

Badania zastosowania różnych rozwiązań urządzeń do wspomaganie oczyszczania wody basenowej w krytych pływalniach

Research on the use of various pool water cleaning assist devices solutions in indoor swimming pools

FLORIAN PIECHURSKI

DOI 10.36119/15.2019.11.4

Przedstawione wyniki badań wody basenowej dla różnych metod jej oczyszczania wykazują, że zastosowanie wspomaganie tradycyjnych sposobów procesami ozonowania i naświetlania w reaktorach UV lub połączenie tych procesów w jednym urządzeniu pozwala na utrzymanie jakości wody zgodnej z obowiązującymi wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r.

Szczególnie istotne wydaje się utrzymanie poziomu chloru związanego w wodzie w niecce i instalacji cyrkulacyjnej poniżej $0,3 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$.

Słowa kluczowe: oczyszczanie wody basenowej, chlor związany, oczyszczanie wody basenowej, ozonowanie, naświetlanie w reaktorach UV, efekty

The results of pool water testing for various treatment methods show that the use of traction treatment support methods for ozonation or irradiation processes in UV reactors or a combination of these processes in one device allow maintaining water quality in accordance with the applicable RMZ dated November 9, 2015. It seems that maintained water quality is crucial, i.e. maintaining bound chlorine level below $0.3 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$.

Key words: pool water treatment, bounded chlorine, ozonation, irradiation processes in UV reactors, results

Wymagania dla wody w nieckach basenowych

Zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w pływalniach (Dz. U. 2.12.1015. poz. 2016, w wodzie w basenie należy prowadzić badania: pH, redox, chloru wolnego i związanego przy użyciu elektronicznych urządzeń pomiarowych w sposób ciągły. Dodatkowo należy prowadzić czterokrotnie badania przy pomocy fotometru chloru wolnego i chloru związanego raz w ciągu doby, które powinny być notowane w Dzienniku Nadzoru pracy urządzeń. Rozporządzenie wymaga prowadzenia dodatkowych badań kontrolnych i bakteriologicznych przez akredytowane laboratorium.

Systemy do prowadzenia ciągłego pomiaru powinny być wyposażone w urządzenia do pomiaru chloru wolnego, chloru związanego, pH, potencjału redox oraz temperatury wody.

Sposoby oczyszczania wody w nieckach basenowych

Wśród sposobów oczyszczania wody basenowej wg DIN 19643 i *Wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni* – MZiOS z 1998 r. wyróżnić można następujące układy technologiczne:

– wstępna filtracja + koagulacja + filtracja + korekta pH + chlorowanie.

Podstawowy zespół procesów oczyszczania wody basenowej, dla poprawy jakości wody, może być rozszerzony o dodatkowe procesy:

– wstępna filtracja + koagulacja + filtracja + adsorpcja + korekta pH + chlorowanie;

– wstępna filtracja + koagulacja + filtracja + **ozonowanie** + filtracja sorpcyjna + korekta pH + chlorowanie;

– wstępna filtracja + koagulacja + **ozonowanie** + filtracja na wielowarstwowym złożu + korekta pH + chlorowanie;

– wstępna filtracja + **ozonowanie** + koagulacja + filtracja sorpcyjna + korekta pH + chlorowanie;

– wstępna filtracja + koagulacja + filtracja + **ozonowanie części strumienia** + korekta pH + chlorowanie;

– wstępna filtracja + koagulacja + filtracja + **UV** + korekta pH + chlorowanie.

Dla ścisłości należałoby włączyć do w/w procesów jeszcze metodę rozcieńczenia – uzupełnianie wody basenowej wodą wodociągową. Dodatkowo należy również zaliczyć czyszczenie dna i ścian niecki basenu z osadów przy użyciu odkurzacza podwodnego.

Jako rozwiązanie innowacyjne, coraz częściej w kraju, są stosowane połączenia systemu ozonowania części strumienia z zastosowaniem reaktorów UV.

Problemy z chlorem w wodzie basenowej

Chlorowanie powoduje niszczenie patogenów i zapobiega wtórnemu skażeniu wody basenowej.

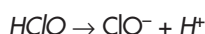
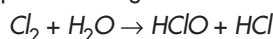
Woda poddana procesowi chlorowania może wchodzić w reakcje z jej składnikami tworząc:

dr inż. Florian Piechurski – Politechnika Śląska w Gliwicach. Adres do korespondencji: Florian.Piechurski@polsl.pl

- chlorki, wytworzone w trakcie reakcji z nieorganicznymi reduktorami, takimi jak: NO_2^- , S^{2-} , Fe^{2+} ,
- uboczne produkty chlorowania: chloroform, kwasy chloroorganiczne i wiele innych.

