

Joanna WYCZARSKA-KOKOT<sup>1</sup>

## BADANIA MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA POPŁUCZYN Z OBIEGÓW BASENOWYCH

### THE STUDY OF POSSIBILITIES OF WASHINGS REUSING FROM SWIMMING POOL CIRCULATION SYSTEMS

**Abstrakt:** Baseny to bardzo drogie pod względem eksploatacji obiekty sportowe, dlatego też osoby zarządzające tymi obiektami szukają sposobów na obniżenie kosztów ich użytkowania. Jednym z nich jest zagospodarowanie popłuczyn dotychczas odprowadzanych do kanalizacji sanitarnej. Oceny możliwości zagospodarowania popłuczyn odprowadzanych z filtracyjnych instalacji basenowych dokonano na podstawie dopuszczalnych wartości podstawowych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do wód i ziemi (pH temperatura, zawiesiny ogólne, ChZT, BZT<sub>5</sub>, P<sub>og</sub>, N<sub>og</sub>, chlor wolny). Badania jakości popłuczyn z 26 basenów wykazały, że ich jakość jest zależna od warunków eksploatacji danego obiegu basenowego, m.in. długości cyklu filtracyjnego i rodzaju złoża. Parametrami uniemożliwiającymi bezpośrednie zagospodarowanie popłuczyn były zbyt duża zawartość zawiesin ogólnych ( $\geq 35 \text{ mg/dm}^3$ ) oraz stężenie chloru wolnego ( $\geq 0,2 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ ). Jakość wód nadosadowych powstałych w wyniku sedymentacji popłuczyn wskazuje na ich przydatność do zagospodarowania. Zastosowanie w obiektach basenowych odstożników popłuczyn umożliwiłoby odciążenie systemów kanalizacji i odpływ wód nadosadowych do wód powierzchniowych lub ich wykorzystanie do nawadniania terenów zielonych w sposób bezpieczny dla środowiska.

**Słowa kluczowe:** popłuczyny, obieg basenowy, zagospodarowanie popłuczyn, sedymentacja

Technologie odzysku wody z popłuczyn odprowadzanych ze stacji uzdatniania wód do celów bytowo-gospodarczych są rozpoznane i stosowane w Polsce i na całym świecie [1-4].

Zagadnienia związane z możliwościami zagospodarowania popłuczyn z systemów oczyszczania wody basenowej rozważane są w Polsce od momentu, gdy rosnące ceny wody i odprowadzanych ścieków zaczęły skłaniać właścicieli obiektów basenowych do stosowania rozwiązań umożliwiających obniżenie kosztów użytkowania tych obiektów. Jednym z nich może być zagospodarowanie popłuczyn do tej pory odprowadzanych do kanalizacji sanitarnej.

Od 2002 roku w Instytucie Inżynierii Wody i Ścieków Politechniki Śląskiej prowadzone są badania nad jakością popłuczyn odprowadzanych z filtracyjnych systemów basenowych i możliwością ich zagospodarowania [5].

W przypadku popłuczyn powstałych po czyszczeniu złożeń filtrów basenowych potencjał ukryty jest w ich dużej objętości i możliwości zastosowania prostych rozwiązań jednostkowych procesów i urządzeń, np. odstożników, osadników lub osadników zespolonych z komorą mieszania flokulantu.

Do prawidłowego przeprowadzenia procesu płukania złożeń filtru basenowego wymagane jest od 4 do 6 m<sup>3</sup> wody na m<sup>2</sup> złożeń [6-8]. Przykładowo: układ oczyszczania wody basenowej, na który składają się 2 filtry o średnicy 1800 mm płukanych średnio co dwa dni, wymaga miesięcznego zużycia wody do płukania o objętości od 245 do 365 m<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, ul. S. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel. 32 237 22 43, fax 32 237 10 47, email: joanna.wyczarska-kokot@polsl.pl

\* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'15, Jarnołtówek, 14-16.10.2015

Przeprowadzone do tej pory analizy objętości popłuczyn odprowadzanych do systemów miejskiej kanalizacji sanitarnej pozwoliły określić możliwość redukcji kosztów odprowadzania ścieków w granicach od 20 do 70%. Nie zawsze jednak objętość popłuczyn stanowiła wyznacznik opłacalności ich zagospodarowania, często była nim cena za 1 m<sup>3</sup> odprowadzanych ścieków [9].

Przy odpowiedniej jakości popłuczyn ich zagospodarowanie do nawadniania terenów zielonych, zraszania boisk, kortów tenisowych, do spłukiwania toalet jest rozwiązaniem prostym, pozwalającym na redukcję kosztów zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków [10, 11].

W przypadku basenów lokalizowanych w pobliżu cieków wodnych bardzo często brane jest pod uwagę odprowadzenie popłuczyn właśnie do nich. Wymagane jest wówczas pozwolenie wodnoprawne na korzystanie z wód i odprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi [12-14]. Szczególną uwagę należy zwrócić także na stopień zanieczyszczenia popłuczyn w stosunku do klasy czystości cieku wodnego [15].

