

Joanna WYCZARSKA-KOKOT

Instytut Inżynierii Wody i Ścieków  
Politechnika Śląska

## ANALIZA STĘŻEŃ CHLORAMIN W WODZIE BASENOWEJ

### THE ANALYSIS OF CHLORAMINES CONCENTRATIONS IN SWIMMING POOL WATER

*The aim of this study was to compare the concentrations of chloramines depending on the system used for water treatment and water disinfection in the selected swimming pool in which swimming lessons for toddlers and physiotherapy exercises are held. The analysis consisted of 5 stages. In stage 1 the concentration of chloramines were analyzed in the pool water which was treated in classical way. In stage 2, the pool water treatment system was turned on low pressure UV lamp. In stage 3, after dismantling of the UV lamp, the "shock" pool water disinfection was applied. In stage 4 the length of filtration cycle was shortened from 3 to 1 day and in stage 5 the filtration cycle was 2 days for economic reasons. Based on the physical, chemical and bacteriological analysis of water samples taken from the pool basin the quality of the pool water was compared, with a special focus on the level and changes of the chloramines concentration depending on the concentration of free chlorine. The water disinfection used in stage 2, allowed the formation of chloramines in concentrations less than acceptable ( $0,2 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ ), while maintaining a concentration of free chlorine was in the range of  $0,3 \div 0,39 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ . Also the shortening of filtration cycle in stage 4 significantly influenced the decrease concentration of chloramines in tested pool water (average result:  $0,24 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ ). In connection with the proven health risks of swimmers, exposed to influence of chloramines in the pool water, the analysis of chloramines concentrations and taking actions in the field of pool water treatment, allowing their reduction are very important.*

## 1. Wprowadzenie

Woda basenowa to mieszanina wody uzupełniającej zamknięty obieg basenowy (najczęściej woda z sieci wodociągowej, spełniająca wymagania jak dla wody do spożycia) oraz wody z niecki basenowej, podlegającej ciągłemu procesowi oczyszczania i dezynfekcji z powodu jej zanieczyszczenia przez osoby kąpiące się. Użytkownicy basenów wprowadzają do wody niepożądaną „materię biologiczną” (np. cząsteczki naskórka, pot, mocz, fekalia) oraz mikroorganizmy. Każdy z kąpiących się może wprowadzić do wody

basenowej nawet do miliarda bakterii, w tym również chorobotwórczych, które znajdują tam dogodne środowisko do rozwoju, co przy znacznym obciążeniu basenu może prowadzić do bardzo szybkiego rozprzestrzeniania się infekcji.

W Polsce monitorowaniem jakości wody basenowej pod względem jej parametrów mikrobiologicznych zajmuje się państwowy powiatowy inspektor sanitarny, działając na mocy ustawy o Państwowej Inspekcji Sanitarnej oraz ustawy o chorobach zakaźnych i zakażeniach [1, 2].

Na podstawie zaleceń ZHK NIZP-PZH [3] większość powiatowych stacji sanitarno-epidemiologicznych wykonuje raz w miesiącu oznaczenia liczby jednostek tworzących kolonie (jtk) *Escherichia coli*, ogólnej liczby bakterii w 36°C po 48 godzinach i gronkoców koagulazododatnich.

W nowych obiektach basenowych, czystość mikrobiologiczna wody, zgodna z wytycznymi sanitarno-higienicznymi, osiągana jest w procesie jej dezynfekcji związkami chloru (najczęściej przy zastosowaniu podchlorynu sodu NaOCl) wspomaganą działaniem promieni UV.

Właściwości dezynfekcyjne chloru związane są z jego zdolnością do utleniania związków organicznych i nieorganicznych. Wiadomo, że chlorowanie wody do spożycia lub wody basenowej prowadzi do powstawania ubocznych produktów dezynfekcji (DBP), np. chloramin.

Jedna osoba pływająca przez ok. 2 godziny może wprowadzić do wody 20÷80 ml moczu i 0,1÷1 l potu [4]. Zarówno mocz jak i pot zawierają znaczne ilości związków azotu, które wchodząc w reakcje z chlorowym dezynfektantem tworzą niepożądane produkty dezynfekcji m.in. chloraminy, odpowiedzialne za tzw. zespół podrażnienia u pływaków, suchość skóry, podrażnienia śluzówki nosa, gardła i oczu. Ponadto nadają wodzie basenowej i powietrzu w hali basenowej charakterystyczny nieprzyjemny zapach wody basenowej i posiadają właściwości mutagenne. [5-12].

Przepisem precyzyjnie określającym parametry jakościowe wody w basenach oraz dodatkowo wymagania projektowe i eksploatacyjne jest niemiecka norma DIN 19643 [13]. Na podstawie tej normy w 1998 roku zostały opracowane wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni, wydane przez Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych [14]. W 2004 r. został przygotowany projekt rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie warunków sanitarno-higienicznych obiektów sportowych i rekreacyjnych oraz zasad sprawowania nadzoru nad ich przestrzeganiem [15], a w 2012 r. została wystosowana delegacja ustawowa w tej sprawie. Ciągły brak takiego aktu wpływa niekorzystnie na zarządzanie basenami kąpielowymi, przede wszystkim zaś na przestrzeganie odpowiednich parametrów jakości wody basenowej.

