

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Mokrzycki
Instytut Gospodarki Surowcami
Mineralnymi i Energią PAN
ul. J. Wybickiego 7a, 31-261 Kraków
email: mokrzy@min-pan.krakow.pl

Kraków, 10.02.2018

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Krzysztofa TOPOLSKIEGO
pt.: *Izolacja podłoża składowisk odpadów komunalnych za pomocą ekranów*
przeciwfiltracyjnych

1. Podstawa formalna recenzji

Przedmiotową recenzję opracowałem jako recenzent wyznaczony przez Radę Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Pismo o znakach WGGiŚ/44/18 w dniu 30 stycznia 2018 r. wystosował do mnie Dziekan Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska – prof. dr hab. inż. Stanisław Gruszczyński, wynikające z uchwały Rady tegoż Wydziału z dnia 25 stycznia 2018 r.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr. inż. Krzysztofa Topolskiego powstała pod kierunkiem Pana prof. dr. hab. inż. Andrzeja Goneta, pełniącego w przewodzie doktorskim obowiązki promotora.

Praca liczy łącznie 157 stron i składa się z 10. rozdziałów, w tym wstępu i wniosków oraz spisu literatury. W zasadniczej części pracy zamieszczono 59 rysunków oraz 18 tabel i 3 fotografie. Uzupełnieniem pracy są również streszczenie w języku polskim i języku angielskim, spisy tabel, rysunków i fotografii. Spis literatury obejmuje 117 pozycji reprezentatywnych dla tematu dysertacji, w tym 49 pozycji w języku angielskim oraz 9 pozycji – ustawy, rozporządzenia, normy, jak również 6 źródeł internetowych.

Rozprawa dotyczy problemu odizolowania odpadów komunalnych w miejscu ich składowania połączonego z przywróceniem pierwotnego stanu otaczającego ich ośrodka gruntowego i wód podziemnych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na dobór techniki i technologii wykonywania sztucznych ekranów filtracyjnych umożliwiających szczelne oddzielenie składowisk odpadów z boku i od spodu względem otaczającego je ośrodka gruntowego.

Pracę umownie można podzielić na dwie części, wzajemnie przenikające się:
– część pierwsza, obejmująca problematykę z zakresu inżynierii wiertniczej, a dokładniej technik geoinżynierskich, dotyczy także technik i technologii wykonywania ekranów

szczelinowych (rozdział 3), ekranów otworowych (rozdział 4), doboru zaczynów do realizacji ekranów przeciwfiltracyjnych (rozdział 5),

– część druga, obejmująca problematykę z zakresu inżynierii środowiska, która dotyczy wyboru technologii prac uszczelniających składowiska odpadów (rozdział 6), charakterystyki składowiska odpadów Sobniów w Jaśle, koncepcji jego zabezpieczenia (rozdział 8) oraz prac końcowych związanych z zagospodarowaniem terenu składowisk odpadów (rozdział 9).

Struktura pracy jest ogólnie poprawna. Strona formalna – zasadniczo właściwa. Praca napisana jest dobrym językiem naukowo-technicznym.

3. Charakterystyka tematu oraz celu rozprawy

Tematyka rozprawy doktorskiej *Izolacja podłoża składowisk odpadów komunalnych za pomocą ekranów przeciwfiltracyjnych* jest istotna zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Poznawcze znaczenie to pozyskanie nowej wiedzy przy wykorzystaniu technik i technologii geoinżynierskich, która pozwoli na opracowanie oryginalnej metody optymalizacji procesu uszczelniania składowisk odpadów komunalnych. Dlatego też podjęcie realizacji tematu pracy doktorskiej z tego zakresu przez mgr. inż. Krzysztofa Topolskiego jest bardzo cenne. Praktyczne znaczenie to ocena procesu izolacji podłoża składowiska odpadów Sobniów w Jaśle.

