

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Žilavec, K., 2014. Tehnologije priprave bazenske kopalne vode in ukrepi za zmanjševanje nastanka kloriranih stranskih produktov dezinfekcije (SPD) na primeru Term Sončni park Vivat. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kompare, B., somentor Drev, D.): 72 str.

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Žilavec, K., 2014. Tehnologije priprave bazenske kopalne vode in ukrepi za zmanjševanje nastanka kloriranih stranskih produktov dezinfekcije (SPD) na primeru Term Sončni park Vivat. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kompare, B., co-supervisor Drev, D.): 72 pp.

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ  
VODARSTVA IN  
KOMUNALNEGA  
INŽENIRSTVA

Kandidatka:

**KATJA ŽILAVEC**

**TEHNOLOGIJE PRIPRAVE BAZENSKE KOPALNE  
VODE IN UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE NASTANKA  
KLORIRANIH STRANSKIH PRODUKTOV  
DEZINFEKCIJE (SPD) NA PRIMERU TERM SONČNI  
PARK VIVAT**

Diplomska naloga št.: 224/VKI

**SWIMMING POOL WATER TREATMENT  
TECHNOLOGIES AND STRATEGIES TO REDUCE  
CHLORINE DISINFECTION BY-PRODUCT (DBP)  
FORMATION-TERME SONČNI PARK VIVAT SPA  
CASE STUDY**

Graduation thesis No.: 224/VKI

**Mentor:**

prof. dr. Boris Kompare

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Dušan Žagar

**Somentor:**

doc. dr. Darko Drev

**Član komisije:**

prof. dr. Matjaž Mikoš

Ljubljana, 24. 03. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## IZJAVE

Podpisana Katja Žilavec izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »**Tehnologije priprave bazenske kopalne vode in ukrepi za zmanjševanje nastanka kloriranih stranskih produktov dezinfekcije (SPD) na primeru Term Sončni park Vivat**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, februar 2014

Katja Žilavec

## BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

<b>UDK:</b>	<b>628.1(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Katja Žilavec</b>
<b>Mentor:</b>	<b>prof. dr. Boris Kompare</b>
<b>Somentor:</b>	<b>doc. dr. Darko Drev</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Tehnologije priprave bazenske kopalne vode in ukrepi za zmanjševanje nastanka kloriranih stranskih produktov dezinfekcije (SPD) na primeru Term Sončni park Vivat</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>72 str., 8 pregl., 46 graf., 8 sl., 7 en., 2 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>bazenska voda, kloriranje, stranski produkti dezinfekcije (SPD), trihalometani (THM), kloramini, priprava bazenske vode, odstranjevanje prekursorjev (onesnažil), odstranjevanje SPD</b>

### Izvleček

Neprekinjeno kloriranje bazenske kopalne vode in vnos organskih onesnažil s strani kopalcev v kombinaciji z neprestanim kroženjem bazenske vode znotraj sistema, vodijo do nastanka in akumulacije stranskih produktov dezinfekcije v bazenski vodi. Osnovni namen diplomske naloge je bil v začetnem teoretičnem delu na kratko opisati zakonodajo s področja bazenskih voda in podati osnovne informacije o pripravi bazenske vode, vključno z dezinfekcijo (kloriranjem), ter opisati stranske produkte dezinfekcije (SPD), ki se formirajo ob reakciji z organskimi ogljikovimi in dušikovimi spojinami. Pri izvedbi praktičnega dela sem sodelovala s Termami Sončni park Vivat iz Moravskih Toplic. Pri tem sem analizirala rezultate laboratorijskih vzorčenj in ocenila uspešnost do sedaj vpeljanih tehnoloških postopkov priprave bazenske kopalne vode ter njihov vpliv na zmanjševanja koncentracij trihalometanov (THM), ki so v Termah Vivat najpogostejši vzrok za neskladnost vzorcev bazenske vode. V bazenskem kompleksu Term Vivat se bazenska voda za 6 bazenov pripravlja na treh ločenih bazenskih sistemih: B1, B2 in B3. Z dosledno pripravo bazenske vode so dosegli, da so se koncentracije THM v bazenski vodi občutno znižale in se gibljejo pod mejnimi dovoljenimi vrednostmi.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

- UDC:** 628.1(043.2)
- Author:** Katja Žilavec
- Supervisor:** prof. Boris Kompare, Ph.D.
- Cosupervisor:** assist. prof. Darko Drev, Ph.D.
- Title:** Swimming pool water treatment technologies and strategies to reduce chlorine disinfection by-products (DBP) formation – Terme Sončni park Vivat Spa Case Study
- Document type:** Graduation Thesis – University studies
- Notes:** 72 p., 8 tab., 46 graph., 8 fig., 7 eq., 2 ann.
- Key words:** swimming pool water, chlorination, disinfection by-products (DBP), trihalomethanes (THMs), chloramines, pool water treatment, precursors (contaminants) removal, DBP removal

### **Abstract**

The continuous chlorination of swimming pool water and the input of organic contaminants by bathers in combination with recirculation of the pool water inside the system leads to the formation of the disinfection by-products and their accumulation in the water. The theoretical part of the thesis focuses on swimming pool water legislation, gives basic information on pool water treatment including the disinfection (chlorination), and describes the disinfection by-products (DBP) that form during the reaction with organic carbon and nitrogen compounds. For the practical part I cooperated with Terme Sončni park Vivat Spa. I analyzed the results of the laboratory samplings and assessed the effectiveness of the already introduced technological procedures of pool water treatment and their influence on the decrease of trihalomethanes (THM) concentrations. In Terme Vivat pool complex they are by far the most common cause of pool water samples inconsistency. In Terme Vivat pool complex the pool water for 6 pools is treated in three separate pool systems: B1, B2 and B3. The concentrations of THMs in the pool water have decreased considerably and have stayed below the maximum limiting value due to the consistent pool water treatment.

## **ZAHVALA**

Za pomoč in koristne napotke pri nastanku diplomske naloge bi se rada zahvalila mentorju prof. dr. Borisu Komparetu in somentorju doc. dr. Darku Drevu.

Za vso pomoč in čas, ki mi ga je naklonil pri spoznavanju delovanja bazenskih sistemov in priprave bazenske vode, se zahvaljujem vodji bazenov g. Zlatku Ulenu in vodstvu Term Sončni park Vivat iz Moravskih Toplic, ki so mi brez oklevanja dali na razpolago vso potrebno literaturo in podatke.

Na koncu bi se rada prisrčno zahvalila družini, Nejcju in prijateljem, ki so mi vseskozi stali ob strani.

»Ta stran je namenoma prazna«



## KAZALO VSEBINE

Izjave	II
Bibliografsko – dokumentacijska stran in izvleček	III
Bibliographic – documentalistic information and abstract	IV
Zahvala	V
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 Namen diplomske naloge	1
<b>2 SPLOŠNO O BAZENIH ZA KOPANJE IN PLAVANJE</b>	<b>3</b>
2.1 Zakonodaja	3
2.2 Zasnova sistema za pripravo bazenske vode	4
2.3 Dezinfekcija s klorom (kloriranje)	5
2.3.1 Klor in reakcija z vodo	5
<b>3 STRANSKI PRODUKTI DEZINFEKCIJE S KLOROM</b>	<b>7</b>
3.1 Spojine klora z ogljikom (C-SPD)	8
3.1.1 Trihalometani (THM)	8
3.2 Spojine klora z dušikom (N-SPD)	10
3.2.1 Kloramini (vezani klor)	10
<b>4 POSAMEZNI TEHNOLOŠKI POSTOPKI IN UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE NASTANKA KLORIRANIH SPD V BAZENSKI VODI</b>	<b>12</b>
4.1 Omejitev vnosa prekurzorjev v bazensko vodo	13
4.1.1 Skrb za čistočo kopalcev	13
4.2 Odstranjevanje prekurzorjev in SPD v bazenski vodi	14
4.2.1 Filtracija na enoslojnih ali večslojnih zrnatih filtrih	14
4.2.2 Membranska filtracija	16
4.2.3 UV-obsevanje	18
4.2.4 Ozoniranje	21
4.2.5 Napredni oksidacijski procesi (AOP)	23
4.2.6 Adsorpcija na aktivnem oglju (AO)	24
4.3 Ostali ukrepi	26
4.3.1 Nižanje pH vrednosti bazenske vode	26
4.3.2 Redčenje bazenske vode	27
<b>5 PRAKTIČNI PRIMER- TERME SONČNI PARK VIVAT</b>	<b>28</b>
5.1 Bazenski sistem B1	29
5.1.1 Delež skladnih in neskladnih vzorcev po letih	30
5.1.2 Koncentracije vezanega klora	32

---

5.1.3	Koncentracije THM	32
5.1.4	Sklep	34
5.2	Bazenski sistem B2	35
5.2.1	Delež skladnih in neskladnih vzorcev po procesnih kombinacijah	36
5.2.1.1	Otroški notranji bazen (OTRNB)	36
5.2.1.2	Rekreacijski bazen (REKB)	38
5.2.1.3	Otroški zunanji bazen (OTRZB)	39
5.2.2	Koncentracije vezanega klora	41
5.2.2.1	Otroški notranji bazen (OTRNB)	41
5.2.2.2	Rekreacijski bazen (REKB)	42
5.2.2.3	Otroški zunanji bazen (OTRZB)	43
5.2.3	Koncentracije THM	44
5.2.3.1	Otroški notranji bazen (OTRNB)	44
5.2.3.2	Rekreacijski bazen (REKB)	45
5.2.3.3	Otroški zunanji bazen (OTRZB)	47
5.2.4	Primerjava bazenov na sistemu B2 in sklep	49
5.3	Bazenski sistem B3	53
5.3.1	Delež skladnih in neskladnih vzorcev po procesnih kombinacijah	54
5.3.1.1	Vrtinčni bazen 1 (WP1)	54
5.3.1.2	Vrtinčni bazen 2 (WP2)	55
5.3.2	Koncentracije vezanega klora	57
5.3.2.1	Vrtinčni bazen 1 (WP1)	57
5.3.2.2	Vrtinčni bazen 2 (WP2)	57
5.3.3	Koncentracije THM	58
5.3.3.1	Vrtinčni bazen 1 (WP1)	58
5.3.3.2	Vrtinčni bazen 2 (WP2)	60
5.3.4	Primerjava bazenov na sistemu B3 in sklep	62
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>65</b>
	<b>VIRI</b>	<b>67</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Higienske zahteve za bazensko vodo	3
Preglednica 2:	Dušikove spojine v znoju in urinu (WHO, 2006: str. 62)	10
Preglednica 3:	Nečistoče v bazenski vodi in načini njihove odstranjevanja (Šolar, 2011: str. 64)	12
Preglednica 4:	Potrebne koncentracije ozona pri različnih temperaturah po DIN 19643 (Šolar, 2011: str. 106)	22
Preglednica 5:	Povzetek raziskav vpliva pH-vrednosti na nastanek kloriranih SPD	26
Preglednica 6:	Priprave bazenske vode na sistemu B1	30
Preglednica 7:	Priprava bazenske vode na sistemu B2	36
Preglednica 8:	Priprava bazenske vode na sistemu B3	53

**KAZALO GRAFIKONOV**

Graf 1:	Delež klora v obliki HOCl in OCl <sup>-</sup> kot funkcija pH in temperature (Jackson in Rule, 2002: str. 8)	6
Graf 2:	Povprečne koncentracije THM po letih (IVZ, 2013: str. 32)	9
Graf 3:	Graf koncentracije TTHM in števila kopalcev v bazenski vodi (Chu in Nieuwenhuijsen, 2002: str. 245)	13
Graf 4:	Vpliv tuširanja na vsebnost sečnine na roženi plasti kože (stratum corneum) (Stottmeister in Voigt, 2006: str. 2)	14
Graf 5:	Povprečna koncentracija kloroforma v prefiltrirani (očiščeni) vodi in bazenski vodi (Erdinger in Mascher, 2010: str. 5)	16
Graf 6:	Časovno gibanje koncentracij vezanega klora v primeru uporabe membranskih UF modulov, kot samostojni proces in v kombinaciji z doziranjem aktivnega oglja (Barbot in Moulin, 2008, str. 55)	18
Graf 7:	Foto-razpad: (a) mono-, (b) di- in (c) trikloramina, kot funkcija UV-doze pri treh valovnih dolžinah ( $\lambda$ ) pri pH-vrednosti 7,5 (Li in Blatchley, 2009: str. 62)	20
Graf 8:	Odstranjevanje vezanega klora z UV-sevali (Kristensen et al., 2009: str. 7)	21
Graf 9:	Učinkovitosti ozonizacije in filtracije preko peščenega filtrirnega medija na zmanjševanje koncentracij kloraminov v primerjavi s časom (PWTAG, 2009: str. 73)	23
Graf 10:	Vpliv reakcijskega časa v zvezi z eliminacijo TOC in AOX pri ozoniranju in AOP (Glauner et al., 2005b: str. 590)	24
Graf 11:	Delež neskladnih in skladnih vzorcev bazenske vode po letih (OLIMPB)	31
Graf 12:	Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po letih (OLIMPB)	31
Graf 13:	Koncentracije vezanega klora po času (OLIMPB)	32
Graf 14:	Koncentracije TTHM po času (OLIMPB)	33
Graf 15:	Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (OLIMPB)	34
Graf 16:	Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (OTRNB)	37
Graf 17:	Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (OTRNB)	38
Graf 18:	Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (REKB)	39
Graf 19:	Deleži neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (REKB)	39

Graf 20:	Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (OTRZB)	40
Graf 21:	Deleži neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (OTRZB)	41
Graf 22:	Koncentracije vezanega klora po času (OTRNB)	42
Graf 23:	Koncentracije vezanega klora po času (REKB)	43
Graf 24:	Koncentracije vezanega klora po času (OTRZB)	43
Graf 25:	Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (OTRNB)	44
Graf 26:	Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (OTRNB)	45
Graf 27:	Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (REKB)	46
Graf 28:	Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (REKB)	47
Graf 29:	Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (OTRZB)	48
Graf 30:	Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (OTRZB)	49
Graf 31:	Delež neskladnih vzorcev vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (sistem B2)	50
Graf 32:	Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (sistem B2)	51
Graf 33:	Povprečne koncentracije TTHM po procesnih kombinacijah (sistem B2)	52
Graf 34:	Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (WP1)	54
Graf 35:	Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (WP1)	55
Graf 36:	Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (WP2)	56
Graf 37:	Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (WP2)	56
Graf 38:	Koncentracije vezanega klora po času (WP1)	57
Graf 39:	Koncentracije vezanega klora po času (WP2)	58
Graf 40:	Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (WP1)	59
Graf 41:	Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (WP1)	60
Graf 42:	Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (WP2)	61
Graf 43:	Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (WP2)	61
Graf 44:	Delež neskladnih vzorcev vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (sistem B3)	63
Graf 45:	TTHM po času glede na procesno kombinacijo (sistem B3)	63
Graf 46:	Povprečne koncentracije TTHM glede na procesno kombinacijo (sistem B3)	64

**KAZALO SLIK**

Slika 1:	Shema klasičnega postopka priprave bazenske vode (Prirejeno po Bennedsen in Muff, 2007: str. 11)	5
Slika 2:	Shema nastanka SPD (Prirejeno po Reemtsma in Jekel, 2006: str. 252)	7
Slika 3:	Kemijska struktura trihalometanov (THM) (Silva <i>et al.</i> , 2011: str. 41)	8
Slika 4:	Ravnovesje med mikrobiološkim onesnaženjem in nastankom SPD (Reemtsma in Jekel, 2006: str. 255)	13
Slika 5:	Membranski procesi glede na velikost por membrane oz. delcev, ki se ločujejo (HydroGroup, 2012)	17
Slika 6:	Spekter elektromagnetnega valovanja (Lovibond, 2013: str. 22)	19
Slika 7:	Aktivno oglje in struktura por, kakor je vidno izpod elektronskega mikroskopa (Donau Carbon, 2013)	25
Slika 8:	Bazenski kompleks Term Vivat- dvoranski del in del bazenov na prostem (Internetni vir 1)	28

## 1 UVOD

Bazene v bazenskih kopališčih obiskujemo predvsem z namenom aktivnega preživljanja prostega časa in ohranjanja fizične pripravljenosti ter sprostitve, pa tudi z namenom rehabilitacije po poškodbah. Bazeni v sodobnih bazenskih kopaliških kompleksih so opremljeni z raznovrstnimi vodnimi in zračnimi atrakcijami, tako da pritegnejo in zadovoljijo potrebe različnih skupin uporabnikov. Pri tem je potrebno posebno pozornost posvečati vodi, v kateri se uporabniki kopajo in plavajo, kakor tudi zraku, ki ga obiskovalci kopališč in zaposleni v dvoranskih bazenskih kompleksih vdihujejo.

Kopalci v bazensko kopalno vodo (v nadaljevanju bazensko vodo) neprekinjeno vnašajo širok nabor patogenih in nenevarnih mikroorganizmov ter ostalih nečistoč. Z vidika skrbi za javno zdravje in preprečevanje širjenja bolezni mora v bazenskih kompleksih neprekinjeno potekati priprava bazenske vode. Kloriranje je v javnih bazenskih kompleksih najpogosteje uporabljena metoda za preprečevanje širjenja infekcijskih bolezni med kopalci, predvsem na račun dolgotrajnega (rezidualnega) dezinfekcijskega učinka klora. Ena izmed slabosti uporabe klora in klorovih preparatov je nedvomno tvorba stranskih produktov dezinfekcije (SPD) (angl. disinfection by-products), ki se tvorijo ob reakciji z v bazenski vodi prisotnimi organskimi in anorganskimi snovmi (WHO, 2006).

Za razliko od bazenske vode je pitna voda predmet številnih raziskav in študij, posledično so zato v njej podrobneje raziskani tudi SPD. Do danes je bilo v pitni vodi odkritih več kot 600 SPD, številne med njimi najdemo tudi v bazenski vodi (Richardson *et al.*, 2010). Ključni skupini SPD v kloriranih bazenskih vodah sta trihalometani (THM) in kloramini, ki so posredno regulirani kot parameter vezani klor (Judd in Bullock, 2003). Omenjenima skupinama SPD, so kopalci in obiskovalci pa tudi zaposleni v bazenskih kompleksih izpostavljeni na tri načine, in sicer preko neposrednega vdihovanja hlapljivih SPD, z dermalnim stikom (absorpcija skozi kožo) in preko zaužitja (PWTAG, 2009 in WHO, 2006).

Dolgotrajna in kratkotrajna izpostavljenost SPD vodita do različnih obolenj, zato je potrebno z inženirskimi ukrepi zmanjšati in omejiti tvorbo stranskih produktov na način, da vpeljemo nove oksidacijske postopke in izboljšamo učinek filtracije. Poleg naravnih organskih snovi, ki so prisotne v polnilni vodi že same po sebi, pa bazensko vodo dodatno obremenjujejo in onesnažujejo tudi kopalci, ki vanjo vnašajo in izločajo snovi, ki predstavljajo izvor prekurzorjev za nastanek SPD (Kanan in Karanfil, 2011). Zato je potrebno posebno pozornost posvečati kopalcem in jih spodbujati pri skrbi za lastno čistost in higieno. Pozornost je potrebno posvečati tudi zraku, ki ga obiskovalci vdihujejo, zato je ključnega pomena tudi prezračevanje dvoranskih bazenskih kompleksov.

### 1.1 Namen diplomske naloge

Osnovni namen diplomske naloge je v začetnem teoretičnem delu na kratko opisati zakonodajo s področja bazenskih voda ter podati osnovne informacije o pripravi bazenske vode, vključno z

dezinfekcijo (kloriranjem) ter predstaviti SPD, ki se formirajo ob reakciji z organskimi ogljikovimi in dušikovimi spojinami. V nadaljevanju želim povzeti različne ukrepe in posamezne tehnološke postopke, ki jih vpeljemo s ciljem zmanjševanja nastanka SPD- tehnološkega obvladovanja SPD v bazenski vodi.

Pri izvedbi praktičnega dela sem sodelovala s Termami Sončni park Vivat iz Moravskih Toplic. Kot polnilno vodo v bazenih uporabljajo geotermalno vodo, za dezinfekcijo bazenske vode pa uporabljajo utekočinjen klor (plinski klor). V bazenskem kompleksu se voda za šest bazenov pripravlja na treh bazenskih sistemih: B1, B2 in B3. Že vse od odprtja bazenskega kompleksa imajo opravka s preseženo mejno dovoljeno vrednostjo za parameter vsota trihalometanov. Med trihalometani še posebej izstopajo vrednosti za parameter triklorometan (kloroform). Z vpeljavo različnih tehnoloških postopkov priprave bazenske vode (procesnimi kombinacijami) je vodja bazenov želel vzroke za omenjeno neskladnost odpraviti. Moja naloga je bila, da analiziram rezultate laboratorijskih vzorčenj v obdobju med januarjem 2009 in avgustom 2013 in ocenim uspešnost do sedaj vpeljanih tehnoloških postopkov priprave bazenske kopalne vode ter opišem morebitne prednosti, slabosti ter po potrebi predlagam izboljšave za posamezne bazenske sisteme.



## 2 SPLOŠNO O BAZENIH ZA KOPANJE IN PLAVANJE

### 2.1 Zakonodaja

Področje bazenskih voda in bazenskih kopališč pravno ureja Zakon o varstvu pred utopitvami (Ur.l. RS št. 44/2000, 110/2002, 26/2007, 42/2007, 9/2011). Na podlagi omenjenega zakona so bili sprejeti naslednji veljavni pravilniki:

- Pravilnik o opremi in sredstvih za dajanje prve pomoči, usposabljanju in preizkusih iz prve pomoči ter zdravniških pregledih reševalcev iz vode (Ur.l. RS št. 70/2003, 34/2004),
- Pravilnik o ukrepih za varstvo pred utopitvami na kopališčih (Ur.l. RS št. 84/2007),
- Pravilnik o tehničnih ukrepih in zahtevah za varno obratovanje kopališč in za varstvo pred utopitvami na kopališčih (Ur.l. RS št. 88/2003, 56/2006, 84/2007) - III. in IV. poglavje ne veljata in
- Pravilnik o minimalnih higienskih zahtevah, ki jih morajo izpolnjevati kopališča in kopalna voda v bazenih<sup>1</sup> (Ur.l. RS št., 39/2011, popr. 64/2011).

**Preglednica 1** Higienske zahteve za bazensko vodo

PARAMETER	ENOTA	MEJNA VREDNOST
<b>Mikrobiološki parametri</b>		
Število kolonij pri 36±2°C	Število v 1 ml	100
<i>Escherichia coli</i>	Število v 100 ml	ni najdeno
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Število v 100 ml	ni najdeno
<i>Legionella sp.</i>	Število v 100 ml	ni najdeno
<b>Fizikalni in kemijski parametri</b>		
<b>pH vrednost:</b>		
- sladka voda		6,5-7,6
- naravna mineralna voda		6,5-7,8
Motnost	NTU	≤0,5
Prosti klor	mg/l	
- bazeni		0,3-0,6
- bazeni z vrtinčenjem tople vode		0,7-1,0
Vezani klor	mg/l	≤0,3
Redoks potencial	mV	
- 6,5 ≤ pH vrednost ≤ 7,3		750
- 7,3 ≤ pH vrednost ≤ 7,6		770
Trihalometani (vsota)	mg/l	0,050
Klorit	mg/l	0,1
Ozon	mg/l	0,05
Cianurna kislina	mg/l	50

<sup>1</sup> S 1.6.2011 je prenehal veljati Pravilnik o minimalnih higienskih in drugih zahtevah za kopalne vode (Ur.l. RS št. 73/2003, 96/2006), od takrat naprej velja omenjeni pravilnik.

V zadnjem izmed navedenih pravilnikov so določene minimalne higienske zahteve (standardi), ki jih mora izpolnjevati bazenska voda v javnih bazenskih kompleksih. Na odvzetih vzorcih bazenske vode se tako opravijo laboratorijska preskušanja za mikrobiološke, fizikalne in kemijske parametre, podane v Preglednici 1. V omenjeni preglednici so predpisane tudi mejne dovoljene vrednosti za posamezne parametre, med drugim tudi za parametra trihalometani (vsota) in vezani klor.

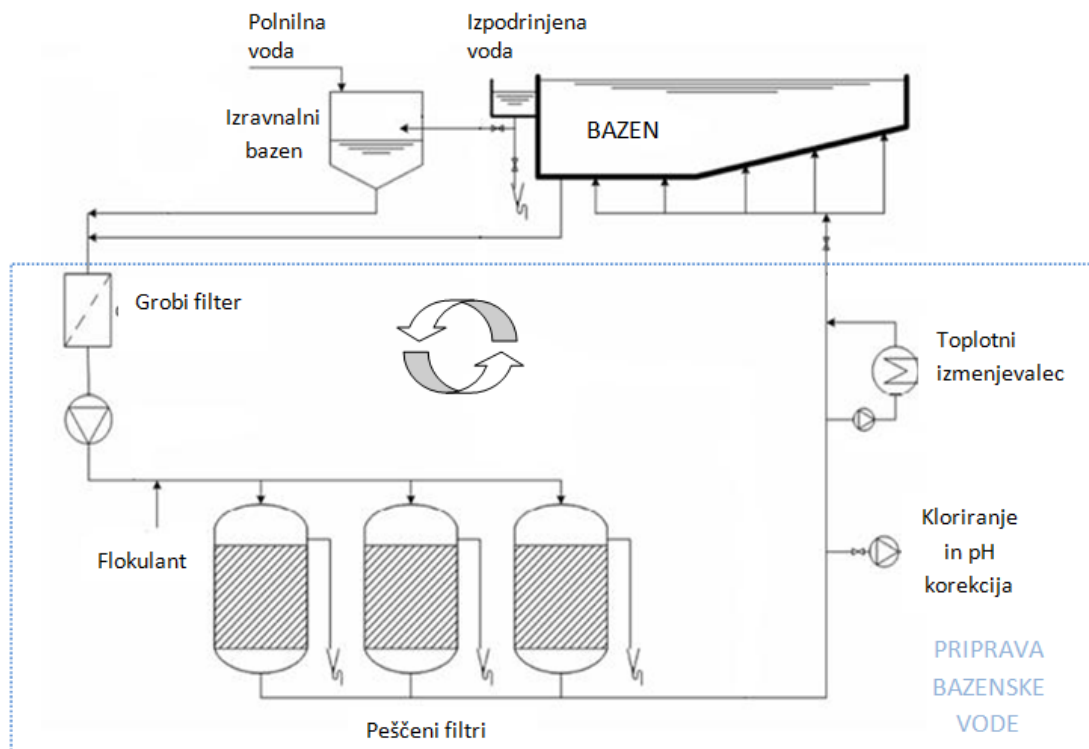
Z mikrobiološkimi preskušnji potrjujemo mikrobiološko (ne)oporečnost bazenske vode, le za tisti trenutek, ko so bili vzorci bazenske vode odvzeti, zato je potrebno redno in s samodejnimi meritvami ali morebiti ročno spremljati t.i. higienske pomožne parametre: prosti klor, pH vrednost in redoks potencial (Šolar, 2011).

## **2.2 Zasnova sistema za pripravo bazenske vode**

Kopalci v bazensko vodo vseskozi vnašajo različne nečistoče, zato je potrebno bazensko vodo vseskozi pripravljati. Ena izmed bistvenih razlik med pripravo pitne in bazenske vode je v zasnovi sistema. Sistemi za pripravo bazenske vode so lahko zasnovani tako, da bazenska voda neprekinjeno, 24 ur na dan, kroži v zaprtem sistemu in se pri tem prečrpava na relaciji »bazen–naprava za pripravo bazenske vode–bazen« (Jackson in Rule, 2002), oziroma tako, da se zajeta voda iz bližnjega vodnega telesa (reka, morje) pretaka skozi kopališče.

Ker v Sloveniji zakonodaja izrecno ne predpisuje tehnologijo priprave bazenske vode- predpisano je samo dodajanje oziroma nadomeščanje kopalne vode s svežo polnilno vodo (30 litrov/uporabnika/dan), se pri pripravi bazenske vode zgledujemo po nemških standardih DIN 19643 1-4: 2012, kjer so navedeni dopustni postopki priprave bazenske vode (IVZ, 2009). Za učinkovito tehnološko pripravo bazenske vode se tako uporabljajo kombinacije različnih tehnoloških postopkov, med katere štejemo: adsorpcijo, flokulacijo, filtracijo na slojnih zrnatih filtrih, membransko filtracijo, oksidacijo ter razkuževanje. Pri tem ima pomembno vlogo tudi ustrezno zasnovan hidravlični sistem, ki skrbi za stalen in enakomeren iznos nečistoč ter s tem kroženje bazenske vode znotraj sistema (Šolar, 2011).

Na Sliki 1 je prikazana shema klasičnega postopka priprave bazenske vode, ki vključuje flokulacijo, filtracijo na peščenih filtrih ter naknadno dezinfekcijo s klorom in korekcijo pH vrednosti. Slabost omenjene kombinacije tehnoloških postopkov je v omejeni učinkovitosti, kar se tiče odstranitve SPD. Učinek lahko izboljšamo z dodajanjem koagulantov (polimerni dodatki k flokulantom), vendar navadno tovrstno ravnanje ne zadostuje, zato je potrebno v proces priprave bazenske vode vključiti dodatne postopke čiščenja (npr. aktivno oglje, diatomejska zemlja, membranska filtracija, itd.).



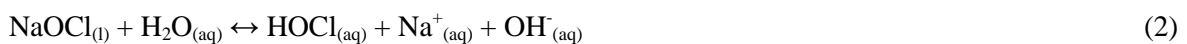
**Slika 1** Shema klasičnega postopka priprave bazenske vode (Prirejeno po Bennedsen in Muff, 2007: str. 11)

## 2.3 Dezinfekcija s klorom (kloriranje)

Zaradi zagotavljanja higienske varnosti in varovanja zdravja kopalcev pred izbruhom infekcijskih bolezni, ki so posledica mikrobiološkega onesnaženja bazenske vode, je potrebno bazensko vodo vseskozi razkuževati, pri tem najpogosteje posegamo po kloru in klorovih preparatih (Schmalz *et al.*, 2011). Relativno nizka cena, preprosta uporaba, učinkovitost proti širokemu razponu mikroorganizmov ter zagotavljanja dolgotrajnega dezinfekcijskega učinka so prednosti, ki govorijo v prid kloru kot dezinfekcijskemu sredstvu (Silva *et al.*, 2011).

### 2.3.1 Klor in reakcija z vodo

Klor v bazensko vodo dovajamo v obliki utekočinjenega plinskega klora ( $\text{Cl}_2$ ) ali anorganskih klorovih pripravkov, kalcijevega hipoklorita ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ), ki je na razpolago v obliki tablet ali granul ter raztopine natrijevega hipoklorita ( $\text{NaOCl}$ ). Ne glede na metodo apliciranja klora se ob stiku z bazensko vodo (reakcija hidrolize) formira klorova (I) kislina ( $\text{HOCl}$ ), znana tudi kot hipoklorasta ali tudi hipoklorna kislina, kar je razvidno iz spodnjih enačb (1-3) (PWTAG, 2009):

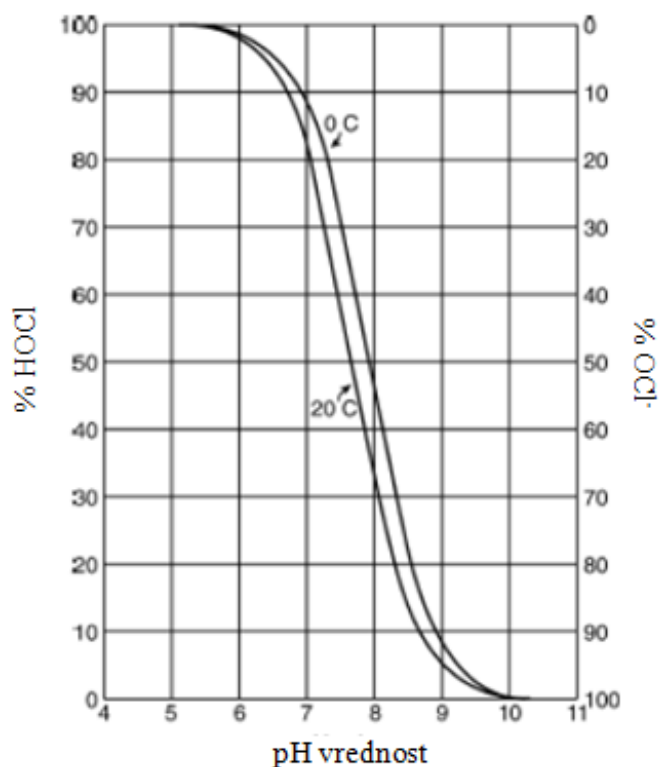


V bazenski vodi hipoklorna kislina delno disociira in pri tem nastanejo kloratni (I) ioni ( $\text{OCl}^-$ ) ali hipokloritni ioni ter vodikovi ioni ( $\text{H}^+$ ), kakor je prikazano v enačbi (4).



Hipoklorna kislina (HOCl) je šibka kislina in je generalno gledano učinkovitejše dezinfekcijsko sredstvo kot hipokloritni ion ( $\text{OCl}^-$ ). Ocenjuje se, da ima HOCl 80-krat močnejši dezinfekcijski učinek kot  $\text{OCl}^-$ . Razlog za to je dejstvo, da je molekula HOCl za razliko od slednjega brez naboja in tako lažje penetrira skozi celično steno mikroorganizmov in povzroči njihov propad. Stopnja disociacije HOCl je močno odvisna od pH vrednosti in nekoliko manj od temperature, kakor prikazuje Graf 1. Iz spodnjega grafa je razvidno, da se delež klora, prisotnega v obliki HOCl, povečuje z nižanjem pH vrednosti in z zniževanjem temperature (White, 2010).

Da je dezinfekcija učinkovita, se mora pH vrednost bazenske vode gibati med 6,5-7,8, zato je potrebno opravljati tudi korekcije pH-vrednosti.



**Graf 1** Delež klora v obliki HOCl in  $\text{OCl}^-$  kot funkcija pH in temperature (Jackson in Rule, 2002: str. 8)

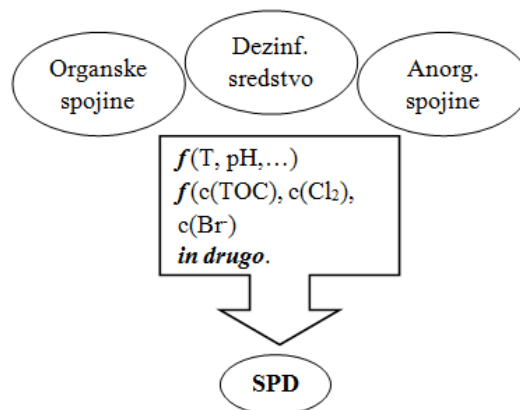
Vsoto koncentracij HOCl in  $\text{OCl}^-$  v bazenski vodi označujemo s parametrom **prosti klor**. Dovoljene koncentracije prostega klora v bazenih se gibajo med 0,3 in 0,6 mg/l. V bazenih z vrtinčenjem tople vode so dovoljene nekoliko višje koncentracije, in sicer med 0,7 in 1,0 mg/l.

### 3 STRANSKI PRODUKTI DEZINFEKCIJE S KLOROM

Klor je učinkovito dezinfekcijsko sredstvo, ki ima obenem veliko sposobnost oksidacije. V bazenski vodi reagira z reducenti, amonijakom in organskimi snovmi, pri čemer nastajajo nezaželeni stranski produkti dezinfekcije. Njihova tvorba predstavlja eno največjih slabosti uporabe klora in klorovih preparatov v vodnih okoljih (Silva *et al.*, 2011). Do danes je bilo v pitni vodi odkritih več kot 600 različnih SPD, številne med njimi najdemo tudi v bazenski vodi. Richardson *et al.* (2010) so v vodi javnega bazena v Španiji odkrili več kot 100 različnih SPD s klorom, številni med njimi so bili odkriti na novo in jih do tedaj niso odkrili niti v pitni niti bazenski vodi.

V pitni vodi, ki lahko služi kot polnilna voda za bazene, substrat za nastanek SPD predstavljajo v njej prisotne organske snovi (fulvinske in huminske kisline). V bazenski vodi pa poleg omenjenih snovi najdemo tudi dodatne vire onesnaževanja, njihov izvor predstavljajo kopalci. V času obratovanja bazenskega kopališča kopalci (angl. bather load oz. bathing load) v bazensko vodo vnašajo organske snovi, med katerimi prevladujejo dušikove spojine. Najpomembnejši spojini sta nedvomno urin in znoj, poleg tega pa se s površine telesa spirajo ostanki kozmetičnih sredstev, mil in krem, vnašajo se tudi lasje, slina ter druge umazanije, kot so trava in listje itd. Vse omenjene snovi tako predstavljajo koktajl prekursorjev za nastanek SPD s klorom (Zwiener *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2002).

V bazenski vodi sta v skladu s trenutno veljavno zakonodajo najpogosteje preiskovani skupini SPD s klorom trihalometani (THM) in kloramini. Poleg omenjenih pa v bazenski vodi nastajajo tudi drugi, celo bolj nevarni SPD s klorom, kot so halogenirane očetne kisline (HOK), haloacetonitrili (HAN), halokentoni in drugi, vendar mejne dovoljene vrednosti zanje v standardih za enkrat še niso določene (Zwiener *et al.*, 2007). Kateri stranski produkti se tvorijo in v kakšnih koncentracijah, je odvisno od naslednjih parametrov (Slika 2): količine uporabljenega dezinfekcijskega sredstva, koncentracije in tipa organskih ter anorganskih prekursorjev, temperature vode, zadrževalnega/ kontaktnege časa reakcije, pH vrednosti vode itd..



