

**Joanna WYCZARSKA-KOKOT,
Florian G. PIECHURSKI**

*Politechnika Śląska
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków
Gliwice*

PRZYCZYNY MODERNIZACJI TECHNOLOGICZNYCH UKŁADÓW OCZYSZCZANIA WODY BASENOWEJ

THE REASONS FOR MODERNIZING WATER TREATMENT TECHNOLOGY SYSTEMS IN SWIMMING POOLS

The main reason for modernizing water treatment technology systems in swimming pools are the high standards of water quality and necessity to guarantee the highest sanitary standards for swimmers. The modernizing water treatment technology systems is based on filtration system replacement, automatic chemicals dosage application system and modern disinfection methods e.g. ozonization and UV radiation systems. On the basis of comparative analysis (physical, chemical and bacteriological) of water quality from two selected swimming pools, the paper showed the possibilities to improve efficiency of classic water treatment system e.g. joining the modern methods into technological system for final disinfection.

1. Wprowadzenie

W 2004 roku Ministerstwo Edukacji Narodowej i Sportu rozpoczęło tworzenie „Programu Rozwoju Bazy Sportowej” w ramach, którego istnieje możliwość dofinansowania modernizacji i remontów istniejącej bazy sportowo-rekreacyjnej oraz budowy i rozbudowy ośrodków sportu i rekreacji o zasięgu gminnym, powiatowym i wojewódzkim. Działania modernizacyjne i remontowe głównie kierowane są na poprawę warunków sanitarnych dla osób uczestniczących w zajęciach sportowych oraz dostosowanie obiektów do międzynarodowych wymogów w tym zakresie.

Zgodnie z wymogami „Programu Rozwoju Bazy Sportowej” na 50 000 mieszkańców powinna przypadać 1 kryta pływalnia, tak więc do 2015 roku w Polsce powinno być ok. 760 krytych pływalni działających zgodnie z przepisami [10].

We wszystkich państwach Europy zachodniej istnieją przepisy regulujące wymagania sanitarne dla pływalni publicznych, zwłaszcza wielkość wskaźników fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych wody. Niemiecka norma DIN 19643 i normy pochodne podają nie tylko

parametry jakościowe wody lecz w sposób szczegółowy określają rozwiązania techniczne dla basenów publicznych, dla urządzeń basenowych i sposobów oczyszczania wody [2].

Polskim przepisem prawnym formułującym wymagania jakościowe, jakim powinna odpowiadać woda w basenach jest ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków, w której stwierdza się, że jakość wody na potrzeby basenów kąpielowych i pływalni powinna odpowiadać jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [5, 9]. W 1998 roku na podstawie normy DIN 19643 zostały opracowane wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni, a w 2004 roku powstał projekt rozporządzenia w tej sprawie [6].

W Polsce istnieje wiele basenów, które nie spełniają wymagań wyżej wymienionych unormowań i które wymagają modernizacji – szczególnie systemów oczyszczania wody.

Przestrzeganie rygorystycznych norm i wytycznych z zakresu wymagań jakościowych dla wody basenowej wymusza na projektantach i inwestorach obiektów basenowych stosowanie nowoczesnych technik uzdatniania wody, zapewniających wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń fizyczno-chemicznych i mikrobiologicznych oraz optymalizację warunków hydraulicznych w niecce basenowej.

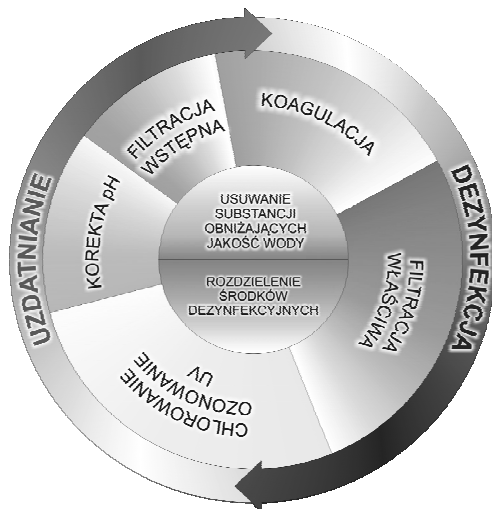
Tradycyjna technologia oczyszczania i dezynfekcja wody basenowej polegająca jedynie na dawkowaniu podchlorynu sodu stała się niewystarczająca. Aby zachować odpowiednią jakość wody w basenie właściciel obiektu ma do wyboru wprowadzenie częstszych wymian wody, co znacznie zwiększa koszty eksploatacji basenu lub zainstalowanie wysokosprawnych systemów jej oczyszczania i dezynfekcji.

