

Przemysław MUSZYŃSKI

*Politechnika Poznańska
Instytut Inżynierii Środowiska
Poznań*

OZON W DEZYNFEKCJI WODY BASENOWEJ

OZONE FOR DISINFECTION OF WATER IN SWIMMING POOLS

W referacie omówiono zastosowanie ozonu do dezynfekcji wody basenowej. Przedstawione zostały właściwości dezynfekcyjne i utleniające ozonu, jego sposoby dozowania oraz wady i zalety stosowania ozonu w dezynfekcji wody basenowej

In paper application of ozone for disinfection of water in swimming pools, properties of ozone in disinfection and oxidation, dosage methods, advantages and disadvantages of ozonation were discussed.

1. Wprowadzenie

W prawidłowo działającej pływalni niezmiernie ważne jest utrzymanie odpowiednich standardów jakości wody w nauce basenowej. Na właściwe wartości parametrów wody basenowej wpływa wiele czynników. Jednym z nich jest system uzdatniania wody. W procesach filtrowania usuwane są zanieczyszczenia fizykochemiczne nie rozpuszczone w wodzie. Natomiast w wyniku dezynfekcji eliminowane są zanieczyszczenia drobnoustrojami chorobotwórczymi i zanieczyszczenia rozpuszczone w wodzie (utlenianie). Substancje, których nie można rozłożyć, muszą być usuwane stopniowo poprzez systematyczne dodawanie świeżej wody do obiegu wody basenowej.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa zdrowia kąpiących się osób najistotniejszy jest proces dezynfekcji. Każdy z pływających wprowadza do wody basenowej duże ilości mikroorganizmów takich jak: bakterie, grzyby czy wirusy. Wiele z nich może być patogennych i wywoływać różne mniej bądź bardziej groźne choroby.

Obecnie najbardziej rozpowszechnione środki dezynfekcyjne w uzdatnianiu wody basenowej bazują na chlorze. Należą do nich: podchloryn sodu, chlor gazowy i dwutlenek chloru. Coraz częściej projektanci pływalni uwzględniają alternatywne metody dezynfekcji wody basenowej. Jedną z nich jest dezynfekcja przy zastosowaniu

ozonu. Metoda ta zyskała duże uznanie w takich europejskich krajach jak: Szwajcaria, Niemcy, Hiszpania, Francja.

Niezależnie od metody zastosowanej dezynfekcji w procesie uzdatniania wody basenowej, zgodnie z niemiecką normą DIN 19643 [3], zawartość wolnego chloru w niecce basenu (na odpływie z niecki) powinna wynosić $0,3 \pm 0,6 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$. Stanowić to ma zabezpieczenie przed wtórnym skażeniem wody już w samej niecce.

2. Właściwości dezynfekcyjne i utleniające ozonu

Odkrycie ozonu datuje się na rok 1840. Pierwszy przemysłowy generator ozonu został wyprodukowany przez Wernera von Siemens'a w 1857 roku i z tą datą wiąże się początek zastosowań tego gazu.

Ozon jest uważany za jeden z najsilniejszych utleniaczy i środków dezynfekujących. Wszystkie produkty pośrednie, powstające w poszczególnych etapach rozpadu ozonu, są bardzo reaktywne, lecz mają bardzo krótki czas półtrwania. Drobnoustroje zabijane są w bardzo krótkim czasie wynoszącym 6 ± 60 s. Bakteriobójcze działanie ozonu polega na zwiększeniu przepuszczalności komórkowej. Niszczona jest jej wewnętrzna struktura, głównie kwasy nukleinowe.

Dzięki dobrym właściwościom utleniającym ozonu zmniejszana jest ilość masy organicznej w wodzie basenowej, a co za tym idzie redukowany jest ponowny rozwój bakterii, dla których materia ta stanowi źródło składników odżywczych. Utleniane są również produkty uboczne chlorowania jak: związki chloroazotowe (chloramina) i chlorowęglowe (trichlorometany). Dzięki temu odzyskiwany jest chlor aktywny, co skutkuje mniejszymi dawkami chloru w procesie dezynfekcji końcowej.

Na wysoką skuteczność dezynfekcyjną ozonu ma wpływ również fakt, iż obydwa procesy: utleniania zanieczyszczeń organicznych oraz niszczenia drobnoustrojów przebiegają jednocześnie. Tymczasem, w przypadku chlorowania najpierw utleniane są zanieczyszczenia organiczne.

