

CHLÓROVANIE: ÁNO ČI NIE? SKÚSENOSTI SO SKÚŠOBNOU PREVÁDZKOU VEREJNÉHO VODOVODU V GABČÍKOVE

**RNDr. Viera Nagyová, PhD.¹⁾, RNDr. Iveta Drastichová¹⁾,
RNDr. Zuzana Valovičová¹⁾, Mgr. Eva Kaňková¹⁾, Ing. Tibor Miškovič²⁾,
Ing. Eva Miškovičová²⁾**

¹⁾ Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská cesta 52, 826 45 Bratislava
viera.nagyova@uvzsr.sk, iveta.drastichova@uvzsr.sk,
zuzana.valovicova@uvzsr.sk, eva.kankova@uvzsr.sk

²⁾ Západoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s., Nábřežie za hydrocentrálou 4,
949 60 Nitra, tiber.miskovic@zsvs.sk, eva.miskovicova@zsvs.sk

Úvod

Dezinfekcia chlóróm a jeho zlúčeninami je v Slovenskej republike najčastejšie používaným spôsobom zdravotného zabezpečovania kvality pitnej vody. Podľa § 17 ods. 7 zákona č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení zákona v znení neskorších predpisov je možné dezinfekciu vynechať [1]. Podmienky vynechania dezinfekcie definuje nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu v znení nariadenia vlády SR č. 496/2010 Z. z. (ďalej len "nariadenie vlády č. 354/2006 Z. z.") [2], a to v prípadoch, ak voda vo vodárenskom zdroji dlhodobó spĺňa limity ukazovateľov kvality a nehrozí jej kontaminácia v zdroji a v rozvodnej sieti. V súčasnosti platná legislatíva vychádza zo Smernice Rady č. 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu, ktorá pojednáva o potrebe zabezpečenia nezávadnosti a čistoty pitnej vody, ale problematiku dezinfekcie pitnej vody vrátane povinnosti ju dezinfikovať, bližšie neupravuje [3].

Pitná voda nesmie obsahovať choroboplodné organizmy a zárodky, ktoré by mohli vyvolať ochorenia ľudí. V procese zamedzenia šírenia chorôb súvisiacich s pitnou vodou zohráva významnú úlohu dezinfekcia na báze chlóru (plynný chlór, chlórnan sodný a oxid chloričitý). Pridanie chlóru či podobného oxidantu do vody spôsobuje celý rad reakcií, z ktorých ale nie všetky sú žiadúce, napr. vznik toxických vedľajších produktov, pachové a chuťové zmeny, premena prírodných organických látok na látky jednoduchšie, ktorými sa znižuje biologická stabilita vody a podporuje sa sekundárne pomnožovanie baktérií v distribučnej sieti, a tiež aj inaktivácia indikátorových, ale nie patogénnych mikroorganizmov, poskytujúca falošne negatívny obraz o nezávadnosti vody [4]. Legislatíva Slovenskej republiky považuje za zdravotne bezpečnú pitnú vodu, vyhovujúcu nielen po mikrobiologickej a biologickej stránke, ale aj z hľadiska výskytu akýchkoľvek látok, ktoré by mohli v určitých množstvách alebo koncentráciách predstavovať riziko ohrozenia zdravia ľudí akútnym, chronickým alebo neskorým pôsobením. Nariadenie vlády č. 354/2006 Z. z. stanovuje rozsah a limity pre použité dezinfekčné prostriedky a ich vedľajšie produkty. Ak sa voda dezinfikuje chlóróm, je pre voľný chlór stanovená medzná hodnota 0,3 mg/l u spotrebiteľa; v distribučnej sieti musí byť minimálna hodnota 0,05 mg/l. Z vedľajších produktov dezinfekcie sú limity stanovené pre bromdichlór-metán, 2,4-dichlór-fenol, chlórdioxid, chloritany, chloroform, ozón, 2,4,6-trichlór-fenol a trihalometány spolu, aj keď doteraz bolo identifikovaných

už viac ako 600 vedľajších produktov dezinfekcie [5]. O niektorých týchto látkach je známe, že sú pri určitej koncentrácii a chronickej expozícii pre človeka nebezpečné. Existujú štúdie a laboratórne dôkazy o ich toxicite, karcinogenite a nepriaznivom vplyve na reprodukciu [6].

