

Kraków, dnia 05 marca 2013 roku

prof. dr hab. inż. Józef Dziopak
ul. Juliusza Lea 244/8, 30-133 Kraków

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Bartosza SZELAĞA
na temat: Wpływ kształtu hydrogramu dopływu wód deszczowych
na pojemność i dobór upustów zbiornika retencyjnego

1. Podstawa opracowania

Recenzję rozprawy doktorskiej opracowałem na podstawie decyzji Rady Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach z dnia 21 grudnia 2012 roku oraz pisma Dziekan tego Wydziału, Pani dr hab. Lidii Dąbek, prof. PŚk. nr ID-35/13 z dnia 11.02.2013 roku i dostarczonego mi egzemplarza rozprawy doktorskiej zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595 ze zm.).

2. Wprowadzenie i ocena uzasadnienia podjęcia tematu

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska Bartosza Szelağa została wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Szczepana Ludwika Dąbkowskiego. Praca obejmuje 109 stron maszynopisu wraz ze spisem 104 pozycji cytowanej literatury, w tej liczbie 47 obcojęzycznych z wyraźną przewagą literatury anglojęzycznej, na którą Autor powołuje się w pracy wymieniając 36 publikacje. Dobór literatury właściwy i wyczerpujący w zakresie analizy podjętego tematu.

Temat pracy aktualny i trafnie dobrany. Dotyczy on ciągle nierozwiązanego problemu właściwego wyboru funkcji określającej hydrogram dopływu wód opadowych ze zlewni zurbanizowanej do systemu kanalizacyjnego. W opisie spływu powierzchniowego wód opadowych do kanalizacji uwzględnia się warunki lokalne, a kształt zmienności dopływu i samego przepływu ścieków deszczowych w sieci ulega ciągłej deformacji. Szczególnie istotnym jest zagadnienie właściwego określenia przekształcanego hydrogramu na trasie spływu wód opadowych z powierzchni zlewni zurbanizowanej na falę przepływu ścieków deszczowych w sieci kanalizacyjnej i w przekroju lokalizowanego zbiornika retencyjnego.

Jest to nadal istotny problem naukowy i sprowadza się do takiego opisu zmienności wielkości strumienia ścieków w czasie, aby jak najściślej odzwierciedlał warunki rzeczywiste. Dalszym etapem badań, to opracowanie takich procedur obliczeniowych, korzystnie w postaci algorytmów, które uwzględnią zjawisko nakładania się fal złożonych. Takie podejście to kolejny, właściwy krok w poszukiwaniu racjonalnej metody umożliwiającej prawidłowe wymiarowanie zbiorników retencyjnych pełniących odmienne funkcje, jako elementów różnych systemów kanalizacji grawitacyjnej.

Ponieważ opad jest zjawiskiem losowym i jego charakter jest za każdym razem odmienny, zarówno w odniesieniu do jego czasu trwania, obszaru i zasięgu oddziaływania, a przede wszystkim posiada z reguły inną i zmienną w czasie intensywność w całym cyklu wypadania, to wyznaczenie uniwersalnej metody jego opisu jest zawsze obarczone błędem ze względu na podane uwarunkowania i złożoność badanych zjawisk.



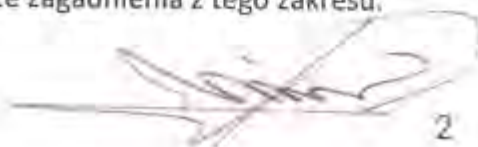
Regulowanie odpływem ścieków ze zbiornika stanowi jedno z zasadniczych zagadnień przy ich wymiarowaniu i ma wpływ na wielkość wyznaczonej objętości użytkowej, a pośrednio wpływa również na wymiarowanie sieci zlokalizowanej poniżej zbiornika. W praktyce inżynierskiej dąży się do zapewnienia stałości odpływu strumienia ścieków, zwłaszcza w czasie napełniania komór zbiornika retencyjnego, gdyż w ten sposób można minimalizować jego geometrię, jak również przy wyznaczaniu potrzebnej powierzchni terenu pod zabudowę zbiornika. Kolejnym zadaniem jest ustalenie sposobu i kolejności opróżniania komór akumulacyjnych zbiorników wielokomorowych, których zróżnicowane innowacyjne modele hydrauliczne decydują o ich działaniu grawitacyjnym, grawitacyjno-podciśnieniowym oraz grawitacyjno-pompowym. Jest to zagadnienie dość szeroko zbadane, a za najbardziej wskazany uważam sposób opróżniania, który jest prosty i niezawodny, a przede wszystkim nie wymaga specjalnego sterowania. Wynika to z faktu, że między występowaniem opadów są znaczne odstępy czasowe, a sam opad trwa krótko, zaś w okresie zimowym przy odmiennych warunkach pogodowych zbiornik retencyjny nie jest eksploatowany.

