všech technologických stupňů. Na základě zadání je upraven budoucí maximální výkon úpravní na  $Q_{\max}=200$  l/s. Vzhledem k tomu, že původní navržený maximální výkon byl 360 l/s, je možné u části zařízení počítat s jejich zmenšením, případně využitím pro jiné technologické soubory. Stávající zařízení projdou celkovou rekonstrukcí a bude doplněné II. stupeň úpravy. Z hlediska dlouhodobé stability kvality vody bude do technologického procesu doplněno dávkování síranu amonného v návaznosti na optimální dávku chloru a dále bude voda ztvrdována vápnem a  $CO_2$ , aby byly chráněny rozvody vody ve spotřebišti.

Tato navrhovaná a níže popsaná technická řešení jsou mezi sebou porovnána v poslední kapitole této studie, kde je velmi dobře patrné, která zařízení a za jakých podmínek je výhodné upřednostňovat.

Popis jednotlivých navrhovaných řešení:

### **Rychlomísení**

Předpokládá se osazení hydraulického rychlomísíče s takovým vnitřním uspořádáním, které zamezí zarůstání nečistot s dávkovanými chemikáliemi na jeho částech. Konstrukce bude umožňovat snadné čištění s minimalizací doby tohoto úkonu a bez nutnosti demontáže celého zařízení. Dále bude rychlomísíč opatřen i revizními otvory pro možnost kontroly jeho zanesení.

## **Flokulace**

Tato část technologické linky by měla zůstat v dnešní podobě, v návaznosti na použití jiného typu I. separačního stupně místo dnešních sedimentací by bylo nutno zvýšit hladinu vody ve flokulační komoře cca o 30 cm. Je nutné počítat se sanací prostupů a povrchů nádrží.

### **I. separační stupeň**

I. separační stupeň by do budoucna měl přinést největší úspory nákladů na výrobu pitné vody. Studie navrhuje a hodnotí 3 možné varianty podoby I. separačního stupně:

#### Intenzifikace stávajících sedimentačních nádrží

tato varianta předpokládá přebudování nátoků na usazovací nádrže za účelem dosažení rovnoměrného a shodného nátoků na všechny nádrže, které budou v provozu. Stávající shrabováky kalu nahradí nové řetězové shrabováky pro kontinuální stírání dna, případně hladiny. V zadní části nádrží se uvažuje s využitím lamelových vestaveb s nornou stěnou, která znatelně zvyšuje účinnost sedimentace. Po stavební stránce by bylo nutno provedení sanace povrchu betonových nádrží a ošetření potrubních prostupů přes stěny nádrží.

Uvažuje se s využitím všech 3 ks stávajících sedimentačních nádrží, čímž dojde k významnému prodloužení doby zdržení, což v kombinaci s výše popsány úpravami bude mít za následek značné zlepšení účinnosti I. separačního stupně. v dispozičním spořádání s využitím všech tří sedimentačních nádrží vznikají stísněné prostory v armaturním prostoru mezi sedimentacemi a rychlofiltry, kam bude třeba ještě umístit UV zářič a kde bude provedeno rozdělení nátoků do stávající a nové akumulací nádrže v zadním čele haly úpravny.

#### Flotace

Je možné říci, že do začátku devadesátých let ještě nebyl k dispozici kvalitní teoretický koncept pro flotaci rozpuštěným vzduchem a přitom ve světě byl již tento proces aplikován i na úpravách o kapacitě jednotek metrů krychlových za sekundu.

V současnosti je flotace v úpravárenském procesu v ČR používána na ÚV Mostiště, kterou provozuje VAS divize Žďár nad Sázavou. za relativně krátkou dobu provozu bylo již publikováno několik článků o výsledcích provozu této u nás nové technologie. Vyplývá z nich, že tento proces nejenom splnil, ale dokonce překročil očekávání, se kterými byl zaváděn do naší vodárenské praxe.

Účinnost separace železa v období provádění zkušebních testů byla vynikající. Při dávce koagulátu, která odpovídala 14,8 mg/l (plus koncentraci železa v surové vodě kolem 0,5 mg/l) byla separační účinnost tohoto prvního separačního stupně přes 98%. Koncentrace zbytkového železa v odtoku z flotace se pohybovaly od 0,18 do 0,35 mg/l. Tyto hodnoty byly potvrzeny i dlouhodobým provozem.

Silnou stránku flotace je účinnost odstranění organismů. Proto je ve světě navrhována i na úpravu silně eutrofizovaných vod, kde jiné separační procesy selhávají. Z počtů kolem 400 org./ml bylo v odtoku z flotace stabilně dosahováno počtů od 0 do 6 org./ml.