Problematika pitnej vody a jej zdravotnej bezpečnosti je súčasťou mnohých aktivít orgánov verejného zdravotníctva. V roku 2011 Úrad verejného zdravotníctva (ďalej len "ÚVZ SR") v rámci Programov a projektov úradov verejného zdravotníctva v Slovenskej republike spracoval prehľad používaných spôsobov úprav vody vo verejných vodovodoch [7, 8]. V tom istom roku začala spolupráca so Západoslovenskou vodárenskou spoločnosťou, a. s. Nitra (ďalej "ZsVS, a. s.") pri realizácii projektu "Kvalita pitnej vody a vedľajšie produkty dezinfekcie" vo verejnom vodovode v obci Gabčíkovo, ktorý prevádzkuje odštepny závod Dunajská Streda. Hlavným cieľom projektu je zvýšenie zdravotnej bezpečnosti pitnej vody a ochrana verejného zdravia pred nežiaducimi účinkami vedľajších produktov dezinfekcie. V rámci projektu sa na vytipovaných odberových miestach vykonávalo monitorovanie kvality vody chemickými, mikrobiologickými a biologickými ukazovateľmi. Sledoval sa vplyv chlórovania na kvalitu vody pomocou ekotoxikologických skúšok ako skríningového nástroja na detekciu možnej prítomnosti vedľajších produktov dezinfekcie. Výstupom projektu bola realizácia skúšobnej prevádzky verejného vodovodu s obmedzením, resp. vynechaním používania chemickej dezinfekcie na báze chlóru.

Verejný vodovod Gabčíkovo

Obec Gabčíkovo leží na juhu Slovenska na Žitnom ostrove, ktorý je súčasťou Podunajskej nížiny. Žitný ostrov ohraničuje z juhu koryto Dunaja, zo severu jeho rameno Malý Dunaj a na východe Váh. Zjednodušená geologická štruktúra je nasledovná: pod pokryvnou ornitou, piesčitými hlinami, pieskami a zahlinenými štrkami o hrúbke niekoľkých metrov sa nachádza komplex štrkopiesčitých sedimentov. Pre oblasť je počas kvartéru charakteristický neustály pokles územia. Najviac poklesnutá je gabčíkowska depresia, charakterizovaná riečnou sedimentáciou Dunaja. [9]. Celý Žitný ostrov je obrovskou zásobárňou podzemných vôd nevynímajúc Gabčíkovo, a jednou z najúrodnejších poľnohospodárskych oblastí Slovenska. Základné parametre zdroja a verejného vodovodu v Gabčíkove sú uvedené v tabuľke 1 [10,11].

Tabuľka 1. Parametre vodného zdroja a verejného vodovodu Gabčíkovo

Počet zásobov. obyvateľov	5038 obyvateľov
Objem dodávanej vody	176000 m ³ .rok ⁻¹ , 482 m ³ .deň ⁻¹ , 96 l.obyvateľa ⁻¹ .deň ⁻¹
Typ podzemného zdroja	Studňa HG-2, hĺbka 85 m, perforácia 50-80 m
Odporúčaná výdatnosť	50 l.s ⁻¹
Rok zahájenia prevádzky	1977
Technický stav	Dobrý
Použité materiály rozvodov	Liatina, PE, PVC
Poruchovosť	Ročne 10 lokálnych porúch, opravené opravnými pásmi
Rekonštrukcie rozvodov	Zatiaľ neboli realizované
Akumulácia	2x1000 m ³
Dĺžka distribučnej siete	19,286 km
Dezinfekcia	Plynný chlór

Obecný vodovod zásobuje pitnou vodou 100 % obyvateľov Gabčíkova. Vodárenský areál je oplotený. Ochranné pásma vodárenského zdroja boli prehodnotené

vodoprávnym rozhodnutím v r. 1986 [12]. Na základe tvrdosti môžeme klasifikovať vodu ako stredne tvrdú.

