

Piotr WICHOWSKI

Katedra Budownictwa i Geodezji SGGW
Department of Architecture and Geodesy WAU

Gospodarka osadowa w Naukowo Badawczej Stacji Wodociągowej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Sedimentary management in the Scientific and Research Water Treatment Station of Warsaw Agricultural University

Słowa kluczowe: woda, popłuczyny, unieszkodliwianie

Key words: water, washings, neutralisation

Wprowadzenie

Surowe wymagania stawiane przez przepisy ochrony środowiska wymuszają prowadzenie w zakładach uzdatniania wody racjonalnej gospodarki osadowej. Pod pojęciem gospodarka osadowa (Technologia usuwania... 1999) rozumiemy całokształt działań (metody, procesy, środki), obejmujących takie przygotowanie lub przeróbkę osadów, które umożliwiają w konsekwencji ich wprowadzenie do środowiska naturalnego lub rekultywowanego, wykorzystanie w gospodarce i w przemyśle, wykorzystanie w technologii wody i ścieków, składowanie, wspólne unieszkodliwianie z osadami ściekowymi.

Osady i popłuczyny są produktem ubocznym, powstającym w wyniku poddawania uzdatnianej wody procesom se-

dymantacji i filtracji pospiesznej. Następuje wówczas wydzielanie makroskopowych cząstek osadu powstałych często z substancji rozpuszczonych oraz cząstek koloidalnych. Tradycyjnie dążono do opracowania skutecznych metod odwadniania osadów. Obecnie ze względu na rosnące wymagania ochrony środowiska poszukuje się ostatecznych metod ich unieszkodliwiania (Elliott i Dempsey 1994, Siwiec 1998).

Bilans masowy i objętościowy osadów i popłuczyn

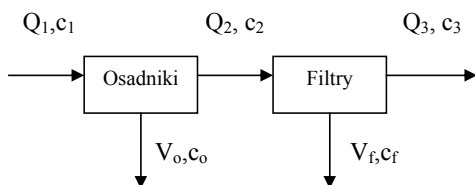
Ważnym etapem w programowaniu gospodarki osadowej jest określenie objętości i masy wody oraz substancji stałej wydzielanych jako produkt odpadowy w procesie uzdatniania wody. Objętość i masa wody oraz fazy stałej w osadach z uzdatniania jest funkcją objętości i składu ujmowanej wody, technologii i efektów jej uzdatniania oraz sposobu eksploatacji (Technologia usuwania... 1999).

Podstawą do obliczeń technologicznych oraz oceny efektywności procesów i urządzeń rozdziału faz, w szczególności osadników i filtrów pospiesznych, jest zasada zachowania masy (materii).

Równania bilansu masowego i objętościowego osadów oraz popłuczyn możemy przedstawić następująco (rys. 1):

$$t_{CS}Q_1c_1 = t_{CS}Q_2c_2 + V_0c_0$$

$$t_fQ_2c_2 = t_fQ_3c_3 + V_f c_f$$



RYSUNEK 1. Schemat przepływu strumieni w stacjach uzdatniania wody

FIGURE 1. Diagram of the flow of streams in water conditioning stations

Zakładając, że godzinowa ilość przepływającej wody przez poszczególne urządzenia układu technologicznego jest taka sama ($Q_h = Q_1 = Q_2 = Q_3$) oraz brak cząstek fazy stałej w filtracie $c_3 = 0$, określamy wartości stężenia fazy stałej w osadach i w popłuczynach według zależności:

$$c_0 = \frac{Q_h t_{CS}}{V_0} (c_1 - c_2)$$

$$c_f = \frac{Q_h t_f}{V_f} c_2$$

gdzie:

c_1, c_2, c_3 – stężenie masowe fazy stałej w wodzie [g/m^3],

c_0, c_f – stężenie masowe fazy stałej w osadach i popłuczynach [g/m^3],

t_{CS} – cykl sedimentacji, tj. czas między kolejnymi czyszczeniami komory osadnika [doby],