Ponieważ w temacie pracy jest odniesienie do doboru upustów ze zbiornika retencyjnego wypada mi nadmienić, że jest to temat bardzo mi bliski i o dużym znaczeniu praktycznym. Szczególnie należy wyróżnić takie rozwiązania, które zapewniają samoczynne opróżnianie komór zbiornika napełnianych grawitacyjnie, a więc bez konieczności użycia energii na podnoszenie ścieków. Są to odpowiednio montowane kłapy zwrotne różnych modeli, układy lewarowe samoczynnie opróżniające komory zbiornika, regulatory strumieniowe wytwarzające podciśnienie i sterujące procesem grawitacyjnego opróżniania komory przepływowej i inne regulatory, które są na wyposażeniu innowacyjnych zbiorników.

Uwzględniając obecne tendencje w projektowaniu zbiorników retencyjnych, idea ich stosowania zmierza w kierunku uwzględniającym optymalizację, zarówno pojemnościową, jak i obszarową ze względu na ograniczenia związane z dostępnością wolnych terenów pod ich zabudowę, jak i celowe unikanie rozwiązań wymagających zasilania w energię, zwłaszcza wymuszających podnoszenie ścieków.

W rozdziale 5. pracy nie odniesiono się bardziej wnikliwie do zastosowanych upustów i urządzeń oraz instalacji, które są na wyposażeniu kilkunastu opatentowanych rozwiązań wielokomorowych zbiorników retencyjnych, a które mają zasadniczy wpływ na sterowanie procesem, zarówno podczas napełniania, jak i w czasie opróżniania komór akumulacyjnych. Dotyczy to zwłaszcza najważniejszej komory przepływowej, sterującej procesem akumulacji, bilansem rozdziału ścieków w zbiorniku oraz wielkością strumienia ścieków na odpływie.

Natomiast w rozdziale 6. Autor w dość pobieżny sposób odnosi się do podstawowego parametru oraz sposobu racjonalnego i metodycznego wyboru deszczu miarodajnego do projektowania zbiorników retencyjnych w kanalizacji. Już na wstępie należałoby zaznaczyć, że na ustalenie deszczu krytycznego ma wpływ funkcja jaką zbiornik pełni w danym systemie. Inny deszcz będzie miarodajny do wymiarowania zbiornika odciążającego kanalizację deszczową i ogólnospławną, zbiornika podczyszczającego ścieki deszczowe, a zupełnie inny przy ustalaniu kubatury zbiornika uśredniającego przed oczyszczalnią. Odniesienie się do wytycznych niemieckich ATV – 118 jest zasadne i co godne podkreślenia, zalecenia i procedury obliczeniowe zamieszczone w tych i pozostałych wytycznych, które odnoszą się do projektowania systemów kanalizacyjnych są przejrzyste i fachowo podane. Natomiast uważam, że powoływanie się na niektóre wyniki badań w tym rozdziale jest nie do końca przemyślane, ponieważ są one mało znaczące i pochodzą z bardzo krótkiego okresu badawczego. Natomiast są inne opracowania, które głębiej analizują ten problem, a przede wszystkim racjonalniej prezentują wartościowe i poznawcze zagadnienia z tego zakresu.



Nasilające się w ostatnich latach ekstremalne zjawiska przyrodnicze, w tym zwłaszcza gwałtowne i długotrwałe opady powodują częstsze występowanie powodzi czy też wylewy ścieków z kanalizacji, które niestety powodują coraz większe straty gospodarcze. Kulminacja zjawisk powodziowych, zwłaszcza w ostatnich latach powinna inspirować naukowców do ciągłego doskonalenia metodologii wymiarowania systemów kanalizacyjnych. Współczesne metody badawcze stosowane w hydrologii miejskiej, w tym monitoring opadów, w powiązaniu z wiedzą z zakresu statystyki, rachunku prawdopodobieństwa, modelowania matematycznego i optymalizacji wielokryterialnej stają się obecnie niezbędnymi narzędziami w praktyce inżynierskiej.