**Slika 2** Shema nastanka SPD (Prirejeno po Reemtsma in Jekel, 2006: str. 252)

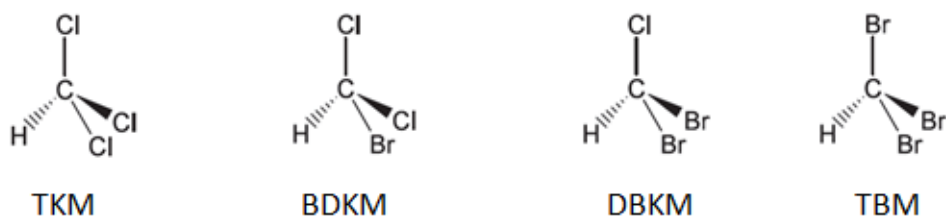
Pri tem velja omeniti, da so koncentracije SPD v bazenski vodi po navadi veliko večje kot v pitni vodi, saj zaradi večjega organskega onesnaženja, višjih koncentracij klora, kloriranja pri višjih temperaturah in neprekinjenega kroženja vode ter predvsem dolgih zadrževalnih časov bazenske vode, preden jo povsem zamenjamo, ti nastajajo hitreje. Prav zato so po navadi mejne dovoljene koncentracije v bazenski vodi v primerjavi s pitno vodo strožje. SPD s klorom smo v bazenski vodi in bazenskih kompleksih izpostavljeni preko vdihovanja zraka, absorpcije skozi kožo in z nenamernim zaužitjem bazenske vode (WHO, 2006).

### 3.1 Spojine klora z ogljikom (C-SPD)

#### 3.1.1 Trihalometani (THM)

Trihalometani (THM) so najbolj znana in najpogosteje preučevana skupina nevarnih in s tem nezaželenih SPD s klorom. V pitni vodi jih je leta 1974 odkril Rook, nekaj let kasneje, leta 1980, pa so njihovo prisotnost dokazali tudi v bazenski vodi. THM so hlapljive spojine, ki so v vodi slabo topne, s strukturo podobno metanu ( $\text{CH}_4$ ) in splošno formulo  $\text{CHX}_3$ , kjer se trije od štirih atomov vodika zamenjajo s klorovimi ali bromovimi atomi kakor, prikazuje Slika 3 (Silva *et al.*, 2011).

V bazenski vodi v merljivih koncentracijah nastajajo le štiri THM: bromoform oz. tribromometan (TBM), dibromoklorometan (DBKM), bromodiklorometan (BDKM) in kloroform oz. triklorometan (TKM). Prav slednji se v kloriranih bazenih pojavlja najpogosteje. Na nastanek THM v bazenski vodi pomembno vplivajo višja koncentracija prostega klora in koncentracija organskih prekurzorjev (huminskih substanc, delčkov kože, las, losjonov...), koncentracija bromidnega iona ( $\text{Br}^-$ ) in tudi višja temperatura in pH vrednost pa tudi daljši reakcijski/kontaktni čas (IVZ, 2013).



**Slika 3** Kemijska struktura trihalometanov (THM) (Silva *et al.*, 2011: str. 41)

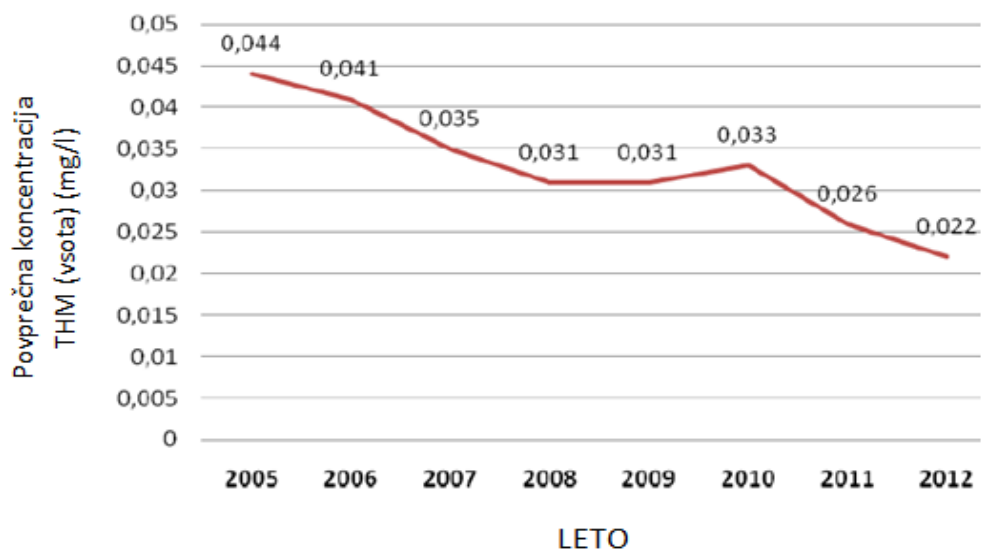
Chu in Nieuwenhuijsen (2002) sta ugotovila, da se v dvoranskih bazenih, kjer sta temperatura vode in temperatura zraka višji v primerjavi z zunanji bazeni, formira več kloroforma, kar posledično pomeni višje koncentracije parametra vsota THM. Prisotnost bromidnih ionov v bazenski vodi pa povzroči nastanek THM, med katerimi prevladuje bromoform (Kim *et al.*, 2002).

Obiskovalci bazenskih kopališč so THM izpostavljeni preko vdihanega zraka, preko dermalnega stika in s tem absorpcije skozi kožo, pa tudi preko nenamernega zaužitja bazenske vode. Slednji izmed

našteti načinov velja za najmanj pomembnega, saj kopalci med kopanjem zaužijejo le manjšo količino vode. Domneva se, da kopalci v povprečju zaužijejo do 100 ml bazenske vode (PWTAG, 2009). Najpomembnejša načina izpostavljenosti THM sta dermalna absorpcija, saj smo med kopanjem s celotnim telesom potopljeni v bazensko vodo, in vdihovanje zraka, saj so THM lahko hlapni in se zadržujejo tik nad vodno gladino, kar je še posebej pomembno v dvoranskih bazenskih kompleksih (Weaver *et al.*, 2009). Lindstrom *et al.*, (1997) je pokazal, da predstavlja dermalna absorpcija pomembnejši način izpostavljenosti kloroformu kot vdihovanje zraka, saj predstavlja kar 80% celotnega vnosa te spojine v telo.

Pri kratkoročni izpostavljenosti THM škodljivo delujejo na centralni živčni sistem, ledvice ter jetra in so lahko tudi vzrok za nastanek astme. THM so mutageni in karcinogeni. Kloroform, ki se v bazenski vodi pojavlja v največjih koncentracijah, mednarodna agencija za raziskave raka uvršča v skupino 2B (snov je morda rakotvorna za človeka) (Weaver *et al.*, 2009). Plavaje v bazenih s klorirano vodo tako povezujemo s povečanim tveganjem za nastanek raka na mehurju (Zwiener *et al.*, 2007)

Vzorčenje in laboratorijske preskuse o skladnosti bazenske vode za parameter THM opravljajo akreditirani laboratoriji že vse od leta 2006, ko je bil parameter uvrščen v nabor fizikalno-kemijskih parametrov, ki jih je potrebno v bazenski vodi spremljati (Zagajšek *et al.*, 2010). Mejna dovoljena koncentracija za parameter THM (vsota), ki predstavlja vsoto štirih najpogosteje najdenih THM, v Sloveniji trenutno znaša 0,050 mg/l. Omenjena koncentracija se je zaradi spremembe zakonodaje z začetkom leta 2011 sicer znižala na 0,020 mg/l, kar je tudi mejna dovoljena vrednost, ki jo predpisuje nemški standard DIN 19643-1:2012, vendar le za obdobje petih mesecev. Graf 2 prikazuje povprečne koncentracije za parameter THM (vsota) po letih v Sloveniji. Iz grafa je razviden trend upadanja koncentracij za parameter vsota THM.



**Graf 2** Povprečne koncentracije THM po letih (IVZ, 2013: str. 32)

### 3.2 Spojine klora z dušikom (N-SPD)

#### 3.2.1 Kloramini (vezani klor)

Anorganski kloramini se v postopkih priprave pitne vode namerno proizvajajo, saj so kloramini priporočljiva sekundarna dezinfekcijska sredstva, ki delujejo počasi in so v vodi bolj obstojna. Za razliko od pitne vode pa v bazenskih vodah omenjene spojine veljajo za nezaželene in jih uvrščamo v skupino kloriranih stranskih produktov dezinfekcije (Erdinger in Mascher, 2010).

Reakcijski produkti klora in dušikovih spojin so generalno gledano manj poznani in se rutinsko merijo kot parameter vezani klor. Pod parametrom vezani klor so zajete naslednje spojine: derivati amonija, pri katerih se eden, dva ali trije vodikovi atomi zamenjajo z atomi klora, pri čemer nastanejo monokloramini ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ) (Enačba 5), dikloramini ( $\text{NHCl}_2$ ) (Enačba 6) in trikloramini ( $\text{NCl}_3$ ) (Enačba 7) ter klorirani derivati sečnine (klorsečnine) in organskih dušikovih spojin, kot so kreatinin in aminokisliline (Stottmeister in Voigt, 2006).



Mehanizmi reakcije med klorom in sečnino niso dobro poznani. Vendar je znano, da je sečnina poleg amonijaka glavni prekursor za nastanek  $\text{NCl}_3$  v postopku kloriranja bazenske vode (Hansen *et al.*, 2012b; Schmalz *et al.*, 2011; Li in Blatchley, 2007). Sečnina ( $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ) je končni produkt presnove beljakovin in glavna dušikova spojina, ki jo v bazensko vodo vnašajo kopalci z izločanjem urina in znoja (0,8-1,5 g sečnine/kopalca) (Preglednica 2). Ocenjuje se, da kopalci v bazensko vodo izločijo med 22-77,5 ml urina in 200-1000 ml znoja. Pri tem ne gre pozabiti na poroženelo plast kože (*stratum corneum*), saj vsak  $\text{cm}^2$  kože vsebuje do 8  $\mu\text{g}$  sečnine, kar pri površini kože 2  $\text{m}^2$  pomeni dodatnih 0,16 g sečnine (De Laat *et al.*, 2011 in WHO, 2006).

**Preglednica 2** Dušikove spojine v znoju in urinu (WHO, 2006: str. 62)

Dušikove spojine	Znoj		Urin	
	Povprečna vsebnost [mg/l]	Delež od skupnega dušika [%]	Povprečna vsebnost [mg/l]	Delež od skupnega dušika [%]
Sečnina	680	68	10 240	84
Amonijak	180	18	560	5
Aminokisliline	45	5	280	2
Kreatinin	7	1	640	5
Ostale spojine	80	8	500	4
Skupni dušik	992	100	12 220	100



Na nastanek kloraminov in speciacijo spojin pomembno vplivata pH-vrednost bazenske vode ter razmerje med klorom in dušikom (Cl:N) oziroma med reaktantoma. Raziskovalci med kloramini največ pozornosti posvečajo nezaželenemu trikloraminu ( $\text{NCl}_3$ ). Dolgo časa se je domnevalo, da omenjena spojina nastaja le pri pH-vrednostih nižjih od 5, vendar so raziskovalci ugotovili, da  $\text{NCl}_3$  nastajajo tudi v razponu pH- vrednosti, ki se priporočajo za optimalno obratovanje bazenov (Schmalz *et al.*, 2011).

Konstanta Henryjevega zakona (H) za  $\text{NCl}_3$  znaša 435, kar pomeni, da je  $\text{NCl}_3$  spojina, ki je v vodi slabo topna in hitro uhaja v zrak, celo 3-krat bolj je hlapljiv kot kloroform. Trikloramin ima oster in dražeč vonj ter je eden glavnih krivcev za »tipičen« vonj po kloru v dvoranskih bazenskih kompleksih. Izpostavljenost kloraminu v zraku dvoranskih kopališč, raziskovalci povezujejo s povečanim tveganjem za obolevnostjo za astmo, predvsem na račun povečane prepustnosti pljučnega epitelija. V zraku in v vodi ga zaznamo že pri koncentracijah enakih 0,02 mg/l. Da preprečimo akumulacijo kloramina v zraku, je potrebno predvsem v dvoranskih bazenskih kompleksih zagotoviti zadostno prezračevanje (Stottmeister in Voigt, 2006).

Parameter vezani klor v bazenski vodi določamo kot razliko med izmerjeno vrednostjo za celotni (skupni) in prosti klor v postopku fotometrične preiskave z DPD reagenti. Mejna vrednost za parameter vezani klor v bazenski vodi v Sloveniji znaša  $\leq 0,3$  mg/l.

Metode za hitro in zanesljivo določanje koncentracij trikloramina kot samostojne spojine v bazenski vodi trenutno ni, obstaja pa metoda za določanje trikloramina v zraku dvoranskih kopališč. Pri tem se kot mejna vrednost priporoča koncentracija  $\leq 0,50$  mg/m<sup>3</sup> (WHO, 2006; PWTAG, 2009), v Franciji je predlagana omejitev še nekoliko strožja in znaša 0,3 mg/m<sup>3</sup>  $\text{NCl}_3$  v zraku (Cassan in Drakides, 2011). V skladu s trenutno veljavno zakonodajo se omenjena meritev v Sloveniji še ne izvaja.

#### 4 POSAMEZNI TEHNOLOŠKI POSTOPKI IN UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE NASTANKA KLORIRANIH SPD V BAZENSKI VODI

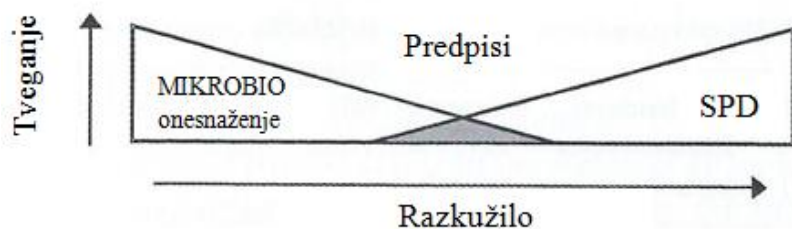
Nastajanja SPD ne moremo v celoti preprečiti lahko, pa ga omejimo. Omejimo ga na način, da nadzorujemo parametre, ki vplivajo na nastanek in pogoje, v katerih stranski produkti nastajajo. Kar se tiče priprave bazenske vode lahko le malo spreminjamo obratovalne pogoje in s tem pogoje, v katerih SPD nastajajo, saj so temperatura in razpon pH vrednosti največkrat zakonsko predpisani. Zato pa lahko vplivamo in nadzorujemo parametre, kot so koncentracija doziranega dezinfekcijskega sredstva ter prekursorjev (Reemtsma in Jekel, 2006).

Vnos nečistoč v bazensko vodo omejimo že z doslednim tuširanjem pred vstopom v bazen in redno uporabo toalet. Odstranjevanje organskih snovi (prekursorjev) ali morebiti že nastalih SPD, ki jih najdemo v polnilni vodi, ki je lahko voda iz javnega sistema za oskrbo s pitno vodo ali pa voda iz lastne vrtine. Snovi, ki jih kopalci kljub dosledni skrbi za čistočo vnesajo v bazensko vodo, odstranimo z ustrezno tehnološko pripravo bazenske vode. V ta namen vpeljemo alternativne načine dezinfekcije ter s tem nove oksidacijske in filtracijske metode, s pomočjo katerih uspešno odstranimo organske snovi pa tudi mikroorganizme, kar dodatno pripomore k zmanjšanju porabe klora kot dezinfekcijskega sredstva. V Preglednici 3 so povzete vrste in velikost nečistoč ter načini njihovega odstranjevanj iz bazenske vode.

**Preglednica 3** Nečistoče v bazenski vodi in načini njihove odstranjevanja (Šolar, 2011: str. 64)

Tip delcev	Velikost [ $\mu\text{m}$ ]	Vrsta nečistoč	Odstranjevanje
<b>Grobi, plavajoči</b>	> 1000	Lasje, prhljaj, tekstil,...	Grobi filter (sito)
<b>Grobi, ki povzročajo motnost</b>	0,1-1000	Delci kože, ostanki mila, krem, olj,...	Kosmičenje s filtracijo
<b>Koloidi</b>	0,001-0,1	Kozmetika, sluzi, mikroorganizmi,...	
<b>Organske raztopine</b>	< 0,001	Znoj, sečnina, aminokislina,...	Oksidacija, razkuževanje
<b>Anorg. raztopine in nerazgradljive org. snovi</b>	raztopine	THM, AOX, kloramini, nitrati, klorati,...	UV sevala, adsorpcija, oksidacija

Najti ravnovesje med količino doziranega dezinfekcijskega sredstva, s katerim še vedno zagotovimo maksimalno in s tem uspešno uničenje mikroorganizmov, ter dejstvom, da pri tem nastane kar se da malo SPD, je ena izmed glavnih nalog priprave bazenske vode (Zwiener *et al.*, 2007). Rezultat omenjenega ravnovesja so predpisi, ki morajo vzeti v obzir dejstvo, da z doziranjem večjih količin dezinfekcijskega sredstva sicer zagotovimo mikrobiološko varno vodo, vendar po drugi strani povečamo tveganje za nastanek višjih koncentracij SPD ter obratno (Slika 4) (Reemtsma in Jekel, 2006).

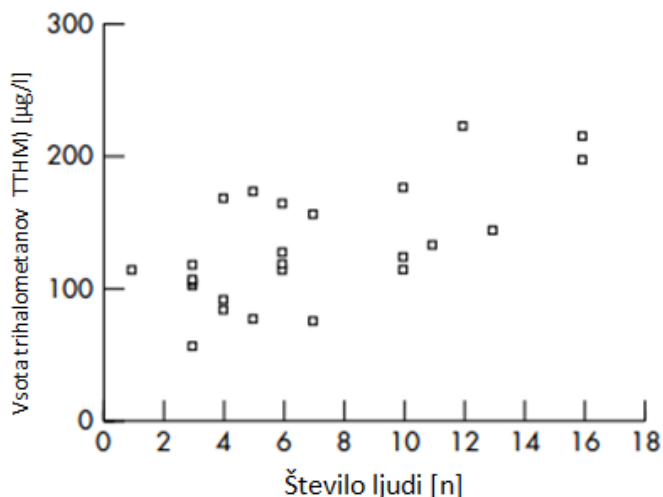


**Slika 4** Ravnesje med mikrobiološkim onesnaženjem in nastankom SPD (Reemtsma in Jekel, 2006: str. 255)

## 4.1 Omejitev vnosa prekurzorjev v bazensko vodo

### 4.1.1 Skrb za čistočo kopalcev

Glavni vir onesnaženja bazenske vode predstavljajo kopalci, ki v času obratovanja bazenskega kopališča vanjo neprestano vnašajo različne nečistoče, ki delujejo kot prekurzorji za nastanek nezaželenih stranskih produktov. Chu in Nieuwenhuijsen (2002), sta odkrila, da obstaja močna povezanost med številom ljudi v bazenu in koncentracijo vsote trihalometanov (TTHM) (Graf 3), zato je ena izmed glavnih nalog upravljavcev bazenskih kopališč, da se zavedajo negativnih posledic, ki jih prinaša prekoračenje maksimalnega dovoljenega števila kopalcev, ki jih bazensko kopališče lahko sprejme.

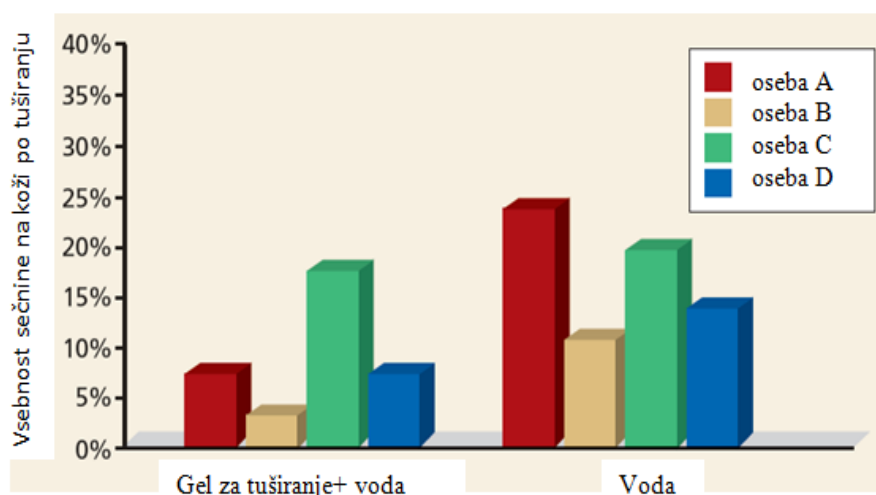


**Graf 3** Graf koncentracije TTHM in števila kopalcev v bazenski vodi (Chu in Nieuwenhuijsen, 2002: str. 245)

Kopalce je potrebno vseskozi opozarjati in jih seznanjati s prednostmi uporabe toalet, bazenčkov za noge ter bočnih prh za noge ter prednostmi tuširanja pred vhodom na bazensko ploščad. Med kopalci je pogosto zaznati namerno uriniranje v bazensko vodo, zato je potrebno kopalce izobraževati in jih seznanjati z negativnimi vplivi njihovega početja na dogajanje v bazenski vodi. Omejitev vnosa prekurzorjev v bazensko vodo je dejansko eden najenostavnejših in po drugi starani tudi najbolj učinkovitih ukrepov za izboljšanje kvalitete bazenske vode (Weaver *et al.*, 2009).

Tuširanje pred vstopom na bazensko ploščad je sicer v skladu s trenutno veljavno slovensko zakonodajo obvezno, vendar se v praksi nadzor o dejanskem izpolnjevanju obveze ne izvaja. S tuširanjem odstranimo sledi znoja, urina, fekalnih ostankov, mikroorganizmov, kozmetike, sončnih krem in ostalih potencialnih onesnažil, ki bi sicer končale v bazenski vodi. Rezultat dosledne skrbi za lastno čistočo sta tako čistejša bazenska voda in manjša poraba kemičnih sredstev v postopku priprave vode pa tudi manj dražjih stranskih produktov dezinfekcije (WHO, 2006; PWTAG, 2009).

Stottmeister in Voigt (2006) ocenjujeta, da s tuširanjem pred vhodom v bazen odstranimo med 75 do 97 odstotkov sečnine, ki jo vsebuje rožena plast kože (*stratum corneum*) (Graf 4). Iz grafa je razvidno, da že s samim tuširanjem z vodo, v primerjavi z uporabo gela za tuširanje, uspešno speremo in odstranimo sečnino na koži.



**Graf 4** Vpliv tuširanja na vsebnost sečnine na roženi plasti kože (*stratum corneum*) (Stottmeister in Voigt, 2006: str. 2)

Keuten *et al.* (2011) so raziskovali vpliv tuširanja in nošenja plavalne kape na omejitve vnosa onesnažil, ki jih kopalci sicer vnesejo v bazensko vodo. Sodeč po rezultatih vprašalnikov, so ugotovili, da se kopalci dejansko ne zavedajo prednosti tuširanja in da ne vedo, da lahko bistveno pripomorejo k izboljšanju kvalitete vode in omejitvi nastanka stranskih produktov dezinfekcije. Ugotovili so, da večino nečistoč s telesa speremo z že 60 sekund trajajočim tuširanjem.

## 4.2 Odstranjevanje prekurzorjev in SPD v bazenski vodi

### 4.2.1 Filtracija na enoslojnih ali večslojnih zrnatih filtrih

Filtracija bazenske vode preko enoslojnega ali večslojnega filtra predstavlja enega najpomembnejših korakov pri pripravi bazenske vode. Kot polnilni medij v filtrirnih posodah se lahko uporabljajo različne granulacije kremenčevega peska, hidroantracit oz. antracit, steklo itd. Primarna naloga

filtracije je odpravljanje vzrokov za motnost in s tem izboljšanje vidljivosti v vodi in bistrosti vode (WHO, 2006). Na kakovost filtracije vplivajo filtrirna hitrost, temperatura, pH-vrednost, velikost zrn v filtrirni masi in velikost ter koncentracija nečistoč, ki jih želimo iz vode odstraniti (Šolar, 2011).

Pri pripravi bazenske vode filtracijo na klasičnih peščenih filtrih po navadi dopolnjujemo z doziranjem sredstva za kosmičenje, saj s tem izboljšam učinek filtracije (Šolar, 2011). Kar 70% javnih bazenov v Nemčiji pri pripravi bazenske vode uporablja omenjeno kombinacijo (Baldauf, 2004 cit. po Glauner *et al.*, 2005a).

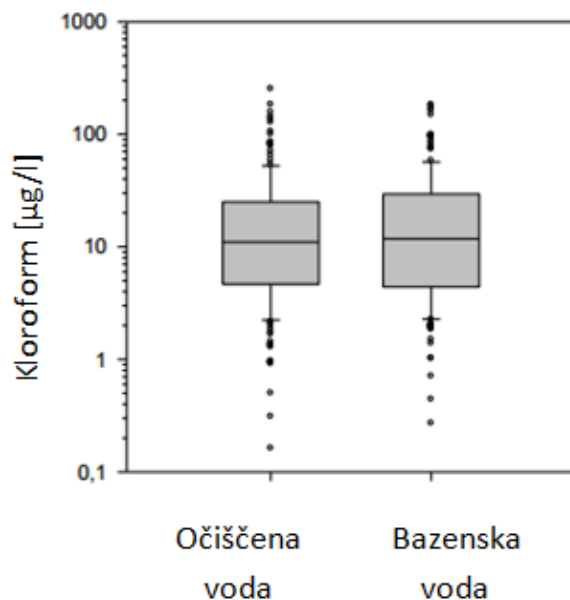
S samo filtracijo iz vode izločimo grobe delce velikosti do cca. 1  $\mu\text{m}$ . Kadar pa krožeči bazenski vodi pred obtočno črpalko doziramo flokulant (aluminijeve in železove soli), v filtrabilno obliko pretvorimo tudi grobo dispergirane koloidne delce, saj se organska onesnaževala, ki imajo praviloma negativni naboj, povežejo v večje flokule, ki se potem zadržijo na peščenem filtru. Poleg tega z omenjenim načinom priprave vode do neke mere odstranimo tudi prekurzorje za nastanek THM (mešanico huminskih in fulvinskih kislin) (PWTAG, 2009). Vendar na ta način iz bazenske vode izločimo le okrog 30% nečistoč. Preostali delež nečistoče predstavljajo raztopine (urin in znoj), ki pa jih na do sedaj opisan način ne moremo izločiti (Šolar, 2011). Zato z napredno filtracijo v kombinaciji s flokulacijo ne dosežemo učinkovite eliminacije prekurzorjev za nastanek stranskih produktov, niti stranskih produktov samih (Glauner, 2005a).

Učinek filtracije nevarnih onesnaževal (mikroorganizmov ter kemijskih onesnaževal) lahko izboljšamo z dodajanjem površinsko aktivnih materialov v obstoječe peščene filtre ali pa s posebnimi filtracijskimi kolonami (aktivno oglje, diatomejska zemlja, antracit, kremenčeva siga, itd.). Pri tem se moramo zavedati, da površinsko aktivni materiali odstranjujejo le delce (tudi koloidne) ne pa raztopin.

Z antracitnim slojem iz filtrirajoče vode uspešneje odstranimo sledi železa, mangana, amonijevih ionov pa tudi organskih onesnažil (Akdolit, 2013). Antracit pridobivajo z mletjem in lomljenjem antracitnega oglja. V primerjavi z aktivnim ogljem nima izoblikovane notranje strukture por, zato je njegova notranja površina (BET površina v  $\text{m}^2/\text{g}$ ) manjša in znaša med 150-300  $\text{m}^2/\text{g}$ , kar ima za posledico dejstvo, da je primarna naloga antracita filtracija in ne adsorpcija (PWTAG, 2009). Prednost večslojne filtracije je tako izboljšanje kvalitete filtrata na račun tanke plasti antracita. Ker imamo pri pripravi bazenske vode opravka s povečanimi koncentracijami onesnažil v vodi, je zato plast antracita še toliko bolj pomembna. (Akdolit, 2013)

Peščeni filtri lahko predstavljajo dodaten vir nastanka SPD, saj se v njih koncentrirajo organska onesnažila, ki so vseskozi izpostavljena klorirani vodi. Erdinger in Mascher (2010) sta na podlagi analize 174 vzorcev bazenske vode in prefiltrirane (očiščene) vode (filtrat) ugotovila, da flokulacija v

kombinaciji s filtracijo nima vpliva na nastanek THM, saj so bile izmerjene koncentracije kloroforma v obeh vzorcih primerljive (Graf 5).



**Graf 5** Povprečna koncentracija kloroforma v prefiltrirani (očiščeni) vodi in bazenski vodi (Erdinger in Mascher, 2010: str. 5)

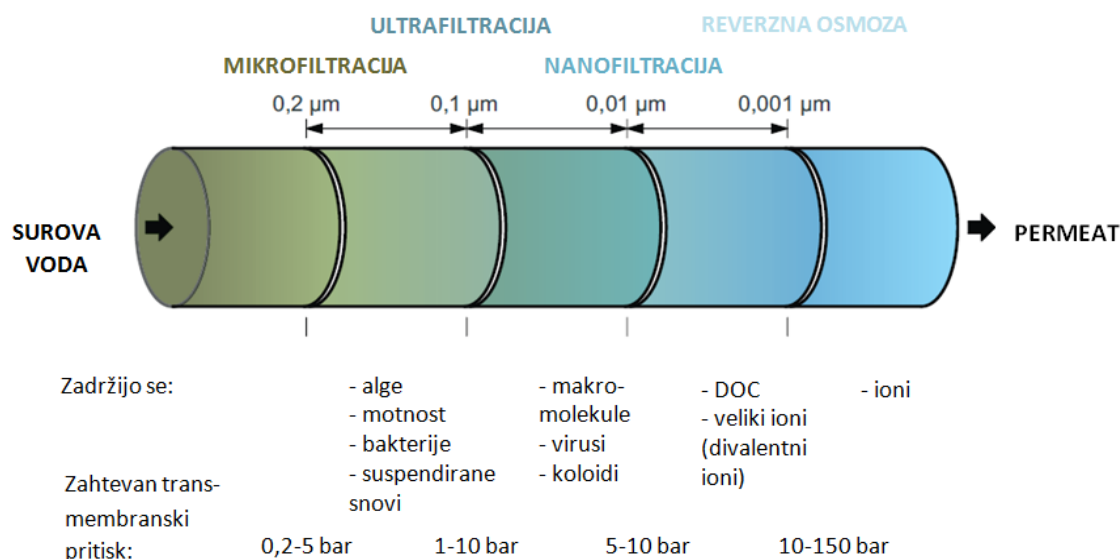
Zaradi nalaganja nesnage v porah filtrirne mase postane transport preko dolivne šobe skozi filtrirno maso oviran, zato v zaprti filtrirni posodi naraste tlak. Kadar je na vtoku v posodo večji tlak kot na iztoku iz nje, je priporočljivo filtre izprati, saj lahko v nasprotnem primeru pride do »prebitja« filtra, v najhujšem primeru filtrirna posoda počí. Izpiranje filtra poteka v nasprotni smeri poteka filtracije, pri tem se v različnih časovnih razponih izmenjujeta faza vode in zraka (Šolar, 2009).

Erdinger in Mascher (2010) sta ugotovila, da so v vzorcih izpiralne vode, koncentracije kloroforma nižje kot v vzorcih bazenske vode. Razlog za to tiči v dejstvu, da je med izpiranjem voda močno aerirana in tako kloroform izhlapi iz nje, zato je ključnega pomena, da fazi izpiranja z vodo sledi tudi t.i. faza »zraka«. Ker gre v primeru THM in AOX za spojine v topni obliki, je lahko razlog za omenjene nižje koncentracije v vzorcih izpiralne vode tudi v tem, da se omenjene spojine ne adsorbirajo na filtrirni medij oziroma v flokulah, ki jih filtri zadržijo.

#### 4.2.2 Membranska filtracija

Membranska filtracija predstavlja eno izmed najhitreje razvijajočih se vrst filtracij. Membranski filtri (površinska filtracija) v primerjavi s konvencionalnimi peščenimi filtri (globinska filtracija) zagotavljajo uspešnejše odstranjevanje delcev in mikroorganizmov, kar posledično pomeni, da je kvaliteta vode boljša. Tipi membran se med seboj razlikujejo po strukturi in funkcionalnosti in s tem tudi po velikosti membranskih por, ki se preko mikro- do ultra- in nano-filtracije ter reverzne osmoze

manjšajo, kar posledično pomeni, da se manjša tudi velikost zadržanih delcev (Slika 5). Voda se filtrira na dva načina, in sicer (1) da pod pritiskom prehaja skozi membrane (tlačnovodeni membranski procesi) oziroma (2) na način, da je na drugi strani podtlak, pri tem se iz vode izločijo delci različnih velikosti (Podbrežnik *et al.*, 2013). Pri pripravi bazenske vode je primernejši drugi način, saj so razlike (tlak/podtlak) relativno majhne.



**Slika 5** Membranski procesi glede na velikost por membrane oz. delcev, ki se ločujejo (HydroGroup, 2012)

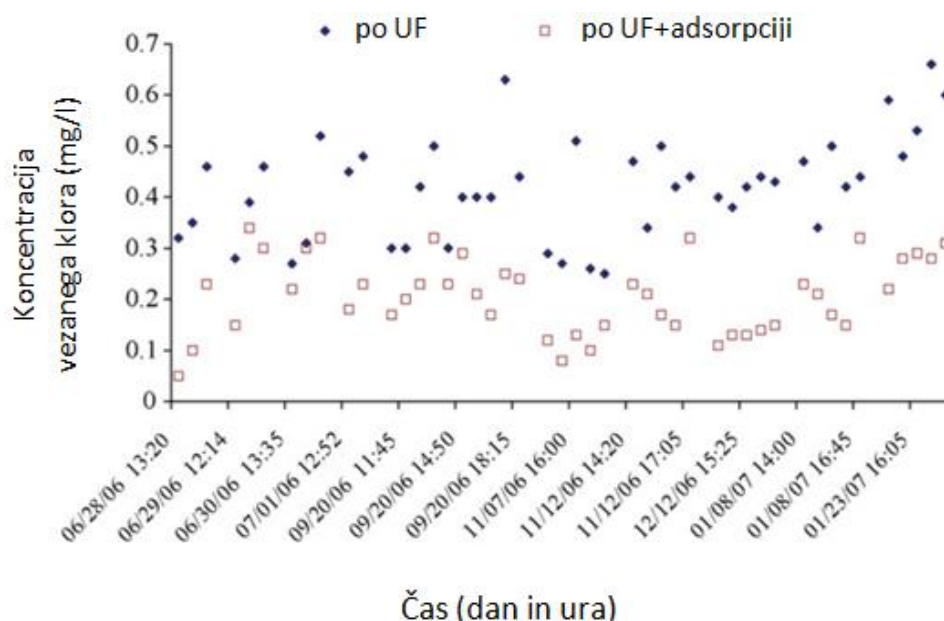
V postopkih priprave bazenske vode se uporabljajo predvsem UF-naprave. Ultrafiltracija je vključena v 4. del prenovljenega nemškega standarda DIN 19643-4: 2012. Z UF-napravami iz vode izločimo makromolekule, suspendirane snovi, koloidne delce in mikroorganizme (Lovibond, 2013). Seveda pa se pri pripravi bazenske vode lahko poslužujemo tudi drugih načinov, saj za končni učinek filtracije ni pomembna le membrana ampak tudi membranski modul in ne nazadnje tudi zgradba naprave.

V postopkih priprave bazenske vode se uporabljajo eno- ali večstezni UF-naprave, ki za razliko od konvencionalnih peščenih filtrov zavzemajo manj prostora in zagotavljajo boljši higienski izkoristek. Müller in Uhl (2009) sta ugotovila, da se s procesno kombinacijo, ki vključuje koagulacijo in ultrafiltracijo iz bazenske vode, uspešneje izloči več nečistoč kot pri konvencionalni pripravi bazenske vode, ki vključuje doziranje koagulantov in filtracijo na peščenem filtru.

Na UF-membranah se sicer zadržijo številne nečistoče in prekursorji za nastanek SPD, a raztopljenih SPD, kot so THM in kloramini (spojine z nizko molekularno težo), z UF-membranami ne izločimo/odstranimo (W.E.T., 2007), zato je potrebno posegati po membranskih filtrih z manjšo poroznostjo (NF), ki se sicer v praksi ne uporabljajo, saj njihovo obratovanje povezujemo z visokimi obratovalnimi stroški (Glauner *et al.*, 2005a), ali pa je potrebno omenjeni postopek priprave bazenske vode dopolniti z dodatnimi tehnološkimi procesi, kot je na primer adsorpcija na aktivnem oglju. S tem

izboljšamo kvaliteto bazenske vode na račun odstranjevanja nečistoč in s tem prekurzorjev za nastanek SPD ter SPD samih, kar posledično privede do manjše porabe dezinfekcijskega sredstva.

Cilj raziskave Barbota in Moulina (2008) je bil razviti nov in učinkovitejši način priprave bazenske vode, s katerim bi zmanjšali porabo klora, izboljšali učinek filtracije in s tem odstranjevanje organskih snovi in/ali SPD. Pri tem sta uporabila 16 ultrafiltracijskih membranskih modulov, sestavljenih iz votlih cevčic (angl. hollow fiber), narejenih iz celuloznega acetata in z izključitveno molekularno maso (angl. molecular weight cut-off (MWCO)) 100 kDa. Pri tem sta ugotovila, da se na membranah ne zadržijo molekule, ki so najbolj reaktivne s HOCl, zato sta postopek dopolnila z naknadno adsorpcijo na aktivnem oglju, s čimer sta zagotovila odstranitev delcev z nizko molekularno težo. Graf 6 prikazuje časovno gibanje koncentracij vezanega klora v primeru uporabe membranskih UF modulov, kot samostojni proces in v kombinaciji z doziranjem aktivnega oglja. Iz grafa je razvidno, da so se koncentracije vezanega klora po naknadni adsorpciji na aktivnem oglju bistveno znižale. Omenjene koncentracije se tako gibljejo znotraj dovoljene mejne koncentracije za vezani klor, ki v Franciji znaša 0,6 mg/l.