W większości obiektów basenowych oddanych do użytku w okresie ostatnich 10 lat zainstalowane wysokosprawne systemy oczyszczania i dezynfekcji wody gwarantują użytkownikom komfort kąpieli i zabezpieczenie przed skażeniem bakteriologicznym, związkami mogącymi powodować alergie, podrażnienie błon śluzowych lub mającymi właściwości nowotworowe. W obiektach starszych często jakość wody znacznie odbiega od wytycznych, a jedyną możliwością zmiany takiej sytuacji jest modernizacja układu oczyszczania wody basenowej.

2. Kierunki działań modernizacyjnych w systemach oczyszczania wody basenowej

W nowoczesnych systemach oczyszczania wód basenowych wykorzystuje się procesy prowadzone w zamkniętym obiegu wody basenowej z wykorzystaniem czynnego przelewu, który zapewnia właściwą cyrkulację wody w basenie oraz oszczędną gospodarkę wodną. Funkcjonalny schemat procesu uzdatniania wody basenowej przedstawia rys. 1.

Klasyczna metoda oczyszczania i dezynfekcji wody basenowej stosowana w wielu istniejących obiektach basenowych nie pozwala na usuwanie związków chemicznych będących produktami reakcji chloru z zanieczyszczeniami organicznymi wprowadzanymi do wody przez kąpiących się i często mającymi niekorzystny wpływ na ich zdrowie. Aby zachować odpowiednią jakość wody w basenach, zwłaszcza publicznych o dużym obciążeniu kąpiącymi się, proponuje się rezygnację z klasycznych układów technologicznych oczyszczania wody basenowej na rzecz układów z wysokoefektywną filtracją i dezynfekcją końcową związkiem chloru wspomaganą działaniem ozonu lub naświetlaniem promieniami UV [12, 13, 14].



Rys. 1. Schemat funkcjonalny procesu uzdatniania wody basenowej

Fig. 1. The functional scheme of water treatment process in swimming pools

Popularnością cieszą się systemy dezynfekcji wody basenowej obejmujące proces ozonowania i działania promieniami UV. Włączenie tych procesów w układ technologiczny oczyszczania wody basenowej pozwala na stosowanie mniejszych dawek chloru w końcowym etapie jej dezynfekcji. To z kolei umożliwia eliminację związków chloroazotowych, powodujących alergie, podrażnienia górnych dróg oddechowych oraz układu pokarmowego, posiadających właściwości mutagenne i odpowiedzialnych za typowy, nieprzyjemny zapach wody basenowej [7, 11].

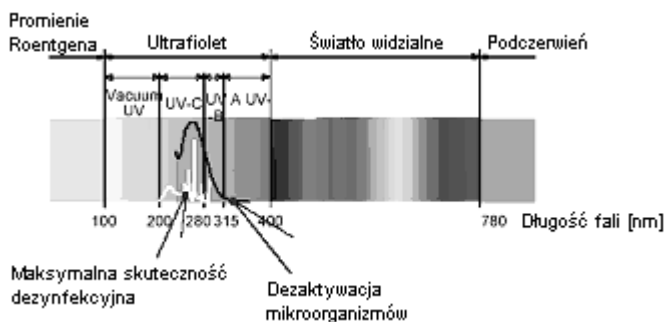
Nowoczesne technologie oczyszczania wody, dobór właściwych preparatów chemicznych, wysoka efektywność filtrowania i końcowa dezynfekcja chlorem oraz umiejętność dostosowywania układów oczyszczania wody basenowej do warunków eksploatacji danego basenu, tzn. frekwencji i jakości wody uzupełniającej, gwarantują uzyskanie wody kąpielowej o jakości wody przeznaczonej do spożycia i zapewniającej osobom kąpiącym się komfort i bezpieczeństwo pod względem zdrowotnym [13].

Ze względu na prowadzony charakter badań w referacie przedstawiono jedynie charakterystykę metody naświetlania wody promieniami UV oraz ozonowania części strumienia basenowej wody obiegowej.

2.1. Dezynfekcja ultrafioletem (UV)

Światło ultrafioletowe jest niewidzialnym promieniowaniem elektromagnetycznym o długości fali $100 \div 400$ nm. Zakres UV-C od 200 do 280 nm realizuje bakteriobójcze oddziaływanie światła UV na drobnoustroje (rys. 2). Maksymalną skuteczność dezynfekcyjną posiada fala o długości 265 nm. Działanie bakteriobójcze polega na absorbowaniu światła UV-C przez strukturę DNA komórek drobnoustrojów. Stosując odpowiednio

dobrany czas promieniowania i natężenie światła UV, można całkowicie zniszczyć bakterie i inne drobnoustroje [1, 15].



Rys. 2. Zakres największej skuteczności dezaktywacji DNA bakterii i wirusów [1]

Fig. 2. The most effectiveness range of DNA deactivation for bacteria and viruses [1]

Źródłem bakterioobójczego światła UV są specjalne lampy emitujące ultrafiolet. W zależności od ciśnienia par gazów wewnątrz lampy i koncentracji mocy rozróżnia się lampy: niskociśnieniowe, średniociśnieniowe oraz multifalowe.

