

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kotowski
PROFESOR ZWYCZAJNY POLITECHNIKI WROCLAWSKIEJ
53-007 WROCLAW, ul. Jagodowa 9
tel. dom. (71) 362 84 23
tel. kom. 505 031 027



Politechnika Wroclawska
Wydział Inżynierii Środowiska
Katedra Wodociągów i Kanalizacji
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 WROCLAW

tel. (71) 320 40 85; tel./fax.(71) 328 29 80
e-mail: andrzej.kotowski@pwr.edu.pl

R E C E N Z J A

rozprawy doktorskiej

mgr inż. Błażeja Dziedzieli

pt.: *Badania emisji zanieczyszczeń z kanalizacji deszczowej
na terenach zurbanizowanych na przykładzie Łodzi,*

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Zawilskiego, prof. PŁ.

Przedmiotową recenzję opracowałem na podstawie uchwały Rady Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej nr 721 z dnia 30 czerwca 2016 r. oraz pisma Dziekana Wydziału Pana prof. dr hab. inż. Dariusza Gawina z dnia 7 lipca 2016 r.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedłożona mi do recenzji praca doktorska Pana mgr inż. Błażeja Dziedzieli, pt.: *Badania emisji zanieczyszczeń z kanalizacji deszczowej na terenach zurbanizowanych na przykładzie Łodzi*, zawiera 221 stron tekstu oraz 3 strony wydzielonych (2) załączników i oświadczenia autora. Pracę podzielono na 3 główne części.

We wstępie - w I części pracy (w rozdziałach 1-8) przedstawiono: spis treści, streszczenia pracy w językach polskim i angielskim, spis symboli, wprowadzenie, a także sformułowano cel, tezę i podano zakres pracy.

W części II - literaturowej, składającej się z 14 rozdziałów merytorycznych, na stronach 12-71, omówiono stan wiedzy naukowej, technicznej i prawnej odnośnie: definicji pojęć, bilansu wodnego zlewni, stosowanych systemów odwodnień terenów zurbanizowanych, zjawisk opadu pyłu, kierunków rozwoju metod symulacyjnych i zasad modelowania cyfrowego, niepewności pomiarów i rachunku błędów, a także podano charakterystykę jakościową ścieków deszczowych, omówiono obiekty retencyjne, odbiorniki i monitoring jakościowy i ilościowy ścieków opadowych.

W zasadniczej III części - badawczej pracy, na stronach 72-187 (rozdziały 1-13), przedstawiono w kolejności: założenia do badań i metodykę badań, opis badanej zlewni

„Liściasta”, opis stanowiska badawczego i zastosowanej aparatury pomiarowej oraz podano wnioski wynikające z eksploatacji przyrządów pomiarowych (rozdziały 1-6). Następnie omówiono zbiornik sedimentacyjno-retencyjny i scharakteryzowano odbiornik ścieków – rzekę Sokołówkę, podano metodykę badań laboratoryjnych i przedstawiono wyniki badań z dyskusją (rozdziały 7-10). W rozdziale 11 przedstawiono analizę zbadanych zależności – korelacji pomiędzy parametrami jakościowymi ścieków i ilościowymi opadów (mętność, zawiesina, ChZT, parametry opadów, LDPS). W rozdziale 12 podano wyniki analizy wrażliwości modelu, a w rozdziale 13. – w podsumowaniu sformułowano wnioski końcowe dotyczące modelowania oraz wynikające z przeprowadzonych badań.

W rozdziale 14, na stronach 187-213, zestawiono bardzo obszerną literaturę, liczącą aż 313 pozycji, w tym 122 obcojęzycznych (głównie angielskich), 4 aktualne akty prawne (RMS), 3 raporty WIOŚ Łódź oraz 4 pozycje netograficzne. Autor rozprawy powołuje się też na 3 swoje – jedno autorskie publikacje: 1 w czasopiśmie INSTAL oraz 2 jako rozdziały w monografiach (jednej monografii byłem recenzentem wydawniczym). Pan Dziekan, w załączniku do piśma z dnia 7.07.2016 r., poinformował mnie o czwartej – współautorskiej publikacji (Zawilski, Dziedziela), jako referatu konferencyjnego z 2013 r.

