Citace – Strnadová N., Černá L., Wanner J., Pečenka M.: Hodnocení kvality vody přítoků vodárenské nádrže Švihov. Sborník konference *Pitná voda 2010*, s. 299-304. W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8

HODNOCENÍ KVALITY VODY PŘÍTOKŮ VODÁRENSKÉ NÁDRŽE ŠVIHOV

doc. Ing. Nina Strnadová, CSc., Ing. Lucie Černá,
prof. Ing. Jiří Wanner, DrSc., Ing. Martin Pečenka, Ph.D.

VŠCHT Praha, Ústav technologie vody a prostředí, Technická 5, 166 28 Praha 6
e-mail: nina.strnadova@vscht.cz

ÚVOD

Kvalitní pitná voda [1] je pro mnohé z nás samozřejmostí. V případě nedostatku pitné vody (různé poruchy na síti, či problémy s domovním rozvodem – většinou vše krátkodobého charakteru) jsou mnozí spotřebitelé nervózní, protože prostě voda „neteče". Je třeba si uvědomit, že v dané situaci se jedná o časově omezený úsek, který bude odstraněn. Málokdo si však uvědomí, či představí stav, kdy by mohlo být skutečně pitné vody nedostatek z důvodů však zcela odlišných, které by se týkaly neřízené a nezřízené lidské činnosti v celém povodí vodárenských zdrojů.

Obecně pro technologickou linku, která je používáná pro výrobu pitné vody, je nutné znát nejen kvalitu vody surové, resp. kvalitu používaného vodárenského zdroje, ale také je vhodné mít informace o kvalitě vod z celého povodí, především co se týče vodárenských nádrží. Je tedy zřejmé, že vodárenská nádrž Švihov, která je největší vodárenskou nádrží v ČR a zásobuje největší počet obyvatelstva (hlavní město Prahu a velkou část středočeské aglomerace), je předmětem zájmu mnoha výzkumných týmů s různým zaměřením. Výsledky studií jsou publikovány v odborných časopisech, na konferencích a většinou shrnovaly a shrnují stávající stav kvality vody nejen v nádrži, ale i v povodí nádrže, a ukazují na ev. vývojový trend kvality vody do budoucna. S ohledem na samotnou kvalitu vody v povodí jsou většinou známé i bodové zdroje znečištění, především však ze zemědělských podniků, protože povodí vodárenské nádrže Švihov je poměrně nejen intenzivně zemědělsky využívané, ale i hustě osídlené.

Jedním takovým hodnocením kvality povrchové vody v povodí vodárenské nádrže Švihov, zaměřeným především na koncentrace dusíku ($N\text{-}NO_3^-$), fosforu ($P\text{-}PO_4^{3-}$), rozpuštěného organického uhlíku (DOC) a mikroorganismy využitelnou částí DOC nazývanou jako biologicky degradabilní organický uhlík (BDOC), se zabývá předkládaný článek. Je zde uvedeno dvouleté sledování povodí řek Trnavy, Bělé a Hejlovky, do kterého se promítá i vliv difúzního znečištění. Je nutno poznamenat, že ono sledování se odvíjí od Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES [2], jejímž cílem je zabránění dalšímu zhoršování kvality vod a přijetí specifických opatření proti znečišťování vody jednotlivými znečišťujícími látkami nebo skupinami látek, které představují významné riziko pro vodní ekosystém, včetně rizika pro vody užívané k výrobě pitné vody [3].

