

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

Iwona Zawieja

**Osady ściekowe
źródłem energii i surowców
w aspekcie
zrównoważonego rozwoju**

Monografia



Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej

Częstochowa 2024

Recenzent

prof. dr hab. Małgorzata Pawłowska

dr hab. Marzena Smol-Aruszanjan, prof. IGSMiE PAN

Redakcja

Joanna Jasińska

Redakcja techniczna

Dorota Boratyńska

Projekt okładki

Dorota Boratyńska

ISBN 978-83-65976-12-3

e-ISBN 978-83-65976-13-0

DOI: 10.17512/CUT/9788365976130

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2024

© Copyright by Iwona Zawieja, Częstochowa 2024

Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, 42-202 Częstochowa, al. Armii Krajowej 36 B
redakcja tel. 34 325 04 80, dystrybucja tel. 34 325 03 93
e-mail: wydawnictwo@pcz.pl, www.wydawnictwo.pcz.pl

Wprowadzenie

Wprowadzenie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym może wpłynąć na zmniejszenie zużycia zasobów i ograniczenie emisji zanieczyszczeń do środowiska poprzez zastąpienie systemu liniowego i niezrównoważonego (ang. take, make, consume and waste) działaniami o charakterze zrównoważonym. W tym kontekście zmiany dotyczą także oczyszczalni ścieków, gdzie podejmuje się działania zmierzające do odzysku cennych składników ze ścieków i osadów ściekowych.

Funkcjonowanie człowieka w sferze życiowej i gospodarczej jest ściśle związane z generowaniem rosnącej ilości ścieków i osadów. Są one poddawane zaawansowanym procesom oczyszczania i zagospodarowania (Zawieja i Worwąg, 2021).

Rosnące zapotrzebowanie na surowce kopalne i zmniejszenie ich pokładów, jak również postępująca degradacja środowiska są przesłankami do poszukiwania nowych źródeł zasobów i energii. Działaniem mającym na celu poprawę stanu środowiska i upowszechnienie wykorzystania energii i surowców pochodzących ze źródeł odnawialnych jest biorafineryjne wykorzystanie osadów ściekowych. Osady ściekowe poddane biorafinacji mogą zostać zastosowane przemysłowo jako surowiec do produkcji biochemikaliów, biomateriałów lub biopaliw.

Odnawialne źródła energii, poprzez swoją wielostronność i wielowymiarowość, mogą znacząco przyczynić się do realizacji polityki regionalnej kraju, wpływając bezpośrednio na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa energetycznego, jak również dotrzymanie wprowadzonych przez Unię Europejską (UE) limitów emisyjnych, dotyczących między innymi wytwarzania gazów cieplarnianych (Zawieja i in., 2010c).

Generowane ścieki i osady charakteryzują się wysokim ładunkiem substancji organicznych i biogennych. W aspekcie zanieczyszczenia zbiorników wodnych, restrykcyjnych wymogów dotyczących jakości ścieków oczyszczonych, wprowadzanych do wód, jak podaje Gromiec (2020), istnieje potrzeba odzysku substancji biogennych z komunalnych osadów ściekowych, zwłaszcza fosforu. Poszukiwanie nowych, alternatywnych źródeł fosforu, będącego między innymi składnikiem do produkcji nawozów mineralnych, jest istotne w z uwagi na znaczne wyczerpywanie się jego pokładów. Pośrednio wpływa to również na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.

Fermentacja metanowa jest powszechnie stosowaną, w dużych oczyszczalniach ścieków, metodą biochemicznej stabilizacji osadów ściekowych w warunkach beztlenowych. Istotnym produktem pośrednim procesu fermentacji beztlenowej są niższe lotne kwasy tłuszczowe, które na drodze dalszych przemian

stanowią kluczowy element platformy karboksylowej, będącej źródłem pozyskiwania biochemikaliów, biomateriałów i biopaliw. Zakłada się, że odzysk surowców z osadów ściekowych będzie stanowił istotny trend w rozwoju oczyszczalni ścieków, a dotychczasowa, konwencjonalna rola oczyszczalni powoli ulega wzbogaceniu i nabiera nowego, kluczowego dla biogospodarki znaczenia.