Wymiarowanie systemów odwodnienia terenów zurbanizowanych prowadzi się stosując różne metody obliczeniowe do określania miarodajnego odpływu ścieków. W zależności od stosowanej metody uzyskuje się różniące się niekiedy znacznie wyniki obliczeń. Konsekwencją korzystania z niewłaściwej metody jest błąd w zaprojektowaniu, zarówno kanałów, jak i innych obiektów kanalizacyjnych, który polega na ich przewymiarowaniu, co jest ekonomicznie nieuzasadnione, jednak korzystne dla mieszkańców, albowiem poprawia bezpieczeństwo funkcjonowania systemu. Jednak w Polsce zdarza się dość często przyjmowanie wymiarów kanałów, które nie gwarantują wystarczającej przepustowości. Skutkiem tego jest przeciążenie hydrauliczne sieci, co stwarza niebezpieczeństwo częstszego niż zakładano zalania ulic, piwnic czy podtopień terenów.

Przy projektowaniu kanalizacji jako systemu, o dokładności każdej metody obliczeniowej decyduje jej najslabsze ogniwo. Należy do nich zaliczyć najczęściej dane o opadach, których często brak lub jest ich za mały zakres, jak i danych o spływach ścieków opadowych.

Coraz częściej i słusznie, nabiera szczególnego znaczenia pojęcie bezpiecznego projektowania. Polega ono na takim wymiarowaniu systemów kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej, aby zapewnić odpowiedni standard odwodnienia terenu. Definiuje się to jako przystosowaniem systemów do przyjęcia ustalonych maksymalnych jako prognozowanych strumieni ścieków deszczowych z częstością określoną za dopuszczalną i akceptowalną społecznie. W praktyce odpowiada to przyzwoleniu na ustalone częstości wystąpienia wylania ścieków na powierzchnię terenu. Dlatego też należy podkreślić trafność wyboru przez Doktoranta tematu pracy doktorskiej dotyczącego modelowania opadów jako fał złożonych właśnie do projektowania zbiorników retencyjnych, o pojemności których najczęściej nie decyduje chwilowy maksymalny opad, a deszcze o dłuższych czasach trwania.

Przy modernizowaniu lub rozbudowie eksploatowanych systemów kanalizacyjnych obecnie zaleca się prowadzić weryfikację częstości wylewów z kanalizacji na drodze modelowania hydrodynamicznego, i to przy różnych scenariuszach obciążenia opadami zlewni, jako zmiennymi w czasie i przestrzeni. Scenariuszami tymi mogą być rzeczywiste zmierzone serie intensywnych opadów lokalnych w wieloletniu. Jednak są one na ogół trudnodostępne lub ich po prostu brak. Natomiast częściej wykorzystuje się w tym celu opady modelowe i to np. Eulera typu II, a ostatnio opady syntetyczne generowane losowo.

Podstawową formą ilościowego opisu opadów są modele na zależność wysokości lub intensywności deszczu od czasu trwania i prawdopodobieństwa (częstości) ich wystąpienia. Reprezentują je rodziny krzywych, odpowiednio typu DDF (Depth Duration Frequency) lub IDF (Intensity Duration Frequency). I na tej podstawie w Polsce są obecnie wymiarowane systemy kanalizacyjne. Podobnie tworzone są opady modelowe Eulera typ II do symulowania działania sieci kanalizacyjnych wraz z obiektami, typu zbiorniki retencyjne, przelewy burzowe czy separatory objętościowe ścieków.

Niestety w Polsce, jak do tej pory nie opracowano wiarygodnego, a więc wzorcowego modelu opadów deszczu, o czym często dyskutuje się. Taki stan jest obecnie główną barierą



3

z jaką muszą się zmierzyć projektanci przy wymiarowaniu systemów kanalizacji deszczowej czy ogólnospławnej. Powszechnie stosowany model *Błaszczyka* pochodzi z roku 1954 nie jest adekwatny do obecnych uwarunkowań, bowiem zaniża niekiedy bardzo znacznie wyniki obliczeń strumieni deszczy liczone metodą granicznych natężeń (MGN) w porównaniu do innych metod czasu przepływu, przykładowo stosowanych w Niemczech, jak metoda współczynnika opóźnienia (MWO), czy metoda zmiennego współczynnika spływu (MZWS). Ma to oczywiście przełożenie bezpośrednie na wymiarowanie zbiorników retencyjnych, których metodyka obliczania jest oparta na wyznaczaniu deszczu miarodajnego do wymiarowania sieci.

