

PŘÍKLADY ELIMINACE EXTRÉMNÍHO BIOLOGICKÉHO OŽIVENÍ Z EUTROFNÍCH NÁDRŽÍ

Ing. Jiří Stara, Ing. Jana Budovičová

ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice;
jiri.stara@cevak.cz, jana.budovicova@cevak.cz

Úvod

Suché bezdeštné období panující po většinu roku 2015 prověřilo odolnost vodárenských systémů napříč ČR. V oblasti jihozápadních Čech, kde společnost ČEVAK a.s. je největším provozovatelem vodárenské infrastruktury, docházelo místy k potížím s úpravou povrchové vody s vyšší eutrofní zátěží. ČEVAK v současné době provozuje 13 povrchových úpraven vody o celkovém výkonu 340 l/s. Z tohoto počtu 6 úpraven odebírá surovou vodu z nádrží, u nichž se ve větší či menší míře projeví komplikace s biologickým oživením. V příspěvku uvádíme příklad tří úpraven: Loučovice, Studená – Horní Pole a Žirovnice, kde bylo nutné operativně přijmout opatření k zajištění dodávky pitné vody v potřebném množství a kvalitě.

Sucho v roce 2015

Na většině území České republiky byly v loňském roce v prvních osmi měsících zaznamenány velmi nízké úhrny srážek, které v dlouhodobém srovnání let 1961-2010 představovaly pouze 50%-70% průměru. Kulminace srážkového deficitu z předchozích dvou zim s minimem sněhu a velmi vysokých letních teplot v roce 2015 zasáhla především menší vodovody. Obce s malou či žádnou diverzifikací vodních zdrojů se potýkaly s nedostatkem pitné vody, který bylo nezřídka potřeba zvládnout nouzovým doplňováním zásob cisternami. Docházelo k situacím, kdy se dlouhodobě nevyužívané záložní studny a vrty uváděly do provozu i tam, kde prakticky hrozil či dokonce nastal nedostatek vody z drobných vodních toků s vodárenským využitím. Společnost ČEVAK řešila cca 30 případů nouzového či alternativního zásobování [1]. Naopak obce a města napojená na robustnější vodárenské systémy přečkaly nepříznivé období sucha bez větších potíží, potvrdila se výhoda možnosti zásobení z více spolupracujících zdrojů.

Sucho v roce 2015 však rovněž ukázalo, že i přes relativně dostatečné objemy vody v nádržích umožňujících plynulé zásobování, dochází ke zvýšení náročnosti úpravy vody z důvodu zhoršené kvality surové vody. Podmínky v mělkých, povětšinou eutrofních nádržích, které se dlouhodobě vyznačovaly nízkými průtoky, sníženou hladinou a vysokými teplotami vody, nastartovaly rozvoj fytoplanktonu v míře, která se místy vymykala dosavadním provozním zkušenostem.

Úpravny vody

Všechny tři zmíněné úpravny prošly v minulosti vývojem, který směřoval k snížení hydraulického výkonu (pokles potřeby vody v komunální a průmyslové sféře) a posílení

technologické úrovně úpravy (přísnější nároky na kvalitu vody pitné, zhoršování kvality vody surové). Počátkem devadesátých let byly úpravní v Loučovicích, Studené a Žirovnici zahrnuty do systematického provozního sledování vodárenských zařízení upravujících vodu z nádrží zaměřené na odstraňování biosestonu. Tehdejší zjištění ze sedmi úpraven vody s odlišnou technologií a odlišným typem biologického oživení bylo možné zobecnit následovně [2]:

1. při zachování optimálních podmínek úpravy (dávka koagulantu, hydraulické zatížení separačních stupňů, délka filtračního cyklu) se jako rozhodující faktor pro „zbytkový“ obsah biosestonu v upravené vodě jevil počet mikroorganismů v surové vodě
2. Ve škále různých typů tehdejších používaných separačních zařízení poskytovala nejlepší výsledky dvoustupňová filtrace vody

Společným znakem všech tří úpraven je, že technologie stojí v základu na vícestupňové filtraci – ať již v klasickém provedení pískových rychlofiltrů (Studená –Horní Pole) či ve variantě vícevrstevných filtrů typu OFSY (Loučovice, Žirovnice) – tabulka 1. V loňském roce, při kulminaci biologické zátěže z nádrží, však byla výroba vody ve Studené a Žirovnici i při relativně stabilních a optimalizovaných podmínkách nastavení úpravy, do značné míry omezována. Důvodem byl výjimečně vysoký přísun biosestonu surovou vodou, který způsoboval velmi rychlé vyčerpání kalové kapacity filtračních náplní, zkrácení doby filtrace a vysokou potřebu technologické vody na praní.