Zdrojem sloučenin dusíku, ale i fosforu v povrchových vodách obecně, jsou zejména atmosférické depozice, dále zemědělství a splaškové vody. Jedná se převážně o zdroje plošné. Na zvýšeném znečištění povrchových vodních toků fosforem se dále podílí vypouštění odpadních komunálních vod z obcí a erozní splachy ze zemědělsky obhospodařovaných ploch. Zvýšené koncentrace sloučenin fosforu v povrchových vodách jsou patrné zejména v období po přívalových deštích. Fosforečnany se sice významně sorbují na dnových sedimentech [4] a hlinitokřemičitanech v půdě, ale

© W&ET Team, doc. Ing. Petr Dolejš, CSc., České Budějovice 2010

sorpční komplex bude v určitém časovém horizontu nasycen a bude tak docházet k zpětnému uvolňování fosforu do vody. Tento fakt se může negativně promítnout do kvality používaného vodního zdroje v důsledku počínající eutrofizace, ale i do zhoršení biologické stability vyrobené pitné vody. Vedle dusíku a fosforu je třeba uvést i třetí biogenní prvek, uhlík. Organický uhlík představuje přirozené znečištění díky výluhům z půd a sedimentů a také je součástí rostlinných a živočišných organismů. Organické látky antropogenního původu pochází z městských odpadních vod, vod ze zemědělství či skládek. Významná je i interakce mezi organickými látkami, které se vyskytují ve vodním prostředí a jejich využitelností vodními organismy. Jedná se o organické látky, které jsou vůči biologickému rozkladu rezistentní a látky, které podléhají biologickému rozkladu. Druhý typ organických látek je v tocích za přítomnosti autochtonních mikroorganismů odbouráván při procesu samočištění. Autochtonní mikroorganismy jsou využívány také jako inokulum při stanovení hodnot BDOC. Jedná se o určení sumy organických látek, které jsou biologicky rozložitelné a mohly by se obecně podílet na tvorbě biomasy ve vodním prostředí (vodní tok, nádrž, ale i distribuční systém pitné vody, vodárenské filtry, či akumulační objemy vodojemů).
(Poznámka: Hodnota BDOC se počítá z rozdílu koncentrací DOC přítomných v testovaném vzorku před a po ukončení testu, který trvá 28 dní).

SLEDOVANÉ POVODÍ ŘEK TRNAVY, BĚLÉ A ŽELIVKY (HEJLOVKY)

Trnava je největší přítok řeky Želivky. Pramení jihovýchodně od osady Blanička v Přírodním parku Polánka na Pacovsku v nadmořské výšce 678 m n. m. Horní úsek je bystřinného charakteru s úzkým kamenitým korytem, místy s břehovým porostem. Délka toku je 56,3 km. Na říčním kilometru 52,5 se vlévá zleva v obci Želiv v nadmořské výšce 393,5 m do řeky Želivky. Plocha povodí měří 340,3 km² [5].
Kvalita vod v povodí řeky Trnavy byla hodnocena ve 25 měrných profilech na přítocích, přičemž pouze odběrový profil č. 25 se nachází nejvýše na samotném toku řeky.

Bělá je malá říčka v západní části kraje Vysočina. Délka jejího toku je 22,7 km. Plocha povodí měří 130,6 km². Bělá pramení pod Bělským kopcem (708 m n. m.) nedaleko obce Bělá, jižně od Pelhřimova. Nad obcí Rynárec je hluboké zalesněné údolí, pod obcí je pak údolí otevřené a lučinaté. Říčka protéká městem Pelhřimov a nedaleko Krasíkovic ústí do Hejlovky (Želivky) [5].
Kvalita vody v řece Bělá společně s prameništěm Želivky (Hejlovky) byla hodnocena ve 26 měrných profilech. Profily 1-4 a 25 náleží Cerekvickému potoku (1 přísluší pramenu řeky, 4 koncovému odběru před vtokem do říčky Bělé), 9-19 a 22 mapují řeku Bělou (11 přísluší pramenu říčky Bělé a 22 koncovému bodu) a zbylé profily (5 až 8, 20, 21, 23, 24 a 26) mapují prameniště Hejlovky.