Metodika a výsledky

Vodný zdroj HG-2 predstavuje svojím zložením veľmi kvalitnú podzemnú vodu, ktorá vďaka svojmu zloženiu je vhodná na využívanie na vodárenské účely. Výsledky laboratórnych analýz vzoriek vody zo studne a vodovodnej siete dokazujú, že voda má dlhodobu vyhovujúcu kvalitu [13]. Preto bol vodný zdroj a príslušný verejný vodovod v rámci projektu "Kvalita pitnej vody a vedľajšie produkty dezinfekcie" so súhlasom Regionálneho úradu verejného zdravotníctva v Dunajskej Strede (ďalej len "RÚVZ Dunajská Streda") uvedený do skúšobnej prevádzky s obmedzeným režimom dezinfekcie na báze chlóru v dĺžke trvania 1 rok [12]. Na realizácii projektu spolupracovali ZsVS, a. s., ÚVZ SR a RÚVZ Dunajská Streda. Odbery vzoriek a stanovenie všetkých vybraných ukazovateľov sa vykonávali podľa štandardných pracovných postupov, ktoré sú v súlade s platnými STN v podmienkach predpísaných STN ISO/IEC 17025: 2005 [14]. Pred realizáciou skúšobnej prevádzky (2011 – 2012) boli vykonané 2 odbery vzoriek vôd, v ktorých boli stanovené vybrané chemické ukazovatele, vrátane ukazovateľov súvisiacich s dezinfekciou a vznikom vedľajších produktov, biologické a mikrobiologické ukazovatele a akútna ekotoxicita. Skúšobná prevádzka bola rozdelená do troch etáp:

- I. Etapa: koncentrácia voľného chlóru na výstupe z akumulácie nastavená na 0,2 mg/l, 16.2.2013 – 3.4.2013
- II. Etapa: koncentrácia voľného chlóru na výstupe z akumulácie nastavená na 0,1 mg/l, 3.4.2013 – 10.7.2013
- III. Etapa: bez dezinfekcie, 10.7.2013 – 28.2.2014.

V rámci skúšobnej prevádzky bolo pre ZsVS, a. s. a ÚVZ SR zrealizovaných 14 odberov vzoriek vody. Vzorky boli odobraté zo zdroja pitnej vody, z akumuláčnej nádrže po dezinfekcii chlórnom a od dvoch spotrebiteľov pitnej vody. ZsVS, a. s. a ÚVZ SR vykonávali mikrobiologické a biologické ukazovatele v súlade s nariadením vlády č. 354/2006 Z. z. Údaje z monitorovania mikrobiologických a biologických ukazovateľov kvality podzemnej vody z vodného zdroja a vody z verejného vodovodu v Gabčíkove počas chlórovania a skúšobnej prevádzky s obmedzením a následným vynechaním chlóru v období rokov 2007 - 2014, sú spracované z podkladov ZsVS, a. s. a prezentované v tabuľke 2. Z prehľadu vyplýva, že ani v jednom prípade neboli prekročené medzné hodnoty, resp. najvyššie medzné hodnoty sledovaných ukazovateľov. Ostatne sledované chemické ukazovatele spĺňali limity nariadenia vlády č. 354/2006 Z. z. a ich hodnoty počas skúšobnej prevádzky nevykazovali štatisticky významné odchýlky od v minulosti nameraných hodnôt.

Stanovenie ukazovateľa akútna ekotoxicita sa vykonávalo štandardizovanými metódami. Použité boli tri skúšobné organizmy: riasa *Desmodesmus subspicatus* (DS) – producent biomasy, kôrovec *Thamnocephalus platyurus* (TP) – konzument biomasy a baktéria *Vibrio fischeri* (VF) – deštruent biomasy. Z dôvodu zamedzenia toxického pôsobenia na skúšobné organizmy bol chlór pred analýzami z vôd odstránený. Ekotoxikologické skúšky sa vykonávali ako limitné, tzn. hodnotila sa jedna, najvyššia možná koncentrácia a výsledok bol vyjadrený ako percento inhibície/stimulácie rastu rias, bioluminiscencie baktérií, resp. mortality kôrovcov. Hodnoty dosiahnuté vo vzorkách boli porovnávané s výsledkami zistenými v kontrole. Akútna ekotoxicita bola hodnotená podľa predpisov určených pre povrchové a odpadové vody [15, 16]. Výsledky z monitorovania vedľajších produktov dezinfekcie v pitných vodách boli považované za pozitívne vtedy, ak percento inhibície, príp. mortality skúšobných organizmov bolo väčšie ako 30 % v porovnaní s kontrolou.

