

Gdańsk, 10 sierpnia 2018

Prof. dr hab. inż. Hanna Obarska-Pempkowiak, prof. zw. PG  
Politechnika Gdańska  
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska  
ul. G. Narutowicza 11/12  
80-233 Gdańsk

## **Recenzja pracy doktorskiej**

mgr inż. **Zbigniewa Świerkota** pt. „Efektywność przydomowej oczyszczalni ścieków z rozsączaniem podpowierzchniowym”

### **1. Podstawa formalna recenzji**

Formalną podstawą recenzji jest uchwała nr 761/2018 Rady Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach z dn. 27 czerwca 2018 roku, która została mi przekazana przez zastępcę Dyrektora prof. dr hab. inż. Wiesława Dembka w dn. 3 lipca 2018 roku.

### **2. Umiejscowienie tematyki badawczej**

Temat rozprawy doktorskiej został trafnie wybrany i wpisuje się w najnowsze trendy badań w obszarze inżynierii środowiska. Oczyszczanie ścieków na obszarach wiejskich w Polsce i w wielu innych krajach Europy stanowi jedno z najbardziej pilnych wyzwań XXI wieku. Rozproszona zabudowa wielu obszarów powoduje, że rozwiązania stosowane na obszarach zurbanizowanych nie mogą być tu realizowane. Dotychczasowe rozwiązania, często nie sprawdzają się z powodu braku wystarczającej wiedzy mieszkańców odnośnie eksploatacji urządzeń technicznych z osadem czynnym czy błoną biologiczną a także innych obiektów inżynierskich np. obiektów hydrofitowych symulujących działanie naturalnych ekosystemów bagiennych. Rozwiązania wykorzystujące drenaż rozsączający wg założeń Unii Europejskiej powinny być wyeliminowane ze względu na brak możliwości kontroli jakości odpływu oraz ryzyko zanieczyszczenia wód powierzchniowych lub podziemnych. Rozwiązanie polegające na rozsączaniu ścieków jest jednak chętnie stosowane w warunkach lokalnych ze względu na stosunkowo niski koszt budowy i eksploatacji oraz tradycję związaną z oczyszczaniem ścieków na obszarach o charakterze rolniczym.

Dotychczasowe doświadczenia potwierdzają niechęć władz lokalnych do wprowadzania nowych rozwiązań tym bardziej, że urządzenia techniczne w warunkach wiejskich zwykle w dłuższym okresie czasu nie sprawdzają się.

Podjęty temat jest aktualny, ponieważ oczyszczanie ścieków w warunkach lokalnych normowane jest przez niedawne Rozporządzenia Ministra Środowiska z 18 listopada 2014 roku Dz. U. poz. 1800 określającego m. in. warunki odprowadzania ścieków do wód lub do ziemi w tym również dla obszarów nieurbanizowanych. W zależności od liczby

mieszkańców ścieki pochodzące z gospodarstwa domowego lub rolnego nie powinny przekraczać dopuszczalnych stężeń materii organicznej (wyrażonych zwykle za pomocą wskaźników tlenowych oraz zawiesiny ogólnej) a na obszarach podatnych na eutrofizację lub powyżej 10 000 OLM (Obliczeniowej Liczby Mieszkańców) są limitowane również stężeniem związków azotu i fosforu.

Istniejąca sytuacja jest o tyle groźna, że względu na ładunek związków biogenych odprowadzany z terenu Polski, nasz kraj klasyfikowany jest jako największe źródło tych zanieczyszczeń w zlewni Morza Bałtyckiego. Niewielka powierzchnia Morza Bałtyckiego, jak i bardzo ograniczony stopień wymiany wód przez Cieśniny Duńskie, przyczyniają się do stałego pogorszenia jakości wód morskich. Nie bez znaczenia pozostają tu ładunki odprowadzane z obszarów wiejskich, gdzie mieszka ok. 30% ludności kraju (tj. 13,8 mln. mieszkańców) a głównym odbiornikiem ścieków są Odra i Wisła odprowadzające wody do Bałtyku. Dlatego poszukiwanie rozwiązań ograniczających odpływ związków biogenych znajduje się wśród priorytetowych zadań zarówno UE jak i Komisji Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku, zwanej Komisją Helsińską (HELCOM).

Celem badań było określenie efektywności oczyszczania ścieków bytowych w przydomowej oczyszczalni typu **ORP** (której podstawą działania jest **okresowe rozsączanie podpowierzchniowe**), oraz jej przydatność dla gospodarstw wiejskich i obiektów rekreacyjnych. Technologia ta została zaproponowana przez autorów: Palucha, Parucha i Pulikowskiego w 2006 roku. Autorzy tego rozwiązania nie wykonali badań skuteczności tej oczyszczalni a jedynie wstępne badania jej wpływu na wodę gruntową. Zasadniczą różnicą między systemem ORP a klasycznym drenażem rozsączającym jest głębokość ułożenia drenażu rozprowadzającego ścieki. W klasycznym drenażu rozsączającym rurociągi są umieszczone na głębokości 60-70 cm, natomiast w systemie ORP na głębokości 20-30 cm pod powierzchnią terenu. Dodatkowym elementem jest pas folii pod rurociągami rozsączającymi, który umożliwia równomierne rozprowadzenie ścieków w przypowierzchniowej warstwie gleby. Zmniejszenie głębokości ułożenia rurociągów odprowadzających ścieki pozwala na ich oczyszczanie w warstwie glebowo-korzeniowej. Zdaniem Doktoranta proponowany system stanowi dodatkowy etap doczyszczania ścieków w porównaniu z klasycznym drenażem rozsączającym i umożliwi pobór azotu i fosforu przez zasiedlającą teren roślinność.

Proponowane rozwiązanie powinno zatem pełnić funkcję obiektu doczyszczania ścieków a ze względu na okresowe nawadnianie i produkcję traw, których plon może stanowić paszę dla zwierząt jest elementem związanym z wiedzą i umiejętnościami rolników, a więc rozwiązaniem bardziej zrozumiałym w porównaniu z tradycyjnymi obiektami technicznymi czy systemami hydrofitowymi.

### 3. Ocena pracy

Oceniana rozprawa doktorska ma formę opracowanego maszynopisu liczącego 113 stron tekstu, 62 pozycje cytowanego piśmiennictwa, 43 rysunki oraz 21 tabel. Praca została podzielona na 10 rozdziałów. Pierwszy, dziewiąty i dziesiąty rozdział zostały zatytułowane: Wstęp, Wnioski i Literatura. Drugi i trzeci rozdział zatytułowany odpowiednio: 2. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków w piśmiennictwie oraz ich charakterystyka* oraz 3. *Warunki prawne odprowadzania ścieków* - liczy 27 stron i dotyczy stanu wiedzy odnośnie

budowy, działania oraz skuteczności usuwania zanieczyszczeń oraz obowiązujących krajowych aktów prawnych odnośnie oczyszczania i odprowadzania ścieków do wód powierzchniowych i ziemi. Kolejne rozdziały dotyczą kolejno: *celu badań i przyjętych hipotez oraz zakresu i metodyki badań*. Dalsze rozdziały to *Wyniki badań i Dyskusja wyników*. Strukturę pracy uważam za kompletną a podział na poszczególne rozdziały jest logiczny. Rozprawa nie zawiera streszczenia. W przytoczonej literaturze dominują pozycje krajowe. M. in. dlatego Autor popełnia błąd uważając, że np. powierzchnia złoża hydrofitowego nie może być mniejsza niż 5 m<sup>2</sup>/M a także stwierdza (na str. 25) konieczność posiadania dużej powierzchni pod taką oczyszczalnię.

Doktorant słusznie wskazuje, że polskie warunki klimatyczne powodują, że o skuteczności oczyszczania ścieków decydują przede wszystkim zimowe warunki użytkowania oczyszczalni. Jednak Autor pomylił się tutaj i podał nieprawidłowo, że w warunkach zimowych „lepiej zdaje egzamin oczyszczalnia z powierzchniowym przepływem ścieków zamiast z podpowierzchniowym”. Doktorant słusznie wskazuje, że w okresie zimowym po obumarciu roślin biorących udział w oczyszczaniu ścieków, funkcjonowanie oczyszczalni jest możliwe dzięki mikroorganizmom bytującym w złożu. Natomiast obumarła roślinność pozostająca na powierzchni oczyszczalni tworzy bardzo potrzebną warstwę izolującą.

Doktorant stwierdza brak danych odnośnie efektywności funkcjonowania przydomowych i lokalnych oczyszczalni pracujących kilka lat oraz badań ich oddziaływania na otaczające środowisko.

Celem prowadzonych badań było określenie efektywności usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalni wykorzystującej system ORP, w okresie dwóch lat. Dodatkowym celem było badanie wpływu oczyszczalni na zanieczyszczanie wód gruntowych oraz możliwości jej funkcjonowania w okresie zimowym.

Z nazwy analizowanego systemu wynika, że powinien on być stosowany okresowo. Jednak jak podaje Doktorant badany obiekt funkcjonował również w miesiącach zimowych.

Pierwszą tezę planowanych badań było założenie, że proponowany system ORP spełni wymogi prawne określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi zgodnie z Dz. U. 2014 poz. 1800.

Przyjęto również dodatkową tezę, że podniesienie przewodów rozsączających ścieki do biologicznie aktywnej przypowierzchniowej warstwy gleby, zwiększy pobieranie związków azotu i fosforu przez rośliny i ich odprowadzanie wraz z plonami biomasy. Przyjęte założenie powinno spowodować wzrost skuteczności usuwania tych składników oraz zmniejszyć ładunek zanieczyszczeń przenikających do wód gruntowych.

Udowodnienie przyjętych tez badań wymagało określenia:

- stężeń charakterystycznych zanieczyszczeń w ściekach surowych, wstępnie oczyszczonych (w osadniku gnilnym) oraz oczyszczonych w warstwie przypowierzchniowej gleby tzw. (odcieków z drenażu),
- wpływu oczyszczalni na zanieczyszczenie wód gruntowych na podstawie analizy jakości wody gruntowej powyżej oczyszczalni, na terenie oczyszczalni oraz poniżej oczyszczalni, (na kierunku przepływu wody gruntowej do rowu).
- wielkość plonów uzyskiwanej biomasy z powierzchni oczyszczalni z poszczególnych pokosów traw, w których mierzono zawartość azotu ogólnego i fosforu ogólnego.

- dodatkowym elementem badań było określenie składu botanicznego runi na powierzchni oczyszczalni, w drugim roku jej funkcjonowania

Przyjęty zakres i metodyka badań nie budzi zastrzeżeń. Jednak punkty poboru ścieków zostały oznaczone w nieprzyjazny sposób dla Czytelnika. Jak np. przyjęto punkt poboru ścieków surowych jako K1 a ścieków podczyszczonych w komorze czwartej osadnika gnilnego jako K4. Nie uzasadniono braku punktów K2 i K3. Dla ścieków oczyszczonych w glebie nie podano nr punktu. Podobnie jest z punktami poboru wód gruntowych, które oznaczono jako: P0, P2, P4 a więc nie zachowano kolejności numeracji.

Materiał badań stanowiły ścieki „bytowe” a nie „bytowo-gospodarcze” jak podaje Doktorant.

W rozdziale 7 Pan mgr inż. Zbigniew Świerkot przedstawił wyniki badań prowadzonych prac eksperymentalnych. Rozdział ten został podzielony na pięć podrozdziałów. W pierwszych trzech omówiono wyniki uzyskane w trzech kolejnych etapach badawczych.

W rozdziale 7.1 prezentującym wyniki badań jakości ścieków nieprawidłowo podano tytuły podrozdziałów. Np. w podrozdziale 7.12 Autor opisuje wyniki pomiarów stężeń zawiesiny ogólnej. Jednak tytuł rozdziału błędnie nazwano „zawartość zawiesiny ogólnej”

W podobny sposób należałoby przeprowadzić korektę kolejnych podrozdziałów.

- Na Rys.22 i Rys.23 podano błędną jednostkę stężenia zawiesiny ogólnej: „mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>” zamiast „mg/dm<sup>3</sup>”
- na str. 42 nieprawidłowo wyjaśniano znaczenie wskaźnika. Wd – jako zawartość wskaźnika na dopływie”. Wskaźniki wykorzystuje się do określenia stężeń zanieczyszczeń tutaj „zawiesiny ogólnej”. Prawidłowo powinno być stężenie zawiesiny ogólnej na dopływie (nie mylić z „ilością” czy „zawartością”).
- str. 59 w rozdziale 7.17 dotyczącym wyników pomiarów stężeń Cl<sup>-</sup> (chlorków), w pewnym miejscu opisu Autor mylnie pisze „chlor” zamiast „chlorki”
- wyniki pomiarów zmiany stężeń wybranych właściwości fizyczno-chemicznych próbek badanych ścieków i wód gruntowych zostały nieprawidłowo połączone linią ciągłą a odnoszą się do poszczególnych dni w okresie pomiarowym.

W podrozdziale 7.4 zaprezentowano wyniki obserwacji funkcjonowania oczyszczalni w latach 2016-2018. Obserwacje dotyczyły równomierności rozsączania ścieków w obrębie całej powierzchni oczyszczalni, ewentualnego wypływu ścieków na powierzchnię gleby oraz prawidłowej pracy pompy i odbioru ścieków przez rurociągi rozsączające, zwłaszcza w okresie niskich temperatur zimowych. Z interpretacji Autora wynika m. in., że w przypadku wystąpienia dłuższych okresów (powyżej kilku dni z temperaturą około -10°C i niższą konieczne jest wyłączenie dopływu ścieków do rurociągów rozsączających. W tej sytuacji Doktorant słusznie wskazuje na konieczność wywożenia ścieków beczkowitzem do najbliższej gminnej oczyszczalni ścieków.

Do oceny uzyskanych wyników jakości badanej wody gruntowej zastosowano analizę statystyczną. Użyto pakiet IBM SPSS Statistics 24 (opisanym w rozdz. 7.5).

W dyskusji wyników zaprezentowanej w rozdz. 8 Autor m. in. dokonał porównania skuteczności usuwania zanieczyszczeń w oczyszczalni ORP m. in. z systemami hydrofitowymi oraz w urządzeniach zablokowanych wykorzystujących metodę osadu

czynnego, eksploatowanych w Polsce. Przeprowadzone porównanie umożliwiło Doktorantowi wykazanie walorów systemu ORP.

Na końcu pracy sformułowano wnioski wynikające z treści pracy, z wyjątkiem wniosku piątego. Wniosek ten dotyczący jakości odprowadzanej i usuwanej zawiesiny stanowi hipotezę, która nie została potwierdzona przez Autora pomiarami stężeń zawiesiny mineralnej i organicznej.

#### 4. Uwagi dotyczące pracy

Pan mgr inż. Zbigniew Świerkot jest autorem rozprawy która, w zasadzie, odpowiada standardom. Jednak nie ustrzegł się pewnych błędów, w tym literówek, które można skorygować przed opublikowaniem pracy, ale rozsądniej było wyeliminować je na „etapie” redakcji rozprawy.

M. in. zamiast sformułowania „węglowe substancje”, lepiej stosować powszechne wyrażenie „materia organiczna”.

W środowisku technologów ścieków wyrażenie „biogeny” (podawane na str.25) jest traktowane jako żargon; prawidłowo zgodnie z obowiązującą terminologią powinno być „związki biogenne” lub biogeniczne.

Również na str. 25 nie powinien stosować „ilości mieszkańców”, lecz „liczbę mieszkańców”

Na str. 32 w wodach gruntowych nie badano „zawartości azotu amonowego, azotanowego i węgla organicznego”, jak podaje Doktorant, lecz „stężenie” z prostej przyczyny „zawartość” oznacza całkowitą „ilość” w próbce.

Oczyszczalnia „nie eliminowała” zanieczyszczeń, lecz „w oczyszczalni zachodziło usuwanie”. Eliminacja oznacza usuwanie do zera (str. 32).

Na Rys. 18 nie zaznaczono piezometru 1

- Wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń z dokładnością do 0,01 mg/dm<sup>3</sup> a dokładność z wyjątkiem PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> wynosi 0,1 mg/dm<sup>3</sup> dla pozostałych oznaczeń.

Poniżej podaję listę dalszych uwag szczegółowych, która jak mam nadzieję, może być pomocna przed opublikowaniem pracy.

##### Uwagi szczegółowe

- poz. literatury Błażejowski 2012 nie została uwzględniona w Spisie Literatury
- w poz. lit. 40 jest „oficiency” zamiast „efficiency”
- odsyłacz internetowy do Rys.1 nie jest ujęty w spisie podobne uwagi odnoszą się do Rys.2 i Rys.3
- poz. literatury 23 i poz. 52 jest identyczna, lecz w pierwszej z nich autorzy zostali podani w kolejności Heidrich i Stańko a w drugiej w kolejności odwrotnej. W poz. 52 źle zapisano nazwisko „Heidrich”
- str.6 błędnie zapisano nazwisko „Heidrich”
- str.7 „fermentacja tlenowa” – jest błędnym sformułowaniem

- str.8 wyrażenie „najistotniejszym determinantem” – jest nieprawidłowym sformułowaniem
- str.8 podane spadki do 3% są za duże
- str.8 zamiast „ilość bakterii” powinna być „liczba bakterii”
- na końcu Spisu Literatury Autor zacytował identyczne doniesienia internetowe
- str.11, str.13, w poz. Jucherski, Walczowski 2001 nieprawidłowo podano nazwisko drugiego autora
- str. 12,17 Autor nieprawidłowo stosuje wyrażenie „redukcja”, które w języku polskim odnosi się do obniżenia wartościowości jonów a nie „efektywności usuwania zanieczyszczeń”
- str.13 nieprawidłowo cytuje poz. Błaszczyk, Stamatello, Błaszczyk (1983)
- str.13 zamiast „sitowie” powinno być „sit”
- st.13 zamiast „substancje organiczne” obecnie stosuje się „materia organiczna”
- nie podano w Spisie Literatury cyt. doniesienia internetowego na Rys.10
- str.15 zamiast „sprężony tlen” powinno być „sprężony tlen”
- str.16 mówimy o usuwaniu „związków fosforu” a nie „fosforu”
- Rys.11 brak cyt. odniesienia internetowego w Spisie Literatury, podobne uwagi odnoszą się do Rys.12 i Rys.14
- str.20 obecnie zamiast „środowisko naturalne” stosuje się wyrażenie „środowisko przyrodnicze”
- str.23 „wydajność eliminacji azotu całkowitego” należałoby zastąpić „efektywnością usuwania azotu ogólnego”. Wynika to stąd, że eliminacja oznacza usuwanie do 0 a kryterium stanowi azot ogólny a nie całkowity
- str.27 stosowany skrót decymetra sześciennego jest  $dm^3$  a nie „dcm<sup>3</sup>”
- str.27 limitowane są „stężenia zanieczyszczeń” a nie „zawartości”, ponieważ drugie wyrażenie oznacza „ilość”
- str.32 analizowano „próbki ścieków” a nie jak napisano w pracy „próby”, ponieważ kojarzy się to z teatrem
- w tabelach „podaje się” a na Rys. „przedstawia”
- w podpisie Rys.30 dowiadujemy się, że Autor analizował stężenia potasu (K), chociaż z opisu wyników i jednostki podanej na osi rzędnej wynika, że zaprezentowano tutaj wyniki pomiarów stężeń fosforu fosforanowego
- str.64 Autor nieprawidłowo powołuje się na poz. lit. „Ducka i Barszewska 2012”.
- cytowane na str.68 Rozporządzenie Ministra Środowiska z 2015 dotyczące kryteriów oceny jakości wód podziemnych nie zostało uwzględnione w Spisie Literatury

- str.70 Autor nieprawidłowo powołuje się na poz. lit. „Lityński i Jurkowska 1982”.
- Str.99 cytowane poz. literatury Kutera 1985 i Majdowski 1982 nie zostały ujęte w Spisie Literatury
- Str.100 cytowana pozycja Gajewska i Obarska-Pempkowiak 2009 nie jest ujęta w Spisie Literatury

## 5. Walory poznawcze pracy

Za istotne dokonanie rozprawy uważam wykazanie:

- wysokiej i stabilnej efektywności oczyszczania ścieków bytowych nie tylko w odniesieniu do materii organicznej wyrażonej w BZT<sub>5</sub> i ChZT<sub>Cr</sub>, lecz również w stosunku do związków azotu i fosforu.
- znacznego udziału roślin (plonów) w odprowadzaniu ładunku azotu i fosforu, chociaż tutaj wskazany byłby bilans masowy
- konieczność zasiedlania powierzchni systemu ORP gatunkami traw o wysokim zapotrzebowaniu na składniki pokarmowe i wodę. Takie podejście jest zgodne z ideą „circular economy” i częściowo umożliwia gospodarowanie ściekami w obiegu zamkniętym
- spełnienia wszystkich wymagań dotyczących jakości odprowadzanych ścieków zarówno w przypadku lokalizacji oczyszczalni poza aglomeracją jak i na terenie aglomeracji
- minimalnego wpływu na jakość wód gruntowych, ponieważ stopień tego zanieczyszczenia nie jest duży i nie zmienia klasy jakości tych wód. Wyjątkiem jest jedynie azot amonowy (tylko bezpośrednio pod drenażem a nie na odpływie z drenażu), którego stężenie zmieniało jakość wody z klasy I na klasę III
- możliwości pracy oczyszczalni na terenach o łagodnym klimacie zimowym i konieczności stosowania rozwiązań awaryjnych w przypadku wystąpienia ujemnych temperatur (poniżej -10°C) utrzymujących się przez kilka dni i dłużej.
- wykazanie zalet oczyszczalni związanych z łatwą obsługą i niskimi kosztami eksploatacyjnymi oraz wady wynikającej z potrzeby użytkowania stosunkowo dużej powierzchni potrzebnej do rozsączenia ścieków >15m<sup>2</sup>/1M

## 6. Wniosek końcowy

Wszystkie moje zastrzeżenia i uwagi, chociaż wskazuję, że strona edytowalna rozprawy pozostawia wiele do życzenia, nie umniejszają pozytywnego obrazu całokształtu rozprawy.

Podsumowując moją recenzję pragnę stwierdzić, że oceniana rozprawa Pana mgr inż. Zbigniewa Świerkota spełnia wymagania ustawy art. 30 z dnia 14 marca 2003 roku stawiane rozprawom doktorskim. Wnioskuje o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

*J. Obonka*