Zainteresowanie prostymi rozwiązaniami zagospodarowania popłuczyn wśród właścicieli obiektów basenowych jest coraz większe. W kilku analizowanych obiektach takie rozwiązania już działają i przynoszą zwrot kosztów poniesionych na ich realizację. W wielu nowych projektach obiektów basenowych zakłada się zagospodarowanie popłuczyn.

## Metodyka badań

Głównym celem badań była ocena podstawowych parametrów jakości popłuczyn i możliwości ich odprowadzenia do wód lub do ziemi. Jako dane przyjęto wyniki badań fizyczno-chemicznych próbek popłuczyn pobranych z 26 instalacji filtracyjnych w latach 2002-2015 i zalecenia dotyczące dopuszczalnego stopnia zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do wód lub ziemi [14].

Wykonano badania analityczne podstawowych parametrów jakości popłuczyn: pH, temperatura, zawiesiny ogólne, ChZT (chemiczne zapotrzebowanie tlenu), BZT<sub>5</sub> (pięciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu), azot ogólny, fosfor ogólny i chlor wolny.

Analizą objęto popłuczyny surowe oraz po 2-godzinnej sedymentacji w warunkach laboratoryjnych. Cykl badań obejmował okres od 1 do 2 miesięcy. W tym czasie wykonano 8 analiz dla podstawowych wskaźników zanieczyszczenia popłuczyn, skuteczności sedymentacji i przydatności popłuczyn do zagospodarowania. Popłuczyny pobierano partiami w trakcie płukania złóż filtracyjnych poprzez zawory zainstalowane na orurowaniu filtrów. Pobór próbek oraz oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami i metodami [16].

Analiza i porównanie wyników badań popłuczyn wykazały, że bezpośrednie ich odprowadzenie do cieków wodnych lub ziemi było niemożliwe przede wszystkim ze względu na zbyt duże ilości zawiesin ogólnych i stężenia chloru wolnego. Dalsza analiza popłuczyn po sedymentacji pozwoliła w większości przypadków określić koncepcję ich zagospodarowania poprzez ich zrzut do cieków wodnych lub wykorzystanie do nawadniania terenów zielonych. Warunkiem takiego zagospodarowania w każdym przypadku byłoby zastosowanie zbiornika buforowego, osadnika i/lub systemu

wspomagającego sedymentację zawiesin, a następnie odprowadzanie zagęszczonych ścieków do kanalizacji sanitarnej.

### Charakterystyka badanych basenowych obiegów filtracyjnych

Badaniami objęto popłuczyny odprowadzane z 26 obiegów basenowych. Kolejne obiegi oznaczono jako: B1, B2, B3 itd. do B26.

Wszystkie rozpatrywane baseny są ogólnodostępnymi basenami krytymi. Oczyszczanie wody dla wszystkich basenów oparte jest na procesach prowadzonych w zamkniętym obiegu wody basenowej z wykorzystaniem czynnego przelewu i odbywa się w systemie: filtracja wstępna - koagulacja powierzchniowa (z wyjątkiem obiegów B14 i B17, w których zastosowano filtry okrzemkowe) - dezynfekcja (głównie NaOCl, w kilku basenach wspomagana naświetlaniem promieniami UV lub ozonowaniem części strumienia wody) - korekta pH.

16 rozpatrywanych basenów to baseny sportowe o wymiarach niecki 12,5m × 25m, 10 to baseny rekreacyjne przeznaczone głównie dla dzieci, o nieregularnych kształtach niecek basenowych i zróżnicowanej powierzchni lustra wody. W obiegach basenowych B14 i B17 filtracja przebiega przy zastosowaniu otwartych filtrów podciśnieniowych, w których materiałem filtracyjnym jest ziemia okrzemkowa namywana na tkaniny filtracyjne. Prędkość filtracji dla tego typu rozwiązań wynosi 2,5-4,0 m/h, a proces płukania polega na usunięciu ziemi okrzemkowej z tkanin za pomocą silnego strumienia wody wodociągowej. W zależności od liczby wkładów filtracyjnych na jedno płukanie zużywa się od 3 do 7 m<sup>3</sup> wody [14]. Pozostałe obiegi wyposażone są w zamknięte filtry ciśnieniowe, w których filtracja wody prowadzona jest z prędkością 30 m/h, a płukanie złożeń z prędkością 60-65 m/h. Na płukanie przeznaczona jest 4-6 m<sup>3</sup> wody na m<sup>2</sup> złoża. Woda do płukania pobierana jest ze zbiorników wyrównawczych.