Tabuľka 2. Výsledky mikrobiologických a biologických ukazovateľov kvality podzemnej vody z vodného zdroja a vôd z VV Gabčíkovo. Monitorovanie počas chlórovania a v skúšobnej prevádzke s vynechaním chlóru (výsledky ZsVS, a. s.)

Ukazovateľ	Vodný zdroj HG-2	VV s chlór	VV bez chlóru	Limit	Jednotka
	2007-2014	2007-2013	2013-2014		
Voľný chlór	-	0,1 - 0,2	-	0,05	mg/l
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	0	KTJ/100ml
Koliformné baktérie	0	0	0	0	KTJ/100ml
Enterokoky	0	0	0	0	KTJ/100ml
KM22	0 - 107	0 - 58	0 - 64	200	KTJ/ml
KM37	0 - 6	0 - 50	0 - 32	50	KTJ/ml
Bezfarebné bičikovce	0	0	0	10	jed./ml
Živé organizmy	0	0	0	0	jed./ml
Vláknité baktérie	0	0	0	0	jed./ml
Mikromycéty	0	0	0	0	jed./ml
Mŕtve organizmy	0	0	0	30	jed./ml
Fe a Mn baktérie	0 - 1	0 - 1	0 - 1	10	%
Abiosestón	0 - 1	0 - 1	0 - 1	10	%

Vysvetlivky: VV - verejný vodovod, KM22-kultivovateľné mikroorganizmy pri 22 °C, KM37-kultivovateľné mikroorganizmy pri 37 °C

Reakcia skúšobných organizmov na prítomnosť toxických látok nemusí byť vždy jednotná, pretože môže byť ovplyvnená mnohými faktormi. Z tohto dôvodu sa pri vyhodnocovaní výsledkov berie vždy do úvahy výsledok pre najcitlivejší skúšobný organizmus. Prehľad výsledkov ekotoxikologických skúšok v zdroji, akumuláčnej nádrži a vo verejnom vodovode v Gabčíkove s postupným obmedzením dezinfekcie chlórovaním je uvedený na obrázku 1. Výsledky z 8.7.2013 boli ovplyvnené dezinfekciou vodovodnej siete chlór (koncentrácia 0,3 mg/l) v období od 13.6.2013 do 9.7.2013 z dôvodu eliminácie rizika z povodní. Skúšobná prevádzka bez úplnej dezinfekcie bola realizovaná od 10.7.2013.