Według normy DIN 19643 stężenie chloru związanego w próbkach wody pobranej z niecki basenowej nie powinno przekraczać 0,2 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Z praktyki popartej licznymi analizami wiadomo, że w basenach, dla których stosuje się klasyczny model oczyszczania (filtracja wstępna + koagulacja powierzchniowa + dezynfekcja NaOCl + korekta pH) utrzymanie tak małych stężeń chloru związanego, przy jednocześnie zalecanym stężeniu chloru wolnego w granicach 0,3÷0,6 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe [16, 17].

W ciągu ostatnich 30. lat obserwuje się ciągły wzrost liczby użytkowników pływalni i basenów rekreacyjnych. Pod względem liczby obiektów basenowych Unia Europejska plasuje się na drugim miejscu (ok. 4,5 mln basenów). Niemalże połowa z tych basenów to obiekty nowe, powstałe w wyniku coraz większej dbałości społeczeństwa o zdrowie i popularyzacji rekreacji [18].

W związku z udowodnionym zagrożeniem zdrowotnym osób pływających, narażonych na działanie chloramin obecnych w wodzie basenowej, analiza ich stężeń oraz podejmowanie działań z zakresu technologii wody basenowej, umożliwiających ich zmniejszenie są bardzo ważne.

Przedstawiona analiza chloramin w wodzie basenowej dotyczy obiektu basenowego, w którym ze względu na szczególne przeznaczenie – do rehabilitacji oraz nauki pływania dla małych dzieci (w wieku do 3 lat) jakość wody powinna być ściśle przestrzegana i kontrolowana.

## 2. Opis badanego obiektu basenowego i technologicznego układu oczyszczania wody

Badany basen spełnia funkcję basenu rehabilitacyjnego oraz basenu do nauki pływania dla małych dzieci. Zajęcia fizjoterapii dla pacjentów po różnego rodzaju urazach prowadzone są w godzinach rannych i popołudniowych. Po południu w basenie organizowana jest nauka pływania dla małych dzieci, w wieku „od niemowlaka do przedszkolaka” w asyście rodziców.

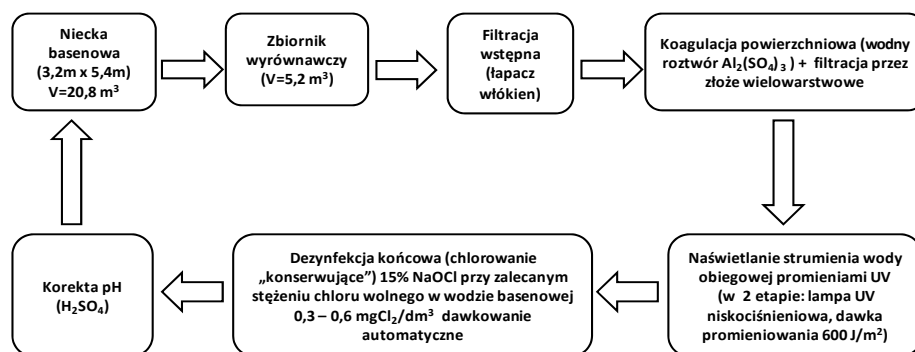
Niecka basenowa wyposażona jest w pionowy system przepływu wody o wydajności 30 m<sup>3</sup>/h. Wymiary niecki (3,2 × 5,4 × 1,2) umożliwiają swobodną rehabilitację od 6 do 8 osób. Dodatkowe wyposażenie niecki stanowią urządzenia do hydromasażu (Rys. 1). Średnio na jedną osobę korzystającą z kąpieli przypada 2,5 m<sup>2</sup> powierzchni lustra wody. Basen zasilany jest wodą z miejskiej sieci wodociągowej. Uzupełnianie ubytków wody na skutek parowania, rozchłapywania i konieczności płukania złoża filtracyjnego następuje do zbiornika wyrównawczego. Ścieki i popłuczyny odprowadzane są do miejskiej sieci kanalizacji sanitarnej.



Rys. 1. Widok: niecka i hala basenowa

Fig. 1. The view: swimming pool and the hall of swimming pool

Podstawą prawidłowej cyrkulacji wody w basenie jest system zamkniętego obiegu z czynnym przelewem (Rys. 2). Wprowadzenie oczyszczonej wody do basenu następuje poprzez zespół 14 dysz usytuowanych w dnie niecki basenowej. Odbiór wody następuje przez przelew górny (do rynny przelewowej) i woda kierowana jest do zbiornika wyrównawczego (przelewowego). Woda zasysana jest ze zbiornika przez pompę cyrkulacyjną. Przed pompą zainstalowany jest kosz z filtrem siatkowym (tzw. łapacz włókien) wychwytyjący większe zanieczyszczenia stałe. Pompa tłoczy wodę do filtra, skąd następnie po dozowaniu korektora pH (roztwór  $H_2SO_4$ ) i dezynfektanta (15% roztwór NaOCl) kierowana jest poprzez wymienniki ciepła do basenu. Przed filtrem dozowany jest roztwór koagulantu ( $Al_2SO_4 \times 18H_2O$ ). W układzie oczyszczania wody basenowej zastosowano podciśnieniowy filtr wielowarstwowy ze złożem piaskowo-żwirowym o powierzchni  $1\text{ m}^2$  i wysokości 1,2 m.