Tabulka 1. Technologické údaje k úpravnám vody

	Loučovice	Studená	Žirovnice
zdroj surové vody	VD Lipno I 310 mil. m ³ , 4810 ha	rybník Karhov 562 tis. m ³ , 27,2 ha	rybníky Ježkovský a Hájkovský (103+35 tis. m ³ , 10,7+3,4 ha)
původní kapacita ÚV (l/s)	30 (1978)	50 (1971)	35 (1995)
rekonstrukce, doplnění, modernizace ÚV	2000, 2006	2004, 2012	1971, 1977, 1995
současný výkon úpravní (l/s)	3,5	17	12
aktuální technologické uspořádání	čerpání surové vody	čerpání surové vody	filtr hrubých nečistot
	předalkalizace	předozonizace	čerpání surové vody
	koagulace PAX-18	předalkalizace	Předalkalizace
	filtrace OFSY 60	koagulace PAX-18	koagulace PAX-18
	úprava pH a alkality	I° filtrace písková 2x 16,5 m ²	filtrace OFSY colour 100-84
	dezinfekce	úprava pH	úprava pH
		(koagulace PAX-18)	oxidace Cl ₂ (KMnO ₄)
		II° filtrace písková 1x 16,5 m ²	tlaková filtrace – odmanganování
		přímé ztvrdování	Ozonizace
		dezinfekce (chloraminace)	tlaková filtrace GAU
		úprava pH a alkality	
		dezinfekce	
průměrná výroba (m ³ /d)	70/* 130	500	600
podíl prací vody (%)	17/* 22	15/* 45	10-5/* 40
délka filtr. cyklu (h)	10/* 6	10/* 3	22-44/* 6

běžný provoz/* *mimořádný provoz*

Loučovice

Obec Loučovice je v současné zásobována vodou ze dvou zdrojů. Díky spolupráci polipenských obcí je v provozu gravitační propojení vodovodů Frymburk - Lipno nad Vltavou - Loučovice realizované v průběhu let 2007-2010. Loučovice tak využívají přebytky podzemní vody z výše položených obcí a zároveň mají k dispozici vlastní úpravnu odebírající surovou vodu z nádrže Lipno I. ÚV Loučovice (30 l/s) byla uvedena do provozu v roce 1978 pro potřeby obyvatelstva a místní papírny. Dvoustupňová technologie zahrnující vertikální usazovací nádrže a pískové rychlofiltry byla zvolena pro úpravu málo mineralizované vody huminového typu, která je pro nádrž Lipno I charakteristická. Na postupný útlum výroby papíru v Loučovicích a dramatický pokles spotřeby vody v období 1990-2000 reagoval tehdejší provozovatel intenzifikací ÚV opuštěním původních kapacit „velké“ úpravně a vybudováním nové intenzivní technologie na bázi koagulační filtrace OFSY 48 s kapacitou 6,0 l/s. Jako technologická rezerva byl ponechán jeden z dvojice původních vertikálních usazováků, aktivně znovu využíván od povodní 2002. Jeho provoz byl definitivně ukončen v roce 2013 z důvodu havarijního stavebního stavu budovy bývalé ÚV. V současné době je jediným separačním stupněm ÚV Loučovice jednotka OFSY 60 o nominálním výkonu 10,0 l/s (nahradila menší OFSY 48 v roce 2006).

Kvalita vody v nádrži Lipno I je dlouhodobě systematicky sledována a bilancována, stav nádrže je hodnocen jako eutrofní [3]. Každoroční výskyt sinic limitovaný fosforem dopadá nepříznivě na rekreační a vodárenské využití nádrže. Jako jeden z rozhodujících faktorů jsou označovány odpadní vody ze sídlišť a rozptýlené rekreace. ČEVAK v okolí nádrže provozuje 12 čistíren odpadních vod (celkem 23,4 tis. EO). Až na malé výjimky jsou všechny vybaveny chemickým srážením fosforu. Odtokové limity P_c určené vodoprávním rozhodnutím se pohybují dle velikosti ČOV v rozmezí 1-2 mg/l v celoročním průměru. Zhruba od poloviny minulého desetiletí je pozorováno znatelné snížení přísunu fosforu z komunálních ČOV, nicméně dosažení trvalé žádoucí úrovně koncentrací P_c ve vyčištěných odpadních vodách hluboko pod 0,3 mg/l se z provozního pohledu jeví jako nereálné.