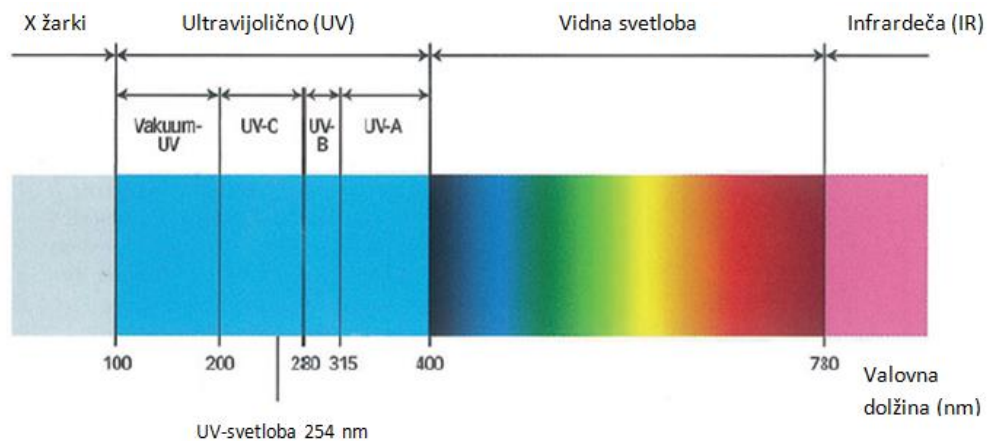


**Graf 6** Časovno gibanje koncentracij vezanega klora v primeru uporabe membranskih UF-modulov kot samostojni proces in v kombinaciji z doziranjem aktivnega oglja (Barbot in Moulin, 2008, str. 55)

#### 4.2.3 UV-obsevanje

V elektromagnetnem spektru (Slika 6) je ultravijolična (UV) svetloba z valovno dolžino med 100 in 400 nm prisotna med X žarki in vidno svetlobo. UV-spekter je sestavljen oziroma obsega vakuum UV-(VUV) žarke, UV-C (200-280 nm), UV-B (280-315 nm) in UV-A (315-400 nm) žarke (White, 2010).



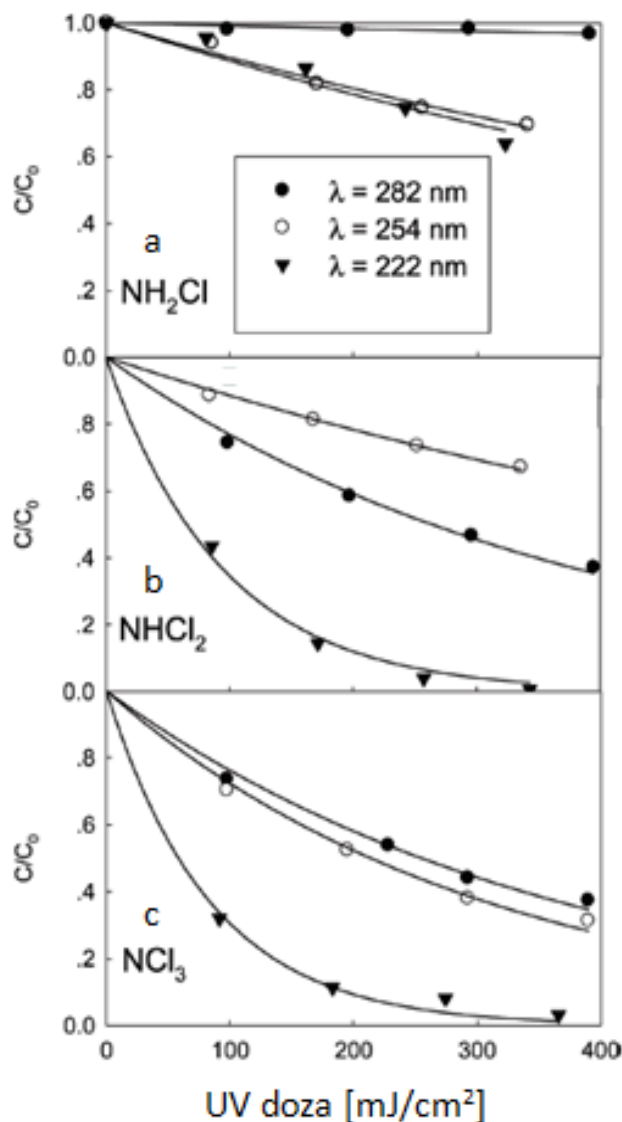


**Slika 6** Spekter elektromagnetnega valovanja (Lovibond, 2013: str. 22)

V bazenski tehnologiji se uporablja predvsem s ciljem izboljšanja kvalitete bazenske vode. Gre za fizikalni proces, kar pomeni, da se v bazensko vodo ne vnašajo dodatna kemična sredstva, ki bi kakorkoli vplivala na kvaliteto vode. Nastajanje stranskih produktov pri omenjeni metodi je sicer možno, vendar za enkrat ocenjeno kot nepomembno. Ker UV-dezinfekcija nima rezidualnega učinka, se bazenski vodi v zadnjem koraku priprave dodaja klor oz. klorovi pripravki (IVZ, 2006).

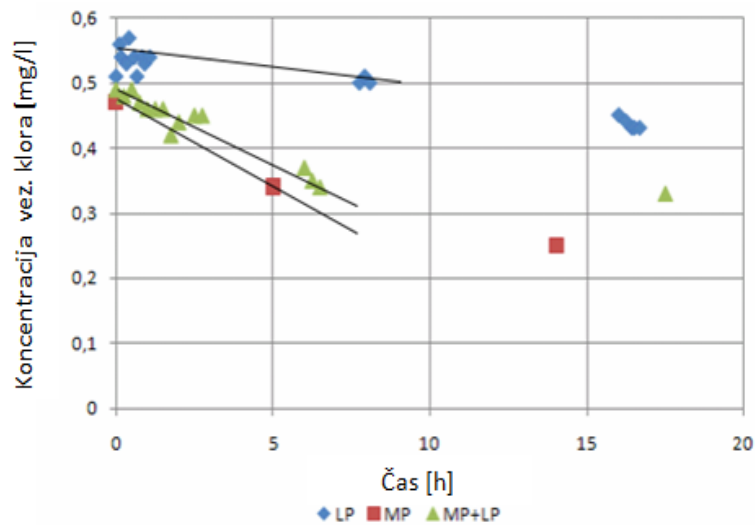
Obsevanje z UV-svetlobo inaktivira mikroorganizme, tako da poškoduje njihov dedni material (DNA) in s tem onemogoči nadaljnje razmnoževanje. Poleg tega pa imajo fotoni krajših valovnih dolžin (UV-C) dovolj energije, da prožijo fotolitske oz. foto-oksidacijske reakcije s snovmi. Za dezinfekcijo pitne vode se uporabljajo nizkotlačna (angl. low-pressure-LP) UV-svetila, medtem ko so pri vgradnji v bazenske sisteme pogosteje uporabljajo polikromatska srednje tlačna (angl. medium-pressure-MP) UV-svetila, saj slednja za razliko od nizkotlačnih (monokromatsko pri 254 nm), sevajo svetlobo v širšem razponu valovnih dolžin, in sicer med 200 in 400 nm. Doza (moč sevanja) se izraža v  $\text{mJ}/\text{cm}^2$  oziroma  $\text{Ws}/\text{m}^2$  (White, 2010).

Vgradnja UV-naprav v bazenske sisteme se je začela v 80-ih letih 20. stoletja, in sicer s ciljem zmanjševanja koncentracij anorganskih kloraminov (vezanega klora) (PWTAG, 2009). Li in Blatchley (2009) sta preučevala foto-razpad: mono-, di- in trikloramina kot funkcijo UV-doze pri treh različnih valovnih dolžinah ( $\lambda$ ) (222 nm-UV<sub>222</sub>; 254 nm-UV<sub>254</sub>; 282 nm-UV<sub>282</sub>) (Graf 7). Ugotovila sta, da so anorganski kloramini občutljivi na obsevanje z UV-svetili ter da je foto-razpad močno odvisen od valovne dolžine. Iz Grafa 7 je razvidno, da sta di- in trikloramin bolj občutljiva na UV-obsevanje kot monokloramin. Približno 99% dikloramina in 97% trikloramina razpade pri izpostavljenosti UV<sub>222</sub> in dozi  $343 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  oziroma  $366 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ .



**Graf 7** Foto-razpad: (a) mono-, (b) di- in (c) tri-kloramina, kot funkcija UV-doze pri treh valovnih dolžinah ( $\lambda$ ) pri pH-vrednosti 7,5 (Li in Blatchley, 2009: str. 62)

Pri obsevanju s srednjetačnimi UV-svetili se koncentracija vezanega klora zmanjšuje hitreje, kot pri obsevanju z nizkotlačnimi svetili (Graf 8) (Kristensen *et al.*, 2009). Cassan *et al.* (2006) so ugotovili, da se je koncentracija vezanega klora v bazenski vodi v primerjavi s stanjem pred vgradnjo srednjetačnih UV-sevala znižala za okrog 67% na okrog 0,2 mg/l. Srednjetačna UV-sevala pa ne izboljšujejo samo kvalitete bazenske vode na račun nižanja koncentracije kloraminov, temveč se posledično izboljša tudi kvaliteta zraka (Cassan in Drakides, 2011).



**Graf 8** Odstranjevanje vezanega klora z UV-sevali (Kristensen *et al.*, 2009: str. 7)

UV-svetloba ne zmanjša vsebnosti že obstoječih THM (Šolar, 2011). Cassan *et al.* (2006) so pri analizi rezultatov študije opazili celo povečano nastajanje THM pri obsevanju s srednjetačnimi svetili. Povečali sta se predvsem koncentraciji kloroforma in bromodiklorometana, medtem ko so se koncentracije bromoforma in dibromoklorometana znižale. Beyer *et al.* (2004) so po drugi strani ugotovili, da so se po obsevanju s srednjetačnimi UV-svetili koncentracije THM znižale. V zvezi s tem je potrebno omeniti, da so v času poteka raziskave omejili dodajanje sveže polnilne vode, v kateri so prisotne huminske kisline, ki so znan prekurzor za nastanek THM. Kristensen *et al.* (2009) so ugotovili, da so koncentracije THM ostale nespremenjene tako po obsevanju z nizkotlačnimi kakor po obsevanju s srednjetačnimi UV-sevali.

#### 4.2.4 Ozoniranje

Ozon ( $O_3$ ) je modrikast plin, ki je v topli vodi slabo topen in je eden izmed najmočnejših oksidacijskih sredstev, ki se uporablja pri pripravi bazenske vode. V postopkih priprave bazenske vode se uporablja že vse od leta 1964. Naloga ozona pa ni samo oksidiranje v bazenski vodi prisotnih nečistoč in s tem prekurzorjev za nastanek SPD, kar posledično pomeni manj nastajanja SPD, temveč je zaradi virucidnega in baktericidnega učinka tudi učinkovito alternativno dezinfekcijsko sredstvo (Glauner *et al.*, 2005b).

Ozon je oksidant in dezinfekcijsko sredstvo, ki se proizvaja na mestu uporabe (*in-situ*). Ker nima rezidualnega dezinfekcijskega učinka, je potrebno recirkulirajoči vodi s ciljem zagotavljanja mikrobiološke varnosti naknadno dozirati še rezidualno dezinfekcijsko sredstvo (klor oz. klorove pripravki). Simonič (2010) v članku, kjer povzema rezultate analiz 186 bazenov v Koreji, ugotavlja, da

pri pripravi bazenske vode, kjer se v kombinaciji uporabljata ozon in klor za razliko od klora samega, nastane do 40% manj THM (THM vsota).

Ozon je plin, čigar reakcije v vodi lahko opišemo preko dveh mehanizmov: direktne reakcije z molekularnim ozonom, ki je selektivni oksidant, ter indirektno reakcije s prostimi (hidroksilnimi) radikali (HO•), ki nastanejo ob razpadu ozona v vodi. Hidroksilni radikali so neselektivni in hitro reagirajo s tarčnimi molekulami (Gottschalk *et al.*, 2010).

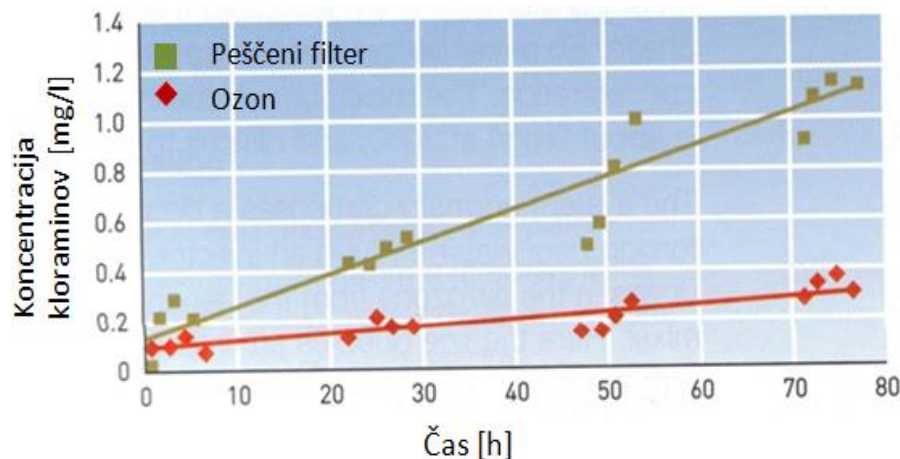
Ozoniranje in procesne kombinacije, ki vključujejo uporabo ozona, so opisane v 3. delu prenovljenega standarda DIN 19643-3: 2012. Cirkulirajoča bazenska voda je izpostavljena koncentracijam prikazanim v Preglednici 4, pri čemer je količina dodanega ozona odvisna od temperature vode. Priporočeni kontaktni (reakcijski) čas med ozonom in filtratom morajo biti večji od treh minut (>3), priporočen kontaktni čas je med 3 in 10 minutami.

**Preglednica 4** Potrebne koncentracije ozona pri različnih temperaturah po DIN 19643 (Šolar, 2011: str. 106)

Temperatura [°C]	Koncentracija ozona [g O <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> ]
≤ 28	≥ 0,8
> 28°C - ≤ 32°C	≥ 1,0
> 32°C - ≤ 35°C	≥ 1,2
> 35°C	≥ 1,5

Večina organskih nečistoč v bazenski vodi, predvsem organske-dušikove spojine (sečnina, amino kisline...) in halogenirane organske spojine, kot so THM, je slabo reaktivnih z ozonom in so zato le delno oksidirane v času, ki se priporoča po DIN. Prednost delne oksidacije je, da organski material postane bolj polaren in se ob prisotnosti polivalentnih kationov združuje v večje makromolekule (mikro-filtracija), ki jih lahko s filtracijo uspešneje odstranimo (Rice, 1995).

Reakcije med ozonom in kloramini (vezani klor) so počasne. Produkt reakcij med kloramini in ozonom so kloridni in nitratni ioni. Eichelsdörfer in Jandik (1985) sta poročala, da podaljšan kontaktni čas, 20 minut in več, v primerjavi s 3 minutami, pomembno vpliva na učinkovitost eliminacije kloraminov. Pri podaljšanih kontaktnih časih nastaja tudi manj trihalometanov, predvsem na račun redukcije organskega materiala kopalcev. Iz Grafa 9 je razvidno, da z ozoniranjem bazenske vode uspešneje izpolnujemo zakonsko določene omejitve za parameter vezani klor (kloramini) kot v primerjavi s filtracijo na peščenih filtrih (PWTAG, 2009).



**Graf 9** Učinkovitosti ozonizacije in filtracije preko peščenega filtrirnega medija na zmanjševanje koncentracij kloraminov v primerjavi s časom (PWTAG, 2009: str. 73)

Ozon je toksičen plin, ki ga proizvajamo na mestu apliciranja (doziranja). V vodi je nestabilen in zato uhaja v ozračje, kjer se zadržuje na gladini vode, saj je težji od zraka, zato je potrebno presežni ozon iz vode odstraniti. Velja, da v filtratu ne sme biti več kot 0,05 mg/l ozona. Nevtralizacija (odstranjevanje) ozona iz vode poteka s pomočjo filtracije preko filtrov z granuliranim aktivnim ogljem.

#### 4.2.5 Napredni oksidacijski procesi (AOP)

Napredni oksidacijski procesi (angl. **A**dvanced **O**xidation **P**rocess- **AOP**) so procesi, pri katerih nastajajo reaktivni hidroksilni radikali. Slednji ( $\text{HO}\cdot$ ) (2,8 V) imajo višji oksidacijski potencial kot molekularni ozon ( $\text{O}_3$ ) (2,07 V) in lahko hitro ter neselektivno reagirajo z organskimi in anorganskimi molekulami. Čeprav je ozon pri višjih pH-vrednostih ( $\text{pH} > 8$ ) sam neke vrste AOP pa med iniciatorje hidroksilnih radikalov štejemo tudi vodikov peroksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) in fotolizo z UV-svetlobo. S kombiniranjem dveh oksidantov, kot sta na primer:

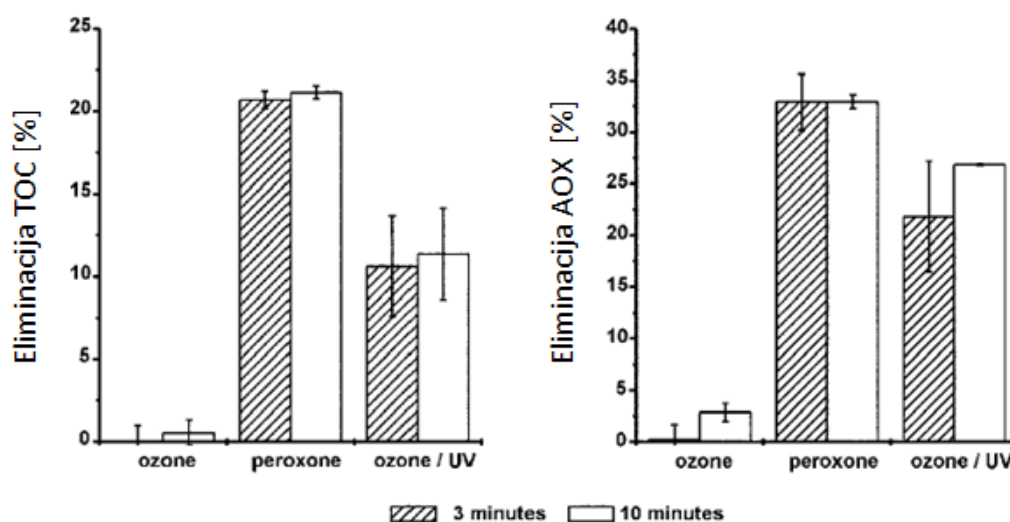
- $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$  (peroxon),
- $\text{O}_3/\text{UV}$  in
- $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ,

se oksidacijski potencial poveča in zato je učinek pri pripravi vode boljši (Gottschalk *et al.*, 2010).

Zanimanje za AOP se je povečalo, ko so ugotovili, da z njihovo pomočjo učinkoviteje oksidiramo onesnažila, torej prekurzorje in halogenirane stranske produkte, ki jih sicer s konvencionalno pripravo vode ne odstranimo (White, 2010). Ena izmed prednosti postopkov AOP je, da so visoki učinki doseženi že pri tlakih in temperaturah blizu normalnim pogojem (1 bar, 20°C), vendar pa gledano iz finančnega stališča, uporabo oksidantov povezujemo z visokimi stroški (Čehovin, 2013). White (2010) je po drugi strani mnenja, da so postopki AOP v primerjavi z adsorpcijo na granuliranem aktivnem

ogljju ali membransko filtracijo (reverzna osmoza) gledano z ekonomskega stališča primernejši, še posebej kadar je tarčnih spojin, ki jih želimo odstraniti, malo.

Glauner *et al.* (2005b) so ugotovili, da pri vpeljavi AOP postopkov, kot sta  $O_3/H_2O_2$  in  $O_3/UV$ , obstaja povečan potencial (angl. formation potencial-FP) za nastanek THM in AOX v primerjavi z ozoniranjem, kar lahko razložimo z dejstvom, da je ozon selektiven oksidant, OH-radikali pa so neselektivni oksidanti. Pri tem nastajajo aktivne organske spojine z nizko molekularno težo, ki delujejo kot prekursorji za nastanek THM v koraku naknadne dezinfekcije s klorom. Poleg tega sta ugotovila, da so za učinkovito eliminacijo  $TOC^2$  in  $AOX^3$  v primeru AOP ( $O_3/H_2O_2$  in  $O_3/UV$ ) potrebni krajši reakcijski časi kot pri oksidaciji z ozonom. Iz Grafa 10 je razvidno, da pri ozoniranju ni vidne eliminacije TOC in AOX po 3 minutah, niti po 10 minutah. Pri peroxone ( $O_3/H_2O_2$ ) procesu je eliminacija za parametra TOC in AOX po 3 minutah enaka eliminaciji po 10 minutah. Pri  $O_3/UV$  procesu pa podaljšana oksidacija (10 minut) izkazuje nekoliko večjo eliminacijo merjenih parametrov.



**Graf 10** Vpliv reakcijskega časa v zvezi z eliminacijo TOC in AOX pri ozoniranju in AOP (Glauner *et al.*, 2005b: str. 590)

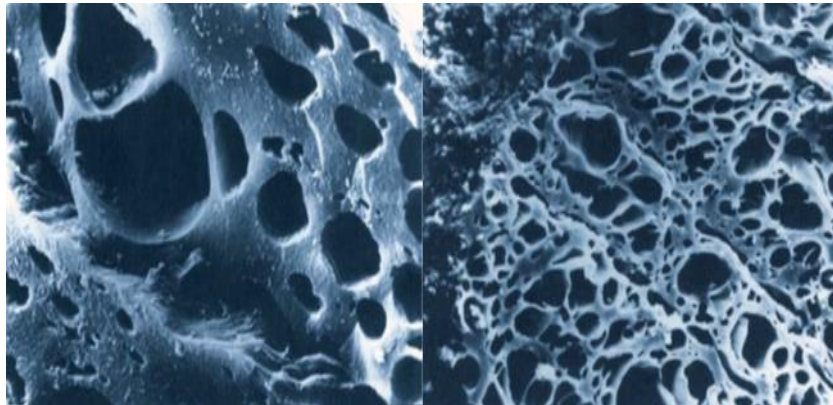
#### 4.2.6 Adsorpcija na aktivnem oglju (AO)

Adsorpcija je proces vezave snovi iz plinov ali kapljev (adsorbati) na/v površini/porah aktivnega oglja (adsorbent). Za adsorpcijo snovi na površini aktivnega oglja sta odgovorna dva mehanizma: kemična sorpcija in fizična adsorpcija. Aktivno oglje pridobivamo iz materialov, ki imajo veliko vsebnost ogljika, kot so oglja (lignit, bitumensko, ...), kokosove lupine, les, šote, olivne peške in drugi.

<sup>2</sup>TOC- celotni organski ogljik (angl. Total Organic Carbon). TOC je parameter, s katerim izražamo koncentracijo/količino vseh organskih snovi v vodi (Samec, 2006).

<sup>3</sup>AOX- adsorbiljni organski halogeni (angl. Adsorbable Organic Halogens). S parametrom AOX ocenjujemo količino halogeniranih organskih spojin, ki se adsorbirajo na aktivno oglje (Samec, 2006).

Med aktiviranjem (kemijska ali aktivacija s paro), ki poteka pri visokih temperaturah, se tako razvije značilna notranja struktura (Slika 7). Velikost notranje površine aktivnega oglja, ki se uporablja pri pripravi vod, je med 500 in 1500 m<sup>2</sup>/g. Poleg velikosti notranje aktivne površine pa je pomemben tudi premer/radij por. Razlikujemo med makro- (> 25 nm), ki služijo kot neke vrste »vstopna mesta«, mezo- (1-25 nm) in mikroporami (< 1nm). Slednjih je največ (~95%). Adsorpcija je proces, ki poteka na molekularni ravni, in sicer v mikro- in mezoporah (Donau Carbon, 2013).



**Slika 7** Aktivno oglje in struktura por, kakor je vidno izpod elektronskega mikroskopa (Donau Carbon, 2013)

Aktivno oglje (AO) je na razpolago v dveh oblikah, in sicer v prahu in granulah oz. zrnih. Pri pripravi bazenske vode se uporablja s ciljem izboljšanja kvalitete bazenske vode. AO v prahu se dozira v obliki vodne suspenzije tik pred obtočno črpalko, kadar imamo opravka s povečanimi vrednostmi za parameter THM. Dozira se v koncentracijah med 0,5-3 g/m<sup>3</sup> pretoka in vedno v kombinaciji s flokulantom. S samostojnimi filtri z AO v zrnu odstranimo preostali ozon (kadar se v postopku priprave bazenske vode uporablja ozon) ter klorirane dušikove spojine, halogenirane organske spojine (THM, AOX) in ostale reaktivne organske spojine (Lovibond, 2013).

Oesterholt *et al.* (2009) so ocenjevali alternativne metode dezinfekcije oziroma kombinacije tehnik pri pripravi bazenske vode na podlagi uspešnosti izpolnjevanja določenih kriterijev. Ugotovili so, da s kombinacijo dezinfekcijskega sredstva na osnovi klora (natrijev hipoklorit) in aktivnega oglja v prahu zagotovimo odstranitev AOX in kloraminov.

Filtre z zrnatim AO je potrebno v določenih časovnih razponih zaradi možnosti kontaminacije z mikroorganizmi izpirati. Življenjska doba filtrov z aktivnim ogljem v zrnu je pogojena z razpoložljivo aktivno površino. Kadar se aktivna površina zasiči, je potrebno celotno vsebino filtra nadomestiti z novo (Cameron Carbon, 2006). Regeneracije aktivnega oglja, ki se izvede termično pri približno 700°C, se ne poslužujemo.

### 4.3 Ostali ukrepi

#### 4.3.1 Nižanje pH vrednosti bazenske vode

Eden izmed načinov, da omejimo nastajanje nekaterih SPD je, da znižamo koncentracijo klora in pH vrednost bazenske vode v nekoliko bolj kislno, kar potrjujejo tudi rezultati danske študije, ki kažejo, da pri nižanju pH vrednosti iz tradicionalne 7,3 na 6,7 in koncentracije prostega klora na 0,4 mg/l nastane manj THM, AOX in vezanega klora (Kristensen *et al.*, 2007 citirano po Hansen *et al.*, 2011). Vendar pa lahko z nižanjem pH vrednosti pospešimo nastajanje zakonsko ne-reguliranih SPD, ki so za razliko od reguliranih SPD (THM in vezani klor (kloramini)) celo bolj toksični (Preglednica 5) (Hansen *et al.*, 2011; Hansen *et al.*, 2012a; Hansen *et al.*, 2012b).

**Preglednica 5** Povzetek raziskav vpliva pH-vrednosti na nastanek kloriranih SPD

NAMEN RAZISKAVE	REZULTAT	VIR
<b>Vpliv kloriranja analogov človeških izločkov (angl. body fluid analogues- BFA) na nastanek kloriranih SPD v razponu različnih pH-vrednosti (<math>6 \leq \text{pH} \leq 8</math>).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- z nižanjem pH-vrednosti se je zmanjšala koncentracija THM</li> <li>- z nižanjem pH-vrednosti se je povečala koncentracija haloacetonitrilov (HAN)</li> <li>- koncentracije halogenirane očetne kisline (HOK) so ostale v omenjenem razponu pH-vrednosti nespremenjene</li> </ul>	Hansen <i>et al.</i> , 2011
<b>Vpliv pH-vrednosti (<math>6 \leq \text{pH} \leq 8</math>) na nastajanje SPD, pri kloriranju delčkov antropogenega izvora, ki se zadržijo na grobem filtru bazena z vrtnčenjem tople vode.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- z nižanjem pH-vrednosti se je zmanjševala koncentracija THM</li> <li>- z nižanjem pH-vrednosti se je zmanjšala koncentracija HOK</li> <li>- z nižanjem pH-vrednosti se je povečala koncentracija HAN</li> </ul>	Hansen <i>et al.</i> , 2012a
<b>Vpliv kloriranja analogov človeških izločkov (angl. body fluid analogues- BFA) na nastanek kloriranih SPD v razponu različnih pH-vrednosti (<math>6 \leq \text{pH} \leq 8</math>).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pri pH-vrednostih nižjih od 7 (<math>\text{pH} &lt; 7</math>), je nastalo manj THM in več HAN, nastajanje HOK je ostalo nespremenjeno</li> <li>- pri pH-vrednosti manj od 7 se občutno poveča nastajanje trikloramina (<math>\text{NCl}_3</math>)</li> </ul>	Hansen <i>et al.</i> , 2012b

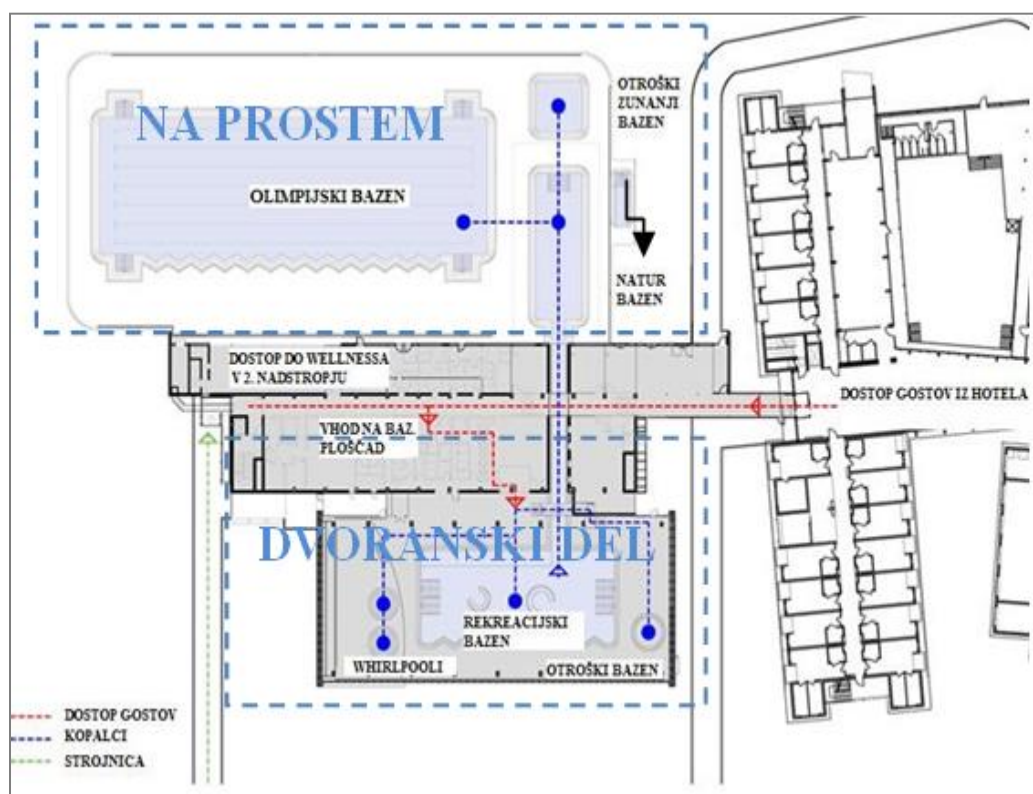


#### 4.3.2 Redčenje bazenske vode

S klasično pripravo bazenske vode (flokulacija-filtracija-dezinfekcija) iz nje ne odstranimo vseh onesnažil, zato lahko zaradi neprestanega kroženja bazenske vode in njenega le redkega menjavanja (odvisno od velikosti in tipa bazena) pride do akumulacije nekaterih nečistoč v njej. Ena izmed spojin, ki jih s klasično pripravo ne moremo odstraniti, je urin, zato je potrebno z dodajanjem sveže polnilne vode obstoječo vodo, v kateri se kopičijo snovi, redčiti (WHO, 2006; PWTAG, 2009). V primerih, ko so sodeč po rezultatih vzorčenj bazenske vode presežene posamezne dovoljene mejne vrednosti za fizikalno-kemijske parametre, je dejansko redčenje in s tem dodajanje sveže polnilne vode edini ukrep, s katerim zagotavljamo skladnost vode, kar pa ni nujno vedno poceni in v skladu s trajnostnim razvojem (Glauner *et al.*, 2005b). V skladu s Pravilnikom o minimalnih higienskih zahtevah, ki jih morajo izpolnjevati kopališča in kopalna voda v bazenih (Ur.l. RS, št. 39/2011 (popr. 64/2011)), je potrebno dnevno nadomestiti najmanj 30 litrov kopalne vode s polnilno vodo računano na uporabnika.

## 5 PRAKTIČNI PRIMER- TERME SONČNI PARK VIVAT

Terme Sončni park Vivat (v nadaljevanju Terme Vivat) so manjše terme v občini Moravske Toplice. Sodoben bazenski kompleks so obstoječi hotelski zgradbi dogradili leta 2006. Bazenski kompleks (Slika 8) se ponaša s  $\approx 514 \text{ m}^2$  vodnih površin v dvoranskem delu in  $\approx 948 \text{ m}^2$  vodnih površin na prostem, kar jih uvršča v skupino majhnih do srednje velikih kombiniranih bazenskih kopalnišč. V dvoranskem delu se nahajata dva bazena z vrtinčenjem tople vode, otroški bazen in rekreacijski bazen, ki je z izplavalnim kanalom povezan z zunanjim delom rekreacijskega bazena. Omenjeni bazeni obratujejo skozi celo leto. Na prostem se nahajata olimpijski bazen in otroški zunanji bazen- ti bazeni obratujejo le v obdobju toplejšega vremena, torej sezonsko ter t.i. natur bazen (Vivat, 2013).



**Slika 8** Bazenski kompleks Term Vivat- dvoranski del in del bazenov na prostem (Internetni vir 1)

V vseh bazenih, z izjemo natur bazena, se kot polnilna voda uporablja termalna voda, ki jo črpajo iz lastne geotermalne vrtine (Mt-8g/06). »Bela voda«, ki jo črpajo iz globine cca. 600 metrov, in sicer iz Murske formacije/vodonosne plasti ima na iztoku temperaturo  $\approx 55^\circ\text{C}$ , s pomočjo črpalk dosega, da je izliv »bele vode« nekje 20 l/s. Omenjena voda se črpa v akumulacijski bazen in od tam naprej po sistemu. »Bela voda« je okarakterizirana kot natrij hidrogen karbonatna kloridna voda. Sodeč po rezultatih laboratorijskih preskušanj na odvzetem vzorcu vode iz vrtine, ki mora v skladu s 6. členom pravilnika o minimalnih higienskih razmerah izpolnjevati pogoje, ki jih določa predpis, ki ureja pitno

vodo, z izjemo natrija, nobeden izmed izmerjenih parametrov ne presega predpisanih mejnih dovoljenih vrednosti.

Kot polnilna voda v natur bazenu se uporablja »črna naftna voda«, ki jo črpajo iz Špiljske formacije na globini  $\approx 1250$  metrov. Voda je rjavkaste barve in ima izrazit vonj po nafti. Temperatura vode na iztoku je  $\approx 60^\circ\text{C}$ . Ker se v omenjenem bazenu kopalna voda ne pripravlja in ne dezinficira s klorom ter se zato posledično na vzorcih bazenske vode ne opravljajo meritve za parameter THM, se omenjenemu bazenu v diplomski nalogi nisem podrobneje posvečala.

V bazenskem kompleksu Term Vivat se torej bazenska voda pripravlja za 6 bazenov, ki so vezani na 3 ločene bazenske sisteme: B1, B2 in B3. Kot dezinfekcijsko sredstvo se pri tem uporablja utekočinjen klor (plinski klor). Na posamezni bazenski sistem so vezani bazeni, ki imajo podobne lastnosti, kot so recimo temperatura vode in zahtevana koncentracija prostega klora. V bazenskem kompleksu Term Vivat je tako na sistem B1 vezan zunanji olimpijski bazen, na sistem B2 so vezani kombinirani rekreacijski bazen, otroški notranji in otroški zunanji bazen, na sistem B3 pa sta vezana bazena z vrtinčenjem tople vode.

Na podlagi rezultatov laboratorijskih preskušanj, ki jih za Terme Vivat opravljata akreditirana laboratorija iz Murske Sobote in Maribora, sem medsebojno primerjala posamezne kombinacije tehnoloških postopkov priprave bazenske vode (t.i. procesne kombinacije-PK) in njihov vpliv na koncentracije SPD. Pri obdelavi oziroma analizi podatkov in izrisu grafikonov sem si pomagala s programom Office Microsoft Excel. Delo sem si razdelila na sklope, tako da sem najprej obdelala rezultate vzorčenj posameznih bazenov (delež neskladnih oz. skladnih vzorcev zaradi fizikalnih, kemijskih in mikrobioloških parametrov), nato pa sem rezultate primerjala med sabo tako, da sem videla, ali med bazeni znotraj istega sistema obstajajo razlike v koncentracijah SPD.

Upoštevala sem rezultate vzorčenj v obdobju med januarjem 2009 in avgustom 2013. Število opravljenih vzorčenj se razlikuje glede na tip bazena (dvoranski/na prostem). Tako v splošnem velja, da se pri sezonsko obratujočih bazenih vzorci bazenske vode odvzamejo 2-krat mesečno, pri bazenih, ki obratujejo skozi celo leto pa 1-krat na mesec. Pri vsakem vzorčenju se odvzameta dva vzorca bazenske vode, eden s ciljem mikrobioloških in eden s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj. Kadar rezultati vzorčenj ne izpolnjujejo zakonskih zahtev, niso v skladu z določili pravilnika, se odredi ponoven odvzem vzorcev vode, zato se lahko število odvzetih vzorcev s ciljem mikrobioloških in fizikalno-kemijskih vzorčenj razlikujeta.

## 5.1 Bazenski sistem B1

Na bazenski sistem B1 (priloga A.1) je vezan olimpijski bazen (OLIMPB), ki je z vodno površino  $\approx 900\text{ m}^2$  in volumnom vode  $\approx 1215\text{ m}^3$  največji bazen v bazenskem kompleksu. Gre za bazen na

prostem, ki obratuje sezonsko (maj do september). Voda v bazenu je ogrevana na približno 26°C. Skozi leta na tem bazenskem sistemu niso spreminjali načina priprave bazenske vode, spremenili so le vrsto flokulanta. Pri pripravi bazenske vode gre za procesno kombinacijo, opisano v Preglednici 6. Poleg tega se bazenska voda vseskozi redči. Čas, v katerem se celotni volumen vode v olimpijskem bazenu prefiltrira skozi filtrirno napravo (angl. turnover period), znaša približno 4 ure, kar pomeni, da se v enem dnevu vsa voda prečrpa 6-krat.

