

REKONSTRUKCE ÚPRAVNY VODY LUDKOVICE

**Ing. Oldřich Darmovzal¹⁾, RNDr. Bohumír Halámek²⁾, Ing. Jiří Beneš³⁾,
Ing. Štěpán Satin⁴⁾, Ing. Vladimír Vašíčka⁴⁾**

¹⁾ Voding Hranice, ²⁾ TZÚV Brno, ³⁾ DISA Brno, ⁴⁾ Zlínská vodárenská

Úpravna vody Ludkovice (Zlínská vodárenská) byla vybudována v polovině šedesátých let minulého století jako zdroj pitné vody pro lázeňské město Luhačovice a k němu přilehlou oblast. Její projektovaná kapacita byla $42,5 \text{ l.s}^{-1}$, ale po dobu více než 30 let od jejího uvedení do provozu v roce 1969 se využívala jen v přerušovaném provozu do 35 l.s^{-1} . V průběhu tohoto období nebyly technologický postup úpravy vody ani technologická zařízení úpravy nijak významněji inovovány. V roce 2000 byla úpravna pro fyzické opotřebení a morální zastarání těchto zařízení odstavena z provozu a sloužila pak dočasně jako přečerpávací stanice pitné vody z mimooblastního zdroje (skupinový vodovod Vsetín, úpravna vody Karolinka). V letech 2004 – 2005 prošly objekt i technologická zařízení úpravy rekonstrukcí, jejímž výsledkem je moderní malá úpravna povrchové vody schopná za všech okolností produkovat pitnou vodu odpovídající současným požadavkům na její jakost.

Jediným vodním zdrojem pro úpravnu vody Ludkovice byla a je údolní nádrž stejného jména situovaná na Ludkovickém potoce. Jedná se o malou, mělkou a nezastíněnou nádrž (objemy celkový $690\,000 \text{ m}^3$, užitný $106\,000 \text{ m}^3$) nacházející se ve flyšovém útvaru a v malé nadmořské výšce. Tomu odpovídá i složení v ní akumulované vody, jejíž technologicky významné ukazatele se v období 1998 – 2000 pohybovaly v rozmezích: $\text{KNK}_{4,5}$ $2,4 - 3,3 \text{ mmol.l}^{-1}$, pH $7,3 - 8,1$, CSK_{Mn} $3,8 - 4,9 \text{ mg.l}^{-1}$ O_2 , NH_4^+ $0,05 - 0,4 \text{ mg.l}^{-1}$ a Mn $0,01 - 0,016 \text{ mg.l}^{-1}$. U tohoto posledního ukazatele došlo v průběhu doby k jeho zvýšení nad hodnotu stanovenou pro pitnou vodu, jak je dále uvedeno v tabulce. Ostatní chemické ukazatele včetně $\text{NO}_3^- < 15 \text{ mg.l}^{-1}$ nejsou z hlediska úpravy vody významné. Jakost vody v nádrži mohou dočasně zhoršovat přívalové vody nebo kulminační období organismů, nejčastěji letní a velkého počtu druhů (v období 2006 – 2007 např. *Diatoma tenue*, *Synedra acus*, *Achnanthes* sp., nebo *Chlorococcales* sp.). V nádrži jsou tři odběrné horizonty, z nichž se prakticky používají jen střední a horní. Povolený průměrný roční odběr vody z nádrže byl a stále je $24,5 \text{ l.s}^{-1}$.

Původní technologický postup úpravy vody zahrnoval mechanické provzdušňování, chemické čiření síranem hlinitým, dvoustupňovou separaci suspenze usazováním a rychlou filtrací, alkalizaci upravované vody hydrátem vápenatým a zdravotní zabezpečení upravené vody chlórem. Provzdušňování se provádělo na ocelových kaskádách. Koagulant se dávkoval do provzdušněné vody a voda jím nadávkovaná pak protékala malou vložkovací nádrží (užitný objem $35,5 \text{ m}^3$, zdržení vody při výkonu úpravy $42,5 \text{ l.s}^{-1}$ 14 min), v níž nebylo instalováno žádné míchací zařízení. Z této vložkovací nádrže odtékala upravovaná voda přes rozdělovací objekt do dvou vertikálních usazovacích nádrží (horní část každé $5,55 \times 5,55 \text{ m}$, vzestupná rychlost při provozu obou a výkonu úpravy $45,2 \text{ l.s}^{-1}$ $0,7 \text{ mm.s}^{-1}$). Odsazená voda z usazovacích nádrží odtékala přes další rozdělovací objekt do tří rychlých filtrů (plocha každého $14,6 \text{ m}^2$, filtrační rychlost při provozu všech tří a výkonu úpravy $42,5 \text{ l.s}^{-1}$ $3,5 \text{ m.h}^{-1}$), filtrační náplně křemičitý písek FP2 o výšce vrstev 1,2 m), před nimiž se do ní dávkoval hydrát vápenatý. Rychlé filtry byly vybaveny klasickými drenážními systémy s mezidny a jejich praní se provádělo vzduchem a vodou. Chlór se dávkoval do přefiltrované vody před jejím vtokem