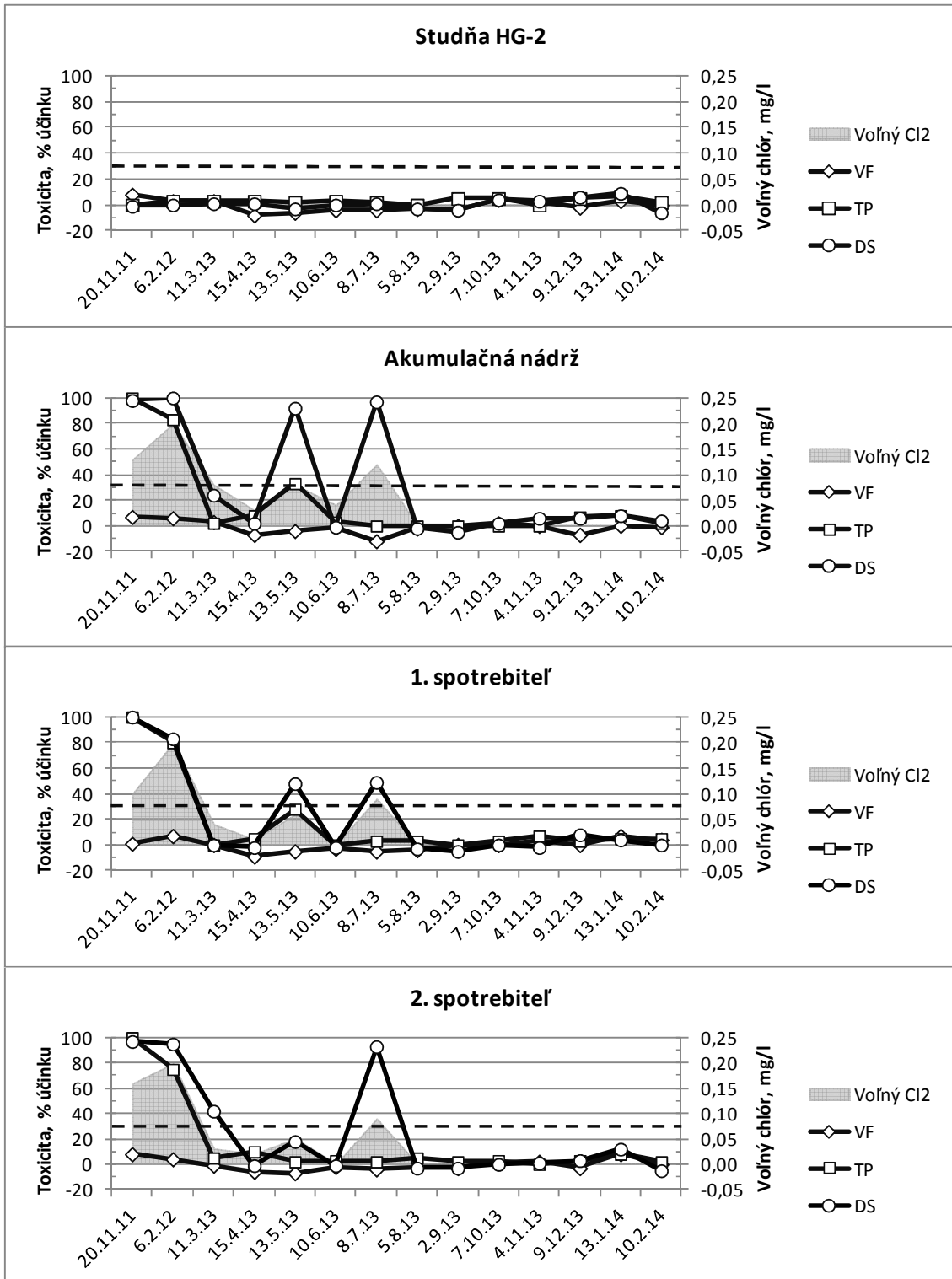
Diskusia a záver

Počas realizácie skúšobnej prevádzky v rokoch 2013 - 2014 mala voda z vodovodného systému v Gabčíkove z hľadiska chemického, mikrobiologického a biologického vyhovujúcu kvalitu. V tomto období neboli zaznamenané žiadne infekčné ochorenia, ktoré by súviseli s pitnou vodou. Rozdiely v kvalite vody boli zaznamenané vo výsledkoch stanovenia ukazovateľa akútna ekotoxicita.

Počas monitorovania kvality vody ekotoxikologickými skúškami nemali vzorky zo studne HG-2 žiadny účinok na použité skúšobné organizmy a výsledky stanovení akútnej ekotoxicity vody boli negatívne. Po dezinfekcii vody chlór boli zaznamenané nasledovné zmeny v kvalite:

- v režime s chlórovaním zo 7 odberov vody z akumuláčnej nádrže a od spotrebiteľov vykazovali vzorky vôd pozitívny účinok na *Desmodesmus subspicatus*, resp. na *Thamnocephalus platyurus* v 4 prípadoch (koncentrácia voľného chlóru bola 0,06 - 0,2 mg/l);
- pri zvyšných 3 odberoch vody upravovanej chlór nemala pitná voda účinok na skúšobné organizmy (koncentrácia voľného chlóru bola 0 - 0,05 mg/l);

- v období od 10.7.2013 do 28.2.2014 po úplnom zastavení chlórovania odobraté vzorky pitnej vody z akumuláčnej nádrže a vodovodnej siete nevykazovali vplyv ani na jeden z použitých skúšobných organizmov (obrázok 1.);
- vo vzorkách vody zo zdroja, akumuláčnej nádrže a pitnej vody z verejného vodovodu bez dezinfekcie chlóróm boli stanovené hodnoty akútnej ekotoxikity maximálne do 12%, t. j. vody nevykazovali účinok na skúšobné organizmy.