Rys. 2. Schemat obiegu oczyszczania wody w badanym obiekcie

Fig. 2. Technological scheme of water treatment in the tested swimming pool

Układ oczyszczania jest układem automatycznym sterowanym analizatorem monitorującym wartości wskaźników jakości wody odpływającej z niecki (pH, chlor wolny, chlor związany, potencjał redox, temperatura). Na podstawie wskazań urządzenia kontrolno-pomiarowego dawki są do obiegu wodnego odpowiednie ilości chemikaliów.

### 3. Metodyka i przebieg badań

Analiza stężeń chloramin w wodzie basenowej w wybranym obiekcie obejmowała 5 etapów. W etapie 1 analizowano stężenia chloramin w wodzie z niecki basenowej, do której dopływała woda poddawana oczyszczaniu w układzie klasycznym, bez lampy UV. W etapie 2 w układ oczyszczania wody basenowej została włączona niskociśnieniowa, amalgamatowa lampa UV. W etapie 3, po wcześniejszym demontażu lampy UV, stosowano w godzinach nocnych (między 23.00 a 5.00) „szokową” dezynfekcję wody basenowej. Decyzja o zastosowaniu dezynfekcji większymi dawkami NaOCl, w etapie

3, została podjęta przede wszystkim w celu ochrony dzieci w wieku od 1 roku do 3 lat, dla których zorganizowano naukę pływania, przed ujemnym oddziaływaniem chloramin na ich zdrowie. Ponieważ chlorowanie "szokowe" nie przyniosło oczekiwanych rezultatów podjęto decyzję o skróceniu okresu między kolejnymi płukaniem z 3 do 1 doby (zgodnie z zaleceniami ZHK NIZP-PZH, określającymi zasady eksploatacji basenów kąpielowych dla małych dzieci) i sprawdzeniu jego wpływu na jakość wody basenowej w etapie 4. Częstsze płukanie złożeń filtracyjnych spowodowało znaczny, nieakceptowany przez kierownictwo basenu, wzrost kosztów za wodę uzupełniającą obieg basenowy i odprowadzane ścieki. W związku z tym ponownie podjęto badania, tym razem w reżimie 2 dniowego cyklu filtracyjnego (5 etap badań).

Pobór próbek oraz oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami i metodami. Uzyskane rezultaty badań porównano z wymaganiami normy DIN 19643 oraz zaleceniami ZHK NIZP-PZH [3, 13].

W każdym etapie badań pobierano próbkę wody z niecki basenowej, w celu wykonania oznaczeń mikrobiologicznych przy zastosowaniu metod zgodnych z PN-EN ISO 9308-1:2004 (*Escherichia coli*), PN-EN ISO 622:2004 (ogólna liczba bakterii w temp. 36°C po 48 godz.) i wytycznych PZH (gronkowce koagulazododatnie).

Wartości pH wody, temperatury, potencjału redox oraz stężenia chloru wolnego i chloru związanego odczytywane były w trakcie badań codziennie, bezpośrednio z monitora urządzenia kontrolno-pomiarowego SCL DINOTEC. Dodatkowo wykonywano pomiary kontrolne stężeń azotu amonowego, chlorków, chloru wolnego i związanego oraz wartości indeksu nadmanganianowego i pH wody basenowej, w oparciu o normę DIN 19643 [13], przy użyciu spektrofotometru DR5000 UV/VIS.

Ponieważ parametrem w sposób istotny wpływającym na wielkość stężenia chloramin w wodzie basenowej jest tzw. stopień obciążenia kąpiącymi się czyli powierzchnia użytkowa lustra wody przypadająca na jedną osobę korzystającą z kąpeli równolegle z odczytem wskaźników jakości wody odnotowywano frekwencję.

#### 4. Analiza wyników badań

Na podstawie analiz fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych próbek wody pobieranych z niecki basenowej w 1, 2, 3, 4 i 5 etapie badań porównano jakość wody basenowej, ze szczególnym uwzględnieniem poziomu stężenia chloramin w zależności od stężenia chloru wolnego, zastosowanego sposobu dezynfekcji wody i długości cyklu filtracyjnego.

We wszystkich etapach badań wielkości kontrolnych parametrów jakości wody basenowej tj.: pH wody, temperatura, chlor wolny, azot amonowy, chlorki, indeks nadmanganianowy oraz jtk *Escherichia coli*, gronkowców koagulazododatnich i ogólnej liczebności mikroorganizmów w każdej pobranej próbce wody z niecki basenowej odpowiadały wymaganiom normy DIN 19643 i wytycznym ZHK NIZP-PZH [3, 13].

W tabeli 1 przedstawiono wyniki analiz bakteriologicznych, minimalne, maksymalne i średnie wartości wskaźników fizyczno-chemicznych oraz frekwencję w poszczególnych etapach badań.

We wszystkich etapach badań frekwencja była porównywalna i wynosiła średnio:  $6,7 \div 6,9$  os./h. Powierzchnia użytkowa lustra wody dla jednej osoby korzystającej z kąpeli wynosiła w zależności od frekwencji od  $1,75$  m<sup>2</sup>/os. do  $5,70$  m<sup>2</sup>/os. (średnio:  $2,50$  m<sup>2</sup>/os., przy wymaganym minimum według DIN 19643:  $2,70$  m<sup>2</sup>/os. i według zaleceń ZHK NIZP-PZH:  $2,2$  m<sup>2</sup>/os.).

