

VÝSLEDKY ROČNÍHO PROVOZU HYGIENICKÉHO ZABEZPEČENÍ VODOVODU Z PODZEMNÍHO ZDROJE UV ZÁŘENÍM BEZ DOPLŇKOVÉ DESINFEKCE CHLÓREM

Doc. Ing. Petr DOLEJŠ, CSc.¹⁾, & RNDr. Kateřina VOZOBULOVÁ²⁾

- ¹⁾ *W&ET Team, Water & Environmental Technology Team, Box 27, Písecká 2, 370 11 České Budějovice a FCh VUT Brno, e-mail: p.dolejs@tiscali.cz*
- ²⁾ *Krajská hygienická stanice Jihočeského kraje se sídlem v Českých Budějovicích, Na Sadech 25, 370 71 České Budějovice e-mail: katerina.vozobulova@khschb.cz*

Úvod

Před zhruba dvěma roky řešilo zastupitelstvo malé jihočeské obce Soběnov (www.sobenov.cz) otázku, která by citelně zasáhla rozpočet obce. Jednalo se o oblast zajištění pitné vody, která vyžadovala zásadní rozhodnutí. Původní koncept, předložený provozovatelem vodovodu, vyžadoval vybudování elektrického vedení k vodojemu, ve kterém byl dávkován chlornan sodný. Délka uvažované přípojky by činila skoro 1,5 km a vedla by v dosti obtížném terénu. Dávkování chlornanu probíhalo bez závislosti na průtoku pitné vody a bylo závislé na napájení z baterie. Kvalita dodávané pitné vody v tomto místním vodovodu byla spotřebiteli občas kritizována, protože koncentrace chlóru se pohybovaly v dosti širokém rozmezí a stávalo se, že voda byla značně přechlorována.

Po zvážení všech okolností bylo zastupitelstvu obce navrženo alternativní řešení, které by jednak nevyžadovalo zbudování velmi nákladného elektrického vedení, a které by zároveň pro spotřebitele uchovalo vynikající kvalitu vody v místním podzemním zdroji a pracovalo tudíž bez stálé chlorace. Toto dosud u nás netradiční řešení spočívalo v instalaci desinfekce UV výbojkou na hranici zástavby obce. Dosavadní chlorace bude ponechána jen jako záložní metoda desinfekce, která bude využívána jen pro případné krátkodobé nachlorování sítě.

Vzhledem k velmi dobré kvalitě vody ve zdroji surové vody, který se nalézá pod vrchem Kohout (855 m n.m.), byla při přípravě rekonstrukce zásobování obce Soběnov navržena a je dále zdůvodněna moderní alternativa k desinfekci založené na bázi dávkování chlóru – desinfekce UV zářením.

Zdroj surové vody

Hlavním zdrojem surové vody jsou studny, které jsou ve výšce asi 715 m n.m. Z nich je voda vedena do odkyselovací stanice a horního vodojemu o objemu 150 m³, který je 662 m n. m. Z horního vodojemu je voda vedena do spodního vodojemu o objemu 9 m³, který je ve výšce 655 m n. m. V tomto vodojemu je možné do volné hladiny dávkovat roztok chlornanu sodného. Do tohoto vodojemu jsou také přímo zavedeny další blízké zdroje, které slouží k posílení a celoročnímu zabezpečení množství vody pro obec. Průměrná potřeba pitné vody je 0,5 l/s.

Zhodnocení kvality surové vody

Kvalita vody všech zdrojů, které jsou využívány pro zásobování obce, je obecně velmi dobrá. Lze říci, že vodu velmi podobného složení stáčí asi 15 km od obce jedna dosti známá firma jako vodu balenou. Voda ve zdrojích obce Soběnov neobsahuje žádné mikroznečištění, což dokazují pravidelné odběry prováděné provozovatelem. Z těchto rozborů pro informaci uvádíme jen důležité vybrané hodnoty a jejich zaznamenaný rozsah v posledních čtyřech letech. Jednotlivé studny se v jednotlivých ukazatelích mírně liší. V tomto příspěvku však není důležité blíže rozebírat složení vody v jednotlivých studnách.