Dezynfekcja UV polega na naświetlaniu wody przepływającej przez cylindry, w których umieszczone są lampy emitujące promieniowanie ultrafioletowe o odpowiedniej mocy.

Metoda naświetlania wody promieniami UV podobnie jak metoda ozonowania nie zabezpiecza wody przed wtórnym skażeniem i musi być powiązana z końcową dezynfekcją związkami chloru, zapewniając stężenie chloru czynnego na poziomie $0,3 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ w niecce basenowej.

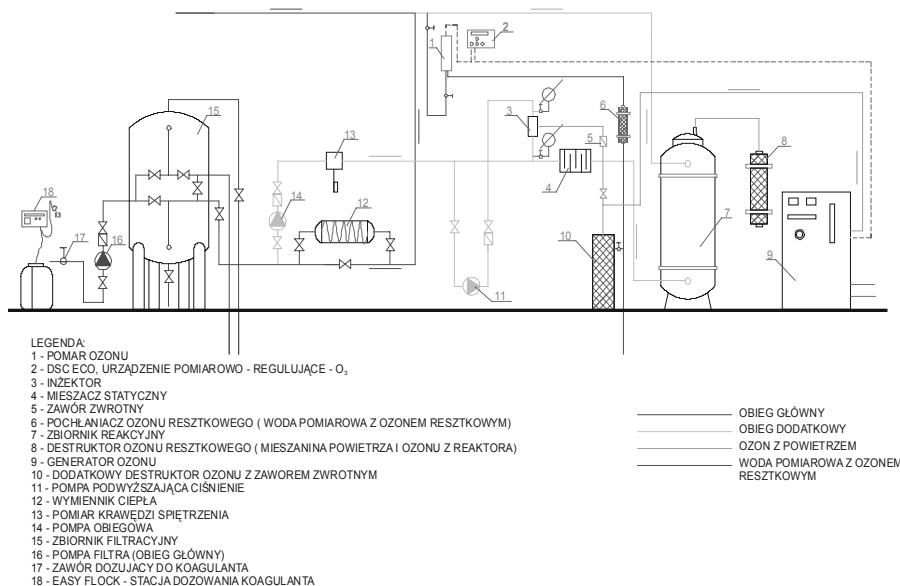
Do zasadniczych zalet tej metody można zaliczyć: skuteczne niszczenie bakterii chorobotwórczych, wirusów, glonów, grzybów i pleśni oraz zmniejszenie ilości chloru dodawanego do końcowej dezynfekcji wody basenowej, dzięki czemu powstaje mniejsza ilość chloramin [11].

2.2. Ozonowanie części strumienia wody

Prawie całkowity rozkład zanieczyszczeń organicznych, na skutek dużej zdolności utleniania ozonu, sprzyjanie usuwaniu substancji antropogennych, duża efektywność usuwania barwy, mętności i zapachu, znaczne zmniejszenie powstawania alergogennych chloramin i trichlorometanów oraz zmniejszenie dawki chloru stosowanego do dezynfekcji to niewątpliwe zalety procesu ozonowania. Ze względu jednak na wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne procesu ozonowania projektanci i inwestorzy ciągle poszukują nowych rozwiązań, pozwalających zachować większość zalet metody ozonowania przy jednoczesnym obniżeniu kosztów jej instalacji i eksploatacji.

Jednym z takich rozwiązań jest system ozonowania części strumienia wody – metodą optoZON (rys. 3). W trakcie procesu 10% strumienia wody obiegowej zostaje poddane ozonowaniu w zbiorniku reakcyjnym. Ozonowana w ten sposób woda, zawierająca jeszcze 5% ozonu resztkowego, po wyjściu ze zbiornika reakcyjnego, odprowadzana jest do stru-

mienia głównego i mieszana z nim. Znajdujące się w wodzie 5% ozonu skutecznie działa, wspomagając proces utleniania w pozostałej części strumienia i jednocześnie jest tak obliczone, że poprzez dalszą reakcję oraz wymieszanie zostaje zredukowane do zera.



Rys. 3. System oczyszczania wody basenowej: koagulacja, filtracja, ozonowanie części strumienia wody (metoda optoZON) i chlorowanie

Fig. 3. The system of water treatment in swimming pool: coagulation, filtration, ozonization of part water stream (optoZON method) and chlorination

Ozonowanie części strumienia wody posiada następujące zalety: dużo mniejsze koszty inwestycyjne niż przy stosowaniu ozonowania pełnego (ozonujemy tylko 10% objętości głównego strumienia wody obiegowej), niższe koszty eksploatacyjne, mniejsze powierzchnie zajmowane przez urządzenia, brak potrzeby stosowania węgla aktywnego (nie ma nadprodukcji ozonu) oraz spadek zużycia chloru do chlorowania konserwującego o ok. 30 % w porównaniu do klasycznych metod uzdatniania wody basenowej [8, 11, 14].