Rozdziały 15, 16 i 17 zawierają w kolejności: spis 53 rysunków, spis 57 wykresów i spis 45 tabel. Pracę kończy oświadczenie autora pracy m.in. o samodzielnym jej wykonaniu oraz dwa załączniki: raport z programu „Plagiat” i zestawienie ważniejszych parametrów dla analizowanych opadów z 2015 r.

Poniżej przedstawiam ocenę merytoryczną treści pracy.

2. Ocena merytoryczna treści rozprawy

Modelowanie działania istniejących, modernizowanych czy nowoprojektowanych systemów kanalizacyjnych, zalecane normą PN-EN 752:2008, a nawet wymagane prawem wg Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 2006 r. (odnośnie weryfikacji częstości działania przelewów burzowych), jest w Polsce rzadko stosowane, m.in. z braku odpowiednich baz danych wyjściowych (monitoringu opadów i przepływów w sieci), ale także dostatecznych podstaw metodycznych modelowania (ilościowego i jakościowego), które są wciąż rozwijane m.in. na Politechnikach Łódzkiej, Poznańskiej i Wrocławskiej. Jednak, bezkonkurencyjny w modelowaniu jakościowym jest tutaj ośrodek łódzki.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. (cytowanym w części literaturowej recenzowanej pracy), wody opadowe (tj. deszczowe i roztopowe) ujęte w szczelne systemy kanalizacyjne, pochodzące ze spływów z zanieczyszczonej powierzchni szczelnej terenów przemysłowych, składowych, baz transportowych, portów, lotnisk, miast, budowli kolejowych, dróg i parkingów oraz obiektów magazynowania i dystrybucji paliw, wprowadzane do wód lub do ziemi nie powinny zawierać substancji zanieczyszczających w ilościach przekraczających 100 mg/dm^3 zawiesin ogólnych oraz 15 mg/dm^3 węglowodorów ropopochodnych. Zrzuty takich ścieków z terenów miejskich - co wykazano w pracy, charakteryzują się m.in. dużą zawartością zawiesin, nawet do 1000 mg/dm^3 . W zawieszynie kumulowanych jest większość zanieczyszczeń, w tym metale ciężkie i węglowodory mineralne. Z tego powodu zawiesina, podobnie jak i inne zanieczyszczenia (np.

węglowodory ropopochodne), powinna być oddzielana od ścieków przed wprowadzeniem ich do wód powierzchniowych i utylizowana na składowiskach odpadów.

Obecnie, w obliczu zmian klimatu, równie istotnym problemem staje się problematyka retencji i zagospodarowania wód opadowych w zlewni miejskiej. Wychodząc naprzeciw tym problemom, w recenzowanej pracy doktorskiej podjęto badania nad emisją zanieczyszczeń z kanalizacji deszczowej na terenach zurbanizowanych, na przykładzie zlewni osiedla mieszkaniowego w Łodzi.

Do rozwiązania problemu modelowania jakościowego ścieków deszczowych opracowano ilościowy model hydrodynamiczny zlewni, a następnie model jakościowy - gromadzenia i splukiwania zanieczyszczeń. Model ten służyć ma predykcji zagrożeń dla środowiska naturalnego, odnośnie emisji zanieczyszczeń z dowolnej zlewni miejskiej, o podobnym charakterze, co wynika z tezy, celu i zakresu podjętych badań.

Teza pracy: Możliwe jest opracowanie spójnego i wiarygodnego modelu spływu ścieków opadowych wraz z zanieczyszczeniami, przy wykorzystaniu danych z monitoringu przestrzennego opadów, w zlewni zurbanizowanej o znanych parametrach morfologicznych i zagospodarowaniu, w tym znanym lub oszacowanym tempie gromadzenia zanieczyszczeń. Model taki może służyć do wiarygodnej oceny stanu zanieczyszczenia odbiornika ścieków z danej zlewni.