t_f – cykl filtracji, tj. czas między kolejnymi płukaniem filtrów [doby],

Q_h – godzinowa wydajność zakładu wodociągowego [m^3/h],

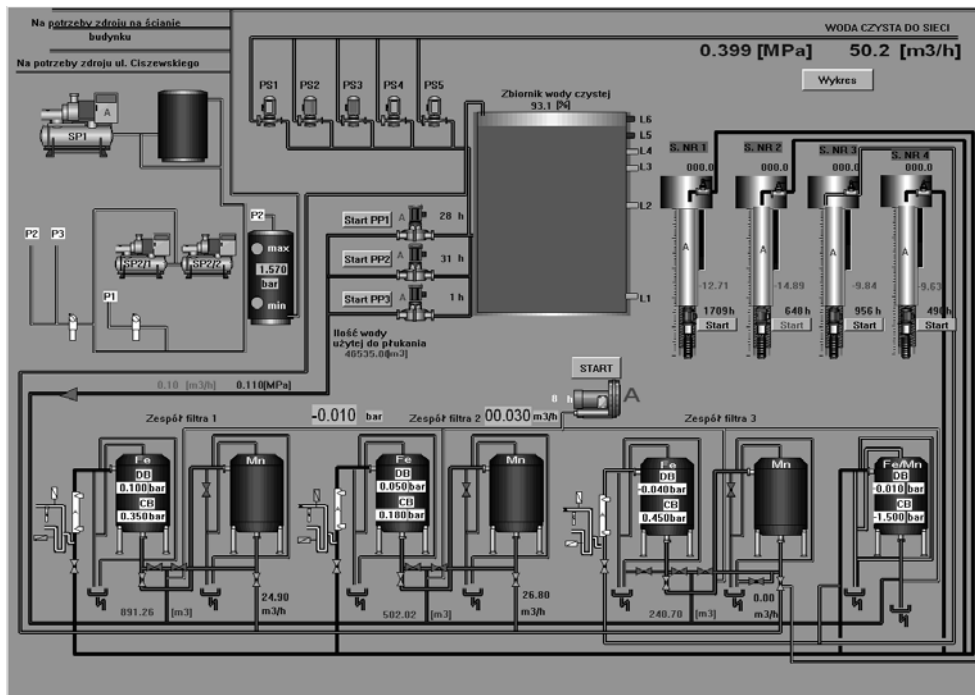
V_0 – objętość osadu usuwanego z osadnika [m^3],

V_f – objętość wód popłucznych [m^3].

Technologia Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej (NBSW)

W układzie technologicznym uzdatniania wód podziemnych Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej zastosowano napowietrzanie ujmowanej wody oraz filtrację na filtrach pospiesznych pierwszego i drugiego stopnia (rys. 2) z pominięciem procesu sedimentacji (zatem $c_1 = c_2, c_0 = 0$). Jest to układ często stosowany przy uzdatnianiu wód podziemnych. W układzie takim powstają popłuczyny z okresowego płukania filtrów odżelaziających i odmanganiających. Faza stała tych popłuczyn zawiera głównie wodorotlenki żelaza i manganu. Dwa lata temu stacja uległa kompleksowej modernizacji i została w pełni zautomatyzowana (Morawski i Stańko 2005). Zastosowana automatyka nie wyklucza możliwości sterowania ręcznego wybranych parametrów technologicznych.

W chwili obecnej płukanie filtrów odbywa się automatycznie. Włączanie pomp płucznych następuje wówczas, jeśli zostanie spełniony jeden z dwóch założonych parametrów. Pierwszym zaprogramowanym parametrem jest ilość



