

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Eweliny Nowickiej**

przedstawionej w postaci jednotematycznego cyklu publikacji

pt.: „**Niskotemperaturowe kondycjonowanie osadu czynnego nadmiernego**”

promotor: dr hab. inż. Alicja Machnicka, prof. ATH

### **I. Charakterystyka rozprawy. Ocena cyklu publikacji.**

Przedstawiona rozprawa doktorska zgodnie ze znowelizowanymi przepisami Ustawy z dnia 14 marca 2013 r. o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595, z późn. zm.) została złożona do oceny w formie jednotematycznego cyklu ośmiu niżej wyszczególnionych współautorskich prac pod wspólnym tytułem: „Niskotemperaturowe kondycjonowanie osadu czynnego nadmiernego”, opublikowanych w latach 2013-2015:

1. Nowicka E., Machnicka A. (2015): Confirmation of effectiveness surplus activated sludge dry ice disruption by infrared wave analysis. Slovakia: Tatranské Matliare. The 42<sup>nd</sup> International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, 531-551;
2. Nowicka E., Grübel K., Machnicka A. (2015): Polepszenie własności grawitacyjnych osadu nadmiernego poddanego wstępnej obróbce. Inżynieria Ekologiczna, 41, 90-96; 9 pkt MNiSW
3. Nowicka E., Machnicka A., Grübel K. (2015): Improving of anaerobic digestion by dry ice disintegration of activated sludge. Ecological Chemistry and Engineering A. 21(2), 211-219; 11 pkt MNiSW;
4. Nowicka E., Machnicka A. (2014): Higienization of surplus activated sludge by dry ice. Ecological Chemistry and Engineering S, 21 (4), 651-660; 15 pkt MNiSW, IF= 0,553

5. Nowicka E., Machnicka A. (2014): Wpływ dezintegracji osadu nadmiernego suchym lodem na uwalnianie materii organicznej i nieorganicznej. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 8, 307-310; 5 pkt MNiSW;
6. Nowicka E., Machnicka A., Grübel K.(2014): Wykorzystanie suchego lodu do dezintegracji osadu czynnego nadmiernego w celu intensyfikacji procesu fermentacji metanowej. *Proceedings of ECOpole* 8(1), 239-247; (p) 6 pkt. MNiSW;
7. Nowicka E., Machnicka A. (2014): Higienizacja osadu nadmiernego suchym lodem. *Proceedings of ECOpole* 7 (2), 673-678, (p) 6 pkt. MNiSW;
8. Nowicka E., Machnicka A. (2013): Ocena skuteczności higienizacji osadu nadmiernego suchym lodem. W: *Współczesne problemy ochrony środowiska*, 105-113. 0 pkt. MNiSW.

Załączone w/w opracowania zostały poprzedzone przewodnikiem, zawierającym kolejno: wykaz zastosowanych oznaczeń i skrótów oraz następujące rozdziały: Wprowadzenie (1), Analiza stanu wiedzy (2), Cel pracy (3), Tezy pracy (4), Metodyka (5) -Opis miejsca poboru próbek osadu do badań i metody dezintegracji osadu nadmiernego suchym lodem, Metodyka badań i zastosowane urządzenia (6), Omówienie wyników (7), Wnioski (8) , Literatura (9) -w podziale na publikacje Autorki stanowiące przedmiot rozprawy i publikacje dokumentujące aktualny stan wiedzy, Kopie publikacji stanowiących rozprawę doktorską (10) oraz Streszczenie (11).

Pani mgr inż. Ewelina Nowicka jest pierwszym autorem we wszystkich wymienionych w rozprawie pracach, co wskazuje na wiodącą rolę Doktorantki w ich opublikowaniu. Dodatkowym potwierdzeniem powyższej oceny jest oświadczenie Autorki o Jej udziale merytorycznym w tworzeniu recenzowanych opracowań, zamieszczone na stronach 33 i 34 przewodnika po cyklu publikacji. Wkład ten polegał na prowadzeniu badań eksperymentalnych, analizie i opracowaniu uzyskanych wyników, zbieraniu piśmiennictwa i pisaniu artykułów/referatu.

Celem dysertacji było wykazanie destrukcyjnego oddziaływania zestalonego ditlenku węgla (suchego lodu) na osad czynny nadmierny, poprzez udokumentowanie następujących w osadzie, w wyniku tego oddziaływania, zmian jego właściwości fizycznych, charakterystyki chemicznej cieczy osadowej, właściwości grawitacyjnych i stanu sanitarnego( higienizacja), a także pozytywnego wpływu na efektywność fermentacji metanowej.

Cel pracy zwykle jest doprecyzowywany tezami, które w tym przypadku dotyczą wpływu niskotemperaturowego kondycjonowania nadmiernego osadu czynnego suchym lodem, na: 1) uwalnianie do jego cieczy osadowej substancji organicznej i nieorganicznej, 2) zmiany właściwości grawitacyjnych osadu, 3) poprawę stanu sanitarnego osadu, oraz 4) wzrost produkcji biogazu w procesie fermentacji osadów z udziałem osadu nadmiernego poddanego wstępnie zamrażaniu/rozrażaniu. W istocie tezy 3 i 4 w brzmieniu, odpowiednio: „*Higienizacja osadu czynnego nadmiernego zestalonym ditlenkiem węgla poprawia jego stan sanitarny*” oraz „*Poddanie osadu czynnego nadmiernego (przeznaczonego do fermentacji) procesowi zamrażania/rozrażania powoduje wzrost produkcji biogazu*” nie zostały sformułowane jasno i precyzyjnie, pozostawiając swobodę ich różnej interpretacji, co nie powinno mieć miejsca w pracy naukowej.

W celu wykazania prawdziwości postawionych tez Doktorantka wykonała badania w skali laboratoryjnej, polegające na przeprowadzeniu kondycjonowania osadu nadmiernego suchym lodem w 4. jego dawkach określonych stosunkiem objętościowym suchego lodu do osadu (1:0,25, 1:0,5, 1:0,75 i 1:1), a następnie ocenie zmian w charakterystyce chemicznej cieczy osadowej, w efektywności sedymentacji przy założonym czasie trwania procesu 30 minut, oraz w efektywności procesu fermentacji osadu z różnym udziałem osadu nadmiernego wstępnie dezintegrowanego suchym lodem w stosunku objętościowym 1:1. Wszystkie badania wykonane w ramach pracy realizowano na osadzie nadmiernym pochodzącym z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków ze zintegrowanym usuwaniem związków organicznych i związków biogenych, charakteryzującym się stężeniem „*substancji zawieszonych*” w zakresie 9,4-10,8 g/dm<sup>3</sup>. Brak jest w pracy informacji o obecności lub nieobecności w układzie oczyszczalni (będącej źródłem osadów do badań) osadnika wstępnego, co wpływa na charakterystykę osadu nadmiernego, jak również nie podano informacji o suchej masie osadu nadmiernego i udziale w suchej masie analizowanego osadu suchej masy organicznej, rzutującej na efektywność procesu fermentacji metanowej. Uzyskane wyniki badań opisano w wyżej wyszczególnionych: 1 referacie i 7. artykułach, operując równolegle dwoma pojęciami: „*kondycjonowanie osadu nadmiernego suchym lodem*” lub/i „*dezintegracja osadu nadmiernego suchym lodem*”.