Ozon dodawany do wody powoduje tzw. spalanie na mokro. Polega ono na tym, że ozon O_3 (tlen trójatomowy) rozkłada się na cząstkę tlenu O_2 oraz tlen bardzo aktywny O (tlen jednoatomowy).

3. Wytwarzanie ozonu

Ozon wytwarzany jest w urządzeniach zwanych ozonatorami, w których przepuszcza się suche i czyste powietrze, ewentualnie tlen przez komorę wyładowań elektrycznych o wysokim napięciu.

W skład urządzenia ozonującego wchodzi:

- uzdatniacz powietrza (oczyszczanie i osuszanie powietrza),
- wytwarzacz ozonu (generator ozonu z dwoma elektrodami w komorze wyładowań, do których podłączone jest napięcie),
- zasilacz wysokiego napięcia,
- elektroniczne sterowanie i regulacja,

- urządzenie do mieszania (mieszanka ozonu z powietrzem o stężeniu $18 \text{ mg O}_3/\text{dm}^3$),
- urządzenie pomiarowo-regulacyjne (regulacja wydajności wytwarzania ozonu w zakresie $30 \div 100\%$ wydajności nominalnej, odpowiadającej najwyższej ciągłej wydajności).

Ponieważ ozon jest gazem nietrwałym (czas połowicznego rozpadu wynosi $10 \div 20$ min), nie można go więc transportować i musi być zużyty natychmiast po wytworzeniu. Nietrwałość ozonu wymaga ponadto skrócenia czasu cyrkulacji wody basenowej oraz dodatkowego końcowego chlorowania.

4. Dozowanie ozonu

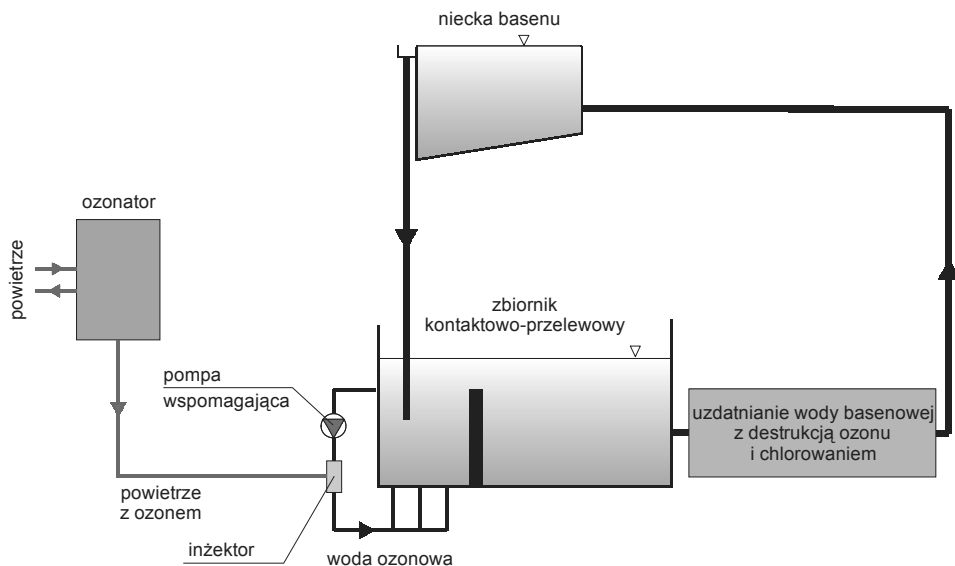
Proces ozonowania wody basenowej polega na przepuszczeniu przez nią powietrza nasyconego ozonem. Dawki ozonu powinny wynosić:

- $\geq 0,8 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (przy temperaturze wody basenowej $\leq 28^\circ\text{C}$),
- $\geq 1,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (przy temperaturze wody basenowej $> 28^\circ\text{C}$),
- $\geq 1,2 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (przy temperaturze wody basenowej $> 32^\circ\text{C}$),
- $\geq 1,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ (przy temperaturze wody basenowej $> 35^\circ\text{C}$).

Generalnie, stosowane są dwa warianty wprowadzania ozonu do wody basenowej, zależnie od miejsca jego dozowania [2]:

- do zbiornika przelewowego.
- do przewodu wody obiegowej.

W pierwszym przypadku zbiornik przelewowy posiada odpowiednio zaprojektowaną hydraulicznie oraz specjalny zespół wprowadzania ozonu do zbiornika. Zbiornik pełni funkcję wyrównawczą w obiegu wody basenowej oraz rolę reaktora, dzięki wydzielonej w niej dodatkowej komory reakcyjnej. Czas kontaktu ozonu z wodą powinien wynosić około 15 minut. Schemat wprowadzania ozonu do zbiornika przelewowego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wprowadzenie ozonu do zbiornika przelewowego.