Voda má ve většině studní hodnoty pH nižší než 6 a obsahuje až okolo 15 mg/l agresivního oxidu uhličitého. Proto prochází přes odkyselovací filtr, který upravuje pH na hodnoty nad 6,5 a zvyšuje také obsah vápníku ze zhruba 5 – 10 mg/l na hodnoty kolem 20 mg/l.

Tabulka 1. Základní ukazatele kvality surové vody

Dusičnany	1.2 – 4.0 mg/l
Dusitany	0.020 – 0.030 mg/l
Amonné ionty a amoniak	0.09 - 0.12 mg/l
Absorbance při 254 nm	0.013 – 0.023 (cm ⁻¹)
Chemická spotřeba kyslíku	0.8 – 1.5 mg/l
Železo	0.07 – 0.14 mg/l
Mangan	<0.01 – 0.02 mg/l
Zákal	0.02 – 0.04 NTU
Vodivost	6 – 13 mS/m

Z mikrobiologických ukazatelů byly nenulové hodnoty v surové vodě ojediněle nalezeny jen u koliformních bakterií (20 KTJ/100 ml) a psychrofilních bakterií (55 KTJ/ml).

Technologický návrh a realizace rekonstrukce hygienického zabezpečení

Cílem návrhu bylo, aby se zásobování vodou v Soběnově při chystané rekonstrukci přiblížilo praxi provozu moderní distribuční sítě zcela bez chemického desinfekčního činidla, jak je tomu v řadě i velmi rozsáhlých vodárenských systémů v některých rozvinutých zemích, z nichž můžeme jmenovat například Německo (např. Berlín) či Holandsko [1, 2].

Surová voda ve zdrojích obce je natolik kvalitní, že při posouzení ze všech možných hledisek bylo pro rekonstrukci zásobování obce navrženo zdravotní zabezpečení pouze UV zářením s tím, že bude odstaveno kontinuální dávkování chlornanu sodného. Dávkovací zařízení chlornanu však zůstane zachováno v současném stavu jako rezerva a bude poskytovat možnost provést periodicky nárazové nachlorování distribuční sítě. Potřeby frekvence chlorování sítě budou ověřeny v průběhu zkušebního provozu.

Návrh [3] vycházel z poznatků zahraniční odborné literatury z nedávné doby. Desinfekce UV zářením byla v posledních letech předmětem mnoha velmi podrobných a rozsáhlých zahraničních studií, protože se mj. ukázala vysoká účinnost UV záření jak na viry (zejména na druhy velmi odolné chemické desinfekci), tak na prvoky *Cryptosporidium* a *Giardia* [4-11]. I na základě těchto výsledků můžeme odvodit, že vysoký stupeň ochrany nejen před kryptosporidii a giardiemi, ale před naprostou většinou vodou šířitelných patogenů v pitné vodě lze v 21. století spolehlivě zajistit použitím jediného dezinfekčního prostředku, a to UV záření.

U nás a na Slovensku byly publikovány již také první a možno říci pionýrské zkušenosti s použitím UV záření na úpravnách vody [12,13] a jeho použití zapadá také do jedné z možných koncepcí omezování vedlejších produktů desinfekce [14].

Desinfekce UV zářením je umístěna na samém okraji obce v nově zbudované šachtě umístěné na přírodním řadu do obce. V této šachtě je umístěno zařízení pro desinfekci UV zářením. Výbojka má životnost kolem 10 000 hodin (čili zhruba něco více než jeden rok). Její výkon, a tím i desinfekční účinnost, postupně klesá a je potřeba ji periodicky nahrazovat vždy novou.

Návrh výbojky vychází z požadavků na minimální dávku UV záření, která v současnosti požaduje "ozařování ultrafialovým zářením o vlnové délce 250 - 270 nm a minimální dávce 400 J/m² v celém objemu vody s tím, že 85 % radičního výkonu musí být při vlnové délce 253,7 nm (monochromatické

nízkotlaké lampy), nebo o vlnové délce v rozmezí 200 - 400 nm a minimální dávce 400 J/m² (polychromatické středotlaké lampy)". Z toho také vycházel návrh instalovaného UV zářiče pro úpravu vody pro obci Soběnov.

Druhým důležitým faktorem je průtok vody UV zářičem. Je třeba tento stupeň dimenzovat na takový průtok, který zaručí i ve špičkách odběru vody dostatečnou dávku UV záření.