Želivka pramení jako **Hejlovka** u Vlásenic-Drbohlav (část obce Libkova Voda) v nadmořské výšce 631 m na Českomoravské vrchovině, asi 10 km jižně od Pelhřimova. Západně od Pelhřimova do ní vtéká Cerekvický potok. Severně od Pelhřimova nedaleko Krasíkovic přitéká do ní zprava říčka Bělá. Od hráze Sedlické nádrže je již Hejlovka nazývána Želivkou. U Želiva do ní vtéká zleva říčka Trnava a Želivka ústí do velké vodárenské nádrže Švihov. Po průtoku nádrží Želivka zleva ústí do Sázavy na říčním kilometru 98,9 u Soutic v nadmořské výšce 312 m. Délka toku je 99 km. Z této délky připadá 36 km na říčku Hejlovku. Povodí Želivky měří 1189 km² [5].

HODNOCENÍ KVALITY VOD

Dvouleté sledování zahrnuje hodnocení měsíčních bodových odběrů na výše uvedených profilech. Je zaměřeno pouze na hodnotové porovnání jednotlivých ukazatelů bez sledování dalších vnějších faktorů při odběru (srážková činnost, měření průtoků aj.).

V následujících tabulkách jsou z důvodu velkého počtu dat uvedeny pouze minimální, maximální a průměrné hodnoty za sledované období duben 2008 až březen 2010). Určitým nedostatkem vyhodnocení je nedodržení počátečního (pramene) a koncového odběrového profilu v místě zaústění do dalšího toku, aby tak mohl být posouzen vývoj kvality vody v toku následujícím. Takto předkládané hodnoty jsou pouze okamžitým zhodnocením stavu a situace, přesto však poskytují cenné údaje o bodovém, ale i plošném znečištění, které může přicházet z místa blízkého odběrovému profilu.

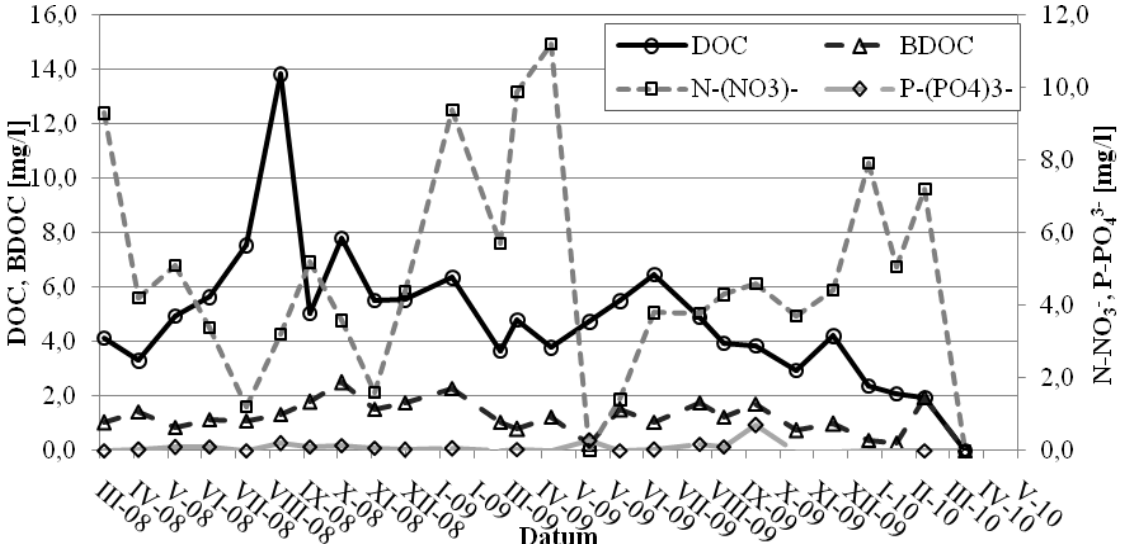
Povodí řeky Trnavy

Data vybraných odběrových profilů z povodí řeky Trnavy z celkového počtu 26, jsou sumarizována v tabulce 1.