3. Charakterystyka badanych basenów

Na podstawie analiz porównawczych jakości wody z dwóch wybranych basenów w referacie wykazano możliwości poprawy jakości wody basenowej przy zastosowaniu działań modernizacyjnych systemów jej oczyszczania.

Objektami badań były dwa baseny kryte, sportowo-rekreacyjne, dla których charakterystykę, parametry eksploatacyjne i stosowane metody oczyszczania wody w obiegu basenowym podano w tabeli 1.

W analizowanym basenie A proces dezynfekcji wody podchlorynem sodu wspomagany jest naświetlaniem wody promieniami UV, natomiast w basenie B – ozonowaniem części strumienia wody obiegowej.

Awaria lamp UV w obiekcie basenowym A i awaria systemu ozonowania w obiekcie basenowym B, pozwoliły na przeprowadzenie badań porównawczych jakości wody basenowej oczyszczanej w systemie tzw. klasycznym (podczas wyłączenia naświetlania promieniami UV w basenie A i ozonowania w basenie B) i przy zastosowaniu wyżej wymienionych technik wspomagających proces końcowej dezynfekcji wody podchlorynem sodu (po usunięciu awarii).

Tab. 1. Charakterystyka badanych obiektów basenowych A i B

Tab. 1. The characteristic of tested swimming pools A and B

BASEN	A	B
Czas eksploatacji	od stycznia 2002	od kwietnia 2002
System przepływu wody	pionowy	
Wydajność obiegu wodnego Q [m ³ /h]	138,9	240
Wymiary niecki basenowej [mxm]	12,5x25	
Głębokość niecki basenowej [m]	1,6 - 1,8	1,2 - 1,8
Pojemność wodna [m ³]	513,3	484
Całkowita powierz. użytkowa PU [m ²]	312,5	322,4
Minimalna PU dla jednej osoby [m ² /os.]	4,5	
Przeciętna frekwencja [os./h]	14	26
Rzeczywista PU [m ² /os.]	22,4	12,4
Charakterystyka wody uzupełniającej	zasilanie obiegu wodą z sieci wodociągowej	
Ilość wody uzupełniającej [dm ³ /os.d]	30	
Ilość filtrów [szt.]	2	3
Srednica filtra [mm]	1800	
Wysokość warstwy filtracyjnej [mm]	1200	
Rodzaj złoza	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	piaskowe
Powierz. filtracji 1-go filtra [m ²]	2,54	
Wydajność zespołu filtracyjnego [m ³ /h]	76x2=152	76,3x3=228,9
Prędkość filtracji [m/h]	30	
Czas cyklu filtracyjnego [dni]	płukanie po osiągnięciu strat ciśnienia 0,3 bar, w warunkach eksploatacji filtry płukane są co 2 dni naprzemiennie	
Sposób płukania filtra	sprężonym powietrzem i wodą pobieraną ze zbiornika wyrównawczego	
Prędkość płukania [m/h]	65	
Ilość wody do płukania filtra [m ³ /m ² złozaj]	4,5	4
Całkowita wymiana wody w niecce basenowej następuje co:	3,4 godziny	2,1 godziny
Technologia uzdatniania wody obiegowej	filtracja wstępna-koagulacja - filtracja przez złoże wielowarstwowe-naświetlanie promieniami UV (2 lampy multifalowe)-dezynfekcja końcowa NaOCl-korekta pH	filtracja wstępna-koagulacja - filtracja przez złoże piaskowe - ozonowanie części strumienia wody metoda optoZON - dezynfekcja końcowa NaOCl-korekta pH
Rodzaj koagulantu	wodny roztwór Al ₂ (SO ₄) ₃	wodny roztwór Al ₂ (SO ₄) ₃ lub Super Flock (0,5-1,0cm ³ /m ³ wody)
Środek do korekty pH	H ₂ SO ₄	

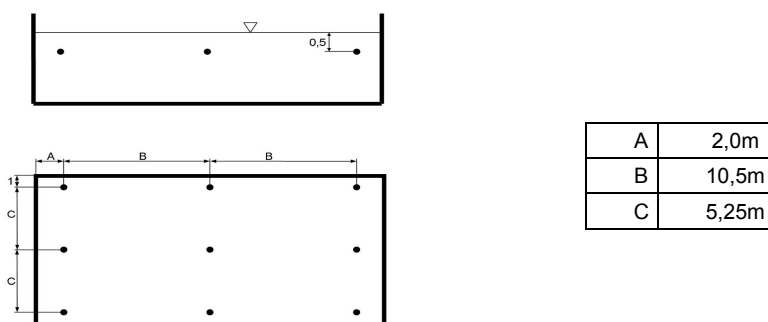
4. Metodyka badań i oznaczenia analityczne

Ocena przydatności wody basenowej do kąpielii ustalana jest na podstawie porównania wyników badań bakteriologicznych i fizyczno-chemicznych z dopuszczalnymi wartościami normatywnymi wskaźników zanieczyszczeń [2, 4, 5, 6].