Současné zásobování pitnou vodou v Loučovicích se přizpůsobuje výše uvedeným faktům s tím, že je preferován nákup podzemní vody (2-3 l/s) ze spolupracujících vodovodů a úprava vody povrchové na ÚV Loučovice se realizuje v záložním či doplňkovém režimu. Tento přístup zpravidla přestává platit v letním období, kdy je v plném rozvoji turistická sezóna na Lipně a nákup vody je významně omezen (na cca 1 l/s). V té chvíli naopak plní ÚV Loučovice roli hlavního zdroje vody pro obec. Pro zajištění vyhovující kvality upravené vody bylo možné snižovat hydraulické zatížení separačního stupně OFSY na cca 35 % nominálního výkonu a přizpůsobení délky prací cyklů podle aktuální kvality surové vody s přihlédnutím k riziku průniku bioestonu do upravené vody (viz. tabulka 1).

Závislost na dodávkách vody z jiných vodovodů, problémový provoz vlastní úpravně vody a nejistou perspektivu nádrže Lipno I pro vodárenské účely, se obec Loučovice rozhodla řešit zásadním způsobem. S využitím prostředků z prioritní osy 6 Operačního programu Životního prostředí nechala v roce 2014 vybudovat 5 průzkumných vrtů v 1 km dlouhé linii podél řeky Vltavy. Celková využitelná vydatnost vrtů je 6,4 l/s. Poměrně příznivá kvalita vody si vyžádá pouze menší úpravy a doplnění stávající technologie ÚV. V současné době je zpracovaná projektová dokumentace pro územní řízení, která řeší napojení vodních zdrojů a úpravu vody z nich. Obec předpokládá, že v roce 2017 bude požádáno o stavební povolení.

Studená

Rybník Karhov je k vodárenským účelům využíván od roku 1971. Společně s výše položeným rybníkem Zhejral tvoří průtočnou soustavu na Studenském potoce v chráněném území na úpatí nejvyššího bodu Českomoravské vysočiny – Javořice (837 m n. m.). V relativně málo antropogenně zatíženém a převážně zalesněném povodí se dříve mezofilně hodnocená nádrž postupně přeměnila na nádrž výrazně eutrofní. Jakost vody je poznamenána nárůstem koncentrací fytoplanktonu, huminových látek, fosforu, železa, manganu, hliníku, aj. s přímým negativním dopadem na upravitelnost vody na ÚV Studená. Jako primární příčina eutrofizace byly označeny změny v povodí, zejména necitlivé odvodnění zamokřených rašelinných luk v 60 a 70. letech minulého století a vyplavování látek z půd degradovaných dřívějšími kyselými dešti [4]. Podíl z vnitřního zatížení nádrže z dnových sedimentů je hodnocen jako méně významný.

Úpravna vody Studená, situovaná v blízkosti hráze rybníka Karhov v osadě Horní Pole, byla původně koncipována jako jednostupňová koagulační filtrace s pomaloběžnými pádly míchanou flokulační zónou. V roce 2004 byla do jedné z již dávno nefunkčních flokulačních komor instalována směšovací nádrž ozonizace a zahájeno dávkování ozónu do surové vody. Další významnou změnou byla v roce 2012 realizace rozdělení třech paralelních jednotek otevřených rychlofiltrů do dvou stupňů v konfiguraci 2+1 s meziakumulací. Tento krok znamenal oddělení koagulace a separace suspenze na 1. stupni a odmanganování (případně dodatečná koagulace) na 2. stupni [5]. Technologické řízení provozu ÚV vychází z každodenní diagnostiky základních jakostních parametrů surové vody (pH, KNK-4,5, CHSK-Mn), významnou roli hraje stupeň biologického oživení nádrže Karhov.

Zásadním jevem, který v loňském vegetačním období fytoplanktonu komplikoval úpravu vody, byl abnormální výskyt zelenivek *Raphidophyceae*, převážně rodu *Vacuolaria sp.* Zelenivky, které jsou v Karhově stabilně pozorovány již minimálně 10 let [6], se díky schopnostem migrovat koncentrují za přímého slunečního svitu do jader, která se nacházejí v příznivé hloubce eufotické zóny 1,5-2,0 m pod hladinou. Například analýzou zónových vzorků dne 7.7.2015 zde byla laboratoří Povodí Vltavy s.p. zjištěna maximální koncentrace chlorofilu Chl-a 456,3 µg/l. Paradoxně odběr vody pro úpravnu je v mělké nádrži Karhov fixován právě do místa obvykle s nejvyšším výskytem řas. Obrovský přísun zelené hmoty do úpravny způsobil rychlé ucpávání filtrační náplně (prakticky kvantitativní záchyt buněk) a vyžádal si zvýšení četnosti praní na trojnásobek. Východiskem z této situace byla změna automatického chodu úpravny na ruční režim. Úprava vody probíhala účelově ve směnách mezi 4⁰⁰–10⁰⁰ hod. a následně pokračovala mezi 18⁰⁰–24⁰⁰ hod., tj. mimo hlavní nápor zelenivek. Tímto způsobem se podařilo udržet chod ÚV v přijatelných mezích.