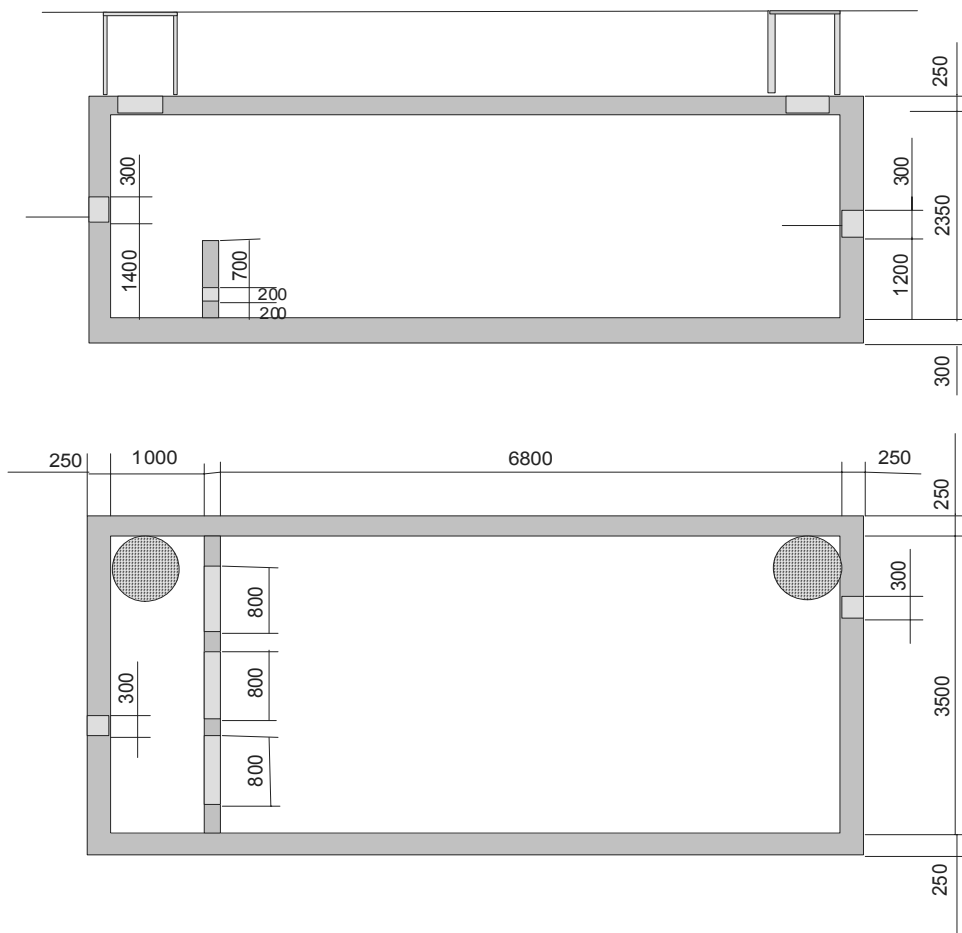
RYSUNEK 2. Schemat technologiczny Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej
 FIGURE 2. Technological diagram of the Scientific and Research Water Pipe Station

wody uzdatnianej, przepływającej przez filtr od ostatniego płukania, drugim – dopuszczalne maksymalne straty ciśnienia na filtrze. Aktualnie zaprogramowana ilość uzdatnianej wody przepływającej przez filtry między kolejnymi płukaniem wynosi 1200 m^3 , natomiast maksymalna wysokość strat hydraulicznych wynosi $5 \text{ m H}_2\text{O}$. W stacji zamontowane są trzy zespoły filtrujące, w których następuje dwustopniowa filtracja. Dwa zespoły służą do uzdatniania wód czwartorzędowych, jeden do uzdatniania wód oligoceńskich. Ilość uzdatnianej wody przepływającej przez filtry między kolejnymi płukaniem jest jednak wielokrotnie mniejsza od uzdatnianych wód czwartorzędowych. W przeprowadzonych poniżej obliczeniach pominięto zespół filtrujący wodę oligoceńską. W NBSW

znajduje się dodatkowy filtr, który nie jest w bieżącej eksploatacji, a jest wykorzystywany do celów badawczych.

Ścieki popłuczne trafiają do osadnika wód popłucznych (rys. 3). Osadnik ten wykonany jest w postaci zbiornika żelbetowego o podstawie prostokątnej (o wymiarach wewnętrznych $8,0 \times 3,5 \text{ m}$) z przegrodą betonową wysokości $1,1 \text{ m}$ ponad dno.

W przegrodzie znajdują się trzy otwory wysokości $0,2 \text{ m}$ i szerokości $0,8 \text{ m}$. Rzędna dna zbiornika znajduje się $3,9 \text{ m}$ poniżej poziomu terenu. Płyta górna znajduje się na głębokości 1 m . W płycie stropowej znajdują się dwa otwory $\phi 600 \text{ mm}$ nadbudowane kręgami betonowymi i zamykane włazami żeliwnymi. Od zewnątrz zbiornik jest za-



RYSUNEK 3. Osadnik wód popłucznych
 FIGURE 3. The washing waters settling tank

bezpieczony powłokami bitumicznymi, a od góry jest ocieplony styropianem. Pojemność czynna zbiornika wynosi 30 m^3 , w tym pojemność osadowa $3,8 \text{ m}^3$ (Operat wodnoprawny... 2004). Przewody doprowadzające do osadnika popłuczyny i odprowadzające wodę nadosadową mają średnicę $\phi 300 \text{ mm}$. Sklarowana woda odprowadzana jest do kanalizacji. Osad jest okresowo wybierany (co około 3 miesiące) i wywożony poza teren stacji.