Na przestrzeni ostatnich lat powstało stosunkowo niewiele opracowań kompleksowych na temat adaptacji technik geoinżynierskich, jak również specjalnych zaczynów uszczelniających do wykonywania ekranów przeciwfiltracyjnych wokół składowisk odpadów komunalnych w rejonach Polski południowo-wschodniej. Jest to zagadnienie, którego złożoność wynika głównie z wieloaspektowej natury składowanych odpadów, problemów prawnych i trudności z uzyskaniem danych pomiarowych parametrów procesów zachodzących w składowisku w długim czasie.

Doktorant w pracy postawił tezę, która ma następujące brzmienie: *Istnieją techniczne i technologiczne możliwości odizolowania istniejących składowisk odpadów komunalnych od otaczającego je ośrodka gruntowego za pomocą otworowych lub szczelinowych ekranów przeciwfiltracyjnych.*

W celu udowodnienia tej tezy Doktorant przedstawił:

- analizę technicznych możliwości wykonania szczelinowych i otworowych ekranów przeciwfiltracyjnych dla istniejących składowisk,
- dobór zaczynów uszczelniających do ekranów przeciwfiltracyjnych,
- uproszczoną analizę ekonomiczną dotyczącą wyboru metody wykonania ekranu,
- dobór technologii wykonania ekranów dla składowiska odpadów Sobniów,
- analizę techniczno-ekonomiczną zabezpieczenia składowiska odpadów Sobniów.

Pozytywnie oceniam fakt, że Doktorant podjął tak złożony i bardzo aktualny problem, zajmując się w rozprawie badaniem i analizą izolacji składowisk odpadów komunalnych w wybranej lokalizacji południowo-wschodniej Polski.

Jak już zaznaczyłem, zagadnienie jest złożone, a jego analiza kłopotliwa i trudna. Jednocześnie należy podkreślić, że podjęcie badań w tym temacie jest ważne nie tylko ze względu na znaczenie poznawcze, ale i użytkowe.

Stąd też wynika moja pozytywna ocena zarówno tematu, jak i zakresu badań podjętych przez Doktoranta.

4. Ogólne omówienie pracy

Poszczególne rozdziały dysertacji omawiam w sposób bardzo syntetyczny, formułując oceny cząstkowe składające się na finalną ocenę merytoryczną pracy.

Rozdział 1 *Wstęp* (s. 7–14) stanowi rzeczowe wprowadzenie w tematykę dysertacji. Doktorant omawia uwarunkowania jakie legły u podstaw wyboru przedmiotu, celu i zakresu pracy. Omówiono w nim odpady komunalne i przemysłowe, regulacje prawne zarówno krajowe (obowiązujące ustawy i rozporządzenia Ministra Środowiska) jak i Unii Europejskiej (dyrektywy) dotyczące postępowania z odpadami, stan składowisk odpadów na terenie województwa podkarpackiego. Przedstawiono również tezę pracy.

Treścią rozdziału 2. (s. 15–22) są koncepcje odizolowania składowisk odpadów. Omówiono w nim:

- zabezpieczenie składowiska odpadów ekranem szczelinowym z wykorzystaniem naturalnej warstwy izolacyjnej,
- zabezpieczenie składowiska odpadów otworowym ekranem uszczelniającym,
- zabezpieczenie składowiska odpadów otworowym ekranem kierunkowym i ekranem pionowym,
- zabezpieczenie podłoża składowiska otworowym ekranem uszczelniającym,
- zabezpieczenie podłoża składowiska otworowym i szczelinowym ekranem filtracyjnym,
- lokalizację otworów iniekcyjnych i ekranów szczelinowych dla składowiska odpadów w kształcie prostokąta,
- lokalizację otworów iniekcyjnych dla składowiska odpadów w kształcie elipsy,
- podwójny ekran przeciwfiltracyjny dla odpadów niebezpiecznych.