Při měření na ÚV Mostišť se zjištěná separační účinnost tedy zatím pohybovala mezi 98 až 99,9% (odmyslíme-li nulové počty zjištěné ve dvou vzorcích, které by znamenaly účinnost 100%, což je však z technického hlediska nereálné). To dává provozovateli záruku velmi vysoké provozní bezpečnosti tohoto stupně úpravy vody.

Velkou provozní výhodou flotace také je, že její spuštění nedává jakoukoliv šanci průniku znečištění do upravené vody. Při najíždění flotace je vždy napřed spuštěn saturátor, který generuje mikrobublínky. Přicházející suspenze (přítok upravované vody do reakční zóny) je tak okamžitě v kontaktu s mrakem mikrobublinek, které působí separaci suspenze.

Byla zjištěna rovněž také vynikající provozní robustnost instalované flotace. Při zkušebním provozu byly nastavovány různé extrémní provozní stavy a to zejména při testování funkce řízení a automatizace provozu. Průtok flotací byl například nastavován v mezích od 50 do 150 % jmenovitého výkonu. Získávané hodnoty zbytkových koncentrací prokázaly, že se separační proces chová při okrajových provozních podmínkách, které by ale v praxi nikdy nastat neměly, velmi dobře a velmi mírné zhoršení kvality vody na odtoku by nijak neohrozilo separační účinnost filtrace a kvalitu upravené vody. To dává provozovateli záruku velmi vysoké provozní bezpečnosti tohoto stupně úpravy vody.

Velkou nevýhodou tohoto způsobu čištění vody je značná energetická náročnost vyplývající z nutného chodu dmychadel a oběhových čerpadel tzv. „bílé vody“. Tato zařízení musí být v provozu na plný výkon i při nižší potřebě výroby vody. Z potřeby kontinuálního provozu strojních zařízení pak vyplývají i zvýšené nároky na servis a vyšší spotřeba náhradních dílů.

Pro realizaci této varianty by byla využita jedna usazovací nádrž. Do této nádrže by byly umístěny dvě flotační jednotky, každá o výkonu 100 l/s. Vnitřní usazovací nádrž by byla využita jako armaturní prostor pro tento separační stupeň, včetně umístění UV lampy jako dezinfekční stupeň při nátoku do akumulací.

### Čiření

Dalším způsobem jak zlepšit účinnost I. separačního stupně je nahrazení sedimentačních nádrží čiricí třetí generace. Využití čiričů přináší oproti stávajícím usazovacím nádržím hned několik výhod. Jejich hlavním přínosem je výrazné zlepšení separační účinnosti I. stupně při snížení množství odkalované vody. Dále je díky použití čiričů s ohledem na jejich menší půdorysné nároky možné získat v technologické hale více potřebného prostoru pro potřeby umístění UV lampy, potrubních rozvodů a armatur, případně pro další zařízení.

Při realizaci této varianty by byla využita jedna stávající usazovací nádrž-prostřední, do které by byly umístěny 4 jednotky čiričů s mechanickým mícháním. Krajní usazovací nádrž na venkovní straně haly by byla ponechána funkční jako rezerva a krajní vnitřní nádrž by byla využita jako armaturní prostor čiričů a současně by zde bylo možné umístit UV lampu na odtoku do akumulací.

Po stavební stránce by bylo třeba do prostřední usazovací nádrže dobetonovat příčné přičky a zhotovit trubní prostupy do armaturního prostoru. Vlastní vystrojení čiričů je uvažováno z nerezedové oceli. Usazovací nádrž ve funkci armaturního prostoru by pak byla alespoň částečně zakryta pochůzným stropem, nebo obslužnou lávkou pro možnost vizuální kontroly čiričů. Rovněž bude nutná sanace všech povrchů betonových konstrukcí.

Při provozu jednotky čířičů se počítá s možností odstavování jednotlivých sekcí podle momentálního množství vyráběné vody. Při nejnižším vyráběném množství 100 l/s by byly v provozu 2 jednotky, při vyšším výkonu úpravní by se postupně přidávaly další jednotky. Pulzační čířiče při provozu daleko lépe snášejí odchylky průtoku od základního navrhovaného výkonu, proto je možné očekávat pružné přizpůsobení provozu aktuálním potřebám výroby. Energetická náročnost provozu čířičů je velmi nízká. Dále mají také velmi nízkou spotřebu vody potřebnou pro odkalování kalových prostor čířičů.

Z hlediska nároků na obsluhu a údržbu jsou čířiče podobné usazovacím nádržím. Jedná se o jejich pravidelné odkalování, vizuální kontrolu vločkovitého mraku a cca 2x ročně je nutno provést s odkalením a vyčištěním kalových prostor.