do akumulární nádrže (objem 330 m³). K úpravě vody patřila a patří i tři kalová pole (objem každého 182 m³) s tříletým cyklem vyvážení. Odsazená voda z těchto polí se vypouštěla do vodoteče, při čemž její jakost byla pravidelně kontrolována.

Při rekonstrukci úpravní vody Ludkovice byl zčásti inovován technologický postup úpravy vody, instalována nová a inovována nebo opravena stávající technologická zařízení a zavedena nezbytná automatizace provozu. Po rekonstrukci je provoz úpravní nepřerušovaný v rozmezí od min. 10 l.s⁻¹ do max. 25 l.s⁻¹, při čemž všechna nová technologická zařízení jsou dimenzována úměrně uvedeným výkonům, a parametry těch, která zůstala zachována, se přiměřeně změnily. To se jmenovitě týká vložkových nádrží (zdržení při výkonech úpravní 10 resp. 25 l.s⁻¹ 59 resp. 24 min), usazovacích nádrží (vzestupné rychlosti při provozu obou a výkonech úpravní 10 resp. 25 l.s⁻¹ 0,16 resp. 0,40 mm.s⁻¹) a rychlých filtrů (filtrační rychlosti při provozu všech tří a výkonech úpravní 10 resp. 25 l.s⁻¹ 0,8 resp. 2,1 m.h⁻¹). Mechanické provzdušňování bylo nahrazeno ozonizací, která si vyžádala instalaci ozonizační stanice. Pro případ jejího dešetrávajícího výpadku je zajištěno dávkování manganistanu draselného. Dříve používaný síran hlinitý byl nahrazen polyaluminiumchloridem (PAC), který se stejně jako dříve používaný koagulant dává před vložkovací nádrž. Ta však nyní slouží nejen pro tvorbu vloček, ale i jako reakční nádrž ozónu (dále jen „reakční nádrž“) a je proto zakryta otevíratelnými příklopy. Pro zlepšení podmínek tvorby vloček byly do této nádrže instalovány děrované přepážky. Usazovací nádrže nedoznaly konstrukčních změn a byly jen opraveny. Inovovány však byly rychlé filtry, jejichž drenážní systémy s mezidny byly nahrazeny systémy bez meziden (osvědčeného typu NOVÁK firmy AQUAFILTER Praha). Rychlé filtry se i po rekonstrukci perou vzduchem a vodou. Alkalizace upravované vody se dnes provádí hydroxidem sodným, který se stejně jako dezinfekční chlór dává do předfiltrovane vody před jejím vtokem do akumulární nádrže nebo v případě dávkování manganistanu draselného před rychlé filtry. Rovněž byl instalován řídicí systém, který zajišťuje poměrně rozsáhlou automatizaci provozu. Předmětem rekonstrukce úpravní vody nebyla její kalová pole.

K některým významnějším inovacím dále podrobněji:

Nejvýznamnější změnou technologie úpravy vody, k níž došlo při rekonstrukci úpravní vody Ludkovice, je nepochybně *náhrada původního mechanického provzdušňování surové vody její ozonizací*. Důvodem pro tuto změnu byly účinky ozónu, zejména zlepšení organoleptických vlastností upravené vody (pachu, chuti a barvy), oxidace nejen Fe ale i Mn bez předalkalizace, podpora destabilizace a tím i eliminace některých koloidních organických látek a v daném případě i kontinuální obnovování preparace pískových zrn filtračních náplní vyššími oxidačními stupni manganu přítomného v surové vodě. Rozhodnutí o zavedení ozonizace předcházely poloprovozní pokusy, které byly provedeny v listopadu 2003. Při nich se ozón připravoval z plynného O₂ v ozonizátoru o výkonu 50 g.h⁻¹ a směřování směsi O₂ + O₃ s upravovanou vodou se provádělo v jemnobublíkovém injektoru Mazzei 1584 napojeném na přívod surové vody. Ozonizovaná voda, jejíž průtoky činily 1590 a 2150 l.h⁻¹, byla vedena ke dnu plastové nádoby o objemu 120 l (zdržení cca 3 min), ze které byly odebírány vzorky upravované vody k analýzám. Zdržení v této nádobě bylo podstatně kratší a podmínky pokud jde o dobu působení ozónu proto méně příznivé než v provozní reakční nádrži, Cílem bylo ověřit technologické účinky ozónu a stanovit jeho provozní dávky včetně maximální, které budou mít přijatelné účinky, ale nezpůsobí žádné provozní problémy. Z těchto pokusů vyplynulo, že provozní dávky ozónu by měly být 3 – 4 mg.l⁻¹ O₃ a neměly by překročit horní uvedenou mez.

Jako ozonizační zařízení byla instalována stanice WEDECO SMO 200X (výrobek německé firmy WEDECO) o maximálním výkonu $650 \text{ g.h}^{-1} \text{ O}_3$ při koncentraci ozónu ve směsi s kyslíkem 12 % hmotnostních, tj. 178 g.Nm^{-3} a teplotě chladicí vody 20°C . Tato teplota byla zvolena s ohledem na skutečnost, že ke chlazení se používá filtrovaná voda, která této teploty obvykle dosahuje v letních měsících. Průtok chladicí vody, která se po průtoku generátorem vrací do reakční nádrže, je $1,2 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. Výkon ozonizační stanice lze regulovat v rozmezí 5 – 100 %. Koncentrovaný kyslík pro výrobu ozónu se vzhledem k případným komplikacím s dopravou kapalného kyslíku do úpravný v zimních obdobích vyrábí ze vzduchu přímo na místě. Pro tento způsob jeho výroby je použito zařízení OXYGEN 070 Version 2 (výrobek dánské firmy OXYMAT) o maximálním výkonu $5 \text{ Nm}^3.\text{h}^{-1} \text{ O}_2$. Nadávkování a homogenizace ozónu a současně i nového koagulantu PAC (polyaluminiumchloridu) se provádí ve statickém mísiči. Jedná se o první realizaci tohoto kombinovaného způsobu v ČR. Zařízení pracuje na principu podtlakového nasávání směsi ozónu a kyslíku a zajišťuje okamžitou homogenizaci dávkovaných činidel v upravované vodě. Soubor všech těchto zařízení dodala a namontovala firma DISA Brno. Bezpečnost provozu s ohledem na toxicitu ozónu je zajištěna čtyřmi čidly, která zjišťují jeho případný únik do ovzduší. Z těchto čidel jsou dvě instalována v místnosti generátoru ozónu, jedno v malé hale reakční nádrže a jedno u zařízení na dávkování ozónu.

Obr. č. 1 (vpravo):
Ozonizační stanice
WEDECO SMO 200 X



Obr. č. 2 (dole):
Panel obsluhy
ozonizační stanice
v českém jazyce



Rekonstrukce původně jen vložkovací nádrže na reakční nádrž ozónu a současně i vložkovací nádrž zahrnula jak zlepšení hydraulických podmínek pro tvorbu vloček, tak i její dostatečně těsné a současně i otevíratelné zakrytí, které by zabránilo úniku ozónu do malé provozní haly a současně umožňovalo přístup do nádrže při její provozní údržbě. Funkční spojení reakční nádrže ozónu a vložkovací nádrže je v tomto případě realizováno v ČR poprvé. Příznivější podmínky pro vložkování byly zajištěny instalací čtyř nastavitelných děrovaných přepážek zhotovených z ozónuvzdorných materiálů a opatřených nastavovacími zařízeními s ovládacími klikami a horními a spodními dorazy. Děrované přepážky jsou při výkonech úpravy vody od 10 do 25 l.s⁻¹ dimenzovány na využití celkových výškových ztrát od 3 do 15 cm. Tyto výškové ztráty jsou rozděleny na jednotlivé děrované přepážky tak, aby hodnoty rychlostního gradientu za nimi klesaly ve směru průtoku upravované vody. V uvedeném rozmezí výkonů úpravy vody se tyto hodnoty mohou podle nastavení děrovaných přepážek pohybovat mezi 55 - 15 s⁻¹ za první a 10 - 3 s⁻¹ za poslední děrovanou přepážkou. Instalované děrované přepážky mohou být pomocí dorazů jejich nastavovacích zařízení snadno nastaveny tak,