Obliczenia technologiczne

W obliczeniach technologicznych skoncentrowano się na ustaleniu wartości parametrów bilansu objętościowego i masowego popłuczyn z filtrów pierwszego i drugiego stopnia. Obliczenia wykonano dla dwóch zespołów filtrujących wodę z utworów czwartorzędowych według poniższych równań.

Dobowa objętość popłuczyn (V_d)

$$V_d = \frac{24}{t_f} k F_t q_{pl} (t_{pl1} + t_{pl2}) \quad [\text{m}^3 \text{ popłuczyn/d}] \quad (1)$$

gdzie:

t_f – czas cyklu filtracji [h],

t_{pl1} – czas płukania wodą filtrów pierwszego stopnia [h]; dla NBSW 15 min (0,25 h),

t_{pl2} – czas płukania wodą filtrów drugiego stopnia [h]; dla NBSW 10 min (0,17 h),

k – liczba filtrów w zakładzie (2 odżelaziacze, 2 odmanganiacze),

F_t – powierzchnia jednego filtra [m^2] ($d = 2,4$ m; $F_t = 4,52$ m^2),

q_{pl} – intensywność płukania filtra [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]; 125 $\text{m}^3/\text{h} \leftrightarrow 27,65$ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Czas cyklu filtracji (t_f) w warunkach eksploatacyjnych w NBSW jest wartością zmienną, wynikającą ze zróżnicowanych rozbiórów wody. Przyjmując jednak założoną ilość filtrowanej wody między kolejnymi płukaniami (1200 m^3) oraz średnie dobowe zapotrzebowanie wody ($Q_{dsr} = 924,4$ $\text{m}^3/\text{d} = 38,5$ m^3/h), możemy określić średni czas filtracji na poziomie 31 h. Woda czwartorzędowa uzdatniana jest przez dwa zespoły filtracyjne pracujące równolegle, zatem średni czas filtracji jednego zespołu wynosi 62 h. Czas płukania wodą filtrów pierwszego stopnia (odżelaziaczy) w zaprogramowanym systemie automatycznym wynosi 15 min (0,25 h), natomiast czas płukania wodą filtrów drugiego stopnia (odmanganiaczy) wynosi 10 min (0,17 h). Przed płukaniem filtrów wodą złoza filtracyjne są wznuszone sprężonym powietrzem przez 3 minuty. Powierzchnia jednego filtra wynosi $F_t = 4,52$ m^2 .

Intensywność płukania (q_{pl}) kształtuje się na poziomie 125 m^3/h , co daje nam wielkość jednostkową odniesioną do powierzchni filtra $27,65$ $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Przeciętna dobowo objętość popłuczyn obliczona według wzoru (1) wynosi $V_d = 40,6$ m^3/d ($V_{dFe} = 24,1$ m^3/d z płukania filtrów pierwszego stopnia i $V_{dMn} = 16,5$ m^3/d z płukania filtrów drugiego stopnia).

Programując gospodarkę osadową dla określonej stacji uzdatniania, istotne jest określenie udziału ścieków popłuczynych w stosunku do ilości uzdatnionej wody.

Stosunek dobowej ilości popłuczyn do dobowej ilości uzdatnianej wody (δ_d)

$$\delta_d = 100 \frac{q_{pl}(t_{pl1} + t_{pl2})}{v_f(t_f - t_{pl})} \quad [\%/\text{dobe}] \quad (2)$$

gdzie v_f – prędkość filtracji [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$].

Dla NBSW przeciętna prędkość filtracji wynosi $8,52$ m/h . Zatem δ_d kształtuje się na poziomie $4,4\%$ ($\delta_{dFe} = 2,6\%$, $\delta_{dMn} = 1,8\%$). Według danych zarejestrowanych przez system monitorujący pracę stacji, ilość wody uzdatnionej od modernizacji stacji wynosi $593\,012$ m^3 , natomiast ilość wody zużytej do płukania wynosi $30\,059$ m^3 , co stanowi $5,07\%$ uzdatnionej wody. Rozbieżność może wynikać ze zmian parametrów eksploatacyjnych w trakcie prowadzenia rozruchu stacji oraz z częstszego płukania wymuszanego ręcznie.

Stężenie masowe fazy stałej w popłuczynach (c_f)

$$c_f = \frac{v_f t_f}{q_{pl}(t_{pl1} + t_{pl2})} c_1 \quad [\text{g}/\text{m}^3] \quad (3)$$

gdzie c_1 – stężenie masowe fazy stałej w wodzie dopływającej do filtrów [g/m^3].