Obr. 1. Výsledky ekotoxikologických skúšok v zdroji, akumulácii a vo verejnom vodovode v Gabčíkove s postupným obmedzením chlórovania

Skúšobná prevádzka bez dezinfekcie bola realizovaná od 10.7.2013. Za pozitívny výsledok sa považuje viac ako 30 % účinok aspoň na jeden skúšobný organizmus.

Na základe týchto výsledkov je možné poukázať na priamu súvislosť medzi obsahom voľného chlóru, resp. vznikom vedľajších produktov dezinfekcie a ich vplyvom na skúšobné organizmy.

Výsledky ekotoxikologických skúšok naznačujú, že použitie týchto metód sa môže stať vhodným nástrojom na zisťovanie prítomnosti potenciálne nebezpečných chemických látok nachádzajúcich sa v pitnej vode. Na záver možno konštatovať, že skúšobná prevádzka verejného vodovodu v Gabčíkove s obmedzením, resp. vynechaním dezinfekcie chlórovaním potvrdila reálnu možnosť distribuovať kvalitnú pitnú vodu aj bez použitia chemickej dezinfekcie.

Literatúra

- [1] Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. Zbierka zákonov Slovenskej republiky.
- [2] Nariadenie vlády SR č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 496/2010 Z. z., Zbierka zákonov Slovenskej republiky.
- [3] Smernica Rady EÚ č. 98/83/ES o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu, Úradný vestník Európskych spoločenstiev, 1998.
- [4] Kožíšek, F. Proč voda s chlorem, proč voda bez chloru? Sborník konferencie *Pitná voda 2010*, s. 35-40, W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8.
- [5] Hrudey, S. E. Chlorination Disinfection By-Products (DBPs) in Drinking Water and Public Health in Canada, National Collaborating Centre on Environmental Health, 2008, 167s.
- [6] Kosorínová, E. Chlór v pitnej vode. Zborník odborných prác z konferencie *Modernizácia a optimalizácia úpravni vôd, ktorá sa konala v Starej Lesnej 2.-3. marca 2011*. Ed. J. Buchlovičová. ISBN 978-80-969974-4-2.
- [7] Programy a projekty úradov verejného zdravotníctva v SR
http://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=section&id=4&Itemid=27
- [8] Valovičová, Z. Dezinfekcia verejných vodovodov na Slovensku. In Zborník odborných prác z konferencie *Optimalizácia a modernizácia zásobovania pitnou vodou*, Bratislava: REALEX L-M, 2012, pp. 63-69.
- [9] Kocinger, D. Vodné dielo Gabčíkovo a prírodné prostredie. Súhrne spracovanie výsledkov slovenského a maďarského monitoringu v oblasti vplyvu VD Gabčíkovo. Bratislava, 2004.
- [10] Lipovský, V. Vodný zdroj Gabčíkovo - prehodenie ochranných pásiem zdroja, Bratislava, 1984.
- [11] ZsVS, a.s. Nitra. Pasportné údaje o verejnom vodovode Gabčíkovo.
- [12] Rozhodnutie RÚVZ so sídlom v Dunajskej Strede č. RH/2013/00044/002-BF z 30.1.2013 o skúšobnej prevádzke miestneho vodovodu Gabčíkovo za účelom overenia kvality pitnej vody s obmedzeným režimom dezinfekcie na báze chlóru, 2013.
- [13] ZsVS, a. s. Nitra. Databáza výsledkov laboratórnych skúšok.
- [14] STN ISO/IEC 17025:2005 Všeobecné požiadavky na kompetentnosť skúšobných a kalibračných laboratórií.
- [15] Nariadenie vlády SR č. 269/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 398/2012 Z. z. Zbierka zákonov Slovenskej republiky.
- [16] Vyhláška MZ SR č. 309/2013 Z. z. o požiadavkách na vodu určenú na kúpanie v znení nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 397/2013 Z. z. Zbierka zákonov Slovenskej republiky.