Dlouhodobý roční odběr vody ve vodovodu obce Soběnov je 15 000 m³/rok. To odpovídá dennímu odběru 41 m³/den, resp. 0,48 l/s. Z toho můžeme odvodit maximální hodinovou potřebu násobením koeficientem denní nerovnoměrnosti 1,8. Vychází pak maximální hodinová potřeba ve výši 3,1 m³/h, resp. 0,86 l/s. Tyto vypočtené hodnoty byly ještě porovnány s hydraulickými možnostmi distribuční sítě, která může převést v místě umístění UV výbojky za daných tlakových podmínek maximálně průtok odpovídající 7,2 m³/h, resp. 2 l/s.

Z podkladů ke zvolenému UV zařízení, které bylo navrženo pro Soběnov vyplývá, že by bylo možné použít i jen jednu výbojku s příkonem 75 W, avšak pro dosažení větší bezpečnosti a zajištění dostatečné dávky i v krátkodobých odběrových špičkách byly použity výbojky dvě, čili 2 x 75W příkonu. Ty zaručují, že zařízení bezpečně splňuje požadavky nové legislativy v této oblasti i při maximálním odběru vody.

Součinnost při plánování a realizaci rekonstrukce s KHS

Návrh použití UV desinfekce pro konkrétní vodovodní systém uvedené obce měl pochopitelně oporu také ve všech legislativních předpisech, které se k problematice zásobování pitnou vodou vztahují. Jak je uvedeno v publikaci [15], ze Zákona č. 258/2000 Sb. (§4) vyplývá, že každá individuální změna v technologii úpravy pitné vody (tedy i instalace UV zařízení) podléhá navíc schválení místního orgánu ochrany veřejného zdraví (OHS, resp. KHS). Ve stejném prameni se také uvádí, že stimulem pro používání UV záření by měl být v první řadě odborný i profesní zájem dodávat pitnou vodu co nejvyšší možné kvality. Dalším stimulem může být *"Akční plán zdraví a životního prostředí České republiky"*, schválený vládou, který předpokládá zavádění nových technologií úpravy pitné vody, jež by minimalizovaly riziko toxických vedlejších produktů dezinfekce. Konečně totéž požaduje též evropská směrnice 98/83/EC (o kvalitě vody určené pro lidskou spotřebu) v článku 7 této směrnice.

I když se často tradovalo svým způsobem dogma, že voda ve veřejném vodovodu musí být chlorována, nemělo to žádnou legislativní oporu. Ani Zákon č. 20/1966 Sb. (o péči o zdraví lidu), ani Vyhláška MZ č. 45/1966 Sb. (o vytváření a ochraně zdravých životních podmínek), ani ČSN 75 7111 (pitná voda) povinné chlorování nevyžadovaly! Voda musela „pouze“ vyhovovat stanoveným hygienickým požadavkům na kvalitu. Stejná byla situace také od 1. 1. 2001 po vydání nových předpisů. Zákon č. 258/2000 Sb. (o ochraně veřejného zdraví) a Vyhláška MZ č. 376/2000 Sb. (požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly) ani nová Vyhláška č. 252/2004 Sb. nenařizují povinné chlorové (chemické) zabezpečení pitné vody a nijak nebrání použití UV záření jako jediného způsobu dezinfekce. Rozhodující je kvalita vody u spotřebitele. Vyhláška MZ č. 37/2001 Sb. (o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody) uvádí UV záření mezi schválenými technologiemi úpravy pitné vody.

Důvody, které vedly KHS k podpoře předloženého návrhu na instalaci UV výbojky v tomto konkrétním případě je možno uvést v několika bodech:

1. Vodovod je řádně provozován odbornou firmou (VaK Jč, a.s.).
2. V souladu s právními předpisy, tj. zákony o vodách, o vodovodech a kanalizacích a o ochraně veřejného zdraví je prováděna kontrola surové, vyrobené a pitné vody, rozborů pitné vody jsou předávány KHS do informačního systému Pitná voda.
3. Vodovod má zdroj s dobrou a vyrovnanou kvalitou surové vody.