**Preglednica 6** Priprave bazenske vode na sistemu B1

OZNAKA	OBDOBJE	OPIS PROCESNE KOMBINACIJE (PK)
PK1	jan. 2009 do danes	Doziranju flokulanta sledi filtracija preko treh zaporedno vezanih filtrirnih posod, polnjenih s kremenčevim peskom (višina filtrirnega medija=1,2 m; granulacija 0,63-1,00 mm), v zadnjem koraku pa se filtratu dozira utekočinjen plinski klor. <b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK</b> (1 filter) $\approx 300-330 \text{ m}^3/\text{h}$ (100-110 $\text{m}^3/\text{h}$ ) <b>HITROST FILTRCIJE:</b> $\approx 22 \text{ m/h}$ <b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV:</b> 1 krat/ teden oz. po potrebi

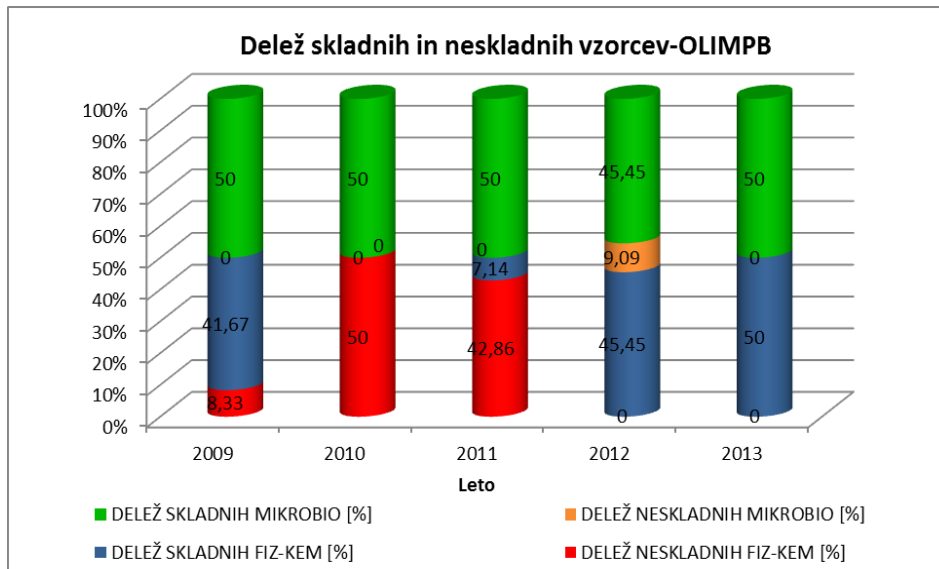
Ker se v bazenskem sistemu B1 bazenska voda vseskozi pripravlja na način opisan v preglednici 6, torej ena procesna kombinacija, sem rezultate vzorčenj primerjala po letih.

### 5.1.1 Delež skladnih in neskladnih vzorcev po letih

Na grafu 11 so prikazani deleži skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode, odvzeti s ciljem mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preskušanj po letih. Pri tem 100% predstavlja skupno število odvzetih vzorcev<sup>4</sup> v posameznem letu. V letu 2009 je bilo odvzetih 12 vzorcev bazenske vode, od tega je bilo 6 (50%) vzorcev vode odvzetih s ciljem mikrobioloških preskušanj in 6 (50%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj. Od skupno 6 odvzetih vzorcev vode je bil le 1 (16,7%) vzorec neskladen zaradi fizikalno-kemijskih parametrov. Leta 2010 je bilo skupno odvzetih 12 vzorcev bazenske vode, 6 (100%) od skupno 6 odvzetih vzorcev bazenske vode je bilo neskladnih zaradi fizikalno-kemijskih parametrov. Leta 2011 je bilo odvzetih 14 vzorcev bazenske vode, 7 (50%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj in 7 (50%) s ciljem mikrobioloških preskušanj. 6 (85,7%) od skupno 7 odvzetih vzorcev je bilo neskladnih zaradi fizikalno-kemijskih parametrov. Rezultati fizikalno kemijskih preskušanj so pokazali, da v letih 2012 in 2013 med odvzetimi vzorci bazenske vode ni bilo neskladnih. Iz grafa je razvidno, da z izjemo leta 2012, ko je bil od skupno 6 odvzetih

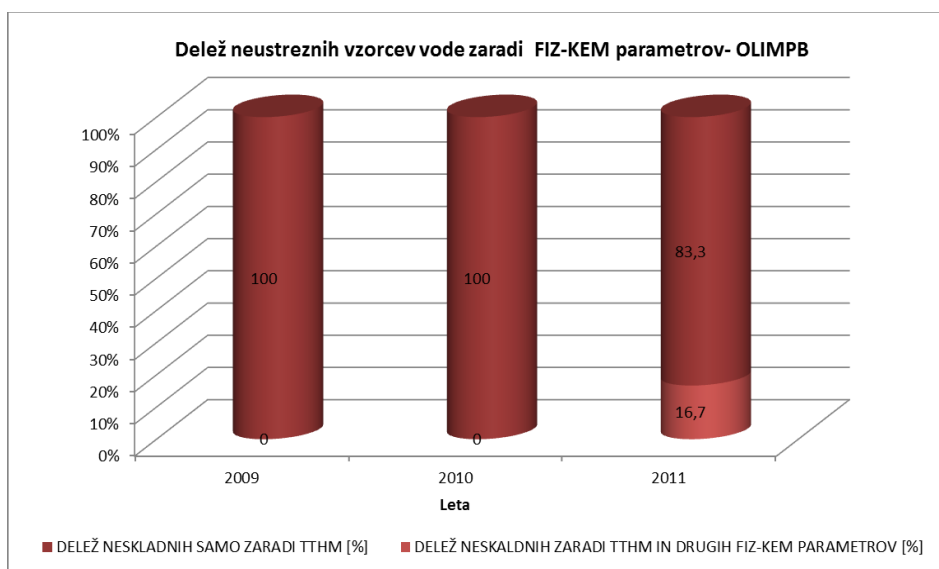
<sup>4</sup> Skupno število odvzetih vzorcev= št. vzorcev vode odvzetih s ciljem mikrobioloških preskušanj + št. vzorcev vode odvzetih s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj.

vzorcev bazenske vode 1 (16,7%) vzorec neskladen, vzorci bazenske vode ne presegajo mejnih dovoljenih vrednosti predpisanih za mikrobiološke parametre.



**Graf 11** Delež neskladnih in skladnih vzorcev bazenske vode po letih (OLIMPB)

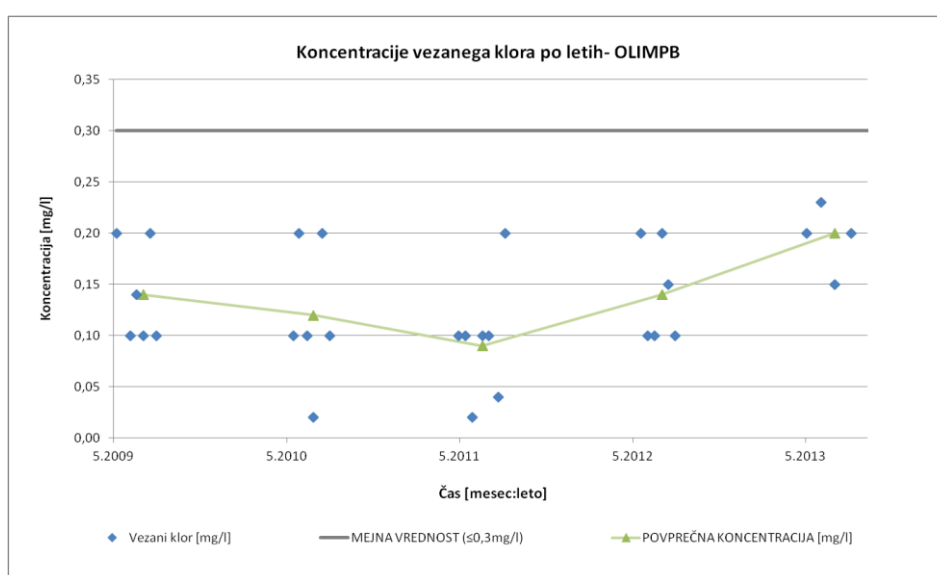
Če podrobneje raziščemo vzroke za neskladnost vzorcev bazenske vode, ugotovimo, da med fizikalno-kemijskimi parametri še posebej izstopa parameter THM (vsota) (v nadaljevanju (TTHM)) (Graf 12). Leta 2009 in 2010 so bili vsi vzorci bazenske vode neskladni izključno zaradi presežene mejne dovoljene vrednosti za parameter TTHM. Leta 2011 je bilo neskladnih 6 vzorcev bazenske vode, od tega 5 (83,3%) izključno zaradi presežene mejne dovoljene vrednosti za parameter vsota THM, v 1 (16,7%) primeru pa je bil vzorec vode neskladen zaradi neizpolnjevanja dveh fizikalno-kemijskih parametrov hkrati, in sicer parametra vsota THM in motnost.



**Graf 12** Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po letih (OLIMPB)

### 5.1.2 Koncentracije vezanega klora

Koncentracije vezanega klora po letih so prikazane na Grafu 13. Iz grafa je razvidno, da so bile koncentracije vseskozi pod mejno dovoljeno vrednostjo, ki znaša  $\leq 0,3$  mg/l. Koncentracije vezanega klora so se gibale v razponu vrednosti med 0,02 do 0,23 mg/l. Povprečna koncentracija vezanega klora je bila v letu 2009 0,14 mg/l, v letu 2010 0,12 mg/l, v letu 2011 0,09 mg/l, v letu 2012 0,14 mg/l in v letu 2013 0,02 mg/l. Iz grafa je razviden trend upadanja povprečnih koncentracij vezanega klora v bazenski vodi v letih 2010 in 2011. V letih 2012 in 2013 pa je bilo ponovno opaziti trend naraščanja povprečnih vrednosti vezanega klora v bazenski vodi.



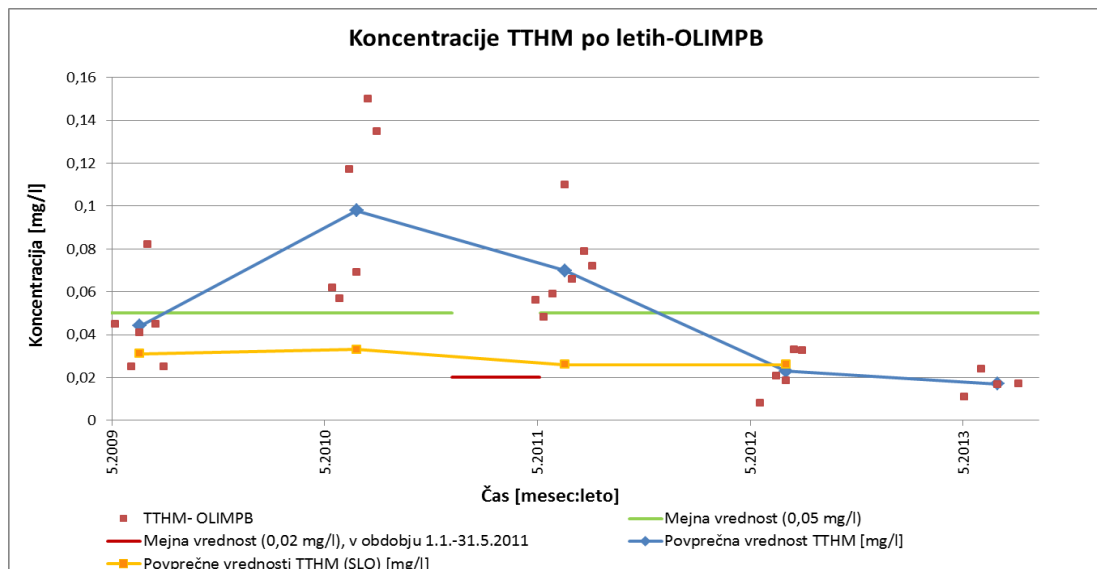
Graf 13 Koncentracije vezanega klora po času (OLIMPB)

### 5.1.3 Koncentracije THM

Časovni potek koncentracij TTHM je prikazan na Grafu 14. Najnižja izmerjena koncentracija za omenjeni parameter je znašala 0,008 mg/l, najvišja pa kar 0,150 mg/l. Povprečna koncentracija TTHM je bila v letu 2009 0,044 mg/l, v letu 2010 0,098 mg/l, v letu 2011 0,070 mg/l, v letu 2012 0,023 mg/l in v letu 2013 0,017 mg/l. Če primerjamo leto z najvišjo izmerjeno povprečno koncentracijo TTHM (l. 2010) in leto z najnižjo izmerjeno povprečno koncentracijo TTHM (l. 2013), ugotovimo, da se je povprečna koncentracija TTHM znižala kar za 82,65%. Iz grafa je po letu 2010 viden trend upadanja povprečnih vrednosti TTHM v bazenski vodi.

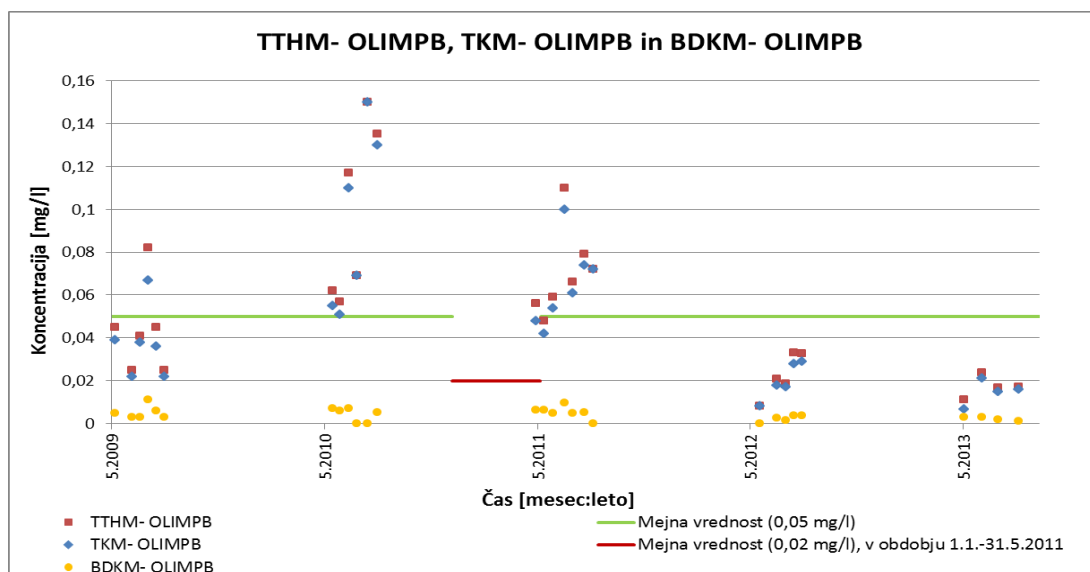
Iz Grafa 14 je razvidno, da so se koncentracije TTHM v letih 2012 in 2013 gibale pod mejno dovoljeno vrednostjo določeno v pravilniku, ki znaša 0,050 mg/l. V obdobju med 1.1. in 31.5. 2011 se je mejna dovoljena vrednost za omenjeni parameter znižala na 0,020 mg/l, vendar so jo 1.6.2011 ponovno dvignili na 0,050 mg/l. V prihodnosti je pričakovati, da se bo mejna dovoljena vrednost ponovno spustila na 0,020 mg/l, kar je tudi mejna dovoljena vrednost v skladu z nemškim standardom

DIN 19643. Preverili smo kolikšen delež odvzetih vzorcev bi v letih 2012 in 2013 izpolnil omenjeni kriterij. Od skupno 5 odvzetih vzorcev bi v letu 2012 kriterij izpolnila le 2 (40%) vzorca bazenske vode, v letu 2013 pa bi od skupno 4 odvzetih vzorcev kriterij izpolnili 3 (75%).



**Graf 14** Koncentracije TTHM po času (OLIMPB)

Na Grafu 15 so prikazane koncentracije TKM, BDKM in vsote THM (TTHM) v časovnem obdobju med majem 2009 in avgustom 2013. Podrobnejši podatki so podani v Prilogi B.1. Koncentracije TTHM so se gibale v razponu vrednosti med 0,008 mg/l in 0,150 mg/l, koncentracije TKM med 0,007 mg/l in 0,150 mg/l, koncentracije BDKM med 0,0011 mg/l in 0,011 mg/l ter koncentracije DBKM med <0,001 mg/l in 0,04 mg/l. Koncentracije TBM so bile zanemarljivo majhne (<0,001 mg/l). Ker so bili prispevki slednjih dveh v primerjavi s prispevki TKM in BDKM zanemarljivo majhni, na grafu niso prikazani. Iz Grafa 15 in podatkov o razponu vrednosti posameznih THM je razvidno, da koncentracije TTHM dobro sovpadajo s koncentracijami TKM, kar je razumljivo, saj TKM med vsemi štirimi THM v največjem deležu prispeva k vrednosti za parameter TTHM. V povprečju TKM sam predstavlja kar ≈90% celotne vrednosti za TTHM, sledita mu BDKM (≈9%) in DBKM (≈1%). Delež TBM je zanemarljiv.



Graf 15 Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (OLIMPB)

#### 5.1.4 Sklep

Iz podatkov je razvidno, da v sistemu B1 problema ne predstavljajo mikrobiološki parametri, saj je bil v analiziranem obdobju od skupno 29 odvzetih vzorcev bazenske vode le 1 (3,4%) vzorec neskladen. Po drugi strani pa pri fizikalno-kemijskih preskušanjih naletimo na velik delež neskladnih vzorcev bazenske vode. Samo v prvih treh letih (2009, 2010 in 2011) je bilo od skupno 19 odvzetih vzorcev bazenske vode kar 13 (68,4%) vzorcev neskladnih, od tega jih je bilo 12 (92,3%) neskladnih izključno zaradi parametra TTHM, v 1 (7,7%) primeru pa je bil vzorec bazenske vode neskladen zaradi neizpolnjevanja mejnih dovoljenih vrednosti za dva fizikalno-kemijska parametra hkrati, in sicer parametra TTHM in motnost.

Iz grafa 14 je razvidno, da je po letu 2010 zaznati trend upadanja povprečnih vrednosti TTHM v bazenski vodi. V začetku leta 2011 so v bazenskem kompleksu pričeli z doziranjem novega sredstva za kosmičenje, kar v primeru OLIMPB pomeni nekje med majem in junijem, saj bazen obratuje sezonsko. Upadanje vrednosti parametra TTHM v letu 2011 je torej najverjetneje pozitivna posledica uporabe novega in učinkovitejšega sredstva za kosmičenje. Po drugi strani pa je po letu 2011 zaznati povečanje povprečnih koncentracij parametra vezani klor, vendar se te kljub temu gibljejo znotraj mejne dovoljene vrednosti. Če primerjamo povprečne koncentracije TTHM na sistemu B1 s povprečnimi koncentracijami TTHM v slovenskih bazenih (Graf 2), ugotovimo, da je bila v letu 2009 povprečna koncentracija TTHM na sistemu B1 za slabih 30% višja, v letu 2010 za 66,3% višja, v letu 2011 pa za 62,9% višja. V letu 2012 je bila povprečna koncentracija TTHM na sistemu B1 v primerjavi s slovenskim povprečjem prvič nižja in je znašala 0,023 mg/l (0,026 mg/l-TTHM<sub>SLO</sub>).



Z omenjeno kombinacijo tehnoloških postopkov priprave bazenske vode so dosegli bistveno znižanje koncentracij TTHM v bazenski vodi, pri tem še posebej izstopata leti 2012 in 2013, ko fizikalno-kemijsko neskladnih vzorcev bazenske vode dejansko ni bilo. Kombinacijo tehnoloških postopkov, ki vključuje doziranje flokulanta, filtracijo na treh enoslojnih peščenih filtrih in naknadno dezinfekcijo označujemo tudi kot t.i. klasični oziroma konvencionalni način priprave bazenske vode, za katerega številni raziskovalci menijo, da ne zagotavlja odstranitve in zmanjšanja koncentracij prekurzorjev za nastanek SPD in SPD samih, vendar so v Termah Vivat dokazali prav nasprotno. Kljub dejstvu, da je bazen močno obremenjen predvsem v poletnih mesecih, se vrednosti parametrov TTHM in vezani klor v letih 2012 in 2013 vseskozi gibljejo pod zakonsko predpisanimi mejnimi dovoljenimi vrednostmi.

## 5.2 Bazenski sistem B2

Na bazenski sistem B2 (priloga A.2) so vezani kombinirani rekreacijski bazen (REKB), otroški notranji (OTRNB) in otroški zunanji bazen (OTRZB). Voda v bazenih je ogrevana na približno 34°C. Kombinirani rekreacijski bazen ima v stenah bazena vgrajene zračne in vodne masažne šobe ter je z vodno površino  $\approx 490,4 \text{ m}^2$  ter volumnom  $\approx 662,04 \text{ m}^3$  drugi največji bazen v bazenskem kompleksu. Omenjeni bazen in otroški notranji bazen obratujeta skozi celo leto, otroški zunanji bazen pa obratuje le sezonsko. Globina vode v otroškem notranjem in zunanjem bazenu znaša 0,35m. Glede na velikost vodne površine je otroški zunanji bazen ( $36 \text{ m}^2$ ) kar 3-krat večji kot otroški notranji bazen ( $12,67 \text{ m}^2$ ). Na bazenskem sistemu B2 so skozi analizirano obdobje bazensko vodo pripravljali na 4 različne načine, pri čemer so bazensko vodo vseskozi redčili. Procesne kombinacije so podrobneje opisane v Preglednici 7. Čas, v katerem se prefiltrira celoten volumen vode v kombiniranem rekreacijskem času, znaša približno 2 uri ( $\approx 12$  krat/dan), v otroškem notranjem bazenu se celotni volumen vode prefiltrira v približno 10 minutah ( $\approx 144$  krat/dan) in v otroškem zunanjem bazenu v 25 minutah ( $\approx 60$  krat/dan).

**Preglednica 7** Priprava bazenske vode na sistemu B2

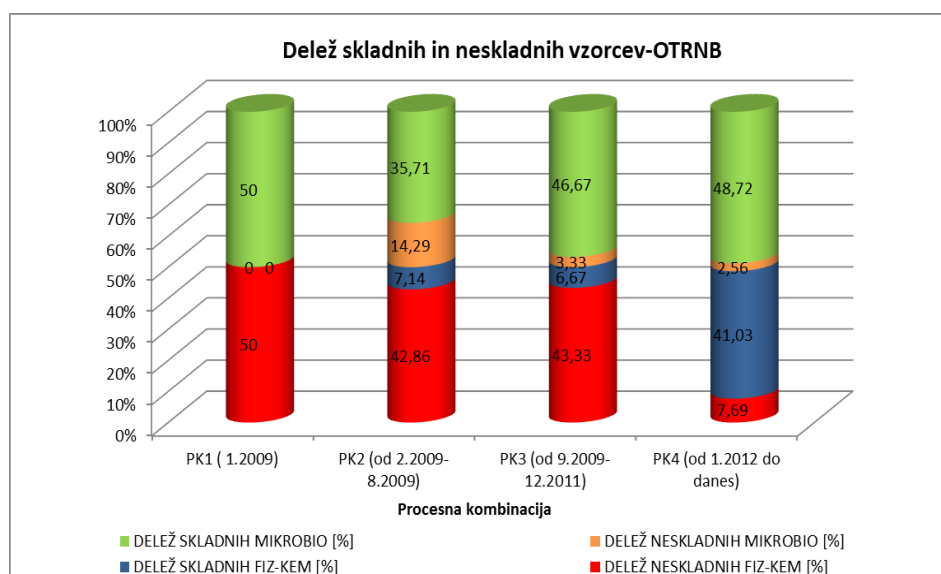
OZNAKA	OBDOBJE	OPIS PROCESNE KOMBINACIJE (PK)
PK1	jan. 2009	<p>Doziranju flokulanta je sledila filtracija na treh zaporedno vezanih filtrirnih posodah, polnjenih s kremenčevim peskom (višina filtrirnega medija=1,2 m; granulacija 0,63-1,00 mm), v zadnjem koraku pa se je filtratu doziral utekočinjen plinski klor.</p> <p><b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK</b> (1 filter): <math>\approx 390 \text{ m}^3/\text{h}</math> (<math>130 \text{ m}^3/\text{h}</math>)</p> <p><b>HITROST FILTRACIJE</b>: <math>\approx 25 \text{ m/h}</math></p> <p><b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV</b>: 2 krat/teden</p>
PK2	feb. 2009 – avg. 2009	<p>Zaporedje tehnoloških postopkov je bilo identično kot za časa PK1, tako da so na vrhno plast filtrirnega medija namestili vreče iz žaklovine, v katere so nasuli 5-10cm debelo plast aktivnega oglja v zrnju.</p> <p><b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK</b> (1filter): <math>\approx 345 \text{ m}^3/\text{h}</math> (<math>115 \text{ m}^3/\text{h}</math>)</p> <p><b>HITROST FILTRACIJE</b>: <math>\approx 21,7 \text{ m/h}</math></p> <p><b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV</b>: 2 krat/teden</p>
PK3	sept. 2009 – dec. 2011* (*sept. 2011- dec. 2011)	<p>Doziranju AO v prahu (v obliki pred-pripravljene vodne suspenzije) je sledilo (občasno) doziranje flokulanta in naknadna filtracija na treh enoslojnih peščenih filtrih ter doziranje utekočinjenega plinskega klora v zadnjem koraku priprave bazenske vode.</p> <p>* v tem obdobju so odstranili 20 cm debelo plast kremenčevega peska in nasipali 20 cm debelo plast antracita, granulacije 0,6-1,6 mm (skupaj torej 1,0 m kremenčevega peska + 0,2 m)</p> <p><b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK</b> (1 filter) <math>\approx 345 \text{ m}^3/\text{h}</math> (<math>115 \text{ m}^3/\text{h}</math>)</p> <p><b>HITROST FILTRACIJE</b>: <math>\approx 21,7 \text{ m/h}</math></p> <p><b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV</b>: 3 krat/teden in več</p>
PK4	jan. 2012 do danes	<p>Doziranju flokulanta (po potrebi) sledi filtracija preko treh zaporedno vezanih večslojnih filtrov (0,8 m kremenčevega peska + 0,4 m antracita), v zadnjem koraku pa se filtratu dozira utekočinjen plinski klor.</p> <p><b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK</b> (1 filter): <math>\approx 390 \text{ m}^3/\text{h}</math> (<math>130 \text{ m}^3/\text{h}</math>)</p> <p><b>HITROST FILTRIRANJA</b>: <math>\approx 25 \text{ m/h}</math></p> <p><b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV</b>: 1 krat/teden</p>

## 5.2.1 Delež skladnih in neskladnih vzorcev po procesnih kombinacijah

### 5.2.1.1 Otroški notranji bazen (OTRNB)

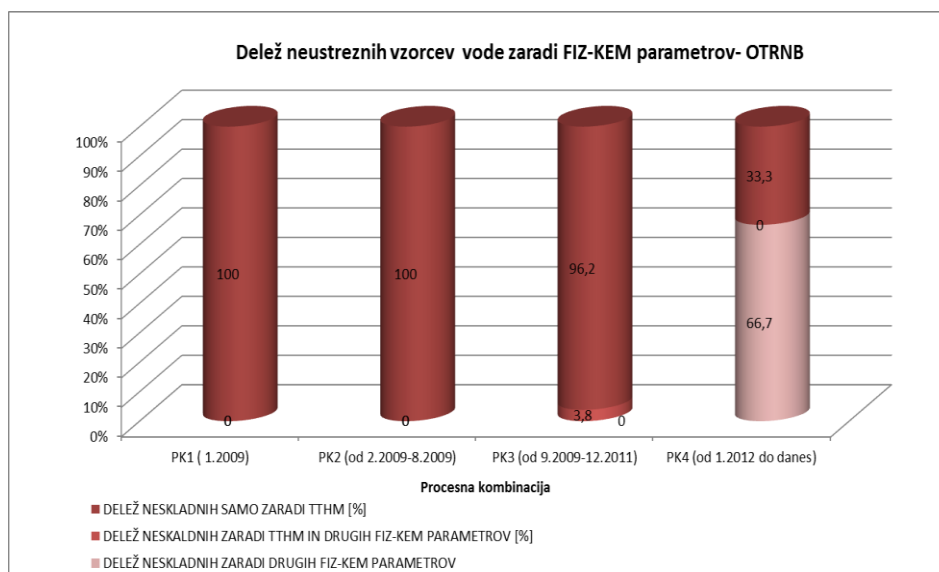
Na Grafu 16 so prikazani deleži skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode, odvzeti s ciljem mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preskušanj po procesnih kombinacijah. Pri tem 100% predstavlja skupno število odvzetih vzorcev v obdobju trajanja posamezne procesne kombinacije. Za časa PK1 sta bila odvzeta 2 vzorca bazenske vode. Vzorec odvzet s ciljem mikrobioloških preskušanj je bil skladen, vzorec odvzet s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj pa neskladen. V obdobju trajanja PK2 je bilo skupno odvzetih 14 vzorcev bazenske vode, od tega 7 (50%) s ciljem fizikalno-kemijskih

preskušanj in 7 (50%) s ciljem mikrobioloških preskušanj. 6 (85,7%) od skupno 7 odvzetih vzorcev je bilo neskladnih zaradi fizikalno-kemijskih parametrov in 2 (6,8%) zaradi mikrobioloških parametrov. Za časa trajanja PK3 je bilo skupno odvzetih 60 vzorcev bazenske vode, od tega 30 (50%) s ciljem mikrobioloških in 30 (50%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj. 26 (86,7%) vzorcev bazenske vode je bilo neskladnih zaradi fizikalno kemijskih parametrov in le 2 (6,7%) vzorca zaradi mikrobioloških parametrov. V obdobju trajanja PK4 je bilo skupaj odvzetih 39 vzorcev bazenske vode, od tega 19 (48,7%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj in 20 (51,3%) s ciljem mikrobioloških preskušanj. 3 (15,8%) vzorci bazenske vode so bili neskladni zaradi fizikalno-kemijskih parametrov in 1 (5%) vzorec zaradi mikrobioloških parametrov.



**Graf 16** Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (OTRNB)

Če podrobneje raziščemo vzroke za neskladnost vzorcev bazenske vode, ugotovimo, da med fizikalno-kemijskimi parametri še posebej izstopa parameter TTHM (Graf 17). Za časa trajanja PK1 in PK2 je bil vzrok neskladnosti vseh vzorcev bazenske vode presežena mejna dovoljena vrednost za parameter TTHM. Za časa trajanja PK3 je bilo od skupno 26 neskladnih vzorcev bazenske vode 25 (96,2%) vzorcev neskladnih izključno zaradi presežene mejne dovoljene vrednosti za parameter TTHM, v 1 (3,8%) primeru pa je bil vzorec neskladen zaradi dveh fizikalno-kemijskih parametrov hkrati (TTHM in motnost). V obdobju trajanja PK4 je bil od skupno 3 fizikalno-kemijsko neskladnih vzorcev bazenske vode le 1 (33,3%) vzorec neskladen izključno zaradi TTHM, 2 (66,7%) vzorca pa sta bila neskladna izključno zaradi neizpolnjevanja mejne vrednosti za parameter motnost.



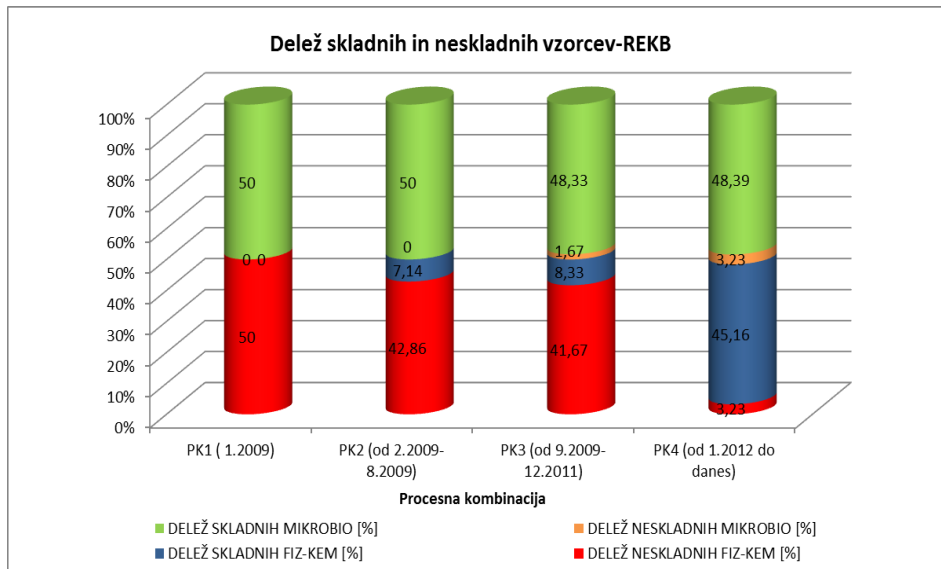
**Graf 17** Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (OTRNB)

### 5.2.1.2 Rekreativski bazen (REKB)

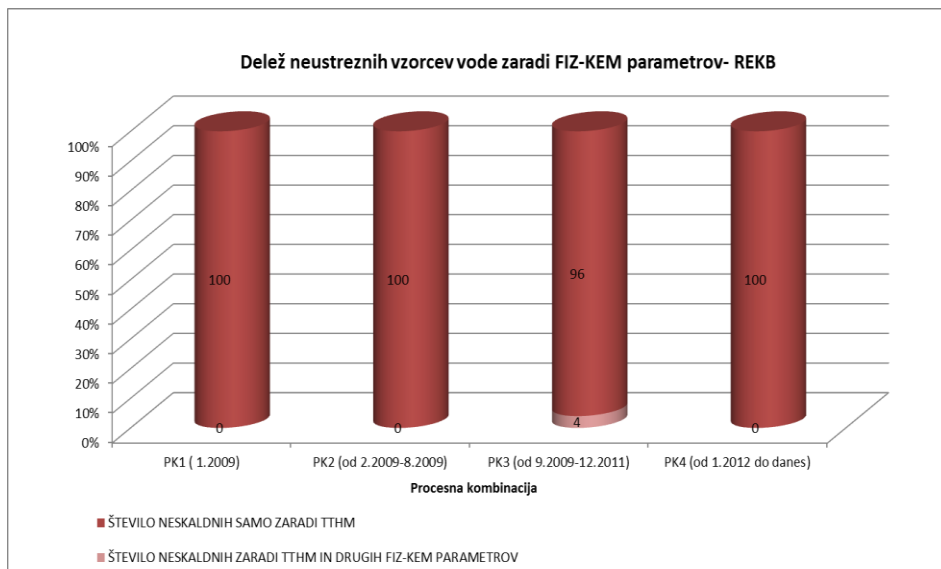
Na Grafu 18, so prikazani deleži skladnih in neskladnih vzorcev, odvzetih s ciljem mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preskušanj po procesnih kombinacijah. Pri tem 100% predstavlja skupno število odvzetih vzorcev v obdobju trajanja posamezne procesne kombinacije. Za časa PK1 sta bila odvzeta 2 vzorca bazenske vode. Vzorec odvzet s ciljem mikrobioloških preskušanj je bil skladen, vzorec odvzet s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj pa neskladen. V obdobju trajanja PK2 je bilo skupno odvzetih 14 vzorcev bazenske vode, od tega 7 (50%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj in od tega jih je bilo 6 neskladnih. 7 (50%) vzorcev je bilo odvzetih s ciljem mikrobioloških preskušanj in prav vsi so bili skladni. Za časa trajanja PK3 je bilo skupno odvzetih 60 vzorcev bazenske vode, od tega 30 (50%) s ciljem mikrobioloških in 30 (50%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj. 25 (83,3%) vzorcev bazenske vode je bilo neskladnih zaradi fizikalno kemijskih parametrov in 1 (6,3%) vzorec zaradi mikrobioloških parametrov. V obdobju PK4 je bilo skupaj odvzetih 31 vzorcev bazenske vode, od tega 15 (48,4%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj in 16 (51,6%) s ciljem mikrobioloških preskušanj. 1 (6,7%) vzorec bazenske vode je bil neskladen zaradi fizikalno-kemijskih parametrov in 1 (6,3%) vzorec zaradi mikrobioloških parametrov.

Če podrobneje raziščemo vzroke za neskladnost vzorcev bazenske vode, ugotovimo, da med fizikalno-kemijskimi parametri še posebej izstopa parameter TTHM (Graf 19). Za časa trajanja PK1, PK2 in PK3 je bil vzrok neskladnosti vseh vzorcev bazenske vode izključno presežena mejna dovoljena vrednost za parameter TTHM. Za časa trajanja procesne kombinacije PK3 je bilo od skupno 25 fizikalno-kemijsko neskladnih vzorcev bazenske vode 24 (96,0%) vzorcev neskladnih izključno zaradi

presežene mejne dovoljene vrednosti za TTHM, v 1 (4%) primeru pa je bil vzorec neskladen zaradi neizpolnjevanja mejnih vrednosti za dva fizikalno-kemijska parametra hkrati (TTHM in motnost).



