

Florian G. PIECHURSKI, Joanna WYCZARSKA-KOKOT
Zakład Wodociągów i Kanalizacji
Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

OCENA EFEKTÓW PRACY INSTALACJI WODY BASENOWEJ

Streszczenie. Podstawowym czynnikiem decydującym o bezpieczeństwie użytkowników basenu jest wysokoefektywny sposób uzdatniania i dezynfekcji wody basenowej, zabezpieczający kąpiących się przed zanieczyszczeniem mikrobiologicznym, związkami mogącymi powodować alergie lub mającymi właściwości kancerogenne. Wyniki badań fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych pozwoliły na określenie efektów dezynfekcji w czterech basenach. Przeprowadzone badania sprawności dla czterech rozwiązań cyrkulacji wody basenowej pozwalają na ocenę sprawności wymieszania wody.

THE WORKING EFFICIENCY OF INSTALATION IN SWIMMING POOLS

Summary. The primary aims of the water circulation systems and water treatment methods in swimming pools is to keep the quality of water in accordance with the sanitary and hygienic standards. The high-efficient water treatment methods and disinfections process protects swimmers from microbiological pollutions and compounds contamination that may cause allergies or other diseases. The results of physical, chemical and bacteriological research of water allowed to specify disinfections effects in selected swimming pools. The analysis of four types of water circulation methods let us check the efficiency of water mixing.

1. Wstęp

Działania mające na celu zapewnienie właściwych parametrów jakości wody basenowej zgodnych z obowiązującymi normami powinny obejmować [1, 5, 6, 10]:

- zastosowanie technologii uzdatniania wody basenowej zapewniającej skuteczne usuwanie zanieczyszczeń fizyczno-chemicznych z basenu,
- dezynfekcję wody wpływającej do basenu, zapewniającą wysoki stopień eliminacji drobnoustrojów niebezpiecznych dla człowieka w całym basenie,
- optymalizację warunków hydraulicznych przepływu panujących w niecce basenowej poprzez szybkie i całkowite mieszanie wody wprowadzanej z wodą znajdującą się już w basenie, unikanie powstawania stref martwych oraz utrzymanie odpowiedniej krotności wymiany wody,

- prawidłową eksploatację obejmującą regularne czyszczenie i dezynfekcję ścian, dna basenu, rynien przelewowych, podłóg i ścian w bezpośrednim otoczeniu niecki basenowej oraz pomieszczeń szatniowo-natryskowych,
- ciągłą kontrolę jakości wody basenowej.

Podstawowym czynnikiem stanowiącym o bezpieczeństwie użytkowników basenu jest stała dezynfekcja wody basenowej. Skuteczność środka dezynfekcyjnego zależy nie tylko od jego rodzaju, ale również od ciągłej jego obecności w wodzie basenowej w odpowiednim stężeniu. Ważne jest dobranie środka dezynfekcyjnego tak, aby zapewnić działanie bakteriobójcze i wirusobójcze, a jednocześnie nie powodować szkodliwego wpływu na zdrowie kąpiących się. [1, 2].

Ważne jest zapewnienie takich samych parametrów jakościowych wody we wszystkich punktach i wszystkich strefach basenu. Na etapie projektowania należy dokonać wyboru systemu cyrkulacji wody basenowej, zapewniając w ten sposób odpowiednie warunki przepływu przez nieckę. Odpowiedni przepływ jest ważny dla zachowania czystości wody w niecce basenu tak jak jej odpowiednie uzdatnianie.

2. Metody dezynfekcji wód basenowych

Do najczęściej stosowanych środków dezynfekcyjnych w technologii uzdatniania wody basenowej należą: podchloryn sodu, chlor gazowy, chlor elektrolityczny oraz ozon w połączeniu z chlorem. Rzadziej stosowane są: brom, jod, jony srebra i promienie ultrafioletowe w połączeniu z chlorem. Dla basenów zasilanych wodami mineralnymi, np. dla basenów rehabilitacyjnych i sanatoryjnych popularność zdobywają technologie „nisko zasolonej wody”, polegające na elektrolizie soli NaCl dodawanej bezpośrednio do niecki basenowej. Od niedawna w kilku instalacjach działają - jak na razie eksperymentalnie - urządzenia wykorzystujące emisję pola elektromagnetycznego oraz rozciągnięte częstotliwości dźwiękowe do wspomagania procesu dezynfekcji wody basenowej.

Stosowanie wysokoefektywnych procesów uzdatniania wody basenowej opartych na procesie koagulacji, filtracji na złożu wielowarstwowym i skutecznej dezynfekcji zapewnia jakość wody basenowej zgodną z rygorystycznymi normami i wytycznymi w tym zakresie [1, 2]. W badanych obiektach basenowych zastosowano następujące metody dezynfekcji:

- dla basenu 1 - chlorowanie za pomocą podchlorynu sodu,
- dla basenu 2 - ozonowanie częściowego strumienia wody (metoda optoZON[®]) i chlorowanie końcowe za pomocą podchlorynu sodu, który wytwarzany jest w obiekcie basenowym w procesie elektrolizy membranowej (metoda Elyzon[®]),
- dla basenu 3 - ozonowanie częściowego strumienia wody (metoda optoZON[®]) oraz chlorowanie końcowe za pomocą podchlorynu sodu,
- dla basenu 4 - naświetlanie promieniami UV (lampy multifalowe) oraz chlorowanie końcowe za pomocą podchlorynu sodu.

