

**WYKORZYSTANIE MOBILNYCH SYSTEMÓW OZONOWANIA
WODY DO OBNIŻENIA CHLORU ZWIĄZANEGO W
BASENACH KĄPIELOWYCH**

**APPLICATION OF MOBILE WATER OZONATION SYSTEMS TO REDUCE
COMBINED CHLORINE IN SWIMMING POOLS**

Mgr inż. Robert MUSZAŃSKI

**WOFIL ROBERT MUSZAŃSKI
33-380 KRYNICA-ZDRÓJ, ULICA RZEŻNIANA 10/1
TEL/FAX: +48 18 414 00 60
EMAIL: WOFIL@WOFIL.PL**

STRESZCZENIE

Osiągnięcie stężenia chloru związanego w ilości max. 0,3 mg/l. w wodzie w nieckach basenowych o różnym przeznaczeniu w przypadku zastosowania tradycyjnej technologii oczyszczania wody lub w przypadku basenów o bardzo dużym obciążeniu jest trudne. Rozporządzenie Ministra Zdrowia rekomenduje prowadzenie procesów dezynfekcji CHLOREM WOLNYM wspomagane promieniowaniem UV i OZONEM jako optymalne. System SPID może być wykorzystany zarówno do ozonowania wody w głównym ciągu technologicznym lub do mycia i dezynfekcji różnego rodzaju powierzchni za pomocą lancy natryskowej wyposażonej w dysze bezmgłowe. SPID wyposażony jest we wszystkie systemy bezpieczeństwa, które stosowane są w przypadku dużych instalacji ozonowania wody, a przy tym jest prosty w obsłudze i posiada niewielkie rozmiary, chociaż dysponuje bardzo dużą mocą dezynfekcyjną. Wprowadzenie technologii ozonowania zminimalizuje: nieprzyjemny zapach tworzony przez ponadnormatywną ilość chloramin w wodzie, podrażnienia błony śluzowej oczu i dróg oddechowych, zmiany skórne oraz poprawi komfort w korzystaniu z atrakcji wodnych.

ABSTRACT

Reaching a maximum value of combined chlorine in water equal to 0,3 mg/l in pool basins while using conventional technology of water treatment or in pools with high biological load is extremely difficult. Regulation of the Polish Minister of Health recommends conducting processes of disinfection using FREE CHLORINE preferably supported with UV radiation and OZONE. System SPID can be used to ozonate water in the main water treatment system or to clean and disinfect different surfaces using spray lance equipped with a non-mist nozzle. SPID is equipped with all safety systems, which are used in large ozone installations, and still it is simple to use. The device is quite small despite it having a very powerful abilities to disinfect. Implementing ozone technology minimizes: unpleasant odor created by excessive amount of chloramines in water, irritation of mucous membrane in eyes and air passages, skin lesions and makes using water attractions more comfortable.

Robert MUSZAŃSKI

Technologia ozonowania wody

Nazwa OZON wywodzi się od greckiego słowa – „wonejący”, co jest związane z jego zapachem. W roku 1840 Schönbein sztucznie wytworzył **OZON** w trakcie badań nad elektrolizą wody, a w roku 1857 Siemens 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. Ze względu na swoje właściwości ozon jest jednym z najskuteczniejszych środków dezynfekcyjnych, który niszczy bakterie skuteczniej niż chlor i jego związki.