Systemy kanalizacyjne zwymiarowane metodami czasu przepływu, które obejmują zlewnie deszczowe o powierzchni większej niż 2 km² zaleca się obecnie sprawdzać pod kątem ich przepustowości hydraulicznej w oparciu o skalibrowane modele symulacyjne przy spełnieniu wymagań polskiej normy PN-EN 752, co do akceptowalnych społecznie częstości wylewów z kanalizacji. Modele hydrodynamiczne do opisu działania systemów kanalizacyjnych są zalecane, a w Niemczech powszechnie stosowane. Umożliwiają one uwzględnienie zmiennych w czasie i przestrzeni rzeczywistych spływów wód opadowych ze zlewni i zmiennego nieustalonego przepływu ścieków w sieci i obiektach kanalizacyjnych.

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania Doktorant słusznie za priorytetową uznał próbę zdefiniowania metodyki wymiarowania zbiorników retencyjnych w kanalizacji, opartej na badaniu wpływu kształtu fal złożonych na ich geometrię i pojemność użytkową.

3. Ogólna ocena rozprawy

Dokonując ogólnej oceny rozprawy należy podkreślić, że przyjęty w rozprawie układ treści jest do przyjęcia. Natomiast dokonana analiza tematu, choć dokonana wybiórczo, pozwala jednak na ocenę stanu rozpoznania danego zagadnienia w skali wystarczającej do podjęcia części badawczej. Za prawidłowo sformułowane uważam – cel badań i zakres pracy.

Rozprawa doktorska składa się ze wstępu, w którym jest omówiona rola, zadania i celowość stosowania zbiorników retencyjnych w kanalizacji. Na tym tle Doktorant określił pozycję podjętego zadania badawczego w odniesieniu do problematyki ich wymiarowania. Jest to aktualny problem, głównie w odniesieniu do zasad tworzenia różnych modeli opadów i ich wpływie na modelowanie i projektowanie sieci i obiektów kanalizacyjnych.

Doktorant zamieszcza właściwie dobrany przegląd literatury, odnosząc się z różnym skutkiem do opublikowanych wyników badań przez różnych badaczy. Skupia się głównie na wyjaśnianiu zjawisk, jakie mają wpływ na ustalanie założeń przy formułowaniu metod wymiarowania zbiorników retencyjnych na tle tworzonych podstaw modelowania systemów odwodnieniowych i ustalaniu modeli opadów do projektowania systemów odprowadzania ścieków deszczowych ze zlewni miejskich.

Trafnym metodycznie podejściem Doktoranta jest badanie modeli opadów szczególnych, tworzących fale złożone wraz z ich analizą popartą szeregiem sformułowanych i obliczonych zadań. Taka realizacja problemu badawczego pozwoliła na przeprowadzenie analizy wpływu różnych wariantów modelu opadu na warunki hydrauliczne i geometrię zbiornika. To z kolei pozwala przejść z rozważań teoretycznych na formułowanie wniosków praktycznych.

Opracowany przez Doktoranta model opadu złożonego ma uzasadnienie metodyczne, biorąc pod uwagę znaną zasadę, że o pojemności zbiornika nie decyduje z reguły deszcz krytyczny powodujący chwilowy ekstremalny przepływ strumienia ścieków w sieci kanalizacyjnej, a opad powodujący wydłużony hydrogram i to jeszcze z wieloma plkami. Ma to miejsce przy retencjonowaniu ścieków przemysłowych, kiedy w profilu produkcji



następują okresowe zrzuty tych ścieków do kanalizacji. Taki wariant dokładnie analizowałem w mojej rozprawie habilitacyjnej z 1992 roku, a na stronie 134 (rys. 6.1) prezentuję wyznaczony numerycznie krzywoliniowy przebieg hydrogramu odpływu ścieków, który wynika z dynamiki zmian ich napełniania w zbiorniku klasycznym dla zadanego hydrogramu dopływu z trzema pikami.

W praktyce pojawiają się odmienne grupy deszczy. O intensywności opadów większej niż to przyjęto do wymiarowania sieci i obiektów, a więc przy większej wartości częstości deszczu obliczeniowego C . W drugiej grupie występują deszcze nietypowe, które wywołują specyficzny opad w czasie i przestrzeni w zlewni, powodując lokalne wylewy w niektórych fragmentach całego systemu kanalizacji. Takich przypadków nigdy nie uniknie się ze względu na stochastyczny, a więc losowy charakter tego zjawiska atmosferycznego.