**Graf 18** Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (REKB)

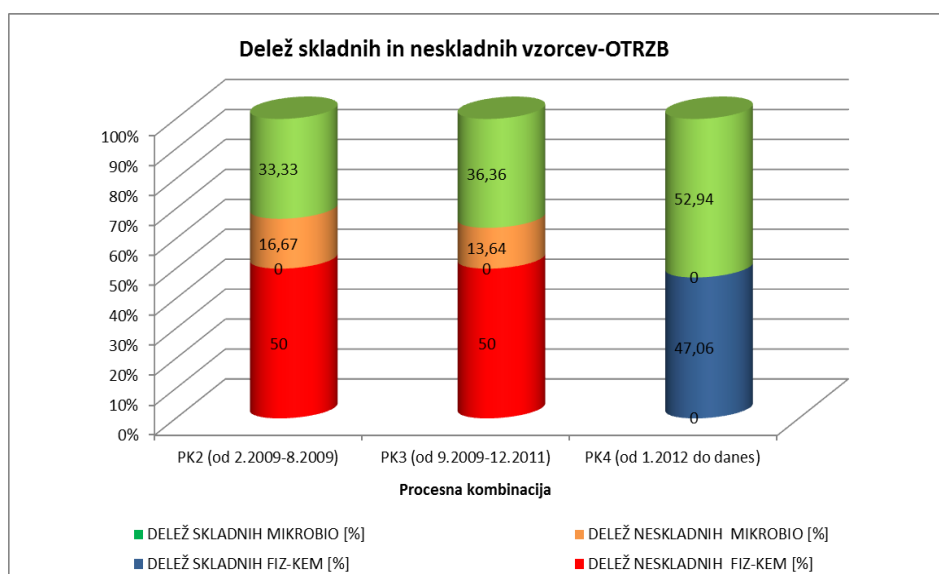


**Graf 19** Deleži neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (REKB)

### 5.2.1.3 Otroški zunanji bazen (OTRZB)

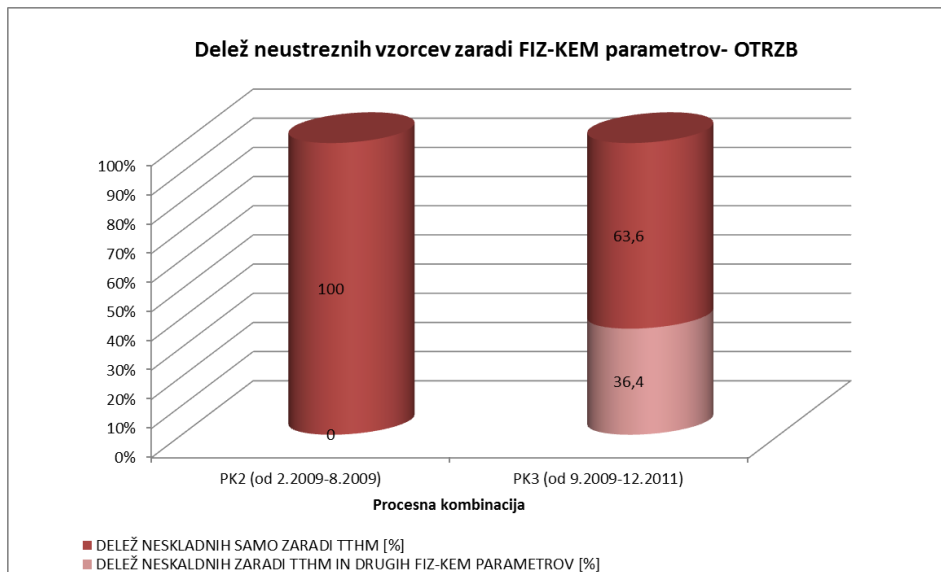
Na Grafu 20 so prikazani deleži skladnih in neskladnih vzorcev, odvzeti s ciljem mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preskušanj po procesnih kombinacijah. Pri tem 100% predstavlja skupno število odvzetih vzorcev v obdobju trajanja posamezne procesne kombinacije. Otroški zunanji bazen za časa PK1 ni obratoval. Za časa trajanja PK2 in PK3 je bilo skupno odvzetih 12 oziroma 22 vzorcev bazenske vode, od tega 6 oziroma 11 s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj in 6 oziroma 11 s ciljem

mikrobioloških preskušanj. Vsi (100%) vzorci, na katerih so se opravljala fizikalno-kemijska preskušanja so bili neskladni. Za časa PK2 sta bila zaradi mikrobioloških parametrov neskladna dva (33,3%), za časa PK3 pa trije (27,3%) vzorci bazenske vode. V obdobju PK4 je bilo skupaj odvzetih 17 vzorcev bazenske vode, od tega 8 (47,06%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj in 9 (52,94%) s ciljem mikrobioloških preskušanj. Vsi vzorci bazenske vode so bili skladni.



**Graf 20** Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (OTRZB)

Če podrobneje raziščemo vzroke za neskladnost vzorcev bazenske vode, ugotovimo, da med fizikalno-kemijskimi parametri še posebej izstopa parameter TTHM (Graf 21). Za časa trajanja PK2 je bil vzrok neskladnosti vseh vzorcev bazenske vode izključno presežena mejna dovoljena vrednost za parameter TTHM. V obdobju PK3 je bilo od skupno 11 neskladnih vzorcev bazenske vode 7 (63,6%) vzorcev neskladnih izključno zaradi presežene mejne dovoljene vrednosti za TTHM, 4 (36,4%) vzorci bazenske vode pa so bili neskladni zaradi neizpolnjevanja mejnih vrednosti za dva fizikalno-kemijska parametra hkrati (TTHM in motnost).



**Graf 21** Deleži neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (OTRZB)

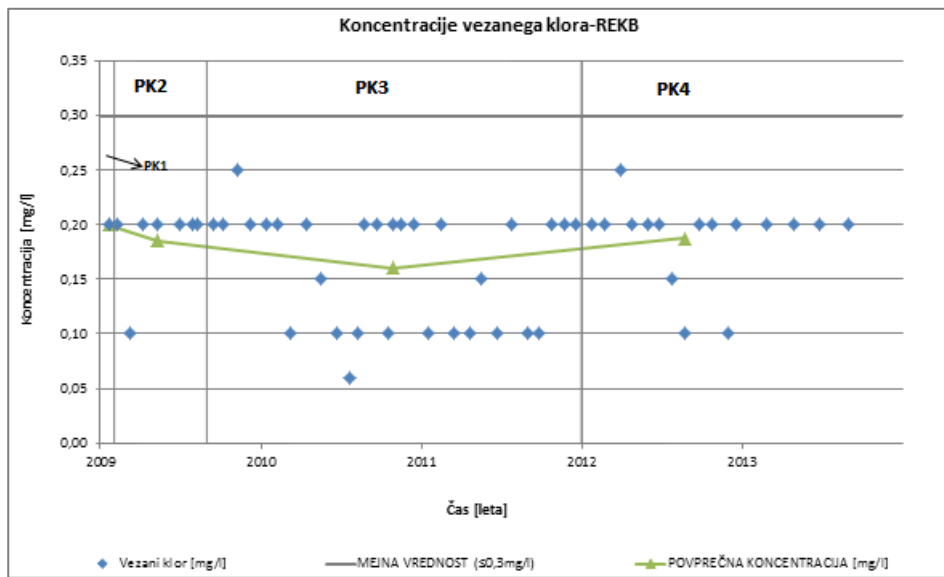
## 5.2.2 Koncentracije vezanega klora

### 5.2.2.1 Otroški notranji bazen (OTRNB)

Koncentracije vezanega klora v otroškem notranjem bazenu po času so prikazane na Grafu 22. Koncentracije so se gibale v razponu vrednosti med 0,06 mg/l do 0,3 mg/l. Za časa PK1 je bila opravljena ena meritev, zato je povprečna vrednost v tem primeru enaka rezultatu opravljene meritve in znaša 0,3 mg/l. V obdobju PK2 so bile izmerjene najvišje vrednosti za vezani klor. Povprečna koncentracija vezanega klora v obdobju PK2 je bila 0,19 mg/l. Za časa PK3 so bile v povprečju izmerjene najnižje koncentracije vezanega klora, saj je bila povprečna koncentracija v tem obdobju enaka 0,17 mg/l. Povprečna koncentracija vezanega klora v obdobju trajanja PK4 je bila 0,18 mg/l. Iz grafa je razvidno, da koncentracije vezanega klora v nobenem primeru niso presegale mejne dovoljene koncentracije, ki znaša  $\leq 0,3$  mg/l.



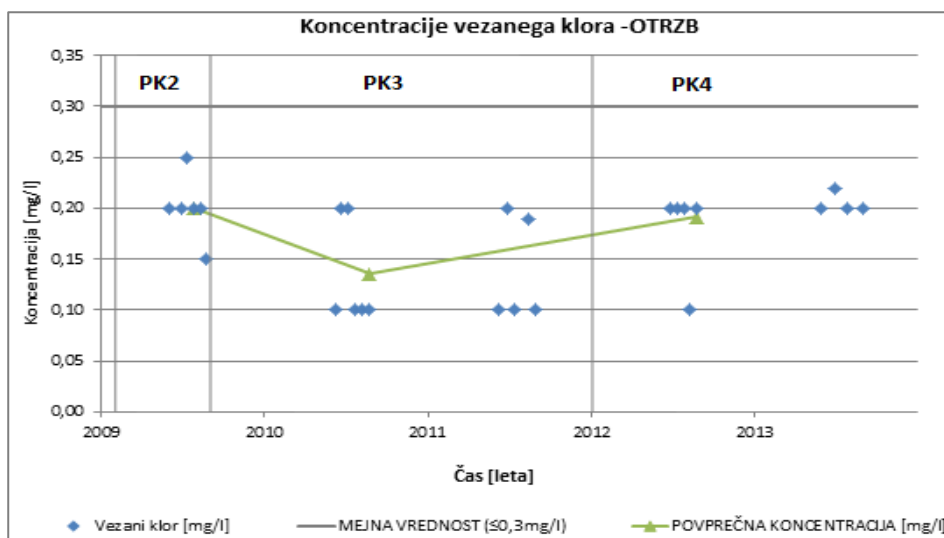




**Graf 23** Koncentracije vezanega klora po času (REKB)

### 5.2.2.3 Otroški zunanji bazen (OTRZB)

Koncentracije vezanega klora v otroškem zunanjem bazenu po času so prikazane na Grafu 24. Koncentracije vezanega klora so se gibale v razponu vrednosti med 0,10 mg/l in 0,25 mg/l. Povprečna koncentracija vezanega klora v obdobju trajanja PK2 je bila 0,20 mg/l. Iz grafa je razvidno, da o bile v obdobju trajanja PK3 izmerjene najnižje koncentracije vezanega klora, saj je bila povprečna koncentracija vezanega klora enaka 0,14 mg/l. Za časa PK4 so se koncentracije vezanega klora ponovno nekoliko zvišale. Povprečna koncentracija vezanega klora v obdobju PK4 je bila 0,19 mg/l. Iz grafa je razvidno, da koncentracije vezanega klora v nobenem primeru niso presegale mejne dovoljene koncentracije, ki znaša  $\leq 0,3$  mg/l.



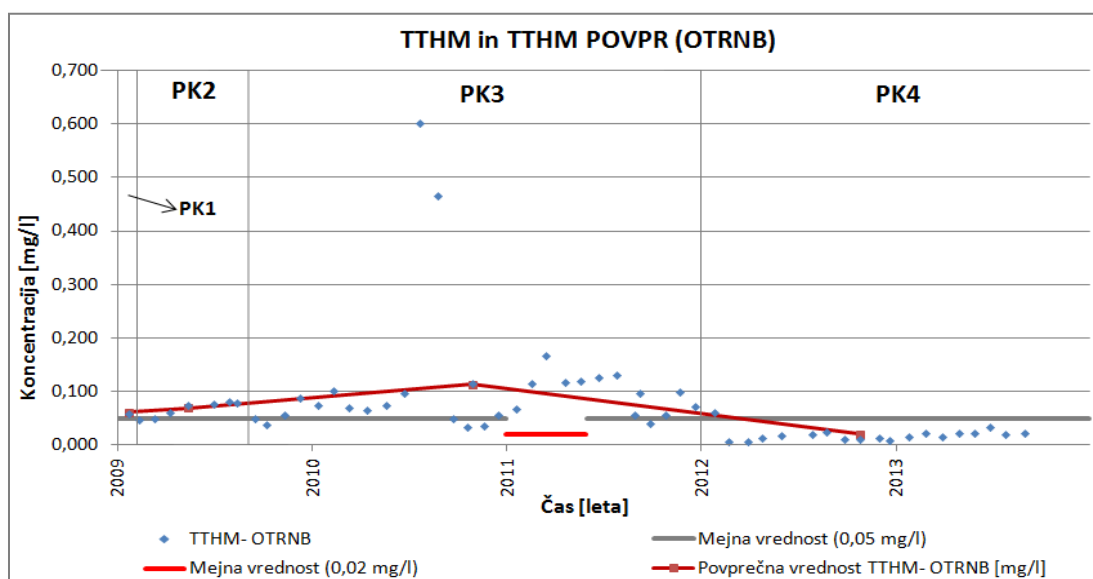
**Graf 24** Koncentracije vezanega klora po času (OTRZB)

## 5.2.3 Koncentracije THM

### 5.2.3.1 Otroški notranji bazen (OTRNB)

Časovni potek koncentracij parametra TTHM glede na procesno kombinacijo je prikazan na Grafu 25. Za časa PK1 je bil odvzet en vzorec bazenske vode, ki je, kot je razvidno iz grafa, presegel mejno dovoljeno vrednost, zato je povprečna koncentracija TTHM dejansko enaka rezultatu opravljene meritve (=0,061 mg/l). Izmerjene koncentracije TTHM so se skozi analizirano obdobje gibale v razponu koncentracij med 0,007 mg/l in 0,603 mg/l. V obdobju PK2 je bila minimalna izmerjena koncentracija enaka 0,048 mg/l, maksimalna pa 0,084 g/l, v obdobju PK3 0,036 mg/l oziroma 0,603 mg/l in v obdobju PK4 0,007 mg/l oziroma 0,062 mg/l. Povprečna koncentracija TTHM je bila v obdobju PK1 0,061 mg/l, v obdobju PK2 0,069 mg/l, v obdobju PK3 0,113 mg/l in v obdobju PK4 0,021 mg/l. Iz grafa je razvidno, da so bile najvišje koncentracije TTHM izmerjene v obdobju trajanja PK3. Izmerjena vrednost TTHM 0,603 mg/l je bila kar za 1106% višja od mejne dovoljene vrednosti.

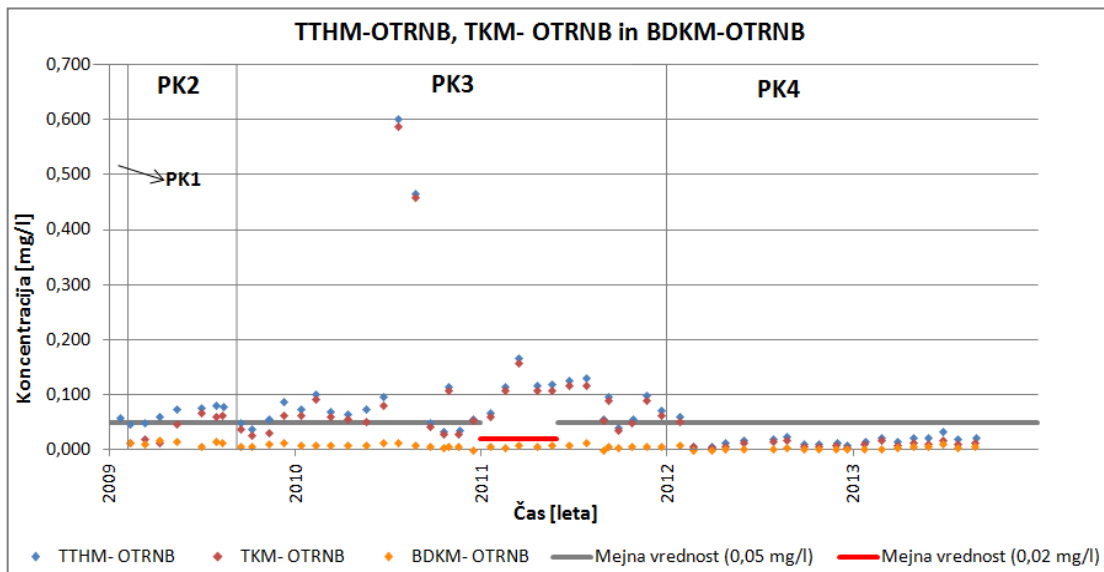
Iz spodnjega grafa je razvidno, da so se s pričetkom leta 2012 vpeljale nove procesne kombinacije priprave bazenske vode, koncentracije TTHM bistveno znižale, enak trend se nadaljuje tudi v letu 2013. Tako je bila povprečna koncentracija TTHM v letu 2012 0,019 mg/l in v letu 2013 0,023 mg/l. V prihodnosti je pričakovati, da se bo mejna dovoljena vrednost ponovno spustila na 0,020 mg/l, kot se je v obdobju med 1.1. do 31.5.2011, kar je tudi mejna dovoljena vrednost v skladu z nemškim standardom DIN 19643. Če bi omenjeni kriterij veljal v letu 2012 in 2013, torej za časa PK4, bi od skupno 19 odvzetih vzorcev 10 (52,6%) vzorcev omenjen kriterij izpolnjevalo, 9 (47,4%) vzorcev bazenske vode pa bi omenjeno mejno vrednost preseglo. Če podrobneje pogledamo koncentracije TTHM po letih, ugotovimo, da bi leta 2012 3 (27,3%) vzorci bazenske vode presegli



Graf 25 Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (OTRNB)

vrednost 0,020 mg/l, 8 (72,7%) vzorcev pa bi kriteriju zadostilo. Leta 2013 bi od skupno 8 odvzetih vzorcev bazenske vode le 2 (25%) vzorca kriteriju zadostila, 6 (75%) vzorcev bazenske vode pa bi omenjeno vrednost preseglo.

Na Grafu 26 je prikazan časovni potek koncentracij TKM, BDKM in TTHM glede na procesno kombinacijo. Podrobnejši podatki so podani v Prilogi B.2. Koncentracije TTHM so se v gibale v razponu vrednosti med 0,007 mg/l in 0,603 mg/l, koncentracije TKM med 0,0068 mg/l in 0,590 mg/l, koncentracije BDKM med 0,0026 mg/l in 0,018 mg/l. Razpon koncentracij DBKM je bil med 0,0004 mg/l in 0,021 mg/l, koncentracije TBM so bile v primerjavi z ostalimi spojinami zanemarljive (<0,0010 mg/l). Iz grafa in podatkov o razponu koncentracij posameznih THM je razvidno, da koncentracije TTHM dobro sovpadajo s koncentracijami TKM, kar je razumljivo, saj TKM med vsemi štirimi THM v največjem deležu prispeva k vrednosti za parameter TTHM. V povprečju TKM sam predstavlja kar ≈80% celotne vrednosti za TTHM, sledita mu BDKM (≈14%) in DBKM (≈5,5%). Delež TBM je <0,5%.



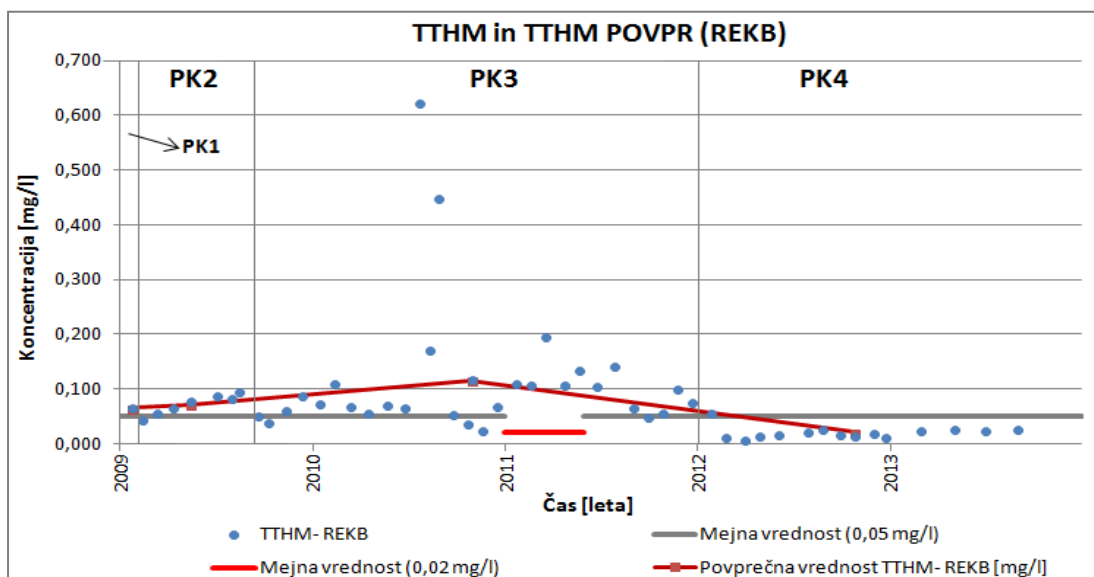
**Graf 26** Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (OTRNB)

### 5.2.3.2 Rekreatijski bazen (REKB)

Časovni potek koncentracij parametra TTHM glede na procesno koncentracijo je prikazan na Grafu 27. Za časa PK1 je bil odvzet en vzorec bazenske vode, ki je, kot je razvidno iz grafa presegel mejno dovoljeno vrednost, zato je povprečna koncentracija TTHM dejansko enaka rezultatu opravljene meritve (=0,065 mg/l). Izmerjene koncentracije TTHM so se skozi analizirano obdobje gibale v razponu vrednosti med 0,007 mg/l in 0,623 mg/l. V obdobju PK2 je bila minimalna izmerjena koncentracija enaka 0,044 mg/l, maksimalna pa 0,095 mg/l, v obdobju PK3 0,025 mg/l oziroma 0,623 mg/l in v obdobju PK4 0,007 mg/l oziroma 0,055 mg/l. Povprečna koncentracija TTHM je bila v

obdobju PK1 0,065 mg/l v obdobju PK2 0,072 mg/l, v obdobju PK3 0,116 mg/l in v obdobju PK4 0,021 mg/l. Iz grafa in je razvidno, da so bile najvišje koncentracije TTHM izmerjene v obdobju trajanja PK3 Izmerjena vrednost 0,623 mg/l je bila kar za 1146% višja od mejne dovoljene vrednosti.

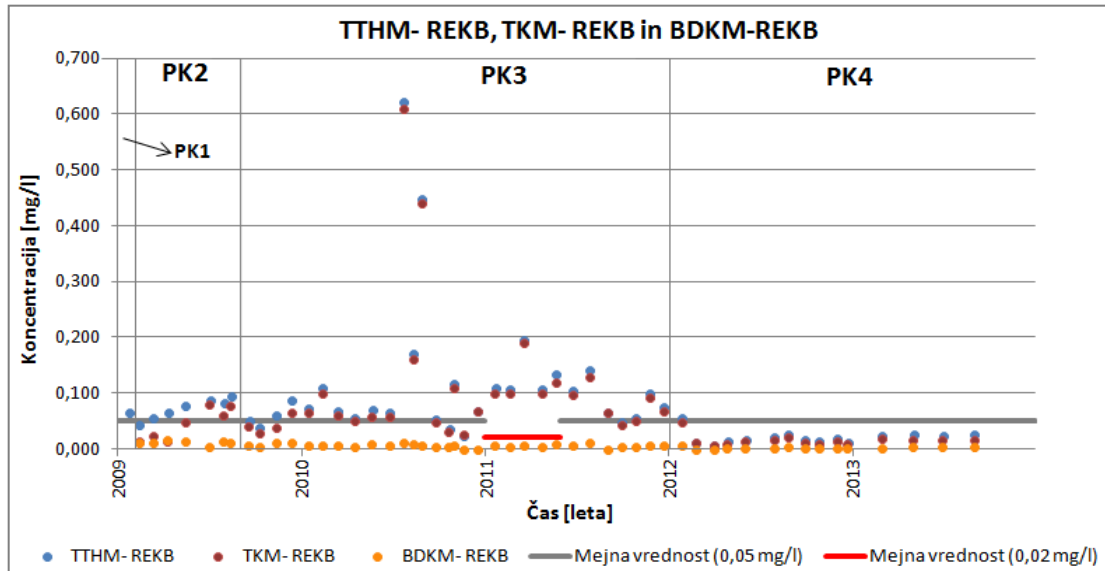
Iz Grafa 27 je razvidno, da so se s pričetkom leta 2012 in s tem vpeljavo nove procesne kombinacije priprave bazenske vode, koncentracije TTHM bistveno znižale, enak trend se nadaljuje tudi v letu 2013. Tako je bila povprečna koncentracija TTHM v letu 2012 0,019 mg/l in v letu 2013 0,025 mg/l. V prihodnosti je pričakovati, da se bo mejna dovoljena vrednost ponovno spustila na 0,020 mg/l, kot se je v obdobju med 1.1.2011 do 31.5.2011, kar je tudi mejna dovoljena vrednost v skladu z nemškim standardom DIN 19643. Če bi omenjeni kriterij veljal v letu 2012 in 2013, torej za časa PK4, bi od skupno 15 odvzetih vzorcev 8 (53,3%) vzorcev omenjen kriterij izpolnjevalo, 7 (46,7%) vzorcev bazenske vode pa bi omenjeno mejno vrednost preseglo. Če podrobneje pogledamo leti z najnižjimi vrednosti TTHM, ugotovimo, da bi v letu 2012 od skupno 11 odvzetih vzorcev bazenske vode le 3 (27,3%) vzorci presegali mejno dovoljeno koncentracijo 0,020 mg/l, 8 (72,8%) vzorcev pa bi kriteriju zadostilo. V letu 2013 nobeden od odvzetih vzorcev bazenske vode ne bi zadostil kriteriju.



**Graf 27** Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (REKB)

Na Grafu 28 je prikazan časovni potek koncentracij TKM, BDKM in vsote THM glede na procesno kombinacijo. Podrobnejši podatki so podani v Prilogi B.3. Koncentracije TTHM so se gibale v razponu vrednosti med 0,007 mg/l in 0,623 mg/l, koncentracije TKM med 0,0074 mg/l in 0,610 mg/l, koncentracije BDKM med 0,0028 mg/l in 0,018 mg/l. Razpon koncentracij DBKM je bil med 0,0011 mg/l in 0,024 mg/l, koncentracije TBM so bile zanemarljive (<0,001 mg/l). Iz grafa in podatkov o razponu koncentracij posameznih THM je razvidno, da koncentracije TTHM dobro sovpadajo s koncentracijami TKM, kar je razumljivo, saj TKM med vsemi štirimi THM v največjem deležu

prispeva k vrednosti za parameter TTHM. V povprečju TKM sam predstavlja kar  $\approx 80\%$  celotne vrednosti za TTHM, sledita mu BDKM ( $\approx 14\%$ ) in DBKM ( $\approx 5,5\%$ ). Delež TBM je  $< 0,5\%$ .



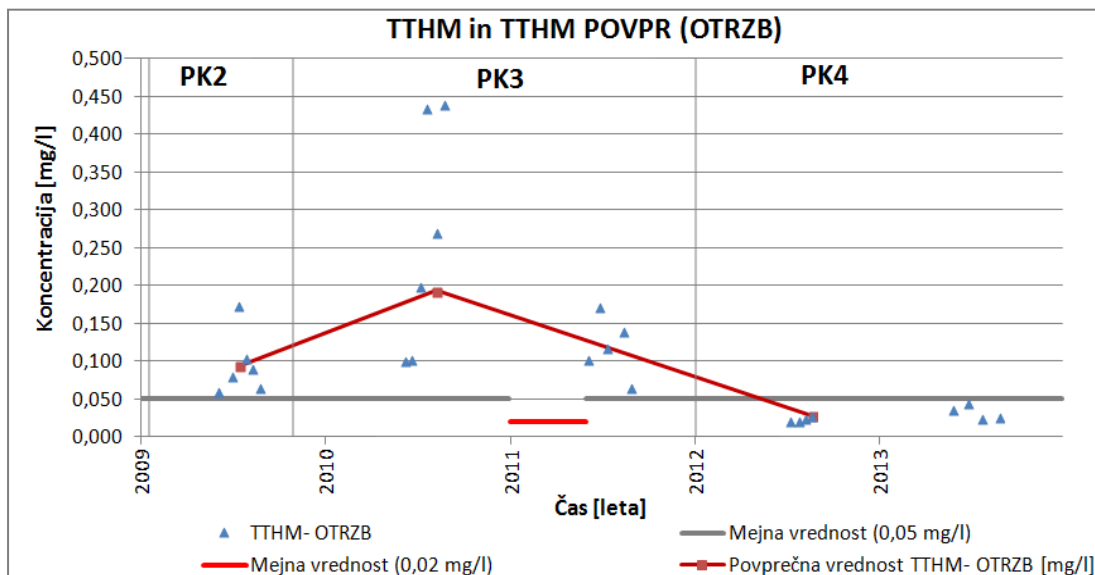
**Graf 28** Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (REKB)

### 5.2.3.3 Otroški zunanji bazen (OTRZB)

Časovni potek koncentracij parametra TTHM po procesnih kombinacijah je prikazan na Grafu 29. Najnižja izmerjena vrednost za omenjeni parameter je znašala 0,019 mg/l, najvišja pa kar 0,439 mg/l. V obdobju PK2 so se vrednosti parametra TTHM gibale v razponu vrednosti med 0,058 do 0,172 mg/l, v obdobju PK3 med 0,064 do 0,439 mg/l in v obdobju PK4 med 0,019 do 0,043 mg/l. Povprečna izmerjena koncentracija TTHM v obdobju PK2 je bila 0,094 mg/l, v obdobju PK3 0,193 mg/l in v obdobju PK4 0,027 mg/l. Iz grafa in podatkov je razvidno, da so bile najvišje vrednosti parametra TTHM dosežene v obdobju PK3. Maksimalna izmerjena koncentracija 0,439 mg/l je bila kar za 778% višja od mejne dovoljene vrednosti.

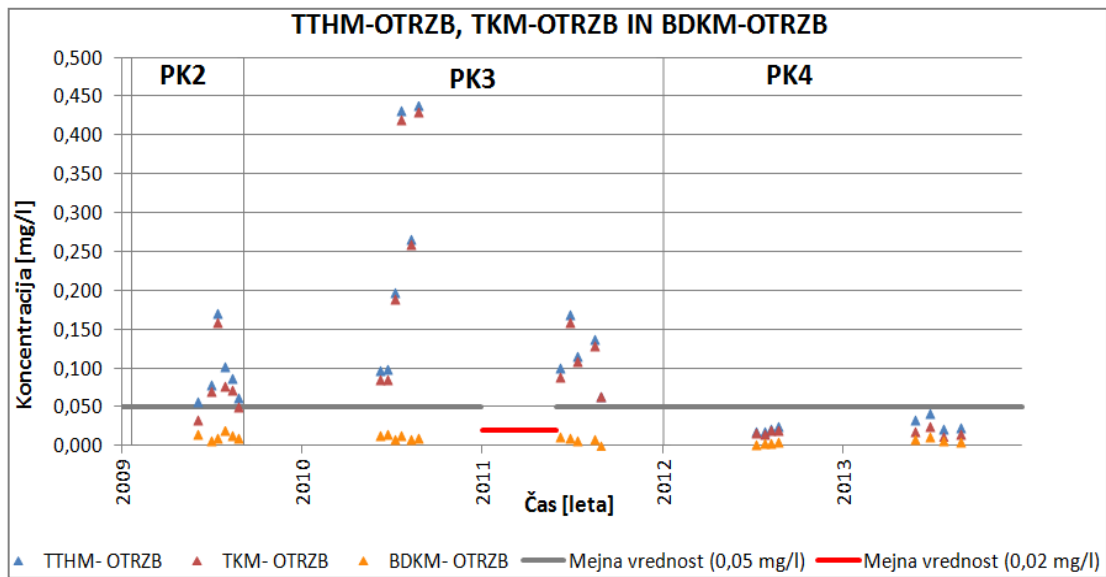
Iz spodnjega grafa je razvidno, da so se v letih 2012 in 2013, torej s vpeljavo nove procesne kombinacije priprave bazenske vode, koncentracije TTHM bistveno znižale. Tako je bila povprečna koncentracija TTHM v letu 2012 0,022 mg/l in v letu 2013 0,031 mg/l. V prihodnosti je pričakovati, da se bo mejna dovoljena vrednost ponovno spustila na 0,020 mg/l- kot se je v obdobju med 1. 1. 2011 do 31. 5. 2011, kar je tudi mejna dovoljena vrednost v skladu z nemškim standardom DIN 19643. Če bi omenjeni kriterij veljal v letu 2012 in 2013, torej za časa PK4, bi od skupno 8 odvzetih vzorcev, 1 (12,5%) vzorec omenjen kriterij izpolnjeval, kar 7 (87,5%) vzorcev bazenske vode pa bi omenjeno mejno vrednost presevalo. Če pogledamo leti z najnižjimi koncentracijami parametra TTHM, ugotovimo, da bi v letu 2012 od skupno 4 odvzetih vzorcev bazenske vode 1 (25%) vzorec omenjen

kriterij izpolnjeval, 3 (75%) vzorci pa bi omenjeno vrednost presegli. V letu 2013 omenjenega kriterija ne bi izpolnjeval nobeden od skupno 4 odvzetih vzorcev bazenske vode.



**Graf 29** Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (OTRZB)

Na Grafu 30 je prikazan časovni potek koncentracij TKM, BDKM in vsote THM glede na procesno kombinacijo. Podrobnejši podatki so podani v Prilogi B.4. Koncentracije TTHM so se gibale v razponu vrednosti med 0,019 mg/l in 0,439 mg/l, koncentracije TKM med 0,0013 mg/l in 0,430 mg/l, koncentracije BDKM med 0,002 mg/l in 0,019 mg/l. Razpon koncentracij DBKM je bil med 0,0011 mg/l in 0,009 mg/l, koncentracije TBM so bile zanemarljive (<0,001 mg/l). Iz grafa in podatkov o razponu koncentracij posameznih THM je razvidno, da koncentracije TTHM dobro sovpadajo s koncentracijami TKM, kar je razumljivo, saj TKM med vsemi štirimi THM v največjem deležu prispeva k vrednosti za parameter TTHM. V povprečju TKM sam predstavlja kar  $\approx 83\%$  celotne vrednosti za TTHM, sledita mu BDKM ( $\approx 12,5\%$ ) in DBKM ( $\approx 4\%$ ). Delež TBM je  $< 0,5\%$ .



Graf 30 Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (OTRZB)

#### 5.2.4 Primerjava bazenov na sistemu B2 in sklep

Na bazenskem sistemu B2 se je v obdobju med januarjem 2009 in avgustom 2013 bazenska voda pripravljala na 4 različne načine. V bazenih, z izjemo nekaj vzorcev bazenske vode, večjih težav s presežnimi vrednostmi za mikrobiološke parametre niso imeli, kar se tiče fizikalno-kemijskih preskušanj pa močno izstopa parameter TTHM. Deleži neskladnih vzorcev zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah na bazenskem sistemu 2 so prikazani na Grafu 31.

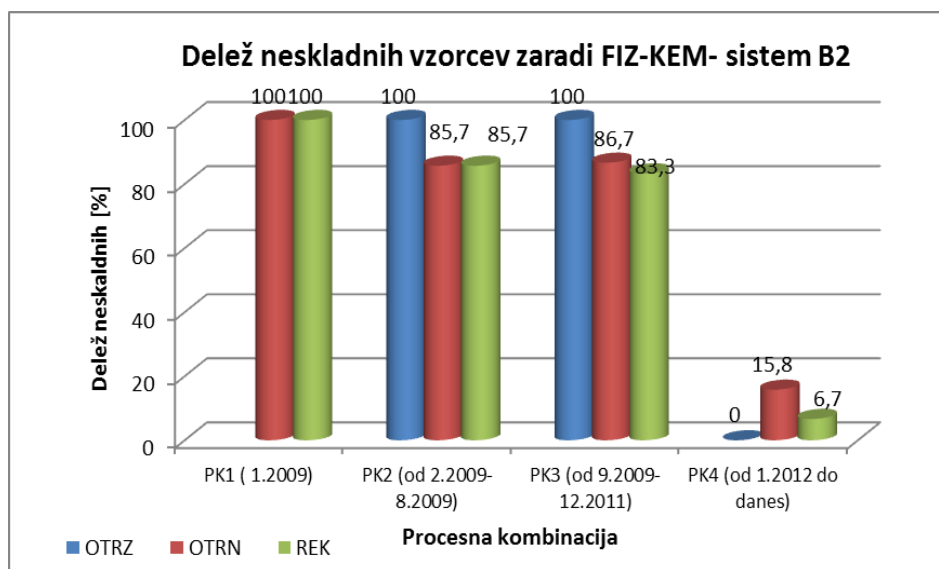
Za natančnejšo ocenitev PK1 bi bilo potrebno analizirati vrednosti TTHM v daljšem časovnem razponu, vendar smo imeli na razpolago le rezultate enega vzorčenja, zato ocenitev PK1 na podlagi tega vzorca ni merodajna.

V obdobju PK2 je bilo v OTRNB in REKB odvzeto po 7 vzorcev bazenske vode, v obeh primerih je bilo 6 (85,7%) vzorcev neskladnih izključno zaradi parametra TTHM. V OTRZB je bilo s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj odvzeto 6 vzorcev bazenske vode, vsi so bili neskladni. Z vpeljavo PK2 je delež fizikalno-kemijsko neskladnih vzorcev še vedno visok (Graf 31). Pri tej kombinaciji je dejansko šlo za improvizacijo, saj so AO v zrnu nasipali v vreče iz žaklovine, da se to ne bi izpiralo v filtrat. Zaradi velikih tlakov znotraj filtrirne posode in neprekinjene izpostavljenosti klorirani vodi je po pričanju vodje bazenov žaklovina pričela razpadati. Ker vzorci bazenske vode za časa PK2 niso bili zvezno skladni, so v septembru 2009 pričeli z doziranjem vodne suspenzije AO v prahu.

Prvi rezultati vzorčenj v obdobju PK3 so bili sicer obetavni ( $OTRNB_{SEP}=0,0504$  mg/l;  $OTRNB_{OKT}=0,039$  mg/l;  $REKB_{SEP}=0,050$  mg/l;  $REKB_{OKT}=0,036$  mg/l), a nam je po drugi strani to obdobje postreglo z najvišje izmerjenimi koncentracijami parametra TTHM (Graf 32). Delež neskladnih vzorcev je bil še vedno visok, saj so bili v OTRZB vsi vzorci bazenske vode odvzeti s ciljem

fizikalno-kemijskih preskušanj neskladni, delež neskladnih vzorcev v OTRNB je znašal 86,7% in v REKB 83,3%. Po poročanju vodje bazenov je do problemov prihajalo že v začetni fazi, torej pri pripravi vodne suspenzije AO v prahu. Zaradi mašenja filtrov so bili primorani pogosteje izpirati filtre (3 krat/teden in več), kar je povečalo porabo vode in ni v skladu s trajnostno rabo vode, kot dobrine. V tem obdobju so opazili, da je AO prehajalo v filtrat in s tem v vse na sistemu vezane bazene. Z doziranjem novega sredstva za kosmičenje so pričeli na začetku leta 2011. V septembru leta 2011 so v filtrnih posodah odstranili 20 cm debelo plast kremenčevega peska in nasipali 20 cm debelo plast antracita. Kot je razvidno iz Grafa 32, so se koncentracije TTHM v primerjavi z ostalimi meseci nekoliko znižale, vendar so v večji meri še vedno presegle mejno dovoljeno vrednost.