Chlor pozostający może występować w wodzie jako chlor wolny oraz związany. Bardzo ważne jest, aby określić zawartość zarówno chloru wolnego jak i związanego, ponieważ znacząco wpływają one na proces dezynfekcji i jego efekty. Na chlor wolny składają się: chlor cząsteczkowy, kwas podchloryny oraz jony chlorkowe. Natomiast chlor związany występuje pod postacią chloramin nieorganicznych i organicznych [2]. Zbyt duża zawartość chloru w wodzie może wpływać na podrażnienie skóry oraz możliwość wystąpienia osłabienia struktury włosów [3].

Chlor wprowadzony do wody ulega hydrolizie, skutkując powstaniem słabego kwasu podchlorynego i kwasu solnego.



Podczas dezynfekcji część chloru zostaje zużyta do niszczenia bakterii, część do utleniania związków organicznych, część pozostaje niezwiązana, a część tworzy chloraminy, łącząc się z azotem amonowym [4]. Są następujące reakcje chloru z azotem amonowym [1; 2]:

- powstawanie monochloraminy:

$$\text{NH}_4^+ + \text{HOCl} \leftrightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$$
- powstawanie di-chloraminy:

$$\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \leftrightarrow \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- powstawanie tri-chloraminy:

$$\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \leftrightarrow \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

W porównaniu do chloru chloraminy nieorganiczne jako środek dezynfekujący mają słabsze działanie. Dodatkowo są rozpuszczalne w wodzie. Do chloramin nieorganicznych zaliczamy: monochloraminy (NH_2Cl), di-chloraminy (NHCl_2) i tri-chloraminy (NCl_3). Związki te w dużym stopniu zależą od wartości pH, zasadowości, stosunku chloru do azotu, temperatury i czasu kontaktu chloru z azotem.

Najwięcej chloramin powstaje przy pH pomiędzy 7,5 a 9,0. Di-chloraminy i tri-chloraminy powstają przy wartości pH między 4,0 a 6,0. Dodatkowo produkcja chloramin maleje wraz z temperaturą oraz czasem kontaktu wody z środkiem dezynfekującym [2; 3].

Chloraminy organiczne powstają, gdy w wodzie basenowej występują organiczne związki azotu. Do chloramin organicznych należą między innymi: chloramina B

oraz chloramina T. Organiczne chloraminy są ważne dla odpowiedniej dezynfekcji patogenów podczas uzdatniania wody i zapobiegają ponownemu powstawaniu drobnoustrojów [5].

Uważa się, że chloraminy odgrywają główną rolę w wywoływaniu alergii, podrażnień oczu, dróg oddechowych, błony śluzowej nosa. Dodatkowo, głównie stosunek monochloraminy do di-chloraminy i stężenie tri-chloraminy wpływają na zapach i smak wody basenowej [3; 6].

Obecnie obowiązujące rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r. normalizuje zawartość chloru związanego (max 0,3 mg/dm³) w wodzie w niecce basenowej, w nieckach basenowych wyposażonych w urządzenia wytwarzające aerozol wodno – powietrzny oraz w nieckach basenowych udostępnianych do nauki pływania dla niemowląt i małych dzieci do lat 3. Wartość ta wymaga, aby do oczyszczania wody w obiegu zamkniętym zastosowano taką technologię, która w odpowiedni sposób ją oczyści i spowoduje, że chlor dodawany do wody nie będzie tworzył dużej zawartości chloramin, które są odpowiedzialne za: charakterystyczny nieprzyjemny zapach, podrażnienia błony śluzowej oczu i dróg oddechowych, zmiany skórne, zmiany genetyczne oraz w szczególnych przypadkach zmiany rakowe.

Technologia ozonowania wody

Nazwa OZON wywodzi się od greckiego słowa – „woniący”, co jest związane z jego zapachem. W roku 1840 Schonbein sztucznie wytworzył OZON w trakcie badań nad elektrolizą wody, a w roku 1857 Simens zbudował pierwszy przemysłowy generator ozonu. Przez wiele lat technologia ozonowania napotykała na duże trudności i nie była stosowana na skalę przemysłową. Było to związane przede wszystkim z technicznymi aspektami budowy urządzeń, jak i kosztem ich wytwarzania. Ozon ze względu na swoje właściwości jest jednym z najskuteczniejszych środków dezynfekcyjnych, który niszczy bakterie szybciej niż chlor i jego związki.