2.1. Dezynfekcja podchlorynem sodu

Dodawanie chloru w postaci podchlorynu sodu jest szeroko stosowaną metodą dezynfekcji wody basenowej. Chlor należy wprowadzić do wody w takiej ilości, aby pokryć zapotrzebowanie na utlenienie substancji organicznych i nieorganicznych oraz

pozostawić nadmiar, tzw. chlor użyteczny, zapewniający wodzie właściwości bakteriostatyczne.

Jeżeli w wodzie dezynfekowanej występują związki azotowe (np. produkty rozkładu mocznika i potu), to chlor utworzy z nimi chloraminy, będące główną przyczyną alergii, podrażnień oczu, błon górnych dróg oddechowych oraz układu pokarmowego. Ponadto chloraminy odpowiedzialne są za charakterystyczny nieprzyjemny zapach wody i posiadają właściwości mutagenne [7].

Wśród zalet dezynfekcji podchlorynem sodu można niewątpliwie wymienić: łatwy montaż instalacji, niskie koszty inwestycyjne, łatwe dozowanie uderzeniowe oraz wydłużony czas działania chloru. Do wad tej metody należą: ograniczona trwałość składowania podchlorynu, tworzenie chloramin oraz wzrost wartości pH.

2.2. Dezynfekcja podchlorynem sodu wytwarzanym metodą elektrolizy membranowej

Do produkcji chloru metodą elektrolizy membranowej wykorzystuje się wodę i sol kuchenną. Podstawą urządzenia do wytwarzania NaOCl w procesie elektrolizy membranowej jest tzw. pakiet elektrolizy, zwany również pakietem celi membranowej.

Do podstawowych zalet instalacji elektrolizy membranowej należą: większe stężenie chloru ($35 \text{ g Cl}_2 / \text{dm}^3$ wody) w porównaniu z innymi metodami jego wytwarzania ($15+18 \text{ g Cl}_2 / \text{dm}^3$). Dzięki zmiękczeniu wody roztwór pozbawiony jest dodatkowych zanieczyszczeń i w mniejszym stopniu zwiększa zasolenie wody basenowej niż zwykły podchloryn sodu; pełne wykorzystanie stosowanej soli dzięki zamknięciu układu (całkowity brak produktów ubocznych), znikomy wpływ na wartość pH wody basenowej, zautomatyzowana obsługa, możliwość uruchomienia instalacji w dowolnej chwili, wysokie bezpieczeństwo, sprawność i ekonomika procesu [8].

2.3. Ozonowanie częściowego strumienia wody

Stosowanie ozonowania prowadzi do prawie całkowitego rozkładu zanieczyszczeń organicznych, na skutek dużej zdolności utleniania ozonu, sprzyja usuwaniu substancji antropogennych, poprawia efektywność usuwania barwy, mętności i zapachu, znacznie zmniejsza powstawanie alergogennych chloramin i trichlorometanów oraz zmniejsza dawki chloru stosowanego do dezynfekcji [7, 9]. Proces ozonowania posiada również wady, przede wszystkim bardzo wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne oraz konieczność zapewnienia specjalistycznej obsługi. Głównie koszty zmusiły projektantów i inwestorów do poszukiwania nowych rozwiązań, pozwalających zachować większość zalet metody ozonowania przy jednoczesnym obniżeniu kosztów jej instalacji i eksploatacji. Jednym z takich rozwiązań jest system ozonowania częściowego strumienia wody.

Ozonowanie strumienia częściowego posiada pewne zalety: dużo mniejsze koszty inwestycyjne niż przy stosowaniu ozonowania pełnego (ozonujemy tylko 10÷20% objętości głównego strumienia wody basenowej), niższe koszty eksploatacyjne, mniejsze powierzchnie zajmowane przez urządzenia, brak potrzeby stosowania węgla aktywnego (nie ma nadprodukcji ozonu) oraz spadek zużycia chloru do ok. 30 % w porównaniu z metodą z ozonem i węglem aktywnym [9].

2.4. Naświetlanie promieniami ultrafioletowymi

Metoda ta polega na naświetlaniu wody przepływającej przez cylindry, w których umieszczone są lampy emitujące promieniowanie ultrafioletowe o odpowiedniej mocy. Promieniowanie to powoduje niszczenie bakterii chorobotwórczych, ale nie zabezpiecza wody przed wtórnym skażeniem, podobnie jak metoda ozonowania i musi być powiązane z końcową dezynfekcją chlorem.

Do zasadniczych zalet tej metody można zaliczyć: skuteczne niszczenie bakterii chorobotwórczych, wirusów, glonów, grzybów i pleśni oraz zmniejszenie ilości chloru dodawanego do końcowej dezynfekcji wody basenowej, dzięki czemu powstaje mniejsza ilość chloramin [12, 13].

3. Przepływ wody przez basen

Opierając się na analizie dotychczasowych rozwiązań przepływu w basenach możemy dokonać podziału na cztery najczęściej stosowane sposoby przepływów w basenach [3]:

- przepływ prosty wzdłużny- spotykany w wielu istniejących basenach;
- przepływ z odbiciem i przepływem cyrkulacyjnym - stare rozwiązania basenów;
- przepływ poziomy stosowany w basenach otwartych ;
- przepływ pionowy stosowany w nowych rozwiązaniach basenów.

Zakres badań został zawężony do cyrkulacji wody w basenie sportowym z dwoma zalecanymi obecnie sposobami przepływów - pionowym i poziomym.

Przepływ pionowy polega na doprowadzeniu wody uzdatnionej poprzez dysze umieszczone w dnie niecki basenu. Woda zanieczyszczona odprowadzona jest poprzez rynny przelewowe umieszczone na górnych krawędziach ścian. Dopływ wody do basenu następuje przez system rozprowadzający z dyszami umieszczonymi w dnie. Aby osiągnąć wymagany równomierny przepływ wody, zostały opracowane różne metody doprowadzenia wody i rozwiązania dysz dopływowych. Taki sposób doprowadzenia wody wytwarza lejkowaty przepływ, dzięki czemu uzyskuje się wysoki stopień wymiany przy jednoczesnym wymieszaniu środka dezynfekującego w okolicy dna. Woda zabrudzona poprzez wyparcie najkrótszą drogą w górę jest odprowadzana przez rynnę przelewową. Przy przepływie pionowym uzyskuje się optymalną hydraulikę, niezależnie od konstrukcji i kształtu basenu, włącznie z problemowym obszarem „rogów” basenu.

Przepływ poziomy polega na doprowadzeniu wody uzdatnionej poprzez dysze umieszczone na przeciwległych dłuższych ścianach. Woda zanieczyszczona jest jednocześnie odprowadzana przez rynnę przelewową lub przez rynnę przelewową i odpływ denny. W mieszanym systemie odpływu należy przewidzieć dodatkową możliwość przełączenia bezpośrednio przed pompami, aby w razie konieczności 100% objętości wody odprowadzić przez rynnę przelewową, co często występuje przy remontach istniejących basenów. Do równomiernego rozdziału wody wykorzystuje się odpowiednie konstrukcje dysz dopływowych i urządzenia regulujące. Można to również rozwiązać przez rozdział przepływającej wody w odpowiednio zaprojektowanym pod względem hydraulicznym systemie rur doprowadzających.

W celu zapewnienia odpowiednich warunków przepływu bardzo ważne jest dobranie odpowiedniego rodzaju i przekrojów rynien przelewowych. Umożliwią one sprawne, ciągłe i równomierne odprowadzanie wody basenowej w zależności od występujących w czasie

użytkowania basenu falowania oraz stopnia zabrudzenia. Krawędź przelewowa spełnia funkcję spiętrzającą, winna odprowadzać wodę z basenu ciągle i równomiernie. Odchyłki od poziomu przy publicznych basenach mogą wynosić z tego powodu tylko ± 2 mm [4].

4. Zakres problemów związanych z wodą basenową

W obszarze dna basenu występuje zwielokrotnienie obciążenia brudem poprzez odkładanie się opadających substancji, które stanowią pożywkę dla wszystkich możliwych mikroorganizmów. Ta koncentracja zanieczyszczeń może być ograniczona przez odpowiedni dopływ, ewentualnie odpływ wody z basenu, przy czym nie można zaniechać codziennego, intensywnego czyszczenia dna i cotygodniowego czyszczenia ścian basenu za pomocą odkurzacza podwodnego.

Przy niewystarczającym przepływie poziomym w basenie mogą wytworzyć się wały wodne ze zbyt długim czasem zatrzymania, uwarstwienia wodne ze spadkami temperatur i zawirowania przepływu z powstającymi przestrzeniami martwymi. Te obszary z niskim stopniem wymieszania są higienicznie wątpliwe i stwarzają ryzyko infekcji, gdyż doprowadzenie środka dezynfekującego jest tu niedostateczne i sprzyja wzrostowi alg i zasiedleniu bakterii. Poziomy przepływ w basenie wymaga wyższego zapotrzebowania energii niż pionowy, gdyż charakterystyka odległości stożkowej dyszy dopływowej na wlocie powinna rozciągać się na całą szerokość basenu.

W pobliżu lustra wody znajduje się dużo materiału pływającego, utrzymuje się także podwyższone obciążenie bakteriologiczne, pochodzące od kąpiących się oraz od wpływów otoczenia. Jednocześnie w warstwie wody powierzchniowej zawartość chloru jest najmniejsza w porównaniu z głębszymi warstwami. Sytuacja ta może spowodować niedostateczne niszczenie bakterii i uaktywnionych wirusów. Dlatego należy jak największą część wody obiegowej (min. 50%) odprowadzić przez rynnę przelewową, w celu oczyszczenia górnych warstw wody.

Dodatkowe obciążenie mikrobiologiczne w wodzie basenu może wystąpić z powodu różnych czynników budowlanych. Przyczyną mogą być szczeliny dylatacyjne, posiadające uszkodzenia. Również przy rurociągach dla atrakcji wodnych, przy zbyt małym przepływie wody zawierającej środki dezynfekujące, mogą tworzyć się skupiska bakterii. Również wyłączenie instalacji cyrkulacyjnej w godzinach nocnych w celu „oszczędzania” prowadzi do pogorszenia jakości wody w basenie przy jednoczesnym obniżeniu zawartości chloru [4].

5. Charakterystyka badanych basenów

Oceny sprawności działania systemów dezynfekcji wody basenowej dokonano na podstawie parametrów jakości wody w nieckach basenowych. Analizy jakościowe wykonano dla czterech wybranych basenów pływackich (sportowo-rekreacyjnych) o wymiarach niecek basenowych 25x12,5 m. Basen 1 eksploatowany jest od stycznia 1999 roku, baseny 2 i 3 od kwietnia 2002 roku, basen 4 od stycznia 2002 roku. Wymienione baseny posiadają porównywalną pojemność wodną ($468,8 \text{ m}^3 \div 528 \text{ m}^3$) oraz natężenie przepływu wody w obiegu od $137,5 \text{ m}^3/\text{h}$ do $139 \text{ m}^3/\text{h}$, z wyjątkiem basenu 2, który pracuje na jednym obiegu z basenem hamownym dla dwóch zjeżdżalni i dla którego przepływ wody w obiegu wynosi $240 \text{ m}^3/\text{h}$. We wszystkich obiektach przewidziano uzupełnianie

wodą świeżą w ilości 30 dm³/osobę z sieci wodociągowej. Teoretyczna wymiana wody w nieckach basenowych następuje w czasie od 2,8 godz. w basenie 2 do 3,6 godz. w basenie 3. Ilość filtrów (2 filtry w basenie 1, 3 i 4 oraz 3 filtry w basenie 2), powierzchnia złoża każdego z filtrów 2,54 m², rodzaj złoża - piaskowo-żwirowe lub dodatkowo z warstwą antracytu, wydajność filtrów (73-76 m³/h), prędkość filtracji (30m/h), sposób płukania filtrów (wodą i powietrzem), prędkość płukania (65m/h). Rodzaj stosowanego koagulanta (siarczan glinu) oraz środka do korekty pH (HCl lub H₂SO₄) w badanych obiektach basenowych są porównywalne.

Tablica 1

Technologia uzdatniania i metoda dezynfekcji w badanych basenach

Obiekt	Technologia uzdatniania	Metoda dezynfekcji
Basen 1	Filtracja wstępna (łapacz włókien) - koagulacja powierzchniowa (kontaktowa) - filtracja na złożach wielowarstwowych z warstwą hydroantracytu - dezynfekcja NaOCl - korekta pH	Za pomocą wodnego roztworu NaOCl o stęż. 3%, przy zalecanej dawce 0,3 - 0,5 mgCl ₂ /dm ³
Basen 2	Filtracja wstępna (łapacz włókien) - koagulacja powierzchniowa - filtracja na złożach wielowarstwowych piaskowych - ozonowanie częściowego strumienia wody - dezynfekcja końcowa NaOCl - korekta pH	Część strumienia wody 10% po filtracji wyłączona ze strumienia głównego, poddana ozonowaniu i wprowadzona do zb. reakcyjnego- czas reak. ok. 5 minut -(optoZON) + końcowa dezynfekcja NaOCl - (metoda elektrolizy membranowej Elyzon)
Basen 3	Filtracja wstępna (łapacz włókien) - koagulacja powierzchniowa - filtracja na złożach wielowarstwowych piaskowych - ozonowanie częściowego strumienia wody - dezynfekcja końcowa NaOCl - korekta pH	Część strumienia wody 10% po filtracji wyłączona ze strumienia głównego, poddana ozonowaniu i wprowadzona do zbiornika reakcyjnego - czas reak. ok. 3 minut - (optoZON) + końcowa dezynfekcja roztworem NaOCl
Basen 4	Filtracja wstępna (łapacz włókien) - koagulacja powierzchniowa - filtracja na złożach wielowarstwowych z warstwą hydroantracytu - naświetlanie promieniami UV - dezynfekcja końcowa NaOCl - korekta pH	Po procesie filtracji woda poddawana jest naświetlaniu promieniami UV - lampy Multifalowe + końcowa dezynfekcja roztworem NaOCl.

Obciążenie powierzchni lustra wody kąpiącymi się ma zdecydowany wpływ na parametry jakości wody w nieckach basenowych. Dla basenu 1 i 2 obciążenia kąpiącymi się wynosiły odpowiednio 11,6 m²/osobę i 12 m²/osobę. Najbardziej obciążony był basen 3, dla którego na jedną osobę kąpiącą się przypadało średnio 7,8 m² powierzchni lustra wody. Najmniejszą wartością obciążenia charakteryzował się basen 4. Na jednego kąpiącego się przypadało tu aż 22,3 m² powierzchni lustra wody w niecce basenowej.

Obciążenie lustra wody kąpiącymi się obliczono na podstawie średniej ilości osób korzystających z kąpeli w ciągu jednej godziny [11].

W tablicy 1 przedstawiono skróconą charakterystykę technologii uzdatniania i dezynfekcji wody basenowej w poszczególnych badanych obiektach.