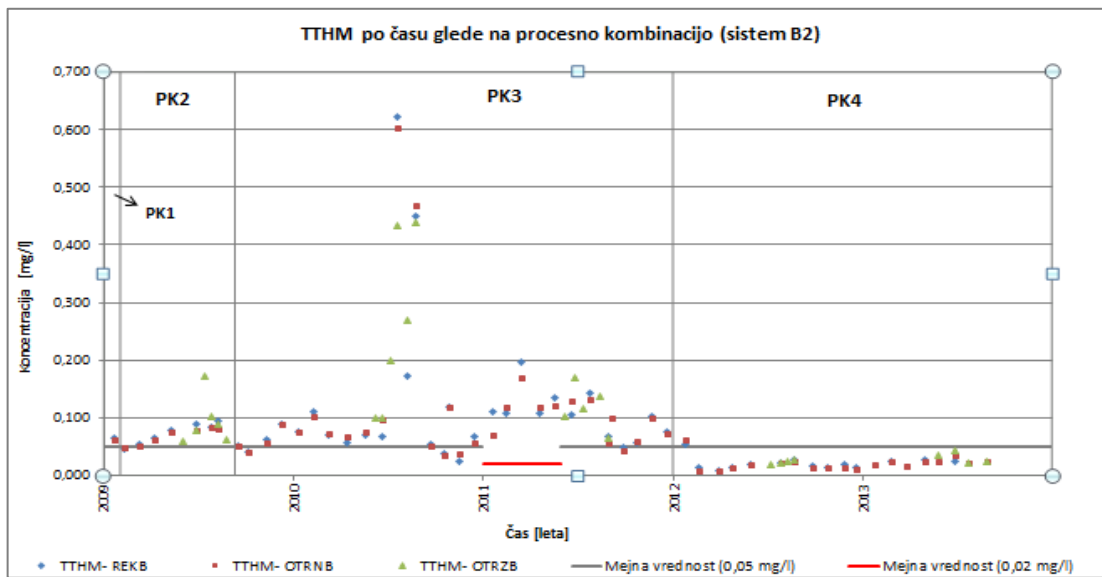
Z januarjem 2012 so prekinili doziranje AO v prahu in dodatno nasipali 20 cm antracita. V obdobju PK4 se je delež neskladnih vzorcev odvzet s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj bistveno znižal (Graf 31). V REKB je bil od skupno 15 odvzetih vzorcev bazenske vode le 1 (6,7%) vzorec neskladen, medtem ko so bili v OTRNB 3 (15,8%) od skupno 19 odvzetih vzorcev neskladni. V OTRZB neskladnih vzorcev ni bilo. V primerjavi s PK3 so se za časa PK4 izpiranja filtrov v povprečju opravljala 1 krat/teden.



Graf 31 Delež neskladnih vzorcev vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (sistem B2)

Na Grafu 32 so prikazane vrednosti parametra TTHM po času glede na procesno kombinacijo za bazene na sistemu B2. Ker so bazeni vezani na skupni sistem in ker se bazenska voda za vse tri bazene pripravlja na enak način, je pričakovati, da so koncentracije TTHM v vseh bazenih podobne, kar v praksi pomeni, da če je neskladen oziroma skladen vzorec bazenske vode odvzet iz OTRNB, da sta posledično neskladna oziroma skladna tudi vzorca odvzeta iz REKB in OTRZB in obratno.



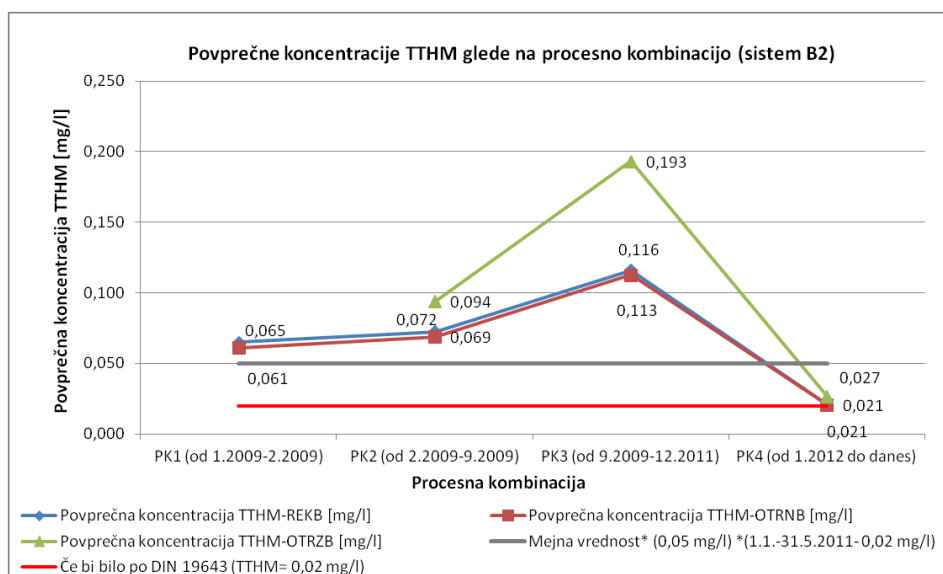


**Graf 32** Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (sistem B2)

V analiziranem obdobju je v le enem primeru prišlo do razlik v vrednostih parametra TTHM, in sicer za časa PK3 (16.9.2009), ko je koncentracija TTHM v OTRNB znašala 0,0504 mg/l v REKB pa 0,050 mg/l. Razlika je sicer zelo majhna, vendar vseeno obstaja. Iz grafa je sicer razvidno, da so si vrednosti parametra TTHM v OTRNB in REKB več ali manj podobne, izstopajo le vrednosti v OTRZB.

Če podrobneje pogledamo primerjavo povprečnih vrednosti parametra TTHM po procesnih kombinacijah za bazene na sistemu B2 (Graf 33), ugotovimo, da obstajajo razlike v povprečnih koncentracijah TTHM med bazeni na prostem in dvoranskimi bazeni. Razlogi za to so lahko različni. Simard *et al.* (2013) med razlogi za višje koncentracije TTHM v zunanjih bazenih navajajo naslednja dejstva: da so bazeni na prostem podvrženi okoljskim vplivom in ker se vanje vnašajo različnejši tipi prekurzorjev (trava, listi, zemlja...), so koncentracije TTHM v bazenih na prostem nekoliko višje. K temu pa pripomore tudi dejstvo, da so v poletnih mesecih bazeni na prostem v primerjavi z dvoranskimi bazeni bolj množično obiskani.

Iz Grafa 33 je razvidno, da so povprečne koncentracije TTHM v OTRNB in REKB več ali manj podobne, izstopajo le koncentracije TTHM v OTRZB. Če primerjamo povprečne koncentracije v OTRNB in OTRZB, ugotovimo, da je bila za časa PK2 povprečna koncentracija TTHM v OTRZB za 36,2% višja kot povprečna koncentracija TTHM v OTRNB. Za časa PK3 je bila povprečna koncentracija TTHM v OTRZB za 70,8% višja, kot je bila povprečna koncentracija TTHM v OTRNB. V obdobju PK4 je razlika med povprečno koncentracijo v OTRNB in OTRZB znašala 0,006 mg/l, s tem je bila povprečna koncentracija TTHM v OTRZB za 28,6% višja kot povprečna koncentracija v OTRNB.



**Graf 33** Povprečne koncentracije TTHM po procesnih kombinacijah (sistem B2)

Čeprav smo v teoretičnem delu pisali o pozitivnih vplivih vpeljave uporabe aktivnega oglja v postopke priprave bazenske vode predvsem na račun zniževanja koncentracij že nastalih SPD in prekurzorjev za nastanek stranskih produktov, je izkušnja v bazenskem kompleksu Term Vivat drugačna. V vseh treh bazenih je že v obdobju PK2, ko so na vrhno plat filtrirnega medija nasipali približno 10 cm visoko plast aktivnega oglja v zrnju, zaznati povišane koncentracije parametra TTHM, ki so se v obdobju doziranja aktivnega oglja v prahu v obliki vodne suspenzije še povečale. V obdobju PK3 so bile v povprečju izmerjene najvišje vrednosti parametra TTHM. Zaradi »mašenja« filtrov so bili primorani pogosteje izpirati filtre in s tem povečevali porabo vode. Šele ko so popolnoma ukinili doziranje aktivne oglja v prahu in na vrhno plast nasipali 40 cm debelo plast antracita, so se koncentracije parametra TTHM v vseh bazenih znižale in se v letih 2012 in 2013 gibljejo pod zakonsko dovoljeno mejno vrednostjo. Po poročanju vodje bazenov pa so z nasipanjem plasti antracita dodatno podaljšali tudi življenjsko dobo peščenega sloja. Z vpeljavo PK4 so tako dosegli bistveno znižanje koncentracij TTHM in zvezno skladnost rezultatov po času, kar je bil vseskozi cilj vodje bazenov, zato je v prihodnosti pričakovati, da bodo z omenjenim načinom priprave bazenske vode nadaljevali.

Zanimivo je, da je pri koncentracijah parametra vezani klor, zaznati obraten trend. Kljub temu da se koncentracije vseskozi gibljejo pod mejnimi dovoljenimi vrednostmi, so bile v obdobju doziranja aktivnega oglja v prahu v povprečju izmerjene najnižje koncentracije, v obdobju uporabe aktivnega oglja v zrnju pa najvišje. Povprečne koncentracije vezanega klora izmerjene v obdobju PK2 so podobne povprečnim koncentracijam izmerjenim v obdobju PK4.

### 5.3 Bazenski sistem B3

Na bazenski sistem B3 (priloga A.3) sta vezana bazena z vrtinčenjem tople vode (WP1 in WP2). Vrtinčna bazena se nahajata v dvoranskem delu bazenskega kopališča in obratujeta skozi celo leto. Voda v bazenih je ogrevana na približno 36-37°C. Bazena sta prvenstveno namenjena sedenju, saj imata po celotnem obodu vgrajena sedišča z vgrajenimi zračnimi in vodnimi šobami. Volumen vode v vsakem bazenu znaša 2,4 m<sup>3</sup>. Čas, v katerem se celoten volumen vode v posameznem bazenu prefiltrira skozi filtrirno napravo, znaša ≈3 minute. (480 krat/dan). Na bazenskem sistemu B3 so v analiziranem časovnem obdobju bazensko vodo pripravljali na 3 različne načine, ki so prikazani v Preglednici 8. Skozi vsa obdobja so dnevno polnilni vodi, v skladu z zakonodajo, dodajali svežo polnilno vodo.

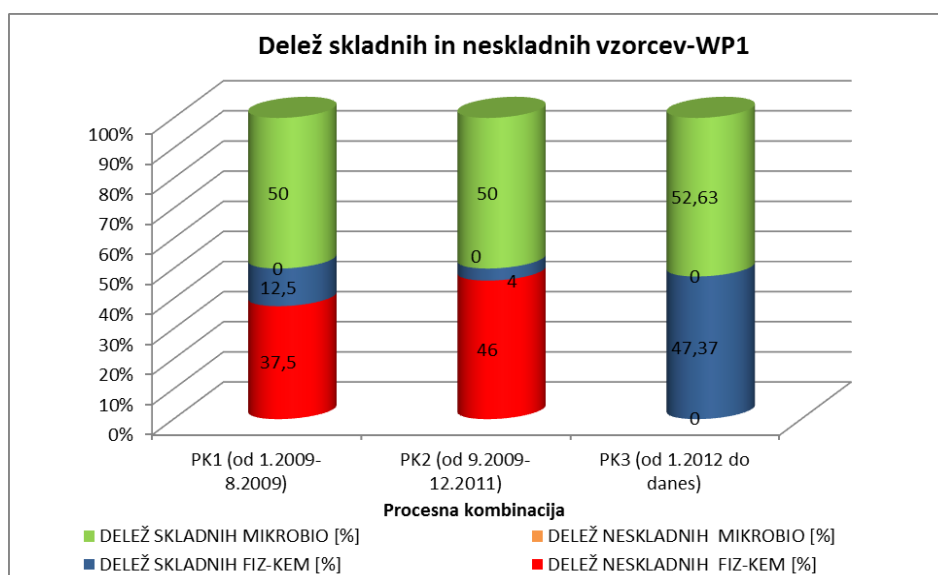
**Preglednica 8** Priprava bazenske vode na sistemu B3

OZNAKA	OBDOBJE	OPIS PROCESNE KOMBINACIJE (PK)
PK1	jan. 2009 – avg 2009	Doziranju flokulanta je sledila naknadna filtracija na enem enoslojnim filtru, polnjenem s kremenčevim peskom (višina filtrirnega medija=1,2 m; granulacija 0,63-1,00 mm), v zadnjem koraku pa se je filtratu doziral utekočinjen plinski klor. <b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK:</b> ≈ 115 m <sup>3</sup> /h <b>HITROST FILTRACIJE:</b> ≈30 m/h <b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV:</b> 2 krat/teden
PK2	sept. 2009 – dec. 2011* (*sept. 2011- dec. 2011)	Doziranju AO v prahu (v obliki pred-pripravljenе vodne suspenzije), je sledilo (občasno) doziranje flokulanta ter naknadna filtracija na enem enoslojnim peščenem filtru, v zadnjem koraku se je doziral utekočinjen plinski klor. * v tem obdobju so odstranili 20 cm debelo plast kremenčevega peska in nasipali 20 cm debelo plast antracita, granulacije 0,6-1,6 mm (skupaj torej 1,0 m kremenčevega peska + 0,2 m antracita) <b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK:</b> ≈115 m <sup>3</sup> /h <b>HITROST FILTRACIJE:</b> ≈30 m/h <b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV:</b> 3 krat/teden in več
PK3	jan. 2012 do danes	Doziranju flokulanta sledi filtracija preko enega večslojnega filtrirnega medija (0,8 m kremenčevega peska + 0,4 m antracita), v zadnjem koraku se filtratu dozira utekočinjen plinski klor. <b>VOLUMENSKI PRETOK/OBTOK:</b> ≈100-105 m <sup>3</sup> /h <b>HITROST FILTRIRANJA:</b> ≈26 m/h <b>POGOSTOST IZPIRANJA FILTROV:</b> 1 krat/teden

### 5.3.1 Delež skladnih in neskladnih vzorcev po procesnih kombinacijah

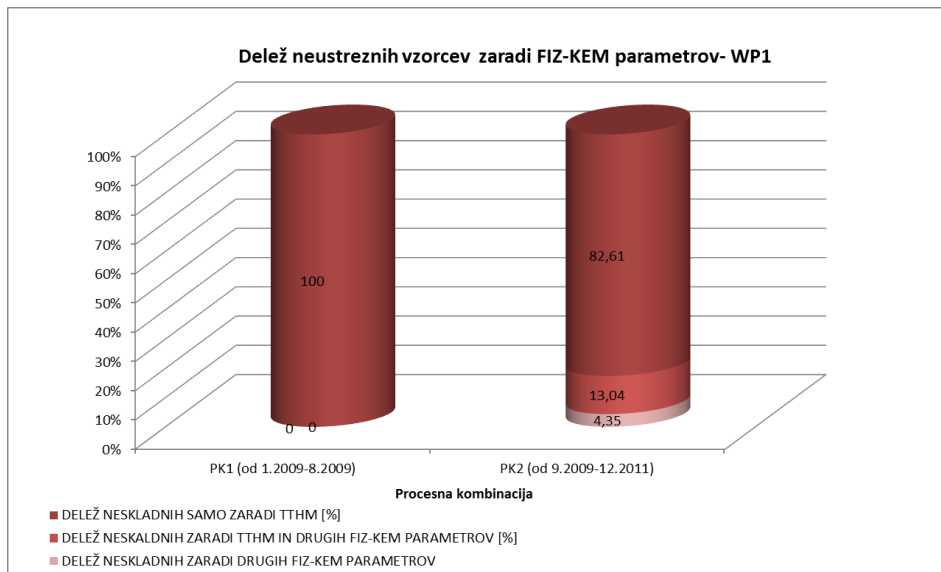
#### 5.3.1.1 Vrtnični bazen 1 (WP1)

Na Grafu 34 so prikazani deleži skladnih in neskladnih vzorcev, odvzeti s ciljem mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preskušanj. Pri tem 100% predstavlja skupno število odvzetih vzorcev v obdobju trajanja posamezne procesne kombinacije. Za časa PK1 je bilo s ciljem laboratorijskih preskušanj skupno odvzetih 16 vzorcev bazenske vode, od tega 8 (50%) s ciljem mikrobioloških in 8 (50%) s ciljem fizikalno kemijskih preskušanj. 6 (75%) vzorcev bazenske vode je bilo neskladnih zaradi fizikalno kemijskih parametrov. V obdobju trajanja PK2 je bilo skupno odvzetih 50 vzorcev bazenske vode, po 25 (50%) vzorcev za posamezna preskušanja. Od skupno 25 odvzetih vzorcev je bilo 23 (92%) vzorcev neskladnih zaradi fizikalno-kemijskih parametrov. Za časa PK3 je bilo skupno odvzetih 19 vzorcev bazenske vode, od tega 9 (47,37%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj in 10 (52,63%) s ciljem mikrobioloških preskušanj. Vsi odvzeti vzorci bazenske vode so bili skladni. Iz spodnjega grafa je razvidno, da v WP1 ni bilo mikrobiološke neskladnih vzorcev bazenske vode.



**Graf 34** Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (WP1)

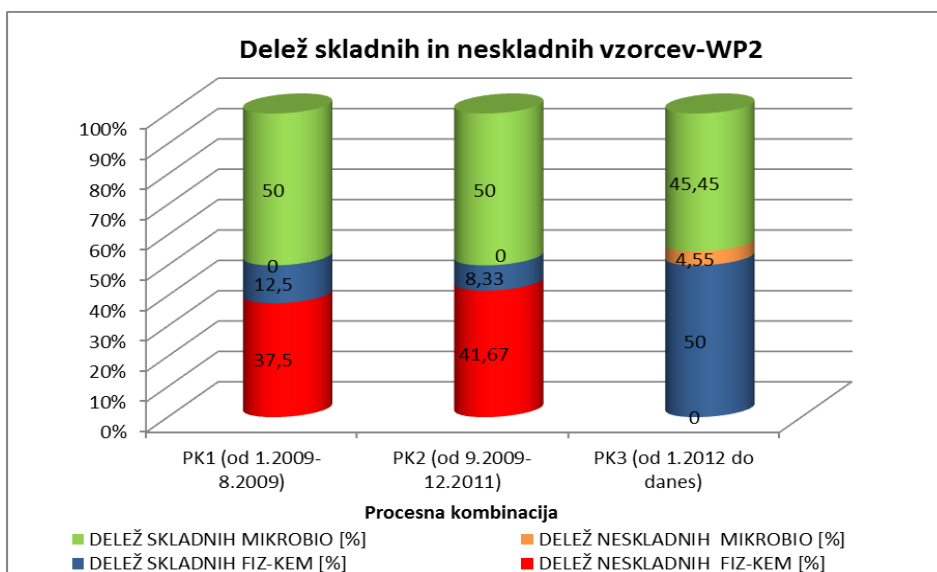
Če podrobneje raziščemo vzroke za neskladnost vzorcev bazenske vode, ugotovimo, da med fizikalno-kemijskimi parametri še posebej izstopa parameter TTHM (Graf 35). Za časa trajanja PK1 je bil vzrok neskladnosti vzorcev bazenske vode izključno presežena mejna dovoljena vrednost za parameter TTHM. V obdobju PK2 pa je bilo od skupno 23 fizikalno-kemijsko neskladnih vzorcev 19 (82,61%) vzorcev neskladnih zaradi parametra TTHM, 3 (13,04%) vzorci zaradi neizpolnjevanja dneva fizikalno-kemijskih parametrov hkrati (TTHM in motnost) ter 1 (4,35%) vzorec izključno zaradi presežene mejne dovoljene vrednosti za parameter motnost.



**Graf 35** Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (WP1)

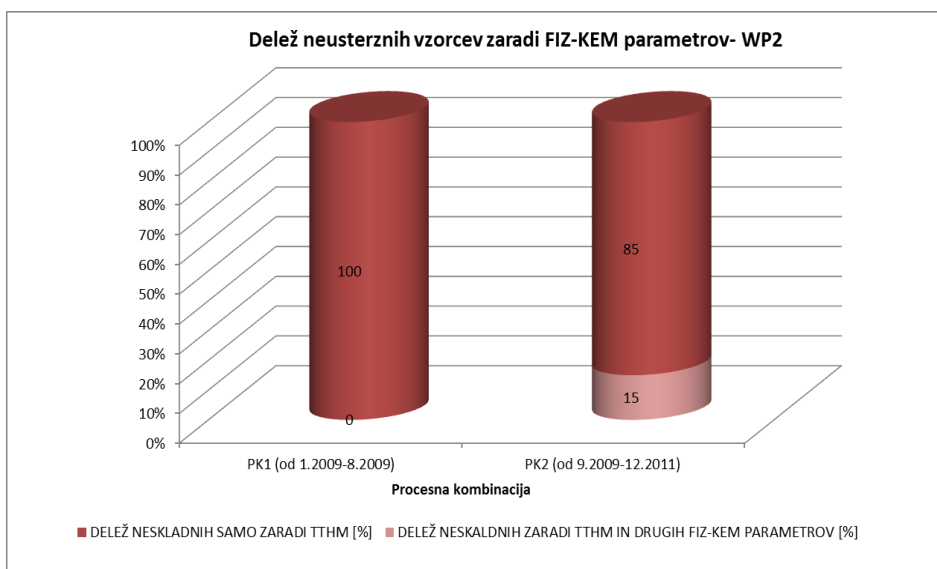
### 5.3.1.2 Vrtinčni bazen 2 (WP2)

Na Grafu 36 so prikazani deleži skladnih in neskladnih vzorcev, odvzeti s ciljem mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preskušanj. Pri tem 100% predstavlja skupno število odvzetih vzorcev v obdobju trajanja posamezne procesne kombinacije. Za časa PK1 je bilo skupno odvzetih 16 vzorcev, po 8 vzorcev za posamezna preskušanja. Od skupno 8 odvzetih vzorcev bazenske vode je bilo 6 (75%) vzorcev neskladnih zaradi fizikalno-kemijskih parametrov, vzorci bazenske vode odvzeti s ciljem mikrobioloških preskušanj so bili skladni. V obdobju PK2 je bilo odvzetih 48 vzorcev bazenske vode, od tega 24 (50%) s ciljem mikrobioloških in 24 (50%) s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj, 20 (83,3%) vzorcev bazenske vode je bilo neskladnih zaradi fizikalno-kemijskih parametrov. Kot v obdobju poprej so tudi v tem obdobju bili vsi vzorci odvzeti s ciljem mikrobioloških preskušanj skladni. Za časa PK3 je bilo vseh 11 vzorcev, odvzetih s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj, skladnih. Zaradi mikrobioloških parametrov je bil neskladen 1 (9,1%) od skupno 11 odvzetih vzorcev bazenske vode.



**Graf 36** Delež skladnih in neskladnih vzorcev bazenske vode po procesnih kombinacijah (WP2)

Če podrobneje raziščemo vzroke za neskladnost vzorcev bazenske vode, ugotovimo, da med fizikalno-kemijskimi parametri še posebej izstopa parameter TTHM (Graf 37). Za časa trajanja PK1 je bilo vseh 6 (100%) vzorcev neskladnih izključno zaradi presežene mejne dovoljene vrednosti za TTHM. V obdobju PK2 je bilo izmed 20 neskladnih vzorcev bazenske vode 17 (85%) vzorcev neskladnih izključno zaradi parametra TTHM, v 3 (15%) primerih pa sta bila razlog za neskladnost preseženi mejni dovoljeni vrednosti za dva fizikalno-kemijska parametra hkrati, in sicer TTHM in motnost.

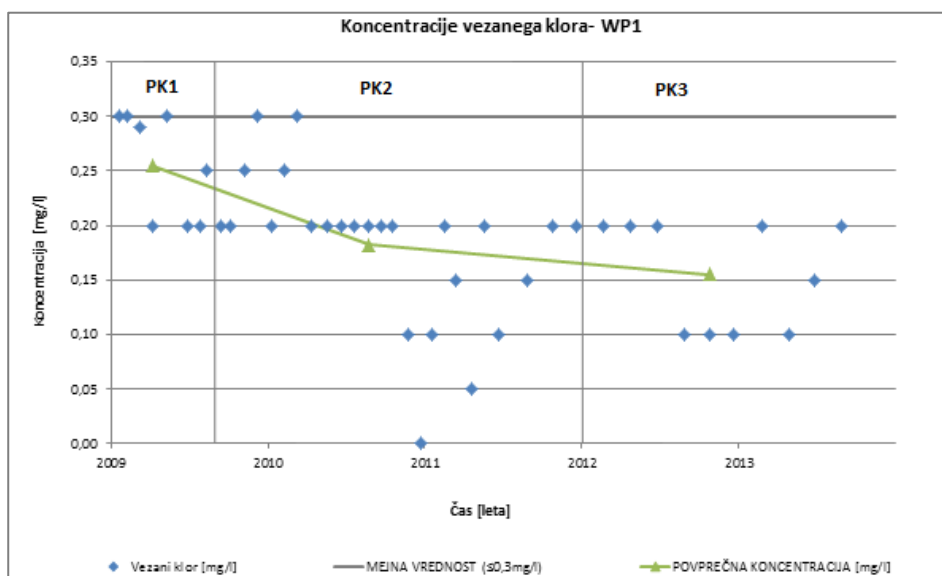


**Graf 37** Delež neustreznih vzorcev bazenske vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (WP2)

## 5.3.2 Koncentracije vezanega klora

### 5.3.2.1 Vrtinčni bazen 1 (WP1)

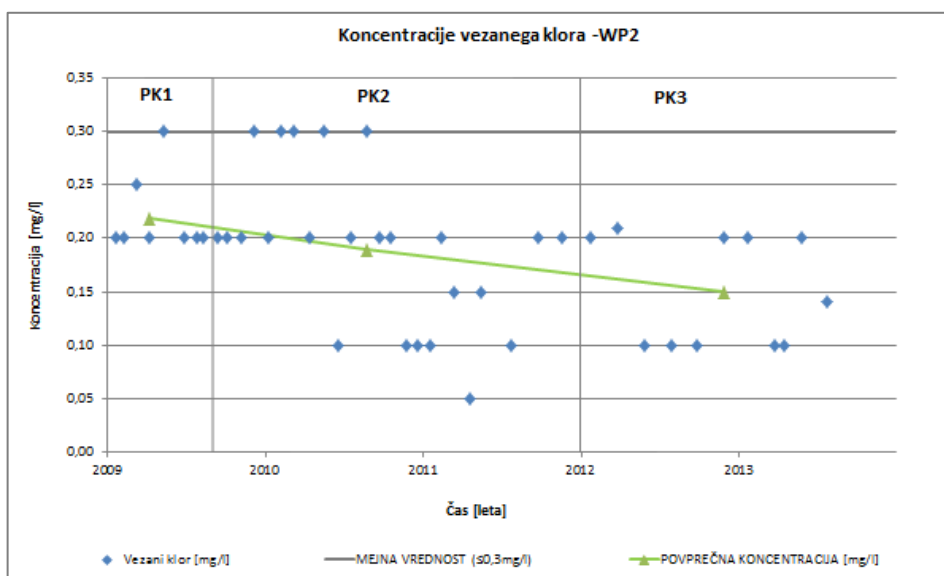
Koncentracije vezanega klora v vrtinčnem bazenu 1 so prikazane na Grafu 38. Koncentracije vezanega klora so se gibale v razponu vrednosti med 0,0 mg/l in 0,3 mg/l. Iz grafa je razvidno, da so bile v obdobju PK1 izmerjene najvišje koncentracije vezanega klora. Povprečna koncentracija vezanega klora v obdobju PK1 je bila 0,26 mg/l, v obdobju PK2 0,18 mg/l in v obdobju PK3 0,16 mg/l. Iz grafa je razviden trend upadanja povprečnih vrednosti vezanega klora v bazenski vodi. Izmerjene koncentracije v nobenem od primerov niso presegale mejne dovoljene vrednosti  $\leq 0,3$  mg/l.



Graf 38 Koncentracije vezanega klora po času (WP1)

### 5.3.2.2 Vrtinčni bazen 2 (WP2)

Koncentracije vezanega klora v vrtinčnem bazenu 2 so prikazane na Grafu 39. Koncentracije vezanega klora so se gibale v razponu vrednosti med 0,05 mg/l in 0,3 mg/l. Iz grafa je razvidno, da so bile najvišje koncentracije vezanega klora izmerjene v obdobju PK1. Povprečna koncentracija vezanega klora v tem obdobju je znašala 0,22 mg/l, v obdobju PK2 0,19 mg/l in v obdobju trajanja PK3 0,15 mg/l. Iz grafa je razviden trend upadanja povprečnih vrednosti vezanega klora. Izmerjene koncentracije vezanega klora so sicer v nekaj primerih dosegle mejno dovoljeno vrednost ( $\leq 0,3$  mg/l), vendar je v nobenem primeru niso presegle.



Graf 39 Koncentracije vezanega klora po času (WP2)

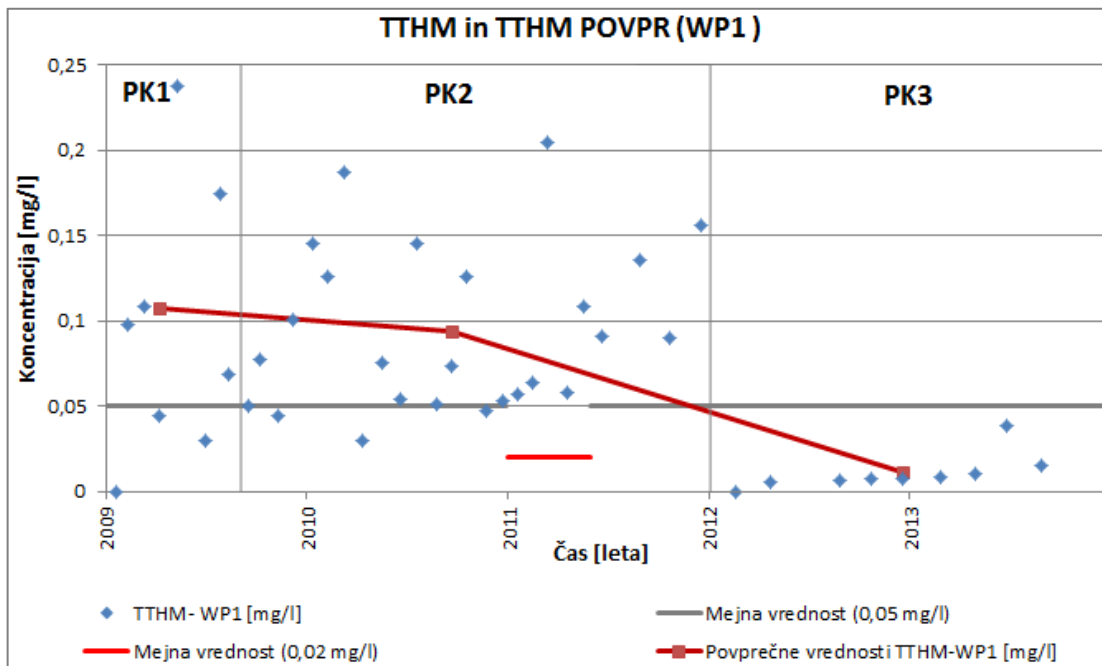
### 5.3.3 Koncentracije THM

#### 5.3.3.1 Vrtinčni bazen 1 (WP1)

Časovni potek koncentracij TTHM glede na procesno koncentracijo je prikazan na Grafu 40. Izmerjene koncentracije TTHM so se skozi analizirano obdobje gibale v razponu vrednosti med 0,005 mg/l in 0,238 mg/l. V obdobju PK1 je bila minimalna izmerjena koncentracija TTHM enaka 0,030 mg/l, maksimalna pa 0,238 mg/l, v obdobju PK2 0,030 mg/l oziroma 0,205 mg/l in v obdobju PK3 0,005 mg/l oziroma 0,038 mg/l. Povprečna koncentracija TTHM je bila v obdobju PK1 0,108 mg/l v obdobju PK2 0,094 mg/l in v obdobju PK3 0,011 mg/l. Iz grafa in podatkov je razvidno, da so bile v povprečju najvišje izmerjene koncentracije TTHM v obdobju PK1. Najvišja izmerjena koncentracija TTHM v WP1 izmerjena za časa PK1 je znašala 0,238 mg/l in je bila s tem za 376% višja od trenutno dovoljene mejne vrednosti.

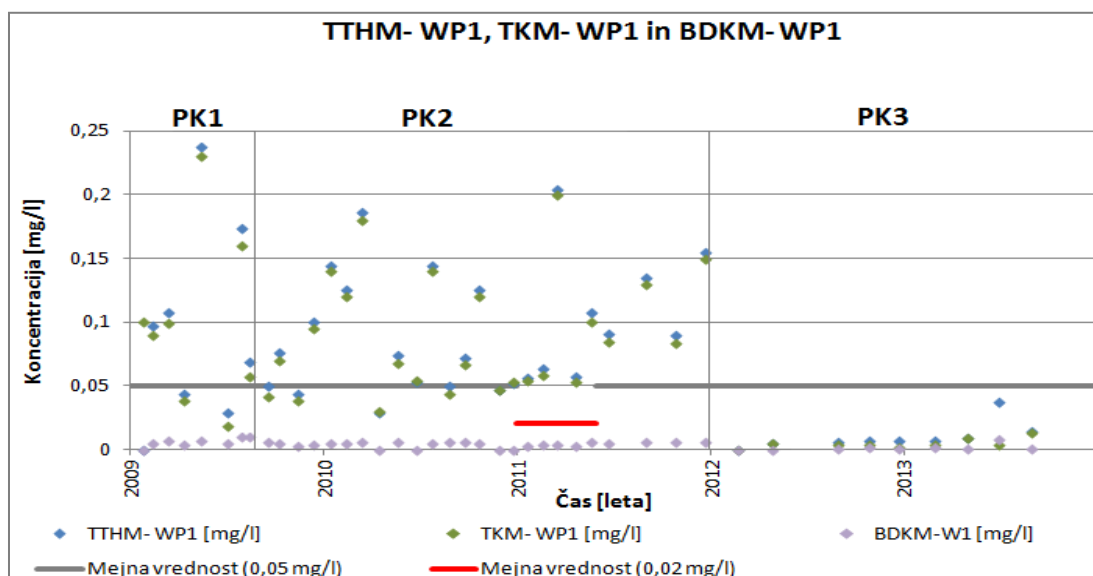
Iz spodnjega grafa je razvidno, da so se s pričetkom leta 2012 in s tem vpeljavo nove procesne kombinacije priprave bazenske vode, koncentracije TTHM bistveno znižale, enak trend se nadaljuje tudi v letu 2013. Povprečna koncentracija TTHM je bila v letu 2012 0,006 mg/l v letu 2013 pa 0,018 mg/l. V prihodnosti je pričakovati, da se bo mejna dovoljena vrednost ponovno spustila na 0,020 mg/l, kot se je v obdobju med 1. 1. 2011 do 31. 5. 2011, kar je tudi mejna dovoljena vrednost v skladu z nemškimi standardom DIN 19643. Če bi omenjeni kriterij veljali v letih 2012 in 2013, torej za časa PK3, bi od skupno 9 odvzetih vzorcev 8 (88,9%) vzorcev omenjen kriterij izpolnjevalo, 1 (11,1%) vzorec bazenske vode pa ne. Tako bi v letu 2012 vseh 5 (100%) odvzetih vzorcev bazenske vode izpolnjevalo omenjen kriterij, v letu 2013 pa bi od skupno 4 odvzetih vzorcev vode 3 (75%) vzorci kriteriju zadostili, 1 (25%) vzorec pa ne.





**Graf 40** Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (WP1)

Na Grafu 41 je prikazan časovni potek koncentracij TKM, BDKM in vsote THM glede na procesno kombinacijo. Podrobnejši podatki so podani v Prilogi B.5. Koncentracije TTHM so se gibale v razponu vrednosti med 0,005 mg/l in 0,238 mg/l, koncentracije TKM med 0,0011 mg/l in 0,230 mg/l, koncentracije BDKM med 0,001 mg/l in 0,010 mg/l. Razpon koncentracij DBKM je bil med 0,001 mg/l in 0,015 mg/l, koncentracije TBM so bile zanemarljive (<0,0010 mg/l). Iz grafa in podatkov o razponu koncentracij posameznih THM je razvidno, da koncentracije TTHM dobro sovpadajo s koncentracijami TKM, kar je razumljivo, saj TKM med vsemi štirimi THM v največjem deležu prispeva k vrednosti za parameter TTHM. V povprečju TKM sam predstavlja kar  $\approx 85\%$  celotne vrednosti za TTHM, sledita mu BDKM ( $\approx 8\%$ ) in DBKM ( $\approx 5\%$ ). Delež TBM je  $\approx 2\%$ .