4. Je vyhlášeno, zřízeno a udržováno ochranné pásmo zdroje 1. a 2. stupně.
5. Od začátku roku 2003 do doby předložení návrhu, tedy do října r. 2005 nebyly v rozborech pitné vody provedených provozovatelem nebo v rámci státního zdravotního dozoru (celkem 2 úplné a 9 krácených rozborů) zaznamenávány kvalitativní závady s výjimkou nižšího pH a dvou mírných překročení limitů pro počty kolonií při 36 °C. Tato překročení lze s vysokou dávkou pravděpodobnosti považovat za následek stagnace vody v málo používané přípojce v době před odběrem vzorku – odběrové místo prodejna potravin. Opakovanými rozbory provedenými v souladu s § 9 Vyhlášky č. 252/2004 Sb. nebyly tyto závady potvrzeny.
6. Navržená výbojka splňuje požadavky vyhlášky o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody (vyhlášek č. 37/2001 Sb. a 409/2005 Sb.). Zajistí dostatečné dávky i v krátkodobých odběrových špičkách.

KHS měla tedy o vodovodu dostatek informací, na základě kterých mohla návrh odborně posoudit. Mohlo by se zdát, že tato skutečnost je zcela samozřejmá, a že je zde zmiňována zbytečně, nicméně KHS Jč kraje má mnohé zkušenosti, které svědčí o tom, že malé vodovody obcí často nemají zajištěno provozování v souladu se zákonem o vodovodech a kanalizacích, nejsou vyhlášena ani zřízena ochranná pásma zdrojů a je zanedbávána kontrola kvality surové, případně vyrobené vody. V případě takto problematického vodovodu/zdroje by pravděpodobně KHS Jč kraje s podporou návrhu na dezinfekci pitné vody jen samotným UV zářením váhala.

Instalace UV výbojky nepodléhá povinně schválení orgánem ochrany veřejného zdraví, neboť splňuje požadavky odst. 7 § 5 Zákona o ochraně veřejného zdraví a vyhlášek č. 37/2001 Sb. a 409/2005 Sb. Může být tedy instalována bez předchozího povolení orgánem ochrany veřejného zdraví. KHS Jč kraje nicméně byl výše uvedený záměr předložen majitelem vodovodu ke schválení a KHS Jč kraje hodnotí kladně, že s ním byl návrh a zejména rozsah a četnost ověření mikrobiologické nezávadnosti pitné vody projednán.

Jako příklad opačného postupu můžeme uvést, že v létě roku 2006 byla dezinfekce pitné vody UV zářením instalována na jiném vodovodu, zásobujícím cca 1 500 obyvatel, základní školu, mateřskou školkou a řadu provozoven, které zajišťují tzv. činnosti epidemiologicky závažné. Instalaci zajistila obec jako majitel vodovodu, a to dokonce zcela bez předchozího projednání s provozovatelem vodovodu. Zástupci provozovatele vodovodu i KHS Jč kraje sdílejí shodně určitou obavu, zda bude zajištěna trvale mikrobiologická nezávadnost pitné vody i ve všech koncových částech vodovodního řadu, který není ve všech částech ve zcela dobrém technickém stavu. Provozovatel vodovodu po zjištění, že UV výbojka je nainstalována, požádal KHS Jihočeského kraje o úpravu rozsahu a četnosti kontroly kvality pitné vody z důvodu změny technologie. Projednán byl nový režim kontroly kvality pitné vody (dle § 4 odst. 4 Zákona č. 258/2000 Sb.), který posílí kontrolu mikrobiologické nezávadnosti vody. Na 2 roky je snížena četnost provádění úplných rozborů a rozšířena kontrola mikrobiologických ukazatelů s tím, že pro mikrobiologické rozbory jsou místa kontroly v koncových částech řadu stanovena jako trvalá.

Pro zkušební provoz instalace UV výbojky v Soběnově byl k ověření účinnosti a plnění požadavků na zdravotní nezávadnost pitné vody stanovených Zákonem č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění a Vyhláškou č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění, projednány a stanoveny tyto podmínky:

- Pro provoz dezinfekce pitné vody UV zářením se stanoví zkušební provoz v délce trvání minimálně 3 měsíce od zahájení provozu.
- V průběhu zkušebního provozu budou provedeny 3 rozbory pitné vody v ukazatelích *Escherichia coli*, koliformní bakterie, enterokoky, počty kolonií při 22 °C a 36 °C, které doloží, že jsou plněny požadavky na mikrobiologickou nezávadnost pitné vody pro veřejné zásobování.