W referacie (**publikacja nr 1**) zaprezentowano wpływ kondycjonowania osadu nadmiernego suchym lodem na stopień dezintegracji osadu i wielkość jego cząstek (obserwacje z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego), a także wartości/stężenia w cieczy osadowej takich wskaźników jak: ChZT, białka, węglowodany,

RNA,  $N-NH_4^+$  i  $PO_4^{3-}$ , oraz mętność. Wyniki opisujące zmiany charakterystyki cieczy osadowej (wartość średnia z 5. powtórzeń) przedstawiono jedynie graficznie na wykresach słupkowych, bez naniesionych danych liczbowych, z mało czytelnymi wartościami odchylenia standardowego.

W ramach dyskusji uzyskanego w swoich badaniach 14-krotnego wzrostu ChZT cieczy osadowej osadu po kondycjonowaniu osadu nadmiernego suchym lodem w proporcji 1:1 (z poziomu 63 do 889  $mgO_2/l$ ) Autorka przytacza tylko jedną daną z 4. przywołanych tu publikacji innych autorów, która jest ściśle związana ze wzrostem analizowanego wskaźnika w cieczy osadowej w wyniku zamrażania osadu (ponad 15% wzrost rozpuszczonego ChZT), nie komentując jednak tak dużej różnicy w uzyskanych rezultatach własnych i cytowanych badaczy. W odniesieniu do obserwowanego podczas własnego eksperymentu wzrostu stopnia dezintegracji osadów poddawanych działaniu suchego lodu wraz ze zwiększającym się stosunkiem objętościowym suchego lodu do osadu, a także odpowiednio wzrostu w cieczy osadowej mętności, stężenia azotu amonowego, RNA i węglowodanów, Autorka nie podejmuje żadnej dyskusji z wynikami innych badaczy, a obserwowany wzrost stężenia protein uzasadnia jedynie stwierdzeniem (zaczepniętym z publikacji z 2001 roku) o jego uzależnieniu od destrukcyjnego oddziaływania niskiej temperatury na komórki biomasy oraz wprowadzenia enzymów i białek strukturalnych do roztworu. Obserwowane w badaniach własnych zmiany we właściwościach chemicznych cieczy osadowej tłumaczy lizą komórek i uwalnianiem substancji organicznych i mineralnych wewnątrz i zewnątrzkomórkowych do cieczy osadowej. Dla udokumentowania swoich wniosków Autorka przytacza wyniki wyeksponowanego w tytule referatu badania z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni. Uzyskane widma absorpcyjne w zakresie określonych długości fal pozwoliły Autorce na ocenę porównawczą obecności w cieczy osadowej osadu przed i po jego dezintegracji suchym lodem takich grup funkcyjnych jak: amidowe, karboksylowe, tiolowe czy karbonylowe, specyficznych dla struktury białek lub/i węglowodanów - związków, będących składnikiem komórek biomasy, ale także zewnątrzkomórkowych substancji polimerowych (EPS- ang. *extracellular polymeric substances*). Autorka wskazując na wzrost absorbancji w określonych zakresach długości fal w podczerwieni w próbach cieczy pochodzącej z osadów kondycjonowanych coraz większymi dawkami suchego lodu, identyfikuje to z intensyfikacją uwalniania określonych substancji wewnątrzkomórkowych jako następstwo dezintegracji komórek biomasy.

W mojej ocenie twarde wnioskowanie o rozpadzie komórek i uwalnianiu do cieczy osadowej substancji wewnątrzkomórkowych, w oparciu o analizę widm w podczerwieni jest ryzykowne. Grupy funkcyjne, których obecność stwierdzono w widmach podczerwieni są charakterystyczne dla substancji będących składnikiem nie tylko komórek, ale także zewnątrzkomórkowych substancji polimerowych, których masa może stanowić 40-60% masy kłaczków i które, podobnie jak komórki, w swoim składzie zawierają białka, aminokwasy, glikoproteidy, lipoproteidy, polisacharydy, DNA, RNA, aminy, kwasy uronowe, etc. Oznacza to, że wzrost ChZT, mętności oraz stężenia białek, RNA i węglowodanów, analizowanych przez Autorkę w cieczy osadowej osadu poddawanego oddziaływaniu suchego lodu może być, choć oczywiście nie musi, wynikiem jedynie destrukcyjnego oddziaływania suchego lodu na zewnątrzkomórkowe substancje polimerowe bez rozerwania komórek i uwalniania lub/i hydrolizy substancji wewnątrzkomórkowych. Stosunkowo niewielki, bo jedynie 20% wzrost stężenia RNA (ze średniego poziomu 10,1mg/l do poziomu 12,3 mg/l) zdaje się to potwierdzać.

Natomiast, choć w referacie zostało to w mniejszym stopniu wyeksponowane, istotnym dowodem na dezintegrację ścian komórkowych jest wzrost stężenia fosforanów w cieczy osadowej (obecne w komórkach bakterii akumulujących fosfor i nieobecne w EPS), mogą nim być także obrazy SEM (elektronowego mikroskopu skaningowego) dokumentujące wymiar części cząstek osadu poniżej 10  $\mu\text{m}$ . Autorka wykazała w swoich badaniach istotny wzrost stężenia fosforanów z poziomu 4,8 do 133 mg/l, zaś na podstawie obserwacji z wykorzystaniem SEM stwierdza jedynie, że w przeprowadzonych badaniach własnych cząsteczki osadu po procesie kondycjonowania suchym lodem nie przekraczały wielkości 400  $\mu\text{m}$ , przytaczając równocześnie sugerowaną w jednej z pozycji literatury przedmiotu wielkość cząstek osadu na poziomie 1 mm, jako dokumentującą dezintegrację komórek. Zabrakło mi w pracy o charakterze naukowym szerszej dyskusji, która wykazałaby bardziej wnikliwe spojrzenie Autorki na uzyskane obrazy SEM osadu nadmiernego wstępnie kondycjonowanego suchym lodem, na przykład z powiązaniem wielkości najmniejszych cząstek osadu z wielkością bakterii. Choć bakterie wykazują znaczną rozpiętość rozmiarów od 0,2 do 600  $\mu\text{m}$ , to jednak wymiar większości komórek bakteryjnych wynosi 1-10  $\mu\text{m}$ , zatem wykazanie, że w analizowanych próbach osadu istnieją cząstki o wymiarze <10  $\mu\text{m}$  (np. cząstka o długości nawet 2 mm może mieć drugi/trzeci wymiar <10  $\mu\text{m}$ ) mogą stanowić wiarygodny dowód na sformułowaną przez Autorkę tezę o rozpadzie komórek.

