

dr hab. inż. Tadeusz Siwiec, prof. SGGW
Zakład Wodociągów i Kanalizacji
Katedra Inżynierii Budowlanej
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa

Warszawa 2017-04-26

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Karoliny Kurek**
pt. „**Skuteczność oczyszczania ścieków filtrach o przepływie pionowym z
wypełnieniem zeolitowym, keramzytowym i piaskowym**”

Podstawa opracowania

Zlecenie Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie prof. dra hab. inż. Krzysztofa Gawrońskiego z dnia 27.03.2017 r. opatrzone numerem DI-520-5/2014-2017.

Ogólne omówienie rozprawy

Tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej jest istotnej wagi, ze względu na aspekt zarówno naukowy jak i praktyczny. Związana jest z powszechnie funkcjonującymi na terenach wiejskich małymi, przyzagrodowymi oczyszczalniami ścieków. Oczyszczalnie te odgrywają ważną rolę na terenach o rozproszonej zabudowie, gdzie prowadzenie sieci kanalizacyjnych jest ekonomicznie nieuzasadnione. W takich warunkach powszechnie staje się montowanie zbiorników bezodpływowych okresowo opróżnianych przy pomocy samochodów asenizacyjnych, lub stosowanie indywidualnych systemów oczyszczania ścieków składających się z osadników gnilnych i tlenowej formy oczyszczania ścieków. Tlenowe procesy realizowane są w filtrach piaskowych, małych reaktorach z osadem czynnym lub złożem biologicznym, a także w oczyszczalniach hydrofitowych – zbudowanych jako pojedyncze złożo lub w formie hybrydowej. Niestety jest jeszcze bardzo wiele zwykłych rozwiązań pod postacią drenażu rozsączającego, którego działanie jest niekorzystne dla środowiska, a szczególnie może przyczynić się do skażenia wód

podziemnych. Z tego względu należy pozytywnie ocenić podjęcie badań przez Doktorantkę dotyczących filtracji ścieków przez odpowiednie złoża, które z natury rzeczy powinno być obiektem pozwalającym na bieżącą kontrolę skuteczności oczyszczania ścieków i w przypadku stwierdzenia pogorszenia funkcjonowania podjęcia działań naprawczych w całym systemie.

Analizie skuteczności usuwania podstawowych zanieczyszczeń w ściekach bytowych podczas filtrowania przez wybrane złoża mineralne została poświęcona rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Kurek.

Merytoryczną część pracy stanowi 8 rozdziałów, z których pierwszy jest krótkim wprowadzeniem czytelnika we właściwą tematykę, a drugi zawiera cel oraz tezy pracy. Trzeci rozdział, podzielony na 3 podrozdziały stanowi przegląd literatury dotyczącej zasad działania filtrów o przepływie pionowym pracujących, jako drugi, tlenowy stopień oczyszczania ścieków. W tym rozdziale scharakteryzowano, także zasady zastosowania zeolitów, ze szczególnym wyeksponowaniem klinoptylolitu, a także innego mineralnego wypełnienia filtrów, to jest keramzytu. Istotną rolę odgrywa rozdział 4 zawierający opis obiektów badań, to jest instalacji do której dołączane były poszczególne kolumny badawcze. W pracy podzielono je na tzw. modele kolumnowe MK z odpowiednią numeracją od 1 do 4. Rozdział ten można było trochę skrócić, podając różnice w wypełnieniach poszczególnych kolumn w stosunku do modelu MK1. W obecnej formie część informacji się powtarza. Od rozdziału 6 zawierającego metodykę badań rozpoczyna się najistotniejsza, naukowa część pracy. Opisaną metodyką przedstawia sposób wykonywania pomiarów wskaźników jakości ścieków surowych i oczyszczonych, takich jak BZT₅, ChZT_{Cr}, zawiesina ogólna i azot amonowy. Badano wpływ rodzaju materiału złoża (klinoptylolit, keramzyt i piasek), kombinacyjnego wypełnienia kolumn różnymi złożami oraz średnic ziaren złóż i obciążenia hydraulicznego na skuteczność usuwania zanieczyszczeń wyrażoną w/w wskaźnikami. Wyniki badań były analizowane metodami statystycznymi przy pomocy statystyki opisowej i wybranych testów parametrycznych i nieparametrycznych. Najważniejszą część stanowi rozdział 6 omawiający wyniki badań, w którym Autorka nie uniknęła „wpadki”, gdyż tytuł nietypowo zaczyna się od małej litery i brzmi „wyników badań”. Tak, jakby zniknął pierwszy wyraz tytułu. Przy dużej liczbie badań i wyników rozdział ten jest w sposób naturalny największy, gdyż obejmuje 126 stron. Jednak zauważa się, że bez szkody dla istoty pracy można byłoby, go znacząco skrócić. W poszczególnych podrozdziałach niektóre sentencje się powtarzają oraz przypominane są informacje z poprzedniego rozdziału opisującego metodykę. Odnosi się wrażenie, że Autorka

