

Prof. dr hab. inż. Marian Kwietniewski

Zakład Zaopatrzenia w Wodę

i Odprowadzania Ścieków

Wydział Instalacji Budowlanych,

Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

Politechnika Warszawska

Marian.kwietniewski@gmail.com

Tel. 601 394 432

Administracja
Wydziału Inżynierii Środowiska

Wpłynęło dn. 23 KWI. 2019

Nr. FR9 Szt.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Anny Młyńskiej** pt.

Badania wpływu renowacji przewodów wodociągowych metodą cementowania na jakość transportowanej wody

1. Przedmiot i podstawa formalna opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pani mgr inż. Anny Młyńskiej prowadzona na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej, której promotorem jest pan dr hab. inż. Michał Zielina, prof. PK. Recenzję opracowano zgodnie z uchwałą Rady Wydziału z dnia 20.02.2019r.

Rozprawa obejmuje 179 stron podstawowego tekstu, w tym 160 pozycji bibliograficznych i 14 załączników.

2. Charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

Renowacja, a w tym wypadku pokrywanie wewnętrznej ściany skorodowanych przewodów wodociągowych wykładziną, ma do spełnienia dwa główne cele, a mianowicie poprawę warunków hydraulicznych przepływu wody w przewodach, głównie poprzez radykalne zmniejszenie chropowatości rur oraz poprawę jakości wody przepływającej tymi przewodami. W tym drugim przypadku trzeba jednak liczyć się ze skutkami ubocznymi renowacji, tzn wtórnym zanieczyszczeniem wody przepływającej przewodami odnowionymi przez natryskiwanie wykładziny. W ramach badań Doktorantka sprawdziła przede wszystkim wpływ rodzaju cementu produkowanego przez różnych wytwórców i stosowanego do tworzenia wewnętrznej powłoki rur, jakości wody wprowadzanej do przewodów wyłożonych powłoką, warunków hydraulicznych przepływu wody w przewodach z uwzględnieniem dezynfekcji na jakość wody kontaktującej się z wykładziną, a dokładnie na stopień wymywania wybranych zanieczyszczeń z wykładziny, głównie cementowej. Badania rozszerzono o wpływ powłoki poliuretanowej na jakość kontaktującej się z nią wody. Dokonano także porównania wpływu wykładzin cementowej i poliuretanowej na jakość wody w zakresie odczynu pH, zasadowości, OWO, barwy, smaku i zapachu z uwzględnieniem także dezynfekcji. Ponadto

porównano wpływ wykładziny cementowej wykonanej na miejscu w procesie renowacji i wykładziny wykonanej fabrycznie, na jakość wody.

Przy tak sformułowanym temacie rozprawy, Doktorantka skupiła się w naturalny sposób na badaniach i ocenie wpływu materiału wykładzin przewodów wodociągowych na jakość wody przepływającej tymi przewodami. Należy się z tym zgodzić, gdyż wymywanie zanieczyszczeń z wykładziny do wody jest w tym wypadku głównym czynnikiem jej wtórnego zanieczyszczenia. Ale należy w tym miejscu również zauważyć, iż na jakość wody mogą mieć także wpływ błędy w stosowaniu procedur renowacyjnych o czym warto było wspomnieć w pracy. Zbyt wczesne oddanie przewodu do użytkowania po zakończonej renowacji może wydłużyć czas stabilizacji wykładziny pod względem np. odczynu pH wody czy stężenia glinu. Podobne skutki może mieć np. nieskuteczne lub zbyt krótkie płukanie przewodu po renowacji.

Pozytywnie należy ocenić rzetelny przegląd literatury zawarty w rozdz. 3. Szczegółowo omówiono metody renowacji (rozdz. 3.2), zwłaszcza metodę natryskiwania zaprawy cementowej w tym, charakterystykę cementów stosowanych do tworzenia zaprawy, a także wpływ wykładzin na jakość wody (rozdz. 3.3), wykonanych głównie z zaprawy cementowej. Bogato zilustrowano ten wpływ wynikami licznych badań. Ciekawym i zarazem ważnym aspektem poruszonym przez Autorkę w kontekście wpływu wykładzin na jakość wody jest oddziaływanie zawartych w niej zanieczyszczeń wymywanych z wykładziny cementowej na zdrowie człowieka. Jest to dobre wprowadzenie do problematyki badań podjętych w pracy. Oceniając jednakże kolejność rozdziałów i miejsce studiów literaturowych w układzie pracy nasuwa się uwaga, iż rozdziały 2 i 3 powinny być zamienione miejscami. Cele, tezy i zakres pracy są formułowane na ogół w wyniku przeprowadzonych studiów literaturowych, które powinny być omówione wcześniej. Ponadto dobrze byłoby, aby przegląd literatury kończył się podsumowaniem, które wskazywałoby na nierozwiązane dotychczas problemy badawcze w zakresie tematyki rozprawy. Konkluzje takie zostały częściowo sformułowane w rozdz. 2, w tekście „zawieszonym”, przed podrozdz. 2.1.