Celem naukowym pracy było stworzenie systemu prognozowania emisji zanieczyszczeń z kanalizacji deszczowej na terenach zurbanizowanych przy wykorzystaniu modelu komputerowego badanej zlewni rzeczywistej. Zweryfikowane zostały przy tym różne modele hydrologiczne zjawiska opad-odpływ oraz modele gromadzenia i splukiwania zanieczyszczeń. Dodatkowo badania obejmowały wyznaczenie korelacji między natężeniem opadu, natężeniem odpływu a parametrami charakteryzującymi zlewnię zurbanizowaną, ale także zależności między parametrami opadu, a stężeniem wybranych wskaźników zanieczyszczenia ścieków opadowych, emitowanych do środowiska wodnego.

Zakres pracy obejmował wykonanie stanowiska pomiarowego na rzeczywistej zlewni miejskiej Łodzi, a następnie kalibrację i weryfikację modelu matematycznego zlewni (w programie EPA SWMM), w tym modelu hydrologicznego i modelu gromadzenia oraz splukiwania zanieczyszczeń. W toku badań przeprowadzono analizę wrażliwości wybranych parametrów modeli. Analizie poddane zostały zależności między badanymi wskaźnikami zanieczyszczeń (zawiesinami ogólnymi, mineralnymi i lotnymi, ChZT, mętnością), a parametrami charakteryzującymi opady i ich rozkład w czasie. Ponadto zakres pracy obejmował analizę sprawności technologicznej zbiornika retencyjnego ścieków deszczowych.

W zasadniczej - badawczej części pracy (na 115 stronach), przedstawiono wyniki badań stopnia zanieczyszczenia ścieków deszczowych, emitowanych przez rzeczywisty system kanalizacji deszczowej. Do określenia jakości i ilości ścieków stworzono hydrodynamiczny model skanalizowanej zlewni deszczowej osiedla mieszkaniowego "Liściasta" w Łodzi (o powierzchni 11,9 ha), który opomiarowano przepływomierzem oraz dwoma samplerami: na wylocie głównego kanału (K0,5 m) oraz na odpływie ze zbiornika retencyjno-sedymencyjnego (o objętości 630 m³), przed odpływem ścieków do odbiornika (rzeki Sokołówki). W obliczeniach numerycznych zastosowano program EPA SWMM v. 5.1.010,

zaadaptowany do wprowadzania parametrów lokalnych opadów, określanych na podstawie pomiarów z miejskiej sieci 6 deszczomierzy. Następnie opracowano własną metodykę badań laboratoryjnych i przedstawiono wyniki badań z dyskusją.

Niezbędne dane wyjściowe, do wykonania kalibracji i weryfikacji (walidacji) modelu ilościowego skanalizowanej zlewni miejskiej, zgromadzono w bazach danych o opadach w zlewni i przepływach w kanalizacji. Do pomiaru strumienia objętości ścieków zastosowano nowoczesne przepływomierze ultradźwiękowe. Stwierdzono jednak występowanie tzw. błędów grubych pomiarów w sondach – czujnikach, wywołanych sedymentacją zanieczyszczeń, czy przepływem ciał stałych czy też zanikiem energii elektrycznej. Brakujące dane w zapisie pomiarów strumienia objętości odtwarzano z opracowanej krzywej konsumpcyjnej głównego kanału (o średnicy 0,5 m). Ponieważ wyznaczenie jednego równania tej krzywej obarczone byłoby zbyt dużym błędem, zdecydowano się na jej podział na trzy zakresy pomiarowe wysokości (h). Dla poszczególnych zakresów, metodą najmniejszych kwadratów, wyznaczono równania linii trendu.