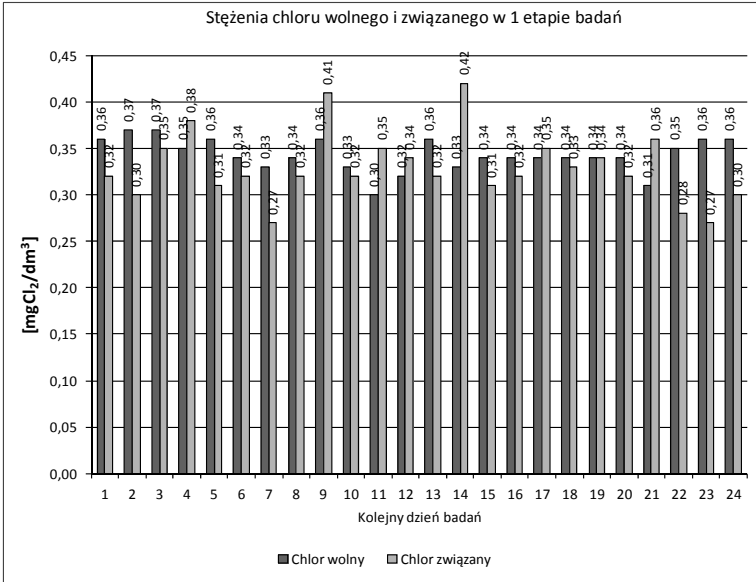
W 1 etapie badań stężenia chloramin w wodzie z niecki basenowej przekraczały wartość dopuszczalną (według DIN 19643:  $0,20 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ ) we wszystkich próbkach i wynosiły od  $0,27 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  do  $0,42 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ , średnio:  $0,33 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ . Stężenia chloru wolnego w tym etapie wynosiły: od  $0,30 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  do  $0,37 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ , średnio:  $0,34 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  (Rys. 2).

Tab. 1. Porównanie wyników analiz z 1, 2, 3, 4 i 5 etapu badań

Tab. 1. Comparison of results from stages 1, 2, 3, 4 and 5 of research

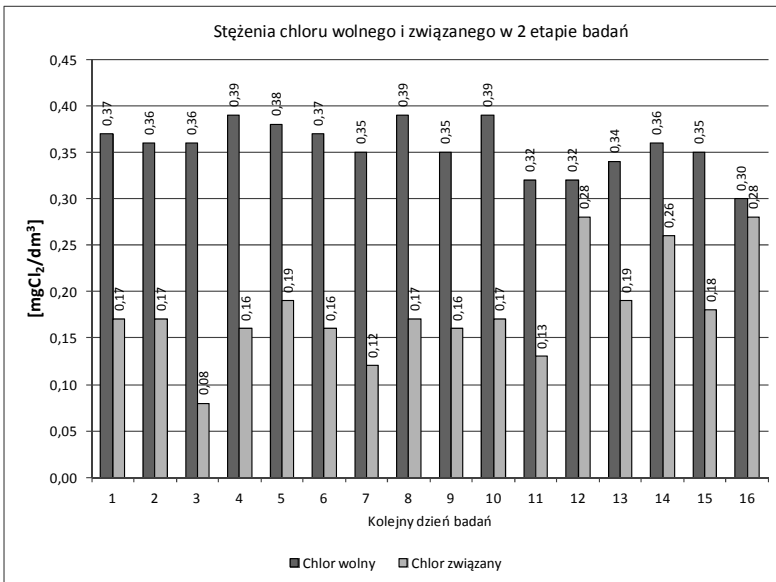
L.p.	Parametr	Etap 1			Etap 2			Etap 3			Etap 4			Etap 5		
		śr.	min.	max.	śr.	min.	max.	śr.	min.	max.	śr.	min.	max.	śr.	min.	max.
1	pH [-]	7,17	7,06	7,21	7,17	7,03	7,21	7,07	6,89	7,19	7,50	7,20	7,80	7,49	7,20	7,65
2	Redox [mV]	681	580	732	698	590	765	755	746	775	737	710	764	720	700	730
3	Temperatura [°C]	34,7	33,0	36,0	33,8	33,0	35,0	34,5	28,1	35,8	34,8	33,5	35,6	34,7	33,4	36,0
4	Chlor wolny [ $\text{mg Cl}_2/\text{dm}^3$ ]	0,34	0,30	0,37	0,36	0,30	0,39	0,48	0,31	1,51	0,33	0,30	0,36	0,32	0,30	0,35
5	Chlor związany [ $\text{mg Cl}_2/\text{dm}^3$ ]	0,33	0,27	0,42	0,18	0,08	0,28	0,33	0,05	0,51	0,24	0,17	0,31	0,34	0,28	0,44
6	Azot amonowy [ $\text{mg N-NH}_4/\text{dm}^3$ ]	0,15	0,12	0,26	0,08	0,06	0,15	0,12	0,10	0,16	0,10	0,08	0,16	0,18	0,10	0,25
7	Chlorki [ $\text{mg Cl}/\text{dm}^3$ ]	102	86	112	94	82	106	96	82	100	84	76	92	98	80	102
8	Indeks nadmanganianowy [mg]	2,73	1,65	3,25	1,77	1,24	2,15	2,15	1,05	2,50	1,82	1,35	2,30	2,65	1,65	3,15
9	<i>Escherichia coli</i> [jtk/100ml]	0			0			0			0			0		
10	Ogólna liczebność mikroorganizmów w $36 \pm 2^\circ\text{C}$ po $44 \pm 4\text{h}$ [jtk/1ml]	0			1			0			0			0		
11	Gronkowie koagulazo-dodatnie [jtk/100ml]	0			0			0			0			0		
12	Frekwencja [os./h]	6,9	1,7	10,3	6,7	1,1	10,6	6,7	5,4	9,0	6,8	5,0	8,9	6,8	5,0	8,0

