

ÚV HRADEC KRÁLOVÉ ORLICE – PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI DVA ROKY OD REKONSTRUKCE – JE POTŘEBA TŘÍ SEPARAČNÍCH STUPŇŮ?

Ing. Pavel Král, Ph.D., Bc. Petr Navrátil

Královéhradecká provozní a.s., Víta Nejedlého 893, 500 03 Hradec Králové;
pavel.kral@khp.cz

Úvod

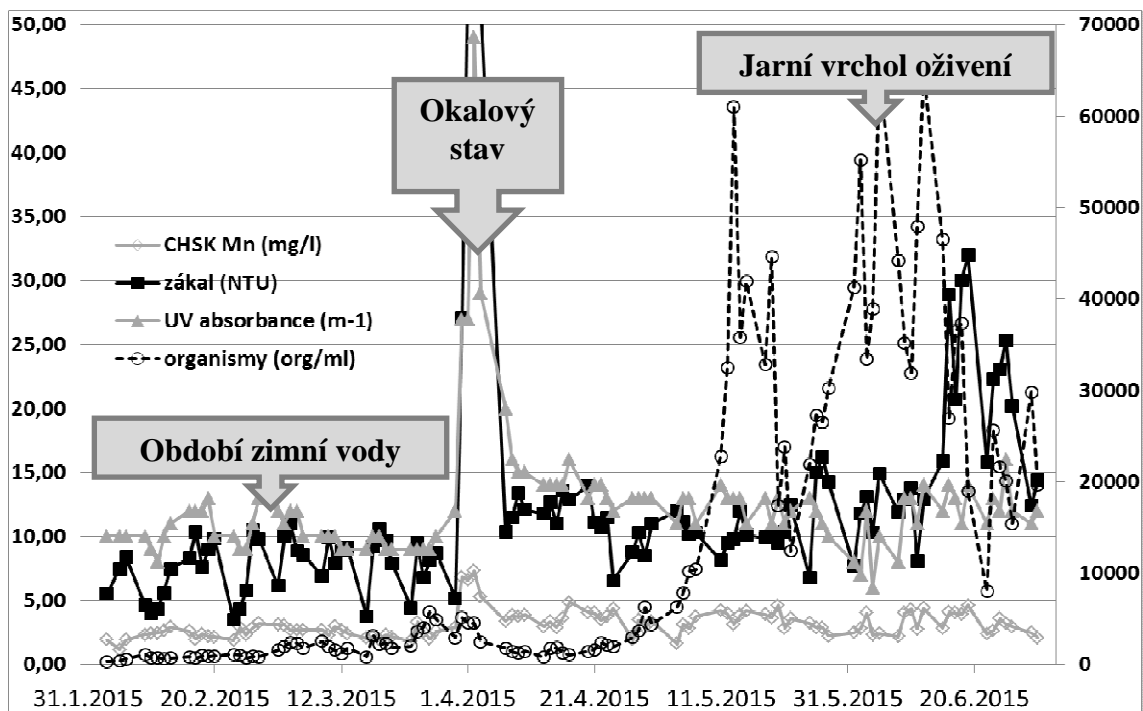
Úpravna vody Hradec Králové Orlice byla rekonstruována v letech 2012 až 2014. V rámci rekonstrukce došlo k dodávkám a montážím na všech separačních stupních. Na prvním separačním stupni byla provedena výměna nevyhovujících galeriových čiričů za dvojici flotačních jednotek. I druhý separační stupeň doznal změn významných - původní pískové filtry s mezidny byly rekonstruovány osazením drenážního filtračního systému Triton, na který byla umístěna náplň Filtralite MonoMulti. Rekonstruován byl také třetí separační stupeň - došlo k výměně jednotky ozonizace a byly strojně obnoveny tlakové filtry s granulovaným aktivním uhlím. Nedošlo však k výměně náplně - stav se vyhodnocuje a dle výsledku se zvolí další postup (regenerace či výměna). Příprava rekonstrukce úpravně, její průběh i provozní zkušenosti získané při garančních testech flotační jednotky byly již prezentovány na několika významných konferencích v posledních letech a to včetně konference v Táboře ([1], [2], [3], [4]). Proto tento příspěvek technologickou linku úpravně a její rekonstrukci již nijak nepopisuje. Čtenáře odkazujeme na publikace předchozí.