W rozdziale 3. (s. 23–34) Doktorant scharakteryzował różne technologie wykonywania ekranów szczelinowych w aspekcie ich potencjalnego zastosowania do odizolowania źle zabezpieczonego podłoża dawniej założonych składowisk odpadów komunalnych. Do realizacji przesłan wokół składowisk odpadów proponuje jedną z wymienionych metod:

- głębokiego mieszania gruntu; technologia ta polega na wymieszaniu gruntu z zaczynem cementowym, która prowadzi do utworzenia tzw. cementogruntu; zalety to: wiercenie otworów bez wstrząsów, metoda przyjazna dla środowiska, brak urobku, względnie niskie koszty;
- technologia wykopu wąskoprzestrzennego; technologia ta polega na wykonaniu szczeliny ciągłej w ośrodku gruntowym, gdzie wprowadza się zawiesinę bentonitowo-cementową, która po stwardnieniu tworzy pionowy ekran; zalety: prostota wykonania ekranów, znikome oddziaływanie na środowisko, niskie koszty; wady: ograniczone zastosowanie wynikające z niewielkiej głębokości wykopu, trudności (niekiedy) z utrzymaniem stabilności ścian szczeliny;
- technologia chwytakowa; polega na wykonaniu za pomocą specjalnych koparek chwytakowych wąskich wykopów, do których wprowadza się zawiesinę stabilizującą (zaczyn

uszczelniający); zalety: zastosowanie w różnych ośrodkach gruntowych, znaczne głębokości wykopów;

- technologia hydrofrezowa; a polega na wykonywaniu szczelin głębokich ekranów szczelinowych (do 120 m) w różnym ośrodku gruntowym za pomocą odpowiednich frezów; zalety: zwiercanie skał o różnej wytrzymałości, możliwe głębokie wykonanie ekranu szczelinowego, możliwość kontroli jakości wykonania ekranu; wada: wysokie koszty.

Doktorant omówił również stosowane trzy technologie wypełniania szczeliny podczas realizacji ekranów przeciwfiltracyjnych:

- technologia wypełnienia szczeliny sposobem dwufazowym; sekcję głębi się w ośrodku gruntowym z równoczesnym wypełnieniem szczeliny zawieszoną bentonitową, która po zakończeniu głębenia sekcji jest usuwana przez wpompowywany zaczyn uszczelniający w postaci zawiesiny iłowo-cementowej; zawieszona bentonitowa po oczyszczeniu jest wykorzystywana do głębenia kolejnych sekcji,
- technologia wypełnienia szczeliny sposobem dwufazowym; sekcję głębi się w ośrodku gruntowym pod osłoną zawiesiny bentonitowej, następnie do szczeliny wpompowuje się zaczyn cementowy, który po wymieszaniu się z płuczką bentonitową tworzy zaczyn uszczelniający,
- technologia wypełnienia szczeliny sposobem jednofazowym; sekcję głębi się pod osłoną zaczynu iłowo-cementowego o niskiej jakości, który zapewnia lepszą stateczność ścian szczeliny podczas głębenia, a później po związaniu stanowi odcinek ekranu iłowo-cementowego.

W rozdziale 4. (s. 35–63) omówił:

- urządzenia wiertnicze do przewiertów sterowanych (podział ze względu na ich parametry techniczne: siła ciągnięcia, moment obrotowy, strumień objętości płuczki),
- wiercenie otworów sterowanych; wyróżnia się dwie podstawowe metody wiercenia: hydrauliczne urabianie gruntu, mechaniczne urabianie gruntu prowadzone najczęściej przy wykorzystaniu różnego typu świrdrów gryzowych,
- trajektorie osi otworów kierunkowych (odcinki prostoliniowe i krzywoliniowe, mogą występować oddzielnie lub być ze sobą połączone),
- systemy sterowania trajektorią osi otworów kierunkowych: mechaniczne (przenośne) systemy lokalizacyjne, tzw. walizkowe systemy lokalizacji, magnetyczne systemy sterowania, żyroskopowe oraz systemy MWD/LWD (*Measurment While Drilling/Logging While Drilling*),
- technologie iniekcji otworowej: klasyczna, ciśnieniowa, wysokociśnieniowa z hydraulicznym urabianiem ośrodka gruntowego (*jet grouting*), ciśnieniowa z mechanicznym urabianiem ośrodka gruntowego i masywu skalnego (klasyfikacja i badanie wodochłonności ośrodka gruntowego, kryteria szczelności ośrodka gruntowego, określenie promienia iniekcji zaczynu uszczelniającego).