W pracy nie było podstaw, ani potrzeby, tworzenia nowych wzorów fizykalnych typu $Q = f(h)$ - na sprawność kolektora deszczowego 0,5 m, a tylko ocena „prawdopodobnych”, odtwarzanych (brakujących) wartości pomiarowych strumienia przepływu z pewną dokładnością. Doktorant wywiązał się z tego zadania wzorcowo. Podobne problemy napotkano we Wrocławiu, przy realizacji pracy doktorskiej Moniki Nowakowskiej. Do odtwarzania danych zastosowano skorygowany wzór Brettinga - mieszczący się w klasie dokładności $\pm 10\% Q_p$. Tym samym obie prace doktorskie potwierdzają wyniki badań Thormanna i Brettinga, że rzeczywiste krzywe sprawności η_Q kanałów są tylko rosnące - w całym przedziale wypełnień kanałów kołowych (m.in. wskutek oporów tarcia na styku ciecz-powietrze). Należy zaznaczyć, że oszacowana w wyniku kalibracji, wartość współczynnika szorstkości kanału była też zgodna w obu pracach doktorskich ($n = 0,020 \text{ s/m}^{1/3}$ - do wzoru Manninga). W rzeczywistości, w skutek nieustalonego i nierównomiernego (zmiennego) przepływu w kanałach, podczas tzw. mokrej pogody, wartość współczynnika n (do wzoru Manninga), jest zmienna, w skutek lokalnych (często szybkozmiennych) zaburzeń spadków zwierciadła wody lub linii ciśnienia - przy przepływie pełnym przekrojem.

Proces kalibracji modelu ilościowego w SWMM przeprowadzono w trzech etapach. W pierwszym etapie przyjęto wartości parametrów na bazie badań terenowych, wykonanych w latach 1987-1991 przez Promotora pracy, dla zlewni „Dąbrowa Przemysłowa” w Łodzi, a następnie parametry te kilkakrotnie zmieniano, dopasowując do siebie pomierzone i modelowane strumienie przepływu na odpływie ze zlewni. Etap drugi polegał na minimalizacji błędu dopasowania poprzez dobór wartości tzw. szerokości (hydraulicznej) pasa spływu powierzchniowego (W), obliczanej z prostej formuły empirycznej w funkcji wielkości powierzchni cząstkowych. Trzeci etap polegał na weryfikacji otrzymanego modelu dla nowych danych opadowych. W celu zwiększenia dokładności wyniku obliczeń przyjęto ponadto rzeczywiste parowanie wody ze zlewni referencyjnej, wg badań prowadzonych w latach 2006-2009.

Następnym etapem badań numerycznych w programie SWMM było skalibrowanie modelu jakościowego. Odnosnie procesu spłukiwania zanieczyszczeń, parametrem podlegającym kalibracji był współczynnik szybkości spłukiwania, a w procesie gromadzenia

zanieczyszczeń - tempo akumulacji. Program SWMM modeluje zasadniczo jedynie wskaźnik zawiesin ogólnych. Można jednak przypisać tutaj tzw. zanieczyszczenie skojarzone np. ChZT – co było właściwe. W pracy wykorzystano wykładniczy model opisujący procesy gromadzenia i spłukiwania zanieczyszczeń, ze względu na najlepsze jego dopasowanie. Do weryfikacji stworzonego modelu jakościowego, porównywano ładunki zanieczyszczeń na wlocie do zbiornika retencyjnego. Nie analizowano maksymalnych stężeń chwilowych zawiesin ogólnych, lecz ładunki sumaryczne kierowane do zbiornika. Takie analizy prowadzono w myśl poprawnego założenia przyjętego w pracy, iż najważniejszy jest łączny ładunek zanieczyszczeń odprowadzany do odbiornika.