W odniesieniu do podrozdz. 2.1, z obowiązku recenzenta zwracam uwagę na to, iż celem mogą być oceny, natomiast analizy, drogą do osiągnięcia tych celów.

W podrozdz. 2.2 sformułowano kilka tez, z których tezy 2. i 3. są w pełni uzasadnione natomiast, pierwsza wydaje się oczywistym stwierdzeniem, mającym już swoje uzasadnienie w dostępnej literaturze przedmiotu, a 4. teza nie jest precyzyjna, gdyż model został zweryfikowany tylko w warunkach statycznych.

Zakres pracy został opisany w podrozdz. 2.3 zbyt szczegółowo, a takie elementy jak wykaz literatury, tabel, rysunków fotografii należą do stałych elementów pracy i nie ma potrzeby ich wymieniać. Można było podać tylko hasłowo główne, zasadnicze zagadnienia podjęte w pracy. Nie są to istotne uchybienia, ale jak wspomniałem wyżej, odnotowuję je z pozycji recenzenta.

W rozdziale 4. opisano w sposób wyczerpujący materiały i stanowiska do badań. Szkoda tylko, że na fotografiach 1-21 brak jest oznaczeń podstawowych elementów stanowisk badawczych. Stanowisko laboratoryjne do badań dynamicznych (podrozdz. 4.2.2, str. 61) zostało skonstruowane w taki sposób, aby woda przepływała pomiędzy dwoma, współśrodkowo ustawionymi rurami o różnych wymiarach, obie wycementowane, jedna od wewnątrz i druga na zewnątrz. Taki model stanowiska uzasadniono hydraulicznymi kryteriami skalowania układu badawczego – promień hydrauliczny, liczba Reynoldsa i naprężenia ścinające zbliżone

do tych, jakie występują w rzeczywistym przewodzie przesyłającym wodę z ZUW Raba. Niejasny jest jednak aspekt jakościowego skalowania modelu. W tym modelu woda przepływając przez układ kontaktuje się z blisko dwukrotnie większą powierzchnią wykładziny niż, gdyby przepływała tylko w jednej rurze wycementowanej od środka. Wskazane jest wyjaśnienie tej kwestii

Metodyka badań, którą opisano szczegółowo w rozdziale 5 jest jasna. Harmonogramy poboru prób wody do badań zostały ustalone w sposób dobrze przemyślany. Umożliwiają systematyczne śledzenie zmian intensywności wymywania zanieczyszczeń w czasie. Na uwagę zasługuje zróżnicowany a zarazem bardzo szeroki zakres podjętych badań. Ze względu na rodzaj badań można je sklasyfikować jako: badania laboratoryjne w warunkach statycznych, badania laboratoryjne w warunkach dynamicznych oraz badania w skali technicznej na rzeczywistych przewodach wodociągowych. Ze względu na charakter badań zauważa się tutaj badania jakości wody (wybranych wskaźników) z uwzględnieniem wpływu różnych wykładzin na tę jakość oraz badania składu pierwiastkowego cementów portlandzkich CEM I zastosowanych do renowacji przewodów.

Ponadto, wykorzystując wyniki oznaczeń stężeń pierwiastków w wodzie, oszacowano ilości wymywanych substancji z zaprawy cementowej, a także wielkości stężeń wybranych pierwiastków w wodzie przepływającej przez przewody z wykładziną cementową.

Zaplanowanie, a następnie przeprowadzenie badań wymagało od Doktorantki dużego zaangażowania popartego wiedzą i umiejętnościami z zakresu planowania doświadczeń i tworzenia stanowisk badawczych.

Pomimo generalnie poprawnego opisu metodyki badań, uszczegółowienia wymaga stwierdzenie na str 73: „*czas kontaktu wody z wewnętrzną powłokąokreślony został przy częściowej zgodności z dwoma normami*” Na czym polegała częściowa zgodność z tymi normami? Ponadto, w opisie metodyki jak również później, wyników badań (rozdział 6), Doktorantka tworzy „krzywe zależności przenikania zanieczyszczeń z powłoki cementowej do wody”. Taka nazwa krzywych jest wg mnie nieprecyzyjna bowiem automatycznie ujawnia niedomówienie co do pojęcia „zależność” - jakich zależności? Może zreczniej byłoby przyjąć nazwę „krzywe przenikania zanieczyszczeń z powłoki cementowej do wody”.