Badania bakteriologiczne mają na celu określenie zagrożeń ze strony mikroorganizmów, badania fizyczno-chemiczne – ustalenie składu chemicznego wody, ze szczególnym uwzględnieniem substancji szkodliwych dla zdrowia.

Cykl badań dla porównania jakości wody w rozpatrywanych basenach podzielono na dwa okresy. Pierwszy, trwający 7 dni, obejmował czas awarii lamp UV w obiekcie A i systemu ozonowania w obiekcie B. W tym czasie próbki wody do analiz fizyczno-chemicznych pobierane były codziennie (7 próbek), a do analiz bakteriologicznych co drugi dzień (4 próbki). W drugim okresie – po usunięciu awarii – w czasie 14 dni badań pobrano 7 próbek wody do analiz fizyczno-chemicznych (co drugi dzień) i 4 próbki do analiz bakteriologicznych (dwie próbki na tydzień).

Dla każdego z analizowanych obiektów basenowych wykonano cykliczne badania fizyczno-chemiczne i bakteriologiczne dla średnich mieszanych próbek wody basenowej. Z dziewięciu charakterystycznych punktów niecki basenowej pobierano jednakowe objętości próbek do jednego naczynia, gdzie następowało wymieszanie i ujednoczenie próbki (rys. 4).



Rys. 4. Punkty poboru próbek wody z badanych niecek basenowych

Fig. 4. The points of sample up taking from tested swimming pool

W całym cyklu prowadzonych badań próbki pobierano w godzinach rannych podczas użytkowania basenów przez młodzież szkolną.

Do oceny jakości wody basenowej posłużyły następujące wskaźniki: pH, kwasowość ogólna, zasadowość ogólna, wskaźnik redox, temperatura, barwa, mętność, azot azotanowy, azot amonowy, utlenialność, tlen rozpuszczony, chlor wolny, związany i całkowity, chlorki, twardość ogólna, glin ogólny, NPL bakterii grupy coli, NPL bakterii typu fekalnego, liczba kolonii bakterii wyhodowana w temperaturze 37°C w czasie 24-godzinnej inkubacji próbki oraz liczba gronkowców koagulazododatnich.

Pobór próbek wody do analiz fizyczno-chemicznych oraz oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami i metodami [3]. Każdy wskaźnik jakości wody basenowej, w celu wyeliminowania błędów przypadkowych, oznaczano trzykrotnie w dniu poboru próbki, a do dalszej analizy przyjmowano wartość średnią. Analizy bakteriologiczne zostały wykonane przez Miejską Stację Sanitarно-Epidemiologiczną w Gliwicach.

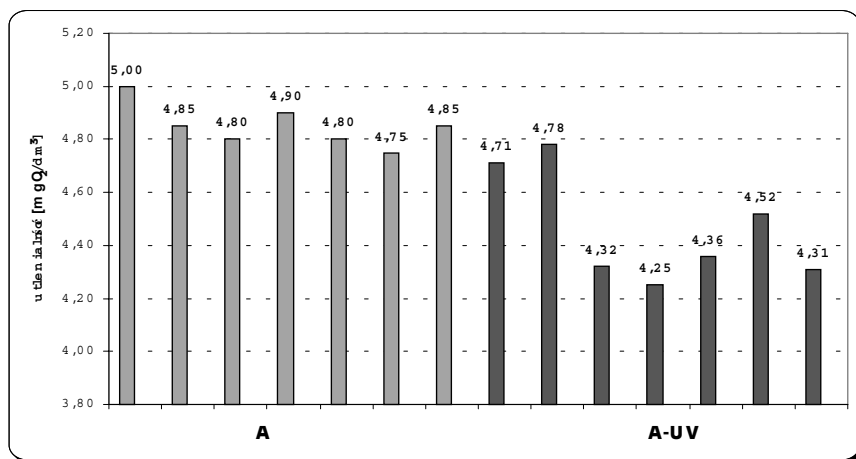
5. Analiza wyników

Parametrami najlepiej obrazującymi zmienność jakości wody w obiegu basenowym były:

- utlenialność, jako wskaźnik zawartości substancji organicznych, utleniających się pod wpływem nadmanganianu potasu,
- chlor wolny, zapewniający bakteriobójcze i bakteriostatyczne właściwości wody basenowej,
- chloraminy, oznaczane jako chlor związany, będące wynikiem reakcji związku chloru dodawanego do wody w procesie jej dezynfekcji z solami amonowymi obecnymi w wodzie basenowej.