obawiała się, iż jeśli ktoś będzie czytał nie całość, a wybrane rozdziały to może nie zrozumieć istoty badań. Rozdział ten został podzielony na 4 podrozdziały (MK1 ÷ MK4), a w każdym z nich występują kolejne 4 podrozdziały zawierające następujące zagadnienia: charakterystyka ścieków surowych, charakterystyka ścieków oczyszczonych wraz z obliczeniem skuteczności ich oczyszczania, a także analizy wpływu średnicy ziaren oraz obciążenia hydraulicznego na tę skuteczność. Podsumowaniem badań są rozdział 7 zawierający wnioski szczegółowe i rozdział 8 wnioski ogólne.

Rozprawa obejmuje 202 strony spójnego tekstu, 13 stron spisu piśmiennictwa, 10 stron zawierających spis tabel, rysunków i fotografii. W tekście spójnym znajdują się 94 tabele, 71 rysunków i 9 fotografii. Literatura obejmuje 198 pozycji, z których 85 to pozycje polskojęzyczne, a 113 angielskojęzyczne. W wyżej wymienionym spisie piśmiennictwa oprócz klasycznych publikacji naukowych znajduje się 9 norm.

Główny cel pracy i hipotezy badawcze skierowane były na uzasadnienie faktu iż działanie filtrów oczyszczających ścieki, a przede wszystkim ich skuteczność zależy od rodzaju materiału, granulacji ziaren złoża oraz obciążenia hydraulicznego złoża ściekami.

Wykonane przez Doktorantki badania uważam za wartościowe zważywszy na ich zakres i wnikliwość w statystycznym analizowaniu wzajemnych powiązań parametrów. Na podkreślenie zasługują osiągnięcia Doktorantki w pokonywaniu trudności jakie powstają podczas badań eksperymentalnych, a które wymagają zaangażowania, dokładności i pracowitości.

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki zaliczam.

1. Wykazanie, że wybór złoża jako wypełnienia filtrów wpływa na efektywność redukcji zanieczyszczeń. Jest to istotny przyczynek, gdyż należałoby rozważyć, czy filtry stosowane w tych oczyszczalniach nie powinny być wypełniane materiałami bardziej porowatymi niż piasek. Wówczas jawi się sugestia o rezygnację z nazewnictwa „filtr piaskowy”. W materiałach porowatych rozwinięta powierzchnia sprzyja rozwojowi błony biologicznej, która powinna bardziej skutecznie przyczyniać się do lepszego oczyszczania ścieków. To mogłoby oczywiście doprowadzić do przyspieszonej kolmatacji złoża, lecz właśnie temu służą dalsze badania Doktorantki, aby wybór złoża korelować z granulacją ziaren oraz obciążeniem hydraulicznym.
2. Wykazanie, że dla uzyskania także wysokiego efektu oczyszczenia ścieków możliwe jest zastosowanie tańszych niż zeolity materiałów, jakim w tym przypadku był keramzyt. Zastosowanie zeolitu nie zawsze jest być uzasadnione. Jego działanie jest zarówno

sorpcyjne, jak i jonowymienne, dlatego nie dziwi najwyższa skuteczność oczyszczania ścieków. Jednak w rozwiązaniach przyzgodowych keramzyt może okazać się lepszym rozwiązaniem, ze względu na niższy koszt, a też zadowalającą skuteczność oczyszczania ścieków.

3. Wartościowym osiągnięciem rozprawy było wykazanie, że wpływ średnicy ziaren poszczególnych złóż ma istotny wpływ na efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków. Intuicyjnie było to do przewidzenia, jednak w niniejszych badaniach zostało potwierdzone liczbowo podczas analizowania, szczególnie badań MK1 i MK3 w kolejnych kolumnach.
4. Wykazanie, że w dość szerokim zakresie filtry są odporne na zmienne obciążenie hydrauliczne. W analizowanym zakresie (od $15,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ do $63,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) wykazały wystarczająco wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń. Faktem jest, że w zakresie badań przyjęto bardzo małe prędkości filtracji, które wynosiły od 0,66 mm/godz. do 2,65 mm/godz. Jest to odpowiednik stosowanych w uzdatnianiu wody powierzchniowej filtrów powolnych.
5. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że podjęto się badań w warunkach naturalnych, to jest na rzeczywistych ściekach z uwzględnieniem zmienności i nierównomierności ich dopływu zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym. Takie badania są zawsze kłopotliwe, wiążą się z trudnościami dokładnego zaplanowania terminów oraz niedogodnościami wynikającymi z występowania zjawisk i sytuacji trudnych do przewidzenia. Wyniki tak prowadzonych badań dają końcowe wnioski są zawsze bardziej wartościowe niż realizowane z wykorzystaniem ścieków syntetycznych z jednakowym dawkowaniem w ciągu całego eksperymentu.

Dyskusyjne uwagi merytoryczne

Uwagi zawarte poniżej jak widać po podtytule są dyskusyjnymi, a wyniknęły podczas studiowania rozprawy. Powstały po przemyśleniach samej pracy i zostały wyeksponowane dla zachęty do kontynuowania badań i uszczegółowienia wyników, które mogą następnie być opublikowane w dobrym czasopiśmie,

1. Jak wyjaśnić, że w analizowaniu BZT₅, ChZT, i azotu amonowego (tabele, 12, 13, 15) mediana jest znacząco mniejsza od średniej? Czy następowały jednostkowe przebiccia? Jeśli tak, to jak je wyjaśnić skoro prędkości filtracji były bardzo niskie (punkt 4 powyżej), i ta sytuacja nie odnosi się do zawiesin (tabela 14).

2. Myślę, że badanie modelu MK4 nie przyniosło możliwości sformułowania wyjaśnień. Niestety na przeszkodzie stało to, że wystąpiły tu dwie zmienne, zarówno rodzaje materiałów jak i średnice ziaren. Jak była przyczyna, że nie zasypano kolumn materiałami o jednakowej granulacji? Gdyby złoża były o jednakowym zakresie średnic ziaren można byłoby wyciągnąć wnioski bardziej miarodajne.
3. Podczas przygotowywania zasypu kolumn w eksperymencie MK1 został popełniony błąd, że wsypano do kolumny 4 złożę razem z frakcją pylistą (str. 61 oraz rys. 17). Należało odrzucić ziarna drobne np. poniżej 0,1 mm, albo nawet poniżej 0,2 mm. Wówczas nie byłoby potrzeby zatrzymania badań w tej kolumnie.

Uwagi edytorskie

- Str. 14 – Tabela 1 – nierealne są stężenia N-NO₃ zarówno po osadniku, jak i po filtrze piaskowym. Czy nie nastąpiła tu pomyłka? Ja tej tabeli nie znalazłem w książce prof. Z. Heidricha..
- Str. 19 – 2 wiersz od góry – błędy ortograficzne – „adsorbcyjnych i desorbcyjnych”.
- Str. 26 – 2 wiersz od góry – jest „jenowymiennej”, powinno być „jonowymiennej”.
- Nie można utożsamiać stwierdzeń „ma”-„posiada”. Np. str. 48 - 2 w. od góry „...zeolit posiadał stałą formę...”. Raczej miał stałą formę. Tak wyrażane myśli powtórzyły się kilkukrotnie.
- Str. 48 – 3 wiersz od góry – „porowatość wynosiła 44%”. Raczej jamistość (PN-89/B-06714.01), lub porowatość międzyziarnowa. W przypadku materiałów porowatych konieczne jest rozróżnienie porowatości międzyziarnowej od porowatości samych ziaren.
- Str. 48 – 4 wiersz od góry – „gęstość wynosiła 70%”???
- Str. 52-53 – nie jest jasne jaki był keramzyt w K3? Na rys. 19, str. 52 jest 2,5 ÷ 5,0 mm, natomiast w tabeli 9, str. 53 jest 0,1 ÷ 2,0 mm.
- Str. 81 – od tabeli 14 do końca pracy powtarzane jest sformułowanie - „ilość próbek”, powinno być „liczba próbek”. Próbki są policzalne.
- Str. 129 – 8 wiersz od góry – jest „wyznaczona”, powinno być – „wyznaczone”
- Str. 172 – 14 wiersz od dołu – jest „różnice”, powinno być – „różnic”
- Sporo niedokładności można spostrzec w rozdziale Literatura. Błędny tytuł czasopisma – pozycje 1, 4, 63, 196; błędne nazwisko Autora-poz. 28, 68, 69; brak numerów czasopism

- poz. 39, 40, 82, 90; brak numerów czasopism i stron-poz. 54, 119; brak stron-poz. 92, 171; nie wiadomo co to jest-poz. 80; pozycje 114 i 115 są tożsame.

Ponieważ Autorka komentując wyniki w większości przypadków stwierdzała, że jakaś wartość jest od innej większa lub mniejsza nie próbując interpretować, dlaczego i jakie są konsekwencje na zakończenie chcę postawić pytania licząc na dyskusję podczas obrony.

- Jak wyjaśnić, że w wielu przypadkach BZT_5 nie wykazywało rozkładu normalnego, a pozostałe wskaźniki tak. Czy może być prawdziwe stwierdzenie - wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego wzrasta liniowo czas przetrzymania ścieków w złożu, natomiast proces zmian BZT_5 jest różniczkowy nie do końca znanego rzędu (pierwszego, pseudopierwszego, połówkowego, drugiego itp.). W takim przypadku jeśli chodzi o zawiesiny i w pewnym sensie azot amonowy wyjaśnienie jest klarowne. Natomiast, aby odnieść to do ChZT szkoda, że nie został skonstruowany wykres przedstawiający stosunek $BZT_5/ChZT$, gdyż można byłoby wyjaśnić na ile różniczkowe zachowanie się BZT_5 wpływa na zmiany ChZT.
- Jak wiadomo klinoptylolit jest dobrym minerałem do usuwania azotu amonowego w procesie wymiany jonowej. Szkoda, że nie był badany azot Kiejdahla w ściekach surowych lub/i azot azotanowy w ściekach oczyszczonych, gdyż wówczas można było łatwiej uzasadnić wpływ porowatości keramzytu i klinoptylolitu na proces nityfikacji i usuwania azotu.
- Dlaczego wraz ze wzrostem obciążenia hydraulicznego poprawiał się efekt usuwania ChZT i zawiesin? Czy w początkowych warunkach (przy niskim obciążeniu) złożo nie było wpracowane? Czy gdyby eksperyment prowadzić od dużych obciążeń do coraz mniejszych wynik byłby identyczny?

Wniosek końcowy

Rozprawę doktorską mgr inż. Karoliny Kurek uznaję za sumienne, wnikliwe i konsekwentnie przeprowadzone opracowanie podjętego problemu badawczego. Cel pracy został osiągnięty, a tezy badawcze udowodnione. Doktorantka wykazała należyte przygotowanie teoretyczne i praktyczne, znajomość współczesnej literatury dotyczącej tematu pracy, oraz umiejętność zaplanowania i przeprowadzenia badań. Autorka pokazała, że potrafi prawidłowo zinterpretować uzyskane wyniki.

Mając zatem na uwadze podaną wyżej pozytywną ocenę osiągnięć Autorki rozprawy stwierdzam, że praca pt. „Skuteczność oczyszczania ścieków w filtrach o przepływie

„pienowym z wypełnieniem zeolitowym, keramzytowym i piaskowym” spełnia warunki obowiązującej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595), z późniejszymi zmianami (z 2011 r. Nr 84, poz. 455, z 2014 r. poz. 1198 i jako załącznik do Obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 3 czerwca 2016 r. Dz. Ust 2016, poz. 882), dlatego wnioskuję o jej przyjęcie, jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Karoliny Kurek do publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

dr hab. inż. Tadeusz Siwiec, prof. SGGW