Obszerny zakres wykonanych badań wymagał od Autorki szczegółowego omówienia ich wyników. Rezultaty badań, stanowiące najważniejszą część pracy, zostały zaprezentowane w rozdziale 6. Uzyskane wyniki posłużyły do przeprowadzenia wieloaspektowych analiz i porównań, a także obliczeń i opracowania krzywych przenikania zanieczyszczeń z wykładziny cementowej do wody. W ten sposób Autorka w pełni zrealizowała przyjęty na początku pracy jej zakres oraz osiągnęła założone w rozprawie cele.

Pozytywnie należy ocenić także podjęcie dodatkowego zadania jakim było opracowanie matematycznego modelu przenikania wybranych zanieczyszczeń z wykładziny cementowej do wody. Chociaż, jak wspomina Autorka, zaprezentowany model jest uproszczoną wersją opracowywanego aktualnie pełnego modelu przenikania zanieczyszczeń, to jego możliwości są już teraz interesujące. Może być wykorzystany do szacowania wzrostu stężenia wybranych zanieczyszczeń w wodzie oraz do oceny postępu rozpuszczania i sorpcji związków zawartych w zaprawie cementowej w krótkim czasie po renowacji. Analiza danych do modelu nasuwa pytanie, dlaczego dla modelowanej średnicy DN110, przyjęto grubość wykładziny cementowej $\Delta R = 8,5$ mm, która jest minimalną wartością dla DN1000-1500) ? (str 147).

Generalny wniosek wysuwany przez Doktorantkę na podstawie weryfikacji modelu, wymaga jednak korekty. Otóż zaproponowany model opisuje w sposób właściwy proces przenikania zanieczyszczeń z wykładziny cementowej do wody oraz zmiany stężeń w funkcji czasu ale w warunkach statycznych, w których został zweryfikowany. Nie można tego stwierdzić w odniesieniu do warunków przepływu wody w przewodzie. Biorąc jednak pod uwagę fakt, iż obecne sieci wodociągowe są „przewymiarowane” i w wielu miejscach woda stagnuje lub płynie z bardzo małą prędkością (nawet poniżej 0,1 m/s), opracowany model może mieć dość szerokie zastosowanie.

Podsumowanie pracy (rozdział 8) daje pełny obraz zrealizowanego zakresu działań, a wnioski i stwierdzenia są bardzo szczegółowe (jest ich aż 31). Szczegółowość i liczba wniosków są uzasadnione bardzo szerokim zakresem przeprowadzonych badań.

Po podsumowaniu dotychczasowych wyników badań oczekuje się wyraźnego wyeksponowania kierunków dalszych działań w rozwoju naukowym Doktorantki. Taką informację można znaleźć dopiero w tekście podsumowania, z której wynika, że dalsze badania będą dotyczyły wpływu wykładzin epoksydowych na jakość wody.

Zdecydowana większość pozycji literaturowych pochodzi z ostatnich lat, po 2000r., zaś prace starsze są uznane jako klasyczne i istotne w swojej dziedzinie.

Należy podkreślić, iż praca została napisana poprawnym językiem przy bardzo niewielkiej ilości usterek redakcyjnych

Uwagi szczegółowe

- Wydaje się iż pojęcie „wskaźnik” jest bardziej adekwatne do oceny jakości wody, niż „parametr”. W pracy, te dwa pojęcia są stosowane wymiennie, ale bardzo często stosuje się „parametr”
- Str 23 i dalej – „norma” DVGW – to są wytyczne lub” wytyczna” DVGW
- Do oceny wskaźników jakości wody Autorka wykorzystuje dopuszczalne wartości stężeń porównywanych wskaźników, przywołując w tym celu m in tzw światowe normy jakości wody jako standard U.S. EPA (np. str 39). Wydaje się, iż w tym wypadku do standardu światowego bardziej pasują wytyczne WHO. Z obowiązku wskazuję zatem ostatnie wydanie tych wytycznych¹
- Na fotografiach 1 - 21 brak jest oznaczeń i opisów elementów stanowisk badawczych oraz innych istotnych części badanych rur, co utrudnia identyfikację tych elementów jak również śledzenie różnych czynności wykonywanych na stanowiskach
- Str 92 – stwierdzenie *”ługowanie śladowych ilości chromu, obserwowane może być jedynie w ciągu pierwszej doby eksploatacji nowo zainstalowanych przewodów z wewnętrzną powłoką cementową (rys. 9c)”* nie wynika z rysunku 9c. Widać, że stężenie Cr rośnie w dalszych dobach tylko nieco wolniej.
- Str 101 – rys 15a i 15b przedstawiają stężenie Cr a nie przyrost stężenia jak zapowiada się na str 98

¹ Kwietniewski M. (Red.), Mulik B.(Red.), Parafińska K. (Red.), Parafiński J. (Red.) Redakcja polskiego wydania *Wytyczne WHO dotyczące jakości wody do picia. Wydanie IV.* Wyd. Izba Gospodarcza „Wodociągi Polskie” Bydgoszcz 2014. Str 632 (tłumaczenie „Guidlines for Drinking- water Quality. Fourth Edition”. 2011).