Ozon jest także doskonałym utleniaczem, który znacznie przyspiesza procesy utleniania oraz usuwa z wody barwę i zapach. Ozon łatwo reaguje z wieloma substancjami obecnymi w wodzie, które stanowią jej zanieczyszczenia. Jest przy tym nietrwały, co np. przejawia się w skłonności do samorozpadu po rozpuszczeniu w wodzie. Efekt ten obserwuje się w większym stopniu w środowisku alkalicznym. Chemizm ozonu w środowisku wodnym jest bardzo złożony, m.in. ze względu na

często towarzyszące reakcje wolnorodnikowe. Wszystkie produkty pośrednie, powstające w poszczególnych etapach rozpadu ozonu (HO_3^+ , OH^+ , HO_2^+ , O^- , O_3^- , O_2) są bardzo reaktywne, chociaż mają bardzo krótki czas półtrwania.

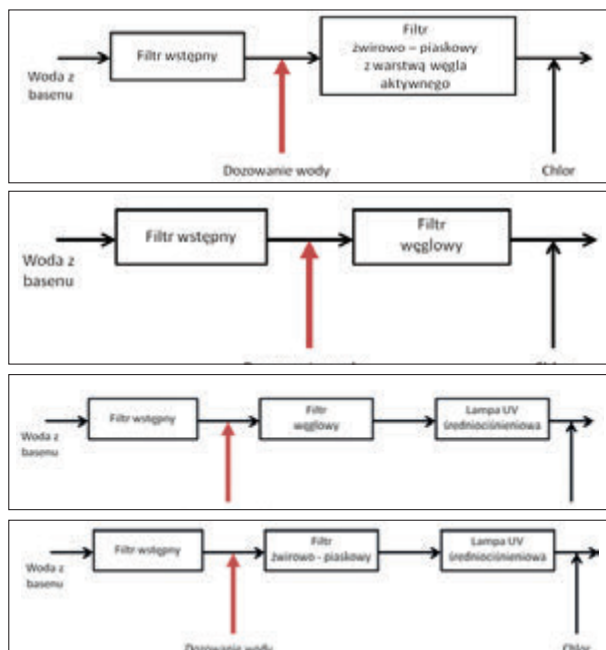
Techniczne rozwiązania ozonowania wody basenowej

Jako ozonowanie wody basenowej stosowane są systemy pełnego i częściowego ozonowania strumienia wody. W przypadku pełnego ozonowania wymagane jest stosowanie zbiornika reakcyjnego i filtracji na złożach z węglem aktywnym. Ze względu na duże koszty inwestycyjne i eksploatacyjne systemy pełnego ozonowania wody basenowej w warunkach krajowych stosowane są bardzo rzadko.

Od 2005 roku wdrożony został w kraju system ozonowania strumienia częściowego. System ten oparty jest na tym, że 10% strumienia wody oczyszczonej zostaje podany ozonowaniu w zbiorniku reakcyjnym. Ozonowana w ten sposób woda, zawierająca jeszcze 5% ozonu resztkowego po wypływie ze zbiornika reakcyjnego, odprowadzana jest do strumienia głównego i mieszana z nim. Te 5% ozonu skutecznie działa wspomagając proces utleniania w pozostałej części strumienia. Jednocześnie ta zawartość ozonu jest tak obliczona, że poprzez dalszą reakcję oraz wymieszanie zostaje zredukowana do zera i w basenie nie przekracza zawartości dopuszczalnej.

Zespół mobilny do wywarzania wody z ozonem resztkowym – może być stosowany w procesie technologicznym do dezynfekcji i zaawansowanego utleniania. System zostaje wpięty do głównego systemu uzdatniania, dzięki któremu występują sprzyjające warunki do mikroflukulacji oraz wytrącania się żelaza i manganu. Ułatwia to usuwanie organicznych zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego, takich jak: kosmetyki, aminokwasy, wydzieliny z ciał, włosy oraz nieorganicznych takich, jak mocznik i amoniak.

Urządzenie charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami, które umożliwiają wprowadzenie go praktycznie do każdego podbasenia w rejon istniejących instalacji oczyszczania wody. Dzięki temu, że jest wyposażone we wszystkie elementy niezbędne do prowadzenia procesów ozonowania, zarówno techniczne, diagnostyczne jak i bezpieczeństwa, montaż do głównego strumienia uzdatnianej wody, wyposażonego w filtry węglowe jest bardzo łatwy i nie wymaga specjalistycznego serwisu. Dla basenów wyposażonych w filtry zwirowopiaskowe, należy wymienić górną warstwę



Rys. 1. Schematy układu technologicznego uzdatniania wody basenowej z dozowaniem wody wysokoozonowanej
Fig. 1. Diagrams of pool water treatment technological system with highly ozonated water dosing

piasku na warstwę węgla aktywnego. Schematy na rysunku 1 przedstawiają możliwości zainstalowania urządzenia.