W modelu jakościowym, pewną niejasność wzbudza tutaj definicja „opadu aktywnego”. Cytuję ze str. 151: „Większość opadów atmosferycznych nie wywołuje spływu powierzchniowego. Dotyczy to opadów o niskim natężeniu i długim czasie ich trwania. Każdą zlewnię charakteryzuje określona retencja terenowa, najczęściej w literaturze przyjmowana na poziomie 1,5 mm (Zawilski i Sakson, 2011). Każdy analizowany opad w niniejszej pracy został obniżony o wartość retencji terenowej (równej 1,5 mm) i ten zredukowany opad zdefiniowano jako aktywny” - koniec cytatu. W modelowaniu spływów wód, w literaturze, istnieje pojęcie „opadu efektywnego”, tj. opadu rzeczywistego pomniejszonego o straty na parowanie, retencję terenową i infiltrację – jako dającego odpływ do kanalizacji. Sprawa ta wymaga wyjaśnienia podczas obrony pracy – czy chodzi wyłącznie o powierzchnie nieprzepuszczalne (bez infiltracji)?.

Okresy bezdeszczowe, podobnie jak i deszczowe, mają charakter losowy. Ich długość w istotny sposób wpływa na ilość zanieczyszczeń zgromadzonych w zlewni, które podczas opadu przekształcają się w znaczne ładunki zanieczyszczeń, emitowane do odbiornika. W pracy zbadano zależność między liczbą dni pogody suchej (LDPS), a średnioważonym stężeniem zanieczyszczeń, odniesionym do objętości (przy zastosowaniu regresji wielorakiej). Zastosowano tutaj dwie definicje LDPS, pierwszą zgodną z literaturą - jako czas między opadami o (minimalnej) wysokości powyżej 1,5 mm oraz drugą, własną - jako czas (z dokładnością do 1 godziny) między opadami, który rzeczywiście wywołał spływ do kanalizacji. Moim zdaniem, to drugie podejście jest bardziej poprawne naukowo. Do wykazania korelacji między parametrami zanieczyszczenia ścieków opadowych, a charakterystyką opadu, analizom poddano: zawiesiny ogólne, chemiczne zapotrzebowanie na tlen, mętność, zawartość związków biogenych (azot Kiejdahla, fosfor ogólny, krzem) oraz zawartość metali ciężkich (kadm, ołów, miedź). Badania obejmowały również określenie akumulacji analizowanych zanieczyszczeń w zlewni oraz ich spłukiwanie. Wielkość spłukiwanych ładunków zanieczyszczeń skorelowano z parametrami opadu - natężeniem, wysokością i czasem trwania oraz liczbą dni suchej pogody.

W rozdziale 12 (na 10 stronach) dokonano w nowatorski sposób analiz wrażliwości modelu, tj. określono wpływ zmian wartości poszczególnych parametrów modelu na końcowy wynik modelowania. Za punkt odniesienia przyjęto wartości parametrów uzyskane w wyniku kalibracji. Do analiz wytypowano dwa opady, nazwane opisowo „intensywny” i „umiarkowany”. Opis ten jest jednak mało precyzyjny. Gdyby Autor pracy skorzystał z definicji np. Chomicza (którą sam przytoczył na str. 28 pracy), wówczas opad „intensywny”

nazwałby „deszczem nawalnym”, a „umiarkowany” – „ulewą”. Ponadto, posługując się modelem opadów maksymalnych Bogdanowicz-Stachy, wybranym opadom (genotypu konwekcyjnego) można przypisać częstotliwości występowania: $C = 2$ lata w przypadku deszczu nawalnego, a tylko $C = 1$ rok - w przypadku ulewy. Taka pełna charakterystyka opadów, zwłaszcza dla hydrologa, mówi już sama za siebie. Uwagę tę należy wykorzystać przy publikowaniu wyników badań.

Stwierdzono, że największy wpływ na wrażliwość modelu hydraulicznego (do opisu ilościowego) miały: retencja i współczynnik szorstkości powierzchni uszczelnionych (n - do wzoru Manninga) oraz szerokość hydrauliczna zlewni cząstkowych (w pracy zdefiniowana jako B - szerokość pasa spływu). Z analiz tych wynika m.in., iż podczas intensywnego opadu (deszczu nawalnego o $C = 2$ lata) retencja na powierzchniach nieprzepuszczalnych ma istotny wpływ na wartości wynikowe symulacji (Q , V). Dla mniej intensywnego opadu (ulewy o $C = 1$ rok), hydrauliczna szerokość zlewni (pasa spływu) ma małe znaczenie. Współczynnik n - do wzoru Manninga odgrywa istotną rolę tylko dla intensywnego opadu (deszczu nawalnego o $C = 2$ lata). Podobne wyniki badań odnotowano w pracy doktorskiej Moniki Nowakowskiej, przeprowadzone na zlewni mieszkaniowej we Wrocławiu.