Badane baseny zasilane są wodą z miejskiej sieci wodociągowej w ilości 30 dm<sup>3</sup> na osobę i dobę. Odprowadzanie popłuczyn następuje do sieci kanalizacji sanitarnej. Ze względu na niewystarczającą przepustowość kanałów, do których odprowadza się popłuczyny z basenów B3, B4, B5, B18, B19, B20, B21 i B26, układy oczyszczania wody zostały wyposażone w zbiorniki buforowe, pozwalające na magazynowanie i sukcesywne odprowadzanie popłuczyn do kanalizacji. Zbiorniki te w basenach B4, B5, B18, B21 i B26 pełnią rolę odstożników popłuczyn i umożliwiają zagospodarowanie wód nadosadowych.

Charakterystykę obiegów filtracyjnych, z których pobierano i analizowano próbki popłuczyn, przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1  
Charakterystyka badanych obiegów filtracyjnych

Table 1  
Characteristics of tested filtration cycles

Basen	Liczba filtrów w systemie filtracyjnym [szt.]	Średnica filtra lub szer. x dł. [mm]	Wysokość warstwy filtracyjnej [mm]	Rodzaj złoża	Czas cyklu filtracyjnego [d]
B1	1	1800	1200	piaskowe wielowarstwowe	1
B2	3	1800	1200	piaskowe wielowarstwowe	2
B3	2	1800	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	2

Basen	Liczba filtrów w systemie filtracyjnym [szt.]	Średnica filtra lub szer. x dł. [mm]	Wysokość warstwy filtracyjnej [mm]	Rodzaj złoża	Czas cyklu filtracyjnego [d]
B4	1	1800	1500	piaskowe wielowarstwowe	1
B5	2	1800	1500	piaskowe wielowarstwowe	2
B6	2	1800	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	2
B7	2	1600	1500	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B8	2	1800	1500	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B9	2	765	1250	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B10	2	1800	1350	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	2
B11	2	1800	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B12	2	1800	1500	piaskowe wielowarstwowe	2
B13	2	1600	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B14	1	2000 x 1900	2000	ziemia okrzemkowa	7-10
B15	2	2000	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B16	2	1800	1500	piaskowe wielowarstwowe z warstwą węgla aktywnego	2
B17	1	2100 x 2300	2000	ziemia okrzemkowa	6-8
B18	2	1800	1500	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	7
B19	2	1800	1200	piaskowe wielowarstwowe	3
B20	1	1400	1200	piaskowe wielowarstwowe	2
B21	2	2200	1500	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	2
B22	1	1600	1200	AFG (złoża szklane)	1
B23	2	1800	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B24	2	1600	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	3
B25	1	800	1200	piaskowe wielowarstwowe z warstwą hydroantracytu	1
B26	1	910	1200	piaskowe wielowarstwowe	1

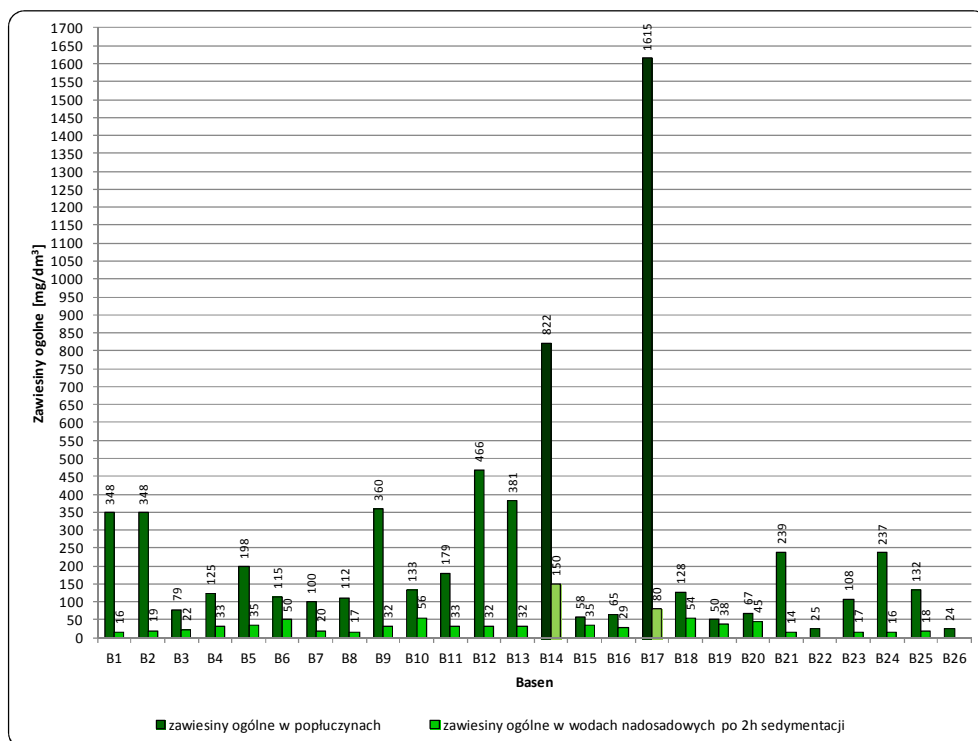
Basen	Powierzchnia filtracji [m <sup>2</sup> ]	Sposób płukania	Wydajność systemu filtracyjnego [m <sup>3</sup> /h]	Liczba płukań w miesiącu	Objętość popłuczyn [m <sup>3</sup> /miesiąc]
B1	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	76,3	12	182,9
B2	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	228,9	24	365,8
B3	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	152,6	24	365,8
B4	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	76,3	12	182,9
B5	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	152,6	24	365,8