Je zřejmé, že nápravná opatření správce toku (Povodí Vltavy s.p.) zaměřená na regulaci vodního režimu na plochách s rašelinnými půdami v minulosti odvodněnými, jsou dlouhodobým úkolem. Opakování kolapsových stavů v loňském létě lze očekávat i v budoucnosti. Studená nemá k dispozici jiný zdroj vody, výroba pitné vody bude dál probíhat z Karhova. Opatřeními, která zvýší zabezpečení úpravy vody, budou muset být investice do technologické linky, která s dílčími změnami funguje již 45 let. S ohledem na zkušenosti z jiných podobně biologicky exponovaných lokalit to může být instalace intenzivního stupně úpravy předřazeného filtraci. Jako minimalistické opatření jak "vyzrát" na zelenivky se nabízí úprava nátokového objektu z nádrže umožňující výškovou manipulaci odběrného zařízení.

Žirovnice

Původní technologie úpravy vody ze soustavy rybníků Ježkovský a Hájkovský založená na pomalých pískových filtrech (1965) byla v pozdějších letech z důvodu nevyhovující kapacity a kvality vody několikrát rozšiřována a modernizována. Po etapách v 70. letech, kdy se koncepce úpravy několikrát měnila (mimo jiné: zavedení čiření síranem hlinitým, využití objemové kapacity pomalých filtrů k přestavbě na usazovací nádrže, instalace tlakových pískových filtrů) dospěl vývoj do roku 1995, kdy byla uvedena do provozu technologická linka po další rekonstrukci. Základem technického řešení byla instalace 3 ks paralelních monoblokových úpravníků SIGMA VK-15, přechod na koagulaci síranem železitým, ozonizace a filtrace GAU.

Popsaný vývoj se vždy přizpůsoboval základnímu faktu, že město nemělo historicky k dispozici jiné lepší možnosti, než využívání říčky Žirovničky, která oběma mělkými rybníky protéká. Již několik desetiletí přetrvávající výrazně eutrofní charakter vody v rybnících je odrazem stavu povodí, kde se počítají vlivy zemědělského hospodaření a komunální sféry. Poslední odbahnění rybníků proběhlo v roce 1986 (r. Hájkovský) a v roce 2002 (r. Ježkovský). Nádrže jsou Městem Žirovnice dlouhodobě pronajaty za podmínek udržování účelové rybní obsádky, jak vyplývá z rozhodnutí o stanovení ochranných pásem vodního zdroje z roku 1988.

V roce 2012 požádal vlastník Město Žirovnice o dotaci z Operačního programu Životní prostředí na projekt "Žirovnice – modernizace úpravny vody". Výstavba byla realizována v letech 2014-2015 a došlo při ní k výměně všech částí technologické linky, přidružených provozů chemického hospodářství (tabulka č.1) a k instalaci komplexního řídicího systému. V době přípravy tohoto příspěvku měla nová ÚV za sebou devět měsíců zkušební provozu, ve kterém byly prověřovány technické parametry dané projektem [7] a dále schopnost technologie a obsluhujícího personálu zvládat aktuální provozní stav. Shodou nepříznivých klimatických podmínek v létě 2015 došlo k mimořádně intenzivnímu biologickému oživení vody v rybnících, které komplikovalo výrobu pitné vody. Počty mikroskopem zjištěných mikroorganismů dosahovaly 50-70 tisíc jedinců v 1 ml vody. Nejčastěji se vyskytovaly sinice (dominantně *Planctothrix sp.*), kryptomonády, zelené kokální rasy a bezbarví bičíkovci. Jedním z důsledků toho ojedinělého stavu byla žádost provozovatele na Krajský úřad Vysočina o vydání rozhodnutí, které na příštích 5 let povoluje používání povrchové vody pro potřeby veřejného vodovodu města Žirovnice v kategorii jakosti přesahující A3 v ukazatelích CHSK-Mn a mikroskopický obraz.