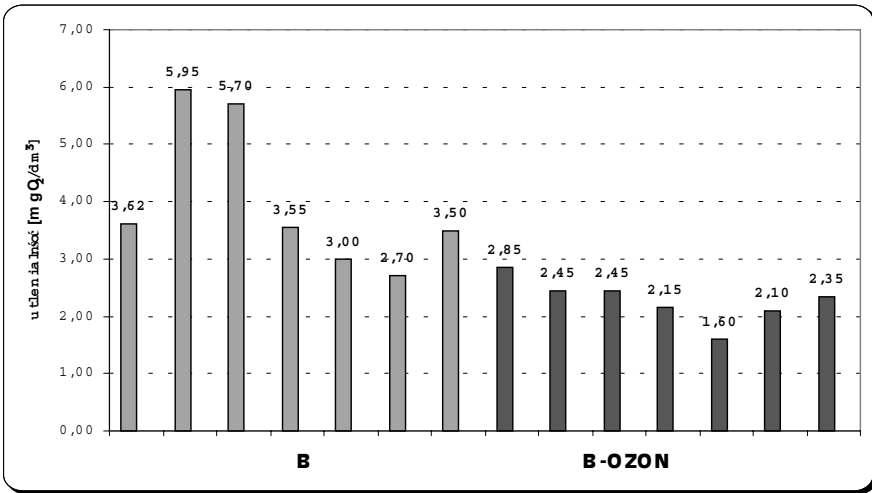
Utlenialność wody z analizowanych niecek basenowych nie przekraczała dopuszczalnej wartości dla wody przeznaczonej do spożycia, tj. $5,0 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ [5] (za wyjątkiem utlenialności w dwóch próbkach wody z basenu B, w czasie awarii systemu ozonowania). Zauważalne było obniżenie wartości utlenialności dla wody w basenie A przy działających lampach UV (średnio z $4,85 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ do $4,36 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ – rys. 5) i dla wody w basenie B przy działającym systemie ozonowania (średnio z $3,55 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ do $2,35 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ – rys. 6).

Minimalną wymaganą wartością normatywną dla chloru wolnego w niecce basenowej jest wartość: $0,3 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$. Dopuszcza się obniżenie stężenia chloru wolnego do wartości $0,2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ pod warunkiem wspomaganie procesu końcowego chlorowania wody basenowej procesem ozonowania lub naświetlania promieniami UV [2, 6].



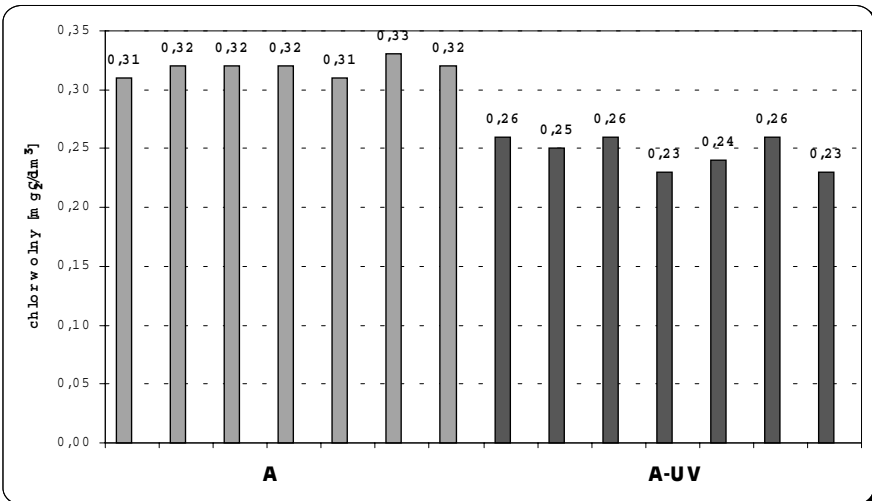
Rys. 5. Wartości utlenialności w wodzie z niecki basenowej A

Fig. 5. The chemical oxygen demand in the basin A



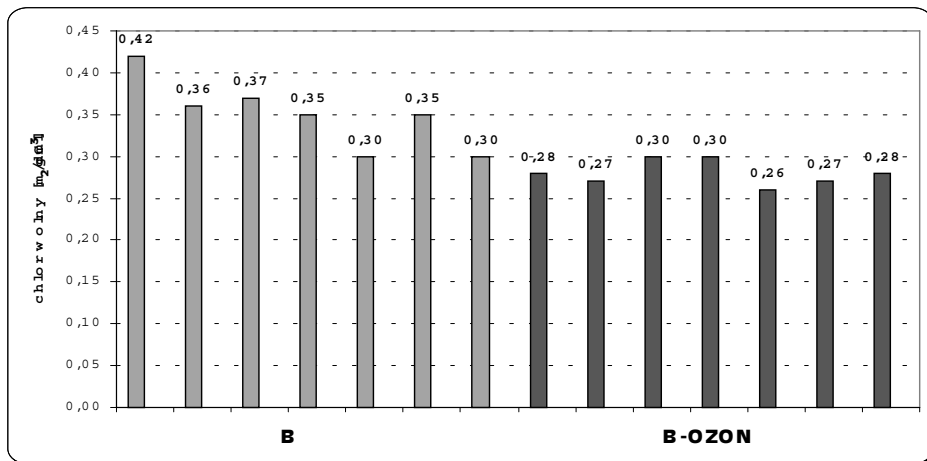
Rys. 6. Wartości utlenialności w wodzie z niecki basenowej B