Fig. 1 Dosage of ozone to the equalizing tank.

Gdy ozon ma być dozowany do przewodu wody obiegowej za filtrami, stosuje się następujące rozwiązania:

- ozonowanie całego strumienia wody,
- ozonowanie częściowego strumienia wody.

W metodzie ozonowania całego strumienia wody obiegowej ozon dozowany jest do całkowitego strumienia uzdatnianej wody basenowej (Rysunek 2a).. Woda przepływa przez ciśnieniowy zbiornik reakcyjny. Zapewnia on co najmniej dwuminutowy kontakt wody z ozonem. Ozonowana woda, na wyjściu ze zbiornika reakcyjnego poddawana jest pomiarowi na zawartość ozonu resztkowego. Dzięki temu następuje regulacja wydajności ozonatora. Dawka dozowanego ozonu zostaje zwiększona bądź zmniejszona. Woda pomiarowa przed odprowadzeniem do kanalizacji, przepływa przez destruktor ozonu.

Niezbędne jest zastosowanie filtra wypełnionego węglem aktywnym w celu usunięcia ozonu resztkowego z wody obiegowej. Zgodnie z niemiecką normą DIN 19643 [3] zawartość ozonu w wodzie uzdatnionej (na dopływie do niecki basenu) nie powinna przekraczać $0,05 \text{ mg O}_3/\text{dm}^3$, a na odpływie z nicki $0,0 \text{ mg O}_3/\text{dm}^3$.

Powietrze balastowe ze zbiorników: reakcyjnego oraz filtracyjnego z węglem aktywnym zostaje odprowadzone do destruktorów ozonu.

Celem zabezpieczenia przed wtórnym skażeniem wody w niecce przeprowadzane jest jej chlorowanie tuż przed dopływem do niecki.

Obecnie proponuje się również ozonowanie części strumienia wody basenowej (Rysunek 2b). Wówczas $10\div 20\%$ strumienia wody basenowej zostaje wydzielona ze strumienia głównego [1]. Do tej części strumienia dozowany jest ozon. Mieszanina części wody obiegowej i ozonu przepływa do zbiornika reakcyjnego. Resztkowy ozon obecny w wodzie za reaktorem jest tak obliczany, aby po zmieszaniu strumienia częściowego z

pozostałym strumieniem, zawarty w nim ozon na skutek wymieszania został zredukowany do maksymalnego dopuszczalnego stężenia $0,05 \text{ mg O}_3/\text{dm}^3$. Stężenie ozonu zostanie dodatkowo zmniejszone (praktycznie do zera) na skutek utleniania zanieczyszczeń zawartych w pozostałym strumieniu wody basenowej. Skuteczne wymieszanie częściowego z pozostałym strumieniem wody basenowej zapewnić ma przepływ turbulentny na długości co najmniej 5m.