W 2 etapie badań, w trakcie stosowania lampy UV do wspomaganiania procesu dezynfekcji końcowej, stężenia chloramin w wodzie z niecki basenowej wynosiły od  $0,08 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  do  $0,28 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ , średnio:  $0,18 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  i tylko w 3 na 24 pobrane próbki stężenia chloru związanego przekroczyły wartość dopuszczalną. Stężenia chloru wolnego w tym etapie wynosiły: od  $0,30 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  do  $0,39 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ , średnio:  $0,36 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$  (Rys. 3).



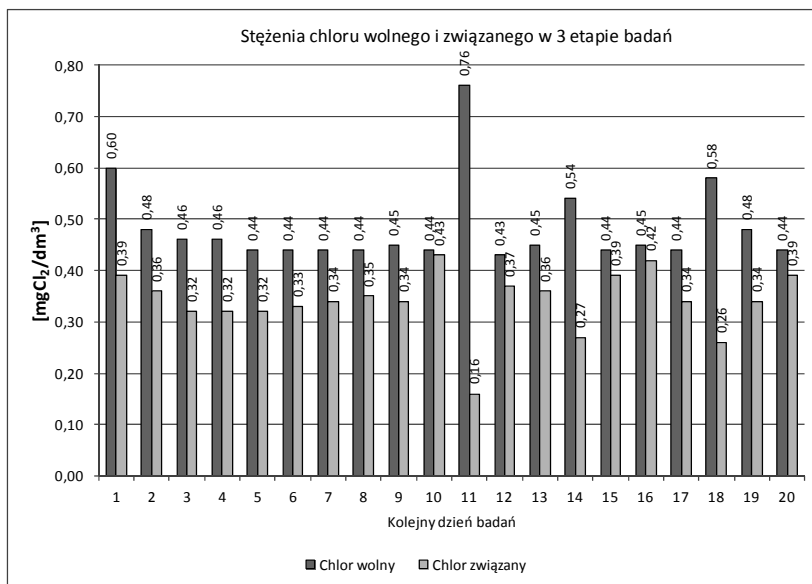
Rys. 2. Stężenia chloru wolnego i związanego w 1 etapie badań

Fig. 2. Concentration of free chlorine and chloramines in stage 1 of research



Rys. 3. Stężenia chloru wolnego i związanego w 2 etapie badań

Fig. 3. Concentration of free chlorine and chloramines in stage 2 of research



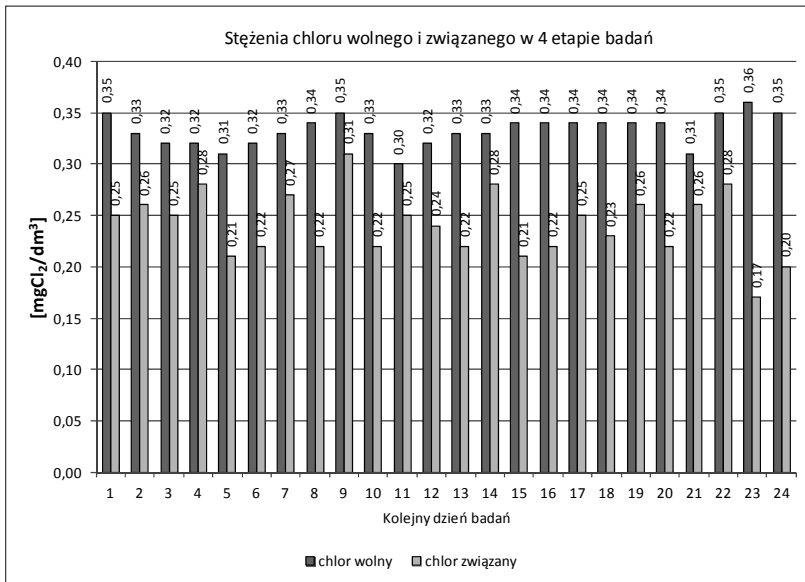
Rys. 4. Stężenia chloru wolnego i związanego w 3 etapie badań