Rozdział 5 (s. 64–75) dotyczy zasad doboru zaczynów do realizacji ekranów przeciwfiltracyjnych oddzielających składowiska odpadów od różnego rodzaju ośrodka gruntowego. Dużą trwałość ekranów przeciw filtracyjnych w otoczeniu składowisk odpadów można osiągnąć, gdy stwardniały zaczyn uszczelniający będzie wykazywał się: bardzo dobrą przyczepnością do uszczelnianego ośrodka gruntowego, wysoką odpornością na korozję chemiczną, bardzo niskimi współczynnikami filtracji i przepuszczalności, wysokim

potencjałem immobilizacyjnym w zakresie immobilizacji krystalochemicznej jak i fizycznej oraz zdolnością inkorporacji do swej struktury kationów i anionów cząstek mogących stanowić zagrożenie dla środowiska przyrodniczego.

W rozdziale 6. (s. 76–81) Doktorant przedstawił metodykę wyboru technologii prac uszczelniających składowiska odpadów. Za kryterium optymalizacji przyjął minimum kosztów wykonania zabezpieczenia takiego składowiska przy ograniczeniach uwzględniających: współczynnik filtracji lub przepuszczalności ekranu przeciwfiltracyjnego poniżej założonego kryterium, minimalną trwałość ekranu przy zachowaniu powyższego kryterium szczelności, brak niekorzystnego oddziaływania na otaczające środowisko przyrodnicze w dalszej perspektywie czasu.

Dla tak ustalonego zagadnienia przyjęto następujące założenia:

- stare składowisko musi być dokładnie zidentyfikowane pod względem składu chemicznego wraz z otaczającymi je wodami podziemnymi i ośrodkiem gruntowym wraz z parametrami fizyczno-mechanicznymi,
- składowisko to będzie odizolowane przesłoną z boku, z góry i ze spodu,
- koszty prac przygotowawczych terenu do prac zabezpieczających i transport urządzeń wraz z osprzętem oraz pracami porządkującymi teren przyjmuje się, że są porównywalne,
- wybór metody zabezpieczenia będzie polegał na porównaniu kosztów wykonania ekranu szczelinowego i ekranu otworowego.

Doktorant zamieścił schemat blokowy obliczania kosztów wykonania ekranów szczelinowych i otworowych oraz schemat blokowy wyboru rodzaju ekranu przeciw filtracyjnego dla kryterium kosztów wykonania.

Rozdział 7 (s. 82–99) dotyczy charakterystyki składowiska odpadów Sobniów. Składowisko to zlokalizowane jest w miejscowości Jasło w województwie podkarpackim, powiecie jasielskim, gminie Miasto Jasło. Podłoże podścielające na badanym terenie stanowią trzeciorzędowe utwory łupkowo-piaskowcowe warstw krośnieńskich, natomiast strop tych utworów trzeciorzędowych tworzą piaski pylaste lub ły. Nadkład tworzą osady rzeczne basenu popowodziowego, korytowe i międzyrzeczne meandru.

Uogólniony profil geologiczny wykonano na podstawie 6. wierceń otworów. W analizowanym terenie występują wody podziemne w utworach czwartorzędowych i trzeciorzędowych. Ich charakterystyka ma ścisły związek z budową geologiczną terenu i wodami powierzchniowymi.

Wyniki badań składowiska odpadów Sobniów z oznaczanych wskaźników odcieków podwysypiskowych wykazują podwyższone i wysokie zawartości podstawowych i nieorganicznych substancji. Wartość wskaźników zanieczyszczeń w ściekach z 3. studni drenażowo-oczyszczających zamieszczono w odpowiednich tabelach.

Doktorant omówił również rys historyczny funkcjonowania składowiska odpadów Sobniów (podstawowe parametry techniczne, odgazowanie składowiska przez 9 studni pionowych, zagospodarowanie składowiska).