Obr. č. 3 (nahore):
Rozmístění děrovaných přepážek
v reakční nádrži
(směr průtoku vody zleva doprava)

Oba obrázky:
Reakční nádrž po instalaci děrovaných
přepážek ale před zakrytím
otevíratelnými příklopy



Obr. č. 4 (vpravo):
Děrované přepážky
s nastavovacími zařízeními

aby zajišťovaly disipaci rychlostního gradientu přiměřeně dlouhodobě využívaným výkonům úpravní vody v rozmezí buď $10 - 17,5 \text{ l.s}^{-1}$ nebo $17,5 - 25 \text{ l.s}^{-1}$. Vzhledem k tomu, že využívané výkony úpravní vody se dnes pohybují v prvním z uvedených rozmezí, byly děrované přepážky před jejím uvedením do provozu nastaveny do poloh odpovídajících tomuto rozmezí. Vystrojení reakční nádrže děrovanými přepážkami provedla firma ENVITES Brno. Sekce mezi jednotlivými děrovanými přepážkami jsou opatřeny odkalovacími potrubími a jejich dna jsou vyspádována směrem k těmto potrubím. Při horním okraji vložkovací nádrže je instalováno děrované potrubí k ostřiku pěny, jejíž tvorba ve větším než obvyklém množství se ve vložkovací nádrži s vodou nadávkovanou prakticky současně ozónem a koagulantem předpokládala. Vzhledem ke své nové funkci reakční nádrže ozónu je tato nádrž zakryta otevíratelnými příklopy, které jsou utěsněny profily ze silikonové pryže.

Automatizace provozu úpravní vody zahrnuje řízení provozních operací, blokování některých běžných i mimořádných provozních stavů a zobrazování a registraci důležitých údajů a hodnot. Zajištěna je řídicím systémem SIMATIC (dodávka německé firmy SIEMENS), jehož komunikaci s obsluhou zajišťuje počítač.

Řízenými provozními operacemi jsou zejména dávkování činidel, odkalování reakční a vložkovací nádrže a usazovacích nádrží a praní rychlých filtrů. Velikost aktuálních dávek činidel se poté, co obsluha zadá jejich nominální dávky, automaticky mění podle přítoku surové vody do úpravní (ozón a PAC, případně manganistan draselný) nebo od průtoku upravené vody za rychlými filtry (hydroxid sodný a chlór). Odkalování reakční nádrže a usazovacích nádrží se uskutečňuje podle nastavených programů, které se uvádějí do chodu buď zásahem obsluhy (současný stav) nebo automaticky v nastavených časových intervalech. Při některých běžných a mimořádných stavech se automaticky zablokuje nebo omezí chod příslušných zařízení. Např. dávkování činidel se postupně zastaví poté, co přítok surové vody do úpravní klesne na 3 l.s^{-1} , nebo poté, co roztoky činidel v zásobních nádržích dosáhnou minimálních hladin, dávkování ozónu se omezí na 50 % poté, co se jeho koncentrace v upravované vodě za reakční a vložkovací nádrží zvýší na $0,05 \text{ mg.l}^{-1} \text{ O}_3$, a úplně se zastaví při zvýšení jeho koncentrace zde na $0,1 \text{ mg.l}^{-1} \text{ O}_3$. Chod generátoru ozónu se však zastaví i v případě, že se silně zvýší koncentrace ozónu v ovzduší. Čerpadla prací vody se automaticky zablokuje při poklesu hladiny vody v akumulární nádrži na 0,5 m. Blokováním čerpadel je rovněž řízen provoz akumulární nádrže upravené vody, ze které se voda odvádí do spotřebiště dvěma směry (na Luhačovice a Hřivínův Újezd). Každý z těchto směrů je zajištěn dvěma čerpadly, které se ve svém provozu střídají jedenkrát za 24 hodin. V případě poruchy jednoho z nich se automaticky aktivuje druhé. Při praní rychlých filtrů je blokováno čerpadlo na Luhačovice. Některé provozní stavy jsou signalizovány jako alarmy (úniky ozónu do ovzduší, dosažení maximální hladiny upravené vody v akumulární nádrži). Provozně významné údaje a hodnoty (např. zásahy obsluhy, poruchové stavy, alarmy nebo průtoky vody, naměřené hodnoty její jakosti, jejich grafická znázornění) se ukládají v počítači, z něhož je lze zobrazit na monitoru a případně i vyvolat zpětně. Údaje o základních provozních stavech, poruchách a alarmech se kontinuálně přenášejí radiem na centrální dispečink do Zlína.