- Vyhodnocení zkušebního provozu bude po jeho ukončení předloženo k projednání na KHS Jč kraje.

Výsledky a dosavadní provoz UV desinfekce

Desinfekce vody jen UV zářením byla uvedena do zkušebního provozu 24. 10. 2005. Od této doby byla odstavena chlorace chlornanem sodným a hygienické zabezpečení vodovodu obce bylo UV zářením. První nachlorování celé sítě bylo provedeno až za více než rok, dne 6. 11. 2006. Výsledky sledování kvality pitné vody v obci jsou uvedeny v tabulce 2. V tabulce pro přehlednost neuvádíme výsledky stanovení klostridií a enterokoků, které byly u všech odebraných vzorků negativní. Je vidět, že kvalita pitné vody je i po mikrobiologické stránce naprosto vynikající.

Tabulka 2. Mikrobiologická kvalita pitné vody

Datum	Odběr a analýza	Typ desinfekce	Počty kolonií při 22°C KTJ/ml	Počty kolonií při 36°C KTJ/ml	Koliformní bakterie KTJ/100ml	<i>Escherichia coli</i> KTJ/100ml
28.5.2003	VaK Jč	NaClO	-	-	0	-
20.11.2003	VaK Jč	NaClO	-	-	0	0
3.8.2004	KHS	NaClO	3	12	0	0
6.10.2004	KHS	NaClO	25	0	0	0
5.5.2005	VaK Jč	NaClO	14	17	0	0
10.5.2005	KHS	NaClO	120	135	0	0
15.6.2005	VaK Jč	NaClO	7	4	0	0
12.9.2005	VaK Jč	NaClO	62	40	0	0
19.10.2005	KHS	(NaClO + UV)	5	0	0	0
2.11.2005	VaK Jč	UV	18	6	0	0
13.12.2005	VaK Jč	UV	10	3	0	0
15.5.2006	VaK Jč	UV	2	2	0	0
24.5.2006	KHS	UV	20	0	0	0
11.10.2006	KHS	UV	0	0	0	0

Ke dni 16. 6. 2006 byl na základě dosažených výsledků schválen pro vodovod Soběnov nový provozní řád, který zajišťuje, že dávkování chlornanu sodného zůstalo nainstalováno jako rezerva pro zajištění chlorace v případě potřeby (výpadek, oprava, nedostatečná účinnost UV lamp při zhoršené kvalitě vody apod.). KHS Jč kraje tedy souhlasila s uvedením zařízení do trvalého provozu. Pro trvalý provoz byly projednány a stanoveny tyto podmínky:

- Zařízení pro dezinfekci pitné vody UV zářením bude provozováno v souladu s pokyny výrobce.
- Údržba vodovodního řadu bude prováděna v souladu se schváleným provozním řádem s důrazem zejména na dodržování termínů pravidelného odkalování vodovodního řadu.
- V četnosti 2x za kalendářní rok bude provedena dezinfekce vodovodního řadu zvýšenou dávkou chlornanu sodného. O provádění této preventivní dezinfekce budou spotřebitelé předem informováni.
- Výše uvedené povinnosti budou zapracovány do dodatku provozního řádu, se kterým budou seznámeni pracovníci obsluhy.

K dosaženým výsledkům jistě také patří, že obyvatelé obce jsou s kvalitou pitné vody v obci velmi spokojeni. Za cenu 0,01 Kč/litr jim teče z kohoutku voda v kvalitě jinak prodávané jako balená voda za cenu zhruba 450 x vyšší.

Závěry

Zhodnocení prvního roku provozu UV desinfekce v obci Soběnov je po všech stránkách kladné.