Hlavním přínosem dosavadního zkušební provozu je poznatek, že upravená voda i za těchto okolností bezpečně splňovala požadavky vyhl. 252/2004 Sb. Významně k tomu přispívá skutečnost, že ve finální fázi prochází upravovaná voda ozonizací a filtrací aktivním uhlím, což jsou postupy, které se osvědčily již v 90. letech, kdy byly v rámci předchozí rekonstrukce zavedeny [8]. Na druhé straně je potřeba objektivně říci, že dokonalé odstranění biologického znečištění vícestupňovou filtrací s sebou nese zvýšené nároky na udržení plynulosti výroby. Potřeba častého praní koagulačních filtrů OFSY colour přefiltrovanou vodou z meziakumulace byla omezující do té míry, že reálně hrozil výpadek v zásobování obyvatel. Po přechodu na variantní praní filtrů prvního separačního stupně surovou vodou se situace na úpravně stabilizovala.

Závěr

Sucho jako fenomén posledních let začíná společnost pomalu vnímat jako novou hrozbu. Hmatatelně to loni pocítila celá řada obcí, kdy došlo k omezení zásobování pitnou vodou z místních povětšinou podzemních zdrojů. Stát ve svých úvahách hodlá

zajistit větší ochranu zásob podzemní vody a preferovat využívání povrchových toků pro hospodářské účely. V segmentu vodárenství se může stát využívání povrchových vod z nádrží problémem v situaci, kdy dojde při souběhu nepříznivých okolností k zhoršení kvality surové vody, která je obtížně upravitelná na vodu pitnou. Tam, kde není ochrana vodního zdroje dostatečná, kde systematická opatření směřovaná na snížení trofické zátěže toků či náprava dřívějších sporných opatření v povodí je technicky a ekonomicky obtížně proveditelná, jsou jediným řešením kroky na straně vlastníků a provozovatelů úpraven vody. Na příkladu vybraných úpraven bylo ukázáno, jak lze přechodně i dlouhodobě koncepčně řešit provozní problémy s vysoce biologicky oživenou vodou:

ÚV Loučovice: provoz s minimalizovaným hydraulickým zatížením technologické linky, souběžné zásobování obce ze spolupracujícího vodárenského systému, příprava na definitivní přechod z povrchového na podzemní zdroj ve vlastnictví obce

ÚV Studená-Horní Pole: v době vegetačního rozvoje přizpůsobení denního režimu chodu úpravný specifickému výskytu fytoplanktonu v surové vodě, do budoucna nevyhnutelné investice do modernizace technologie fungující nepřetržitě 45 let

ÚV Žirovnice: provoz komplexně modernizované technologické linky s prvky víceetapové separační filtrace doplněné o ozonizaci a filtraci aktivním uhlím

Literatura

1. Lipold J. (2015): Zkušenosti společnosti ČEVAK, a.s. s obdobím sucha v roce 2015. Sborník z konference Provozování vodovodů a kanalizací 2015, SOVAK, Praha, s. 77-83
2. Stara J., Jindra J.: Výsledky provozního sledování separace biosestonu. *Pitná voda z údolních nádrží*, Tábor, 1992
3. Hejzlar, J., Hladík, M., Jarošík, J., Znachor, P., Žaloudík, J.: Problematika eutrofizace VN Lipno I: Jakost vody a bilance živin v období 2000-2005. Biologické centrum AV ČR, Hydrobiologický ústav, České Budějovice, 2007
4. Hejzlar J., Borovec J., Jan J., Kopáček J., Mošnerová P., Potužák J., Rohlík V., Žaloudík, J.: Příčiny eutrofizace a zhoršování jakosti vody ve vodárenské nádrži Karhov: Vnitřní zatížení nebo procesy v povodí? Sborník konference *Vodárenská biologie 2010*, Praha ČR, J. Říhová Ambrožová (Edit.), Vodní zdroje EKOMONITOR s.r.o., s. 114-121
5. AQUASERV s.r.o.: Studená – úprava technologické linky ÚV Horní Pole. Projekt skutečného provedení, AQUASERV s.r.o. České Budějovice, 07/2012
6. Potužák J., Kolářová K. (2008): Zůstane i nadále vodní nádrž Karhov perlou Vysočiny? Sborník konference *Vodárenská biologie 2008*, Praha ČR, J. Říhová Ambrožová (Edit.), Vodní zdroje EKOMONITOR s.r.o., s. 81-86
7. EKO EKO s.r.o.: Žirovnice – modernizace úpravný vody. Dokumentace pro vydání stavebního povolení. České Budějovice, 2013
8. Jindra J.: Zkušenosti s ozonizací a filtrace aktivním uhlíkem. *SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací*, 9/2000, s. 21-22