Tabulka 1. Minimální, maximální a průměrné hodnoty v mg/l - řeka Trnava

profil	DOC			BDOC			$N\text{-}NO_3^-$			$P\text{-}PO_4^{3-}$		
	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům
1	2,17	7,71	3,57	0,02	6,26	1,08	<1,0	14,9	4,30		0,98	0,14
7	1,65	7,06	3,38	0,12	1,83	0,83	1,60	15,6	6,54		1,00	0,16
8	2,90	11,8	6,88	0,00	8,46	2,32	<1,0	22,3	5,40		4,05	0,50
9	1,75	5,54	3,14	0,02	2,24	0,76	3,30	21,3	8,54		1,00	0,13
21	0,40	3,89	1,79	0,01	1,51	0,58	2,90	21,6	8,15	<0,01	0,86	0,12
22	2,94	13,8	5,39	0,23	2,49	1,31	<1,0	11,2	4,70		0,68	0,09
23	2,99	14,1	6,38	0,03	5,01	1,25	<1,0	10,4	2,89		0,94	0,14
24	1,24	11,8	3,95	0,17	4,00	0,89	<1,0	6,70	1,97		1,03	0,14
25	0,97	7,62	2,87	0,04	1,51	0,66	<1,0	18,5	10,7		1,00	0,11

Prameništi Trnavy přísluší profil 25. Z tabulky s ohledem na průměrné hodnoty vyplývá, že na toku nejsou významné rozdíly v kvalitě povrchových vod, pouze po celé sledované období vyšší hodnoty DOC a BDOC vykazovaly profily 8 (u obce Lesná) a 22, kde je stejně tak jako v okolí profilu 8 orná půda. V obou profilech však nebyla zaznamenána významně vyšší koncentrace dusíku ani fosforu. Na obr. 1 je znázorněno sledování dat po celé dva roky a je zřejmé, že se pro koncentrace $N\text{-}NO_3^-$ opakují jarní maxima a podzimní maxima pro $P\text{-}PO_4^{3-}$. Koncentrace DOC a BDOC byla vyrovnaná.



Obr. 1. Trend sledovaných ukazatelů – profil 22 – řeka Trnava

Povodí řeky Bělé

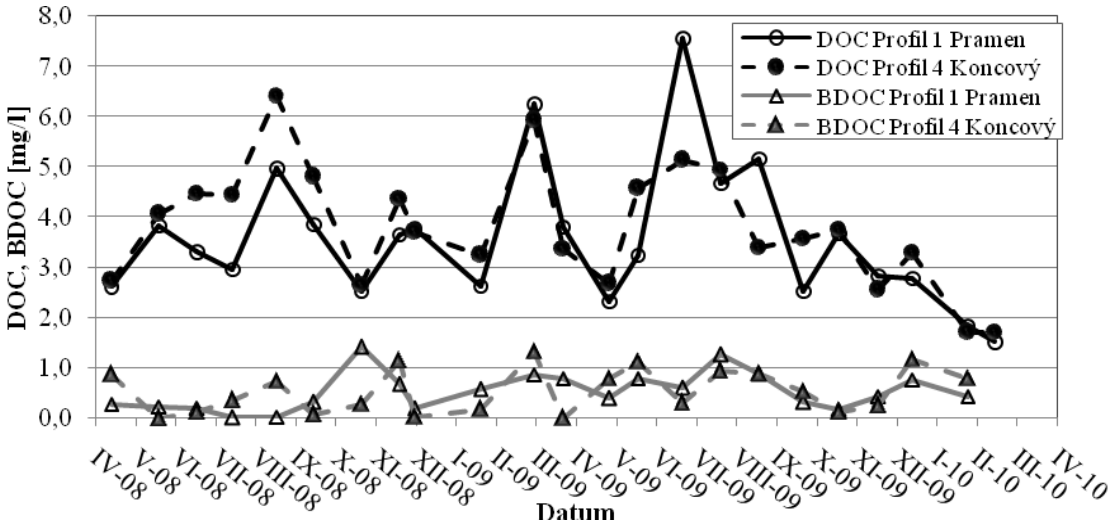
Do horní části povodí řeky Želivky patří prameniště Hejlovky, řeka Bělá, Cerekvický a Vlásenický potok. Vlásenickému potoku přísluší ze sledovaného souboru profilů odběrová místa 9, 10 a 14; Cerekvickému potoku 1 až 4 a 25; řece Hejlovce 5 až 8, 20, 21, 23, 24 a 26; samotné řece Bělé 11 až 13, 16 až 19 a profil 22. Soubor dat pro Cerekvický potok je uveden v tabulce 2 a na obr. 2 a 3, data pro pramen a koncový profil Hejlovky jsou uvedena v tabulce 3 a pro řeku Bělou (pramen a koncový profil) v tabulce 4.