Rozdział 8 (s. 100–124) poświęcony jest koncepcji zabezpieczenia składowiska odpadów komunalnych Sobniów w Jasle. Koncepcja ta została opracowana na podstawie szczegółowo przeanalizowanych warunków geologicznych, hydrogeologicznych występujących w jego otoczeniu oraz postępującego toku prac wypełniających składowisko. Wykonano również badania terenowe i laboratoryjne ośrodka gruntowego, wody oraz

zaczynów uszczelniających przewidzianych do zrealizowania ekranu przeciwnfiltracyjnego wokół składowiska. Przy istniejących warunkach geologicznych i hydrogeologicznych oraz systemie studni drenażowych wykonanych w składowisku do analizy ekonomicznej wybrano pionowe ekrany przeciwnfiltracyjne w postaci ekranu szczelinowego i otworowego. Materiałem proponowanym do wypełnienia szczeliny jest zawiesina bentonitowo-cementowa. Dla ekranu wokół składowiska wybrano koparkę jednonaczyniową o szerokości czepaka 0,4 m. Następnie badaniom w Laboratorium Geoinżynierii Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Nafty i Gazu AGH poddano 4 receptury zaczynów szczelinujących (składające się z cementu CEM IIIA 32,5NA, mielonego granulowanego żużlu wielopieczowego i bentonitu), które różniły się między sobą ilorazem wodno-mieszaninowym i ilością dodatku bentonitu.

Badania technologiczne zaczynów uszczelniających dotyczących: gęstości, odstoju, rozlewności, lepkości względnej, filtracji, czasu wiązania i parametrów reologicznych przeprowadzono zgodnie z normami: PN-EN ISO 10426-1:2010, PN-EN ISO 10426-2:2006 oraz Normą Amerykańskiego Instytutu Naftowego (API Specification 10 (SPEC 10) Fifth Edition, July 1, 1990).

Parametry reologiczne (szybkość ścinania, naprężenia styczne, lepkość) zostały przedstawione dla 5. modeli reologicznych: Newtona, Binghama, Ostwalda de Waale, Cassona i Herschel-Bulkleya.

Badania wytrzymałości próbek na ścinanie i zginanie próbek kamienia zaczynowego wykazały pełną przydatność zaproponowanych receptur zaczynów uszczelniających do wykonania ekranu przeciwnfiltracyjnego wokół składowiska odpadów Sobniów.

Do wyboru technologii prac uszczelniających składowisko odpadów Sobniów przyjęto kryterium najmniejszych kosztów wykonania jego bocznego zabezpieczenia ekranami przeciwnfiltracyjnymi, zaprojektowanymi jako pionowe przesłony szczelinowe lub otworowe. Doktorant określił (obliczył) całkowite koszty wykonania pionowego ekranu szczelinowego oraz otworowego ekranu przeciwnfiltracyjnego.

Rozdział 9 (s. 125–139) przedstawia prace dotyczące zagospodarowania terenu składowiska odpadów. Podano rozporządzenia, w których zawarte są podstawy prawne zagospodarowania terenu składowisk odpadów oraz kierunki kontroli i zagospodarowania gazu składowiskowego. Doktorant omówił ukształtowanie warunków wodnych i powierzchniowych, jak również końcowe ukształtowanie terenu składowiska i jego monitoring.

Rozdział 10 zawiera 21 wniosków ujmujących całokształt problematyki związanej z izolacją podłoża składowisk odpadów komunalnych za pomocą ekranów przeciwnfiltracyjnych.

Przedstawione w dysertacji doktorskiej fakty uzasadniają podaną przez Doktoranta tezę, że istnieją techniczne i technologiczne sposoby wykonywania szczelnych i trwałych ekranów przeciwnfiltracyjnych wokół starych składowisk odpadów. Zamknięcie takiego składowiska i jego zrekultywowanie oraz odpowiednio prowadzony monitoring powoduje zminimalizowanie niekorzystnego oddziaływania na środowisko przyrodnicze.