Dla basenów, w których nie ma możliwości zastosowania filtrów węglowych lub należy zwiększyć bezpieczeństwo stosowania technologii ozonowania z jednoczesnym obniżeniem zawartości chloru związanego w niecce, dodatkowym elementem będzie zastosowanie lampy UV pracującej w technologii średniociśnieniowej. Takie urządzenie służy do usuwania ozonu resztkowego z wody po procesie utleniania i dezynfekcji (zawartość max 0,05 ppm O_3) oraz dodatkowo dezynfekuje wodę, jeżeli jej mętność nie jest większa niż 1 NTU.

System ozonowania opcjonalnie jest wyposażony w lampę UV pracującą w technologii średniociśnieniowej, sterowaną z panelu urządzenia. Zastosowanie urządzenia w głównym systemie uzdatniania poprawi czystość całego basenu łącznie z usunięciem filmów biologicznych ze ścian rur i samej niecki. W tym celu, należy po zamknięciu basenu dla użytkowników, włączyć system z ominięciem filtrów węglowych oraz wyłączyć lampę UV i na zmniejszonej podwójnie wydajności cyrkulacji dozować wysokoazozonowaną wodę do układu. Spowoduje to wzrost ozonu resztkowego w całej instalacji, dzięki któremu zostaną usunięte zanieczyszczenia i bakterie.

Aby z powrotem usunąć ozon resztkowy z układu wystarczy ponownie pompować wodę przez filtr węglowy i włączyć lampę UV. Zmiana dezynfektanta w niecce, ułatwia jej utrzymanie w czystości, gdyż bakterie i drobnoustroje są bardzo wrażliwe na zmiany środka dezynfekcyjnego.

Dodatkowo, można w trakcie płukania filtrów wprowadzić środek dezynfekcyjny

od dołu filtra, który zapobiega gromadzeniu się ładunku mikroorganizmów w złożach filtracyjnych. Ostatnim elementem jest dopuszczanie wody uzupełniającej przez urządzenie, dzięki czemu mamy pewność, że nie zostaną wprowadzone żadne zewnętrzne zanieczyszczenia do układu technologicznego.

Urządzenie UVAZONE zostało zaprojektowane jako zaawansowany system uzdatniania wody w basenach publicznych. W celu maksymalizacji skuteczności dezynfekcji oraz usuwania chloramin, w kompakcie dodano ozonowanie i naświetlanie promieniowaniem UV. UVAZONE przyczynia się również do poprawienia skuteczności koagulacji, dzięki czemu woda basenowa osiąga bardzo wysoki stopień przejrzystości i klarowności. Ozon wytwarzany jest poprzez przeprowadzenie powietrza przez ceramiczny dielektryczny moduł z elektrodą wykonaną ze stali nierdzewnej.

Chlor służący do dezynfekcji wody basenowej jest efektywny w neutralizacji większości bakterii, jednakże w przypadku wirusów, cyst i ameb reaguje bardzo wolno. Zastosowanie UVAZONE pozwala wyeliminować z wody basenowej wszystkie mikroorganizmy. Rodniki grupy wodorotlenowej wytwarzane w zaawansowanej reakcji utleniania, efektywnie niszczą materię organiczną (również chloraminy) bez ryzyka powstawania produktów ubocznych.

Z przedstawionych możliwości wykorzystania ozonu do oczyszczania wody basenowej widać, że zarówno zagraniczne jak i krajowe innowacyjne rozwiązania pozwalają na wykorzystanie ozonu w różnych wariantach.

Analiza efektów dezynfekcji wody z badanych niecek basenowych

Analizy dokonano na podstawie wyników badań własnych i otrzymanych z akredytowanych laboratoriów prowadzących badania jakości wody basenowej z siedmiu niecek basenów w różnych krytych pływalniach z zastosowaniem różnych technologii wspomagania oczyszczania wody basenowej.

Badania nr 1 z roku 2011

Badana była woda z basenów pływakich 25x12,5, B1 to basen z tradycyjnym sposobem oczyszczania wody, B2 i B3 to baseny ze wspomaganie przy użyciu systemu ozonowania części strumienia wody (fot. 1), B4 z reaktorem niskociśnieniowym UV (fot2).

Dla 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



Fot. 1. Instalacja systemu ozonowania części strumienia
Pic. 1. Installation for ozonation of stream part



Fot. 2. Instalacja reaktora UV systemu niskociśnieniowego
Pic. 2. UV reactor installation of low pressure system

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.