Stężenie masowe fazy stałej w wodzie (c_1)

$$c_1 = 1,91[\Delta\text{Fe}] + 2,24[\Delta\text{Mn}] \quad [\text{g}/\text{m}^3] \quad (4)$$

gdzie:

ΔFe – ilość usuwanego żelaza w procesie uzdatniania wody podziemnej [g/m^3],

ΔMn – ilość usuwanego manganu w procesie uzdatniania wody podziemnej [g/m^3].

Ze względu na zastosowaną technologię uzdatniania oraz skład chemiczny wody, faza stała popłuczyn zawiera znaczące ilości wodorotlenków żelaza i manganu. Zawartość tych substancji w wodzie po procesie aeracji możemy obliczyć z równania (4).

Współczynniki w równaniu (4) wynikają ze stechiometrii reakcji chemicznych, uwzględniających przejście rozpuszczonego w wodzie żelaza i manganu w nierozpuszczalne wodorotlenki $\text{Fe}(\text{OH})_3$ i $\text{Mn}(\text{OH})_4$. Zawartości związków żelaza i manganu w wodzie surowej przedstawiono w tabeli 1.

Wartości średnie wynoszą odpowiednio dla Fe – $2,63 \text{ mg}/\text{dm}^3$ i dla Mn – $0,30 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Zgodnie z obowiązującymi przepisami (DzU nr 203 z 2002 r., poz. 1718) zawartość tych pierwiastków w wodzie uzdatnionej wynosi odpowiednio $0,2 \text{ mg}/\text{dm}^3$ i $0,05 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Średnie stężenia żelaza i manganu w wodzie uzdatnianej w NBSW przedstawiono w tabeli 2.

Przyjmując, że obniżenie stężenia żelaza i manganu podczas filtracji pierwszego stopnia wynosi odpowiednio $\Delta\text{Fe} = 2,47 \text{ g}/\text{m}^3$ oraz $\Delta\text{Mn} = 0,11 \text{ g}/\text{m}^3$, możemy według wzoru (4) obliczyć zawartość wodorotlenków żelaza i manganu osadzających się w odżelaziaczu $c_{\text{Fe}} = 4,96 \text{ g}/\text{m}^3$ uzdatnianej wody. Podczas filtracji drugiego stopnia następuje obniżenie stężenie żelaza i manganu odpowiednio $\Delta\text{Fe} = 0,11 \text{ g}/\text{m}^3$ oraz $\Delta\text{Mn} = 0,17 \text{ g}/\text{m}^3$. Zawartość wodorotlenków żelaza i manganu osadzających się w odmanganiaczu, określona według wzoru (4), wynosi $c_{\text{Mn}} = 0,59 \text{ g}/\text{m}^3$. Średnie stężenie masowe fazy stałej w wodach popłucznych z filtrów pierwszego stopnia c_{Fe} obliczone według wzoru (3) wynosi

TABELA 1. Zawartość żelaza i manganu w wodzie z utworów czwartorzędowych podlegającej uzdatnianiu w NBSW

TABLE 1. The contents of iron and manganese in water from quaternary formations undergoing neutralizing in the Scientific and Research Water treatment Station

Lp. No	Miesiąc / Rok Month / Year	Żelazo ogólne General iron [$\text{mg Fe}/\text{dm}^3$]	Mangan Manganese [$\text{mg Mn}/\text{dm}^3$]
1	październik 2005	2,57	0,31
2	listopad 2005	2,71	0,32
3	grudzień 2005	2,41	0,29
4	luty 2006	2,58	0,30
5	marzec 2006	2,84	0,30
6	kwiecień 2006	2,66	0,28
Wartość średnia / Mean value		2,63	0,30

TABELA 2. Stężenia żelaza i manganu w wodzie po poszczególnych etapach procesu uzdatniania
 TABLE 2. Concentrations of iron and manganese in water after particular stages of conditioning

Wskaźnik Index	Jednostka Unit	Woda po aeratorze Water after the aerator	Po filtrach I° After I° filters	Po filtrach II° After II° filters
Żelazo ogólne General iron	mg Fe/dm ³	2,62	0,15	0,04
Mangan Manganese	mg Mn/dm ³	0,28	0,17	n.w.

190 g/m³, natomiast z filtrów drugiego stopnia c_{fMn} wynosi 33 g/m³. W celu określenia zmienności stężenia fazy stałej w popłuczynach w funkcji czasu płukania przeprowadzono badania, dotyczące oznaczenia zawartości suchej masy w wodach popłucznych, przy założeniu, że zawartość substancji rozpuszczonych jest stała.