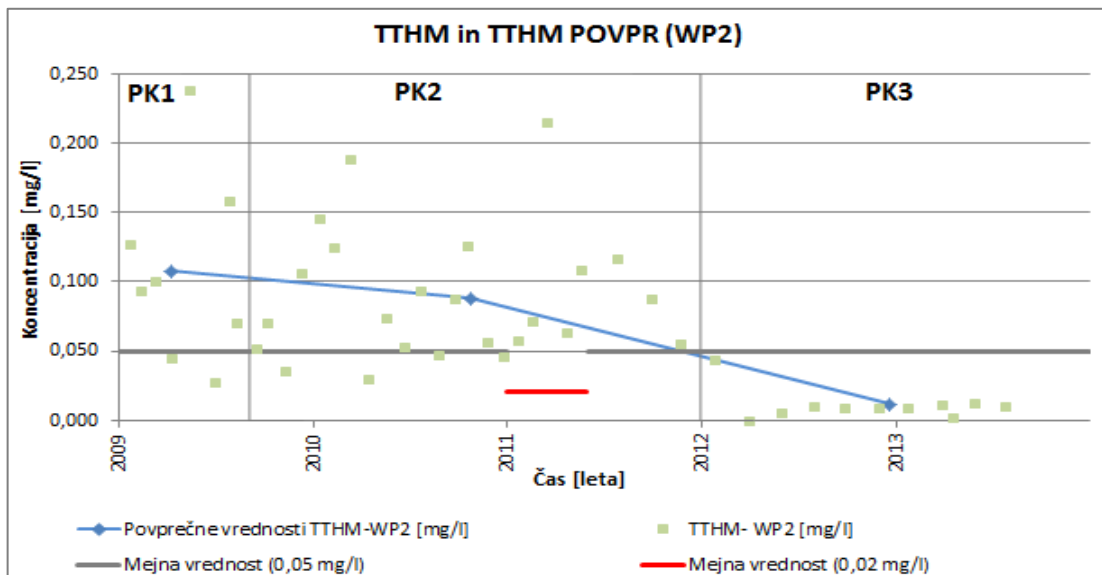


Graf 41 Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (WP1)

### 5.3.3.2 Vrtinčni bazen 2 (WP2)

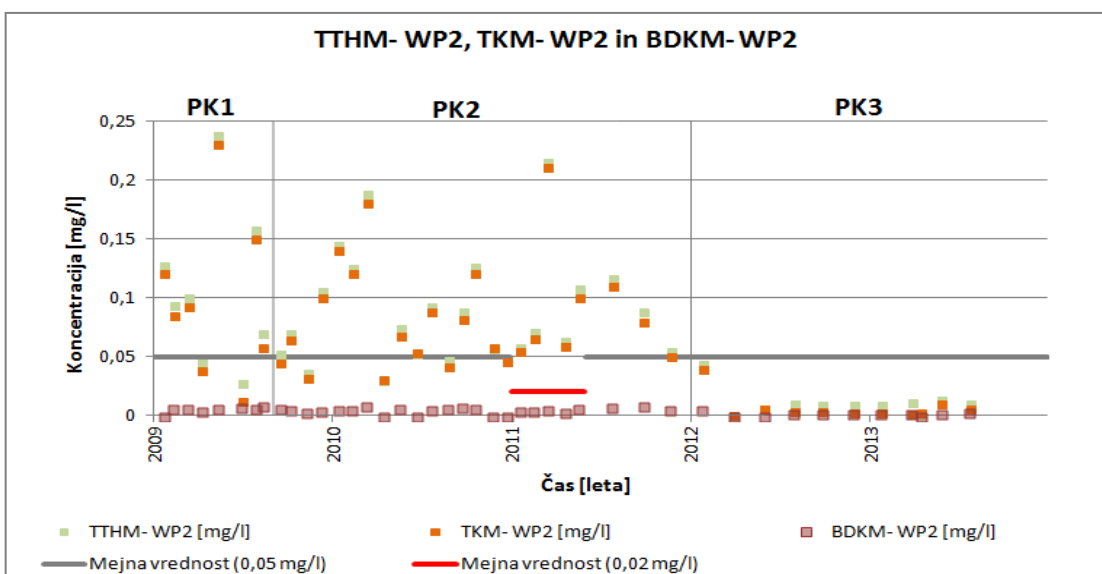
Časovni potek koncentracij TTHM glede na procesno koncentracijo je prikazan na Grafu 42. Izmerjene koncentracije TTHM so se skozi analizirano obdobje gibale v razponu vrednosti med 0,0017 mg/l in 0,238 mg/l. V obdobju PK1 je bila minimalna izmerjena koncentracija TTHM enaka 0,028 mg/l, maksimalna pa 0,238 mg/l, v obdobju PK2 0,030 mg/l oziroma 0,215 mg/l in v obdobju PK3 0,0017 mg/l oziroma 0,044 mg/l. Povprečna koncentracija TTHM je bila v obdobju PK1 0,107 mg/l v obdobju PK2 0,088 mg/l in v obdobju PK3 0,012 mg/l. Iz grafa in podatkov je razvidno, da so bile najvišje koncentracije TTHM izmerjene v obdobju trajanja PK1, ko je bila izmerjena tudi maksimalna vrednost 0,238 mg/l, ki je bila kar za 376% višja od trenutno dovoljene mejne vrednosti.

Iz Grafa 42 je razvidno, da so se s pričetkom leta 2012 in s tem vpeljavo nove procesne kombinacije priprave bazenske vode koncentracije TTHM bistveno znižale, enak trend se nadaljuje tudi v letu 2013. Povprečna koncentracija TTHM je bila v letu 2012 0,014 mg/l v letu 2013 pa 0,009 mg/l. V prihodnosti je pričakovati, da se bo mejna dovoljena vrednost ponovno spustila na 0,020 mg/l, kot se je v obdobju med 1. 1. 2011 do 31. 5. 2011, kar je tudi mejna dovoljena vrednost v skladu z nemškim standardom DIN 19643. Če bi omenjeni kriterij veljal v letih 2012 in 2013, torej za časa PK3, bi od skupno 11 odvzetih vzorcev 10 (90,9%) vzorcev omenjen kriterij izpolnjevalo, 1 (9,1%) vzorec bazenske vode pa ne. Tako bi v letu 2012 od skupno 6 odvzetih vzorcev bazenske vode 5 (83,3%) vzorcev izpolnilo omenjen kriterij, 1 (16,7%) vzorec pa ne. Leta 2013 bi vseh 5 (100%) odvzetih vzorcev bazenske zadostilo kriteriju.



**Graf 42** Koncentracije TTHM po času glede na procesno kombinacijo (WP2)

Na Grafu 43 je prikazan časovni potek koncentracij TKM, BDKM in vsote THM glede na procesno kombinacijo. Podrobnejši podatki so podani v Prilogi B.6. Koncentracije TTHM so se gibale v razponu vrednosti med 0,007 mg/l in 0,623 mg/l, koncentracije TKM med 0,0011 mg/l in 0,230 mg/l, koncentracije BDKM med 0,0016 mg/l in 0,009 mg/l. Razpon koncentracij DBKM je bil med 0,0009 mg/l in 0,007 mg/l, koncentracije TBM so bile zanemarljive ( $<0,001$  mg/l). Iz grafa in podatkov o razponu koncentracij posameznih THM je razvidno, da koncentracije TTHM dobro sovpadajo s koncentracijami TKM, kar je razumljivo, saj TKM med vsemi štirimi THM v največjem deležu prispeva k vrednosti za parameter TTHM. V povprečju TKM sam predstavlja kar  $\approx 82,5\%$  celotne vrednosti za TTHM, sledita mu BDKM ( $\approx 8,5\%$ ) in DBKM ( $\approx 6\%$ ). Delež TBM je  $\approx 3\%$ .



**Graf 43** Koncentracije TKM, BDKM in TTHM (WP2)

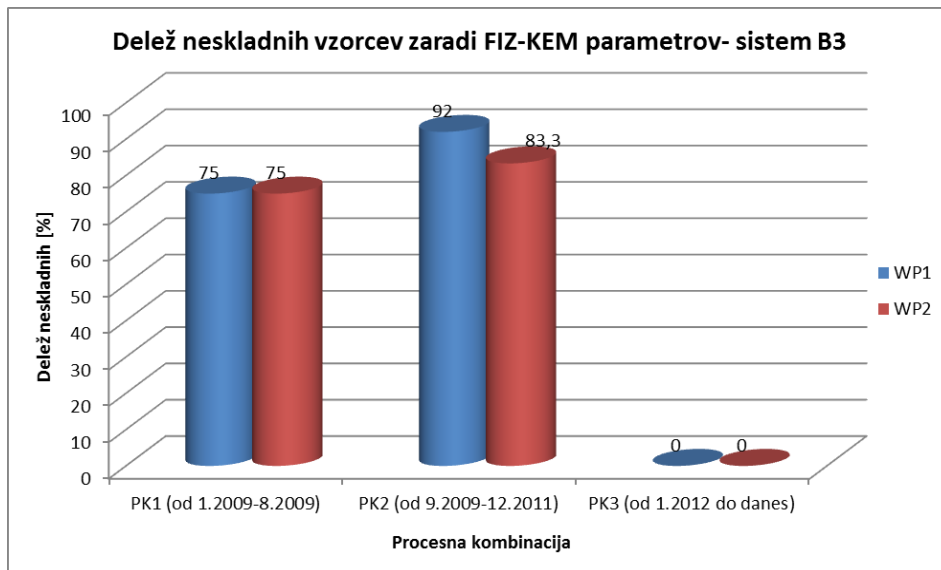
### 5.3.4 Primerjava bazenov na sistemu B3 in sklep

Na bazenskem sistemu B3 se je v obdobju med januarjem 2009 in avgustom 2013 bazenska voda pripravljala na 3 različne načine. V bazenskem sistemu z izjemo nekaj vzorcev bazenske vode večjih težav s presežnimi vrednostmi za mikrobiološke parametre niso imeli, kar se tiče fizikalno-kemijskih preskušanj pa močno izstopa parameter TTHM. Deleži neskladnih vzorcev zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah na bazenskem sistemu 3 so prikazani na Grafu 44.

V obdobju PK1 je bilo v vsakem izmed vrtničnih bazenov odvzetih po 8 vzorcev bazenske vode s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj. Število neskladnih vzorcev je bilo v obeh bazenih enako, in sicer je bilo neskladnih po 6 (75%) vzorcev vode. V obdobju PK1 se je bazenska voda v vrtničnih bazenih pripravljala na način, da se je cirkulirajoči vodi doziral flokulant, sledila je filtracija na enem enoslojnem peščenem filtru. V tem obdobju so bile v povprečju izmerjene najvišje koncentracije parametra TTHM.

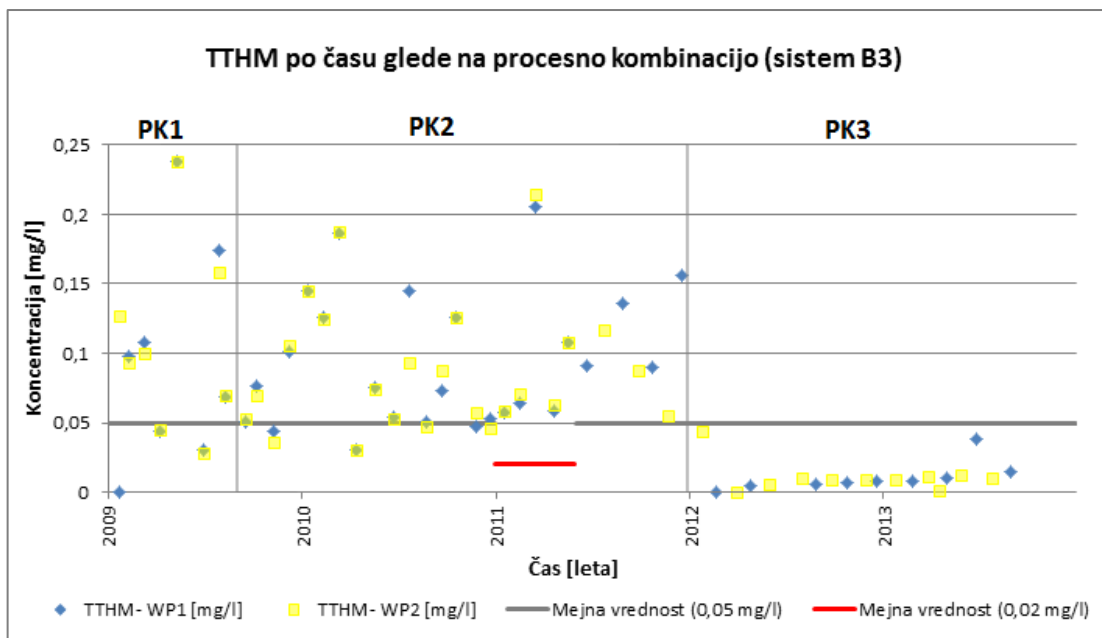
Tudi v bazenskem sistemu B3 so v septembru 2009 pričeli z doziranjem vodne suspenzije AO v prahu. Delež neskladnih vzorcev zaradi fizikalno-kemijskih preskušanj se je za časa PK2 v obeh vrtničnih bazenih v primerjavi s PK1 povečal, tako je bilo v WP1 kar 92% vzorcev, v WP2 pa 83,3% vzorcev neskladnih. Tudi na tem sistemu so imeli probleme s pripravo vodne suspenzije AO v prahu, filter se je vseskozi mašil in ga je bilo potrebno pogosto izpirati (3 krat/teden in več), med drugim je AO prehajalo tudi v filtrat. V septembru leta 2011 so v filtrirni posodi odstranili 20 cm debelo plast kremenčevega peska in nasipali 20 cm debelo plast antracita. V tem obdobju je bil sprejet tudi nov pravilnik, Pravilnik o minimalnih higienskih zahtevah, ki jih morajo izpolnjevati kopališča in kopalna voda v bazenih (Ur.l. RS, št. 39/2011 (popr. 64/2011)), ki v 4. odstavku 12. člena upravljavcem bazenskih kopališč omogoči izmenično odzemanje vzorcev bazenske vode, v bazenih s skupno kopalno površino do 30 m<sup>2</sup> in globino ne manj kot 0,6 m, kar vrtnična bazena tudi sta. Zato je na Grafu 44 od junija 2011 vidno izmenično vzorčenje bazenske vode v vrtničnih bazenih.

Z januarjem 2012 so prekinili doziranje AO v prahu in dodatno nasipali 20 cm debelo plast antracita. V obdobju PK3 so bili vsi vzorci, ki so jih odvzeli s ciljem fizikalno-kemijskih preskušanj, skladni.



**Graf 44** Delež neskladnih vzorcev vode zaradi fizikalno-kemijskih parametrov po procesnih kombinacijah (sistem B3)

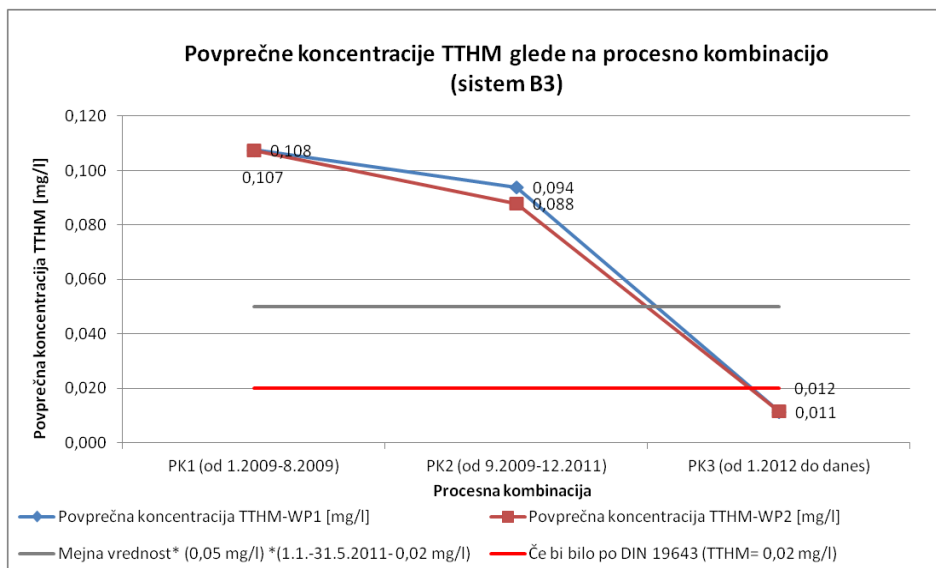
Na Grafu 45 so prikazane vrednosti parametra TTHM po času glede na procesno kombinacijo, za bazena vezana na sistem B3. Ker sta bazena vezana na skupni sistem in ker se bazenska voda za oba bazena pripravlja na enak način, je pričakovati, da so koncentracije TTHM v obeh bazenih podobne,



**Graf 45** TTHM po času glede na procesno kombinacijo (sistem B3)

kar v praksi pomeni, da če je neskladen oziroma skladen vzorec bazenske vode v WP1, da je neskladen oziroma skladen tudi vzorec vode v WP2. V analiziranem obdobju je v treh primerih prišlo do razlik med koncentracijama TTHM, in sicer v obdobju PK2. V dveh primerih so bile koncentracije

v WP2 nižje v primerjavi z WP1 (25.8.2010 in 23.12.2010), v enem primeru pa je bilo obratno (25.11.2010). Podrobnejši podatki so podani v Prilogi B.5 in B.6.



**Graf 46** Povprečne koncentracije TTHM glede na procesno kombinacijo (sistem B3)

Iz Grafa 46 je razvidno, da so povprečne koncentracije TTHM v WP1 in WP2 več ali manj podobne. Če primerjamo povprečne koncentracije v WP1 in WP2 ugotovimo, da so bile povprečne koncentracije TTHM v WP2 nekoliko nižje od povprečnih koncentracij v WP1. Tako je bila za časa procesne kombinacije PK1 povprečna koncentracija TTHM v WP2 za 0,93% nižja kot povprečna koncentracija v WP1. V obdobju PK2 je bila povprečna koncentracija TTHM v WP2 za 6,4% nižja kot povprečna koncentracija v WP1.

Priprava bazenske vode na sistemu B3 je podobna pripravi bazenske vode na sistemu B2. V obdobju PK1, ko se je bazenska voda pripravljala na t.i. klasičen način (flokulacija-filtracija-dezinfekcija), so bile v povprečju izmerjene najvišje koncentracije parametra TTHM. V septembru 2009 so pričeli z doziranjem aktivnega oglja v prahu v obliki vodne suspenzije. V tem obdobju so koncentracije parametra TTHM še vedno v veliki meri presegale mejno dovoljeno vrednost. V začetku leta 2011 so pričeli z doziranjem novega sredstva za kosmičenje in istega leta v septembru nasipali 20 cm debelo plast antracita. Šele v obdobju PK3, ko so prenehali z doziranjem AO v prahu, so se pričele vrednosti TTHM nižati in se od leta 2012 vseskozi gibljejo pod mejno dovoljeno vrednostjo. Če primerjamo povprečne koncentracije TTHM v obdobju PK3 (sistem B3) in PK4 (sistem B2), ugotovimo, da so kljub dejstvu, da je volumen vode v vrtinčnih bazenih manjši in da so ti zaradi vodnih in zračnih atrakcij še bolj obremenjeni s snovmi, ki se spirajo s površine teles kopalcev, te še nižje. Kar se tiče koncentracij parametra vezani klor je na sistemu B3 zaznati podoben trend kot pri parametru TTHM. Zaradi uspešnega znižanja koncentracij parametra TTHM na sistemu B3 v obdobju PK3 je zato priporočljivo z dosedanja prakso priprave bazenske vode nadaljevati.

## 6 ZAKLJUČEK

Bazeni in bazenska voda v bazenih predstavljajo dinamično okolje, ki se spreminja pod vplivom številnih dejavnikov. Tako lahko že sama polnilna voda predstavlja glavni vir za nastanek THM in AOX spojin, kadar je v njej prisoten večji delež ogljikovodikov, zato jih je potrebno z ustrežno pripravo odstraniti. V bazenskih kompleksih s ciljem zagotavljanja higienske skladnosti vseskozi poteka dezinfekcija bazenske vode, pri čemer se najpogosteje uporabljajo klor in klorovi pripravki. Klor je najbolj razširjeno dezinfekcijsko sredstvo, katerega uporaba ima poleg številnih prednosti tudi slabosti. Med največje slabosti uporabe klora kot dezinfekcijskega sredstva nedvomno štejemo tvorbo nevarnih stranskih produktov.

Kopalci v bazensko vodo neprestano vnašajo organske snovi, med katerimi prevladujejo dušikove spojine, predvsem sečnina. S površine telesa se v bazensko vodo vseskozi izpirajo ostanki mil, losijonov in krem, delčkov kože itd. Poleg tega se pri bazenih na prostem v bazensko vodo vnašajo ostanki trave listja in zemlje. Pri reakciji med klorom in omenjenimi snovmi (prekursorji oz. znanilci) tako nastajajo številni stranski produkti. V bazenski vodi sta najpomembnejši skupini stranskih produktov trihalometani in kloramini, ki so posredno regulirani kot parameter vezani klor.

Cilj vsakega vodja bazenskega kopališča je zagotoviti kvalitetno vodo, v kateri je prisotno kar se da malo stranskih produktov. Med številnimi tehnološkimi postopki, ki jih vpeljujemo s ciljem zniževanja in zmanjševanja koncentracij prekursorjev ter že nastalih stranskih produktov, je dejansko najučinkovitejši ukrep ta, da skrbimo za lastno čistočo in higieno. Čeprav se zdi preprosto, še vedno veliko ljudi ne upošteva znakov za obveznost, ki so izobešeni na vhodu na bazensko ploščad. Najverjetneje k temu pripomore tudi dejstvo, da se v praksi nadzor nad dejanskim izpolnjevanjem obveznosti ne izvaja. Ker se kopalci pred vhodom na bazensko ploščad ne stuširajo in tako s površine telesa ne sperejo nesnage, te na koncu pristanejo v bazenski vodi in jih je zato potrebno iz nje izločiti s tehnološkimi postopki priprave vode, kar pa ni nujno najceneje.

Med tehnologijami, s katerimi zagotavljamo odstranjevanje že nastalih SPD in zmanjševanje koncentracij prekursorjev, te so opisane v teoretičnem delu diplomske naloge, ima vsaka svoje prednosti in slabosti. Pri tem pa je pomembno tudi dejstvo, da so bazenske vode v primerjavi s pitno vodo manj raziskane, saj gre v primeru opisanih tehnologij v veliki meri za tehnologije, ki so bile preizkušene znotraj laboratorijev in z umetnim ponazarjanjem onesnaženja bazenske vode, ne pa v dejanskem (praktičnem) okolju. Vsekakor je pomembno, da se več pozornosti usmeri v drugačne postopke dezinfekcije, ki ne vključujejo uporabe klora kot npr. ultrazvočna kavitacija, oksidacija z  $H_2O_2$ , nano delci (Ag,  $TiO_2$ ).

Pri analiziranju tehnoloških postopkov priprave bazenske vode na praktičnem primeru bazenskega kompleksa Term Vivat, kjer se bazenska voda za 6 bazenov pripravlja na 3 bazenskih sistemih, pri tem pa se kot dezinfekcijsko sredstvo vseskozi uporablja plinski klor, sem tako prišla do zanimivih zaključkov. Pri analizi rezultatov laboratorijskih vzorčenj v obdobju med januarjem 2009 in avgustom 2013 sem ugotovila, da je med razlogi za neskladnost vzorcev bazenske vode izstopala predvsem vrednost fizikalno-kemijskega parametra TTHM. Med štirimi THM, je TKM spojina, ki je bila zaznana v največjih koncentracijah, sledita ji BDKM in DBKM, koncentracije TBM so bile sorazmerno nizke.

Na bazenskem sistemu B1 se bazenska voda skozi analizirano obdobje pripravlja na enak način. Tako doziranju sredstva za kosmičenje sledi naknadna filtracija na treh enoslojnih peščenih filtrih, v zadnjem koraku pa se vodi dozira utekočinjen plinski klor. Sicer so v letih 2010 in 2011 izmerjene koncentracije vsote THM v večji meri presegale mejne dovoljene koncentracije, vendar je po letu 2010 opaziti trend zmanjševanja koncentracij TTHM, najverjetneje predvsem na račun doziranja novega sredstva za kosmičenje.

Na bazenskih sistemih B2 in B3 so bile kombinacije tehnoloških postopkov priprave bazenske vode več ali manj podobne. Na splošno so se za najmanj uspešne izkazale procesne kombinacije, ki so vključevale uporabo aktivnega oglja v prahu in zrnu. Na bazenskih sistemih B2 in B3 so bile za časa doziranja aktivnega oglja v prahu v povprečju izmerjene ene najvišjih vrednosti parametra TTHM. S pričetkom leta 2012 so na omenjenih bazenskih sistemih prenehali z doziranjem aktivnega oglja v prahu. Nasipanje 40 cm debele plasti antracita na vrhno plast peščenega sloja je imelo za posledico znižanje koncentracije parametra TTHM pod mejno dovoljeno vrednostjo, predpisano v Sloveniji, v vrtinčnih bazenih bi velika večina vzorcev zadostila še strožjemu kriteriju za parameter TTHM, ki v skladu z DIN 19643 znaša 0,020 mg/l.

Med bazeni, vezanimi na isti bazenski sistem, obstajajo le majhne razlike v povprečnih izmerjenih koncentracijah parametra TTHM, kar je razumljivo, saj se bazenska voda pripravlja na enak način. Izjema je le otroški zunanji bazen, v katerem so za razliko od otroškega notranjega in kombiniranega rekreacijskega bazena bile v povprečju izmerjene višje koncentracije parametra TTHM.

Na vseh treh bazenskih sistemih so dosegli zastavljen cilj, to je znižanje koncentracije THM. Pri bazenskih sistemih B2 in B3 so občutno znižanje dosegli potem, ko so na zgornji sloj peščenega medija dodatno nasipali plast antracita, na bazenskem sistemu B1 pa so znižanje koncentracij dosegli z t.i. klasičnim načinom priprave bazenske vode, zato bi bilo v prihodnosti zanimivo preveriti, kako bi se tovrstna priprava bazenske vode odrezala na sistemih B2 in B3.



## VIRI

Akdolit. 2013.

[http://www.akdolit.com/downloads.php/Akdolit\\_EN\\_04.08.pdf](http://www.akdolit.com/downloads.php/Akdolit_EN_04.08.pdf) (Pridobljeno 14. 2. 2013.)

Barbot, E., Moulin., P. 2008. Swimming pool water treatment by ultrafiltration-adsorption process. *Journal of Membrane Science* 314: 50-57.

Cameron Carbon. 2006. Activated carbon- manufacture, structure & properties: 11 str. [http://www.cameroncarbon.com/documents/carbon\\_structure.pdf](http://www.cameroncarbon.com/documents/carbon_structure.pdf) (Pridobljeno 13. 6. 2013.)

Cassan, D., Mercier, B., Castex, F., Rambaud, A. 2006. Effects of medium-pressure UV lamps radiation on water quality in a chlorinated indoor swimming pool. *Chemosphere* 62: 1507-1513.

Cassan, D., Drakides, C. 2011. UV and applications in water treatment of commercial swimming pools. Fourth international conference swimming pool & spa, Portugal, Porto, 15-18 March 2011: 6 str.

<http://www.pwtag.org/researchdocs/UV%20AND%20APPLICATIONS%20IN%20WATER%20TREATMENT%20OF%20COMMERCIAL%20SWIMMING%20POOLS.pdf> (Pridobljeno 24. 8. 2013.)

Chu, H., Nieuwenhuijsen, M.J. 2002. Distribution and determinants of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools. *Occupational and Environmental Medicine* 59: 243-247.

Čehovin, M. 2013. Problematika organskih snovi v pitni in bazenski vodi ter tvorjenje zdravju škodljivih stranskih produktov oksidacije in dezinfekcije s klorom. *Ekolist* 09: 25-28.

[http://www.ekolist.si/documents/ekolist\\_09/09\\_S085.pdf](http://www.ekolist.si/documents/ekolist_09/09_S085.pdf) (Pridobljeno 14. 6. 2013.)

De Laat, J., Feng, W., Freyfer, D.A., Dossier-Berne, F. 2011. Concentration levels of urea in swimming pool water and reactivity of chlorine with urea. *Water Research* 45: 1139-1146.

DIN 19643-1: 2012. Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser – Teil 1: Allgemeine Anforderungen.

DIN 19643-2: 2012. Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser – Teil 2: Verfahrenskombinationen mit Festbett-und Anchwammfiltern.

DIN 19643-3: 2012. Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser – Teil 3: Verfahrenskombinationen mit Ozonung.

DIN 19643-4: 2012. Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser – Teil 4: Verfahrenskombinationen mit Ultrafiltration.

Donau Carbon. Aktivkohle und ihre Anwendung: 2013.

<http://www.donau-carbon.com/Downloads/aktivkohle.aspx> (Pridobljeno 28. 5. 2013.)

Eichelsdörfer, D., Jandik, J. 1985. Long contact time ozonation for swimming pool water treatment. *Ozone. Science & Engineering* 7: 93-106.

Erdinger, L., Mascher, F. 2010. Formation of volatile disinfection by products in swimming pool water.

<http://www.pwtag.org/documents/FormationofVolatileDisinfectionByProductsInSwimmingPoolWater.pdf> (Pridobljeno, 14. 6. 2013.)

Glauner, T., Waldman, P., Frimmel, F.H., Zwiener, C. 2005a. Swimming pool water-fractionation and genotoxicological characterization of organic constituents. *Water Research* 39: 4494-4502.

Glauner, T., Kunz, F., Zwiener, C., Frimmel, F.H. 2005b. Elimination of swimming pool water disinfection by-products with advanced oxidation processes (AOPs). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 33: 585-594.

Gottschalk, C., Libra, J.A., Saupe, A. 2010. Ozonation of water and waste water. A practical guide to understanding ozone and its application. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2nd ed: 362 str.

Hansen, K.M.S., Willach, S., Antoniou, M.G., *et al.* 2011. Effect of selection of pH in swimming pools on formation of chlorination by-products. [http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:63032/datastreams/file\\_5498701/content](http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:63032/datastreams/file_5498701/content) (Pridobljeno 20. 4. 2013.)

Hansen, K.M.S., Willach, S., Mosbæk, H., Andersen, H.R. 2012a. Particles in swimming pool filter. Does pH determine the DBP formation? *Chemosphere* 87: 241-247.

Hansen, K.M.S., Willach, S., Antoniou, M.G., *et al.* 2012b. Effect of pH on the formation of disinfection byproducts in swimming pool water. Is less THM better? *Water Research* 46: 6399-6409.

HydroGroup. 2012. Membrane technology- fundamentals/processes: 4 str. <http://www.hydrogroup.biz/areas-of-use/water-treatment/membrane-filtration.html> (Pridobljeno 9. 9. 2013.)

IVZ. 2006. Strokovno mnenje o možnostih uporabe UV svetlobe za dezinfekcijo pitne vode. [http://www.ivz.si/Mp.aspx/?ni=115&pi=5& 5\\_Filename=attName.png& 5\\_MediaId=479& 5\\_AutoResize=false&pl=115-5.3](http://www.ivz.si/Mp.aspx/?ni=115&pi=5& 5_Filename=attName.png& 5_MediaId=479& 5_AutoResize=false&pl=115-5.3) (Pridobljeno 11. 9. 2013.)

IVZ. 2009. Pogosta vprašanja o kopalni vodi.  
[http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=116&pi=5&\\_id=377&\\_PageIndex=0&\\_groupId=246&\\_newsCategory=&\\_action>ShowNewsFull&pl=116-5.0](http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=116&pi=5&_id=377&_PageIndex=0&_groupId=246&_newsCategory=&_action>ShowNewsFull&pl=116-5.0). (Pridobljeno 8. 2. 2013.)

IVZ. 2013. Kakovost bazenskih kopalnih voda v Sloveniji v letu 2012. Ljubljana: Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije (IVZ RS): 40 str.  
[http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=116&pi=5&\\_Filename=6751.pdf&\\_MediaId=6751&\\_AutoResize=false&pl=116-5.3](http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=116&pi=5&_Filename=6751.pdf&_MediaId=6751&_AutoResize=false&pl=116-5.3). (Pridobljeno 14. 6. 2013.)

Jackson, P.J., Rule, K.L. 2002. Chloroform concentrationd in European tap water and swimming poolsv - Urban Exposure: Integrated Exposure Management Tool Characterizing Air Pollution-relevant Human Exposure in Urban Environment (Version no 3.1): 48 str.

Judd, S.J., Bullock, G. 2003. The fate of chlorine and organic materials in swimming pools. Chemosphere 51, 869-879.

Kanan, A., Karanfil, T. 2011. Formation of disinfection by-products in indoor swimming pool water: The contribution from filling water natural organic matter and swimmer body fluids. Water Research 45, 926-932.

Keuten, M.G.A., Verberk, J.Q.J.C., Van Dijk, J.C. 2011. Definition and quantification of anthropogenic initial and continual biochemical bathing load in swimming pools. Fourth international conference swimming pool & spa, Portugal, Porto, 15-18 March 2011: 30 str.  
<http://www.pwttag.org/researchdocs/DEFINITION%20AND%20QUANTIFICATION%20OF%20ANTHROPOGENIC%20INITIAL%20AND%20CONTINUAL%20BIOCHEMICAL%20BATHING%20LOAD%20IN%20SWIMMING%20POOLS.pdf> (Pridobljeno 27. 5. 2013.)

Kim, H., Shim, J., Lee, S. 2002. Formation of disinfection by-products in chlorinated swimming pool water. Chemosphere 46: 123-130.

Kristensen, G.H., Klausen, M.M., Andersen, H.R., Erdinger, L., Lauritsen, F., Arvin, E., Albrechtsen, H.J. 2009. Full scale test of UV-based water treatment technologies at Gladsaxe Sport Centre- with and without advanced oxidation mechanisms. Swimming pool & spa international conference, London, 17-20 March 2009: 15 str.  
<http://www.pwttag.org/researchdocs/Used%20Ref%20docs/6%20Paper%204.1%20UV%20&%20THMs%20Denmark.pdf> (Pridobljeno 28. 7. 2013.)

Lindstrom, A.B., Pleil, J.D., Berkoff, D.C. 1997. Alveolar breath sampling and analysis to assess trihalomethane exposures during competitive swimming training. Environmental Health Perspectives, 105: 636-642

Li, J., Blatchley III, E.R. 2007. Volatile disinfection byproduct formation resulting from chlorination of organic-nitrogen precursors in swimming pools. *Environmental Science and Technology* 41: 6732-6739.

Li, J., Blatchley III, E.R. 2009. UV photodegradation of inorganic chloramines. *Environmental Science and Technology* 43: 60-65.

Lovibond. 2013. Pool spa. Wasseraufbereitung und analytik: 86 str.  
[http://dl.lovibond.com/lovibond\\_handbuch.pdf](http://dl.lovibond.com/lovibond_handbuch.pdf) (Pridobljeno 11. 6. 2013.)

Muff, J., Bennedsen, L. 2007. New techniques for treatment of water in Danish swimming pools with focus on electrochemical oxidation and disinfection. Master thesis, Chemical engineering: 132 str.  
[http://projekter.aau.dk/projekter/files/17125982/New\\_techniques\\_for\\_treatment\\_of\\_water\\_in\\_Danish\\_swimming\\_pools.pdf](http://projekter.aau.dk/projekter/files/17125982/New_techniques_for_treatment_of_water_in_Danish_swimming_pools.pdf) (Pridobljeno 28. 7. 2013.)

Müller, S., Uhl, W. 2009. Impact of split flow treatment by coagulation/ultrafiltration on particle concentrations in pool water. Swimming pool & spa international conference, London, 17-20 March 2009: 8 str.  
<http://www.pwttag.org/researchdocs/Used%20Ref%20docs/83%20Paper%203.2%20Muller%20and%20Uhl.pdf> (Pridobljeno 28. 7. 2013.)

Oesterholt, F., Traksel, D., Keuten, M. 2009. Review and assessment of alternative water disinfection technologies for municipal swimming pools in the Netherlands. Swimming pool & spa international conference, London, 17-20 March 2009: 6 str.  
<http://www.pwttag.org/researchdocs/Used%20Ref%20docs/84%20Paper%203.1%20Oesterholt%20et%20al.pdf> (Pridobljeno 28. 7. 2013.)

Podbrežnik, M., Bauman, M., Lobnik, A. 2013. Membranske tehnologije- možnosti je veliko. *Ekolist* 07: 23-26.  
[http://www.ekolist.si/documents/07\\_S063-Podbreznik\\_Bauman\\_Lobnik.pdf](http://www.ekolist.si/documents/07_S063-Podbreznik_Bauman_Lobnik.pdf) (Pridobljeno 1. 11. 2013.)

Pravilnik o minimalnih higienskih zahtevah, ki jih morajo izpolnjevati kopališča in kopalna voda v bazenih. Uradni list RS št. 39-1906/2011: 5257-5264.

PWTAG (Pool water treatment advisory group). 2009. Swimming pool water. Treatment and Quality standards for pools and spas. 2nd ed: 202 str.

Reemtsma, T. (ur.), Jekel, M. (ur.). 2006. Organic Pollutants in the Water Cycle. Properties, Occurrence, Analysis and Environmental Relevance of Polar Compounds. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 350 str.

Rice, G. 1995. Chemistries of ozone for municipal pool and spa water treatment. Facts and fallacies. Journal of the swimming pool and spa industry 1: 25-44.

Richardson, S.D., DeMarini, D.M., Kogevinas, M. *et al.*. 2010. What's in the pool? A comprehensive identification of disinfection by-products and assessment of mutagenicity of chlorinated and brominated swimming pool water. Environmental Health Perspectives 118: 1523-1530.

Samec, N. 2006. Okoljsko inženirstvo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo: 249 str.

[http://iepoi.uni-mb.si/samec/Stud\\_gradivo/Okoljsko\\_inzenirtsvo-mag.pdf](http://iepoi.uni-mb.si/samec/Stud_gradivo/Okoljsko_inzenirtsvo-mag.pdf) (Pridobljeno 11. 2. 2013.)

Schmalz, C., Frimmel, F.H., Zwiener, C. 2011. Trichloramine in swimming pools – formation and mass transfer. Water Research 45: 2681-2690.

Silva, Z., Rebelo, H., Manso-Silva, M. *et al.*. 2011. Trihalomethanes in Lisbon indoor swimming pools: occurrence and determining factors. Fourth international conference swimming pool & spa, Portugal, Porto 15-18 March 2011: 10 str.

<http://www.pwttag.org/researchdocs/TRIHALOMETHANES%20IN%20LISBON%20INDOOR%20SWIMMING%20POOLS-%20OCCURRENCE%20AND%20DETERMINING%20FACTORS.pdf>

(Pridobljeno 24. 8. 2013.)