Fig. 6. The chemical oxygen demand in the basin B



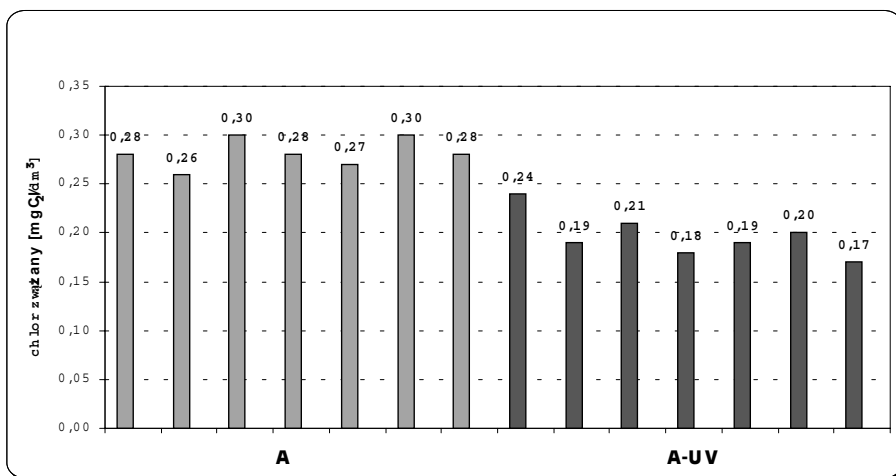
Rys. 7. Stężenia chloru wolnego w wodzie z niecki basenowej A

Fig. 7. The concentration of free chlorine in basin A



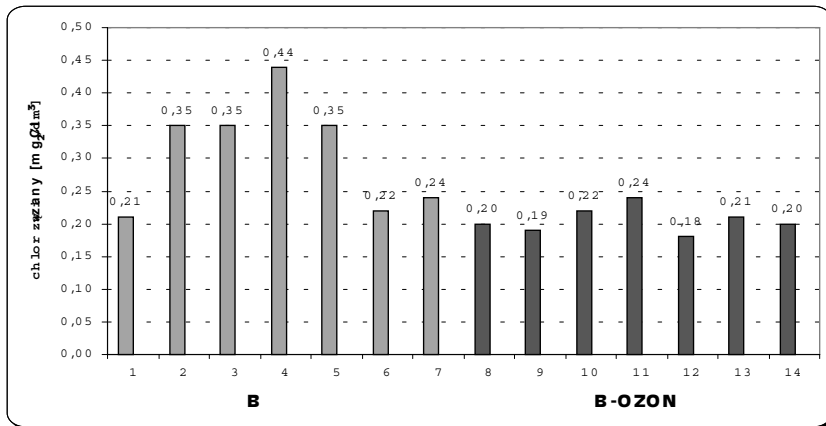
Rys. 8. Stężenia chloru wolnego w wodzie z niecki basenowej B

Fig. 8. The concentration of free chlorine in basin B



Rys. 9. Stężenia chloru związanego w wodzie z niecki basenowej A

Fig. 9. The concentration of chloramines in basin A



Rys. 10. Stężenia chloru związanego w wodzie z niecki basenowej B

Fig. 10. The concentration of chloramines in basin B

W basenach A i B minimalne stężenia chloru wolnego zapewniane były dzięki automatycznemu dozowaniu podchlorynu sodu. W basenach tych nie przekroczone także maksymalnego dopuszczalnego stężenia chloru wolnego, tj. $0,6 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ (rys. 7, rys. 8).

Stężenia chloru związanego w nieckach basenowych na poziomie dopuszczalnej wartości normatywnej ($0,2 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$) przestrzegane były jedynie w okresie bezawaryjnej pracy instalacji uzdatniania wody w analizowanych basenach. Obniżenie stężenia chloramin, w przypadku zastosowania lamp UV i urządzenia optoZON, było zauważalne już w pierwszym dniu ich pracy (rys. 9, rys. 10).

W okresie awarii w basenie A i B stężenia chloru związanego znacznie odbiegały od zaleceń normatywnych i wynosiły od $0,26 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ do $0,30 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ – w basenie A i od $0,21 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ do $0,44 \text{ mgCl}_2/\text{dm}^3$ – w basenie B (rys. 9, rys. 10).