Metodyka badań

Czas płukania odżelaziacza wynosi 15 minut, aby określić rozkład zmienności zawartości suchej masy w wodach popłucznych w trakcie procesu płukania, pobrano 5 prób w odstępach 3-minutowych (pierwszą próbę pobrano po 1 minucie trwania procesu). Czas płukania odmanganiacza wynosi 10 minut, w trakcie płukania zamierzano pobrać 5 prób w odstępach 2-minutowych (pierwszą próbę pobrano po 1 minucie trwania procesu). W praktyce pobrano cztery próby, gdyż rzeczywisty czas płukania wynosił niecałe 9 minut. Zawartość suchej masy oznaczano w 50 ml wód popłucznych. W trakcie badań oznaczano suchą masę zamiast zawiesiny. Oznaczanie zawiesiny powodowało trudności związane z szybką kolmatacją sączków. Określono stężenie substancji rozpuszczonych w wodach popłucznych na poziomie 430 g/m³ i założono, że jest stałe w trakcie

płukania. Metodykę oznaczenia suchej masy wykonano według PN-78 C-04541. Badania wykonano w okresie od marca do czerwca 2006 roku w Laboratorium Technologii Wody i Ścieków SGGW.

Aby określić właściwości sedymentacyjne wód popłucznych powstających w NBSW, przeprowadzono badania sedymentacji osadów w leju Imhoffa, o objętości 1 dm³. Oddzielnie prowadzono badania dla osadów po odżelaziaczu i po odmanganiaczu. Do tego celu wykorzystano próbki uśrednione, tzn. po 200 ml (odżelaziacz) i po 250 ml (odmanganiacz) z każdej próbki. Badania sedymentacji osadu prowadzono w okresie dwugodzinnym, aby ustalić objętość zawiesiny łatwoopadającej.

Wyniki badań

Wyniki badań wód popłucznych z odżelaziacza i odmanganiacza przedstawiono w tabeli 3.

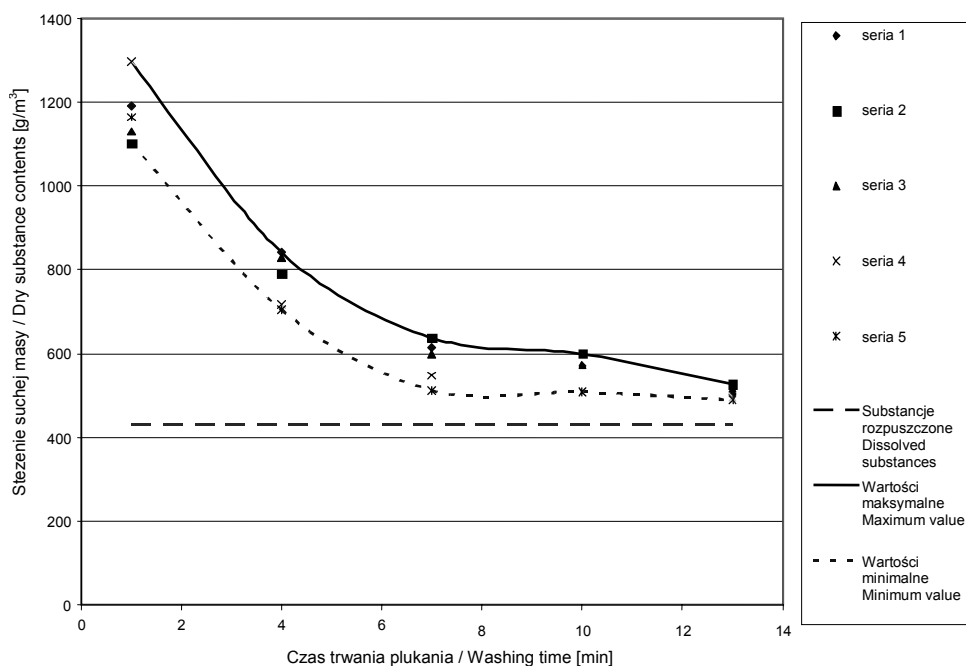
Rozkład zmienności zawartości suchej masy w wodach popłucznych z odżelaziacza przedstawiono na rysunku 4.

Na rysunku 5 przedstawiono rozkład zmienności suchej masy w wodach popłucznych z odmanganiacza.