Fig. 4. Concentration of free chlorine and chloramines in stage 3 of research

W 3 etapie badań, po demontażu lampy UV, ale przy stosowaniu chlorowania „szokowego” stężenia chloramin wynosiły od 0,05 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,51 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnio: 0,33 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (Rys. 4). Dopuszczalne stężenia chloramin występowały jedynie bezpośrednio po zastosowaniu dużych dawek NaOCl, gdy stężenia chloru wolnego znacznie przekraczały wartość dopuszczalną (0,6 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>), czyli w godzinach, w których do takiej sytuacji można było dopuścić tj. między 21.00 a 7.00 i wynosiły odpowiednio w kolejnych dniach stosowania chlorowania „szokowego”: 0,77; 1,51; 0,75; 0,89; 0,82, 1,00 i 0,81 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W czasie trwania zajęć rehabilitacyjnych oraz nauki pływania dla małych dzieci stężenia chloru związanego przekraczały wymaganą wartość dopuszczalną i wynosiły od 0,25 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,38 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Stężenia chloru wolnego w tym etapie wahały się: od 0,31 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 1,51 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnio: 0,48 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Ponieważ „chlorowanie szokowe” nie przyniosło oczekiwanych rezultatów (istotnego wpływu na redukcję chloramin w wodzie w niecce basenowej), a ponowne włączenie do obiegu oczyszczania wody lampy UV było niemożliwe, ze względu na koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, w 4 etapie badań podjęto próbę zmniejszenia stężenia chloramin poprzez zastosowanie codziennego płukania złoża filtracyjnego (zamiast dotychczas stosowanego płukania co 3 dni). Codzienne płukanie złoża filtracyjnego w układzie oczyszczania wody basenowej przeznaczonej dla dzieci w wieku od 6 miesięcy do 3 lat i dodatkowo dla niecek basenowych wyposażonych w urządzenia do hydromasażu jest zalecane przez ZHK NIZP-PZH oraz DIN 19643 [3, 13]. W wyniku zastosowania płukania złoża filtracyjnego 1 raz na dobę stężenia chloramin w wodzie z niecki basenowej wynosiły od 0,17 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,31 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnio: 0,24 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i przekraczały wartość dopuszczalną średnio o 21%. Stężenia chloru wolnego w tym etapie wynosiły: od 0,30 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,36 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnio: 0,33 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (Rys. 5).





Rys. 5. Stężenia chloru wolnego i związanego w 4 etapie badań

Fig. 5. Concentration of free chlorine and chloramines in stage 4 of research

Niestety, pomimo uzyskanych mniejszych stężeń chloramin w wodzie basenowej w porównaniu do 1 i 3 etapu badań, znaczny wzrost kosztów eksploatacyjnych rozpatrywanego basenu (wynikający ze wzrostu zapotrzebowania na wodę uzupełniającą obieg basenowy w porównaniu do etapu 1, 2 i 3 - tabela 2) nie został zaakceptowany przez kierownictwo basenu i spowodował kolejne działania mające na celu sprawdzenie stężeń chloramin tym razem w 2. dniowym cyklu filtracji (5 etap badań).

Tab. 2. Ilość wody uzupełniającej badany obieg basenowy w zależności od długości cyklu filtracji

Tab. 2. Quantity of supplementary water in tested circuit pool depending on the length of the filtration cycle

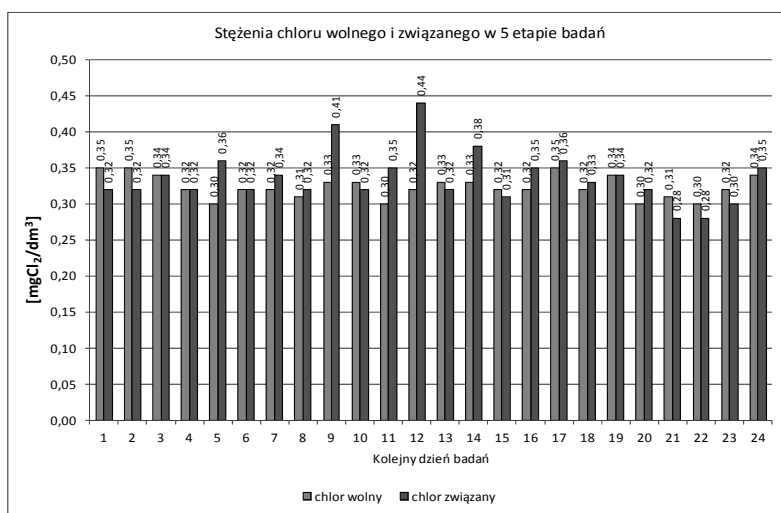
Etap badań	Długość cyklu filtracji [d]	Okres badań [d]	Liczba płukania złoża filtracyjnego	Ilość wody uzupełniającej obieg [m <sup>3</sup> ]	Ilość wody uzupełniającej [m <sup>3</sup> /d]	Średnia frekwencja [os./d]	Ilość wody uzupełniającej [dm <sup>3</sup> /os.d]
1	3	24	8	26,00	1,08	63	17,2
2	3	16	6	19,50	1,22	62	19,7
3	3	20	7	22,75	1,14	60	19,0
4	1	24	24	78,00	3,25	61	53,3
5	2	24	12	39,00	1,63	62	26,2

W 5 etapie badań, w okresie stosowania 2. dniowego cyklu filtracji, stężenia chloramin w wodzie z niecki basenowej wynosiły od 0,28 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,44 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnio: 0,34 mgCl<sub>2</sub>/ i przekraczały wartość dopuszczalną od 29% do 55%, średnio o 40%. Stężenia chloru wolnego w tym etapie wynosiły: od 0,30 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,35 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, średnio: 0,32 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (Rys. 6).