Tabela 1. Wartości iloczynu $C \cdot \tau$ [$\text{mg} \cdot \text{min dm}^{-3}$] dla różnych środków dezynfekcyjnych, przy których można uzyskać 99% dezaktywację wybranych mikroorganizmów w temp. 5°C (1); dla 96% dezaktywacji w temp. 22°C (2); dla 90% dezaktywacji w temp. 20-25°C

Table 1. $C \cdot \tau$ [$\text{mg} \cdot \text{min dm}^{-3}$] values for different disinfectants, which enable to achieve 99% inactivation of the following microorganisms at temperature 5°C (1); 96% inactivation at temperature 22°C (2); for 90% inactivation at temperature 20 - 25°C

Mikroorganizm	Środek dezynfekujący			
	<i>Wolny chlor</i>	<i>Chloramina</i>	<i>Dwutlenek chloru</i>	<i>Ozon</i>
	pH = 6 - 7	pH = 8 - 9	pH = 6 - 7	pH = 6 - 7
<i>E. coli</i>	0,034 – 0,05	95 - 180	0,4 - 0,75	0,02
<i>Polio 1</i>	1,1 - 2,5	770 - 3470	0,2 - 6,7	0,1 - 0,2
<i>Rotavirus</i>	0,01 - 0,05	3810 - 6480	0,2 - 2,1	0,006 - 0,06
<i>Giardia lamblia</i>	47 - 150	-	-	0,5 - 0,6
<i>Giardia muris</i>	30 - 630	1400	7,2 - 18,5	1,8 - 2,0
<i>Cryptosporidium</i>	2250 ^{**})	7200 ^{***})	78 ^{***})	5 – 9 [*])

^{*}) Clark i inni (1); ^{**}) Lewin i inni (2); ^{***}) dla dezaktywacji w temp. 20-25°C

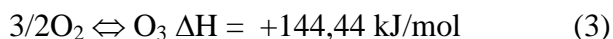
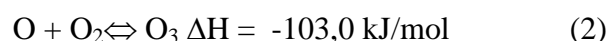
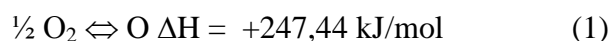
Ozon jest także doskonałym utleniaczem, który znacznie przyspiesza procesy utleniania oraz usuwa z wody barwę i zapach. Ozon łatwo reaguje z wieloma substancjami obecnymi w wodzie, które stanowią jej zanieczyszczenia. Jest przy tym nietrwały, co np. przejawia się

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 mu 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.

Wytwarzanie ozonu

Wytwarzanie ozonu można prowadzić przez :

- ciche wyładowania w powietrzu lub tlenie
- fotochemiczne generowanie (tworzenie po wpływie promieni UV)
- elektrolityczne generowanie
- radiochemiczne generowanie (naświetlanie promieniami γ i β)



Z powyższych równań wynika (3), że synteza ozonu wymaga wydatkowania energii. Źródłem energii, która czyni możliwym dysocjację tlenu cząsteczkowego w rodnik tlenu, mogą być elektrony, pochodzące z cichych wyładowań koronowych lub barierowych o wysokich napięciach. Część potrzebnej do tego celu energii zostaje wyzwolona z cząsteczki tlenu w trakcie jej rekombinacji w postaci ciepła, którego nadmiar musi być odprowadzony z układu przez schłodzenie. Jedyną właściwą z technicznego punktu widzenia metodą generowania ozonu na skalę techniczną są ciche wyładowania elektryczne. Wyładowania mają miejsce w gazie, pomiędzy dwiema elektrodami rozdzielonymi materiałem dielektrycznym. Do elektrod przyłożony jest prąd zmienny. Gaz (powietrze lub tlen) przepływa przez szczeliny, w których dochodzi do wyładowań elektrycznych, czego efektem końcowym jest powstawanie ozonu. W zależności od producenta ozonatory techniczne różnią się budową elektrod i ich ilością. Na przykład, elektrody ze szkła boro-krzemowego usytuowane są w rurach ze stali szlachetnej w ten sposób, by tworzyły możliwie wąską szczelinę w kształcie pierścienia. Rury zewnętrzne stanowią zewnętrzną elektrodę, przy czym są one uziemione i intensywnie schładzane. Nową generację ozonatorów stanowią urządzenia

wytwarzające ozon w technologii nietermicznej plazmy, chłodzone powietrzem lub wodą. Dzięki modułowej konstrukcji można zwiększać wydajność urządzenia poprzez dołączanie kolejnych bloków ozonowania. Jest to praktyczne rozwiązanie ułatwiające zarówno obsługę serwisową jak i oszczędność energetyczną.