Basen	Powierzchnia filtracji [m <sup>2</sup> ]	Sposób płukania	Wydajność systemu filtracyjnego [m <sup>3</sup> /h]	Liczba płukań w miesiącu	Objętość popłuczyn [m <sup>3</sup> /miesiąc]
B6	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	146	16	243,8
B7	2,01	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	120	24	289,4
B8	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	152,6	16	243,8
B9	0,46	wodą ze zbiornika wyrównawczego	46	16	44,2
B10	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	146	16	243,8
B11	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	140	16	243,8
B12	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	152,6	16	243,8
B13	2,01	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	120	16	193,0
B14	3,60 (1 wkład)	wodą wodociągową	110	4	28,0
B15	3,14	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	188,6	16	301,4
B16	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	152,6	24	365,8
B17	4,83 (1 wkład)	wodą wodociągową	174	5	35,0
B18	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	142	4	61,0
B19	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	152,6	16	243,8
B20	1,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	46	15	138,6
B21	3,8	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	115	24	547,2
B22	2,01	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	60	30	361,8
B23	2,54	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	152,6	24	365,8
B24	2,01	sprężonym powietrzem i wodą ze zbiornika wyrównawczego	120	24	289,4
B25	0,5	wodą ze zbiornika wyrównawczego	15	30	90,0
B26	0,65	wodą ze zbiornika wyrównawczego	23	30	117,0

### Analiza wyników badań

Analiza fizyczno-chemicznych parametrów popłuczyn z instalacji basenowych wykazała, że popłuczyny te nie mogą być bezpośrednio odprowadzane do cieków wodnych i gruntu ze względu na przekroczone ilości zawiesin ogólnych, wartości ChZT i BZT<sub>5</sub> oraz przekroczone stężenia chloru wolnego.

Średnie ilości zawiesin ogólnych w badanych popłuczynach wahały się od 24 mg/dm<sup>3</sup> w basenie B26 do 1615 mg/dm<sup>3</sup> w B17, podczas gdy dopuszczalna ilość zawiesin dla ścieków odprowadzanych do wód i ziemi wynosi 35 mg/dm<sup>3</sup> (rys. 1).



Rys. 1. Ilość zawiesin ogólnych w popłuczynach i wodach nadosadowych po 2 h sedymentacji

Fig. 1. The amount of total suspended solids in washings and supernatants after 2 h sedimentation

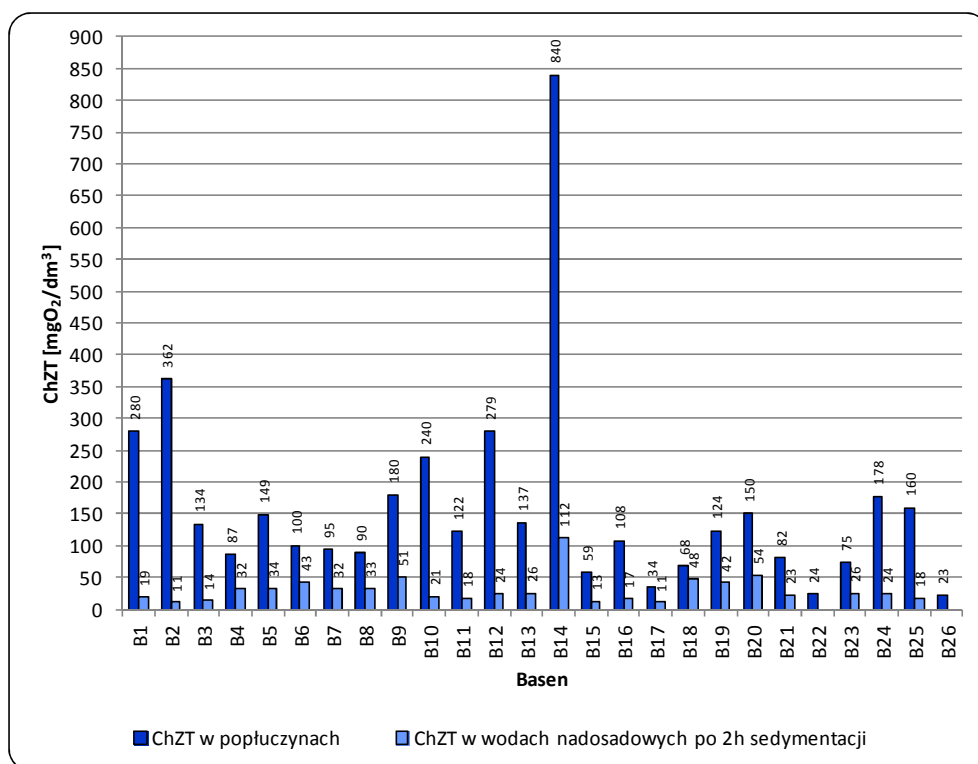
Zastosowanie dwugodzinnego procesu sedymentacji dla analizowanych popłuczyn pozwoliło na redukcję zawiesin od 24,0% w B19 do 95,4% w B1. W rezultacie ilość zawiesin trudnoopadalnych w wodach nadosadowych wynosiła od 14 mg/dm<sup>3</sup> w B21 do 150 mg/dm<sup>3</sup> w B14 (rys. 1).