Rys. 2. Średnie wartości chloru wolnego w badanych basenach
Fig. 2. Average values of free chlorine in examined pools

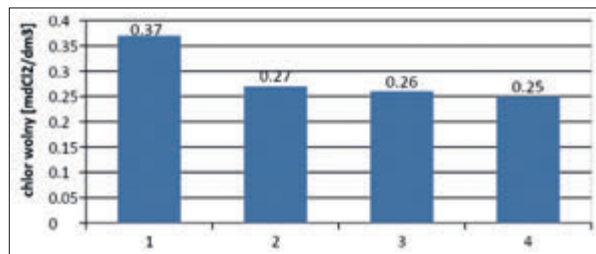


Tabela 1. Średnie wartości wyników analiz fizyczno-chemicznych wody z badanych basenach
Table 1. The average values of physical and chemical analyzes results of water from the examined pools

L.p.	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/dm³ Pt	1	5	3	1	0,5 (dla f=436nm), 15*
5	mętność	mg/dm³ SiO ₂	4	1	1	1	0,5 (NTU), 1*
6	N-NO ₂	mg/dm³	0,021	0,025	0,037	0,026	0,5*
7	N-NO ₃	mg/dm³	3,51	3,56	2,72	4,34	20**, 50*
8	N-NH ₄	mg/dm³	0,018	0,026	0,010	0,032	0,1; 0,5*
9	utlenialność	mg/dm³ O ₂	2,45	3,18	2,89	4,46	0,75 **, 5,0*
10	tlen rozp.	mg/dm³	7,5	8,1	8,2	8,1	-
11	chlor wolny	mg/dm³	0,37	0,27	0,26	0,25	0,3-0,6 i 0,2-0,5***
12	chlor związany	mg/dm³	0,30	0,26	0,21	0,20	0,2 i 0,1***
13	chlor całkowity	mg/dm³	0,67	0,55	0,45	0,45	-
14	chlorki (Cl ⁻)	mg/dm³	240	264	40	65	250*
15	twardość og.	mg/dm³ CaCO ₃	487	196	47	46	60-500*
16	glin ogólny (Al ³⁺)	mg/dm³	0,05	0,08	0,02	0,00	0,10; 0,2*
17	ozon	mg/dm³	-	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.							

Wartości średnie wyników analiz fizyczno-chemicznych przedstawia tab. 1. Woda w nieckach basenowych w każdym analizowanym obiekcie 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.

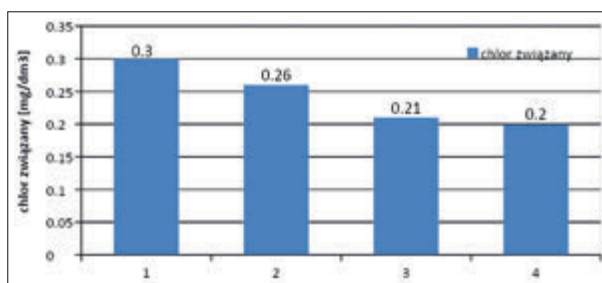
Stężenia chloru wolnego we wszystkich badanych obiektach basenowych odpowiadały wymaganiom normatywnym. W basenach B2 i B3, ze względu na prowadzenie procesów ozonowania częściowego strumienia wody oraz w basenie 4, ze względu na proces naświetlania lampami UV, wspomagający końcową dezynfekcję podchlorynem sodu, obniżono minimalną wymaganą wartość chloru wolnego do poziomu 0,2 mg Cl₂/dm³. Średnie wartości Cl₂ wolnego dla poszczegól-

nych 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.

Zawartość chloru związanego nie budzi zastrzeżeń jedynie w obiektach B3 i B4. Dla basenu B1 zawartość chloramin w każdej badanej próbce przekraczała wartość normatywną i mieściła się w granicach od 0,22 ÷ 0,37 mg/dm³. Dla basenu B2, pomimo prowadzenia procesu ozonowania, zawartość chloru związane-

Rys.3. Średnie zawartości chloru związanego w badanych basenach
Fig. 3. Average values of bound chlorine in examined pools



go w badanych próbach wahała się w dość szerokich granicach od 0,14 ÷ 0,44 mg/dm³. Dla basenu B3 średnia zawartość chloru związanego (0,21 mg/dm³) nieznacznie przekraczała wartość normatywną i można uznać, że prowadzenie procesu ozonowania części strumienia wody przyczyniło się do poprawy jakości wody basenowej i w znacznym stopniu poprawiło komfort jej użytkowników zwłaszcza, że obciążenie kąpiącymi się w tym obiekcie basenowym było największe i wynosiło 7,8 m²/osobę. Dla basenu 4, gdzie proces dezynfekcji wspomagany jest lampami UV średnia zawartość chloru związanego nie budziła zastrzeżeń. W całym cyklu badań zawartość chloru związanego 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.

Przyjmując basen B1 o podstawowym i obecnie jeszcze najpowszechniej stosowanym systemie uzdatniania i dezynfekcji wody basenowej w naszym kraju za obiekt porównawczy, można określić przybliżony stopień redukcji chloru związanego w pozostałych nieckach basenowych.

I tak basen 2 w porównaniu z basenem 1 wykazywał średnio 13% redukcję chloru związanego, basen 3 – 30%, a basen 4 – 33%. Średnie zawartości chloru związanego w badanych nieckach basenowych przedstawia rys.3.

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 B2 i B3 oraz naświetlania promieniami UV w basenie B4 pozwoliło na obniżenie zawartości chloramin i wpłynęło na podwyższenie

jakości wody basenowej i komfortu osób kąpiących się.

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 mg/dm³ przy jednoczesnym zachowaniu jej czystości mikrobiologicznej.

Badania nr 2 z roku 2017

Badania nr 2 dotyczą krytej pływalni z 3 nieckami basenowymi i 2 wannami SPA. W trakcie analizy działań związanych z próbami obniżenia głównego problemu czyli podwyższonej zawartości chloru związanego, która pojawia się w badaniach kontrolnych wody z dnia 24.01.2017 r. w basenie rekreacyjnym (obiekt B5) i basenie dla dzieci. Kolejne badania kontrolne wskazują na zwiększone występowanie liczby mikroorganizmów, a następnie wykazały wystąpienie zanieczyszczenia bakteriologicznego w wodzie z tych niecek, co spowodowało wyłączenie z eksploatacji basenów rekreacyjnego (B5) i dla dzieci.

Wprowadzono radykalne działania naprawcze przez zastosowanie urządzenia mobilnego systemu dezynfekcji ozonem (fot.3).



Fot.3. Mobilny system dezynfekcji wodą wysokoazotanową w podbaseniu
Pic.3. Mobile disinfection system with highly ozonated water under the pool

W pierwszej kolejności wykonano czyszczenie za pomocą lancy natryskowej z bezmgłową mieszanką wody z ozonem resztkowym rynien przelewowych wraz z rurami odpływowymi we wszystkich nieckach. W trakcie tych prac prowadzone były badania zawartości ozonu oraz chloru wolnego i związanego w wodzie poszczególnych niecek. Płukanie prowadzone było w godzinach nocnych.

Przeprowadzone badania wody przez laboratorium w dniu 22.05 wykazały brak mikroorganizmów i bakterii oraz znaczące obniżenie zawartości chloru związanego w wodzie z poszczególnych niecek:

- basen sportowy 0,08 mg Cl₂/dm³
- basen rekreacyjny 0,12 mg Cl₂/dm³
- wanna SPA1 0,12 mg Cl₂/dm³

- wanna SPA2 0,10 mg Cl₂/dm³
- brodzik B5 0,09 mg Cl₂/dm³

W drugiej kolejności działań naprawczych wykonano próbę włączenia instalacji wody z ozonem resztkowym do instalacji oczyszczania wody basenowej. Jednak próby nie udały się ze względu na brak możliwości wykorzystania w pełni tego urządzenia – brak przygotowania instalacji oczyszczania wody do włączenia instalacji ozonowania.

Działania te pozwoliły na obniżenie zawartości ogólnej liczby mikroorganizmów i bakterii typu *Pseudomonas aeruginosa*, ale nie udało się ich jeszcze zlikwidować (badania z 26 i 31.05 2017 r.) przy bardzo znaczącym obniżeniu zawartości chloru związanego.

W trzeciej kolejności wykonano czyszczenie ścian zbiorników i instalacji traktacji przy użyciu dyszy bezmgłowej mieszanką wody z ozonem resztkowym. Te działania pozwoliły na likwidację bakterii typu *Pseudomonas aeruginosa*, zarówno w wodzie z niecek jak i instalacji cyrkulacji poszczególnych basenów.

Analizując okres od stycznia do lutego, można zauważyć wzrost wszystkich parametrów w czasie, zarówno w niecce basenu, jak i w systemie cyrkulacji. W czerwcu przedstawiono wyniki po zastosowaniu systemu mobilnego ozonowania (tab.2).

Zawartość chloru związanego została przekroczona w styczniu i w lutym, natomiast po procesie ozonowania zawartość ta spadła ośmiokrotnie, dzięki czemu spełniała dopuszczalne wartości 0,3 Cl₂ mg/dm³. Podjęte działania z użyciem mobilnego ozonatora przyniosły poprawę jakości wody, ale było to bardzo trudne ze względu na brak możliwości wykorzystania w pełni tego urządzenia – brak przygotowania instalacji oczyszczania wody do włączenia instalacji ozonowania.