Rys. 1. Przykłady nowoczesnych ozonatorów pracujących w technologii nietermicznej plazmy FIRMY WOFIL i PINNACLE OZONE SOLUTIONS.

Fig. 1. Examples of modern ozone generators working in non-thermal plasma technology WOFIL AND PINNACLE OZONE SOLUTIONS DEVICES.

Regulacja wydajności takich modułów odbywa się za pomocą modulacji gęstością impulsów (PDM), co pozwala na zmianę zakresu wytwarzania ozonu, w zależności od potrzeb procesu plazmo-chemicznego, w granicach od 1 do 100%. Pracują przy wysokich częstotliwościach do 23 kHz. Koncentracja ozonu wynosi nominalnie 6,0 wt %, ciśnienie gazu na wyjściu 0,7 bar, minimalna czystość tlenu 93%, punkt rosy -51 °C. Posiadają przejrzyste

mikroprocesorowe systemy kontroli nad jednostką, dzięki czemu mogą ostrzegać przed możliwością wystąpienia awarii. Dzięki temu, że nie posiadają łatwo tłukących się elementów szklanych, można je wykorzystać do mobilnych systemów ozonowania.

Mobilne systemy dezynfekcji ozonem - SPID

System Płukania i Dezynfekcji Ozonem jest autonomicznym urządzeniem, zdolnym do przygotowania roztworu dezynfekcyjnego na bazie wody ozonowej, do pracy którego potrzebna jest tylko woda i energia elektryczna dostarczona bezpośrednio z sieci elektrycznej lub z generatora prądu (rys. 2). Monitoring parametrów pracy oraz ich regulacja odbywa się za pomocą dotykowego, kolorowego panelu sterującego (HMI) z oprogramowaniem w języku polskim. Praca całego układu, czyli dopływ wody, wypływ czynnika dezynfekcyjnego, regulacja nasycenia wody ozonem i utrzymanie jego stałej, zadanej dawki jest w pełni zautomatyzowane. Przyłącza wodne są przystosowane do instalacji we wszystkich możliwych rekombinacjach. Ozon wykorzystywany do przygotowania wody ozonowej jest wytwarzany przez generator ozonu o wydajności 60 lub 120 g O₃/h, wyposażony w jeden moduł wyładowczy z płytą aluminiową chłodzoną powietrzem. Ze względu na charakter zastosowania moduł ozonatora charakteryzuje się zwiększoną odpornością na uszkodzenia spowodowane wstrząsami w trakcie transportu. Ozon jest wytwarzany z tlenu pozyskiwanego z otaczającego powietrza przez wytwornicę tlenu. Wytwornica jest przymocowana na stałe do ramy; dodatkowo przygotowane jest miejsce do montażu drugiej, przenośnej wytwornicy tlenu, dołączanej do układu w trybie równoległym dla zwiększenia jego mocy.



**Rys. 2 Mobilny system dezynfekcji ozonem
SPID - WOFIL**

**Fig. 2 Mobile ozone disinfection system
SPID - WOFIL**

Wydajność nominalna całego systemu to 4 - 8 m³/h wody wysokoozonowanej (max. 6 ppm O₃ resztkowego), przy ciśnieniu 4 - 12 bar. Dla bezpieczeństwa obsługi kolumny kontaktowe wyposażono w pułapkę wodno-gazową z przelewem, wentylator przedmuchowy, urządzenia pomiarowe on-line ozonu resztkowego w wodzie, urządzenia pomiarowe on-line ozonu w powietrzu, zintegrowane z alarmem dźwiękowym oraz destruktorem ozonu podłączany elastycznym węzłem santoprenowym, ze stalową spiralą uziemiającą. Układ pompowy może służyć do dozowania wody wysokoozonowanej bezpośrednio do uzdatnianej wody cyrkulującej w basenie czy jacuzzi. Systemu SPiD można także wykorzystywać do bezpiecznego mycia i dezynfekcji różnego rodzaju powierzchni za pomocą lancy natryskowej wyposażonej w dysze bezmgłowe, z węzłem umiejscowionym na rozwijanym bębnie. Na rurociągu zasilającym znajduje się zawór ręczny do regulacji dopływu wody oraz przepustnica z napędem elektrycznym automatycznie dopuszczająca wodę do pierwszej kolumny kontaktowej.