Popłuczyny z obiegów basenowych B14 i B17 charakteryzowały się największą ilością zawiesin ogólnych (średnio: 822 i 1615 mg/dm<sup>3</sup>). Tak duże obciążenie popłuczyn zawiesinami wynika z rodzaju zastosowanych filtrów i sposobu płukania. W obu obiegach pracują filtry podciśnieniowe z wkładami, na które namywana jest sproszkowana ziemia krzemkowa. Czyszczenie wkładów polega na usunięciu zatrzymanych na nich zanieczyszczeń łącznie z ziemią krzemkową, stąd też tak duża ilość zawiesin w popłuczynach odprowadzanych z tych obiegów. W obu przypadkach pomimo uzyskania wysokiej redukcji zawiesin (81,7% w B14 i 95,0% w B17) w procesie sedymentacji ilość zawiesin trudnoopadalnych nadal była bardzo duża (80 mg/dm<sup>3</sup> w B17 i 150 mg/dm<sup>3</sup> w B14).

W popłuczynach z obiegów B6, B10, B17, B18, i B20 obserwowano redukcję zawiesin jedynie w granicach: 24,0% (B19)-58,5% (B18). Tak mała redukcja była wynikiem niskiej efektywności koagulacji. Lekkie i bardzo małe kłaczkki w popłuczynach z tych basenów nie wykazywały zdolności do osadzania się i w efekcie sedymentacji w wodzie nadosadowej

pozostawało średnio od 38 mg/dm<sup>3</sup> (B19) do 56 mg/dm<sup>3</sup> (B10) zawiesin trudnoopadalnych. W pozostałych próbkach popłuczyn sedymentacja pozwoliła na uzyskanie ilości zawiesin w wodach nadosadowych od 14 mg/dm<sup>3</sup> w B21 do 35 mg/dm<sup>3</sup> w B5 i B15.

W badanych popłuczynach uśrednione wartości wskaźnika ChZT wynosiły od 23 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w obiegu basenowym B26 do 840 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w B14 (rys. 2). W popłuczynach z 14 basenów wartość tego wskaźnika nie przekraczała najwyższej dopuszczalnej wartości określonej dla ścieków odprowadzanych do wód i do ziemi (125 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>). Przeprowadzona sedymentacja pozwoliła na obniżenie wartości wskaźnika ChZT od 29,4% w popłuczynach z B18 do 97,0% z B2. W rezultacie sedymentacji wskaźnik ChZT nie przekraczał wartości 125 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i wynosił od 11 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w B2 i B17 do 112 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w B14 (rys. 2).

