



Wpływ technologii oczyszczania ścieków na spektrum rozmiarów cząstek w odpływie

*Magdalena Gajewska, Marzena Stosik,
Ewa Wojciechowska, Hanna Obarska-Pempkowiak
Politechnika Gdańska*

1. Wstęp

Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW 2000/60/WE) nakłada obowiązek zapewnienia do roku 2015 „dobrej” jakości wód powierzchniowych. Cel ten ma zostać osiągnięty m.in. przez wprowadzenie zintegrowanej europejskiej polityki wodnej. Podejmowane dotychczas regulacje prawne wprowadzają bardziej rygorystyczne wartości stężeń zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach.

Zanieczyszczeniem, które stanowi najbardziej poważny problem w odpływach z kanalizacji deszczowej są zawiesiny [4, 7]. Pochodzą one m.in. ze: ścierania opon samochodowych oraz nawierzchni, są to też zmiotki uliczne, cząstki pochodzące z erozji gruntu. Królikowski i in. [8] podają, że z 1 ha nieprzepuszczalnej powierzchni spływa rocznie 665 kg zawiesiny ogólnej. W ściekach opadowych przeważa zawiesina mineralna, która stanowi od 90 do 99% zawiesiny ogólnej [4]. Udział zawiesiny organicznej wzrasta jesienią, w okresie opadania liści. Jest również wyższy, gdy w zlewni zlokalizowane są np. place targowe, czy tereny zielone [7, 9].

Natomiast podczas usuwania zanieczyszczeń ze ścieków bytowych w komunalnych oczyszczalniach ścieków jednym z wielu procesów jest transformacja substancji organicznej podatnej na rozkład biologiczny do połączeń stabilnych przy udziale mikroorganizmów. Jednocześnie wiadomo, iż podatność na rozkład biochemiczny jest uwarunkowana w dużym stopniu wielkością cząstek. Jak wynika z praktyki eksploata-

cyjnej, pewna część substancji organicznej i związków biogenych o różnym stopniu zdyspergowania nie jest usuwana w procesach oczyszczania i jest odprowadzana do odbiorników przyczyniając się do ich eutrofizacji [3, 10, 13, 15, 17].

Na cząstkach zawiesiny są zaadsorbowane inne zanieczyszczenia, np. związki organiczne, metale ciężkie, tłuszcze, oleje mineralne i ortofosforany [5, 19]. Według Garbarczyk [4] z zawiesiną ogólną skojarzonych jest do 92% substancji organicznych (ChZT i BZT₅) i do 80% azotu ogólnego a także do 99% węglowodorów i ołowiu. Zatem usuwanie zawiesin w procesach sedymentacji pozwala na jednoczesne obniżenie stężeń innych zanieczyszczeń m.in. niebezpiecznych dla środowiska metali ciężkich [12].

Ostatnio zwrócono uwagę, że bardzo istotnym czynnikiem jest też wielkość cząstek zawiesin, gdyż różne rodzaje zanieczyszczeń adsorbują się na cząstkach o różnej wielkości. Jak podaje Sansalone i in. [16] metale ciężkie są na ogół zaadsorbowane na cząstkach o średnicach mniejszych od 0,63 μm . Zwykle zanieczyszczenia są zaadsorbowane na frakcjach najdrobniejszych (co wynika z ich większej powierzchni właściwej). Według badań Garbarczyk [4] z najdrobniejszą (poniżej 10 μm) i najgrubszą (powyżej 250 μm) frakcją zawiesin skojarzonych jest najwięcej zanieczyszczeń.

Zatem skład granulometryczny zawiesin może mieć bardzo istotne znaczenie dla efektywności oczyszczania ścieków oraz jakości odpływu z oczyszczalni. Może być przydatnym narzędziem wspomagającym projektowanie systemów oczyszczania ścieków w celu lepszej ochrony wód powierzchniowych przed odprowadzeniem niedostatecznie oczyszczonych ścieków.

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu technologii oczyszczania różnych rodzajów ścieków na spektrum rozmiarów cząstek w oczyszczonych ściekach. Badania prowadzono w dwóch komunalnych oczyszczalniach ścieków, oczyszczalni ścieków przemysłowych oraz w systemie hydrotechniczno-hydrofitowym przeznaczonym do oczyszczania wód potoku zasilanych ściekami opadowymi.



2. Metodyka badań

2.1. Obiekty badań

Materiał badawczy stanowiły ścieki bytowe (dwie oczyszczalnie miejskie), ścieki przemysłowe (trzy niezależne ciągi oczyszczania wód i ścieków) oraz wody Potoku Swelina, do którego odprowadzane są ścieki deszczowe. Schemat kolejnych stopni oczyszczania w analizowanych obiektach wraz z miejscem poboru próbek przedstawiono na rys. 1.

Oczyszczalnie ścieków komunalnych

W analizowanych komunalnych oczyszczalniach ścieków w Słupsku i Gdańsku udział ścieków przemysłowych nie przekracza 10% ilości oczyszczanych ścieków. W obu oczyszczalniach stopień mechaniczny stanowią kraty, piaskowniki i osadniki wstępne. W stopniu biologicznym zachodzi efektywne usuwanie substancji organicznej i związków biogennych. Średni dobowy przepływ dla oczyszczalni w Słupsku wynosi 19 647 m³/d, (co odpowiada 200 000 OLM – Obliczeniowej Liczbie Mieszkańców), a dla Gdańska w okresie poboru próbek wynosił od 93 900 do 97 070 m³/d, (co odpowiada 500 000 OLM). Pobierano próbki chwilowe i całodobowe oczyszczonych ścieków, po uprzednim uśrednieniu.

Oczyszczalnie ścieków deszczowych i przemysłowych na terenie rafinerii

Wody drenażowe i wody deszczowe czyste, które nie miały kontaktu z częścią produkcyjną rafinerii poddawane są mechaniczno-chemicznemu oczyszczaniu w następujących urządzeniach: separator, flokulator, flotator i osadnik. Osadnik stanowi zbiornik ziemny o pojemności 12000 m³, skąd wody odprowadzane są do odbiornika (Kanału Rozwójki). Doprowadzana ilość wód wynosi od 200 do 780 m³/h co odpowiada retencji wód w opisanym układzie od 5,8 do 14,3 godziny. Próbkę ścieków pobierane były na dopływie i odpływie ze zbiornika ziemnego.

Dwa pozostałe ciągi technologiczne realizowały oczyszczanie ścieków w tej samej technologii, w następujących po sobie kolejno urządzeniach: zbiornik uśredniający, separator olejowy, flokulator, flotator, reaktor biologiczny, osadnik wtórny. Różnica polegała w jakości ścieków doprowadzanych do obu ciągów. Pierwszy ciąg wód zaolejonych, do



którego napływają ścieki pochodzące z wód opadowych zebranych systemem kanalizacji z obszaru produkcyjno-magazynowego rafinerii. Średnia ilość tych wód wynosi 7500 m³/d. Do części biologicznej tego ciągu doprowadzane są również ścieki sanitarne generowane na terenie zakładu. Dodatkowo na końcu tej linii technologicznej jest zlokalizowany zbiornik retencyjny, wykorzystywany jako źródło wody gospodarczej. Średnia ilość tych wód wynosi 7500 m³/d.

System hydrotechniczno-hydrofitowy

Do Potoku Swelina odprowadzane są ścieki z kanalizacji deszczowej zbierającej spływy z przyległych terenów w liczbie 12 wylotów z kanalizacji deszczowej. W celu ochrony wód Potoku oraz Zatoki Gdańskiej w 1994 roku na Potoku Swelina wykonano obiekt hydrotechniczno-hydrofitowy. Obiekt ten składa się ze zbiornika sedymentacyjno-retencyjnego o pojemności 500 m³ (głębokości ok. 1 m) oraz złoża hydrofitowego (zasiedlonego trzcina pospolita) o pojemności całkowitej 960 m² oraz objętości czynnej 812,4 m³, której miąższość wynosiła 1 m (czas zatrzymania 2 godziny dla przepływu obliczeniowego 30 dm³/s). Oczyszczana woda jest zbierana drenażem rurowym i odprowadzana do studni kontrolnej (punkt poboru próbek nr 3), a stamtąd bezpośrednio do wód Potoku. Średni roczny przepływ w okresie suchym wynosi od 12 do 33 dm³/s w okresie deszczowym. Podczas intensywnych opadów deszczu pierwsza, najbardziej zanieczyszczona fala jest kierowana przez przelew z kratą i piaskownik (punkt poboru próbek nr 1) i zatrzymywana w zbiorniku retencyjnym (punkt poboru próbek nr 2) a następnie oczyszczana w filtrze hydrofitowym [11]. Pobierano próbki po kolejnych stopniach oczyszczania zarówno w czasie pogody deszczowej jak i bezdeszczowej.

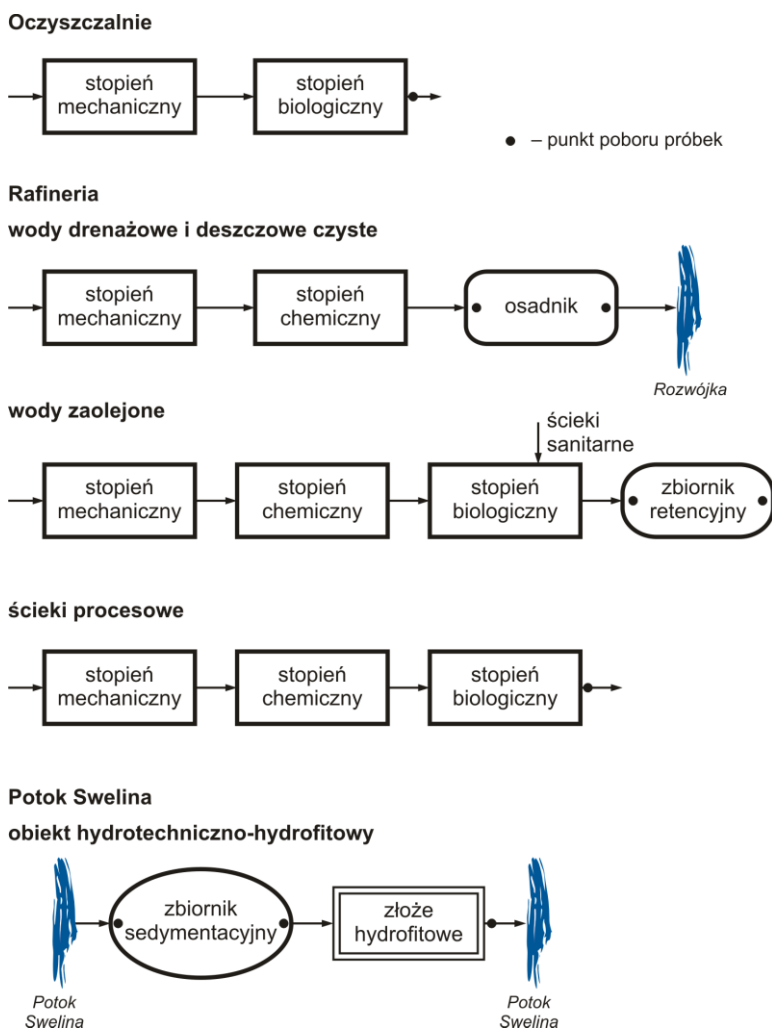
2.2. Zakres wykonywanych analiz

W pobranych próbkach wykonywano pomiary stężeń zawiesiny ogólnej, substancji organicznej (BZT₅ i ChZT). Zastosowane procedury pomiarowe są zgodne z Polskimi Normami i zaleceniami podanymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [14].

Do pomiaru wielkości cząstek zawiesin oraz ich udziału procentowego w jednostce objętości zastosowano granulometr laserowy firmy Malven Instruments Ltd 2000. Obecność cząstek zawiesin w próbce ścieków powoduje rozproszenie światła lasera (dyfrakcję) a kąta załamania



światła jest odwrotnie proporcjonalny do wielkości cząstek. Urządzenie pozwala na pomiar cząstek o średnicach zastępczych w zakresie od 0,02 do 2000 μm oraz przedstawienie wyników pomiarów w postaci histogramów (bądź krzywych „uziarnienia”), pozwalających ocenić spektrum rozmiarów cząstek obecnych w odpływach z analizowanych obiektów.



Rys. 1. Schemat kolejnych stopni oczyszczania w analizowanych obiektach wraz z miejscem poboru próbek

Fig. 1. The scheme of subsequent stages of treatment in analyzed facilities with marked sampling points

3. Wyniki badań

3.1. Jakość wód i ścieków

Charakterystykę jakości analizowanych wód i ścieków podano w tabeli 1.

Jakość surowych ścieków komunalnych była podobna w obu oczyszczalniach. Oczyszczone ścieki spełniały wymagania co do stopnia usuwania zanieczyszczeń i wielkości stężeń zanieczyszczeń odprowadzanych w oczyszczonych ściekach (Dz. U. z 2006 r. nr 137, poz. 984).

Tabela 1. Średnie stężenia zanieczyszczeń w dopływie i odpływie oraz wartości dopuszczalne wg pozwoleń zintegrowanych, [mg/l]

Table 1. Average concentration of pollutants in inflow and effluent as well as discharged limits

Obiekt		Dopływ			Odpływ			Wartości dopuszczalne		
		BZT ₅	ChZT	Zaw. og.	BZT ₅	ChZT	Zaw. og.	BZT ₅	ChZT	Zaw. og.
MOŚ ¹⁾ Wschód		456,7	949,3	482,5	3,3	35,3	5,0	15	124	35
MOŚ Słupsk		410	523	290	1,34	26,6	5,8	15	125	35
Oczyszczalnie na terenie rafinerii	ścieki procesowe	310,0	1579,5	13,1	2,6	30,2	6,4	25	125	35
	wody zaolejone	450,0	948,2	20,5	4,9	46,0	10,7	25	125	35
	wody drenażowe	82,0	147,0	13,0	2,6	30,2	6,4	–	–	35
Obiekt hydrotechniczno-hydrofitowy	okres deszczowy	15,0	98,3	177	12,5	95,3	159,1	–	–	100
	okres bezdeszczowy	10,1	60,5	148,0	7,8	48,7	139,4			

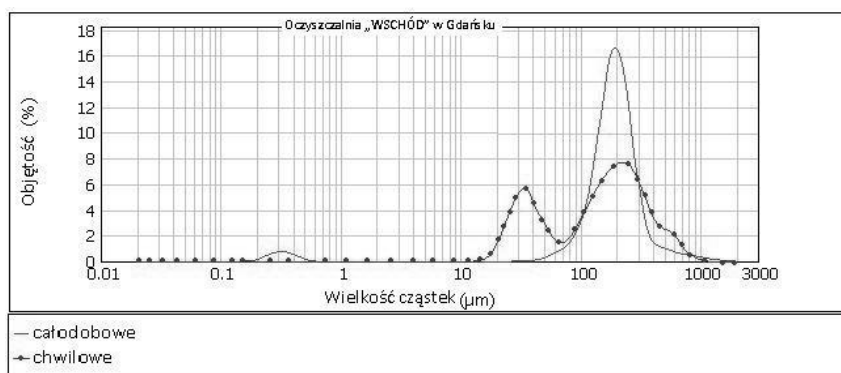
¹⁾MOŚ – miejska oczyszczalnia ścieków



3.2. Spektrum rozmiarów cząstek w badanych wodach i ściekach

Ścieki komunalne

Na rys. 2 i 3 przedstawiano rozkład wielkości cząstek zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach komunalnych. Przeprowadzone badania składu granulometrycznego wykazały w próbkach całodobowych, zarówno w odpływie z oczyszczalni w Gdańsku jak i w Słupsku, znacznie węższy zakres średnic zastępczych w porównaniu do wartości otrzymanych dla próbek chwilowych.

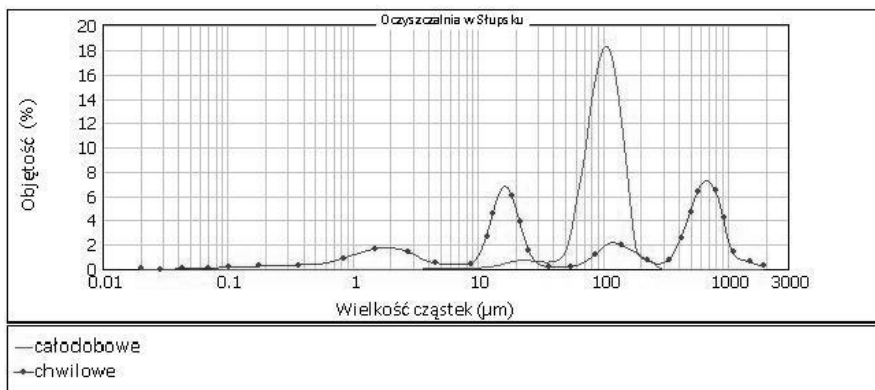


Rys. 2. Spektrum rozmiarów cząstek na podstawie średnich wartości dla próbek całodobowych i chwilowych w odpływie z oczyszczalni w Gdańsku

Fig. 2. Particle size distribution basing on the mean one-day samples and moment samples in the outflow from WWTP in Gdańsk

Dla ścieków oczyszczonych w Gdańsku dla próbek całodobowych występują wyraźne dwa zakresy wartości wielkości średnic zastępczych cząstek. Pierwszy – od 0,2 do 0,8 μm – stanowił niecałe 10% udziału, natomiast drugi zmieniał się od 30 do 1800 μm i stanowił pozostałe 90% w całkowitej wielkości cząstek. Natomiast w próbkach chwilowych średni zakres średnic zastępczych był znacznie szerszy i zmieniał się od 11 do 2000 μm z dwoma wyraźnymi pikami: dla średnic zastępczych od 12 do 13 μm stanowiących 6% i od 110 do 120 μm stanowiących 8% udziału (rys. 2). Natomiast w odpływie z oczyszczalni w Słupsku w próbkach całodobowych średnice zastępcze zmieniały się w zakresie od 10 do 120 μm z jednym bardzo wyraźnym pikiem o wartości odpowiadającej 100 μm i stanowiącym odpowiednio 18% w całkowitej wielkości cząstek. Podobnie jak dla oczyszczonych ścieków w Gdańsku,

dla ścieków w Słupsku zakres średnic zastępczych w próbkach chwilowych był znacznie większy i wynosił od 0,1 do 2000 μm . Zaobserwowano dwa wyraźne piki: od 10 do 12 μm i od 120 do 2000 μm (rys. 3).

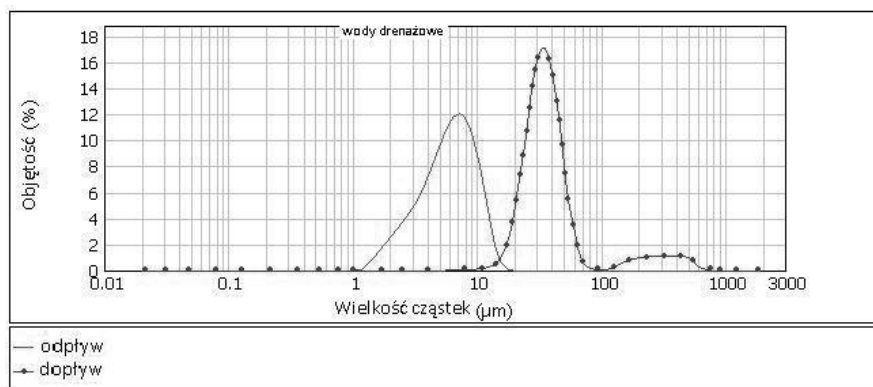


Rys. 3. Spektrum rozmiarów cząstek na podstawie średnich wartości dla próbek całodobowych i chwilowych w odpływie z oczyszczalni w Słupsku

Fig. 3. Particle size distribution basing on the mean one-day samples and moment samples in the outflow from WWTP in Słupsk

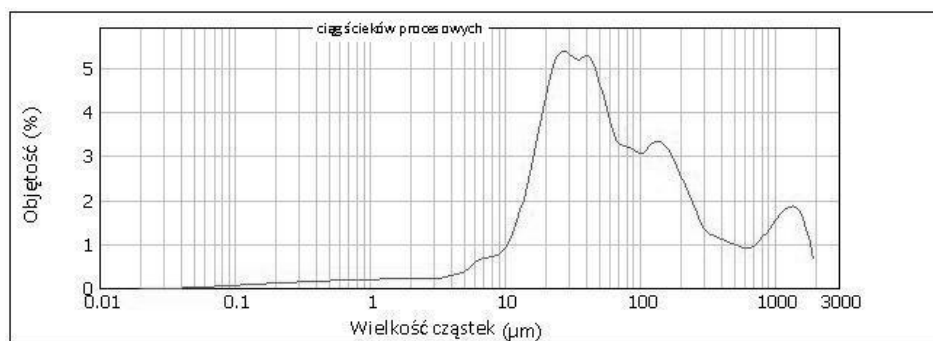
Oczyszczone wody i ścieki przemysłowe

Na rys 4, 5 i 6 przedstawiono rozkład wielkości cząstek w oczyszczanych wodach i ściekach przemysłowych z rafinerii.



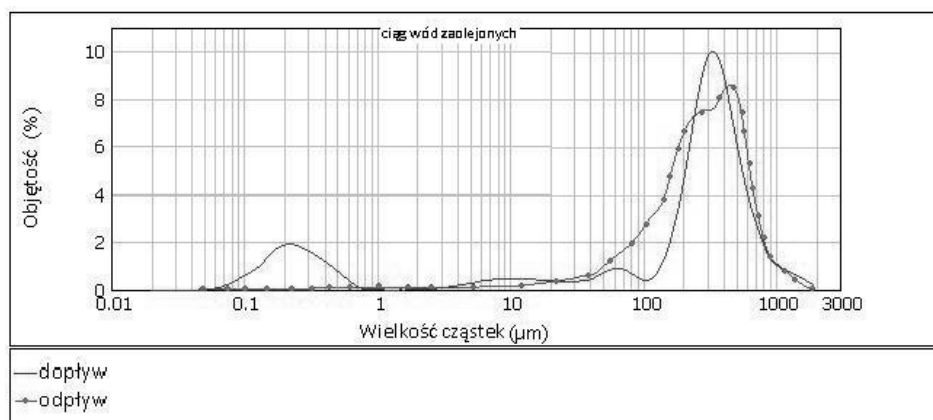
Rys. 4. Spektrum rozmiarów cząstek w dopływie i odpływie ze zbiornika na ciągu oczyszczania wód drenazowych i wód czystych deszczowych

Fig 4. Particle size distribution in the inflow and outflow of the reservoir in the drainage waters and clean storm water treatment line



Rys. 5. Spektrum rozmiarów cząstek zanieczyszczeń w odpływie z ciągu oczyszczania ścieków procesowych

Fig. 5. Particle size distribution in the outflow of industrial wastewater treatment line



Rys. 6. Spektrum rozmiarów cząstek zanieczyszczeń w dopływie i odpływie ze zbiornika retencyjnego na końcu oczyszczania w ciągu oczyszczania wód zaolejonych

Fig. 6. Particle size distribution in the inflow and outflow from retention tank at the end of treatment of the oil-contaminated waters

Badania składu granulometrycznego dla próbek pobieranych na dopływie do zbiornika dla ciągu oczyszczania wód drenażowych i wód deszczowych czystych wykazały, że około 80% zanieczyszczeń doprowadzanych do tego zbiornika charakteryzowało się średnicami zastępczymi z zakresu od 10 do 100 μm a pozostałe 20% od 110 do 1000 μm . Natomiast po zbiorniku zakres średnic zstępczych zawiesin ulegał znacz-

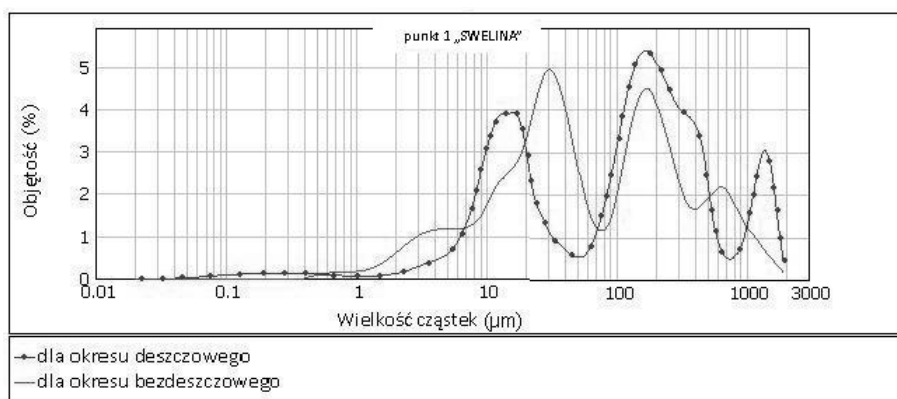
nemu obniżeniu i wyrównaniu i mieścił się w wąskim przedziale od 1 do 11 μm (rys. 4).

W oczyszczonych ściekach procesowych zakres średnic zastępczych był bardzo podobny do zakresu dla oczyszczonych ścieków komunalnych i zmieniał się od 0,1 do 2000 μm z największym udziałem procentowym średnic zstępczych z zakresu od 10 do 2000 μm (rys. 5).

Natomiast w oczyszczonych wodach zaolejanych odprowadzanych do zbiornika retencyjnego odnotowano najszerszy zakres średnic zastępczych zmieniający się od 0,05 do 2000 μm , z niewielkim pikiem w zakresie średnic od 0,05 do 0,6 i znacznie większym wynoszącym do 60% udziału całkowitej objętości cząstek w zakresie od 100 do 2000 μm (rys. 6).

Wody potoku wraz ze ściekami opadowymi

Na rys 7, 8 i 9 przedstawiono rozkład cząstek zanieczyszczeń w kolejnych stopniach oczyszczania obiektu hydrotechniczno-hydrofitowego przeznaczonego do oczyszczania części wód Potoku Swelina zasilanego ściekami opadowymi.

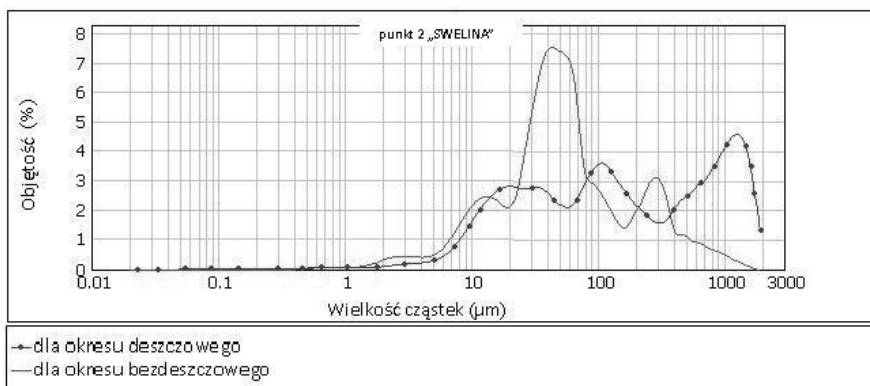


Rys. 7. Spektrum rozmiarów cząstek zanieczyszczeń dla punktu pomiarowego 1 – dopływ do zbiornika retencyjnego w obiekcie Swelina

Fig. 7. Particle size distribution for the sampling point 1 – inflow to the retention tank at constructed wetland Swelina

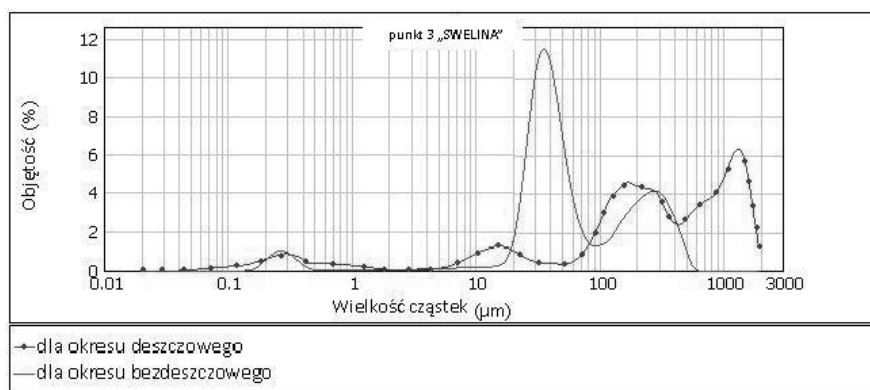
Przeprowadzone badania składu granulometrycznego wykazały, że zanieczyszczenia doprowadzane wraz ze ściekami opadowymi i wodami Potoku do zbiornika retencyjnego różniły się znacznie wielko-

ścią. Średnice zastępcze zawiesin ogólnych w punkcie pomiarowym 1 zmieniały się w szerokim zakresie od 0,05 do 2000 μm zarówno dla pogody deszczowej jak i bezdeszczowej. Dla pogody deszczowej charakterystyczny jest większy procesowy udział cząstek zakresu od 50 do 2000 μm , podczas gdy dla pogody bezdeszczowej przeważają cząstki o wymiarach od 2 do 1000 μm (rys. 7).



Rys. 8. Spektrum rozmiarów cząstek zanieczyszczeń dla punktu pomiarowego 2 – dopływ do złoża hydrofitowego w obiekcie Swelina

Fig. 8. Particle size distribution for the sampling point 2 – inflow to the hydrophyte bed at constructed wetland Swelina



Rys. 9. Spektrum rozmiarów cząstek zanieczyszczeń dla punktu pomiarowego 3 – odpływ ze złoża hydrofitowego w obiekcie Swelina

Fig. 9. Particle size distribution for the sampling point 3 – outflow from the hydrophyte bed at constructed wetland Swelina

Analiza rozkładu wielkości cząstek zawiesin dla punktu 2 wykazała, że podczas pogody deszczowej zmniejsza się w odpływie ze zbiornika udział cząstek o wymiarach mniejszych od 80 μm ale za to zwiększa udział cząstek o wymiarach większych mieszczących się w przedziale średnic zastępczych od 400 do 2000 μm . Podobnie dla punktu 3 czyli po złożu hydrofitowym dla okresu bezdeszczowego w odpływie dominują cząstki o średnicach od 10 do 100 μm podczas gdy dla pogody deszczowej ich udział łącznie wynosi poniżej 10% natomiast dominują cząstki o średnicach od 80 do 2500 μm .

4. Dyskusja wyników

Przeprowadzone badania składu granulometrycznego zawiesin w ściekach oczyszczonych odprowadzanych z komunalnych oczyszczalni ścieków potwierdziły znaczne różnice w zakresach wielkości cząstek w próbkach całodobowych i chwilowych, co wskazuje na niestabilną pracę całej oczyszczalni, bądź osadników wtórnych. Jednocześnie w próbkach całodobowych zakresy wielkości średnic zastępczych dla obu oczyszczalni były bardzo różne i jednocześnie mniejsze w porównaniu do zakresów w próbkach chwilowych. W odpływie z oczyszczalni w Gdańsku dominowały średnice zastępcze zawiesin o wielkościach od 30 do 1800 μm podczas gdy w odpływie ze Słupska od 50 do 110 μm . Jest to szeroki zakres średnic zastępczych typowy dla zanieczyszczeń zarówno koloidalnych jak i zawiesin. Tuszyńska i KołECKA [18] podają jeszcze szerszy zakres średnic zastępczych (0,02 do 2400 μm) dla ścieków oczyszczonych w konwencjonalnej oczyszczalni ścieków i kierowanych do doczyszczania w systemach stawów hydrofitowych.

Geneza oraz charakterystyka jakościowa, jak i sposób oczyszczania, skłania do porównywania wyników badań dla ciągu oczyszczania wód drenazowych i wód deszczowych czystych powstających w rafinerii i w obiekcie na Potoku Swelina. W obiekcie hydrotechniczno-hydrofitowym na Potoku Swelina dla pogody bezdeszczowej przy przepływie laminarnym zatrzymywane były cząstki zanieczyszczeń o wymiarach powyżej 120 μm i w konsekwencji w odpływie ze zbiornika dominują cząstki o wymiarach od 10 do 120 μm . Natomiast podczas pogody deszczowej skrócenie czasu zatrzymania w zbiorniku skutkuje zwiększeniem zakresu średnic zastępczych cząstek zanieczyszczeń odprowadzanych ze zbiornika – dominują średnice od 120 do 2500 μm . Natomiast



w ciągu oczyszczania wód drenażowych i wód deszczowych czystych średnice zastępcze zawiesin odprowadzanych ze zbiornika są znacznie mniejsze i mieszczą się w bardzo wąskim zakresie od 1 do 11 μm , co wskazuje na bardzo stabilną i efektywną pracę zbiornika. Należy jednak zwrócić uwagę, że różnice w pracy obu obiektów mogą wynikać m.in. ze znacznych różnic jakości ścieków odpadowych doprowadzanych do oczyszczania (rys. 4 i 7). Zakres średnic zastępczych zanieczyszczeń doprowadzanych do obiektu na Swelinie był znacznie większy w porównaniu do średnic doprowadzanych do ciągu rafinerii. Podobnie szerokie zakresy średnic zastępczych zanieczyszczeń w ściekach opadowych mierzone były przez Bursztę-Adamiak i Łomotowskiego oraz Bursztę-Adamiak i in. [1, 2].

Porównanie spektrum rozmiarów cząstek zawiesin w odpływie z ciągu oczyszczania ścieków procesowych i wód zaolejonych wykazało znaczną różnicę ich składu, pomimo identycznego sposobu oczyszczania, co potwierdza istotne znaczenie wpływu stopnia dyspersji zanieczyszczeń na skuteczność usuwania. Dodatkowy stopień doczyszczania w ciągu wód zaolejonych w postaci zbiornika retencyjnego pozwolił na zmniejszenie ilości zanieczyszczeń w postaci koloidalnej i zawiesinowej.

Należy zauważyć, że zakresy średnic zastępczych cząstek dla wszystkich analizowanych oczyszczonych wód i ścieków były podobne. Różny był jednak udział procentowy poszczególnych rozmiarów w całkowitej objętości.

Zakres wielkości niektórych cząstek np. od 5 do 400 μm w próbkach po oczyszczeniu w obiekcie na Swelinie pokrywał się ze spektrum rozmiarów komórek glonów np. okrzemek, które są niezwykle cennymi organizmami w procesach renaturalizacji wód.

5. Wnioski

Prowadzone dotychczas badania odnoszą się do określenia spektrum rozmiarów cząstek, zaś nie uwzględniają ich znaczenia jako „potencjalnych nośników” zanieczyszczeń w środowisku przyrodniczym. Opisane wyniki badań mogą przyczynić się do lepszego poznania znaczenia stopnia zdyspergowania cząstek zarówno po procesie oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych oraz ścieków deszczowych zasilających wody powierzchniowe.



Porównanie opisanych ciągów oczyszczenia potwierdziło, że skład wód i ścieków, w tym stopień dyspersji zanieczyszczeń ma istotny wpływ na spektrum rozmiarów cząstek.

Zakresy średnic zastępczych zawiesin dla wszystkich analizowanych oczyszczonych wód i ścieków były podobne jednak różny był udział procentowy poszczególnych rozmiarów cząstek w całkowitej objętości.

Średnice zastępcze dla wszystkich analizowanych wód i ścieków były typowe zarówno dla cząstek koloidalnych jak i zawiesin.



Zakup granulometru laserowego firmy Malven Instruments Ltd 2000 został dofinansowany ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku z zadania „Znaczenie substancji zdyspergowanych w migracji zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych”, nr WFOŚ/D/201/105/2009

Część badań naukowych została wykonana w ramach realizacji Projektu „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju”, współfinansowanego przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, umowa o dofinansowanie POIG.01.01.02-10-106/09-03PT 8. „Użytkowanie i ochrona środowiska w strategii zrównoważonego rozwoju”, PT 8.4. „Odprowadzanie i utylizacja ścieków opadowych z ciągów i placów komunikacyjnych”.