## **II. separační stupeň**

V této studii je jednoznačně počítáno s kompletní rekonstrukcí otevřených rychlofiltrů včetně výměny rozvodného systému. Velikost a množství filtrační náplně je uvažováno zachovat. Změnou oproti dnešnímu stavu je využití pouze 4 ks ze stávajících šesti rychlofiltrů pro pískovou filtraci, zbývající 2 ks rychlofiltrů budou rovněž zrekonstruovány a mohou být využity např. pro filtraci GAU s aktivním uhlím. Pro posouzení celého II. separačního stupně je rozhodující využití příslušného typu dnového rozvodu. Stávající klasický rozvod betonovým mezonem s filtračními hlavicemi neuvažujeme obnovovat. V úvahu tedy připadají dva systémy náhrady mezidna a to systém Leopold a systém Novák.

## **III. stupeň**

### Filtrace GAU

V rámci rekonstrukce technologie je také uvažováno s novým zařazením III. úpravárenského stupně, kterým je filtrace přes vrstvu granulovaného aktivního uhlí (GAU). Tato filtrace bude probíhat na dvou volných otevřených rychlofiltrech, které dále nebudou využívány k pískové filtraci vzhledem ke snížení maximálního výkonu.

### Ztvrzování vody

Ztvrzování vody bude prováděno klasickou metodou, tj. přes regulátor dávkování CO<sub>2</sub> a vápenného mléka do směšovače a potrubím vedeno do akumulace.

## **Chemické hospodářství – rekonstruované**

Chemické hospodářství jednou z částí, která prošla částečnou rekonstrukcí v 90. letech. Předpokládáme, že po navrhované rekonstrukci zůstane dávkování hlavního koagulantu (Prefloc), vápna a zdravotní zabezpečení plynným chlorem, nově bude zařazena dezinfekce vody UV lampou a dávkování síranu amonného.

## **Kalová koncovka**

Z navržené technologické linky vyplývá min. objem kalové jímky na 100 m<sup>3</sup>, kde bude probíhat zonální odběr odsazené vody zpět do provozu a zahuštěný kal bude zaústěn do kanalizace.

**Technicko-ekonomické posouzení** celkových nákladů proběhlo ve třech variantách prvního stupně, jak jsou výše popsány tj. s usazováním, flotací a čířením. Dále byly posuzovány provozně i tři běžné provozní stavy s celkovým průtokem úpravnou vody 100 l/s, 160 l/s a 200 l/s. Ostatní části technologie jako čerpání surové vody,

rychlomísení, případná flokulace, druhý separační stupeň, třetí stupeň úpravy, kalová koncovka, chemické hospodářství a automatizace provozu úpravny jsou ve všech variantách stejné, aby bylo možno provést relativní vyhodnocení prvního separačního stupně.

Dále upozorňujeme, že uváděné hodnoty v tabulce jsou převzaty z podkladů, které jsou již 5 roků staré. Proto není možno brát na zřetel jejich absolutní hodnotu vyjádřenou v Kč v současné době. Vzhledem k tomu, že u všech těchto tří separačních stupňů byly prováděny poloprovozní nebo provozní zkoušky za stejných podmínek, je možno provést relativní technicko-ekonomické posouzení těchto procesů.

**Tabulka nákladů jednotlivých variant prvního separačního stupně**

<b>Varianta</b>	<b>Sedimentace cena Kč/m<sup>3</sup></b>	<b>Flotace cena Kč/m<sup>3</sup></b>	<b>Čiření cena Kč/m<sup>3</sup></b>
Varianta I. při průtoku Q=100 l/s	7,20	7,29	7,18
Varianta II. při průtoku Q=160 l/s	6,43	6,54	6,42
Varianta III. při průtoku Q=200 l/s	6,17	6,26	6,16

Každá z variant jednotlivých provozních stavů (Q=100 l/s, Q=160 l/s, Q=200 l/s,) započítávala ekonomickou náročnost (před pěti lety) rozčleněnou na energetickou náročnost, náročnost na nákup surové vody, ostatní provozní náklady (chemikálie, mzdy, servis externí a interní).

Ze závěrečné tabulky je patrné, že se zvyšujícím se upravovaným množstvím surové vody se celkové náklady ve všech třech případech mírně snižují, což u některých jiných technologií na principu I. separačního stupně nemusí být tak jednoznačné. Dále jsou výsledky v tabulce relativně zajímavé z toho hlediska, že byly posuzovány a vyhodnocovány na konkrétní lokalitě s určitou kvalitou surové vody a její náročností na úpravu na vodu pitnou.

Závěrem chceme zdůraznit, že se jedná o poměrně stavebně jednoduchou, ale strojně-technologicky velmi náročnou rekonstrukci úpravny vody, kde bude zapotřebí při její realizaci velmi mnoho technologických zkušeností realizační firmy.