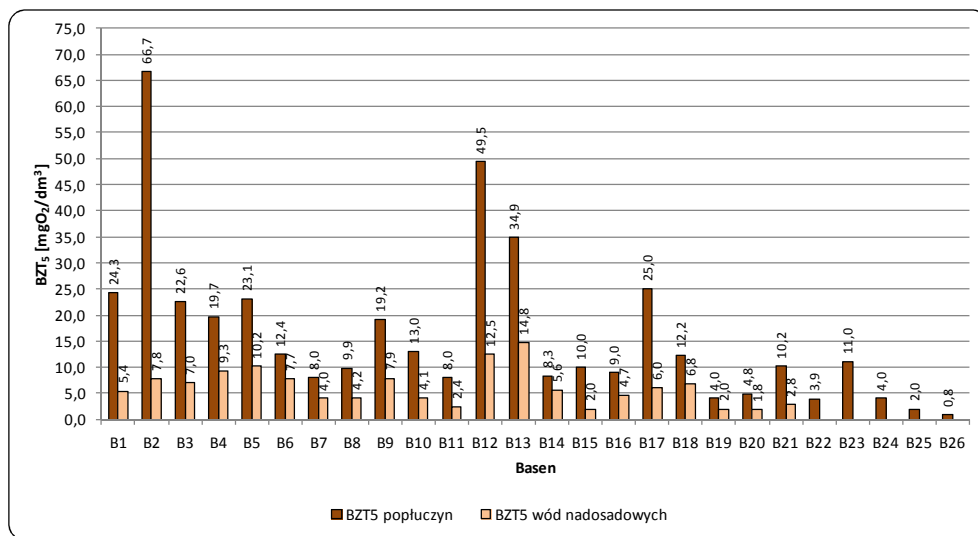


Rys. 2. ChZT w popłuczynach i wodach nadosadowych po 2 h sedymentacji

Fig. 2. COD in washings and supernatants after 2 h sedimentation

Średnie wartości wskaźnika BZT<sub>5</sub> dla popłuczyn wynosiły od 0,8 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w B26 do 66,7 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w B2. W popłuczynach z 22 basenów wartość tego wskaźnika nie przekraczała najwyższej dopuszczalnej wartości określonej dla ścieków odprowadzanych do wód i do ziemi (25 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>). Przeprowadzona sedymentacja (w B1-B21) pozwoliła na obniżenie wskaźnika BZT<sub>5</sub> od 32,5% w basenie B14 do 88,3% w basenie B2, a to

z kolei na uzyskanie  $BZT_5$  w granicach od  $1,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$  w B20 do  $14,8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$  w B13 (rys. 3).



Rys. 3.  $BZT_5$  w popłuczynach i wodzie nadosadowej po 2 h sedimentacji

Fig. 3.  $BOD_5$  in the washings and supernatants after 2 h sedimentation

Średnie zawartości fosforu ogólnego w popłuczynach nie przekraczały  $2 \text{ mg P}_{\text{og}}/\text{dm}^3$  z wyjątkiem popłuczyn odprowadzanych z B14 i B16, dla których średnia zawartość fosforu ogólnego wynosiła kolejno:  $2,03$  i  $2,30 \text{ mg P}_{\text{og}}/\text{dm}^3$ .

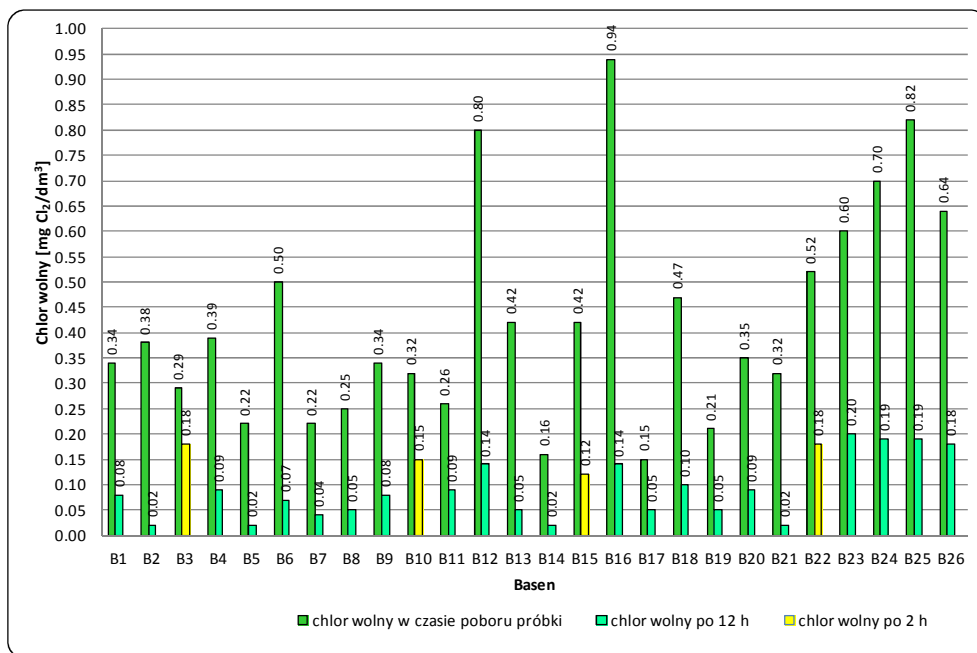
Średnie zawartości azotu ogólnego w popłuczynach wynosiły od  $3,7 \text{ mg N}_{\text{og}}/\text{dm}^3$  w B22 do  $26,2 \text{ mg N}_{\text{og}}/\text{dm}^3$  w B25. Wyjątek stanowiły popłuczyny odprowadzane z B9, B14, B20 i B25, zawartość azotu ogólnego w popłuczynach nie przekraczała dopuszczalnej wartości dla ścieków wprowadzanych do wód i ziemi, tj.  $15 \text{ mg N}_{\text{og}}/\text{dm}^3$ .