Úpravna Hradec Králové využívá jako zdroj surové vody řeku Orlici. Ta je význačná velkou nestabilitou kvality surové vody, která doznává velikých výkyvů a to zejména v parametrech oživení organismy, zákal a teplota. Předložený příspěvek navazuje na poslední příspěvek z konference v Trenčianských Teplicích v roce 2015, kdy poprvé bylo prezentováno sledování chodu úpravně jako celku a hodnocení jednotlivých separačních stupňů. Také v tomto příspěvku určeném pro publikum v České republice, který vychází kromě roku 2015 také z čerstvých výsledků roku 2016, jsou hodnoceny účinnosti odstranění znečištění na jednotlivých separačních stupních a je rozebírána a diskutována role separačních stupňů v jednotlivých obdobích. Zvláštní část příspěvku se pak zaměřuje na třetí separační stupeň - ozonizaci a GAU filtraci - a to zejména s ohledem na odstranění speciálních polutantů jako jsou pesticidy či rezidua léčiv.

Výkyvy kvality surové vody

Vývoj kvality surové vody je významným faktorem na úpravně pitné vody Orlice, který nás nutí být stále ve střehu. Hlavním problematickým parametrem upravitelnosti surové vody je jednoznačně obsah organismů. I během zimních měsíců počet organismů neklesá pod 500 org/ml a v maximech oživení nejsou výjimkou nálezy kolem 70000 org/ml. Druhou výzvou pak jsou okalové stavy, které přichází zejména v zimních a jarních měsících v souvislosti s táním sněhu, nebo pak v létě s výraznými srážkami. Obvyklé zákaly jsou až ke 100 NTU. Naopak obsah organiky v surové vodě (CHSK_{Mn} a UV absorbance) bývá poměrně stabilní, pochopitelně s výjimkou okalového stavu. Dalším velmi významně se měnícím parametrem surové vody je teplota. Například provoz v roce 2015 začínal při teplotách surové vody 2 – 3 °C, zatímco v červnu teplota surové vody atakovala až 23 °C s tím, že v některých tropických dnech se teplota

během dne změnila až o 5 °C. Řeka Orlice tedy rozhodně není stabilním vodárenským zdrojem – velmi dobře to ilustruje následující obr. 1., popisující provoz 02-06/2015. Oproti tomu provoz 11/2015 – 03/2016 je zatím klidnější co do výkyvů s výjimkou opakovaných okalových stavů – o tom dále v textu – viz. obr. 2.



Obr. 1. ÚV Hradec Králové provoz 2015 – vývoj kvality surové vody

Hodnocení separačních stupňů

Hlavním cílem tohoto příspěvku je hodnocení všech tří separačních stupňů úpravy vody z hlediska sledování hlavních ukazatelů kvality vody a hodnocení účinností.

Odstranění $CHSK_{Mn}$ – hodnocení separačních stupňů

Jak zde již bylo uvedeno výše, obsah organických látek v surové vodě (prezentovaný parametrem $CHSK_{Mn}$) doznával významných změn pouze v souvislosti s okalovými stavy. Souhrn hodnocení účinnosti jednotlivých stupňů je v následujících tabulkách.