5. Rozwiązanie postawionego problemu

Problem naukowy i użytkowy został rozwiązany w rozdziałach 5–9, gdzie Doktorant sprecyzował założenia metodyczne i dokonał: wnikliwej analizy wymagań stawianych zaczynom uszczelniającym, opracowania metodyki wyboru technologii prac uszczelniających składowiska odpadów, badań parametrów fizycznych i reologicznych świeżych zaczynów uszczelniających oraz wyboru prac uszczelniających składowisko odpadów komunalnych Sobniów.

Za oryginalne osiągnięcia Doktoranta uważam:

- wybór technologii do realizacji ekranów szczelinowych wokół składowisk odpadów,
- wybór otworowych ekranów przeciwpłynięznych wykonanych przy zastosowaniu technologii ciśnieniowej lub wysokociśnieniowej z hydraulicznym urabianiem ośrodka gruntowego (*jet grouting*) do prac uszczelniających stare składowiska odpadów,
- propozycję stosowania iniekcji strefami schodzącymi i metodą obiegową dla otworowego ekranu przeciwpłynięznych budowanego wokół składowiska odpadów, ze względu na większą pewność osiągnięcia kryterium szczelności (wodochłonność jednostkowa, wskaźnik Lugeona),
- określenie wymagań dla zaczynów uszczelniających, służących do izolacji ośrodka gruntowego,
- wytypowanie, na podstawie badań laboratoryjnych, zaczynów sporządzanych ze spoiw żużlowo-alkalicznych do wykonywania ekranów oddzielających składowiska odpadów od rodzimego ośrodka gruntowego,
- określenie ilości dodatków do spoiwa żużlowo-alkalicznego: cement CEM IIIA 35,2NA (10–20%), węglan sodu (2–5%), bentonit (2–5%),
- przedstawienie technologii i analizy ekonomicznej wykonania wokół składowiska odpadów Sobniów ekranu przeciwpłynięznych szczelinowego i otworowego w wersji iniekcji ciśnieniowej oraz wysokociśnieniowej z hydraulicznym urabianiem ośrodka gruntowego.

6. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Uważam, że rozprawa została napisana stosunkowo zwięźle, klarownie i logicznie. Układ pracy jest prawidłowy, a kolejność rozdziałów nie budzi zastrzeżeń. Język użyty w pracy jest prawidłowy i tylko w niewielu miejscach wymaga korekty. Doktorant nie ustrzegł się jednak drobnych usterek o różnym charakterze, w tym redakcyjnych, stylistycznych. W tekście występują: błędy literowe, błędy odmiany wyrazów, skróty myślowe i niekiedy – mało precyzyjny opis

1. Strona 11–12 – nieaktualne akty prawne; dotyczy to również dalszych stron (np. s. 125). Ustawa o odpadach z 27 kwietnia 2001 roku została uchylona i jest zastąpiona ustawą o odpadach z 14 grudnia roku 2012.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk oraz rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków

prowadzenia monitoringu składowisk odpadów zostały zastąpione jednym rozporządzeniem cytowanym na stronie 12, czyli rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005 r. w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku odpadów danego typu, zostało zastąpione przez kolejne rozporządzenie, a obecnie obowiązuje rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. zostało zastąpione rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 16 stycznia 2015 r. w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane na składowisku odpadów w sposób nieselektywny.

2. Stosowana terminologia: środowisko naturalne, raczej środowisko przyrodnicze; warstwa izolacyjna, raczej warstwa izolująca; przewodność elektrolityczna właściwa a nie elektryczna; albo odczyn albo pH, a nie odczyn pH, właściwość, a nie własność.

3. Należy zwrócić uwagę, że ekrany przeciw filtracyjne powinny się charakteryzować niskimi współczynnikami filtracji. Stosowanie materiału o współczynniku filtracji na poziomie 10^{-8} m/s jest niecelowe ze względu na wysokie koszty przedsięwzięcia, a jednocześnie niską skuteczność zatrzymywania migracji zanieczyszczeń przez taki materiał. Sensowność zastosowania takiego przedsięwzięcia należy analizować dla materiału uszczelniającego o współczynniku filtracji ekranów poniżej 10^{-9} m/s, a nawet 10^{-11} m/s. Zapis o wartościach współczynnika filtracji jedynie na stronie 69 – mało precyzyjny. Brak informacji o wartościach współczynnika filtracji dla proponowanego materiału uszczelniającego stosowanego dla przedmiotowego składowiska po zestaleniu (np. celowe jest podanie takiej informacji na stronie 101).