Dla analizowanego basenu dezynfekcja wody zastosowana w 2 etapie badań, czyli naświetlanie strumienia wody obiegowej promieniami UV oraz dawkowanie podchlorynu sodu oraz skrócenie cyklu filtracyjnego do zalecanego 1 dniowego w 4 etapie badań, ograniczyły stężenia chloramin do poziomu dopuszczalnego (w 2 etapie wartość średnia wynosiła: 0,18 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, w 4 etapie wartość średnia wynosiła: 0,24 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>), przy jednoczesnym zachowaniu stężeń chloru wolnego w granicach 0,3–0,39 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Metody dezynfekcji oparte jedynie na dozowaniu podchlorynu sodu (zastosowane w etapie 1, 3 i 5) nie dały zadowalających wyników. Stosowanie stałych dawek NaOCl (w 1 etapie) i dawek „szokowych” (w 3 etapie) oraz stosunkowo długiego cyklu filtracji (w etapie 1, 3 i 5) nie pozwoliły na uzyskanie stężeń chloramin mniejszych niż 0,2 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W etapie 1 i 3 średnie stężenie chloramin przekraczało wartość dopuszczalną o 65%, a w etapie 5 o 40%.

Zgodnie z zaleceniami ZHK NIZP-PZH dezynfekcja wody w basenach, z których korzystają małe dzieci wraz z opiekunami, powinna opierać się na preparatach chlorowych, z tym, że stężenie chloru wolnego nie powinno przekraczać 0,3 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Stosowanie promieniowania UV jest dopuszczalne, jednak zawsze w połączeniu z chlorowaniem wody, w takich przypadkach stężenie chloru wolnego może zostać obniżone do 0,1 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> pod warunkiem zachowania odpowiedniej mikrobiologicznej jakości wody. Dodatkowo należy przestrzegać zasady, aby na każdą osobę uczestniczącą w zajęciach przypadało nie mniej niż 2,2 m<sup>2</sup> powierzchni lustra wody, basen posiadał odrębny system cyrkulacji, a tzw. przewalowanie wody, czyli pełna wymiana objętości wody znajdującej się w niecce basenowej powinna następować w czasie 1–1,5 godziny [13].



Rys. 6. Stężenia chloru wolnego i związanego w 5 etapie badań

Fig. 6. Concentration of free chlorine and chloramines in stage 5 of research

W związku z tym, że analizowany basen służy jako obiekt typowo rehabilitacyjny, a nauka pływania dla dzieci prowadzona jest jako zajęcia dodatkowe, w szczególny sposób należy dbać o jakość wody i przestrzegać wyżej wymienionych zaleceń. Niecka tego basenu ma zapewniony własny system cyrkulacyjny i system oczyszczania, czas przewałowania wody w trakcie badań wynosił ok. 1 godziny, a na jedną osobę korzystającą z kąpeli przypadało średnio: 2,5 m<sup>2</sup> powierzchni lustra wody.

Zastrzeżenie może budzić fakt, że przy stosowaniu 3. dobowego cyklu filtracyjnego w 1, 2 i 3 etapie badań, zapotrzebowanie na wodę uzupełniającą w przeliczeniu na jedną osobę kąpiącą się wynosiło od 17,2 do 19,7 dm<sup>3</sup>/os.d, przy zalecanych w DIN 19643 - 30 dm<sup>3</sup>/os.d. Skrócenie cyklu filtracyjnego do 2 dni spowodowało, że ilość wody uzupełniającej wynosiła 26,2 dm<sup>3</sup>/os.d, a przy 1 dniowym cyklu filtracji ilość ta wynosiła 53,3 dm<sup>3</sup>/os.d (tabela 2).

Ponieważ w tego typu basenach istnieje wyjątkowo duże niebezpieczeństwo skażenia wody bakteriami chorobotwórczymi od osób rehabilitowanych i z obniżoną odpornością, nie zdecydowano się na obniżenie stężenia chloru wolnego do wartości 0,1 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i we wszystkich etapach badań dbano by w trakcie zajęć stężenie to było nie mniejsze niż 0,3 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (tabela 1).

## 5. Podsumowanie i wnioski

W przypadku basenów rehabilitacyjnych, ze względu na możliwość wystąpienia zanieczyszczenia wody bakteriami chorobotwórczymi, w przypadku basenów z hydromasażem, ze względu na większe obciążenie materią organiczną oraz w przypadku basenów dla małych dzieci, ze względu na wyższą temperaturę wody: 30÷36°C ich obiegi wodne powinny być wyposażane w dezynfekcję dodatkową - realizowaną np. poprzez naświetlanie strumienia wody promieniami UV lub jego ozonowanie, poprzedzającą dezynfekcję końcową - realizowaną poprzez dozowanie do strumienia wody obiegowej roztworu podchlorynu sodu. Istotnym jest także przestrzeganie warunków eksploatacyjnych dotyczących np. częstotliwości płukania złóż filtracyjnych i ilości wody uzupełniającej obieg oczyszczania wody basenowej.

Podstawowym założeniem przy projektowaniu technologii wody basenowej jest zapewnienie osobom korzystającym z kąpeli maksymalnie bezpiecznej pod względem zdrowotnym wody w niecce basenowej. Ponieważ badany obiekt spełnia szczególną funkcję - jest basenem rehabilitacyjnym i od niedawna również basenem przeznaczonym do nauki pływania i zabaw dla małych dzieci w asyście rodziców, specjalną kontrolą objęto wielkość stężenia chloramin.