6. Analiza efektów dezynfekcji wody z badanych niecek basenowych

W celu określenia sprawności działania systemów dezynfekcji wody basenowej badano podstawowe parametry jakości wody w nieckach basenowych, charakteryzujących jej stopień zanieczyszczenia i przydatność dla osób kąpiących się. W całym cyklu prowadzonych badań próby pobierano w godzinach rannych podczas użytkowania basenów. Wodę pobierano z jednego punktu w niecce basenu w odległości ok. 40 cm od krawędzi i ok. 30 cm pod zwierciadłem wody. W ciągu całego cyklu badań dla każdego parametru jakości wody basenowej wykonano od 8 ÷ 10 analiz. Analizy wody obejmowały wybrane parametry fizyczno-chemiczne i bakteriologiczne.

Wartości średnie wyników analiz fizyczno-chemicznych przedstawia tabl. 2. Woda w nieckach basenowych w każdym analizowanym obiekcie w zasadzie spełnia wymagania norm w tym zakresie. Zastrzeżenia można mieć do wartości potencjału redox w basenach 2, 3 i 4, który w większości analizowanych prób nie odpowiadał minimalnej wartości normatywnej.

Parametrami najlepiej obrazującymi efekty dezynfekcji wody w nieckach są: utlenialność jako wskaźnik zawartości substancji organicznych utleniających się pod wpływem nadmanganianu potasu oraz zawartość chloru wolnego i chloramin, oznaczanych jako chlor związany.

Średnia wartość utlenialności w badanych obiektach wynosiła: basen 1 – 2,45 mg/dm³O₂, basen 2 – 3,18 mg/dm³O₂, basen 3 – 2,89 mg/dm³O₂, basen 4 – 4,46 mg/dm³O₂ i nie przekraczała wartości dopuszczalnej, określonej przez [2], tj. 5,0 mg/dm³O₂ (rys.1).

Stężenia chloru wolnego we wszystkich badanych obiektach basenowych odpowiadały wymaganiom normatywnym. W basenach 2 i 3, ze względu na prowadzenie procesów ozonowania częściowego strumienia wody oraz w basenie 4, ze względu na proces naświetlania lampami UV, wspomagających końcową dezynfekcję podchlorynem sodu, obniżono minimalną wymaganą wartość chloru wolnego do poziomu 0,2 mg Cl₂/dm³. Średnie wartości Cl₂ wolnego dla poszczególnych niecek basenowych przedstawia rys. 2.

Zastosowanie zmniejszonej dawki NaOCl do obiegu wody uzdatnionej w basenie 2 i 3 nie wpłynęło na pogorszenie się jej składu bakteriologicznego. Parametry bakteriologiczne dla wszystkich wód z badanych niecek basenowych odpowiadały wymaganiom norm i nie były kwestionowane przez nadzór sanitarny.

Ilość chloramin nie budzi zastrzeżeń jedynie w obiektach 3 i 4. Dla basenu 1 ilość chloramin w każdej badanej próbce przekraczała wartość normatywną i mieściła się w granicach od 0,22 ÷ 0,37 mg/dm³. Dla basenu 2, pomimo prowadzenia procesu ozonowania, ilość chloramin w badanych próbach wahała się w dość szerokich granicach od 0,14 ÷ 0,44 mg/dm³. Dla basenu 3 średnia ilość chloramin (0,21 mg/dm³) nieznacznie przekracza wartość normatywną i można uznać, że prowadzenie procesu ozonowania części strumienia wody przyczyniło się do poprawy jakości wody basenowej i w znacznym stopniu poprawia komfort jej użytkowników, zwłaszcza że obciążenie kąpiącymi się w tym obiekcie basenowym było największe i wynosiło 7,8 m²/osobę. W przypadku basenu 4,

gdzie proces dezynfekcji wspomagany jest lampami UV, średnia ilość chloramin nie budziła zastrzeżeń.

W całym cyklu badań ilość chloramin wynosiła od 0,19 mg/dm³ do 0,24 mg/dm³ w fazie rozruchu lamp i od 0,17 mg/dm³ do 0,20 mg/dm³ w fazie normalnej ich pracy. Należy jednak zaznaczyć, że obciążenie kąpielącymi się w tym obiekcie było najmniejsze i wynosiło 22,3 m²/osobę.

Tablica 2

Średnie wartości wyników analiz fizyczno-chemicznych wody z badanych basenów

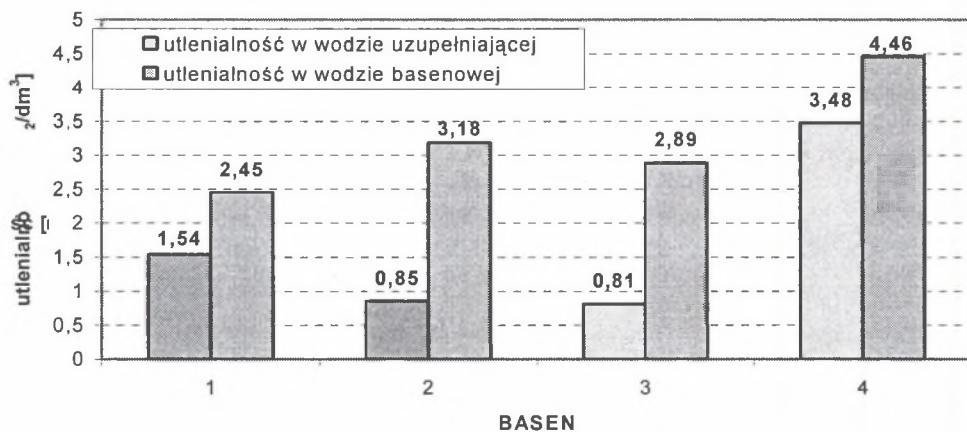
Lp.	Parametr	Jednostka	B 1	B 2	B 3	B 4	Norma
1	pH	-	7,08	7,15	7,26	7,30	6,5-7,6
2	REDOX	mV	761	712	-	722	min.750 (pH 6,5-7,3) min.770 (pH 7,3-7,6)
3	temperatura	°C	27,9	24,6	28,0	27,8	32,0
4	barwa	mg/dm ³ Pt	1	5	3	1	0,5 (dla f=436nm), 15*
5	mętność	mg/dm ³ SiO ₂	4	1	1	1	0,5 (NTU), 1*
6	N-NO ₂	mg/dm ³	0,021	0,025	0,037	0,026	0,5*
7	N-NO ₃	mg/dm ³	3,51	3,56	2,72	4,34	20**, 50*
8	N-NH ₄	mg/dm ³	0,018	0,026	0,010	0,032	0,1; 0,5*
9	utlenialność	mg/dm ³ O ₂	2,45	3,18	2,89	4,46	0,75 **; 5,0*
10	tlen rozp.	mg/dm ³	7,5	8,1	8,2	8,1	-
11	chlor wolny	mg/dm ³	0,37	0,27	0,26	0,25	0,3-0,6 i 0,2-0,5***
12	chlor związany	mg/dm ³	0,30	0,26	0,21	0,20	0,2 i 0,1***
13	chlor całkowity	mg/dm ³	0,67	0,55	0,45	0,45	-
14	chlorki (Cl ⁻)	mg/dm ³	240	264	40	65	250*
15	twardość og.	mg/dm ³ CaCO ₃	487	196	47	46	60-500*
16	glin ogólny (Al ³⁺)	mg/dm ³	0,05	0,08	0,02	0,00	0,10; 0,2*
17	ozon	mg/dm ³	-	0,01	0,08	-	0,05 (w filtracji)

* w wodzie do picia

** ponad wartość w wodzie uzupełniającej

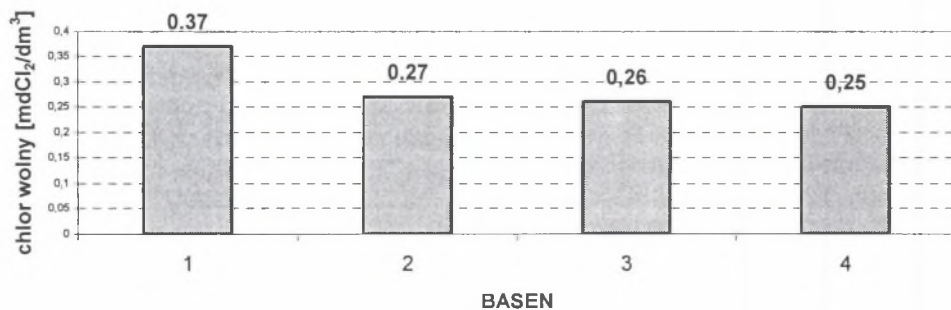
***uzdatnianie z zastosowaniem procesów: koagulacja, filtracja, ozonowanie, filtracja przez złożo z węglem aktywnym, chlorowanie

Przyjmując basen 1 o podstawowym i obecnie jeszcze najpowszechniej stosowanym systemie uzdatniania i dezynfekcji wody basenowej w naszym kraju za obiekt porównawczy można określić przybliżony stopień redukcji chloramin w pozostałych nieckach basenowych. I tak basen 2 w porównaniu z basenem 1 wykazywał średnio 13% redukcję chloramin, basen 3 – 30%, a basen 4 – 33%. Średnie wartości chloru związanego w badanych nieckach basenowych przedstawia rys. 3.



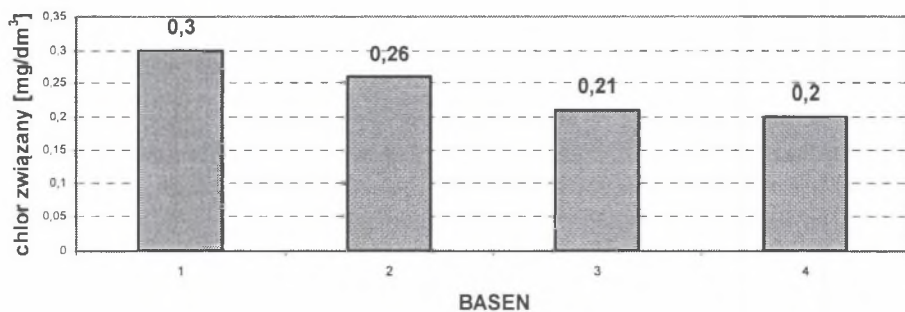
Rys. 1. Średnie wartości utlenialności w badanych basenach

Fig. 1. The middle values of oxidation parameter in tested swimming pools



Rys. 2. Średnie wartości chloru wolnego w badanych basenach

Fig. 2. The middle values of free chlorine in tested swimming pools



Rys.3. Średnie wartości chloru związanego w badanych basenach

Fig. 3. The middle values of chloramines in tested swimming pools

7. Badania warunków przepływu w niecce basenu

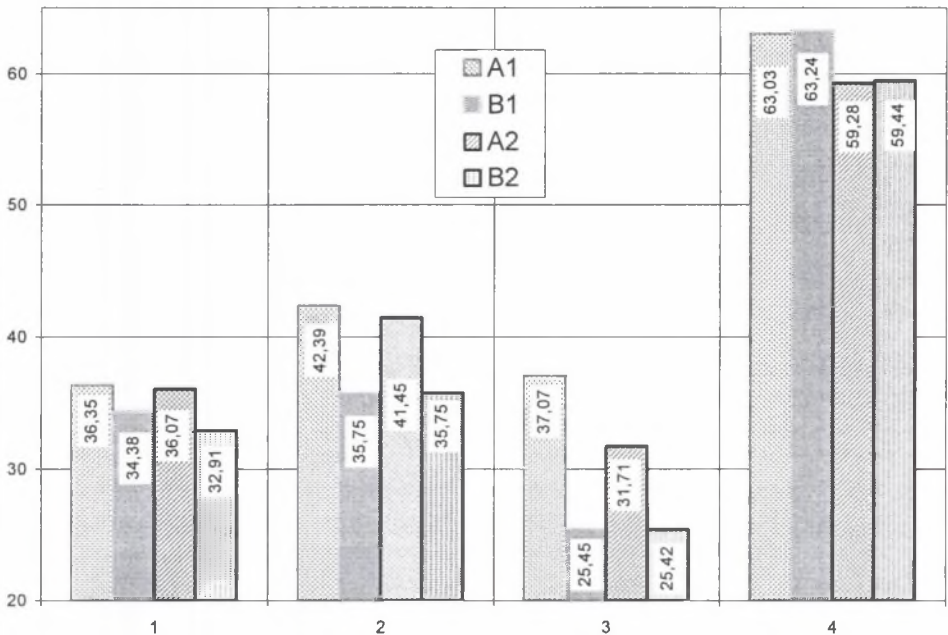
Badaniami objęto dwa systemy doprowadzania wody do modelu basenu:

- system pionowy – woda do basenu doprowadzana była dyszami usytuowanymi równomiernie w dnie basenu;
- system poziomy – woda do basenu doprowadzana była dyszami usytuowanymi równomiernie na dwóch dłuższych bokach basenu.

Dla każdego z systemów uwzględniono dwa sposoby odprowadzania wody:

- odprowadzanie wody rynnami przelewowymi usytuowanymi na wszystkich ścianach basenu – baseny kąpielowe;
- odprowadzanie wody rynnami przelewowymi usytuowanymi tylko na dłuższych ścianach basenu – baseny sportowe.

Można zaobserwować różnice w rozkładzie znacznika w modelu przy ścianach basenu w zależności od sposobu doprowadzania wody do basenu i jej odbioru poprzez rynny przelewowe w poszczególnych strefach od najlepszego do najgorszego w kolejności A1, A2, B2, B1. Dowodzi to, że stopień zmieszania zależy od rozwiązania dopływu i odpływu wody uzdatnionej do niecki basenu oraz strefy w basenie.



Rys. 4. Zestawienie stopni wymieszania [%] w poszczególnych strefach basenu w zależności od sposobu doprowadzenia wody; 1 – lustro, 2 – środek, 3 – dno, 4 – sprawność basenu

Fig. 4. The mixed degree combination [%] in individual zones of swimming pool depending on water supply ways; 1 – water level, 2 – middle, 3 – bottom, 4 – efficiency of swimming pool

Biorąc pod uwagę sposób odprowadzenia wody na podstawie średnich z wyników badań, stanowczo bardziej zalecanym sposobem powinno być odprowadzenie wody poprzez system rynien usytuowanych na wszystkich ścianach basenu dla przepływu pionowego A1, gdzie uzyskano sprawność $\eta=63\%$. Niższą sprawność uzyskano dla basenu z odprowadzeniem wody przez rynny przelewowe umieszczone na dłuższych bokach A2 $\eta=59,3\%$. Podobne wyniki uzyskano dla przepływu poziomego B1 $\eta=63,2\%$, a dla B2 $\eta=59,4\%$ (rys 4).

Porównanie średnich wyników obrazujących procentowy stopień zmieszania wody w basenie w zależności od czasu dozowania znacznika, natężenia i sposobu przepływu wody może prowadzić do określenia obszarów martwych. Najlepszy efekt wymieszania znacznika w basenie uzyskano w środkowej części - 2 ($\eta=35-42\%$), gorsze dla obszaru lustra wody - 1 ($\eta=32-36\%$), najgorszy dla dna - 3 ($\eta=25-37\%$) we wszystkich badanych typach basenu.

Oceniając sprawność basenu sportowego jako stopień zmieszania wody przy porównywaniu wzrostu stężenia znacznika w poszczególnych punktach pomiarowych, stwierdza się, że dobrą sprawność $\eta=63\%$ mają baseny z odbiorem przez rynny przelewowe umieszczone na wszystkich ścianach A1, B1.

Rozpatrując sposób doprowadzania wody do basenu niezależnie od jej odprowadzenia na podstawie wyników badań można wykazać znaczące różnice stopnia zmieszania w poszczególnych strefach. Stwierdzono, że złe warunki przepływu występują w obszarze dna basenu, gdzie ma miejsce najgorszy stopień zmieszania. Idealne byłoby w takim przypadku doprowadzanie wody zarówno dyszami usytuowanymi w dnie basenu, jak i na jego dłuższych bokach naprzemiennie.

Należy zwrócić baczną uwagę na strefy basenu znajdujące się przy ścianach pozbawionych odpływu wody. Jak wynika z badań, w tych strefach w obszarze lustra i dna basenu występuje najgorszy stopień zmieszania. Dla każdego rozwiązania konstrukcyjnego należy dążyć do doboru jak najlepszego systemu hydrauliki wody w niecce basenowej. Poprawne warunki przepływu zapewniają dobre warunki zmieszania i tym samym wpływają na jakość wody basenowej.

8. Wnioski

Parametry fizyczno-chemiczne i bakteriologiczne wody we wszystkich badanych nieckach basenowych wskazują na poprawną pracę instalacji uzdatniania wody basenowej.

Zastosowanie ozonowania częściowego strumienia wody w basenie 2 i 3 oraz naświetlania promieniami UV w basenie 4 pozwoliło na obniżenie ilości chloramin i wpłynęło na podwyższenie jakości wody basenowej i komfortu osób kąpiących się.

W porównaniu z basenem 1 o podstawowym i powszechnie jeszcze stosowanym systemie uzdatniania i dezynfekcji pozostałe baseny wykazują redukcję chloramin w zakresie od 13% (basen 2) do 33% (basen 4).

Dzięki zastosowaniu procesów ozonowania lub naświetlania lampami UV możliwe jest zmniejszenie dawki podchlorynu sodu dodawanego do dezynfekcji końcowej i utrzymanie stężenia chloru wolnego w wodzie basenowej na poziomie $0,25 \text{ mg/dm}^3$, przy jednoczesnym zachowaniu jej czystości mikrobiologicznej.

Wielkość obciążenia lustra wody kąpiącymi się oraz jakość wody uzupełniającej są parametrami w zdecydowany sposób wpływającymi na zmianę jakości wody w niecce basenowej.

Układy rozwiązania hydrauliki basenu w znaczący sposób mogą wpłynąć na jakość wody. Do prawidłowej oceny pracy basenu należy brać pod uwagę konstrukcję i wielkość rynien przelewowych oraz rodzaj systemu dopływu wody do niecki basenowej.

Wysoka sprawność hydrauliczna systemu dystrybucji wody w basenie pozwala na stosowanie zmniejszonych dawek środków chemicznych przy jednoczesnym zachowaniu jej normatywnych parametrów sanitarno-higienicznych.

Umiejętność dostosowywania układów cyrkulacji i uzdatniania wody basenowej do warunków eksploatacji danego basenu gwarantuje jego użytkownikom maksymalny poziom bezpieczeństwa i przyjemności korzystania z kąpeli.

Bibliografia

1. DIN 19643, Aufbereitung von Schwimm und Badebeckenwasser, 1997.
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 r. (Dz. U. Nr 203).
3. Piechurski F., Derska T.: Badania modelowe hydrauliki przepływu wody w basenie. Mat. konf. I Sympozjum Nauk.-Techn., Instalacje basenowe. Ustroń 1997, str. 97-114.
4. Piechurski F.: Badania modelowe warunków przepływu w basenie sportowym. Mat. konf. IV Sympozjum Nauk.-Techn., Instalacje basenowe. Ustroń 2003, str. 21-37.
5. Saunus C.: Planug von Schwimmbadern, Dusseldorf 1998.
6. Sokołowski Cz.: Wymagania sanitarno – higieniczne dla krytych pływalni, MZiOS, Departament Zdrowia Publicznego, PZiITS, nr arch. 760. Warszawa 1998.
7. Sozański M.: Chemizm i technologia uzdatniania wody dla basenów kąpielowych. Mat. konf., Zaopatrzenie w wodę miast i wsi. Poznań 1994.
8. Taggesell M.: Instalacja do elektrolizy membranowej typu MZE firmy DINOTEC. Mat. konf. IV Sympozjum Nauk.-Techn., Instalacje basenowe. Ustroń 2003, str. 407-415.
9. Taggesell M.: Wyjaśnienia techniczne dotyczące systemu ozonowania częściowego strumienia wody. Mat. konf. III Sympozjum Nauk.-Techn., Instalacje basenowe. Ustroń 2001, str. 63-74.
10. Wyczarska-Kokot J., Piechurski F.: Wpływ systemu cyrkulacji wody na zmiany jej jakości w niecce basenowej. Mat. konf., XVII Krajowa, V Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna „Zaopatrzenie w wodę i jakość wód.” Poznań, Gdańsk 2002, s.199-210.
11. Wyczarska-Kokot J., Piechurski F.: Sprawność działania systemów dezynfekcji wody basenowej. Mat. konf. IV Sympozjum Nauk.-Techn., Instalacje basenowe. Ustroń 2003, str. 137-149.
12. Zamajski R.: Ultrafiolet w technice basenowej. Mat. konf. IV Sympozjum Nauk.-Techn., Instalacje basenowe. Ustroń 2003, str. 127-135.
13. Żuk P.: Dezynfekcja wody i ścieków. Rynek instalacyjny 11/2002, str. 58-61.