Analizowane wskaźniki bakteriologiczne nie przekraczały wartości zawartych w normie DIN 19643 i wytycznych Sokołowskiego (za wyjątkiem liczby gronkowców koagulazododatnich w jednej próbce wody pobranej z basenu B w okresie awaryjnej pracy- dopuszczalna liczba gronkowców koagulazododatnich wynosi 2 w 100 ml wody, w badanej próbce z basenu B oznaczono 10 w 100 ml wody).

6. Podsumowanie

Główną przyczyną działań modernizacyjnych technologicznych układów oczyszczania wody basenowej, prowadzonych na szeroką skalę w obiektach basenowych powstałych w latach 90-tych i starszych są wysokie wymagania co do jakości wody basenowej, mające na celu zapewnienie kąpielającym się najwyższych standardów higienicznych i zdrowotnych.

Modernizacja układów oczyszczania wody w wielu obiektach basenowych polega na wymianie zespołów filtracyjnych (miejsce starych, często poziomych i wypełnionych jedynie piaskiem filtrów zajmują nowoczesne wysokoefektywne filtry wielowarstwowe z warstwą antracytu), stosowaniu wysokiej jakości chemikaliów np. koagulantów produk-

wanych na bazie chlorków poliglinu, instalacji systemów automatycznego dozowania chemikaliów, pomiaru i kontroli jakości wody obiegowej, stosowaniu urządzeń do czyszczenia dna i ścian nieszczelnych basenowych oraz na stosowaniu nowoczesnych metod i technik dezynfekcji wody basenowej.

Przedstawione w referacie porównanie wartości wskaźników jakości wody basenowej dla basenów wykorzystujących w układach oczyszczania wody nowoczesne metody dezynfekcji z wartościami wskaźników jakości wody basenowej dla tych samych basenów, ale przy wykorzystaniu jedynie klasycznej metody dezynfekcji wykazuje, że utrzymanie wartości bardzo istotnego wskaźnika jakości wody basenowej jakim jest chlor związany w wymaganych granicach było możliwe przy stosowaniu dezynfekcji wspomagananej działaniem promieni UV (basen A) lub ozonowania części strumienia wody obiegowej (basen B).

Bibliografia

- [1] Bolton J.R.: *Ultraviolet Applications Handbook*. Bolton Photo sciences Inc., 1999.
- [2] DIN 19643, *Aufbereitung von Schwimm und Badebeckenwasser*, 1997.
- [3] Hermanowicz W.: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Arkady, Warszawa 1999, ISBN 83-213-4067-9.
- [4] Maziarka S.: *Wymagania sanitarne i przeciwepidemiczne dla basenów kąpielowych*. Departament Inspekcji Sanitarnej przy Ministerstwie Zdrowia i Opieki Społecznej, EN-4435-26/86.
- [5] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Dz. U. Nr 61, poz. 417*.
- [6] Sokołowski Cz.: *Wymagania sanitarno – higieniczne dla krytych pływalni*. MZiOS, Departament Zdrowia Publicznego, PZLiTS, Warszawa 1998, nr arch. 760.
- [7] Sozański M.: *Chemizm i technologia uzdatniania wody dla basenów kąpielowych*. *Mat. konf., Zaopatrzenie w wodę miast i wsi*, Poznań 1994, s. 415-422.
- [8] Taggesell M.: *Wyjaśnienia techniczne dotyczące systemu ozonowania częściowego strumienia wody*. *Mat. konf. III Sympozjum Nauk.-Techn., Instalacje Basenowe, Ustroń 2001*, s. 63-74.
- [9] *Ustawa z 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków*. *Dz. U. Nr 72, poz. 747*.
- [10] www.stat.gov.pl/gus
- [11] Wyczarska-Kokot J., Piechurski F.: *Metody i efekty dezynfekcji wód basenowych*. *Mat. konf. II Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna, Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody*, Szczyrk 2003, s. 433-442.
- [12] Wyczarska-Kokot J., Piechurski F.: *The estimation of working effects of the water treatment systems in swimming pools*. *Balneotechniczne dni'05, Bardejovske kupele 2005*, s. 116-126.

- [13] Wyczarska-Kokot J., Piechurski F.: Poprawa jakości wody basenowej przy zastosowaniu nowoczesnych technologii uzdatniania. II Kongres Inżynierii Środowiska. Lublin 2005, s. 309-319. ISBN 83-89293-11-0.
- [14] Wyczarska-Kokot J., Piechurski F.: Zastosowanie nowoczesnych technologii dezynfekcji wody basenowej. XIX Krajowa, VII Międzynarodowa Konf. Nauk.-Techn. „Zaopatrzenie w wodę jakość i ochrona wód” Zakopane, czerwiec 2006, s. 783-793.
- [15] Żuk P.: Zastosowanie promieni UV do uzdatniania wody basenowej. Rynek Instalacyjny, nr 12/2002, s. 83-85.