Wyniki badań sedymentacji uśrednionych próbek z odżelaziacza i odmanganiacza przedstawiono w tabeli 4.

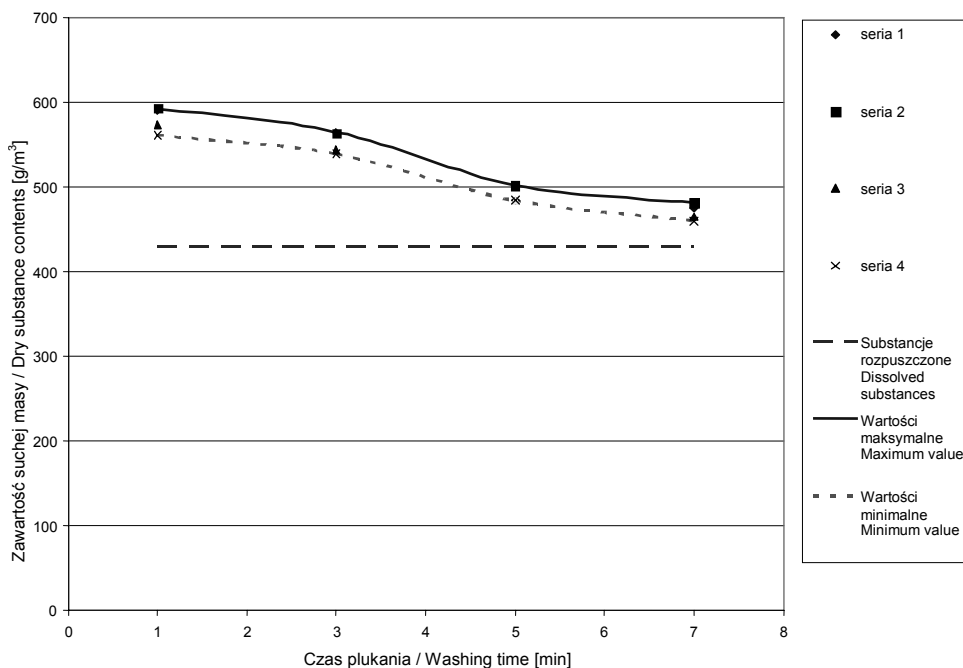
TABELA 3. Zawartość suchej masy w wodach popłucznych z odżelaziacza i odmanganiacza
 TABLE 3. The contents of dry substance in washing waters from iron and manganese remover

Czas od rozpoczęcia procesu płukania [min] Time from the beginning of the washing process	Zawartość suchej masy w wodach popłucznych z odżelaziacza [g/m ³] The contents of dry substance in washing waters from iron remover		Czas od rozpoczęcia procesu płukania [min] Time from the beginning of the washing process	Zawartość suchej masy w wodach popłucznych z odmanganiacza [g/m ³] The contents of dry substance in washing waters from manganese remover	
	zakres zmienności variability range	wartość średnia mean value		zakres zmienności variability range	wartość średnia mean value
1	1102–1296	1176	1	561–593	578
4	704–841	777	3	565–539	552
7	512–638	582	5	484–493	487
10	508–600	552	7	460–475	470
13	490–528	511	9	–	–



RYSUNEK 4. Zmiana stężenia suchej masy w popłucznych z filtru odżelaziającego wodę w funkcji czasu płukania

FIGURE 4. Change of concentration of dry matter in washings from the filter deironing water in the function of the time of the washing



RYSunEK 5. Zmiana stężenia suchej masy w popłuczynach z filtru odmanganiąjącego wodę w funkcji czasu płukania

FIGURE 5. Change of concentration of dry matter in washings from the filter demanganizing water in the function of the time of the washing

TABELA 4. Wyniki badań sedymentacji w leju Imhoffa

TABLE 4. Results of sedimentation studies in Imhoff funnel

Czas sedymentacji [min] Sedimentation time	Objętość osadu z płukania odżelaziacza [cm ³] The volume of the sediment from the iron remover washing	Objętość osadu z płukania odmanganiacza [cm ³] The volume of the sediment from manganese remover washing
15	0,9	–
30	1,6	–
60	2,2	–
90	2,7	–
120	3,0	0,1

Podsumowanie i dyskusja

Wody popłuczne są oczyszczane w procesie sedymentacji zachodzącej w osadniku wód popłucznych. Podczas płukania zespołu filtracyjnego (odżela-

ziacz + odmanganiacz) zużywa się około 52,5 m³ wody. Płukanie filtrów pierwszego i drugiego stopnia bezpośrednio po sobie prowadzi do przeciążenia hydraulicznego osadnika. W celu zwiększenia efektywności pracy osadnika należy płu-

kać filtry w odstępie co najmniej 2 godzin, aby mogła nastąpić sedimentacja zawiesziny łatwo opadającej.