Jak już pisano, osady ściekowe, powstające w procesie oczyszczania ścieków komunalnych, charakteryzują się dużym ładunkiem związków organicznych i dlatego są wartościowym substratem w procesie fermentacji metanowej. Jednak osady ściekowe wykazują zróżnicowaną podatność na biochemiczny rozkład w warunkach beztlenowych. Większość substancji organicznych w nich zawartych jest związana wewnątrzkomórkowo i w nieznacznym stopniu ulega samorzutnemu procesowi rozkładu. Kondycjonowanie osadów ściekowych z wykorzystaniem metod dezintegracji, tj. fizycznych, chemicznych, biologicznych, i ich kombinacji powoduje dyspersję cząstek fazy stałej, jak również szereg reakcji biochemicznych prowadzących do rozkładu związków organicznych. Dlatego w wyniku kondycjonowania zwiększa się podatność związków organicznych zawartych w osadach na biochemiczny rozkład w warunkach beztlenowych. Uzyskuje się przy tym intensyfikację powstawania lotnych kwasów tłuszczowych podczas fazy hydrolitycznej i acidogennej procesu fermentacji. Pozyskane w ten sposób kwasy małowcząsteczkowe stanowią źródło węgla organicznego dla wyspecjalizowanych mikroorganizmów, których zadaniem jest prowadzenie procesów biotechnologicznych ukierunkowanych na pozyskiwanie konkretnych biomateriałów czy też bioenergii.

Obecnie obserwowane jest rosnące zapotrzebowanie na lotne kwasy tłuszczowe, będące wysokowartościowymi substancjami chemicznymi i, jak podają Asunis i in. (2022), trend ten ma charakter globalny. Należy podkreślić, że istniejąca potrzeba poszukiwań, nowych alternatywnych sposobów produkcji chemikaliów, biomateriałów i biopaliw czyni osady ściekowe cennym surowcem, a nowoczesnym oczyszczalniom ścieków nadaje przyszłościową, istotną surowcowo i energetycznie rolę biorafinerii.

Jak podają Fang i in. (2023), nie ma jak dotąd technologii spełniającej wszystkie oczekiwania w zakresie wydajności, kosztów, ewentualnego zniwelowania wtórnego zanieczyszczenia środowiska. W związku z tym prowadzony jest szereg badań, których potencjalnym efektem jest opracowanie technologii pozyskania z osadów ściekowych materiałów użytkowych (Sundar Rajan i in., 2021). Istnieje możliwość intensyfikacji procesu biochemicznego rozkładu w warunkach beztlenowych i zwiększenia skuteczności pozyskiwania kwasów karboksylowych poprzez dezintegrację osadów ściekowych.

W związku z powyższym – zamierzeniem autorki było przedstawienie z jednej strony aktualnego stanu wiedzy z zakresu technologii fermentacji anaerobowej i technologii pozyskiwania zasobów i energii z osadów ściekowych na bazie platformy karboksylowej, z drugiej zaprezentowanie na tym tle badań własnych, realizowanych na Wydziale Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej. Celem przewodnim eksperymentów przeprowadzonych przez autorkę było

zwiększenie efektywności fermentacji anaerobowej poprzez wdrożenie odmiennych metod dezintegracji, w aspekcie pozyskiwania niższych kwasów karboksylowych, będących produktem pośrednim procesu i cennym źródłem węgla.

W kolejnych rozdziałach pracy przedstawiono istotę biogospodarki opartej na technologii biorafinacji; uwarunkowania legislacyjne krajowe i europejskie dotyczące tego zagadnienia; dokonano charakterystyki osadów ściekowych jako surowca; technologii fermentacji metanowej, z uwzględnieniem czynników, które wskazują na efektywność procesu. Następnie dokonano systematyki stosowanych metod dezintegracji w aspekcie zwiększenia podatności na biodegradację osadów ściekowych; omówiono również technologie pozyskiwania (na bazie platformy karboksylowej) wybranych, najistotniejszych surowców i nośników energii; dokonano podsumowania poprzez odniesienie roli biorafinerii osadowych do koncepcji zrównoważonego rozwoju, wskazując perspektywy dalszego rozwoju technologii.

Zawarte w pracy doniesienia literaturowe autorka poparła wynikami badań własnych oraz wypływającymi z nich wnioskami i ostatecznymi konkluzjami.

Celem przeglądu było wykazanie, że technologia biorafinacji oparta na procesie fermentacji beztlenowej, w którym źródłem są osady ściekowe, może być rozwiązaniem prowadzącym do pozyskania cennych surowców, takich jak: polihydroksyalkaniany, średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe, związki fosforu, jak również źródłem energii, w postaci biogazu, biowodoru i biodiesla. Wdrożenie procesów biorafinacji w oczyszczalniach ścieków jest zagadnieniem zbieżnym z zasadą zrównoważonego rozwoju. Zgodnie z definicją zawartą w Raporcie Brundtland z 1987 roku Światowej Komisji ds. Środowiska i Rozwoju pod tytułem *Nasza wspólna przyszłość* istotą zrównoważonego rozwoju jest „rozwój odpowiadający obecnym potrzebom bez uszczerbku dla możliwości spełnienia swoich potrzeb przez przyszłe pokolenia”. Dlatego ważnym zagadnieniem jest optymalizacja stosowanych rozwiązań procesowych, prowadzących do ograniczenia zużycia surowców, jednoczesnego zmniejszenia ilości odpadów, z możliwością ponownego ich wykorzystania, jak również, pośrednio, ograniczenia emisji gazów cieplarnianych.