Odnośnie analizy wrażliwości modelu jakościowego - gromadzenia i spłukiwania zanieczyszczeń, zbadano wpływ 3 współczynników: szybkości ubywania zanieczyszczeń ($C2$), szybkości spłukiwania zanieczyszczeń ($K1$) oraz wykładnika potęgowego modelu spłukiwania ($K2$). W tym przypadku, wykazano, że współczynniki modelu spłukiwania i gromadzenia zanieczyszczeń odgrywają dużą rolę, niezależnie od natężenia czy wysokości opadu, zarówno dla maksymalnego stężenia zawiesin, jak i dla całkowitego ładunku. Są to bardzo cenne, zwłaszcza dla praktyki, spostrzeżenia.

W pracy sformułowano cały szereg wniosków, dotyczących zwłaszcza metodyki prowadzenia badań symulacyjnych (ilościowych i jakościowych) w programie SWMM, ale także wniosków o znaczeniu użytkowym. Poniżej przytaczam dla przykładu ważniejsze z nich.

W pracy wykazano m.in., iż pomimo lokalizacji referencyjnego deszczomierza w odległości ok. 1,5 km od środka ciężkości analizowanej zlewni, niezbędna była interpolacja wysokości opadów w oparciu o inne stanowiska pomiarowe (zastosowano tutaj interpolację w programie Surfer). Stwierdzono także, iż nowoczesna aparatura pomiarowa istotnie ułatwia prace, jednak należy liczyć się w tym przypadku z wieloma jej ograniczeniami (zawodność pomiaru). Niezbędne było w wielu przypadkach odtwarzanie danych o strumieniach ścieków z krzywej konsumpcyjnej (Potwierdzają to też doświadczenia wrocławskie).

Przeprowadzane badania wskazały m.in. na konieczność projektowania zbiorników retencyjnych, zabezpieczających odbiorniki ze względu na jakość i wielkość zrzutów ścieków. W przypadku badanej zlewni, sprawność zbiornika - osadnika wyniosła ok. 80% dla usuwania zawiesin ogólnych i ok. 50% dla usuwania ChZT. W toku badań wykazano duży wpływ okresu suchej pogody na wielkość akumulacji zanieczyszczeń w zlewni. Trudnym do oszacowania problemem jest natomiast częstość zmiatania ulic, która wpływa w zasadniczy sposób na kumulację zanieczyszczeń w zlewni. Osiągnięte wyniki badań jakościowych powinny zostać zweryfikowane dodatkowymi pomiarami, w kolejnych latach. Bowiem

wieloletnie obserwacje pozwalają poznać znacznie dokładniej zakres zmienności badanych wielkości, co może skutkować ewolucją metodyki badawczej.

Wnioskiem natury prawnej, wynikającym z przeprowadzonych badań, jest konieczność wprowadzenia do polskiego prawodawstwa obostrzeń dotyczących jakości zrzucanych ścieków do odbiornika. Wiąże się to niestety z nakładami finansowymi na monitoring opadów i spływów ścieków oraz wdrażanie systemów modelowania i sterowania procesami w czasie rzeczywistym (RTC). Pozwoliłoby to jednak na rzeczywiste ograniczenie objętości spływów i ładunków emitowanych do odbiorników.

3. Błędy i usterki redakcyjne pracy

Praca nie jest pozbawiona błędów czy usterek redakcyjnych:

- brak jest zestawienia ważniejszych oznaczeń i jednostek użytych w pracy wielkości, co utrudnia przyswajanie treści;
- w całej pracy stosowane są kropki do oddzielania miejsc znaczących liczb (- jak w literaturze angielskiej), zamiast przecinków (stosowanych w polskiej literaturze);
- niektóre słownictwo - nazewnictwo jest nieprecyzyjne i/lub niepoprawne naukowo:
 - „współczynnik Manninga” zdefiniowany i oznaczony w pracy jako n (- współczynnik szorstkości ścian kanału do wzoru Manninga) – natomiast w normie PN-EN 752:2008 współczynnik Manninga definiowany jest jako $K = 1/n$;
 - „strumień natężenia przepływu” (str. 128, 132) czy „natężenie przepływu” (46, 47), zamiast strumień objętości;
 - „wody gruntowe” (str. 25), zamiast ogólnego pojęcia wody podziemne (bez precyzowania o jakie wody chodzi: wsiąkowe, zawieszane, kapilarne, zaskórne, gruntowe, wgłębne czy głębinowe – wg nazewnictwa prof. Pazdry stosowanego w hydrogeologii).

4. Podsumowanie

Przedmiotowa rozprawa doktorska, pt. *Badania emisji zanieczyszczeń z kanalizacji deszczowej na terenach zurbanizowanych na przykładzie Łodzi*, ma interdyscyplinarny charakter, dotyczący aspektów: ekologicznych, hydrologicznych, hydrogeologicznych, hydraulicznych i technicznych oraz prawnych, jako podstaw nowoczesnej eksploatacji systemów odwodnień terenów zurbanizowanych (kanalizacji deszczowej) ze względu na ochronę wód powierzchniowych.

Podjęty temat i osiągnięte rezultaty badań są ważne zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia. W skali kraju przedmiotowe badania należy uznać za pionierskie, a zakres badań za ponad przeciętny, zasługujący na wyróżnienie. Wyniki pracy w części metodycznej mają uniwersalny charakter, odnoszący się nie tylko do Łodzi.

Doktorant swobodnie porusza się w zagadnieniach naukowych i inżynierskich objętych zakresem pracy. Przegląd literatury z przedmiotowego zakresu badań jest bardzo obszerny, a literatura, w tym obcojęzyczna właściwie dobrana i w znacznej części wykorzystana w pracy. Przygotowanie Doktoranta od strony teoretycznej do prowadzenia badań naukowych oceniam bardzo pozytywnie.

Zastosowane w pracy nowoczesne metody badawcze, a także zaawansowany aparat matematyczny, do jakościowej i ilościowej analizy i oceny zjawiska opad-odpływ są trafnie dobrane, a obszerna baza danych zapewnia wiarygodność uzyskanych wyników. Tezę rozprawy doktorskiej należy uznać za w pełni udowodnioną, a założony cel i zakres badań za osiągnięty - ponad przeciętny. Ponadto, praca stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego o aplikacyjnym znaczeniu.

Podane w mojej recenzji uwagi krytyczne czy polemiczne nie podważają naukowej wartości rozprawy. Oczekuję jednak na ustosunkowanie się do nich Autora rozprawy podczas publicznej obrony. Wyrażam wysoce pozytywną opinię o przedmiotowej rozprawie.

5. Wniosek końcowy

Po szczegółowym zapoznaniu się z treścią rozprawy doktorskiej mgr inż. Błażeja Dziedzieli pt.: *Badania emisji zanieczyszczeń z kanalizacji deszczowej na terenach zurbanizowanych na przykładzie Łodzi*, wykonanej pod kierunkiem prof. Marka Zawilskiego, stwierdzam, iż spełnia ona w pełni wymogi Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki. W szczególności stwierdzam, że rozprawa stanowi samodzielne rozwiązanie zagadnienia naukowego o istotnym znaczeniu praktycznym oraz wskazuje na ogólną wiedzę teoretyczną doktoranta w reprezentowanej dyscyplinie naukowej *Inżynieria Środowiska*. Na podstawie pozytywnej oceny pracy stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Błażeja Dziedzieli do publicznej obrony rozprawy, a także o jej wyróżnienie.



Wrocław, dnia 20 sierpnia 2016 r.