Zkušební provoz rekonstruované úpravní vody byl zahájen v dubnu 2006. Bylo při něm zaznamenáno několik menších závad, které byly v jeho průběhu odstraněny, i jedna, která byla opravena jen provizorně, a kterou bude ještě třeba dořešit. Jedná se o provedení příklopů vložkovací nádrže, které nedokázalo úplně zabránit unikání ozónu do malé haly reakční nádrže. Postačující těsnost příklopů byla zajištěna jejich

dodatečným zatěsněním silikonovým tmelem. Toto řešení však prakticky znemožňuje přístup do reakční nádrže při její provozní údržbě, což je z dlouhodobého hlediska nepřijatelné. Po ukončení komplexních zkoušek byla rekonstruovaná úpravná vody uvedena do trvalého provozu s dodávkou upravené vody do sítě od 20. 09. 2006. Její provoz probíhá převážně automaticky, obsluha uvádí do chodu programy odkalování reakční nádrže a usazovacích nádrží a praní rychlých filtrů, provádí kontrolu a údržbu zařízení a připravuje roztoky činidel.

Kvalitativní účinky úpravy vody jsou dále uvedeny v tabulce, k níž je třeba předeslat, že z časových důvodů postihuje období spíše lepší jakosti vody ve zdroji, v němž se její jakost zhorší až v pozdně jarním a zejména pak v letním období.

Tabulka: **Směrodatné ukazatele jakosti surové a upravené vody v úpravné vody Ludkovice v období 14. 11. 2006 - 23. 01. 2007**

Období	14. 11. 2006 – 23. 01. 2007				02. – 23. 01. 2007	
Ukazatel	barva	zákal	železo	mangan	CHSK _{Mn}	NH ₄ ⁺
	Pt mg.l ⁻¹	ZFn	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	O ₂ mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
Surová voda	33	5,8	0,12	0,22 ^{x)}	2,73	0,30
Upravená voda	5	0,5	0,02	0,03	1,98	0,14

^{x)} průměr z hodnot, které se pohybovaly v rozmezí 0,05 – 0,40 mg.l⁻¹ Mn

Provoz úpravní vody nebyl od doby jejího uvedení do chodu ani jednou přerušen. Její obsluhu zajišťují celkem tři pracovníci, po jednom ve dvou směnách v pracovních dnech a po jednom čtyři hodiny ráno a čtyři hodiny večer o sobotách a nedělích. Vyrábí se v průměru 1200 m³ pitné vody denně při přítoku surové vody do úpravní 12 – 15 l.s⁻¹ ve dne a 10 – 12 l.s⁻¹ v noci. Dávky činidel jsou : PAC 15 mg.l⁻¹, NaOH 22 mg.l⁻¹, Cl₂ 1,2 mg.l⁻¹ a O₃ 2 – 4 mg.l⁻¹. Tyto dávky se mění jen minimálně. Při dosavadním provozu úpravní se nevyskytly žádné problémy nebo poruchy, které by přímo ohrožily její provoz. Provoz ozonizační stanice je bezporuchový, přestože zařízení je citlivé na kolísání napětí v síti. Pokud napětí vybočí mimo nastavené parametry, ozonizační stanice se vypne, aby se uchránila před poškozením. Reakční nádrž se odkaluje jedenkrát týdně, každá její sekce zvlášť 1 min. Podle čistoty odtékající vody se tato četnost odkalování jeví jako postačující. Pro dlouhodobý provoz je však třeba počítat s čištěním reakční nádrže v delších časových obdobích jejím vystříkáním tlakovou vodou. Dosavadní zkušenosti prokázaly, že na hladině vody v reakční nádrži se netvoří zdaleka tolik pěny jak se předpokládalo, neboť její množství je srovnatelné s jinými úpravnami vody. Usazovací nádrže se odkalují jedenkrát týdně 5 min. Průběžně se čistí jejich přepadové hrany a koryta od nánosů sloučenin manganu. Rychlé filtry se perou jeden denně, takže jejich filtrační cykly jsou 72hodinové. Spotřeba vody na jedno praní je 69 m³.

V současné době je provoz úpravní vody bezproblémový a produkováná upravená voda splňuje všechny požadavky na jakost vody pitné.