- Str 102 – rys 16 – jak interpretować wykresy, na których nie są eksponowane Cr i Pb?, a które są przywołane w tekście cyt. „*analiza zawartości pierwiastków śladowych (rys. 16) wykazała, że zarówno w cemencie portlandzkim CEM I (Cemex), jak i w cemencie produkcji Dyckerhoff, obecne były niewielkie ilości związków chromu i ołowiu*”
- Str 105 – przy omawianiu glinu przywołano Rys 16, a powinien być chyba Rys 19
- Str 109 – do obliczeń krzywych przenikania....., dla zakresu średnic DN200-DN1000, przyjęto jedną wysoką wartość $\Delta R = 10$ mm tj. minimalną dla DN1500 (tab. 2, str 23). Wymaga to uzasadnienia
- Str 133 – Rys. 36, 3 punkty dla glinu na obiekcie w skali technicznej są bardzo rozrzucone, ich lokalizacja nie wykazuje żadnej prawidłowości tak, jak ma to miejsce na pozostałych 3 wykresach. Czy Autorka zastanawiała się nad powtórzeniem tych badań?

W podsumowaniu oceny mogę stwierdzić, że:

- podjęty w rozprawie problem naukowy dotyczący analizy i oceny wpływu renowacji przewodów wodociągowych metodą cementowania na jakość wody przepływającej tymi przewodami jest niezwykle ważny z praktycznego punktu widzenia
- wykazany niedostatek wiedzy w tym zakresie uzasadnia podjęcie tematu rozprawy oraz przyjętych celów, postawionej tezy i zakresu przeprowadzonych badań w opiniowanej rozprawie doktorskiej
- praca ma charakter badawczo-analityczny, a przeprowadzone w niej badania i analizy mają wieloaspektowy charakter
- praca charakteryzuje się logicznym uporządkowanym układem rozwiązywanych zagadnień
- autorka osiągnęła zamierzone cele oraz wykazała na drodze badań laboratoryjnych i terenowych na rzeczywistych przewodach wodociągowych, przyjęte na wstępie tezy pracy
- otrzymane rezultaty badań oraz wynikające z nich wnioski mają istotne znaczenie zarówno z naukowego punktu widzenia, jak też dla działalności praktycznej.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy, które w mojej opinii mogą stanowić podstawę do jej wyróżnienia zaliczam:

- w obszarze naukowym - opracowanie metodyki badań wieloaspektowych, synchronizującej badania laboratoryjne w warunkach statycznych i dynamicznych z badaniami w skali technicznej na eksploatowanych przewodach wodociągowych wraz z wzorcowym programem analizy i interpretacji wyników tych badań. Rozwinięciem tej metodyki jest model matematyczny przenikania wybranych zanieczyszczeń z wykładziny cementowej do wody, który wykorzystuje wyniki badań.

- w obszarze użytecznym - bardzo dobre zaplanowanie i wykonanie oryginalnych stanowisk badawczych, w szczególności do badań w warunkach dynamicznych oraz z ciekawym sposobem ręcznego cementowania obiektu w warunkach laboratoryjnych.

3. Podsumowanie

Sformułowane w niniejszej opinii uwagi mają w zasadzie charakter porządkowy i tylko w części merytoryczny, a drobne uwagi szczegółowe są związane głównie z redakcyjnym przygotowaniem rozprawy. Nie mają one jednak zasadniczego wpływu na końcową ocenę pracy, która w mojej opinii jest wysoka.

Praca doktorska pani mgr inż. Anny Młyńskiej rozwiązuje zidentyfikowane problemy naukowe związane z wpływem wykładziny cementowej na jakość wody, pokazując jednocześnie oryginalne podejście do kompleksowych badań tego wpływu.

Praca stanowi indywidualny wkład Doktorantki w rozwój specjalności naukowej „wodociągi i kanalizacje”. Kandydatka na doktora nauk technicznych wykazała bardzo dobrą ogólną wiedzę teoretyczną w dotychczasowej dyscyplinie „Inżynieria środowiska” odpowiadającej aktualnej dyscyplinie „Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka” oraz zaprezentowała umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Reasumując uważam, że rozprawa doktorska pani mgr inż. Anny Młyńskiej spełnia warunki wymagane ustawą z dnia 14.03.2003 r. o stopniach i tytule naukowym, oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami, i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