1. provoz fungoval zcela bez mikrobiologických závad bez provedení chlorace celý rok, nebylo zaznamenáno ohrožení mikrobiologické nezávadnosti pitné vody
2. nezměnila se kvalita pitné vody ve fyzikálně – chemických ukazatelích
3. do pitné vody se nevňášejí cizorodé chemické látky a je odstraněno riziko vzniku vedlejších produktů chlorace
4. spotřebitelé jsou spokojeni, zlepšily se chuťové a pachové vlastnosti pitné vody
5. KHS kromě výše uvedeného kladně hodnotí i tyto skutečnosti:
 - je odstraněno riziko stížností obyvatel na chuťové a pachové závady související s chlorací pitné vody, které jsou dle zkušeností KHS Jč kraje relativně časté
 - v neposlední řadě získala KHS zkušenosti se zaváděním dezinfekce pitné vody UV zářením do provozu; Soběnov je v Jižních Čechách první případ, kdy byl tento způsob dezinfekce instalován pro vodovod pro veřejnou potřebu.

Takto navržený způsob zajištění mikrobiologické a biologické nezávadnosti pitné vody beze zbytku odpovídá požadavkům § 14 Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody, který říká, že „technologický postup úpravy vody musí odpovídat jakosti vody a nesmí být příčinou vnesení cizorodých, zdraví škodlivých látek do pitné vody. Musí co nejvíce respektovat přírodní složení vody a zachovávat biologickou hodnotu pitné vody“.

Literatura

- [1] van der Kooij D., Schellart J., Heimstra P.: Distributing water without disinfectant: highest achievement or height of folly? *Water Supply*, 16, No. 3-4, 40 – 59 (1998).
- [2] Grohmann A., Petersohn D.: *Safe Water Supply Without Disinfection in a Large City - Case Study*: Berlin. Schriftenreihe 108, 60 – 64. Eigenverlag Verein WaBoLu, Berlin 2000.
- [3] Dolejš P.: Zásobování obce Soběnov pitnou vodou - Technologický popis rekonstrukce úpravy vody. W&ET Team, Č. Budějovice 2005.
- [4] Clancy J.L., Hargy T.M., Marshall M.M., Dyksen J.E.: Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water using ultraviolet light. *J.AWWA*, 90 (9): 92-102, 1998.
- [5] Bukhari Z., Hargy T.M., Bolton J.R., Dussert B., Clancy J.L.: *Cryptosporidium parvum*: oocyst excretion and viability patterns in experimentally infected lambs. *Epidemiol. Infect.*, 119: 105-108, 1999.
- [6] Clancy J.L., Bukhari Z., Hargy T.M., Bolton J.R., Dussert B., Marshall M.M.: Using UV to inactivate *Cryptosporidium*. *J.AWWA*, 92 (9): 97-104, 2000.
- [7] Craik S.A., Weldon D., Finch G.R., Bolton J.R., Belosevic M.: Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts using medium- and low-pressure ultraviolet radiation. *Water Res.*, 35: 1387-1398, 2001.
- [8] Hijnen W.A.M., Beerendonk E.F., Medema G.J.: Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Res.*, 40: 3-22, 2006.
- [9] Malley J.P. a kol.: *Full-Scale Implementation of UV Disinfection in groundwater Treatment Systems*. AWWARF, Denver 2001.
- [10] Snicer G. A. a kol.: *UV Inactivation of Viruses in Natural Waters*. AWWARF, Denver 2000.
- [11] Flandy J. L.: a kol.: *Susceptibility of Multiple Strains of C. parvum to UV light*. AWWARF, Denver 2002.
- [12] Janeba Z., Kopecký J.: Pokroky technologie úpravy pitných vod – dezinfekce pitné vody UV zářením v úpravně vody Mokošín. Sborník 18. semináře Aktuální otázky vodárenské biologie, s. 86-91. VŠCHT Praha, Praha 2002.
- [13] Detvan M., Onderková V.: Skúsenosti s prevádzkou UV desinfekcie počas úpravy vody v Málinci. Sborník 18. semináře Aktuální otázky vodárenské biologie, s. 92-93. VŠCHT Praha, Praha 2002.
- [14] Dolejš P.: Koncepce snížení koncentrace THM kombinací dezinfekce upravené vody UV zářením a chloraminací. Sborník konference „Pitná voda 2006“, s. 73-78. W&ET Team, Č.Budějovice 2006.
- [15] Šašek J., Kopecký J., Kožíšek F.: *Problematika dezinfekce vody UV zářením*. Státní zdravotní ústav, Praha 2001.