

Irena Kania-Surowiec¹

ZŁOŻA BIOLOGICZNE W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW Z RECYKLINGU TWORZYW SZTUCZNYCH

Streszczenie. W niniejszej pracy zaprezentowano możliwości wykorzystania złoża biologicznego w oczyszczaniu ścieków pochodzących z recyklingu tworzyw sztucznych. Istnieje wiele aspektów tego zagadnienia, które należy rozważyć, by można było zastosować dane rozwiązanie technologiczne w przemyśle. Dotyczy to między innymi określenie typów badań laboratoryjnych opierających się na analizie zmian zachodzących w złożu podczas oczyszczania ścieków technologicznych, poznania i dobór czynników warunkujących prawidłowy wzrost biofilmu (błony biologicznej) w złożu oraz opracowanie właściwej koncepcji i prototypu instalacji oczyszczającej dla konkretnego zakładu przetwarzania tworzyw sztucznych. To umożliwi określenie parametrów, które wpłyną na zwiększenie wydajności oczyszczania ścieków przy minimalizacji nakładu finansowego ze strony Firmy. Wybór metody oczyszczania ścieków wiąże się również ze strategią ochrony środowiska danego kraju na poziomie przedsiębiorstw określonej w Polityce Środowiskowej. Jest to dodatkowym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem metod biologicznych w oczyszczaniu ścieków przemysłowych.

Słowa kluczowe: ścieki, oczyszczanie ścieków, złoża biologiczne, biofilm, recykling tworzyw sztucznych.

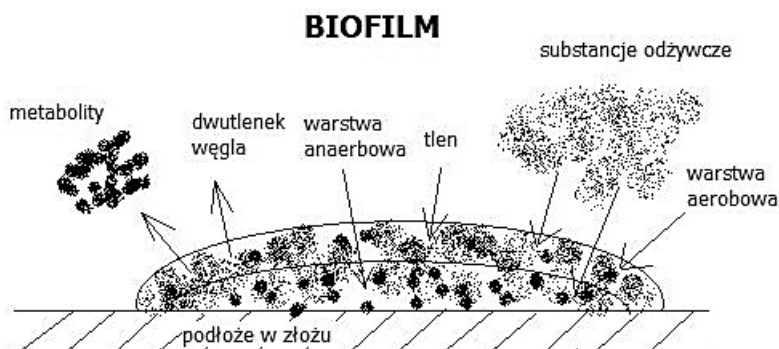
WSTĘP

Złoża biologiczne zostały odkryte w latach 50. XX wieku, jednak na skalę przemysłową nie były stosowane, ponieważ powszechnie wykorzystywano metody konwencjonalne [1]. Metody konwencjonalne oparte o wykorzystanie środków chemicznych przez długie lata, aż po dzisiejsze czasy były i są stosowane w różnych branżach związanych z przemysłem. Zaletą metod konwencjonalnych jest wydajność procesu w krótkim czasie, co przemawiało za ich powszechnością w przemyśle. Procesy chemiczne polegające na wiązaniu w większe agregaty zanieczyszczeń, a następnie „strącaniu” ich ze strumienia ścieków posiadały wady związane z wykorzystaniem agresywnych detergentów oraz z pojawiającym się problemem zagospodarowywania osadów zawierających metale ciężkie [2]. Rewolucja przemysłowa, a następnie nowe spojrzenie człowieka przez pryzmat „zrównoważonego rozwoju” dały nowe możliwości związane z upowszechnianiem metod biologicznych w przemyśle. Pojawiły się

¹ Politechnika Śląska, Katedra Biotechnologii Środowiskowej, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 2a, e-mail: irena.kania-surowiec@polsl.pl

trendy, motywujące do szukania nowych rozwiązań technologicznych w dziedzinie oczyszczania ścieków. Również zjawisko polegające na dobrowolnym przystąpieniu przez firmy do Wspólnotowego Systemu Ekzarządzania i Audytu (EMAS, Eco-Management and Audit Scheme), opartego na odpowiedzialnym zarządzaniu środowiskiem wg ściśle określonych norm i przepisów prawnych obowiązujących w danym kraju jest kolejnym krokiem, który potwierdza zmiany zachodzące w odpowiedzialności firm za środowisko. Przykładem jest wprowadzanie coraz częściej procedury LCA (Life Cycle Assessment), która przyczynia się do promowania i podkreślania pozytywnego zastosowania metod biologicznych w oczyszczaniu ścieków [3]. Ważnym argumentem jest to, że metody biologicznego oczyszczania są odwzorowaniem naturalnych procesów zachodzących w środowisku naturalnym. Innowacją jest podejście do zagadnienia, które określi w jaki sposób modelowanie matematyczne można wykorzystać do opisanie i kontrolowania procesów biologicznych w instalacjach oczyszczających ścieki na liniach technologicznych oraz możliwości dopasowanie danej metody biologicznej do rodzaju ścieków związanych z danym sektorem działalności.

Złoża biologiczne według definicji są to urządzenia techniczne wykorzystujące naturalne zjawisko rozwoju mikroorganizmów na danym podłożu (wypełnieniu) podczas rozkładu związków organicznych [4, 1]. Zasada działania złoża biologicznego opiera się na dopływie zanieczyszczeń, które w trakcie natleniania np. przez ruch obrotowy złoża, (lub dodatkowo zainstalowane aeratory) oraz przez procesy enzymatyczne mikroorganizmów zanieczyszczenia są rozkładane i immobilizowane wewnątrz struktury biofilmu. Niektóre związki chemiczne zatrzymywane są na powierzchni warstwy błony biologicznej. W ten sposób biofilm działa jak pół-selektywnie przepuszczalna błona biologiczna. Tlen atmosferyczny pełni ważną funkcję, ponieważ przenika warstwę biofilmu intensyfikując procesy biologicznego rozkładu prowadzone przez osiadłe mikroorganizmy w zewnętrznej części nazywanej warstwą aerobową. W wewnętrznej części tworzy się warstwa anaerobowej, gdzie rozkładane są niektóre substancje w procesach beztlenowych.



Rys. 1. Struktura biofilmu. Opracowanie własne
Fig. 1. Structure of the biofilm. Prepared by myself

Zawartość związków organicznych w ściekach surowych powoduje szybki przyrost biomasy, który w przypadku złóż biologicznych obrotowych usuwany jest ze ściekami w postaci dobrze wytworzonych kłaczków [5]. Natomiast w przypadku innych złóż nadmiar biofilmu usuwany jest w trakcie rutynowych procesów czyszczenia instalacji raz do roku.

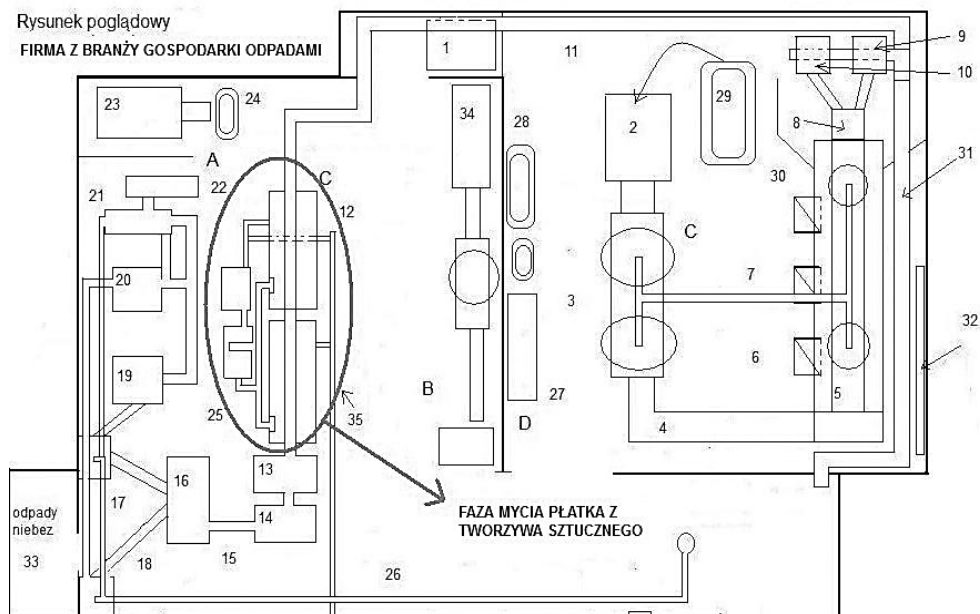
Ze względu na wypełnienie wyróżniamy złoże stałe i ruchome. Oprócz tego istnieją inne podziały w zależności od sposobu działania oraz przepływu. Charakterystyczną cechą złóż biologicznych przemawiających za zastosowaniem ich w konkretnej branży przemysłowej jest możliwość oczyszczenia ścieków o dużym ładunku zanieczyszczeń związkami organicznymi tak jak z przemysłu spożywczego i piwowarskiego [1]. Wysoka wydajność oczyszczania jest zależna od szybkości obrotowej i stopniem zanurzenia tarcz (złoże obrotowe) lub od stopnia natlenienia tarcz i wypełnienia (złoże zalewowe, złoże zraszane) [6]. Obecnie złoże są modernizowane poprzez wykorzystanie coraz nowszych materiałów stosowanych do wypełnienia np. chalcedonitu – krzemionkowej skały osadowej [7] lub kształtki z polipropylenu.

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW TECHNOLOGICZNYCH

Oczyszczanie ścieków technologicznych jest jednym z podstawowych elementów zasady „czystszej produkcji” stosowanej coraz powszechniej w przemyśle, opartej na dwóch działaniach. Pierwsze działanie polega na redukcji odpadów u źródła, a drugie na recykulacji odpadów wytworzonych [8]. Do procesu recykulacji należy między innymi oczyszczanie ścieków i powtórne zawracanie do obiegu produkcyjnego wody oczyszczonej zgodnie z czterema strategiami ochrony środowiska (rozcieńczenie, filtrowanie, recykling i zapobieganie). Obecnie wykorzystuje się w pierwszej kolejności strategię zapobiegania, następnie filtrowania oraz recykulacji. W zależności od gałęzi gospodarki przemysłowej ścieki powstające na linii technologicznej mają określone właściwości. Metody tradycyjne sprowadzają się do procesu koagulacji i flokulacji w trakcie których wytrącają się agregaty substancji zanieczyszczających w postaci kłaczków ze strumienia ścieków. Osady powstałe w wyniku oczyszczania chemicznego posiadają podwyższone zawartości aluminium i innych metali ciężkich stosowanych w koagulantach i flokulantach [9].

Analizując model bilansu materiałowego w procesie produkcji dostrzega się prawidłowość, która opisuje dlaczego wykorzystane są metody konwencjonalne i w jaki sposób można zachęcić przedsiębiorcę do zastosowania metod biologicznych. Zależność ta opisuje stosunek pomiędzy masą wejściową oraz produktem i odpadami usuwanymi i likwidowanymi [8]. W ekonomii zachowanie dysproporcji po prawej stronie równania pomiędzy ilością produktu i odpadami na korzyść produktu jest korzystne dla budżetu przedsiębiorstwa. Dlatego kładzie się nacisk między innymi na recykulację ścieków, które kolejny raz wykorzystywane są jako materiał wejściowy przy zachowaniu najniższych kosztów. Również procedura LCA, która ocenia wpływ

procesu technologicznego na obciążenie środowiska [3], w zaleceniach preferuje metody biologiczne, które obniżają jakościowe i ilościowe obciążenie środowiska. Szeroki zakres metod biologicznych daje duże możliwości dla konkretnej branży jak recykling tworzyw sztucznych, który jest tworzony przeważnie przez małe i średnie przedsiębiorstwa.



Legenda:

A - granulator do metali nieżelaznych, B - linia do wytłaczania, C - linia do tworzyw sztucznych, D - prasa belująca do papieru,

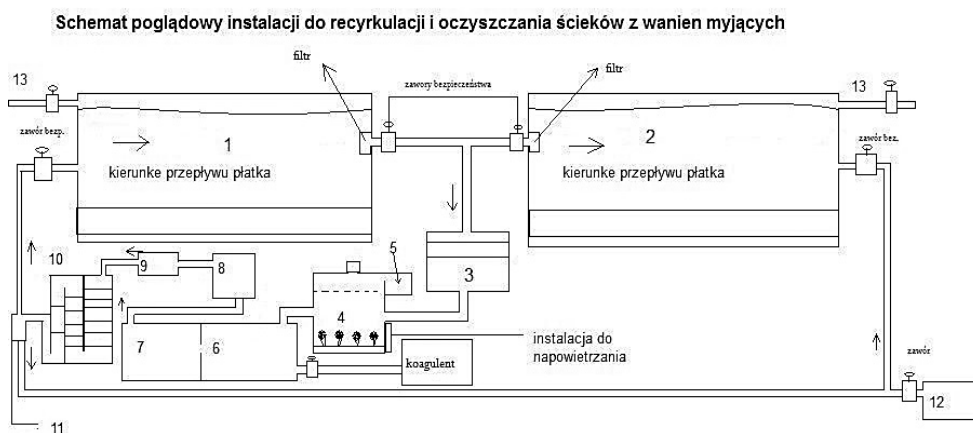
1 - shredder niskoobrotowy duży, 2 - młyn tnący Teon + ślimak podający, 3 - bęben odsiewowy, 4 - taśma podająca, 5 - stół sortowniczy, 6 - big-bag na papier, 7 - big-bag na stłuczkę, 8 - elektromagnes, 9 - shredder z nożami na frakcje 16 mm, 10 - shredder z nożami na frakcje 32 mm, 11 - taśmociąg, 12 - wanny myjące, 13 - suszarka pozioma 1, 14 - suszarka pozioma 2, 15 - taśmociąg żmijka, 16 - suszarka pionowa, 17 - taśmociąg żmijka, 18 - zagęszczarka, 19 - mieszalnik 1, 20 - mieszalnik 2, 21 - ekstruder, 22 - stanowisko do gotowych wyrobów (regranulat), 23 - granulator metali nieżelaznych, 24 - stanowisko na gotowe produkty, 25 - instalacja do oczyszczania ścieków z wanien myjących, 26 - instalacja do wentylacji, 27 - prasa belująca, 28 - kontener na stłuczkę, 29 - miejsce na odpady do przetwarzania, 30 - ściany wytłumiające i chroniące przed polem elektromagnetycznym, 31 - podajnik rurowy, 32 - miejsce na gromadzenie odpadów po przesortowaniu, 33 - miejsce czasowego gromadzenia odpadów niebezpiecznych, 34 - linia do wytłaczania.

Rys. 2. Linia do przetwarzania tworzyw sztucznych oraz metali. Opracowanie własne na bazie dokumentów technicznych Firmy Euro-Steel Recykling Sp.z o.o.

Fig. 2. The line for the processing of plastics and metals. Prepared by myself on the basis of technical documents Firms Euro-Steel Recykling Sp.z o.o.

CHARAKTERYSTYKA ŚCIEKÓW Z BRANŻY RECYKLINGU TWORZYW SZTUCZNYCH

Ścieki z branży recyklingu tworzyw sztucznych charakteryzują się podwyższoną zawartością chlorków, azotu azotanowego, azotanów, siarczanów, fosforu i chlorowodoru. Ilości zanieczyszczeń w ściekach zależne są od danej partii surowca, która jest dostarczana na linię przetwarzania tworzyw sztucznych. W skład ścieków technologicznych po procesie odzysku odpadów z tworzyw sztucznych wchodzi również: kleje kazeinowe, skrobiowe i dyspersyjne oraz związki: stabilizatory, konserwanty, związki emulgujące, barwniki, tłuszcze, białka, cukry i środki powierzchniowo czynne [9]. Szeroki zakres substancji pojawiających się w ściekach wymaga zastosowania metody oczyszczającej, która może pracować przy średnim i wysokim obciążeniu zanieczyszczeniami danego układu oczyszczającego. W trakcie wyboru właściwej metody oczyszczania, która będzie zaproponowana do wdrożenia do przemysłu należy przeanalizować proces technologiczny związany z przetwarzaniem tworzyw sztucznych zaprezentowany na rys. 3, gdzie można wyróżnić fazę mycia płátka z tworzywa sztucznego, gdzie powstają ścieki technologiczne.



Legenda:

1 - pierwsza wanna myjąca, 2 - druga wanna myjąca, 3 - skratki o różnej gradacji, 4 – omora do napowietrzenia i odseparowania tłuszczu, 5 - tłuszczownik (do gromadzenia tłuszczu), 6 - osadnik z możliwością dodania koagulanta, 7 - osadnik właściwy, 8 - filtr żwirowy, 9 - pompa wspomagająca, 10 - złożo biologiczne z osadnikiem wtórnym, 11 - stały ph-metr, konduktometr, pompa, 12 – odbiornik kanalizacja ścieków socjalno-bytowych, 13 - dopływ wody z kanalizacji miejskiej

Rys. 3. Rysunek poglądowy instalacji do recyrkulacji i oczyszczania ścieków z recyklingu tworzyw sztucznych z propozycją zastosowania metod biologicznych. Opracowanie własne

Fig. 3. Drawing of the recirculation system and sewage treatment after recycled plastic with proposed use of biological methods. Prepared by myself

Propozycję zastosowania metody biologicznej do oczyszczania ścieków z recyklingu tworzyw sztucznych obrazuje rysunek 3. Wyróżniamy tutaj kilka etapów: odseparowanie tłuszczu, oczyszczanie mechaniczne i biologiczne. Istnieje również system awaryjny, który może wspomagać oczyszczanie za pomocą wykorzystania niewielkich dawek koagulantów. System ten przewidziany jest do wykorzystania w sytuacjach, gdy wystąpią problemy z układem biologicznym.

Według przeprowadzonego przeglądu literaturowego jedną z najczęściej polecanych metod biologicznego oczyszczania ścieków jest złoże obrotowe (STM) [1, 10].

CHARAKTERYSTYKA ZŁOŻA OBROTOWEGO (STM)

Złoże obrotowe opatentowała firma Stahlermatic (STM) jako hybryda istniejących już złożeń tarczowych. Złoże te nie wymaga stosowania biopreparatów wzmagających procesy biologiczne [10, 11]. Według danych literaturowych parametry ścieków komunalnych po oczyszczeniu w złożu biologicznym firmy Aquomatic mieszczą się na poziomie BZT₅ poniżej 40 mg/l (w praktyce 10) ChZT poniżej 150 (w praktyce 60) oraz zawiesina poniżej 50 (w praktyce 10) [5]. Ważną cechą jest wyeliminowanie wad związanych z powstawaniem dużych ilości osadu, jak przy metodzie oczyszczania za pomocą osadu czynnego oraz zachowanie niskiego obciążenia przy wykorzystaniu złożeń zalewowych, czy odpowiednia wysokość przy złożach zraszanych [10]. Kompaktowy kształt złoża obrotowego i lepsza wydajność jest argumentem do zastosowania na skalę przemysłową do ścieków z recyklingu tworzyw sztucznych. Dlatego w trakcie przeglądu dostępnej literatury i analizy dostępnych metod biologicznych- złoże obrotowe zostało zaproponowane do zastosowania w recyklingu tworzyw sztucznych. Zdecydowano się na wprowadzenie modyfikacji dotyczących łopatek (tarcz) złoża obrotowego, kształtu osadnika, jak również sposobu dopływu ścieków do złoża. Propozycje te wnoszą spore zmiany w technologii STM, które będą realizowane w dalszej części projektu w ramach Funduszy Europejskich¹⁾ mającego na celu wdrożenie instalacji do konkretnej branży przemysłowej. Zalety złoża biologicznego można określić w kilku słowach: stabilne procesy oczyszczania, niska awaryjność, łatwa obsługa, niskie koszty związane z eksploatacją. Do wad zalicza się słabą zdolność usuwania fosforu ze ścieków i niską opłacalność przy wykorzystaniu do dużych oczyszczalni ścieków [12]. Próbuje się wprowadzać zmiany wpływające na efekt oczyszczania fosforu i azotu ze ścieków. Propozycją taką jest zastosowanie prądu elektrycznego w złożu czterostopniowym. Efektem jest wzrost denitryfikacji w złożu [13].

¹⁾ Praca dofinansowana w ramach programu operacyjnego Kapitał Ludzki, Poddziałania 8.2.1 Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw. Projekt obejmuje zaprojektowanie i wykonanie instalacji oczyszczającej w skali laboratoryjnej z możliwością wdrożenia w przyszłości do przemysłu po przeprowadzeniu serii badań kontrolnych.

PARAMETRY STM

Złoże biologiczne w trakcie działania może zmieniać barwy od beżowego do czarnego. Jest to uzależnione od stopnia natlenienia. Czarne złoże świadczy o obumieraniu błony biologicznej. Optymalne jest zabarwienie jasno beżowe, co świadczy o dobrym natlenieniu [12]. W trakcie oczyszczania ścieków zachodzi równowaga pomiędzy syntezą nowych komórek, mineralizacją związków organicznych, liczbą mikroorganizmów, a ilością substancji pokarmowych. Matematycznie można to opisać za pomocą równania Eckenfeldera:

$$\Delta X = aSr = a(S_o - S_e)$$

gdzie: ΔX – przyrost biomasy (kg s.m.o/d),
 a – współczynnik syntezy biomasy,
 S_r – usunięty ładunek zanieczyszczeń,
 S_o – ładunek dopływowy,
 S_e – ładunek odpływowy [2].

Na procesy biologicznego rozkładu ma wpływ wiele czynników. Przykładem niekorzystnych zjawisk jest pęcznienie osadu w niskich temperaturach. Również nagłe zmiany odczynu mogą prowadzić do szybkiego obumierania biofilmu w złożu. Poniżej zaprezentowano uzyskane parametry ścieków po oczyszczeniu za pomocą złoża biologicznego-obrotowego. Wyraźnie można wskazać wysoki stopień oczyszczenia ścieków komunalnych, z wyjątkiem zjawiska zwiększenia się zawartości azotu azotanów, która może wynikać z intensywnych procesów przekształcenia azotu amonowego do azotanów [10].

Tabela 1. Parametry fizyczno-chemiczne ścieków oczyszczonych w oczyszczalni ze złożem biologicznym ([10] zmodyfikowana)

Table 1. Physico-chemical parameters of raw sewage and sewage effluent in WWTP operating with RBC ([10] modified)

	ChZT	ChZT'	BZT ₅	OWO	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	TKN	PO ₄ ³⁻	P _{og}
	[mg O ₂ /dm ³]			[mg C/dm ³]	[mg N/dm ³]	[mg N/dm ³]	[mg N/dm ³]	[mg P/dm ³]	[mg P/dm ₃]
Ścieki surowe	669,0	333,0	520,0	247,1	21,8	4,1	26,3	68,3	72,0
Ścieki po złożu biologicznym	66,0	42,0	25,0	12,1	1,4	28,2	3,4	29,0	31,0
Stopień oczyszczenia	90,2%	87,4%	95,2%	95,1%	93,58	-312,2	87,1%	57,54	56,95

BIOFILM W ZŁOŻU BIOLOGICZNYM

W trakcie powstawania biofilmu wyróżnia się trzy podstawowe fazy: zasiedlanie (przytwierdzenie do podłoża), kolonizacja oraz wzrost. W pierwszym etapie – zasje-

dlania pojedyncze komórki bakterii ze strumienia ścieków przyczepiają się do podłoża i zaczynają wytwarzać śluz z zawartością polisacharydów, białek, enzymów oraz lipidów (EPS). W kolejnym etapie następuje proces intensyfikacji zasiedlania, czyli kolonizacja. Jest to ciągły proces wychwytywania komórek bakterii ze strumienia ścieków i przyłączanie je do tworzącej się warstwy biologicznej. W ostatnim etapie następuje przyrost biomasy biofilmu poprzez „namnażanie” komórek bakteryjnych oraz zjawisko odrywania fragmentów wytworzonego biofilmu i zasiedlanie nowych miejsc [14,15]. Do wzrostu biofilmu potrzebne są substancje organiczne, które występują w ściekach dopływających do złoża biologicznego. Aktywność tworzenia struktury biofilmu opisuje poniższy wzór matematyczny:

$$(C_{\text{influent}} - C_{\text{effluent}})Q/A \text{ (g/s} \cdot \text{m}^2\text{)},$$

gdzie: C_{influent} – ilość substancji dopływających do złoża,

C_{effluent} – ilość substancji wypływających,

Q – przepływ objętościowy,

A – podłoże wzrostu biofilmu [15].

Komórki biofilmu zachowują się jak biokoloidy wpływając na zatrzymywanie innych koloidów na danej powierzchni. Przykładem jest biofilm wytworzony przez bakterię *P.aeruginosa*, który ma silną tendencję do zatrzymywania jonów Na i Ca na danej powierzchni [16]. Biofilmy preferują podłoża o zwiększonej porowatości z zawartością metali, dlatego chętniej osiadają na podłożach stalowych, a nawet teflonowych. Pomimo tej preferencji błona biologiczna jest w stanie wytworzyć się nawet na powierzchniach gładkich – szkłe oraz tworzywach sztucznych [15, 17]. Wciąż badane są zjawiska: adhezji mikroorganizmów na powierzchni, transport koloidów oraz rola biofilmu w metabolizowaniu zanieczyszczeń. Badania literaturowe wskazują, że w ściekach biofilmy tworzyły najchętniej bakterie *A.calcoaceticus* na 13 wybranych gatunków bakterii. Również medium miało znaczenie, biofilm preferował bardziej środowisko ścieków niż medium glukozy. Na przykładzie *C. denitrificans* biofilm tworzył się najszybciej w medium acetonu. Natomiast słabiej już w fenolu oraz w ściekach. Najslabiej występował w laktozie, glukozie i galaktozie. W zestawieniu wyników pomiędzy biofilmem, a planktonem szybkość wzrostu planktonu była dużo mniejsza, niż wzrost biofilmu w tych samych mediach [16]. Zaobserwowano również, że ilość biofilmu jest większa niż ilość planktonu w ściekach spreparowanych. Nasuwa się wniosek, że w warunkach niekorzystnych biofilm tworzy się szybciej niż nie zintegrowany plankton. Specyficzną cechą biofilmu jest to, że tworząc strukturę złożoną jest odporniejszy na negatywne czynniki zewnętrzne np. wahania temperatury, detergenty, a nawet antybiotyki.

Błonę biologiczną mogą zasiedlać bakterie, ale również inne grupy gatunkowe. W instalacjach technologicznych oczyszczających ścieki obserwuje się zjawisko biofilmu mieszanego. Przykładem są badania przeprowadzone w oczyszczalni ścieków Hajnówka na złożu biologicznym. Badania te wskazują cechy kolejnych etapów dojrzewania biofilmu. Dojrzały biofilm charakteryzuje pojawienie grupy dominującej:

gatunków wrotek i ameb przy obecności bakterii śluzowych. Obserwowanie zmian składu gatunkowego umożliwi określenie fazy tworzenia się błony biologicznej [9].

Tabela 2. Ocena wskaźników biocenotycznych do opisu błony biologicznej na przykładzie oczyszczalni ścieków Hajdów ([9] zmodyfikowana)

Table 2. Rating biocenotic indicators to describe a biological membrane for example Hajdów treatment plant ([9] modified)

	Grupy dominujące	Liczbowo grupy dominujące	Grupy występujące najrzadziej	Inne grupy wg malejącej liczby
Wylot z osadnika I	orzęski osiadłe	52%	wiciowce	korzenożki, orzęski pełzające, orzęski pływające, wrotki
Wylot z komory beztlenowej II	korzenionożki	42%	orzęski pełzające	orzęski pływające, glony, wiciowce, orzeski osiadłe
Wylot z komory tlenowej bioreaktora V	orzęski pływające	40%	orzęski pełzające	korzenożki, wiciowce, wrotki
Wylot z osadnika wtórnego VI	okrzemki	40%	orzęski pływające	korzenionożki, glony, wiciowce

METODOLOGIA BADAŃ BIOFILMU POWIĄZANA Z POTRZEBAMI PRZEMYSŁU

W trakcie pracy instalacji należy przeprowadzić szereg badań podstawowych właściwości ścieków surowych i ścieków oczyszczonych. Zaleca się pomiar ciągły tlenu, odczynu i przewodności na wlocie i wylocie instalacji oczyszczającej. Należy również wspomnieć o wykonaniu na wstępie testów ekotoksyczności ścieków surowych. Badania te określą dopuszczalny stopień toksyczności, przy którym nie występuje zagrożenie zaburzenia pracy złoża biologicznego. Z punktu widzenia funkcjonowania błony biologicznej proponuje się określenie biocenotyczności, oraz badania związane z: analizą struktury błony, pomiarem przyczepności do podłoża, oraz określeniem zawartości składników w EPS [15, 18]. Pomiar ten wykonuje się wg różnej metodyki: jest to analiza pomiaru kąta pomiędzy trzema cieczami dwoma polarnymi i jedną apolarną, analiza próbek ważonych, metoda elektroforezy, metoda testu XTT, metoda zliczania komórek (CFU), oraz analiza struktury przy użyciu dyspersyjnego spektrometru Ramana z mikroskopem konfokalnym [15]. Ostatecznym elementem każdej analizy jest interpretacja uzyskanych wyników poprzez wykorzystanie modelowania matematycznego do określenia zjawiska przyczyna – skutek zachodzącego w trakcie oczyszczania ścieków w błonie biologicznej.

PODSUMOWANIE

Wiele aspektów zagadnienia związanego z wyborem właściwej metody oczyszczania w oparciu o złoża biologiczne dla branży recyklingu tworzyw sztucznych

jest zdeterminowane przez elementy z zakresu ekonomii, przepisów prawa ochrony środowiska, możliwości badań i końcowej interpretacji wyników. Przedstawienie danego zagadnienia w rzeczywistych warunkach mikro i małych przedsiębiorstw, daje nadzieje, że w przyszłości mogą być wprowadzone efektywne metody biologiczne, które zastąpią „przestarzałe” metody konwencjonalne. Jedną z tych propozycji jest złożo obrotowe po spełnieniu określonych kryteriów: wprowadzenie modyfikacji mających na celu usprawnienie systemu, przeprowadzenie badań pod kątem wydajności układu biologicznego oraz analizy właściwości biofilmu przy zachowaniu określonego stopnia oczyszczania ścieków. Na bazie uzyskanych wyników zostanie określony model matematycznego, który być może w przyszłości zautomatyzuje proces kontroli biofilmu w złożu biologicznym na skalę przemysłową.

Praca dofinansowana w ramach programu operacyjnego Kapitał Ludzki, Poddziałania 8.2.1 Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstw pt ”Transfer wiedzy w regionie”

PIŚMIENNICTWO

1. Kempa E.S. 2001. Oczyszczalnie ścieków na obrotowych złożach tarczowych z samorzutnym napowietrzaniem, *Ekotechnika* 3/19/2011
2. Wandrasz J., Biegańska J. 2003. Odpady niebezpieczne podstawy teoretyczne, wyd. Pol. Śląska, Gliwice, str. 147-163
3. Bondaruka J. 2012. Zrównoważony rozwój w teorii i praktyce. Monografia AZR. Katowice
4. Piasny M. 2012. Złoża biologiczne, oczyszczalnie ścieków bytowych. *Magazyn instalator*, 5 (165): 56-57
5. Ryńska J. 2010. Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Login Media. Warszawa, str. 7
6. Łomotowski J. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków, ARKADY, Warszawa 1999
7. Michael M. 2011. Charakterystyka chalcedonitu ze złoża Teofilów pod kątem możliwości wykorzystania w technologii uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 27 (tom1): 51-60
8. Nowosielski R, Spilka M, Kania A. 2010. Zarządzanie Środowiskowe i systemy zarządzania środowiskowego. Wyd. Pol. Śl, Gliwice
9. Skoczko I., Piekutin J. 2012. Inżynieria środowiska- młodym okiem. Wyd. Pol. Białostocka, str. 71-81, 59-65
10. Ignatowicz K., Puchalik M., 2011. Złoża biologiczne jako alternatywa oczyszczania małych ilości ścieków, *Rocznik Ochrona Środowiska*, tom 13, 1385-1404
11. http://www.aquamatic.com.pl/download/technologie_stm.pdf
12. Kołwzan B. 2011. Analiza zjawiska biofilmu- warunki jego powstawania i funkcjonowania. *Ochrona Środowiska* 33 (nr 4)
13. Rodziewicz J, Filipkowska U., Janczukowicz W., Kłodowska I. 2011. Wpływ prądu elektrycznego na procesy nitrifikacji i denitryfikacji na czterostopniowym złożu tarczowym. *Inżynieria Ekologiczna*, 24: 120-128
14. Costerton J.W. 2010. *The biofilm Primer*. Springer. Berlin
15. Lewandowski Z., Beyenal H. 2007. *Fundamentals of biofilm research*. CRC Press, NW, 6-22
16. Andersson S. 2009. Characterization of bacterial biofilms for wastewater treatment, *Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm*, 28-35

17. Frimmel F.H. Kammer F. Fleming H. C. 2007. Colloidal Transport in Porus Media. Springer. Berlin
18. Third International Practical Course On Biofilm Sciences “From Basic To Emergent”, 9-13th of May 2011, Braga,

BIOFILTERS IN WASTEWATER TREATMENT AFTER RECYCLED PLASTIC MATERIALS

Abstract

In this paper the possibility of using biological deposits in wastewater treatment of recycled plastics were presented. There are many aspects of this issue that should be considered to be able to use information technology solutions in the industry. This includes, inter alia, specify the types of laboratory tests based on the analysis of changes in the fluid during the wastewater treatment process, knowledge and selection factors for proper growth of biofilm in the deposit and to develop the right concept and a prototype for a particular processing plant, plastic processing plant. It is possible to determine the parameters that will increase the efficiency of sewage treatment while minimizing the financial effort on the part of the Company. Selection methods of wastewater treatment is also associated with the environmental strategy of the country at the enterprise level specified in the Environmental Policy. This is an additional argument for the use of biological methods in the treatment of industrial waste water.

Keys words: sewage, wastewater treatment, biofilters, biofilm, recycling of plastics.