Badania nr 3 z roku 2017

W tabeli 4. przedstawiono skrócone zestawienie wyników badań przeprowadzonych w wodzie basenowej w basenie do nauki pływania B6, w którym w obiegu technologicznym zastosowano UVAZONE oraz w basenie do pływania bez tego urządzenia. W październiku urządzenie UVAZONE (fot.4) ze względu na barak prac serwisowych zostało automatycznie wyłączone.

Wyniki badań wody w niecce i instalacji cyrkulacji małego basenu B6 od dnia 24.10 wykazują ciągłe zmienne przekroczenia zawartości chloru związanego od 0,38 do 0,48 mgCl₂/dm³.

W instalacji wody basenu dużego obserwuje się zmienne zawartości chloru związanego od 0,22 do 0,41 mgCl₂/dm³ w wodzie z niecki basenu, średnia wartość to 0,30 mgCl₂/dm³.

Wyniki badań z monitoringu własnego wody w niecce i instalacji cyrkulacji z małego basenu B6 od 18.10 czyli po wyłączeniu urządzenia UVAZONE wykazały ciągłe

Tabela 2. Zestawienie parametrów styczeń, luty, czerwiec w basenie rekreacyjnym B5
Table 2. Parameters composition January, February, June in relaxation pool B5

	Jednostka	2017			
		Styczeń	Luty	Czerwiec	
	pH	-	6,82	6,86	6,90
	Chlor wolny	mg/dm ³	0,43	0,46	0,71
	Chlor związany	mg/ dm ³	0,50	0,58	0,07
Cyrkulacja	pH	-	6,79	6,79	6,60
	Potencjał redox	mV	748	780	720
	Chlor wolny	mg/ dm ³	0,48	0,53	0,52
	Chlor związany	mg/dm ³	0,57	0,58	0,13

Tabela 3. Zbiorcze zestawienie wyników badań chloru wolnego i związanego w badanej wodzie (B6)
Table 3. Summary of test results for free and combined chlorine in the tested water (B6)

Data badań	Woda badana	Basen mały Niecka B6	Cyrkulacja mały basen B6	Basen duży niecka	Cyrkulacja duży basen
15.08.2017	Cl ₂ wolny [mgCl ₂ /dm ³]	0,55		0,63	0,45
	Cl ₂ związany [mgCl ₂ /dm ³]	0,21		0,38	0,41
26.09.2017	Cl ₂ wolny [mgCl ₂ /dm ³]	0,54	0,50	0,52	
	Cl ₂ związany [mgCl ₂ /dm ³]	0,22	0,24	0,26	
10.10.2017	Cl ₂ wolny [mgCl ₂ /dm ³]	0,45	0,61	0,64	0,42
	Cl ₂ związany [mgCl ₂ /dm ³]	0,23	0,24	0,30	0,37
24.10.2017	Cl ₂ wolny [mgCl ₂ /dm ³]	0,32		0,64	
	Cl ₂ związany [mgCl ₂ /dm ³]	0,38		0,29	
7.11.2017	Cl ₂ wolny [mgCl ₂ /dm ³]	0,38	0,91	0,61	0,91
	Cl ₂ związany [mgCl ₂ /dm ³]	0,47	0,47	0,22	0,35
23.11.2017	Cl ₂ wolny [mgCl ₂ /dm ³]	0,59		0,81	
	Cl ₂ związany [mgCl ₂ /dm ³]	0,48		0,33	

Tabela 4. Zbiornicze zestawienie wyników badań chloru wolnego i związanego, potencjału redox i utlenialności w badanej wodzie (B7)

Tabela 4. Summary of free and bound chlorine test results Redox potential and oxidation in tested water (B7)

Data badania	Cl ₂ wolny [mgCl ₂ /dm ³]	Cl ₂ związany [mgCl ₂ /dm ³]	Redox mV	Utlenialność mg/dm ³ O ₂
18.12. 2018	0,73	0,11	805	1,17
8.01. 2019	0,75	0,21	824	0,77
21.01.2019	0,79	0,19	754	1,18
cyrkulacja	0,72	0,11	946	1,12
31.01.2019	0,73	0,19	949	0,98
12.02.2019	0,75	0,07	830	0,74
25.02.2019	0,79	0,15	814	<0,50
cyrkulacja	0,80	0,11	818	1,41
11.03.2019	0,72	0,21	811	<0,50
cyrkulacja	0,76	0,12		0,54
25.03.2019	0,72	0,14	820	1,34
cyrkulacja	0,76	0,12	818	1,41
8.04.2019	0,73	0,19	816	0,57
24.04.2019	0,72	0,17	832	<0,50
cyrkulacja	0,74	0,11	831	<0,50
7.05.2019	0,75	0,16	807	0,91
cyrkulacja	0,74	0,11		<0,50
22.05.2019	0,73	0,18	822	0,55
cyrkulacja	0,78	0,12		<0,50
11.06.2019	0,73	0,18	821	<0,50
24.06.2019	0,73	0,18	822	0,55
cyrkulacja	0,77	0,10		<0,50