Spośród podstawowych wskaźników decydujących o możliwościach zagospodarowania popłuczyn decydujące znaczenie mają także pH popłuczyn i ich temperatura. Wartość pH popłuczyn mieściła się w zakresie  $6,74$ - $8,59$  (wartość średnia:  $\text{pH} = 7,31$ ). Temperatura popłuczyn zależna była przede wszystkim od temperatury wody używanej do płukania złożeń filtracyjnych. Złożeń filtrów ciśnieniowych wielowarstwowych (piaskowych lub piaskowo-antracytowych) płukane były wodą pobieraną z basenowych zbiorników wyrównawczych, czyli wodą o temperaturze  $26$ - $30^\circ\text{C}$  (w zależności od rodzaju basenu). Dlatego też temperatura popłuczyn po płukaniu tego typu złożeń wynosiła  $22,1$ - $30,0^\circ\text{C}$  (w zależności od czasu, jaki upłynął od momentu uzupełnienia zbiornika wodą wodociągową). Wypełnienia filtrów okrzemkowych płukane były wodą wodociągową o temperaturze  $12$ - $18^\circ\text{C}$ . Dlatego też temperatura popłuczyn powstałych po czyszczeniu tkanin filtracyjnych z ziemią okrzemkową wynosiła średnio  $15,5^\circ\text{C}$  w B14 i  $16,4^\circ\text{C}$  w B17.

Ze względu na silne właściwości utleniające chloru wolnego jego stężenie w ściekach wprowadzanych do wód lub do ziemi nie powinno przekraczać  $0,2 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ . Podobnie



jak w przypadku temperatury, stężenie chloru w popłuczynach zależne było od rodzaju wody użytej do płukania. W popłuczynach z obiegów ze złożem o krzemkowym (B14 i B17) stężenie chloru wolnego było bardzo małe i wynosiło odpowiednio 0,16 i 0,15 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W przypadku pozostałych popłuczyn stężenie chloru wolnego wahało się w granicach od 0,21 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w B19 do 0,94 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w B16 (rys. 4). Tak wysokie stężenia chloru wolnego uniemożliwiają bezpośrednie odprowadzanie popłuczyn z instalacji basenowych do wód lub do ziemi. Podobnie jak w przypadku nadmiernej ilości zawiesin, potrzebny był czas, by stężenie chloru wolego uległo zmniejszeniu do wymaganego 0,2 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Ponieważ złoża płukane są w godzinach wieczornych, następane oznaczenie zawartości chloru wolnego w próbkach popłuczyn wykonano po 12 godzinach. Redukcja chloru wolnego wynosiła od 37,9% w B3 do 94,7% w B2, a zawartość chloru od 0,02 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> do 0,20 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W przypadku popłuczyn z B3, B10, B15 i B22 zawartość chloru wolnego zmierzono po 2 godzinach i otrzymano wartości odpowiednio: 0,18; 0,15; 0,12 i 0,18 mg Cl<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (rys. 4).



Rys. 4. Zawartość chloru wolnego w popłuczynach w czasie poboru próbki, po 2 h i po 12 h

Fig. 4. The content of free chlorine in the washings during the sampling, after 2 h and 12 h

## Wnioski

1. Objętość i jakość popłuczyn odprowadzanych z obiegów basenowych była różna i zależała od objętości wody używanej do płukania oraz warunków eksploatacji obiegu

- basenowego, tj. długość cyklu filtracyjnego, liczby filtrów, ich wydajności i rodzaju złoża.
2. Popłuczyny odprowadzane z badanych instalacji basenowych nie mogły być bezpośrednio zagospodarowane ze względu na ilość zawieszin ogólnych  $\geq 35 \text{ mg/dm}^3$  i zawartość chloru wolnego  $\geq 0,2 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ .
  3. Test opadalności zawiesin w leju Imhoffa wykazał, że dwugodzinny czas sedymentacji daje sposobność wykorzystania wód nadosadowych w 19 spośród 26 badanych obiegów.
  4. Dwugodzinny czas sedymentacji w większości przypadków można było uznać za wystarczający pod względem redukcji ilości zawieszin, ChZT, BZT<sub>5</sub>, N<sub>og</sub> oraz redukcji zawartości chloru wolnego w wodzie nadosadowej.
  5. W każdym przypadku po procesie sedymentacji można by zastosować procesy i urządzenia (np. ultrafiltrację, odwróconą osmozę [17]) umożliwiające wykorzystanie wody odzyskanej z popłuczyn jako np. wody uzupełniającej straty w obiegach basenowych.
  6. pH popłuczyn, temperatura, zawartość P<sub>og</sub> i w znacznej większości próbek zawartość N<sub>og</sub> nie przekraczały dopuszczalnych wartości określonych w rozporządzeniu w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi.
  7. Analiza objętości popłuczyn (od 28 m<sup>3</sup>/miesiąc w B14 do 547 m<sup>3</sup>/miesiąc w B21) oraz kosztów związanych z ich odprowadzaniem do kanalizacji (od 296 PLN/miesiąc w B9 do 3818 PLN/miesiąc w B16) pozwala przypuszczać, że zagospodarowanie wód nadosadowych w dużych obiektach basenowych jest celowe i ekonomicznie uzasadnione.