Zamieszczone w artykule zdjęcie 9 jest małe i mimo naniesionej nań skali trudno jest, bez wielokrotnego powiększenia tego obrazu, ocenić wielkość najmniejszych widocznych na zdjęciu cząstek osadu. Szkoda, że Autorka mając możliwość korzystania w swoich badaniach ze skaningowego mikroskopu elektronowego nie pokusiła się o lepszą dokumentację zdjęciową najmniejszych cząstek osadu po jego kondycjonowaniu suchym lodem.

W **artykule nr 2** Autorka porównuje zmiany właściwości sedymentacyjnych osadu nadmiernego, w wyniku jego obróbki z wykorzystaniem mikrofal o częstotliwości 2,45 GHz i mocy 900W, przy czasie ekspozycji 120 s, 180 s, 240 s i 300 s, oraz – niezależnie – w wyniku obróbki z wykorzystaniem suchego lodu - dla różnych wartości stosunku objętościowego osadu do suchego lodu, odpowiednio: 1:0,25, 1: 0,5, 1: 0,75 i 1: 1. Jako wskaźniki opisujące zdolność sedymentacji przyjęto: objętość osadu po 30. minutach jego sedymentacji, szybkość sedymentacji, indeks gęstości osadu i indeks objętościowy osadu (artykuł prezentuje jedynie uśrednione wyniki uzyskane w 5. seriach badawczych sedymentacji osadu bez podania wartości minimalnych i maksymalnych lub odchylenia standardowego). Zakresem opracowania objęto także zmiany mętności cieczy osadowej w wyniku analizowanych metod kondycjonowania. Autorka konkluduje, że kondycjonowanie osadu nadmiernego metodami analizowanymi w artykule powoduje (w stosunku do osadu niekondycjonowanego) wzrost mętności cieczy osadowej, spadek wartości indeksu objętościowego osadu (I.O.O.) do poziomu niższego od 100 ml/g s.m. i relatywny wzrost indeksu gęstości osadu (I.G.O.) oraz wzrost efektywności zagęszczania, wraz z czasem oddziaływania mikrofal lub odpowiednio wzrostem stosunku objętościowego suchego lodu do osadu. Wskazuje także na wzrost prędkości sedymentacji w ciągu pierwszych minut procesu w wyniku kondycjonowania osadu nadmiernego objęto analizowanymi w opracowaniu metodami oraz na fakt, że większą efektywność w odniesieniu do korzystnych zmian właściwości sedymentacyjnych osadu nadmiernego uzyskano przy jego kondycjonowaniu suchym lodem. W artykule udokumentowano także wzrost mętności cieczy osadowej w wyniku kondycjonowania osadu objęto analizowanymi tu metodami, przy czym 3-krotnie wyższy wzrost tego wskaźnika obserwowano w przypadku wykorzystania promieniowania mikrofalowego.

Nie znajduję uzasadnienia równoległego operowania dwoma wskaźnikami (indeksem objętościowym i indeksem gęstości osadu), z których jeden jest w istocie odwrotnością drugiego, co Autorka sama potwierdza wzorem (2) w recenzowanym tu artykule. W artykule równanie (1) opisujące wartość indeksu gęstości jest jednak zapisane niepoprawnie, a

niezależnie - wartości tego wskaźnika określone w przeprowadzonych badaniach, których wyniki prezentuje artykuł są o 2 rzędy wielkości za duże, choć nie wpływa to na poprawną ocenę kierunku zmian samego wskaźnika w funkcji warunków realizacji procesu kondycjonowania. Jak jednak wytłumaczyć stwierdzenie, że „*Na podstawie I.G.O. obliczono I.O.O., którego średnia wartość wynosiła 112cm<sup>3</sup>/g dla prób kontrolnych*”, jeśli wartość I.G.O. prezentowana na rys. 1. wynosi dla osadu niekondycjonowanego około 0,9 ? (1/0,9= 1,11).

Nie potrafię także wytłumaczyć, jak Doktorantka prowadząc kondycjonowanie osadu suchym lodem na próbach o objętości 500 ml, proces zagęszczania badała w cylindrach 1000 ml, przy całkowitym ich napełnieniu ? Uwagę zwraca także formułowanie twardej nieudokumentowanych w opracowaniu stwierdzeń, takich jak np.: 1) str. 93 w artykule: „Destrukcja (mikrofalowa i termiczna suchym lodem) kłaczków i mikroorganizmów osadu nadmiernego powodowała uwalnianie wody związanej oraz wody związanej biologicznie, co przyczyniło się do szybszego odwadniania i lepszego zagęszczania osadu.” (podkreślenia recenzenta) ; czy 2) str. 95 w artykule: „Proces zamrażania/rozmarzania był również przyczyną niszczenia struktury kłaczków osadu i "zimnej śmierci" drobnoustrojów, spowodowanych zespołem czynników takich jak: szybkość zamrażania i odmrażania, skład chemiczny środowiska bvtowania, gatunek bakterii, czas zamrożenia, temperatura”. W artykule nie przedstawiono dowodów na dezintegrację komórek biomasy i uwalnianie wody związanej biologicznie, nie analizowano także podkreślonych wyżej czynników mogących potencjalnie mieć na to wpływ. W recenzowanym artykule brakuje także, wymaganego w pracach naukowych, odniesienia do wyników innych badaczy (porównania wyników badań własnych z wynikami badań określonego zagadnienia uzyskanymi przez innych autorów).

W **artykułach nr 3** (w języku angielskim) i **nr 6** (w języku polskim) Autorka omawia identyczne wyniki badań własnych nad intensyfikacją procesu fermentacji metanowej osadu nadmiernego w wyniku wstępnego kondycjonowania określonej jego objętości suchym lodem w stosunku objętościowym 1:1. W pierwszej części obu opracowań zaprezentowano zmiany jakościowe w cieczy osadowej zachodzące w wyniku oddziaływania suchego lodu (dla różnego stosunku objętościowego obu mediów: 1:0,25, 1:0,5, 1:0,75 i 1:1), analizując średnie z 5. powtórzeń wartości ChZT, stężenia węglowodanów i białek oraz uzyskanego stopnia dezintegracji, i wykazując systematyczny wzrost analizowanych wskaźników wraz ze wzrostem udziału suchego lodu w procesie kondycjonowania. Maksymalny stopień dezintegracji wyniósł 49%. W dalszej części opracowań przedstawiono zmiany w ilości produkowanego biogazu podczas prowadzonej przez 23 dni w warunkach laboratoryjnych

fermentacji mezofilowej osadu z różnym udziałem (odpowiednio 20%, 30%, 40%, 50% i 70%) osadu nadmiernego wstępnie kondycjonowanego suchym lodem w stosunku 1:1, zmieszanego z osadem przefermentowanym jako inokulum (30% zawartości komory fermentacji) i osadem niepoddanym działaniu suchego lodu (zawsze uzupełnienie do 100% objętości fermentora). Wyniki odnoszono do tła, które stanowiła produkcja biogazu podczas fermentacji osadu powstałego ze zmieszania osadu nadmiernego nie kondycjonowanego suchym lodem (70%) i osadu przefermentowanego (30%). Można się domyślać (brak dokładnie opisanej metodyki), że proces fermentacji prowadzono w warunkach jednokrotnego napełnienia fermentorów osadem stanowiącym wyżej zdefiniowaną mieszaninę osadów.

Autorka w oparciu o zamieszczony w obu artykułach wykres (wyniki przedstawiono jedynie graficznie) konkluduje, że największą produkcję biogazu, wyższą o 49% w stosunku do osadu- tła, uzyskano w próbie z 30% udziałem osadu kondycjonowanego suchym lodem, oraz że większy udział osadu poddanego zamrażaniu/rozmarzaniu tą metodą prawdopodobnie powoduje za duże obciążenie komory materiałem organicznym, co skutkuje uzyskiwaniem mniejszej produkcji biogazu w stosunku do odnotowanej dla udziału osadu kondycjonowanego w osadzie fermentowanym na poziomie 30%. Nie znalazłam próby wyjaśnienia, dlaczego przy największej produkcji biogazu z osadu zawierającego 30% osadu nadmiernego wstępnie kondycjonowanego suchym lodem i najniższej dla osadu z udziałem 70% osadu (poza tłem), całkowita produkcja biogazu z osadu zawierającego 50% osadu kondycjonowanego suchym lodem jest wyższa od uzyskanej podczas fermentacji osadu zawierającego 40% wstępnie kondycjonowanego suchym lodem osadu nadmiernego. Oczekiwałam także w pracy naukowej dyskusji uzyskanych wyników ukierunkowanej na analizę przyczyn, dlaczego praktycznie w każdym z fermentorów, w którym realizowano proces fermentacji z różnym udziałem osadu nadmiernego zdeintegrowanego suchym lodem (w stosunku 1:1), po 13-14 dniach realizacji procesu ustaje praktycznie produkcja biogazu. Dlaczego nie wykonano badań aktywności biomasy beztlenowej po tym okresie? Dlaczego wobec uzyskanych wyników przedstawionych na omawianym wykresie (przy wzroście udziału osadu kondycjonowanego suchym lodem w stosunku 1:1 powyżej 30% obserwowano mniejszą produkcję biogazu) nie wykonano kolejnych badań procesu fermentacji osadu z udziałem osadu nadmiernego zdeintegrowanego suchym lodem przy niższym stosunku zestalonego ditlenku węgla do osadu? Błędem metodycznym jest także brak oznaczenia suchej masy organicznej (s.m.o.) osadów przed i po procesie fermentacji. Wartości tego istotnego wskaźnika efektywności stabilizacji beztlenowej umożliwiłyby przeliczenie



uzyskanej sumarycznej produkcji biogazu na gram s.m.o., co pozwoliłoby na dyskusję wyników badań własnych Autorki z wynikami innych autorów.

Wzrost objętości uzyskanego biogazu w próbach z udziałem osadu nadmiernego poddanego kondycjonowaniu suchym lodem Autorka tłumaczy rozpadem zewnątrzkomórkowych polimerów i obecnych w osadzie nadmiernym komórek tlenowych bakterii heterotroficznych, co skutkuje ich dostępnością dla biomasy prowadzącej rozkład beztlenowy. Podobnie jak w odniesieniu do wcześniej opiniowanych opracowań jestem zdania, że twarde stwierdzenie o rozpadzie komórek, a nie jedynie EPS, nie jest w artykułach 3 i 6 jednoznacznie udokumentowane (wzrost mętności cieczy osadowej nie upoważnia do formułowania takiego wniosku).

W obu pracach wykres obrazujący zmiany ilości powstającego biogazu w kolejnych dniach badań procesu fermentacji ma różne, w obu przypadkach niepoprawne, jednostki osi rzędnych. W artykule 3 są to  $\text{mg}/\text{dm}^3$  (jednostka całkowicie nieuprawniona!), w artykule 6 -  $\text{cm}^3/\text{d}\cdot\text{dm}^3$ , w której dziwi odniesienie do doby. Tak skonstruowana jednostka pozostaje w niezgodzie z informacją na osi pionowej, że objętość gazu jest liczona kumulacyjnie, a więc jako suma objętości, które powstają w kolejnych dniach eksperymentu. Mimo błędnej jednostki na wykresie, podczas analizy wyników badań w artykule 3 Autorka posługuje się właściwą jednostką, tj.  $\text{cm}^3/\text{dm}^3$  (w artykule 6 błędna jednostka występuje także w tekście).

W artykule 3 Autorka ponadto stwierdza, że kalkulacja zużycia energii i ponoszonych kosztów związanych z dezintegracją osadu nadmiernego suchym lodem dowodzi, że jest to rozwiązanie ekonomiczne. Stwierdzenie to jednak nie zostało udokumentowane (w recenzowanym artykule brak jest stosownych obliczeń lub powołania na publikację, w której zagadnienie to byłoby wnikliwie przeanalizowane).

**Artykuły nr 4** (w języku angielskim) oraz **nr 7** (w języku polskim) prezentują identyczne wyniki badań własnych nad higienizacją osadu nadmiernego suchym lodem (przy różnym stosunku osadu do suchego lodu: 1:0,25, 1:0,5, 1:0,75, 1:1). Jako wskaźniki mikrobiologiczne efektywności procesu wykorzystano: zmiany liczebności ogólnej liczby bakterii (w artykule pokazano wartości średnie z trzech, bliżej nieokreślonych w metodyce serii badawczych), bakterii *Salmonella* sp. oraz przetrwalnikującej bakterii *Clostridium perfringens* (prawdopodobnie oznaczenia wykonane jednokrotnie - brak dokładniejszej informacji w metodyce badań). Jako niebiologiczne wskaźniki dezintegracji analizowano ChZT i mętność cieczy osadowej. Zgodnie z metodyką opisaną w artykule nr 4, ich wyniki stanowią średnią z 10. wartości, uzyskanych w bliżej nieokreślonych warunkach (trudno

dociec, co Autorka rozumie przez ang. „10 stages”). Mimo, że w cytowanym artykule jest informacja o wyznaczeniu wartości średniej i odchylenia standardowego z wykorzystaniem programu STATISTICA, Autorka nie podaje ani wartości odchylenia standardowego, ani wartości minimalnych i maksymalnych. W artykule nr 7 brak informacji na ten temat może sugerować, że wyniki uzyskano z pojedynczych oznaczeniach tych wskaźników, jednak jak wtedy wytłumaczyć dokładnie takie same wyniki wartości ChZT i mętności cieczy osadowej w obu opracowaniach? Autorka na podstawie uzyskanych wyników stwierdza, że w wyniku kondycjonowania osadu nadmiernego suchym lodem w stosunku 1:1, nastąpiło w osadzie zmniejszenie ogólnej liczby bakterii o 76%, bakterii *Salmonella* sp. o 90% i *Clostridium perfringens* o 85%. Formułuje przy tym wniosek, że nastąpiła śmierć analizowanych mikroorganizmów, a „Przyczyną śmierci drobnoustrojów podczas mrożenia były mechaniczne uszkodzenia komórek oraz szok osmotyczny. Mechaniczne uszkodzenia były spowodowane tworzeniem się kryształów lodu w środowisku otaczającym komórki i w ich wnętrzu. Zwiększające się w procesie mrożenia zewnątrzkomórkowe kryształy niszczyły występujące między nimi komórki drobnoustrojów [tu powołanie na literaturę]. Tworzenie się kryształów międzykomórkowych powodowało uszkodzenia biomembran lub zmianę ich właściwości, co prowadziło do uwolnienia substancji wewnątrzkomórkowych do środowiska”. Przytaczane w artykule stwierdzenia o zachodzącym podczas kondycjonowania osadu suchym lodem mechanicznym uszkodzeniu komórek i precyzyjnych mechanizmach jego powstawania są, w mojej opinii, nadinterpretacją (brak wiarygodnych dowodów, że w przypadku działania suchym lodem śmierć części komórek była wynikiem właśnie takiego mechanizmu, który w literaturze został opisany dla zamrażania/rozmarzania komórek biomasy innymi metodami). W tym przypadku bardziej zasadne byłoby postawienie hipotezy dotyczącej takiego przebiegu spadku aktywności biomasy. Śmierć komórek nie zawsze musi się wiązać z mechanicznym ich uszkodzeniem, może nastąpić w wyniku zatrzymania przemian metabolicznych i spadku ogólnej aktywności biomasy. Podobnie jak w omawianych wcześniej artykułach, nie mogę zgodzić się ze stwierdzeniem, że wzrost takich wskaźników cieczy osadowej jak ChZT i mętność muszą dowodzić uszkodzenia mechanicznego komórek.

**Artykuł nr 5**, zgodnie z tytułem, omawia wpływ dezintegracji osadu nadmiernego suchym lodem w założonym jego stosunku objętościowym do osadu (1:0,25, 1:0,5, 1:0,75 i 1:1) na uwalnianie do cieczy osadowej substancji organicznej i nieorganicznej oraz na zdolności sedymentacyjne osadu. Jednokrotnie przeprowadzone badania, których wyniki w formie graficznej prezentuje artykuł, obejmowały oznaczenie uzyskiwanego stopnia dezintegracji osadu, zmiany w cieczy osadowej przed i po procesie dezintegracji osadu

wartości ChZT, stężenia białek, azotu amonowego, fosforanów oraz mętności, a także odpowiednio - stopień zagęszczenia osadu niedezintegrowanego i dezintegrowanego suchym lodem przy równym udziale objętościowym obu mediów, podczas trwającej 30 minut sedymentacji. Dodatkowo poprzez obserwację mikroskopową oceniano zmiany w strukturze kłaczków osadu.

Autorka stwierdza stopniowy wzrost wszystkich analizowanych wskaźników cieczy osadowej w wyniku dezintegracji suchym lodem wraz ze wzrostem wyżej określonego jego udziału objętościowego w procesie, a także zwiększenie efektywności sedymentacji (ponad dwukrotnie mniejsza objętość osadu zagęszczonego wstępnie dezintegrowanego suchym lodem w stosunku 1:1). Obserwacje mikroskopowe wykazały rozdrobnienie kłaczków i zmiany w ich strukturze morfologicznej, Autorka formułuje wniosek o rozrywaniu mikroorganizmów. Podczas omawiania wyników stwierdza, że *„na skutek niszczenia struktur osadu suchym lodem następowało uwolnienie enzymów znajdujących się w protoplastach mikroorganizmów (cytat z zachowaniem zapisu w oryginale) mających znaczenie w przemianach związków azotu i fosforu..., czego skutkiem był „rozkład organicznych związków azotowych i fosforowych , a co za tym idzie wzrost stężeń azotu amonowego i fosforanów w cieczy”*. Podobnie, jak przy ocenie poprzednich artykułów, wyrażam opinię, że stwierdzenie dotyczące w tym przypadku uwalniania enzymów nie zostało jednoznacznie tu udokumentowane i powinno być zapisane jako hipoteza (w oparciu o wskazane dane literaturowe). Jednak wobec istotnego wzrostu fosforanów i azotu amonowego nie neguję, podobnie jak w odniesieniu do publikacji opatrzonej numerem 1, możliwości przerywania ciągłości ścian komórkowych i uwalniania do cieczy osadowej składników komórkowych. Ponieważ Autorka nie analizowała w artykule odwadniania osadu, a jedynie proces zagęszczania, kolejnym kontrowersyjnym zapisem jest stwierdzenie: *„Destrukcja (mikrofalowa i termiczna suchym lodem) kłaczków i mikroorganizmów osadu nadmiernego powodowała uwalnianie wody związanej oraz wody związanej biologicznie, co przyczyniło się do szybszego odwadniania i lepszego zagęszczania osadu”* (podkreślenie recenzenta).

W artykule brakuje zewnętrznej dyskusji wyników. Autorka powołuje się jedynie na 2 publikacje Montusiewicz i in. [34,35- zgodnie z cytowaniem pozycji literaturowych artykule], stwierdzając, że uzyskany w badaniach zacytowanych autorów wzrost stężenia związków azotu i fosforu, oraz lotnych kwasów tłuszczowych w cieczy osadowej osadów dezintegrowanych metodą zamrażania/rozmarzania, a także spadek suchej masy osadów *„w  pewnym stopniu koresponduje z uzyskanymi wynikami”* badań własnych. Użycie tak nieprecyzyjnego sformułowania nie powinno mieć miejsca w pracy naukowej, zwłaszcza, że ,

Autorka w swoim artykule nie prezentuje wyników zmian suchej masy osadów ani stężenia lotnych kwasów tłuszczowych.

W **artykule nr 8** przedstawiono wyniki badań realizowanych w ramach 5. serii badawczych, podczas których analizowano zmiany ogólnej liczby bakterii, liczebności pałeczek *Escherichia coli*, somatycznych colifagów i pałeczek *Salmonella* sp., zachodzące w osadzie nadmiernym w wyniku jego dezintegracji suchym lodem (przy różnym stosunku objętościowym osadu do suchego lodu : 1:0,25, 1:0,5, 1:0,75 i 1:1) , a także odpowiednio zmiany stężenia związków organicznych (ChZT) i mętności w cieczy osadowej. Omówienie wyników badań sprowadza się do przedstawienia graficznego uzyskanych wyników na wykresach słupkowych opatrzonych etykietami z wartościami średnich arytmetycznych analizowanych wskaźników z 5. serii pomiarowych. Autorka stwierdza wzrost wartości analizowanych wskaźników cieczy osadowej po procesie kondycjonowania osadu suchym lodem wraz ze wzrostem udziału suchego lodu w procesie kondycjonowania, oraz odpowiednio wzrost procentowej redukcji liczebności kontrolowanych grup mikroorganizmów. Podobnie jak w innych swoich artykułach, także w recenzowanym opracowaniu Autorka formułuje twarde wnioski o powiązaniu obserwowanego w wyniku kondycjonowania osadu suchym lodem wzrostu wartości ChZT i mętności w cieczy osadowej nie tylko z rozerwaniem kłaczków i dezintegracją zewnątrzkomórkowych substancji polimerowych, ale także, moim zdaniem nieudokumentowanym, rozerwaniem komórek mikroorganizmów i uwalnianiem substancji wewnątrzkomórkowej.

W artykule brakuje odniesienia uzyskanych wyników własnych do danych literaturowych w zakresie higienizacji osadów innymi metodami, w tym metodą zamrażania/rozmarzania.

Wszystkie artykuły poświęcone higienizacji osadu nadmiernego suchym lodem (nr 4, nr 7 i nr 8) omawiają jedynie stopień dezaktywacji określonych bakterii chorobotwórczych i bakteriofagów, a przecież osady ściekowe charakteryzuje także obecność parazytów chorobotwórczych. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych wielokrotnie nowelizowane, od pierwszych swoich zapisów, określa jako wskaźnik stanu sanitarnego osadów także żywe jaja pasożytów jelitowych *Ascaris* sp. , *Trichuris* sp., *Toxocara* sp.w 1 kg s.m. osadów. Szkoda, że w badaniach własnych prezentowanych w dysertacji Autorka nie analizowała także tego wskaźnika skażenia sanitarnego osadu nadmiernego. W przewodniku po cyklu publikacji stanowiących pracę doktorską Doktorantka nadmienia, że takie badania, jako uzupełnienie badań mikrobiologicznych, przeprowadziła, a „uzyskane wyniki zamieszczono w publikacjach (po

recenzji)", co jest jednak pewną nieścisłością, nie tylko z uwagi na fakt braku ich dotychczasowego opublikowania, ale dlatego, że z przytoczonego ich tytułu (*Higienizacja osadu ściekowego wykorzystywanego rolniczo po wstępnej obróbce i dwustopniowej fermentacji*) nie wynika, że przeprowadzono je na osadzie nadmiernym kondycjonowanym suchym lodem (w odniesieniu do takiego osadu formułowane są wnioski z badań prezentowane w cyklu artykułów stanowiących dysertację doktorską), a raczej (publikacje te nie zostały udostępnione recenzentowi) dotyczą osadu pofermentacyjnego z udziałem osadu wstępnie kondycjonowanego suchym lodem.

Autorka w artykule formułuje opinię, że „*W Polsce do niedawna gatunkiem będącym wskaźnikiem sanitarnym osadów ściekowych wśród bakterii była pałeczka laktozododatnia Escherichia coli. Obecnie na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska [...] w ocenie sanitarnej wykorzystuje się nowy wskaźnik Salmonella sp.*” W prawodawstwie polskim *Salmonella sp.* jest jedynym bakteryjnym wskaźnikiem sanitarnym osadów ściekowych od 2002 roku, trudno więc zgodzić się z oceną Autorki, że do niedawna (sugestia dotyczy 2010 roku) tym wskaźnikiem była *Escherichia coli*, co więcej *E. coli* nie była uznawana za wskaźnik sanitarny osadów już w 1995 roku, kiedy nie było jeszcze rozporządzenia ministra środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych, a decyzje w sprawie zezwoleń na rolnicze wykorzystanie osadów wydawane przez WIOŚ opierały się normatywach dotyczących rolniczego wykorzystania ścieków zgodnych z zarządzeniem Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z 7 lipca 1986 roku.

W żadnym z artykułów, w których tytule uwypuklona jest higienizacja osadu nadmiernego z wykorzystaniem suchego lodu, nie sformułowano istotnego wniosku (w kontekście obowiązującego rozporządzenie MŚ) o w istocie niespełnieniu po procesie kondycjonowania osadu suchym lodem (nawet w największej jego dawce) obowiązujących wymagań prawnych dotyczących braku obecności bakterii *Salmonella sp.* w osadach przeznaczonych do stosowania w rolnictwie i do rekultywacji gruntów na cele rolne w 100 g przeznaczonych do badań osadów. Czy zatem można mówić o higienizacji osadu nadmiernego tą metodą, czy jedynie o poprawie jego stanu sanitarnego? Higienizacja jest pojęciem, przez które rozumie się dezaktywację mikroorganizmów chorobotwórczych do poziomu dyktowanego obowiązującym prawem.

## II. Ocena zasadności podjętej problematyki badawczej

Przedstawiona do recenzji dysertacja wpisuje się w ciągle aktualny nurt badań nad różnymi metodami kondycjonowania osadów ściekowych w celu zwiększenia efektywności procesów ich odwadniania i fermentacji. Autorka wskazując na specyficzne, powszechnie znane właściwości osadów ściekowych, takie jak wysokie uwodnienie i wysoka zawartość związków organicznych oraz obecność mikroorganizmów chorobotwórczych, i wynikającą z tej charakterystyki konieczność poddawania osadów procesom przeróbki, które umożliwią obniżenie ich uciążliwości i zagrożenia dla środowiska, trafnie zauważa istotną rolę procesów wstępnego kondycjonowania osadów w celu zwiększenia efektywności procesów ich zagęszczania i odwadniania, biologicznej stabilizacji i higienizacji. Na podstawie wybranej literatury przedmiotu dowodzi skuteczności metody zamrażania/rozmarzania osadów ściekowych w uzyskiwaniu takich celów, jak: redukcja bakterii chorobotwórczych, zmniejszenie biomasy osadów, redukcja wody związanej, zwiększanie aglomeratów kłaczków, wzrost efektywności zagęszczania i odwadniania, a także - dzięki uwalnianiu do cieczy osadowej substancji organicznych i nieorganicznych będących składnikami zewnątrzkomórkowych substancji polimerycznych EPS lub/i samych komórek biomasy - zwiększanie produkcji biogazu w procesie fermentacji osadów z udziałem osadów poddawanych wstępnie procesowi zamrażania/rozmarzania.

Uwzględniając właściwości zestalonego ditlenku węgla (suchego lodu), a także powołując się na fakt jego nieumieszczenia na liście substancji powodujących efekt cieplarniany i niebezpieczeństwo dla warstwy ozonowej, Autorka założyła możliwość uzyskania podobnej skuteczności kondycjonowania z wykorzystaniem jako czynnika zamrażającego zestalonego ditlenku węgla (suchego lodu) przy zmniejszonych nakładach energetycznych w stosunku do innych metod zamrażania osadów.

Zasadność przyjętej problematyki pracy oceniam w dwóch płaszczyznach. Pierwsza - to badanie znanego od lat procesu kondycjonowania osadu metodą zamrażania /rozmarzania, ale z wykorzystaniem nowego (w odniesieniu do osadów ściekowych) czynnika zamrażającego, jakim jest suchy lód, i w tym aspekcie postawiony przez Doktorantkę problem badawczy można uznać za nieprzeanalizowane dotąd oryginalne zagadnienie naukowe, co potwierdza zasadność jego podjęcia w pracy doktorskiej.

Z drugiej strony, trudno jest mi się zgodzić z przekonaniem Autorki, że zestalony ditlenek węgla, nie wymieniony wprawdzie na liście substancji powodujących efekt cieplarniany, po sublimacji może być dalej uważany za obojętny dla powstawania tego efektu (jeśli przyjąć

średnią gęstość suchego lodu na poziomie  $1,4 \text{ g/cm}^3$  z 1 l suchego lodu w warunkach normalnych po sublimacji powstaje 712 l gazowego  $\text{CO}_2$ ).

Kolejnym aspektem, istotnym dla nauk technicznych, jest aplikacyjność przyjętego rozwiązania technicznego/technologicznego. Jak w warunkach oczyszczalni ścieków rozwiązać logistycznie i uzasadnić ekonomicznie problem dostarczania suchego lodu w objętości równej objętości powstającego osadu nadmiernego (sugerowany przez Doktorantkę stosunek objętościowy suchego lodu i osadu wynosi 1:1). Jeśli założyć produkcję osadu nadmiernego średnio  $0,008 \text{ m}^3/(\text{M}\cdot\text{d})$  w obiekcie dla 10 000 mieszkańców byłoby to  $80 \text{ m}^3$  suchego lodu dziennie. Ponadto, taka proporcja objętościowa osadu i suchego lodu wymaga do realizacji procesu kondycjonowania zbiornika o dwukrotnie większej kubaturze od objętości poddawanego kondycjonowaniu osadu.

Moją wątpliwość pozostawiam jako temat do dyskusji podczas publicznej obrony pracy.

### III. Osiągnięcia pracy

Za najważniejsze osiągnięcie pracy uważam zbadanie kondycjonowania osadu metodą zamrażania/rozmarzania z wykorzystaniem nowego w odniesieniu do osadów ściekowych czynnika zamrażającego, jakim jest zestalony ditlenek węgla (suchy lód). Mimo braku przekonania z mojej strony o szerokim znaczeniu praktycznym analizowanego w pracy rozwiązania technologicznego, wyniki przeprowadzonych przez Doktorantkę badań stanowią wkład w dotychczasowy stan wiedzy w dyscyplinie inżynierii środowiska w obszarze technologii osadów ściekowych.

Za walor pracy uznaję wielokierunkowość prowadzonych badań, w tym: zmiany właściwości sedymentacyjnych osadów, zmianę podatności na rozkład beztlenowy osadów z udziałem osadów kondycjonowanych suchym lodem, a także stopień dezaktywacji chorobotwórczych bakterii z uwzględnieniem nie tylko bakterii *Salmonella* sp. - wskaźnika zanieczyszczenia sanitarnego osadów określonego w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Środowiska, ale także innych bakterii patogennych, w tym *Escherichia coli*, a zwłaszcza beztlenowej bakterii przetrwalnikującej *Clostridium perfringens*, która jako bardziej odporna na niekorzystne warunki środowiskowe, obiektywnie jest bardziej wiarygodnym wskaźnikiem skażenia sanitarnego osadów ściekowych, niestety nie uwzględnionym w aktualnych krajowych i unijnych przepisach prawnych.

Dostrzegam także wykorzystanie w badaniach wielu różnych narzędzi oceny efektywności analizowanego w pracy procesu kondycjonowania suchym lodem, w tym spektroskopii w podczerwieni do oceny grup funkcyjnych, za pośrednictwem których potwierdzano obecność w cieczy osadowej substancji charakterystycznych dla komórek biomasy i polimerów zewnątrzkomórkowych, a także elektronowego mikroskopu skaningowego, umożliwiającego ocenę zmian wielkości i struktury powierzchni cząstek osadu w wyniku ich destrukcji suchym lodem.

#### **IV. Uwagi ogólne**

Lektura poprzedzonego przewodnikiem jednotematycznego cyklu artykułów, dała podstawę do sformułowania kilku uwag ogólnych.

1. Artykuły opublikowano w nisko punktowanych czasopismach, tylko jedno jest z listy JCR - w roku publikacji IF wynosił 0,553; sumaryczna liczba punktów za 8 publikacji wynosi 52 (średnio na artykuł 6,5 pkt MNI<sub>SW</sub>); tylko w 6. artykułach opublikowano wyniki oryginalne;
2. W pracy brakuje dobrze opisanej metodyki realizacji procesu kondycjonowania suchym lodem. W jakiej postaci suchy lód był aplikowany (granulat drobny, gruby, jakie wymiary?). W jakim reaktorze? (dobrą praktyką jest przedstawianie rysunku lub zdjęcia) W jaki sposób mieszano osad z suchym lodem? Nie podano czasu zamrażania prób, ani uzyskanej temperatury osadu po sublimacji suchego lodu.  
Brak tych podstawowych informacji sprawia, że metodyka jest niejasna i niemożliwa do powtórzenia/ wykorzystania przez innych badaczy;
3. Brak zdefiniowania serii badawczych; co oznacza seria – badania na nowej próbie osadu, czy kolejne powtórzenie oznaczeń chemicznych lub procesu na tej samej próbie osadu?
4. Słabą stroną pracy jest jedynie graficzna prezentacja wyników, tylko w 3. na 8 artykułów na wykresach podane są dokładne wartości liczbowe analizowanych wskaźników;
5. Artykuły powstały na podstawie badań opartych na pojedynczych próbach osadu nadmiernego pochodzącego z tylko jednej oczyszczalni ścieków;
6. W artykułach brakuje dyskusji uzyskanych wyników. Autorka formułuje wnioski odnośnie mechanizmów destrukcji komórek mikroorganizmów osadu nadmiernego w wyniku jego kondycjonowania suchym lodem, a także skutków technologicznych tego procesu, natomiast nie porównuje wyników uzyskanych w badaniach własnych z



wynikami innych autorów analizujących kondycjonowanie osadów innymi metodami, w szczególności metodami zamrażania/rozmrężania. Takie porównania występują sporadycznie, a przecież istotą pracy naukowej jest analiza porównawcza w odniesieniu do dotychczasowej wiedzy.

7. W przewodniku po cyklu artykułów występują błędy merytoryczne lub błędna nomenklatura, np. :

- str.1: definicja osadów nadmiernych jest niepoprawna, nie powinno to mieć miejsca w pracy naukowej dotyczącej osadów ściekowych (cytacja z zachowaną oryginalną składnią) : „*Osady nadmierne stanowią część osadu czynnego, które są oddzielone od ścieków w osadniku wtórnym, a następnie zawracane do reaktorów biologicznych*”;
- Str. 1. Niewłaściwe powołanie na obowiązujący przepis prawny dotyczący m.in. dopuszczalnego skażenia sanitarnego osadów ściekowych wykorzystywanych w gruncie. W pracy jest to powołanie na nieaktualne już Rozporządzenie Ministra Środowiska Dz. U z 2010 r nr. 137, poz. 924; powinno być: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2015 poz. 257)
- Str. 7 i 21 „*dezintegracja zamrażania/rozmrężania*” (powinno być „*dezintegracja metodą zamrażania / rozmrężania*”);
- Str. 11. Autorka nazywa zaawansowanymi procesami biologicznego oczyszczania od dawna już uznawane za konwencjonalne zintegrowane usuwanie związków organicznych i biogennych;  
Jak rozumie sformułowanie „*usuwanie biogenów azotu i fosforu*” ?; powinno się stosować określenie „*usuwanie związków biogennych*” lub „*usuwanie azotu i fosforu*”/ „*usuwanie związków azotu i fosforu*”,  
Określenie „*sektory beztlenowe, anoksydacyjne i tlenowe*” nie jest nomenklaturowo poprawne; w technologii oczyszczania ścieków, stosuje się określenia: strefy, komory lub w odniesieniu do reaktorów porcjowych –fazy;
- Str 20 niepoprawne jest określenie „*stężenie mętności*”
- Str.21. Autorka pisze, że „*Obliczony stopień dezintegracji zamrażania/rozmrężania potwierdza, że dawka zestalonego ditlenku węgla wpływa na skuteczność lizy komórek mikroorganizmów, czego efektem jest uwalnianie się substancji pozakomórkowych do fazy płynnej*”(podkreślenie recenzenta). Pytanie brzmi, jak Autorka rozumie lizę

komórek, jeśli uznaje, że jej skutkiem jest uwalnianie się substancji pozakomórkowych do fazy płynnej, nie zaś substancji wewnątrzkomórkowych?

- str.21. Autorka, cytując za innym autorem, podaje informację, że „*podczas zagęszczania osadów ściekowych zawartość suchej masy w osadach jest zwiększana na skutek sedymentacji cząstek oraz ich komprymacji...*”, co nie jest prawdą, ponieważ zwiększa się w tym przypadku stężenie suchej masy, natomiast jej zawartość pozostaje na tym samym poziomie lub się zmniejsza (jeśli część s.m. pozostaje w cieczy osadowej).
- Str. 22. Autorka pisząc, że „*obniżanie wartości indeksu (indeks objętościowy –dopisek recenzenta) poniżej 100 cm<sup>3</sup>/g s.m.o wskazuje na wysoką zdolność osadu czynnego nadmiernego do odwadniania.....*” popełnia istotny błąd merytoryczny. Spadek IO do takiego poziomu może jedynie dowodzić polepszeniu zdolności osadu do sedymentacji (szybsza sedymentacja), nie jest dowodem na zdolność do odwadniania, które rozumie się zwyczajowo jako odwadnianie mechaniczne.
- Str 22. Autorka pisze, że „*zwiększanie objętości suchego lodu do osadu nadmiernego skutkuje likwidacją pęcznienia (zmniejszaniem objętości) i flotacji osadów , w stosunku do osadu niezdezintegrowanego*”. Uważam, że w dysertacji nie przedstawiono dowodów na likwidację zjawiska flotacji, zaś gorszy efekt sedymentacji osadu niezdezintegrowanego suchym lodem nie zawsze może być identyfikowany ze zjawiskiem pęcznienia.
- Str. 23 Autorka nie badała procesu odwadniania osadów, stąd stwierdzenie , że dezintegracja suchym lodem przyczynia się do lepszego odwadniania osadu jest bezpodstawne.

W ocenie kolejnych artykułów wchodzących w skład dysertacji kilkakrotnie zwracałam uwagę na nieuprawnione, w mojej opinii, wnioskowanie na podstawie uzyskanych przez Doktorantkę wyników badań, o rozrywaniu komórek biomasy podczas kondycjonowania osadu nadmiernego suchym lodem. Nie było moją intencją torpedowanie wniosków formułowanych przez Doktorantkę, ale wskazanie, że w pracy naukowej pewne nieudokumentowane przez samego autora stwierdzenia powinny przyjmować formę hipotezy , a nie tez, które będą bezpodstawnie przytaczane przez innych autorów.

## V. Podsumowanie oceny pracy

Praca stanowi próbę samodzielnego rozwiązania problemu naukowego, który pozostaje w obszarze metod przeróbki osadów ściekowych. Moje krytyczne uwagi, w największym stopniu wynikające z braku dobrze opisanej metodyki realizacji analizowanego w pracy procesu kondycjonowania, wykonania badań na małej liczbie prób osadu, oraz braku dyskusji uzyskanych wyników także z badaniami innych autorów, mają charakter polemiczny. Oczekuję, że staną się one przedmiotem dojrzałych, przemyślanych i rzeczowych odpowiedzi Doktorantki podczas publicznej obrony pracy, wszak atrybutem działalności naukowej jest ciągle spieranie się na argumenty.

Doktorantka na podstawie przeprowadzonych badań kondycjonowania osadu nadmiernego suchym lodem w założonych jego ustalonych dawkach, wykazała w jednotematycznym (w odniesieniu do analizowanego procesu kondycjonowania osadu) cyklu publikacji prawdziwość postawionych tez. W szczególności wykazała zwiększanie stężenia substancji organicznych i mineralnych w cieczy osadowej osadu wstępnie kondycjonowanego suchym lodem, wpływ analizowanej metody kondycjonowania na zwiększenie szybkości i efektywności sedymentacji/stopnia zagęszczenia osadu, a także na zmniejszenie ogólnej liczby bakterii, w tym bakterii chorobotwórczych, takich jak *Escherichia coli*, *Salmonella* i *Clostridium perfringens*, oraz pozytywny wpływ kondycjonowania suchym lodem części osadu nadmiernego poddawanego procesowi fermentacji na objętość produkowanego biogazu.

## VI. Konkluzja końcowa

Dysertacja potwierdza znajomość ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki w dyscyplinie inżynieria środowiska oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, dlatego stwierdzam, że oceniana praca doktora przedstawiona w postaci jednotematycznego cyklu artykułów pod wspólnym tytułem „Niskotemperaturowe kondycjonowanie osadu czynnego nadmiernego” spełnia w dostatecznym stopniu wymagania Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Komisją Doktorską powołaną przez Radę Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

  
/Jolanta Podedworna/