Fot. 4. Urządzenie UVAZONE w instalacji wody w małym basenie
Pic. 4. UVAZONE device in small pool water installation



Fot. 5. Urządzenie UVAZONE w instalacji wody basenu w Przedszkolu B7
Pic. 5 UVAZONE device in pool water installation in Kindergarten B7

przekroczenia zawartości chloru związanego co w zasadzie dyskwalifikuje ją jako wodę w publicznym basenie zgodnie rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 9.11.2015 r.

Badania nr 4 z roku 2019

W tabeli 4 przedstawiono skrócone zestawienie wyników badań przeprowadzonych w wodzie basenowej wykonanych w Przedszkolu – basen B7, w którym w obiegu technologicznym oczyszczania wody zastosowano UVAZONE w instalacji oczyszczania wody basenu dla dzieci (fot.5).

Przedstawione wyniki wskazują na to, że woda w pełni odpowiada wymaganiom dotyczącym zawartości chloru związanego na poziomie poniżej 0,20 mgCl₂/dm³. O bardzo dobrej pracy instalacji oczyszczania wody basenowej świadczy również bardzo niska utlenialność wody.

0,2 mg Cl₂/dm³, co zostało wykazane w badaniach nr 3 i nr 4.

4. Wyłączenie z pracy urządzenia typu UVAZONE prowadzi do wyraźnego i szybkiego pogorszenia jakości wody w stosunku do uzyskiwanych bardzo dobrych wyników w trakcie jego normalnej eksploatacji co potwierdziły badania nr 3.
5. Wyniki badań nr 4 instalacji z zabudowanym urządzeniem UVAZONE i pracującym normalnie pozwalają na wydanie bardzo pozytywnej opinii dla utrzymania jakości wody pod względem dopuszczalnych wartości chloru związanego na poziomie poniżej 0,2 mg Cl₂/dm³.
6. Przedstawione wyniki badań wody basenowej dla różnych rozwiązań sposobów jej oczyszczania wykazują, że zastosowanie wspomagania tradycyjnych sposobów oczyszczania procesami ozonowania w różnych wariantach lub naświetlania w reaktorach UV, albo połączenie tych procesów w jednym urządzeniu pozwalają na utrzymanie jakości wody zgodnej z obowiązującym rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r.

LITERATURA

- [1] Hermanowicz W. Fizyko – chemiczne badanie wody i ścieków. Warszawa Arkady, 1999.
- [2] Kowal A. L. i Świdarska – Bróz M. Oczyszczanie wody. Warszawa – Wrocław PWN, 1996.
- [3] Florentin, Arnaud, Hautemaničre, Alexis i Hartemann, Philippe. Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2011, 214.
- [4] Hermanowicz W. Chemia sanitarna. Warszawa Arkady, 1984.
- [5] Lee W. Wasterhoff P. Formation of organic chloramines during water disinfection – chlorination versus chloramination. *Wate Research*. 43, 2009.
- [6] Gary L. Amy, Paul A. Chadik and Zaid K. Chowdhury. Developing models for predicting trihalomethane formation potential and kinetics. *American Water Works Association*. 7/79, 1987.
- [7] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2015, poz. 1989).
- [8] A Hendrix Genetics Company. Potencjał Oksydacyjny – Redukcyjny (Redox) – Nowe narzędzie do oceny.
- [9] Wyczarska-Kokot, J. Mikrobiologiczne wskaźniki jakości wody w pływalniach. *Rynek Instalacyjny*. 9/2010.
- [10] Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach. (Dz. U. 2.12.1015. poz. 2016)
- [11] Materiały z konferencji organizowanej przez Instytut Inżynierii Wody Ścieków Politechniki Śląskiej w Gliwicach Instalacje Basenowe: I – 1997, II – 1999, III – 2001, IV – 2003, V – 2005, VI – 2007, VII-2009, VIII – 2011, IX – 2013, X-201, XI-2017.

Podsumowanie

1. Utrzymanie jakości wody w nieckach basenów zgodnej z wymaganiami rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w pływalniach staje się w wielu krytych pływalniach bardzo trudne.
2. Wielkość obciążenia lustra wody kąpielowymi oraz rozwiązanie technologii oczyszczania i cyrkulacji wody w zdecydowany sposób wpływa na zmianę jakości wody w niecce basenowej.
3. Szczególnie istotne wydaje się zachowanie jakości wody dla basenów do nauki pływania – utrzymanie chloru związanego na poziomie poniżej