Zastosowanie SPiD

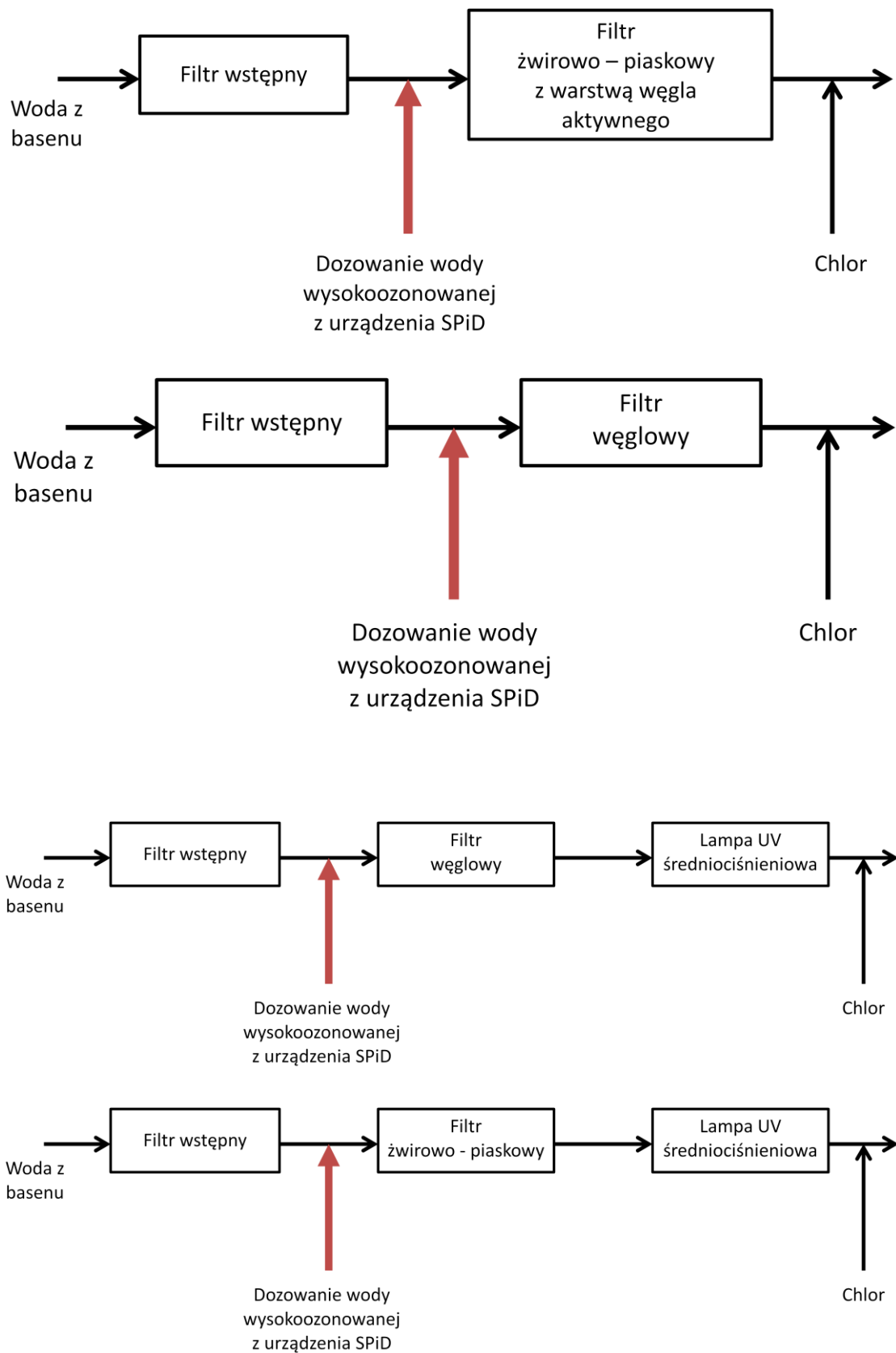
Obecne **ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA** z dnia 9 listopada 2015 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda na pływalniach, normalizuje ilość chloru związanego (max. 0,3 mg/l) w wodzie w niecce basenowej, w nieckach basenowych wyposażonych w urządzenia wytwarzające aerozol wodno- powietrzny 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 ilości chloramin, odpowiedzialnych za: charakterystyczny nieprzyjemny zapach, podrażnienia błony śluzowej oczu i dróg oddechowych, zmiany skórne, zmiany genetyczne oraz w szczególnych przypadkach zmiany rakowe. Rozporządzenie mówi, że procesy wspomaganie dezynfekcji CHLOREM WOLNYM należy prowadzić za pomocą promieniowania UV i OZONU. System SPiD może być stosowany w procesie technologicznym:

a) do dezynfekcji i zaawansowanego utleniania. System zostaje wpięty do głównego systemu uzdatniania, dzięki któremu występują sprzyjające warunki do mikroflokulacji 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.

b) jako urządzenie do dezynfekcji i mycia niecki basenu, jacuzzi oraz powierzchni przylegających wraz z infrastrukturą techniczną i technologiczną.

Ad a) Urządzenie posiada kompaktowe rozmiary, które umożliwiają wprowadzenie go praktycznie na każde podbasenie. Dzięki temu, że jest wyposażone we wszystkie elementy niezbędne do prowadzenia procesów ozonowania, zarówno techniczne, diagnostyczne, jak i bezpieczeństwa, instalacja oraz montaż do głównego strumienia uzdatnianej wody, wyposażonego w filtry węglowe jest bardzo łatwe i nie wymaga specjalistycznego serwisu. Dla basenów wyposażonych w filtry żwirowo piaskowe, należy w filtrach wymienić jedną z warstw piaskowych na warstwę z węglem aktywnym. Schemat na rysunku nr 3 poniżej przedstawia możliwości zainstalowania urządzenia. Dla basenów, które nie mają możliwości zastosowania filtrów węglowych lub chcą zwiększyć bezpieczeństwo stosowania technologii ozonowania z jednoczesnym obniżeniem chloru związanego w niecce, dodatkowym elementem będzie zastosowanie lampy UV pracującej w technologii średniociśnieniowej. 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 SPID opcjonalnie jest wyposażony w lampę UV pracującą w technologii średniociśnieniowej, sterowaną z panelu urządzenia. Zastosowanie SPID 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 wysokoozonowaną wodę do układu. Spowoduje to wzrost stężenia ozonu resztkowego w całej instalacji, dzięki któremu usuniemy 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.



Rys. 3. Schematy układu technologicznego uzdatniania wody basenowej

Fig. 3. Process flow diagram for swimming pool water

Dodatkowo, można w trakcie płukania filtrów wprowadzić dezynfekcję od dołu filtra, która zapobiega gromadzeniu się ładunku mikroorganizmów w złożach filtracyjnych. Ostatnim elementem jest dopuszczanie wody uzupełniającej przez SPID, dzięki czemu mamy 100% pewność, że nie wprowadzimy żadnych zanieczyszczeń z zewnątrz do naszego układu technologicznego.