4. Cennym elementem jest sam fakt pomysłu izolowania składowisk odpadów komunalnych i przeprowadzona analiza z wykorzystaniem ekranów przeciwfiltracyjnych. Wątpliwość stanowi jednak celowość zastosowania ekranu przeciwfiltracyjnego w przypadku składowiska nieczynnego, chociaż w tym przypadku niewielka odległość cieku powierzchniowego może uzasadniać takie postępowanie. Proponowane rozwiązanie ekranu bocznego niewątpliwie ogranicza przepływ zanieczyszczeń w podłożu składowiska i takie rozwiązania są w praktyce stosowane dla składowisk eksploatowanych, a nie uszczelnionych od dołu. W przypadku składowisk zamkniętych migracja zanieczyszczeń może być ograniczana poprzez bariery stosowane od góry, a ekrany boczne nie są w takim przypadku konieczne i generują dodatkowe koszty.

5. Brak jest informacji o zabezpieczeniu składowiska od góry – czy istnieje przesłona izolująca wykonana na etapie zamykania i rekultywacji. Jest to istotne dla możliwości pozyskania biogazu oraz dla sensowności budowy przesłon przeciwfiltracyjnych bocznych.

Reasumując, pragnę jednocześnie stwierdzić, że nie mam żadnych wątpliwości co do tego, że Doktorant prawidłowo zrealizował zamierzony cel pracy i udowodnił postawioną tezę. Nie mam również wątpliwości, że oceniana praca jest udanym eksperymentem badawczym, zrealizowanym na dobrym poziomie merytorycznym, a omawiany w niej problem ma duże znaczenie poznawcze jak i użyteczne. Tym samym chcę zaznaczyć, że wymienione powyżej uwagi nie umniejszają mojej wysokiej oceny dysertacji.

7. Ocena pracy jako rozprawy doktorskiej

Uważam, że zarówno zakres pracy, jak również metoda opracowania i przedstawienia problemu są właściwie ujęte i odpowiednio dobrane. Przedstawienie w pracy doktorskiej tak szerokiego materiału wymagało od Doktoranta dobrej znajomości problemów związanych z techniką i technologią wykonywania ekranów szczelinowych oraz zabezpieczeniem składowisk odpadów komunalnych. Otrzymane wyniki pracy stanowią niezaprzeczalny oryginalny dorobek naukowy Doktoranta.

8. Wniosek końcowy

Reasumując, stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Krzysztofa Topolskiego, zatytułowana *Izolacja podłoża składowisk odpadów komunalnych za pomocą ekranów przeciwfiltracyjnych* dzięki wartości poznawczej oraz aplikacyjnej w zakresie technik geoinżynierskich i zaczynów uszczelniających do wykonywania ekranów przeciwfiltracyjnych dla składowisk odpadów komunalnych spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku *O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 565; Dz. U. z 2005, nr 164, poz. 1365; Dz. U. z 2010 r., nr 96, poz. 620, nr 182, poz. 1229; Dz. U. z 2011, nr 84, poz. 455; Dz. U. z 2016 r., nr 0, poz. 882), stawiane rozprawom doktorskim. Zawiera bowiem oryginalne rozwiązania zagadnienia naukowego oraz dowodzi odpowiedniej wiedzy Doktoranta, przede wszystkim z obszaru nauk technicznych, dyscypliny inżynieria środowiska. Uważam, że podjęta przez Doktoranta tematyka badawcza jest trudna, ale ważna i istotna, przede wszystkim ze względu na ochronę środowiska przyrodniczego w Polsce.

Na tej podstawie wnioskuję do Rady Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Krzysztofa Topolskiego zatytułowanej *Izolacja podłoża składowisk odpadów komunalnych za pomocą ekranów przeciwfiltracyjnych* i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