Przedstawione w artykule porównanie stężeń chloru związanego w wodzie basenowej, w zależności od sposobu dezynfekcji wody i długości cyklu filtracyjnego wykazało, że nieprzekroczenie wartości 0,2 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, określonej w normie DIN 19643, było możliwe przy zastosowaniu dezynfekcji podchlorynem sodu wspomaganą działaniem niskociśnieniowej lampy UV (2 etap badań), a przy zastosowaniu 1 dniowego cyklu filtracyjnego było możliwe uzyskanie wartości średniej 0,24 mgCl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Zapewnienie zgodnej z wymaganiami sanitarno-higienicznymi jakości wody basenowej, dbałość o bezpieczeństwo i ochronę zdrowia publicznego, zwłaszcza przed drobnoustrojami chorobotwórczymi, uzyskanie wody wolnej od ubocznych produktów dezynfekcji, zapewnienie komfortu przebywania w obiekcie basenowym (brak charakterystycznego „chlorowego” zapachu w hali basenowej, zmniejszenie stężenia chloramin

do wymaganej wartości dopuszczalnej) oraz stosowanie rozwiązań oczyszczania wody basenowej dopasowanych do rodzaju i funkcji basenu (sportowy, rehabilitacyjny, do nauki pływania) to podstawy prawidłowo działającego obiektu basenowego i główny powód poszukiwań nowych technologii, oraz udoskonalania rozwiązań już istniejących.

Należy pamiętać, że podstawą dobrze pracujących systemów oczyszczania wody basenowej jest przede wszystkim efektywna filtracja i dezynfekcja. Rozwój technologii wody basenowej, właśnie w zakresie tych dwóch procesów, jest obecnie najbardziej dynamiczny.

## Bibliografia

- [1] Ustawa z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz. U. Nr 234, poz. 1570, z późn. zm.).
- [2] Ustawa z dnia 14 marca 1985 r. o Państwowej Inspekcji Sanitarnej (Dz. U. z 2011 r. Nr 212, poz. 1263, z 2012 r. poz. 460, poz. 892, z 2013 r. poz. 2).
- [3] Zalecenia ZHK NIZP-PZH dotyczące wymagań sanitarno-higienicznych dla obiektów basenowych i jakości wody w basenach przeznaczonych dla niemowląt i dzieci w wieku od 6 miesięcy do 3 lat ([www.pzh.gov.pl](http://www.pzh.gov.pl) z dnia 03.06.2012).
- [4] R. I. Wolfe, N. R. Ward, B. H. Olson: Inorganic chloramines as drinking water disinfectants: a review. *Am. Water Works Assoc. J.* 1984, Vol. 76(5), pp. 74-88.
- [5] A. Florentin, A. Hautemaniere, P. Hartemann: Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2011, Vol. 214, pp. 461-469.
- [6] I. Freuze, S. Brosillon, A. Laplanche, D. Tozza, J. Cavard: Effect of chlorination on the formation of odorous disinfection by-products. *Water Research* 2005, Vol. 39, pp. 2636-2642.
- [7] J. Lee et al.: Production of various disinfection byproducts in indoor swimming pool waters treated with different disinfection methods. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2010, Vol. 213, pp. 465-474.
- [8] S. C. Kaydos-Daniels et al.: Health effects associated with indoor swimming pools: A suspected toxic chloramines exposure. *Public Health (Journal of The Royal Institute of Public Health)* 2008, Vol. 122, pp.195-200.
- [9] N. Massin, A. B. Bohadana, P. Wild, M. Hery, J. P. Toamain, G. Hubert: Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pool. *Occupational and Environmental Medicine* 1998, Vol. 55, pp. 258-263.
- [10] C. Voisin, A. Sardella, F. Marcucci, A. Bernard: Infant swimming in chlorinated pools and the risk of bronchiolitis, astma and allergy. *Eur. Respir. J.* 2010, Vol. 36 (1), pp.41-47.

- [11] A. Bernard, M. Nickmilder, C. Voisin, A. Sardella: Impact of chlorinated swimming pool attendance on the respiratory health of adolescents. *Pediatrics* 2009, Vol. 124 (4), pp. 1110-1118.
- [12] M. Sozański: Chemizm i technologia uzdatniania wody dla basenów kąpielowych. Mat. konf., Zaopatrzenie w wodę miast i wsi. Poznań 1994, ss. 415-422.
- [13] DIN 19643, Aufbereitung von Schwimm und Badebeckenwasser, Düsseldorf 1997.
- [14] Cz. Sokołowski: Wymagania sanitarno – higieniczne dla krytych pływalni. MZiOS, Departament Zdrowia Publicznego, PZITS, Warszawa 1998, nr arch. 760.
- [15] Projekt rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie warunków sanitarno-higienicznych obiektów sportowych i rekreacyjnych oraz zasad sprawowania nadzoru nad ich przestrzeganiem (wersja z 4 maja 2004 r.).
- [16] J. Wyczarska-Kokot, F. Piechurski: Przyczyny modernizacji technologicznych układów oczyszczania wody basenowej. XX Krajowa, VIII Międzynarodowa Konf. Nauk.-Techn., Zaopatrzenie w wodę jakość i ochrona wód, Gniezno 2008, ss. 737-748.
- [17] J. Wyczarska-Kokot: System dezynfekcji wody basenowej wspomaganej naświetlaniem promieniami UV. *Rynek Instalacyjny* 2009, nr 12, ss. 96-99.
- [18] <http://www.eusaswim.eu> (28.06.2013)