Rozkład stężenia suchej masy w wodach popłucznych z odżelaziacza wskazuje, że już po siedmiu minutach dynamika spadku suchej masy znacznie się zmniejsza. W przypadku odmanganiacza znaczące zmniejszenie się suchej masy w wodach popłucznych zaobserwowano po pięciu minutach. Obserwowane stężenia suchej masy w wodach popłucznych z odmanganiacza są wyraźnie niższe niż w odżelaziaczu. Częstotliwość płukania odmanganiacza może być zatem niższa niż odżelaziacza. Wpłyne to na zmniejszenie obciążenia osadnika pod względem hydraulicznym i jednocześnie zwiększy czas przetrzymania wód popłucznych w osadniku. Zaobserwowano, że rzeczywisty czas płukania odmanganiacza jest nieco krótszy od zaprogramowanego i trwa niecałe 9 minut. Należy rozważyć, czy korzystniejsze jest skrócenie czasu płukania, czy ewentualne zmniejszenie częstotliwości płukania odmanganiacza. Nie bez znaczenia jest również oszczędność wody uzdatnionej zużywanej do płukania. Obecne zużycie wody na cele technologiczne stacji, kształtujące się na poziomie 4–5% uzdatnionej wody, nie należy do wysokich.

Oddzielne płukanie odżelaziacza oraz odmanganiacza może powodować pewne problemy natury eksploatacyjnej, związane z zastosowaną automatyką. Obecnie podczas płukania automatycznego następuje bezpośrednie płukanie po sobie odżelaziacza i odmanganiacza. Należy zatem ręcznie wymuszać opóźnienie w płukaniu filtrów lub wprowadzić korektę w zastosowanym systemie automatycznym. Dwa zespoły filtrują-

ce wodę z utworów czwartorzędowych pracują równolegle i ich płukanie odbywa się w sposób losowy. Należy tak regulować przepływy uzdatnionej wody przez poszczególne zespoły, aby płukanie dwóch zespołów filtracyjnych nie następowało bezpośrednio po sobie lub automatycznie wprowadzić minimalny czas opóźnienia między płukaniem poszczególnych zespołów filtracyjnych.

Na uwagę zasługuje pewna rozbieżność wyników dotycząca stężenia masowego fazy stałej w wodach popłucznych obliczona ze wzoru (3) i rozkładu stężenia masowego określonego doświadczalnie (bez uwzględniania substancji rozpuszczonych). Przyczyną tej rozbieżności mogą być: dokładność badania, inne związki chemiczne (nie tylko wodorotlenki żelaza i manganu) osadzające się na filtrze oraz nieco krótszy rzeczywisty czas płukania odmanganiacza niż zadany w automatycznym sterowaniu.

Literatura

- ELLIOT H.A., DEMPSEY B.A. 1994: Agronomic effects of land application of water treatment sludges. *Journal AWWA* 86, 11: 51–63.
- MORAWSKI D., STAŃKO G. 2005: Naukowo-Badawcza Stacja Wodociągowa SGGW Warszawa. *Forum Eksploatatora* 1/18: 5–11.
- Operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych na terenie Naukowo-Badawczej Stacji Wodociągowej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego 2004. Geo-Com, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. DzU nr 203, poz. 1718.
- SIWIEC T. 1998: Eksperymentalne badania metod oczyszczania wód pochodzących z płukania

filtrów odżelaziających i odmanganiających. Materiały z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”, Poznań: 182–193.

Technologia usuwania i unieszkodliwiania osadów z wody 1999 (red.) M.M. Sozański. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.

Summary

Sedimentary management in the Scientific and Research Water Treatment Station of Warsaw Agricultural University. The article includes technological calculations of the parameters of volume and weight balance of washings from iron and manganese removers.

Research results of the variability distribution of dry substance in washing waters have been presented in the function of duration of filter washing, as well as results of sediment settling research.

The conducted research allowed to optimise the frequency and duration of washing, and as a result to improve the efficiency of settling tank functioning. It also contributed to a less consumption of water for the station's technological purposes.

Author's address:

Piotr Wichowski
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Budownictwa i Geodezji
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland