

Ljubljana, 24. junij 2009

Trihalometani v bazenski kopalni vodi

Bazenska voda je v času obratovanja kopališča obremenjena predvsem z organskimi (odmrli mikroorganizmi, zemlja, odpadlo listje, ostala nesnaga) in dušikovimi spojinami (koža kopalcev, izločki kopalcev...). Zaradi možnosti stalnega onesnaževanja vode z mikroorganizmi, ki so lahko škodljivi za zdravje kopalcev, mora v bazenskih vodah neprekinjeno potekati dezinfekcija. Le-to izvajamo s kontinuiranim dodajanjem dezinfekcijskega sredstva, najpogosteje na bazi klora. Klor v vodi reagira z reducenti, amoniakom in organskimi snovmi, pri čemer lahko nastanejo stranski produkti.

Stranski produkti reakcij klora z organskimi snovmi v vodi so lahko **trihalometani (THM)**. Trihalometani so halogen substituirane monoogljikove spojine, s splošno formulo CHX_3 , kjer je X = fluor, klor, jod, brom ali kombinacija le-teh. Z vidika onesnaženja vode so zlasti pomembni: tribromometan $CHBr_3$, dibromoklorometan $CHBr_2Cl$, bromodiklorometan $CHBrCl_2$ in triklorometan $CHCl_3$. Slednjega v vodi tudi najpogosteje najdemo.

Koncentracija posameznega THM v vodi je odvisna od koncentracije organskih snovi, temperature, pH, koncentracije klorove (I) kisline ali bromida v vodi.

Obiskovalci bazenskih kopališč so THM v bazenih izpostavljeni preko vdihanega zraka, absorbirajo se skozi kožo ali jih nehote užijejo z vodo; iz telesa se izločijo šele po več kot 24 urah (Copaken v Jolley, 1987). Pri izpostavljenosti šestletnika THM v kopalni vodi za 3 ure, se približno 60 % kloroforma absorbira skozi kožo, 30 % preko vdihavanja in 10 % preko uživanja.

THM so lahkohlapni in težji od zraka, zato so koncentracije THM najvišje ravno tam, kjer se zadržujejo plavalci (tik nad vodno gladino), drugi uporabniki bazenov in zaposleni, zato je izpostavljenost THM preko vdihanega zraka zelo pomembna (Erdinger, Kuhn, Kirsch, Feldhues, Frobel, Nohynek, Gabrio, 2004). Količina vdihanih THM je odvisna od koncentracije THM v zraku, od telesne aktivnosti plavalca in njegove fiziologije ter časa izpostavljenosti. Poleg tega je pomembno, ali je bazen na prostem ali dvoranski, saj so koncentracije THM v zraku močno odvisne od prezračevanja (gibanje in nadomeščanje zraka) in višine stropa nad bazenom (WHO, 2006).

Nekateri raziskovalci trdijo, da je glavni vnos THM v telo preko kože, saj je v vodi THM izpostavljena celotna površina, višja temperatura vode pa vzpodbudi krvni obtok, razširi kapilare v koži, ki tako postanejo bolj prepustne za prehajanje THM v kri (Gordon, Wallace, Callahan, Kenny in Brinkman, 1998). Pri dolgoročni izpostavljenosti v vodi je absorpcija skozi kožo 10 do 20 % manjša, kot pri kratkoročni izpostavljenosti, vendar to ne velja za aktivne plavalce, saj je pri njih absorpcija višja zaradi povečane površinske kapilarne cirkulacije (Gale, 2005).

Pomembna je tudi količina nenamerno zaužite vode in z njo nevarnih THM, seveda pa je to odvisno od starosti plavalcev, izkušenosti in vrste aktivnosti v bazenu (Zwiener, Richardson,



IVZ RS

De Marini, Grummt, Glauner, 2007). Uživanje je najmanj pomembna pot izpostavljenosti za vse skupine, razen za otroke, ki nenamerno užijejo večje količine kopalne vode.

THM pri kratkoročni izpostavljenosti škodljivo delujejo predvsem na centralni živčni sistem, ledvice in jetra ter so lahko vzrok za nastanek astme (Glauner, Waldmann, Frimmel, Zwiener, 2005; Chaidou v Lin, Chiang in Chang, 2007; Zwiener, Richardson, De Marini, Grummt, Glauner, 2007). Mednarodna agencija za raziskave raka uvršča kloroform in bromodiklorometan v 2B skupino, kar pomeni, da sta snovi morda rakotvorni za človeka (IARC, 1987).

V Sloveniji velja v Pravilniku o minimalnih higienskih in drugih zahtevah za kopalne vode določena mejna vrednost za THM v bazenski kopalni vodi 0,050 mg/l. Ta mejna vrednost je bila določena septembra leta 2006 in bo na tej ravni ostala do konca leta 2010, ko se bo znižala na 0,020 mg/l. V tem prehodnem obdobju morajo upravljavci bazenskih kopališč sprejeti vse potrebne ukrepe za čim večje znižanje koncentracije THM v bazenski vodi.

Pri določanju tveganja za zdravje lahko upoštevamo TDI (Tolerance Daily Intake – sprejemljivi dnevni odmerek) za kloroform za pitno vodo, ki znaša 13 µg/kg telesne teže. Predpostavlja se, da 50 % TDI za pitno vodo oz. približno 5 µg/kg telesne teže, lahko dobimo pri izpostavljenosti v bazenskih kopališčih (WHO v Gale, 2005).

Kako lahko upravljavci znižajo koncentracije THM v bazenski kopalni vodi? Za tehnološko obvladovanje THM v vodi je primerno aktivno oglje, ki adsorbira organske snovi. Učinkovita je tudi membranska filtracija, predvsem nanofiltracija (Glauner, Waldmann, Frimmel, Zwiener, 2005; Lin, Chiang in Chang, 2007). Strokovnjaki priporočajo kombinacijo UV-dezinfekcije in klora, saj je nastajanje stranskih produktov pri UV-dezinfekciji možno, a je zaenkrat ocenjeno kot nepomembno (IVZ, 2006). Tudi pri uporabi klorovega dioksida kot dezinfekcijskega sredstva je možnost nastanka THM bistveno manjša, tveganje pa predstavlja nastanek klorita v vodi. Slaba lastnost klorovega dioksida je tudi visoka cena in kemijska nestabilnost (IVZ, 2008).

Reakcije nastanka THM v splošnem potekajo hitreje pri višji temperaturi vode, kar je pomembno predvsem pri dvoranskih kopališčih, kjer je temperatura vode običajno višja kot na zunanjih kopališčih. Koncentracija THM v vodi in v zraku je zato pri zaprtih kopališčih lahko višja, (Chu in Nieuwenhuijsen, 2002).

V Sloveniji redno potekajo preskušanja bazenskih kopalnih voda na različne parametre, vključno s THM. Iz podatkov v poročilih lahko zadnja leta opazimo visoko kemijsko neskladnih vzorcev, predvsem neskladnost z mejnimi vrednostmi THM v bazenski kopalni vodi. V letu 2005 in 2006 je bilo približno 50 % neskladnih vzorcev zaradi preseženih vrednosti THM v bazenski kopalni vodi, izstopali so bazeni z morsko polnilno vodo, kjer je bilo 80 % oz. 77 % neskladnih vzorcev, povprečne vrednosti pa so bile okoli 0,04 mg/l. Po spremembi zakonodaje, pa se je v letu 2007 in 2008 število neskladnih vzorcev zaradi THM znižalo na 18 % oz. 15 %, spet so izstopali bazeni z morsko vodo (približno tretjina neskladnih vzorcev). Povprečne vrednosti THM so bile višje kot 0,03 mg/l, kar kaže na to, da se koncentracije THM niso dovolj znižale. V letu 2010, ko bo mejna vrednost znižana na

0,020 mg/l, bodo koncentracije THM v večini še vedno presegale zakonsko določeno mejno vrednost (IVZ, 2009).

V svetu je bilo izvedenih veliko raziskav na področju ugotavljanja nevarnih vplivov THM v kopališčih na zdravje ljudi. Strokovnjaki s tega področja so si enotni, da so povprečne koncentracije THM v bazenski kopalni vodi še vedno previsoke, saj THM škodljivo vplivajo na zdravje, izpostavljeni pa so jim tako kopalci kot tudi zaposleni na kopališču (reševalci iz vode, vzdrževalci, receptorji). Na zdravje pa ne vplivajo THM v vodi, pač pa tudi v zraku, predvsem v dvoranskih kopališčih, kjer je slabo zračenje. Zakonodaja na tem področju še ni urejena, raziskave pa kažejo, da gre za pomemben problem, ki kaže na povečano tveganje za zdravje obiskovalcev kopališč in zaposlenih na kopališčih.

Literatura:

- Copaken J. Trihalomethanes: Is Swimming Pool Water Hazardous?. In: Jolley RL, editor. Water Chlorination: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Ann Arbor, MI, Ann Arbor Science, 1987: 101-104.
- Erdinger L, Kuhn KP, Kirsch F, Feldhues R, Frobel T, Nohynek B, Gabrio T. Pathways of Trihalomethane uptake in Swimming Pools. International journal of hygiene and environmental health 2004; 207(6): 571-575.
- World Health Organization. Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Volume 2-Swimming Pools and Similar Environments. Copenhagen: World Health Organization, 2006.
- Gordon S, Wallace LA, Callahan PJ, Kenny DV, Brinkman MC. Effect of Water Temperature on Dermal Exposure to Chloroform. Environmental Health Perspectives 1998; 106: 337-345.
- Gale, I. Prisotnost nekaterih kemičnih snovi v kopalni vodi. Ljubljana: Zavod za tehnično izobraževanje, 2005.
- Zwiener C, Richardson SD, De Marini DM, Grummt T, Glauner T. Drowning in Disinfection Byproducts? Assessing Swimming Pool Water – Critical Review. Environmental Science & Technology 2007; 41 (2): 363-72.
- Glauner T, Waldmann P, Frimmel FH, Zwiener C. Swimming Pool Water – Fractionation and Genotoxicological Characterization of Organic Constituents. Water research 2005; 39: 4494-4502.
- Lin YL, Chiang PC, Chang EE. Removal of Small Trihalomethane precursors from Aqueous Solution by Nanofiltration. Journal of Hazardous materials 2007; 146:20-29.
- IARC. Chloroform. Overall Evaluations of Carcinogenicity to Humans: IARC Monograph Volume 152 Supplement 7. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 1987.
- IVZ. Strokovno mnenje o možnosti uporabe UV svetlobe za dezinfekcijo pitne vode. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije, 2006.
- IVZ. Pogosta vprašanja o pitni vodi. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije, 2008
- Chu H, Nieuwenhuijsen MJ. Distribution and Determinants of Trihalomethane Concentrations in Indoor Swimming pools. Occupational and Environmental Medicine 2002; 59: 243-247.
- IVZ. Kakovost bazenskih kopalnih voda v Sloveniji v letu 2008. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije, 2009.



– R. Bregar, Pomen dezinfekcije in dezinfekcijska sredstva , ZTI, 2009

Pripravila:
Katarina Bitenc