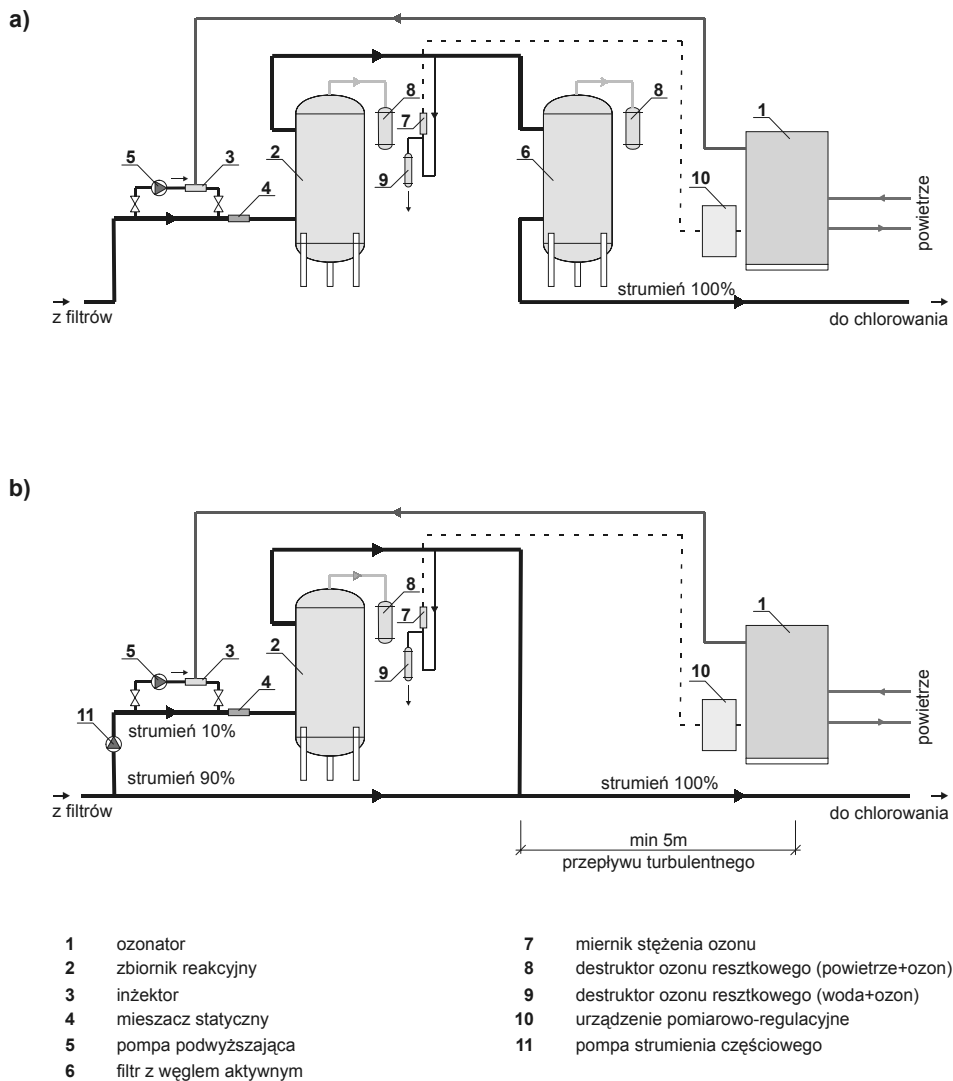
5. Zalety i wady ozonowania

Zalety:

- optymalna jakość wody pod względem chemicznym i bakteriologicznym,
- brak powstawania produktów ubocznych podczas ozonowania,
- utlenianie zanieczyszczeń organicznych,
- ograniczenie tworzenia się związków chloroorganicznych (chloramin, THM),
- mniejsze zużycie chloru w dezynfekcji końcowej.

Wady:

- bardzo wysokie koszty inwestycyjne,
- wysokie koszty eksploatacji,
- filtr z węglem aktywnym,
- specjalistyczna obsługa.



Rys. 2. Wprowadzenie ozonu do rurociągu za filtrami:
 a) ozonowanie całkowitego strumienia wody basenowej,
 b) ozonowanie częściowego strumienia wody basenowej.

Fig. 2. Dosage of ozone to pipe after filters:
 a) ozonation of total water stream,
 b) ozonation of partial water stream.

6. Podsumowanie

Przy pomocy ozonowania można w znaczący sposób poprawić jakość wody w basenach. Jest to zaleta nie tylko w odniesieniu do samego komfortu pływania, ale również w odniesieniu do aspektów zdrowotnych korzystania z basenów. Dowiedziono nawet, że system odpornościowy dzieci może być osłabiony przez korzystanie z basenów z wodą poddaną tylko chlorowaniu. Ryzyko dla zdrowia jest także większe dla pływaków trenujących dwa razy dziennie na basenie.

Chociaż system ozonowania jest relatywnie drogi w porównaniu z innymi technikami dezynfekcji, to poniesione koszty długoterminowo zostają zredukowane.

Ozon jest silniejszym utleniaczem i środkiem dezynfekującym od chloru, nawet 15 razy. Niszczy również mikroorganizmy, które opierają się działaniu chloru. Charakterystyczną cechą ozonu jest jego szybki i destrukcyjny wpływ również na wirusy.

Dzięki zastosowaniu ozonu w dezynfekcji wody basenowej możliwe jest całkowite usunięcie tak charakterystycznego na pływalniach i nieprzyjemnego dla ich użytkowników chlorowego zapachu.

Bibliografia

- [1] Teggesell M. Wyjaśnienia techniczne dotyczące systemu ozonowania częściowego strumienia wody. Ustroń: III Sympozjum naukowo-techniczne. Instalacje basenowe, 2001
- [2] Wątega A. Zastosowanie ozonu w technologii uzdatniania wody basenowej. Ustroń: III Sympozjum naukowo-techniczne. Instalacje basenowe, 2001r
- [3] DIN 19643: Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser, 1997