## Literatura

- [1] Caniani D, Masi SI, Mancini M, Trulli E. Innovative reuse of drinking water sludge in geo-environmental applications. *Waste Manage.* 2013;33:1461-1468. DOI: 10.1016/j.wasman.2013.02.007.
- [2] Filter Backwash Recycling Rule. Technical Guidance Manual. Office of Ground Water and Drinking Water (4606M). EPA 816-R-02-014. [www.epa.gov/safewater](http://www.epa.gov/safewater), 2002.
- [3] Leszczyńska M, Sozański M. Szkodliwość i toksyczność osadów i popłuczyn z procesu uzdatniania wody. *Ochr Środ Zasob Natural.* 2009;40:575-585. [http://www.ios.edu.pl/pol/pliki/nr40/nr40\\_68.pdf](http://www.ios.edu.pl/pol/pliki/nr40/nr40_68.pdf), 2014.
- [4] Kowal AL. Zagospodarowanie osadów i ścieków z zakładów oczyszczania wód. Aktualne zagadnienia w uzdatnianiu i dystrybucji wody. Gliwice: Wyd Politechniki Śląskiej; 2003:151-156.
- [5] Wyczarska-Kokot J, Piechurski F. Ocena filtracji i stopnia zanieczyszczenia wód popłuczynnych w instalacjach basenowych. *Ochr Środ.* 2002;1(84):33-36. [http://www.os.not.pl/docs/czasopismo/2002/Wyczarska\\_1-2002.pdf](http://www.os.not.pl/docs/czasopismo/2002/Wyczarska_1-2002.pdf), 2014.
- [6] DIN 19643: Aufbereitung von Schwimmbad- und Badebeckenwasser; 1997.
- [7] Sokołowski C. Wymagania sanitarno-higieniczne dla krytych pływalni. Warszawa: MZiOS, Departament Zdrowia Publicznego, PZITS, nr arch.760;1998.
- [8] Główny Inspektorat Sanitarny. Wytyczne w sprawie wymagań jakości wody oraz warunków sanitarno-higienicznych na pływalniach. [www.gis.gov.pl](http://www.gis.gov.pl), 2014.
- [9] Piechurski F, Wyczarska-Kokot J. Możliwości oszczędności wody w krytych pływalniach. Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Poznań: Wyd PZITS; 2008:93-103.
- [10] Wyczarska-Kokot J. Jakość wód popłuczynnych z instalacji basenowych w aspekcie możliwości ich zagospodarowania. *Instalacje Basenowe.* Gliwice: Wyd Politechniki Śląskiej; 2005:107-120.
- [11] Korkosz A, Niewiadomski M, Hupka J. Investigation of properties of swimming pool water treatment sediments. *Physicochem Problems of Mineral Proces.* 2011;46:243-252. [http://www.minproc.pwr.wroc.pl/journal/pdf/2011\\_46/FPM%2046/Korkosz%20et%20al..pdf](http://www.minproc.pwr.wroc.pl/journal/pdf/2011_46/FPM%2046/Korkosz%20et%20al..pdf), 2014.

- [12] Prawo ochrony środowiska. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. (DzU Nr 62, poz. 627). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20010620627>.
- [13] Prawo wodne. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. (DzU Nr 115, poz. 1229). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20011151229>.
- [14] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi (DzU 2014, poz. 1800). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20140001800>.
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (DzU 2014, poz. 1482). <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20140001482>.
- [16] Dojlido J, Dożańska W, Hermanowicz W, Koziorowski B, Zerbe J. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Warszawa: Arkady; 2010.
- [17] Reissmann FG, Schulze E, Albrecht V. Application of a combined UF/RO system for the reuse of filter backwash water from treated swimming pool water. *Desalination*. 2005;178:41-49. DOI: 10.1016/j.desal.2004.11.027.

## THE STUDY OF POSSIBILITIES OF WASHINGS REUSING FROM SWIMMING POOL CIRCULATION SYSTEMS

Institute of Water and Wastewater Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice

**Abstract:** Swimming pools are very expensive in terms of exploitation sports facilities, therefore managers of these facilities are looking for methods of reducing the costs of their use. One of the proposed method is the managing of washings previously discharged to the sanitary sewage system. The assessment of possibilities of washings reusing from swimming pool filtration system is based on the limits of basic indicators of pollutants in wastewater discharged to water and soil (temperature, pH, TSS, BOD<sub>5</sub>, COD, TN, TP, free chlorine). The conducted research of washings quality from 26 tested swimming pools have shown that washings quality is dependent on the operating conditions of the circuit pool, including the filter cycle duration and types of filter bed. The parameters which prevents direct management washings were too high content of total suspended solids ( $\geq 35 \text{ mg/dm}^3$ ) and the concentration of free chlorine ( $\geq 0.2 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$ ). Quality washings subjected to sedimentation indicates its usefulness for rational management. The application in swimming pools settling tanks allows discharge sewage systems and drainage supernatants to surface waters or using to irrigation green areas in an environmentally safe way.

**Keywords:** washings, swimming pool water circulation system, washings reusing, sedimentation