Autorzy składają serdeczne podziękowania: SAUR Neptun Gdańsk S.A, Wodociągi Słupsk Sp. z o.o. oraz Grupie LOTOS S.A za umożliwienie wykonywania badań oraz udostępnienie niezbędnych danych.

Literatura

1. **Burszta-Adamiak E., Łomotowski J., Kuśnierz M., Smolińska B.:** *Oczyszczanie wód z zawiesin w systemach hydrofitowych.* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 12: 483–485 (2011).
2. **Burszta-Adamiak E., Łomotowski J.:** *Odprowadzanie wód opadowych na terenach o rozproszonej zabudowie.* Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, PAN, Oddział w Krakowie, Nr 3/1: 141–153, 2006.
3. **Dymaczewski Z.:** *Charakterystyka frakcji organicznych ścieków miejskich pod kątem modelu osadu czynnego ASM2d.* Przemysł Chemiczny 87/5: 440–445 (2008).
4. **Garbarczyk K.:** *Wpływ składu ścieków deszczowych na zawartość zanieczyszczeń w osadach zatrzymywanych w ulicznych wpustach deszczowych.* XII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu: Problemy gospodarki wodno-ściekowej z terenów rolniczo-przemysłowych. Białystok 2005.

5. **Helman-Grubba M.:** *Wody opadowe: jakość, regulacja, podczyszczanie.* Ekol-Unicon Sp. z o.o., 2008.
6. **Kadlec R.H., Knight R.L.:** *Treatment wetlands.* Boca Ration, FL: CRC Pres. 893 (1996).
7. **Królikowska J.:** *Urządzenia inżynierskie z ruchem wirowym stosowane na sieci kanalizacyjnej do zmniejszenia ładunku zawiesiny w ściekach deszczowych.* Inżynieria Ekologiczna 26: 156–170 (2011).
8. **Królikowski A., Garbarczyk K., Gwoździej-Mazur J., Butarewicz A.:** *Osady powstające w obiektach systemu kanalizacji deszczowej.* Monografia PAN, Białystok 2005.
9. **Królikowski A., Królikowska J.:** *Ocena wpływu współczynników spływu i opóźnienia na przepływy obliczeniowe w sieci kanalizacji deszczowej.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 11. 163–171 (2009).
10. **Mąkinia J.:** *Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems.* IWA Publishing, 389. London 2010.
11. **Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., Stosik M.:** *Constructed wetland systems for aerial runoff treatment in the Gulf of Gdańsk region,* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 13, 173–185 (2011).
12. **Pawłowski L.:** *How heavy metals affect sustainable development.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 13, 2: 51–64 (2011).
13. **Pempkowiak J., Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Ruta D.:** *Oczyszczone ścieki źródłem kwasów humusowych w wodach powierzchniowych.* Przemysł Chemiczny, 87(5): 542–545 (2008).
14. **Rozporządzenie Ministra Środowiska** w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego z dnia 24 lipca 2006 (Dz. U. nr 137, poz. 984) oraz z 28 stycznia 2008 r. (Dz. U. nr 27, poz. 169).
15. **Sadecka Z.:** *Podstawy biologicznego oczyszczania ścieków.* Wydawnictwo „Seidel-Przywecki” sp. z o.o., 220. 2010.
16. **Sansalone J.J., Tribouillard T.:** *Variation in Characteristics of Abraded Roadway Particles as A Function of Particle Size – Implications for Water Quality and Drainage.* J. of Transportation Research Record, 1690, 153–163 (December 1999).
17. **Sattayatewa C., Pagilla K., Pitt P., Selock K., Bruton T.:** *Organic nitrogen transformations in a 4-stage Bardenpho nitrogen removal plant and bioavailability/biodegradability of effluent DON.* Water Research, 43(18): 4507–4516 (2009).



18. **Tuszyńska A., Kolecka K.:** *Wpływ składu granulometrycznego zanieczyszczeń na jakość wód i ścieków oczyszczanych w systemach ekologicznych.* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 12: 486–490 (2011).
19. **Zawilski M.:** *Prognozowanie wielkości odpływu i ładunków zanieczyszczeń ścieków opadowych odprowadzanych z terenów zurbanizowanych.* Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Nr 792, 1997.

Influence of Wastewater Treatment Technology on Particle Size Distribution in the Effluent

Abstract

Suspended solids in water and wastewater usually carry quite a large load of pollutants (organic substances, nutrients, heavy metals, etc.) adsorbed on the particles surface. Particles of different sizes carry different types and quantities of pollutants. Therefore, particle size distribution is of importance in waster and wastewater treatment. In the article the influence of different treatment technologies on particle size distribution in the effluent was assessed. The analyses covered the effluents from two municipal wastewater treatment plants, drainage water, clean stormwater, oil-contaminated water and industrial sewage treated at the oil refinery and the water of a stream contaminated with stormwater run-off, treated in a constructed wetland. The equivalent diameters of particles were similar for all analyzed types of wastewater, however the share of different particle sizes in the total volume was different.