Tabulka 1. Odstranění $CHSK_{Mn}$ – hodnocení separačních stupňů ve dvou obdobích

	$CHSK_{Mn}$ [mg/l] průměr	$CHSK_{Mn}$ [mg/l] max	$CHSK_{Mn}$ [mg/l] min	$CHSK_{Mn}$ průměrná účinnost	$CHSK_{Mn}$ účinnost v maximum
02/2015 – 06/2015					
Surová	3,14	7,31	1,15	--	--
Za flotací	0,95	1,94	< 0,5	69,7 %	73,4 %
Za otevřenými filtry	0,81	1,63	< 0,5	14,0 %	16,0 %
Za GAU filtry	0,63	1,31	< 0,5	22,2 %	--
11/2015 – 03/2016					
Surová	3,83	11,5	1,12	--	--
Za flotací	1,19	3,16	< 0,5	68,9 %	72,5 %
Za otevřenými filtry	0,85	2,40	< 0,5	28,6 %	24,0 %
Za GAU filtry	0,65	1,50	< 0,5	23,5 %	37,5 %

Z tabulek je jasně patrné, že při dobře zvolené dávce koagulantu se odstraní většina organického znečištění již na prvním stupni - flotaci. U flotace bylo dodavatelem v rámci garancí garantováno 60 % odstranění - jednotka tedy trvale garance plní.

Odstranění zákalu – hodnocení separačních stupňů

Druhým hodnoceným parametrem je zákal. Významné změny zákalu byly zaznamenány při okalových stavech – podrobněji rozebráno dále. Výsledky jsou v následující tabulce.

Tabulka 2. Odstranění zákalu – hodnocení separačních stupňů ve dvou obdobích

	Zákal [NTU] Průměr	Zákal [NTU] max	Zákal [NTU] min	Zákal průměrná účinnost	Zákal účinnost v maximu
02/2015 – 06/2015					
Surová	14,45	95,8	3,47	--	--
Za flotací	0,38	1,65	< 0,1	98,3 %	98,0 %
Za otevřenými filtry	0,23	0,89	< 0,1	39,5 %	46,1 %
Za GAU filtry	0,17	0,95	< 0,1	Nehodnoceno	
11/2015 – 03/2016					
Surová	9,3	119,0	2,0	--	--
Za flotací	0,85	7,50	0,23	90,9 %	93,7 %
Za otevřenými filtry	0,25	0,90	< 0,1	70,6 %	88,0 %
Za GAU filtry	0,10	0,35	< 0,1	Nehodnoceno	

Také v případě zákalu platí, že při dobře zvolené dávce koagulantu se odstraní většina zákalu již na prvním stupni - flotaci. Funkce druhého separačního stupně nabývá na významu v případě významných zákalů, kdy zachytí to, co projde flotací. Velikost zákalu, jenž flotací projde, vždy záleží na charakteru okalového stavu a také na tom jak dobře se podaří optimalizovat dávku chemie. U flotace bylo dodavatelem v rámci garancí garantováno 80 % odstranění zákalu - jednotka tedy trvale garance plní.

Odstranění koagulantu – hodnocení separačních stupňů

I v případě separace hliníku platí, že při dobře zvolené dávce koagulantu a dobře vytvořené koagulační směsi se odstraní většina koagulantu již na flotaci. U flotace bylo dodavatelem garantováno 90 % odstranění koagulantu - jednotka garance plní.

Tabulka 3. Odstranění koagulantu – hodnocení separačních stupňů ve dvou obdobích

	Hliník [mg/l] průměr	Hliník [mg/l] max	Hliník [mg/l] min	Hliník průměrná účinnost	Hliník účinnost v maximu
02/2015 – 06/2015					
Dávka Al *	5,20	8,60	4,30	--	--
Za flotací	0,29	0,60	< 0,03	94,4 %	93,0 %
Za otevřenými filtry	< 0,03	0,07	< 0,03	100 %	88,3 %
Za GAU filtry	< 0,03	< 0,03	< 0,03	Nehodnoceno	
11/2015 – 03/2016					
Dávka Al *	4,94	9,20	3,60	--	--
Za flotací	0,22	0,60	< 0,03	95,5 %	93,5 %
Za otevřenými filtry	< 0,03	0,17	< 0,03	100 %	71,6 %
Za GAU filtry	< 0,03	< 0,03	< 0,03	Nehodnoceno	

Zbylý koagulant zcela zachycují otevřené filtry. Nikdy jsme se „nedočkali“ průrazu koagulantu či zákalu filtrem. Vždy bylo třeba regenerovat filtry dříve, kvůli oživení vody. Hodnocení může být pozitivně mírně zkresleno, protože polymerovaný bazický koagulant není vždy zachycen fotometrickou metodou stanovení hliníku.

Odstranění organismů – hodnocení separačních stupňů

Již několikrát bylo naznačeno, že parametrem, který určuje zcela zásadně provozní nastavení úpravny, je oživení surové vody organismy. V letních měsících vzhledem k teplotě surové vody je mnohdy nutné tomuto parametru podřídít vše ostatní – a to zejména regeneraci filtrů – aby se neoponechal organismům klid. Tabulka následuje.

Tabulka 4. Odstranění organismů – hodnocení separačních stupňů ve dvou obdobích

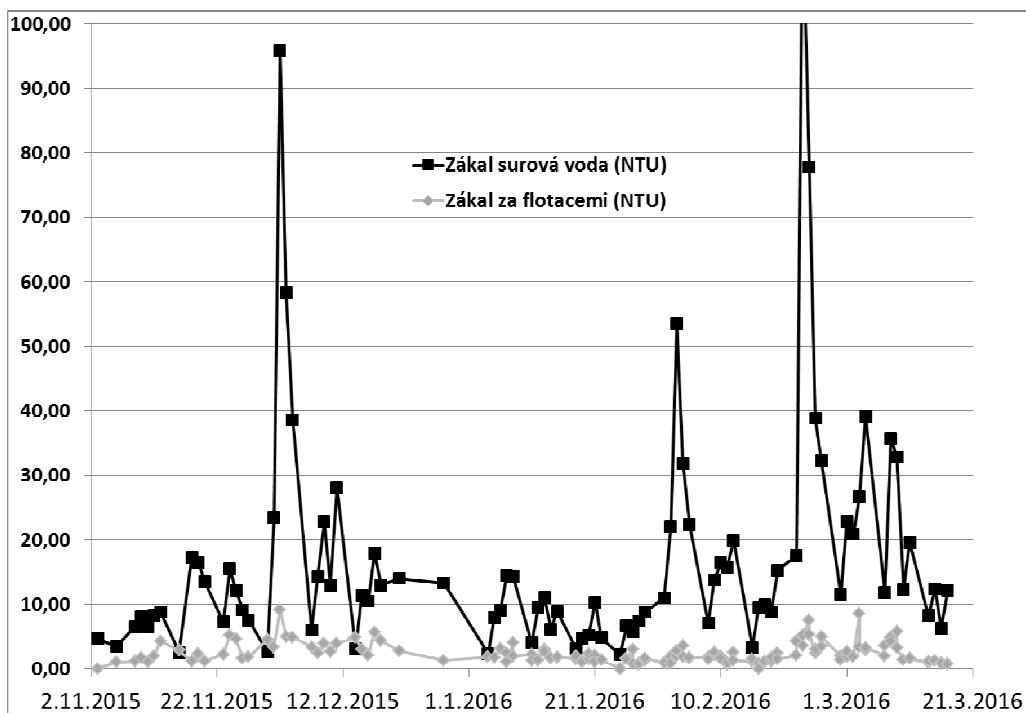
	Organismy [org·ml ⁻¹] průměr	Organismy [org·ml ⁻¹] max	Organismy [org·ml ⁻¹] min	Organismy průměrná účinnost	Organismy účinnost v maximu
02/2015 – 06/2015					
Surová	15193	60820	444	--	--
Za flotací	387	1666	80	97,5 %	97,3 %
Za otevřenými filtry	47	100	16	87,9 %	94,0 %
Za ozonem a GAU	18	40	6	61,7 %	60,0 %
11/2015 – 03/2016					
Surová	915	1975	305	--	--
Za flotací	62	186	22	93,2 %	90,6 %
Za otevřenými filtry	16	38	4	74,2 %	79,6 %
Za ozonem a GAU	8	16	2	50,0 %	57,9 %

Z tabulky je jasně patrné, že všechny separační stupně hrají v případě odstranění organismů svoji roli. U flotace bylo dodavatelem v rámci garancí garantováno 90/95 % odstranění - jednotka tedy trvale garance plní a odstraňuje většinou kolem 97,5 % organismů. V zimních měsících jsou účinnosti vzhledem k velmi drobným organismům nižší. Nelze ovšem také nezmínit vysokou účinnost druhého separačního stupně – otevřených filtrů. Ve vrcholu oživení bylo za flotací kolem 1500 org·ml⁻¹ a otevřené filtry dokázaly tyto hodnoty o dalších 90 % snížit. S využitím ozonizace pak nebylo problém dosáhnout kvality pitné vody. Konečná chlorace vody fungovala jako nutná pojistka. Ve vyrobené vodě jsme nezaznamenali více jak 20 mrtvých organismů v ml.

Zimní okalové stavy 2015 - 2016

Během provozu v zimě 2015 – 2016 se několikrát kvalita vody v řece Orlici prudce změnila a přišel okalový stav, který vždy měl trvání v délce 2 – 3 dní. Významné okalové stavy přišly 2. 12.2015 a 23. 2. 2016 a menší pak 3. 2. 2016 a 4. 3. 2016. V případě významných okalových stavů kulminovala kvalita surové vody na hodnotách kolem 100 NTU, zatímco menší okalové stavy se zastavily kolem 50 NTU. Naproti tomu velmi klidné období bylo v druhé polovině prosince a v lednu. Na následujícím obr.2. jsou shrnuty výsledky z laboratoře v analýze surové vody a za flotací v parametrech zákal. Jak je patrné z obrázku, zákal za flotací nepřekročily 5 – 9 NTU a i to pouze velmi krátkodobě. Zákal za filtry pak nepřekročily 0,5 NTU – zde se voda nezhoršila.

Velmi zajímavé je srovnání okalových stavů dne 2. 12. 2015 a 23. 2. 2016. Je nutné říci, že každý okalový stav je jiný (nelze postupovat jen dle hodnoty zákalu). Okalový stav v prosinci byl charakteristický vyšší hodnotou CHSK_{Mn} a také voda obsahovala zvýšený obsah huminových látek (8 mg/l), jenž se na řece Orlici běžně nevyskytují. Únorový zákal byl více jílovitý a podařilo se jej mnohem lépe koagulovat. Nejhorší jsou však zákal s obsahem mikropísku z břehů řeky Orlice, které přišly v roce 2014.



Obr. 2. ÚV Hradec Králové 11/2015 – 03/2016 – zimní okalové stavy a funkce flotace

Tabulka 5. Srovnání dvou zimních okalových stavů a funkce jednotlivých stupňů

	Zákal [NTU]	CHSK _{Mn} [mg/l]	Hliník [mg/l]	Organismy [org·ml ⁻¹]	Živé org. [org·ml ⁻¹]
Datum 2. 12. 2015 - výkon 70 l/s provoz 1 linka					
Surová voda	95,9	11,5	--	--	3780
Za flotací 1	9,18	3,16	0,60	228	148
Za filtrem 4	1,85	1,48	< 0,03	8	6
Za GAU filtry - vyrobená	0,33	0,84	< 0,03	8	0
Datum 23. 2. 2016 - výkon 90 l/s provoz 2 linky					
Surová voda	119	8,26	--	--	1340
Za flotací 1	3,59	1,41	0,35	44	32
Za flotací 2	5,19	1,66	0,38	64	48
Za filtrem 2	0,95	1,02	< 0,03	12	10
Za filtrem 4	0,90	1,47	< 0,03	18	14
Za GAU filtry - vyrobená	0,35	0,51	< 0,03	14	12

Význam třetího separačního stupně

Úpravná pitné vody Orlice má tu výhodu, že již v devadesátých letech byla vybavena kompletním třetím separačním stupněm v podobě ozonizace a tlakové GAU filtrace. Původní záměr byl zejména organoleptický – tedy řešit pachové a chuťové vjemy pocházející z Orlice. Až v poslední době se však velmi dobře ukazuje, jak se nám tento separační stupeň hodí. Ve vrcholech oživení organismy hraje i tento stupeň velmi významnou roli ve stabilitě výroby pitné vody splňující veškeré požadavky. Novinkou posledních let a jednoznačně tématem budoucna je však separace tzv. speciálních polutantů (tj. léčiv a pesticidů a jejich metabolitů). O tom, že se tyto látky v řece Orlici nachází, není pochyb [5]. O to více nás těší výsledky v tabulkách č.6 a č.7.

Tabulka 6. Odstranění speciálních pesticidů na ÚV Orlice

Pesticid koncentrace v ng/l	Surová voda v Orlici dle studie PLA [5]	Surová rozbor KHP	Vyrobená voda 9. 6. 2014
Atrazin	-	5,0	< 5,0
Terbutylazin	0 - 394	168	< 5,0
Metolachlor	0 - 648	114	< 5,0
Metolachlor ESA	50 - 150	120	< 30,0
Acetochlor	0 - 116	-	< 5,0
DEET	0 - 60	10	< 10,0
Chlorturon	0 - 100	-	< 20,0
Chloridazon-methyl-despenthyl	50 - 150	-	< 10,0

Tabulka 7. Odstranění léčiv na ÚV Orlice

Léčivo koncentrace v ng/l	Užití léčiva	Surová voda v Orlici dle studie PLA [5]	Surová rozbor KHP	Vyrobená voda 9. 6. 2014
Ibuprofen	bolesti		13,0	< 10,0
carbamazepin	antiepileptikum	40 - 120	82,0	< 20,0
Gabapentin	antiepileptikum	95 - 285	96,0	< 20,0
acetaminophen	Paralen	30 - 198	29,0	< 20,0
Metoprolol			30,0	< 10,0
Tramadol	analgetikum		25,0	< 10,0
Naproxen			11,0	< 10,0
Ketoprofen	bolesti kloubů		13,0	< 10,0

Závěr

Řeka Orlice je velice kolísavý zdroj surové vody, který doznává obrovských změn a to zejména v parametrech oživení organismy, zákal a teplota. Úpravna vody Hradec Králové Orlice je i přesto díky své technologii tří moderních separačních stupňů schopna stabilní výroby kvalitní pitné vody, která splňuje všechny parametry.

Na mnoho parametrů by stačily jen dva separační stupně, některé chemické parametry spolehlivě upraví i samotná flotace. Zejména však s ohledem na oživení surové vody organismy jsou tři separační stupně v případě ÚV Orlice nutností. Pozoruhodné jsou více jak 90-ti procentní účinnosti odstranění. Pozitivem třetího separačního stupně je kromě dokončení separace organismů také ošetření pachových a chuťových vlastností vody a zejména likvidace speciálních polutantů (léčiva, pesticidy atp.).

Literatura

- [1] Drda M., Dobiáš P. (2013). Projektování a realizace flotace na úpravě vody Hradec Králové, Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda 2013, Trenčianské Teplice, s. 111 – 118, VodaTím s.r.o, 2013.
- [2] Král P., Dobiáš P. (2014). Garanční zkouška flotační jednotky na ÚV Hradec Králové, Sborník konference Pitná voda 2014, 26.- 29.5., Tábor, str.249 - 254.
- [3] Král P., Navrátil P., Dobiáš P. (2014). První poznatky ze zkušební provozu rekonstruované ÚV Hradec Králové, časopis SOVAK, 2014 (11), str. 5-8.
- [4] Král P. (2015). ÚV Hradec Králové Orlice – provozní zkušenosti na zimní a jarní vodě – hodnocení jednotlivých separačních stupňů, Zborník prednášok z konferencie Pitná voda 2015, Trenčianské Teplice, s. 125 – 133, VodaTím s.r.o, 2015.
- [5] Ferencík M., Schovánková J., Stojanová S. (2014). Výskyt pesticidů, léčiv, průmyslových kontaminantů v povrchových vodách ve správě Povodí Labe, s.p., Sborník konference Pitná voda 2014, 26.- 29.5., Tábor, str.71 - 76.