Tabulka 2. Minimální, maximální a průměrné hodnoty v mg/l - Cerekvický potok

profil	DOC			BDOC			$N\text{-}NO_3^-$			$P\text{-}PO_4^{3-}$		
	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům
1	1,84	7,56	3,68	0,01	1,52	0,53	2,05	15,1	6,64	<0,01	0,35	0,09
2	1,38	8,17	3,43	<0,01	1,51	0,52	2,62	13,0	7,72		0,28	0,05
3	1,78	8,44	4,09		1,75	0,48	<1,0	9,71	3,78		0,18	0,03
4	1,72	6,41	3,90		1,70	0,54	<1,0	13,2	5,99		0,23	0,06
25	2,66	67,3	8,18		63,2	4,22	<1,0	15,6	7,87		2,32	0,37

Jak vyplývá z tabulky 2, není významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami za celé sledované dvouleté období pro profil 1 a 4. V profilu 4, který představuje poslední odběrové místo na Cerekvickém potoce před vtokem do říčky Bělé, se průměrné hodnoty pro jednotlivé ukazatele změnily:

DOC navýšení o 6%
$N\text{-}NO_3^-$ snížení o 10%
$P\text{-}PO_4^{3-}$ snížení o 36%
BDOC navýšení o 1%

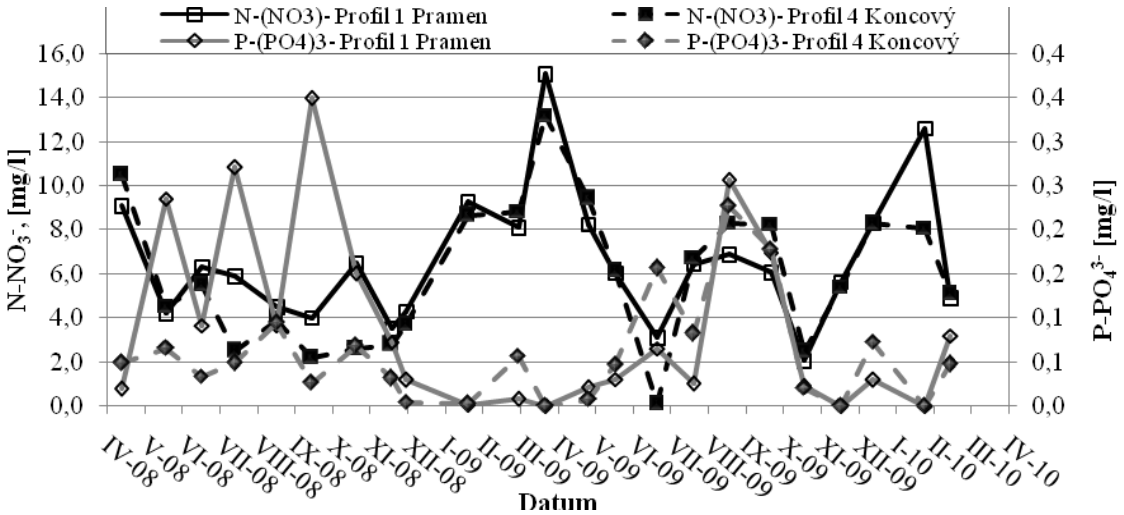


Obr. 2. Trend hodnot DOC a BDOC – Cerekvický potok

V povodí Cerekvického potoka se však nachází i profil 25 (přítok od obce Čížkov), který vykazoval vysoké maximální a v důsledku toho i vysoké průměrné hodnoty ve srovnání s ostatními profily 1 až 4. Odběrový profil leží pod zemědělským družstvem. Téměř 6x vyšší koncentrace fosforu se promítají i do významně vyšší (8x) hodnoty BDOC.