Simard, S., Tardif, R., Rodriguez, M.J. 2013. Variability of chlorination by-product occurrence in water of indoor and outdoor swimming pools. Water Research 47: 1763-1772.

Simonič, M. 2010. Vsebnost THM v kopalnih vodah pri različnih postopkih dezinfekcije. Kakovost kopalnih voda '10, Ljubljana, 26.-27. Maja 2010. Most do znanja: 7 str.

Stottmeister, E., Voigt, K., 2006. Trichloramine prevention remains better than cure. ISRM Recreation Magazine: 30-33.

<http://www.pwttag.org/researchdocs/Used%20Ref%20docs/54%20Skin%20and%20Urea%20cause%20trichloramines%20Stottmeister.pdf> (Pridobljeno 27. 5. 2013.)

Šolar, F. 2011. Bazeni za plavanje in kopanje. Smernice, investicije, obratovanje, vzdrževanje. Ljubljana: 173 str.

Vivat. 2013.

<http://www.vivat.si>

Weaver, W.A, Li, J., Wen, Y., Johnston, J., Blatchley, M.R., Blatchley III, E.R. 2009. Volatile disinfection by-product analysis from chlorinated indoor swimming pools. Water Research 45: 3308-3318.

W.E.T. (Wasser. Energie. Technologie.). 2007. Ultrafiltration in circulat treatment of swimming pool water: 10 str.

<http://www.wet-gmbh.com/ger/docs/IntroductionintoUltrafiltration.pdf> (Pridobljeno 13. 1. 2013.)

White, G.C. 2010. White` s handbook of chlorination and alternative disinfectants. 5th ed:1062 str.

WHO (World Health Organisation). 2006. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2-Swimming pools and similar environments: 118 str.

Zagajšek, A., Planinšek, A., Panjan, J., Kompare, B., Drev. D. 2010. Problem onesnaženja bazenskih voda s trihalometani na območju celjske regije. Zbornik referatov Vodni dnevi 2010. Slovensko društvo za zaščito voda, Portorož, 20.-21. 10. 2010.

Zwiener, C., Richardson, S.D., De Marini, D.M., Grummt, T., Glauner, T., Frimmel, F.H. 2007. Drowning in disinfection by-products? Assessing swimming pool water. Environmental science & technolog 41: 363-372.

### **Ostali viri**

Internetni vir 1.

<http://www.archdaily.com/65634/vivat-pool-and-spa-andrej-kalamar/model-26/> (Pridobljeno 12. 2. 2013.)

## **SEZNAM PRILOG**

### **PRILOGA A: SHEME BAZENSKIH SISTEMOV**

Priloga A.1: Bazenski sistem B1

Priloga A.2: Bazenski sistem B2

Priloga A.3: Bazenski sistem B3

### **PRILOGA B: KONCENTRACIJE THM**

Priloga B.1: Koncentracije THM v olimpijskem bazenu (OLIMPB)

Priloga B.2: Koncentracije THM v otroškem notranjem bazenu (OTRNB)

Priloga B.3: Koncentracije THM v kombiniranem rekreacijskem bazenu (REKB)

Priloga B.4: Koncentracije THM v otroškem zunanjem bazenu (OTRZB)

Priloga B.5: Koncentracije THM v vrtinčnem bazenu 1 (WP1)

Priloga B.6: Koncentracije THM v vrtinčnem bazenu 2 (WP2)

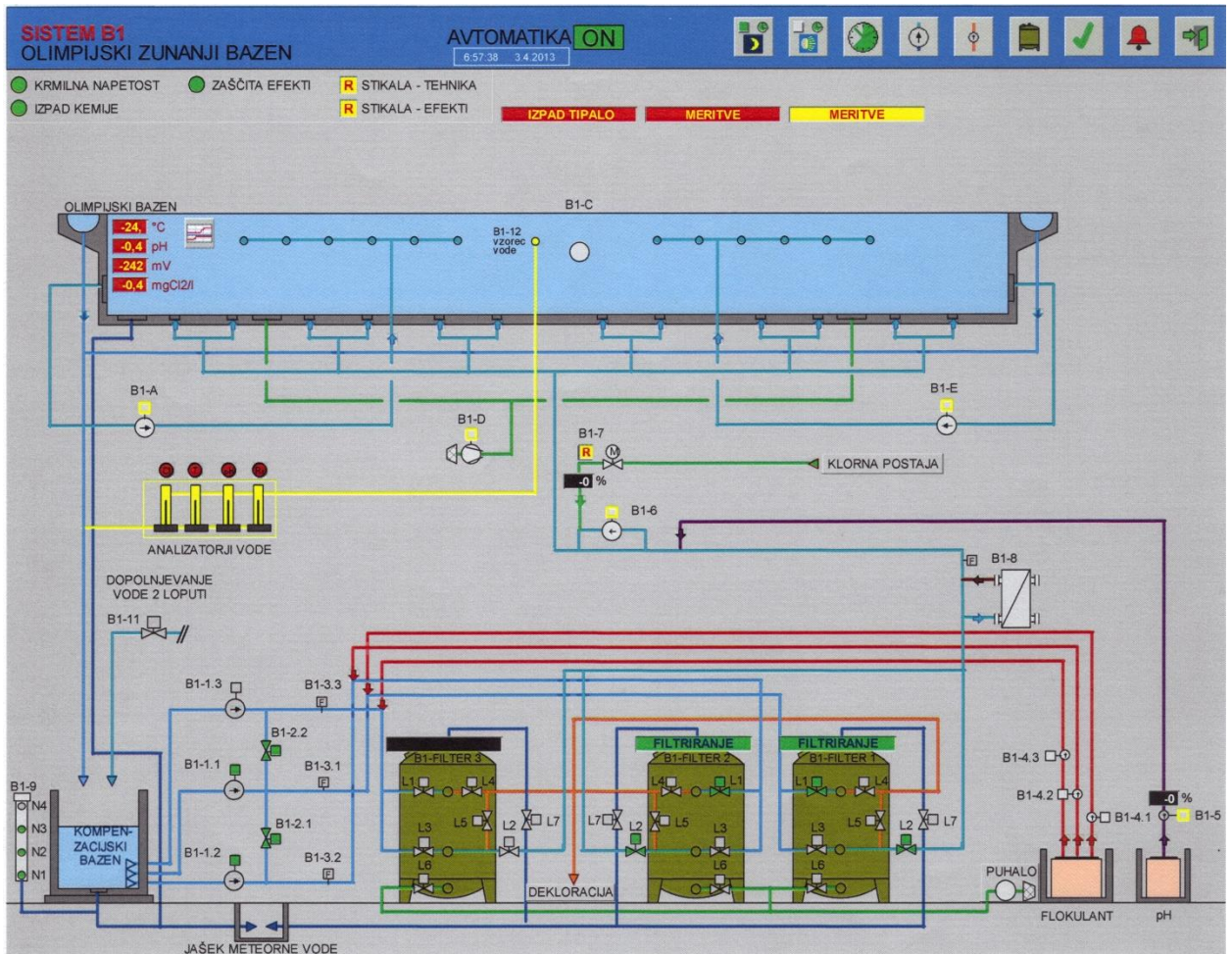
Žilavec, K. 2014. Tehnologije priprave bazenske kopalne vode...Term Sončni park Vivat.  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Vodarstvo in komunalno inženirstvo.

---

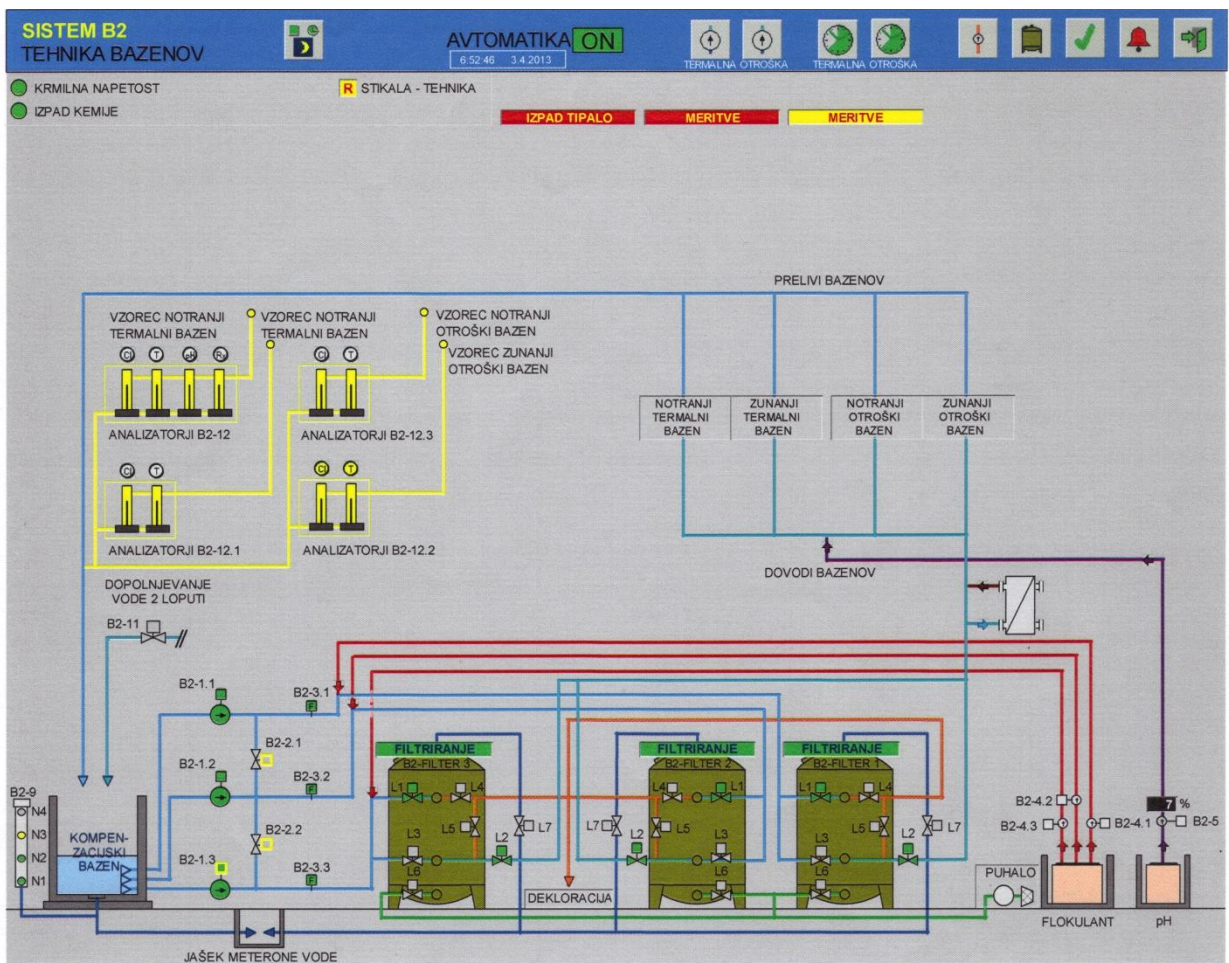


PRILOGA A: SHEME BAZENSKIH SISTEMOV

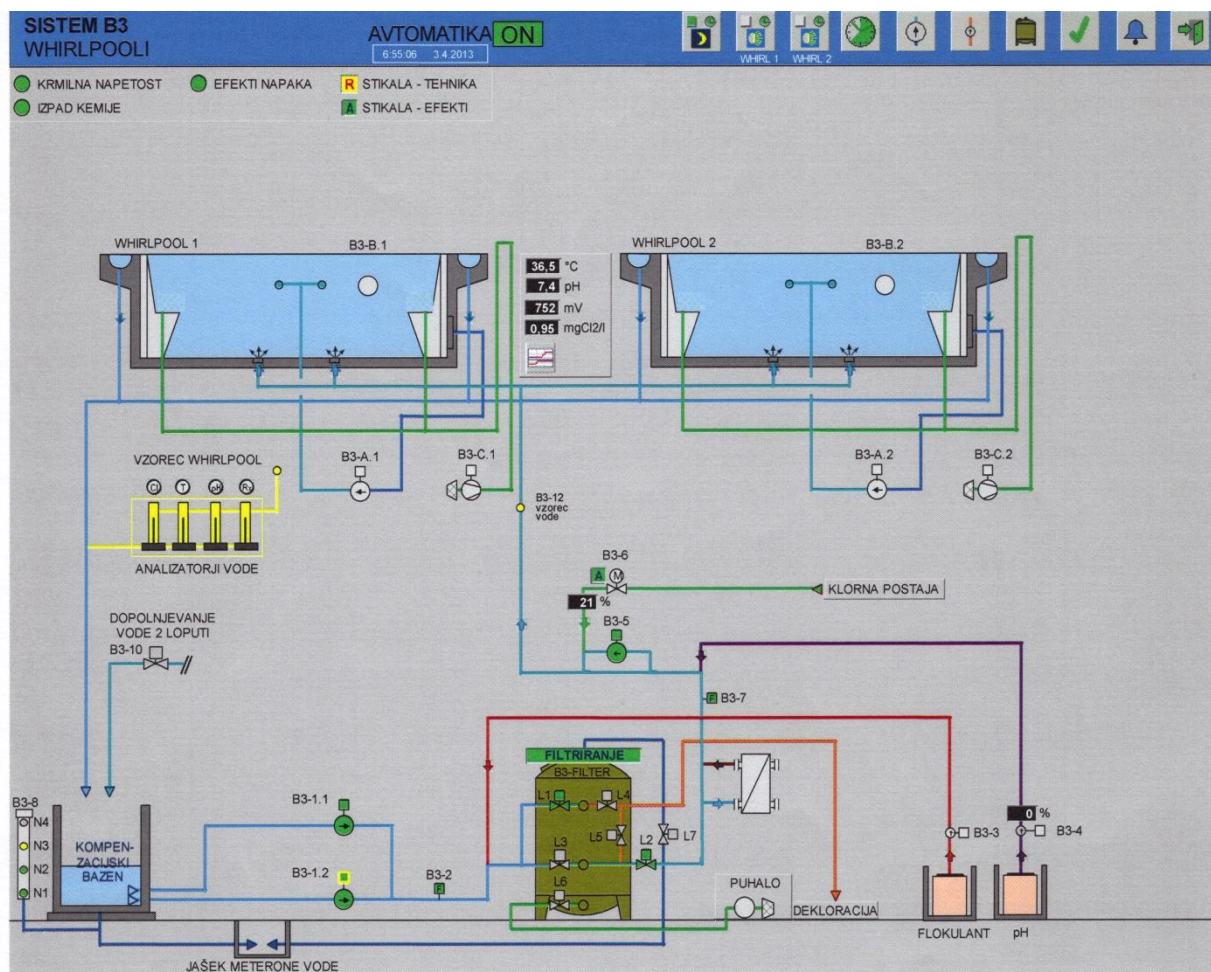
Priloga A.1: Bazenski sistem B1



Priloga A.2: Bazenski sistem B2



Priloga A.3: Bazenski sistem B3



Žilavec, K. 2014. Tehnologije priprave bazenske kopalne vode...Term Sončni park Vivat.  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Vodarstvo in komunalno inženirstvo.

---

PRILOGA B: KONCENTRACIJE THM

Priloga B.1: Koncentracije THM v olimpijskem bazenu (OLIMPB)

DATUM	TKM [mg/l]	TBM [mg/l]	BDKM [mg/l]	DBKM [mg/l]	TTHM [mg/l]
2.6.2009	0,039	<0,001	0,005	0,001	0,045
30.6.2009	0,022	<0,001	0,003	<0,001	0,025
14.7.2009	0,038	<0,001	0,003	<0,001	0,041
28.7.2009	<b>0,067</b>	<0,001	0,011	0,004	<b>0,082</b>
11.8.2009	0,036	<0,001	0,006	0,002	0,045
25.8.2009	0,022	<0,001	0,003	<0,001	0,025
9.6.2010	<b>0,055</b>	<0,0050	0,007	<0,0050	<b>0,062</b>
22.6.2010	<b>0,051</b>	<0,0050	0,006	<0,0050	<b>0,057</b>
8.7.2010	<b>0,11</b>	<0,0050	0,0071	<0,0050	<b>0,117</b>
21.7.2010	<b>0,069</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,069</b>
9.8.2010	<b>0,15</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,15</b>
25.8.2010	<b>0,13</b>	<0,0050	0,0053	<0,0050	<b>0,135</b>
24.5.2011	<b>0,048</b>	<0,0010	0,0063	0,0017	<b>0,056</b>
7.6.2011	0,042	<0,0050	0,0062	<0,0050	0,048
22.6.2011	<b>0,054</b>	<0,0050	0,005	<0,0050	<b>0,059</b>
13.7.2011	<b>0,1</b>	<0,0050	0,0095	<0,0050	<b>0,11</b>
26.7.2011	<b>0,061</b>	<0,0050	0,005	<0,0050	<b>0,066</b>
16.8.2011	<b>0,074</b>	<0,0050	0,0053	<0,0050	<b>0,079</b>
30.8.2011	<b>0,072</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,072</b>
12.6.2012	0,008	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,008
26.6.2012					
10.7.2012	0,018	<0,0010	0,0028	<0,0010	0,0208
26.7.2012	0,017	<0,0010	0,0016	<0,0010	0,0186
9.8.2012	0,028	<0,0010	0,0038	0,0011	0,0329
23.8.2012	0,029	<0,0010	0,0037	<0,0010	0,0327
28.5.2013	0,0068	<0,0001	0,003	0,0016	0,011
27.6.2013	0,021	<0,0010	0,0029	<0,0010	0,0239
25.7.2013	0,015	<0,0010	0,0018	<0,0010	0,0168
29.8.2013	0,016	<0,0010	0,0011	<0,0010	0,0171

## Priloga B.2: Koncentracije THM v otroškem notranjem bazenu (OTRNB)

Datum vzorčenja	TKM [mg/l]	TBM [mg/l]	BDKM [mg/l]	DBKM [mg/l]	TTHM [mg/l]
21.1.2009	?	?	?	?	<b>0,061</b>
10.2.2009	0,015	0,005	0,013	0,015	0,048
10.3.2009	0,023	0,004	0,012	0,013	<b>0,052</b>
8.4.2009	0,0154	0,009	0,018	0,021	<b>0,063</b>
12.5.2009	0,049	0,001	0,015	0,011	<b>0,076</b>
30.6.2009	<b>0,07</b>	<0,001	0,006	0,003	<b>0,079</b>
28.7.2009	<b>0,062</b>	<0,001	0,015	0,006	<b>0,083</b>
11.8.2009	<b>0,065</b>	<0,001	0,013	0,003	<b>0,081</b>
16.9.2009	0,041	<0,0010	0,0073	0,0021	<b>0,0504</b>
7.10.2009	0,028	<0,0010	0,007	0,0036	0,039
10.11.2009	0,034	0,0015	0,012	0,0092	<b>0,057</b>
9.12.2009	<b>0,065</b>	0,0014	0,014	0,0083	<b>0,089</b>
12.1.2010	<b>0,066</b>	<0,0050	0,0093	<0,0050	<b>0,075</b>
10.2.2010	<b>0,094</b>	<0,0050	0,009	<0,0050	<b>0,103</b>
11.3.2010	<b>0,064</b>	<0,0050	0,0081	<0,0050	<b>0,072</b>
14.4.2010	<b>0,059</b>	<0,0050	0,0082	<0,0050	<b>0,067</b>
19.5.2010	<b>0,054</b>	<0,0050	0,010	<0,0050	<b>0,075</b>
22.6.2010	<b>0,084</b>	<0,0050	0,014	<0,0050	<b>0,098</b>
21.7.2010	<b>0,590</b>	<0,0050	0,013	<0,0050	<b>0,603</b>
25.8.2010	<b>0,46</b>	<0,0050	0,0084	<0,0050	<b>0,468</b>
23.9.2010	0,045	<0,0050	0,0057	<0,0050	<b>0,051</b>
19.10.2010	0,031	<0,0050	0,0053	<0,0050	0,036
28.10.2010	<b>0,110</b>	<0,0050	0,0071	<0,0050	<b>0,117</b>
18.11.2010	0,031	<0,0050	0,0059	<0,0050	0,037
16.12.2010	<b>0,057</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,057</b>

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

19.1.2011	<b>0,063</b>	<0,0010	0,0072	<0,0010	<b>0,070</b>
16.2.2011	<b>0,110</b>	<0,0010	0,0051	0,0014	<b>0,117</b>
16.3.2011	<b>0,160</b>	<0,0010	0,009	<0,0010	<b>0,169</b>
21.4.2011	<b>0,110</b>	<0,0010	0,0068	0,0014	<b>0,118</b>
19.5.2011	<b>0,11</b>	<0,0010	0,0100	0,0023	<b>0,122</b>
22.6.2011	<b>0,12</b>	<0,0050	0,0090	<0,0050	<b>0,129</b>
26.7.2011	<b>0,12</b>	<0,0050	0,0130	<0,0050	<b>0,133</b>
30.8.2011	<b>0,057</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,057</b>
7.9.2011	<b>0,093</b>	<0,0050	0,0064	<0,0050	<b>0,099</b>
28.9.2011	0,037	<0,0050	0,0054	<0,0050	0,042
25.10.2011	<b>0,052</b>	<0,0050	0,0060	<0,0050	<b>0,058</b>
22.11.2011	<b>0,093</b>	<0,0050	0,0071	<0,0050	<b>0,100</b>
20.12.2011	<b>0,066</b>	<0,0050	0,0073	<0,0050	<b>0,073</b>
26.1.2012	<b>0,054</b>	<0,0050	0,0079	<0,0050	<b>0,062</b>
22.2.2012	0,009	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,009
29.3.2012	0,007	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,007
25.4.2012	0,0096	,0,0010	0,0031	0,0017	0,014
31.5.2012	0,015	<0,0010	0,0027	0,0011	0,019
26.6.2012	/	/	/	/	/
26.7.2012	0,017	<0,0010	0,0032	0,0011	0,021
23.8.2012	0,02	<0,0010	0,0041	0,0012	0,025
27.9.2012	0,0095	<0,0010	0,0028	0,0011	0,013
25.10.2012	0,009	<0,001	0,0026	0,0011	0,013
29.11.2012	0,01	<0,0010	0,0028	0,0017	0,015
20.12.2012	0,0068	<0,0010	0,0028	0,0015	0,011
24.1.2013	0,0130	<0,0010	0,003	0,0014	0,017
26.2.2013	0,0190	<0,0010	0,0029	0,0013	0,023

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

28.3.2013	0,0110	<0,0010	0,0035	0,0015	0,016
30.4.2013	0,0150	<0,0010	0,0061	0,003	0,024
28.5.2013	0,0140	0,0008	0,0075	0,0004	0,023
27.6.2013	0,0190	<0,0010	0,011	0,0051	0,035
25.7.2013	0,0130	<0,0010	0,0054	0,0032	0,022
29.8.2013	0,0160	<0,0010	0,0058	0,0032	0,025



Priloga B.3: Koncentracije THM v kombiniranem rekreacijskem bazenu (REKB)

Datum vzorčenja	TKM [mg/l]	TBM [mg/l]	BDKM [mg/l]	DBKM [mg/l]	TTHM [mg/l]
21.1.2009	?	?	?	?	<b>0,065</b>
10.2.2009	0,0140	0,0044	0,012	0,014	0,0444
10.3.2009	0,0240	0,0040	0,013	0,014	<b>0,055</b>
8.4.2009	0,0140	0,0090	0,018	0,024	<b>0,065</b>
12.5.2009	0,0490	0,0010	0,015	0,012	<b>0,077</b>
30.6.2009	<b>0,079</b>	<0,001	0,006	0,003	<b>0,089</b>
28.7.2009	<b>0,061</b>	<0,001	0,015	0,006	<b>0,082</b>
11.8.2009	<b>0,078</b>	<0,001	0,014	0,003	<b>0,095</b>
16.9.2009	0,0400	<0,0010	0,0078	0,0022	0,0500
7.10.2009	0,0280	<0,0010	0,0069	0,0036	0,0390
10.11.2009	0,0380	0,0015	0,013	0,0099	<b>0,062</b>
9.12.2009	<b>0,065</b>	0,0014	0,014	0,0084	<b>0,089</b>
12.1.2010	<b>0,065</b>	<0,0050	0,0091	<0,0050	<b>0,074</b>
10.2.2010	<b>0,10</b>	<0,0050	0,0093	<0,0050	<b>0,109</b>
11.3.2010	<b>0,061</b>	<0,0050	0,0077	<0,0050	<b>0,069</b>
14.4.2010	0,050	<0,0050	0,0069	<0,0050	<b>0,057</b>
19.5.2010	<b>0,059</b>	<0,0050	0,011	<0,0050	<b>0,070</b>
22.6.2010	<b>0,058</b>	<0,0050	0,009	<0,0050	<b>0,067</b>
21.7.2010	<b>0,61</b>	<0,0050	0,013	<0,0050	<b>0,623</b>
9.8.2010	<b>0,16</b>	<0,0050	0,011	<0,0050	<b>0,171</b>
25.8.2010	<b>0,44</b>	<0,0050	0,0087	<0,0050	<b>0,449</b>
23.9.2010	0,048	<0,0050	0,006	<0,0050	<b>0,054</b>
19.10.2010	0,031	<0,0050	0,0056	<0,0050	0,037
28.10.2010	<b>0,110</b>	<0,0050	0,0082	<0,0050	<b>0,118</b>
18.11.2010	0,025	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,025
16.12.2010	<b>0,068</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,068</b>

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

19.1.2011	<b>0,10</b>	<0,0010	0,0082	0,0014	<b>0,110</b>
16.2.2011	<b>0,10</b>	<0,0010	0,0054	0,0015	<b>0,107</b>
16.3.2011	<b>0,19</b>	<0,0010	0,0073	<0,0010	<b>0,197</b>
21.4.2011	<b>0,10</b>	<0,0010	0,0066	0,0014	<b>0,108</b>
19.5.2011	<b>0,12</b>	<0,0010	0,0110	0,0025	<b>0,134</b>
22.6.2011	<b>0,097</b>	<0,0050	0,0085	<0,0050	<b>0,106</b>
26.7.2011	<b>0,13</b>	<0,0050	0,0130	<0,0050	<b>0,143</b>
30.8.2011	<b>0,065</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,067</b>
28.9.2011	0,042	<0,0050	0,0059	<0,0050	0,048
25.10.2011	0,05	<0,0050	0,0061	<0,0050	<b>0,056</b>
22.11.2011	<b>0,093</b>	<0,0050	0,0075	<0,0050	<b>0,101</b>
20.12.2011	<b>0,068</b>	<0,0050	0,0074	<0,0050	<b>0,075</b>
26.1.2012	0,048	<0,0050	0,0074	<0,0050	<b>0,055</b>
22.2.2012	0,012	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,012
29.3.2012	0,0074	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,0070
25.4.2012	0,0092	<0,0010	0,0029	0,0017	0,014
31.5.2012	0,014	<0,0010	0,0028	0,0011	0,0179
26.6.2012	/	/	/	/	/
27.7.2012	0,017	<0,0010	0,0034	0,0012	0,0216
23.8.2012	0,021	<0,0010	0,0046	0,0013	0,027
27.9.2012	0,011	<0,0010	0,0033	0,0013	0,016
25.10.2012	0,0096	<0,0010	0,0031	0,0013	0,014
29.11.2012	0,013	<0,0010	0,0033	0,0019	0,018
20.12.2012	0,0076	<0,0010	0,0029	0,0017	0,012
26.2.2013	0,0190	<0,0010	0,0031	0,0014	0,024
30.4.2013	0,0160	<0,0010	0,0067	0,0034	0,026
27.6.2013	0,0150	<0,0010	0,0059	0,0033	0,024
29.8.2013	0,0160	<0,0010	0,0062	0,0034	0,026

Priloga B.4: Koncentracije THM v otroškem zunanjem bazenu (OTRZB)

Datum vzorčenja	TKM [mg/l]	TBM [mg/l]	BDKM [mg/l]	DBKM [mg/l]	TTHM [mg/l]
2.6.2009	0,034	<0,001	0,015	0,009	<b>0,058</b>
30.6.2009	<b>0,07</b>	<0,001	0,006	0,003	<b>0,079</b>
14.7.2009	<b>0,16</b>	<0,001	0,01	0,002	<b>0,172</b>
28.7.2009	<b>0,077</b>	<0,001	0,019	0,007	<b>0,103</b>
11.8.2009	<b>0,073</b>	<0,001	0,013	0,003	<b>0,089</b>
25.8.2009	0,05	<0,001	0,01	0,003	<b>0,063</b>
9.6.2010	<b>0,086</b>	<0,0050	0,013	<0,0050	<b>0,099</b>
22.6.2010	<b>0,086</b>	<0,0050	0,014	<0,0050	<b>0,100</b>
8.7.2010	<b>0,19</b>	<0,0050	0,0077	<0,0050	<b>0,198</b>
21.7.2010	<b>0,42</b>	<0,0050	0,013	<0,0050	<b>0,433</b>
9.8.2010	<b>0,26</b>	<0,0050	0,0083	<0,0050	<b>0,268</b>
25.8.2010	<b>0,43</b>	<0,0050	0,0093	<0,0050	<b>0,439</b>
7.6.2011	<b>0,09</b>	<0,0050	0,011	<0,0050	<b>0,101</b>
28.6.2011	<b>0,16</b>	<0,0050	0,0098	<0,0050	<b>0,17</b>
13.7.2011	<b>0,11</b>	<0,0050	0,0057	<0,0050	<b>0,116</b>
16.8.2011	<b>0,13</b>	<0,0050	0,0081	<0,0050	<b>0,138</b>
30.8.2011	<b>0,064</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,064</b>
26.6.2012					
10.7.2012	0,017	<0,0010	0,002	<0,0010	0,019
26.7.2012	0,016	<0,0010	0,0031	0,0011	0,0202
9.8.2012	0,020	<0,0010	0,0031	<0,0010	0,0231
23.8.2012	0,021	<0,0010	0,0044	0,0012	0,0266
28.5.2013	0,019	0,001	0,0085	0,0054	0,034
27.6.2013	0,026	<0,0010	0,012	0,0054	0,0434
25.7.2013	0,013	<0,0010	0,0057	0,0034	0,0221
29.8.2013	0,016	<0,0010	0,0056	0,0031	0,0247

## Priloga B.5: Koncentracije v vrtinčnem bazenu 1 (WP1)

Datum vzorčenja	TKM [mg/l]	TBM [mg/l]	BDKM [mg/l]	DBKM [mg/l]	TTHM [mg/l]
21.1.2009	<b>0,1</b>	?	?	?	<b>0,1</b>
10.2.2009	<b>0,09</b>	<0,001	0,0055	0,0022	<b>0,0977</b>
11.3.2009	<b>0,099</b>	<0,001	0,007	0,002	<b>0,108</b>
9.4.2009	0,038	<0,001	0,004	0,003	0,044
12.5.2009	<b>0,23</b>	<0,001	0,007	0,001	<b>0,238</b>
30.6.2009	0,018	0,002	0,005	0,005	0,03
28.7.2009	<b>0,16</b>	<0,001	0,01	0,004	<b>0,174</b>
11.8.2009	<b>0,057</b>	<0,001	0,01	0,002	<b>0,069</b>
16.9.2009	0,042	<0,0010	0,0064	0,002	<b>0,0504</b>
7.10.2009	<b>0,07</b>	<0,0010	0,0054	0,0017	<b>0,077</b>
10.11.2009	0,038	<0,0010	0,0034	0,0021	0,044
9.12.2009	<b>0,095</b>	<0,0010	0,0042	0,0015	<b>0,101</b>
12.1.2010	<b>0,14</b>	<0,0050	0,0051	<0,0050	<b>0,145</b>
10.2.2010	<b>0,12</b>	<0,0050	0,0055	<0,0050	<b>0,126</b>
11.3.2010	<b>0,18</b>	<0,0050	0,0067	<0,0050	<b>0,187</b>
14.4.2010	0,030	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,030
19.5.2010	<b>0,068</b>	<0,0050	0,0065	<0,0050	<b>0,075</b>
22.6.2010	<b>0,054</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,054</b>
21.7.2010	<b>0,14</b>	<0,0050	0,005	<0,0050	<b>0,145</b>
25.8.2010	0,044	<0,0050	0,0068	<0,0050	<b>0,051</b>
23.9.2010	<b>0,067</b>	<0,0050	0,0061	<0,0050	<b>0,073</b>
19.10.2010	<b>0,12</b>	<0,0050	0,0057	<0,0050	<b>0,126</b>
25.11.2010	0,047	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,047
23.12.2010	<b>0,053</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,053</b>
19.1.2011	<b>0,054</b>	<0,0010	0,0034	<0,0010	<b>0,057</b>
16.2.2011	<b>0,058</b>	<0,0010	0,0045	0,0012	<b>0,064</b>
16.3.2011	<b>0,2</b>	<0,0010	0,0045	<0,0010	<b>0,205</b>
21.4.2011	<b>0,053</b>	<0,0010	0,0032	0,0016	<b>0,058</b>

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

19.5.2011	<b>0,1</b>	<0,0010	0,0058	0,0023	<b>0,108</b>
22.6.2011	<b>0,085</b>	<0,0050	0,0056	<0,0050	<b>0,091</b>
30.8.2011	<b>0,13</b>	<0,0050	0,0058	<0,0050	<b>0,136</b>
25.10.2011	<b>0,084</b>	<0,0050	0,0061	<0,0050	<b>0,090</b>
20.12.2011	<b>0,15</b>	<0,0050	0,0064	<0,0050	<b>0,156</b>
22.2.2012	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,005
25.4.2012	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,005
26.6.2012	/	/	/	/	/
28.8.2012	0,0039	<0,0010	0,0013	0,0011	0,0063
25.10.2012	0,0033	<0,0010	0,0021	0,002	0,0074
20.12.2012	0,0011	0,0025	0,0014	0,0026	0,0076
26.2.2013	0,0032	0,0012	0,0017	0,0018	0,0079
30.4.2013	0,0091	<0,0010	0,001	<0,0010	0,0101
27.6.2013	0,0041	0,011	0,0083	0,015	0,0384
29.8.2013	0,013	<0,0010	0,001	0,001	0,015

## Priloga B.6: Koncentracije v vrtinčnem bazenu 2 (WP2)

Datum vzorčenja	TKM [mg/l]	TBM [mg/l]	BDKM [mg/l]	DBKM [mg/l]	TTHM [mg/l]
21.1.2009	<b>0,12</b>	?	?	?	<b>0,127</b>
10.2.2009	<b>0,085</b>	<0,001	0,0062	0,0024	<b>0,0936</b>
11.3.2009	<b>0,092</b>	<0,001	0,006	0,002	<b>0,1</b>
9.4.2009	0,038	<0,001	0,004	0,003	0,045
12.5.2009	<b>0,23</b>	<0,001	0,006	0,002	<b>0,238</b>
30.6.2009	0,012	0,003	0,007	0,007	0,028
28.7.2009	<b>0,15</b>	<0,001	0,006	0,002	<b>0,158</b>
11.8.2009	<b>0,058</b>	<0,001	0,009	0,003	<b>0,07</b>
16.9.2009	0,044	<0,0010	0,0064	0,002	<b>0,0524</b>
7.10.2009	<b>0,064</b>	<0,0010	0,0055	<0,0010	<b>0,07</b>
10.11.2009	0,031	<0,0010	0,0029	0,0018	0,036
9.12.2009	<b>0,1</b>	<0,0010	0,0043	0,0015	<b>0,106</b>
12.1.2010	<b>0,14</b>	<0,0050	0,0054	<0,0050	<b>0,145</b>
10.2.2010	<b>0,12</b>	<0,0050	0,0052	<0,0050	<b>0,125</b>
11.3.2010	<b>0,18</b>	<0,0050	0,0080	<0,0050	<b>0,188</b>
14.4.2010	0,030	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,03
19.5.2010	<b>0,067</b>	<0,0050	0,0066	<0,0050	<b>0,074</b>
22.6.2010	<b>0,053</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,053</b>
21.7.2010	<b>0,088</b>	<0,0050	0,0050	<0,0050	<b>0,093</b>
25.8.2010	0,041	<0,0050	0,0063	<0,0050	0,047
23.9.2010	<b>0,081</b>	<0,0050	0,0071	<0,0050	<b>0,088</b>
19.10.2010	<b>0,12</b>	<0,0050	0,0062	<0,0050	<b>0,126</b>
25.11.2010	<b>0,057</b>	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<b>0,057</b>
23.12.2010	0,046	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,046

»se nadaljuje...«

»...nadaljevanje«

19.1.2011	<b>0,054</b>	<0,0010	0,0038	<0,0010	<b>0,058</b>
16.2.2011	<b>0,065</b>	<0,0010	0,0046	0,0011	<b>0,071</b>
16.3.2011	<b>0,21</b>	<0,0010	0,0047	<0,0010	<b>0,215</b>
21.4.2011	<b>0,059</b>	<0,0003	0,0029	0,0015	<b>0,063</b>
19.5.2011	<b>0,100</b>	<0,0010	0,01	0,00	<b>0,108</b>
26.7.2011	<b>0,11</b>	<0,0050	0,0069	<0,0050	<b>0,117</b>
28.9.2011	<b>0,079</b>	<0,0050	0,0088	<0,0050	<b>0,088</b>
22.11.2011	0,05	<0,0050	0,005	<0,0050	<b>0,055</b>
26.1.2012	0,039	<0,0050	0,0050	<0,0050	0,044
29.3.2012	0,005	<0,0050	<0,005	<0,0050	0,005
31.5.2012	0,0057	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0057
31.7.2012	0,0029	0,0017	0,0022	0,003	0,0098
27.9.2012	0,0035	<0,0010	0,0024	0,0028	0,0087
29.11.2012	0,002	0,0024	0,0018	0,0029	0,0091
24.1.2013	0,0017	0,0024	0,002	0,0031	0,0092
28.3.2013	0,0011	0,0049	0,0016	0,0037	0,0113
17.4.2013	0,0017	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0017
28.5.2013	0,01	0,0002	0,0016	0,0009	0,013
25.7.2013	0,0049	<0,0010	0,0027	0,0026	0,0102