Ad b) W czasie czyszczenia urządzeń do atrakcji wodnych oraz zabiegów konserwacyjnych, system SPID może być wykorzystywany do mycia i dezynfekcji wszystkich elementów infrastruktury basenowej bez konieczności ponownego spłukiwania wodą, gdyż ozon rozłoży się samoczynnie na zanieczyszczeniach do czystego tlenu. W tym celu, urządzenie zostało wyposażone w lance do wysokociśnieniowego mycia z dyszą bezmgłową, która ogranicza desorpcję ozonu na mytych powierzchniach. Aby zminimalizować uwalnianie się ozonu podczas mycia powierzchni, już w kolumnach kontaktowych następuje pierwszy proces odgazowania wody wysokoozonowanej i usunięcie z niej nie wykorzystanego ozonu do destruktoru dla bezpieczeństwa obsługi. Za pomocą tego urządzenia możemy prowadzić mycie z jednoczesnym dezynfekowaniem praktycznie wszystkie miejsca w basenach wewnętrznych i zewnętrznych. Zwłaszcza przydatne jest do obsługi brodzików dla małych dzieci i jacuzzi, gdzie nagromadzenie zanieczyszczeń i drobnoustrojów jest bardzo duże.

Podsumowanie:

Systemy SPID mogą być używane we wszystkich rodzajach basenów kąpielowych i atrakcji wodnych bez względu na ich wielkość i obciążenie zanieczyszczeniami.

Wprowadzając technologię ozonowania do basenu z systemem SPID mamy rozwiązane wszystkie aspekty bezpieczeństwa i obsługi wraz z prostą i intuicyjną eksploatacją.

Szybkość dezynfekcji wodą wysokoozonowaną pozwala na łatwe przygotowanie obiektu po przestojach i awariach, gdyż procesy mycia i dezynfekcji trwają przeważnie około jednej godziny.

Po myciu i dezynfekcji nie musimy spłukiwać ponownie powierzchni w celu neutralizacji dezynfektanta, gdyż ozon rozkłada się do tlenu w powietrzu w ciągu kilku minut.

Stosując kompletny system SPID nie musimy dodatkowo przygotowywać infrastruktury podbasenia do wprowadzenia technologii ozonowania.

Możliwości wykorzystania urządzenia są praktycznie nieograniczone i zależą tylko od personelu obsługującego.

Wykorzystując ozon do dezynfekcji i utrzymania w czystości całego obiektu, bez problemu obniżymy dawki dozowanego chloru do wody z jednoczesnym obniżeniem chloru związanego.

Jakość organoleptyczna wody ulegnie poprawie, ograniczymy nieprzyjemny zapach unoszący się nad powierzchnią wody i podrażnienia układu oddechowego.

Zmniejszymy znacząco możliwość podrażnień błon śluzowych oczu oraz zmian skórnych i alergicznych.

Zastosowanie technologii ozonowania dla personelu obsługującego nie będzie oznaczało skomplikowanych czynności serwisowych, a w znaczący sposób skróci czas mycia i dezynfekcji nie tylko układu technologicznego oczyszczania wody, ale także infrastruktury technicznej i powierzchni całego obiektu.

Bibliografia:

1. Clark, R.M., Sivagenesan, M., Rice, E.W., Chen, J. (2002), Development of C·t equation for the inactivation of *Cryptosporidium* oocysts with ozone, Water Research, 36, 3141-3149.
2. Lewin, N., Craik, S., Li, H., Smith, D.W., Belosevic, M. (2002), Sequential inactivation of *Cryptosporidium* using ozone followed by free chlorine in natural water, Ozone: Sci. & Engng, 23, 411-420.
3. Materiały wewnętrzne firmy WEDECO 2003.

Spis tabel:

1. Tabela 1. Wartości iloczynu $C \cdot \tau$

Spis rysunków:

1. Przykłady nowoczesnych ozonatorów pracujących w technologii nietermicznej plazmy
FIRMY WOFIL i PINNACLE OZONE SOLUTIONS
2. Mobilny system dezynfekcji ozonem SPID WOFIL
3. Schematy układu technologicznego uzdatniania wody basenowej