Kvalita vody na profilech 9, 10 a 14, které přísluší Vlásenickému potoku, se po směru toku významně neměnila a lze konstatovat, že odpovídá přibližně kvalitě vody

v Cerekvickém potoce, pouze profil 10 vykazoval oproti profilu 9 dvojnásobnou průměrnou koncentraci P-PO_4^{3-} 0,32 mg/l.



Obr. 3. Trend hodnot N-NO_3^- a P-PO_4^{3-} – Cerekvický potok

Obdobný trend v kvalitě vody, především s jarními maximy pro N-NO_3^- a podzimními maximy pro P-PO_4^{3-} vykazuje i Hejlovka, kde v roce 2009 byla maxima ještě výraznější. Nutno konstatovat, že byl pozorován srovnatelný trend i hodnotově pro profil 8 (pramen) i pro koncový profil toku 20. Průměrná koncentrace DOC se v odběrových profilech kolem toku pohybovala v intervalu 3,3 až 6,84 mg/l, BDOC 0,58 až 1,44 mg/l, N-NO_3^- 4,20 až 8,30 mg/l a P-PO_4^{3-} 0,03 až 0,27 mg/l. Vyšší hodnoty než horní hranice intervalů vykazoval profil 26, do kterého se promítají odpadní vody z obce Božejov.

Pro řeku Bělou byly také průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů poměrně vyrovnané. Průměrné koncentrace DOC se pohybovaly kolem 4,5 mg/l a BDOC kolem 0,9 mg/l. Koncentrace N-NO_3^- se pohybovaly kolem 6 mg/l s výjimkou profilů 10, 18 a 19, kde byly koncentrace dvojnásobné. Průměrné koncentrace P-PO_4^{3-} byly 0,8 mg/l, s výjimkou profilu 10 v blízkosti Libkovy Vody, kdy byly stanoveny maximální koncentrace až 0,9 mg/l. Kvalita vod odebraná z blízkosti Vlásenického potoka byla ze všech vzorků povodí říčky Bělé nejlepší.

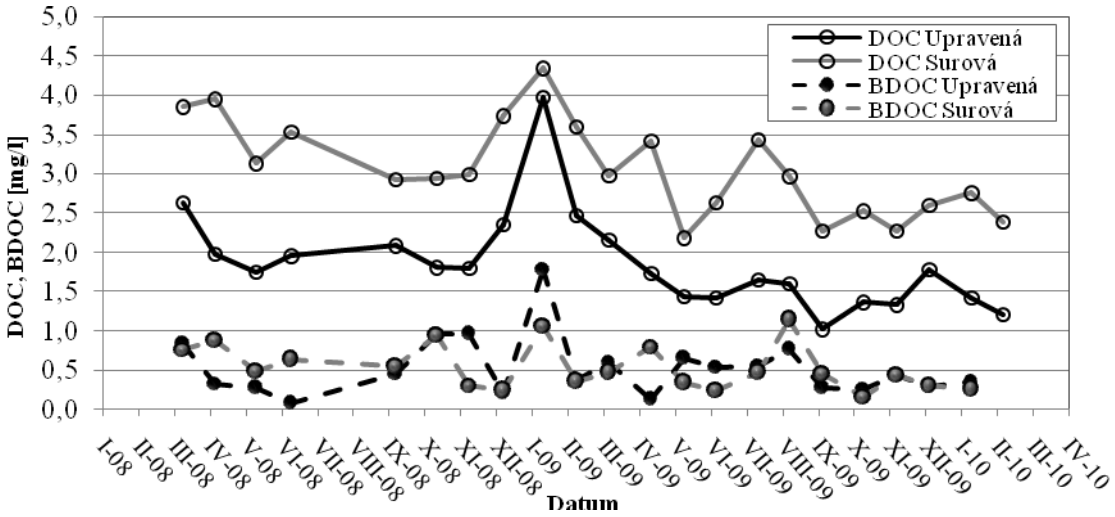
Tabulka 3. Minimální, maximální a průměrné hodnoty v mg/l - Hejlovka
Profil 8 – pramen, profil 20 je na toku koncový

Profil	DOC			BDOC			N-NO_3^-			P-PO_4^{3-}		
	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům
8	3,09	14,7	6,84	0,02	3,27	0,89	<1,0	9,96	5,39	<0,01	0,34	0,06
20	2,32	18,1	5,07	0,01	13,8	1,44		13,3	6,02		0,33	0,12

Tabulka 4. Minimální, maximální a průměrné hodnoty v mg/l - Hejlovka
Profil 11 – pramen, profil 22 je na toku koncový

Profil	DOC			BDOC			N-NO_3^-			P-PO_4^{3-}		
	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům	Min	Max	Prům
11	3,15	6,81	4,74	0,04	4,84	0,93	<1,0	10,5	4,46	<0,01	0,35	0,07
22	2,65	6,32	4,62	0,02	2,90	1,08	3,23	13,0	5,99		0,40	0,16

Vzhledem k tomu, že v článku je pozornost zaměřena na kvalitu povrchové vody v části povodí vodárenské nádrže Švihov, která je využívána jako vodní zdroj pro výrobu pitné vody, je v závěru doplněno také dvouleté porovnání ukazatelů DOC a BDOC zaměřené na kvalitu surové a upravené vody na úpravně vody Želivka – viz obr.4.



Obr. 4. Trend hodnot DOC a BDOC – úpravna vody Želivka

Za celé sledované období byla koncentrace DOC v surové i upravené vodě celkem vyrovnaná, maximum je patrné pouze v lednovém odběru 2009. V roce 2009 byla průměrná koncentrace DOC v surové vodě cca 2,6 mg/l a v upravené 1,6 mg/l. Průměrná hodnota BDOC v upravené vodě v roce 2009 byla 0,43 mg/l, lze tedy vodu deklarovat jako vodu biologicky stabilní.

ZÁVĚR

Monitoring třech významných nutrietů v části povodí vodárenské nádrže Švihov mapuje bodové a následně difuzní znečištění v uvedené oblasti. Vyskytující se dvouletá jarní maxima pro $N\text{-}NO_3^-$ a podzimní pro $P\text{-}PO_4^{3-}$ spolu s obsahem DOC jsou průkazným potvrzením znečištění. Posledně hodnocený ukazatel BDOC má významný dopad na kvalitu vyrobené pitné vody. Reálné hodnoty BDOC z povodí jednoznačně prokazují synergický účinek zvýšených koncentrací DOC a $P\text{-}PO_4^{3-}$, koncentrace $P\text{-}PO_4^{3-}$ tento fakt akcentují. Je proto bezpodmínečně nutné v povodí věnovat významnou pozornost koncentraci $P\text{-}PO_4^{3-}$, protože jeho přítomnost v surové vodě následně negativně ovlivňuje biologickou stabilitu vyrobené vody, která je pro kvalitu pitné vody více než žádoucí. V širším pohledu se tak biologická stabilita vody dotýká zdraví celé populace.

Poděkování: *Příspěvek byl vypracován s podporou projektu VZ MSM 6046137308*

Literatura

1. Vyhláška č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů: Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (platnost od června 2006).
2. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES (platnost od 22.12.2000).
3. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů (platnost od 1.10. 2007).
4. Duras J., Liška M.: VN Švihov – vývoj kvality vody v nádrži, str. 145-153, Sborník Vodárenské biologie 2010, 3.-4.2.2010, Praha.
5. www.wikipedia.cz (15.03.2010).