Przeprowadzone badania teoretyczne na kilku wybranych pluwiogramach, pojedynczych i złożonych pozwoliły Doktorantowi na porównanie ich wpływu na poszukiwaną pojemność retencyjną zbiornika i samo funkcjonowanie urządzeń spustowych. Zatem podsumowując ogólną ocenę pracy, należy uznać zaproponowane podejście za istotne, a wykorzystanie fal złożonych powstających z kilku po sobie pojawiających się opadach jako podstawowy element przy tworzeniu nowoczesnej metodyki wymiarowania zbiorników retencyjnych.

W pracy brak podsumowania, natomiast we wnioskach ogólnych i szczegółowych Doktorant zawarł najważniejsze stwierdzenia, które wynikają z wykonanych badań, a są one zasadne i mają potwierdzenie w zaprezentowanej dysertacji doktorskiej.

Reasumując, należy podkreślić, że Doktorant prawidłowo sformułował zadanie naukowe, które rozwiązał stosując wymagane metody badawcze, a uzyskane wyniki mają charakter poznawczy i uważam je za przydatne przy projektowaniu obiektów kanalizacyjnych.

5. Merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej

Jak to już wskazałem wcześniej, podstawą dotychczas formułowanych metod ustalania deszczów miarodajnych do wymiarowania zbiorników retencyjnych jest badanie określonych hydrogramów, które charakteryzują z różnym stopniem dokładności zmienny w czasie strumień dopływających do nich ścieków deszczowych. Drugim kierunkiem jest korzystanie z bazy danych o opadach i na tej podstawie poszukiwanie wybranych deszczy o określonej powtarzalności do ustalania potrzebnej kubatury zbiorników. Przy czym za modelowy przyjmuje się model hydrauliczny zbiornika klasycznego z jedną komorą retencyjną.

Z podanych trzech tez (hipotez) badawczych w rozdziale drugim, dwie są zasadne ale też zarazem oczywiste. Natomiast wymieniona jako druga w kolejności o prawidłowym wyborze wezbrania kształtującego przebieg zmian wielkości strumienia ścieków deszczowych została potwierdzona wynikami badań, zamieszczonymi w ocenianej rozprawie doktorskiej.

Kolejne rozdziały, a więc: trzeci, czwarty i piąty Doktorant przewidział do wykazania roli zbiorników retencyjnych, jakie pełnią w regulowaniu spływu ścieków deszczowych w kanalizacji deszczowej. W dalszej kolejności skupia się na ogólnej charakterystyce modeli hydraulicznych zbiorników klasycznych oraz trzech generacji zbiorników wielokomorowych o działaniu grawitacyjnym z wykorzystaniem komór podciśnieniowych, jak też napełnianych lub opróżnianych pompowo przy różnym sytuowaniu wysokościowym tych komór.

Jedną i bardzo istotną cechą wspólną zbiorników wielokomorowych jest zastosowanie komory przepływowej, która zapewnia efektywne sterowanie procesem akumulacji ścieków i wpływa decydująco na kształt hydrogramu odpływu ścieków z tego typu zbiorników. Wiąże się ta kwestia bezpośrednio z omawianiem rozdziału 5. tej pracy, gdzie Autor przedstawia krótką charakterystykę urządzeń upustowych. Są to upusty, spusty, przelewy i regulatory



przepływu. Trudno mi odnieść się w szerszym zakresie do prezentowanych treści, ponieważ zaledwie encyklopedyczne ujęcie daje jedynie swego rodzaju informacje, jakie urządzenia są brane pod uwagę. Jestem zdania, że należy stosować proste rozwiązania, które zapewniają założone dławienie na odpływie i nie wymagają one programu sterującego działaniem.

Podobnie jest z rozdziałem szóstym, który jest zbyt ogólnie ujęty i niewiele wnosi do analizy problemu, jakiego Doktorant podjął się, a mianowicie wyboru deszczu obliczeniowego do projektowania zbiorników retencyjnych. Jest to zagadnienie bardzo istotne i jest szereg wartościowych prac, które moim zdaniem należałoby zaprezentować, aby przedstawić aktualne tendencje w tej ważnej kwestii. Powołanie się na niemieckie wytyczne ATV – 118 jest zasadne. Natomiast inne interpretacje prac, które niewiele wnoszą oraz nie mają cech poznawczych, uważam za niecelowe.

Projektowanie sieci, a zwłaszcza obiektów kanalizacyjnych, do których w nowoczesnych systemach za podstawowe należy zaliczyć zbiorniki retencyjne napotyka w Polsce na szereg trudności, które głównie wynikają z braku wiarygodnego modelu opadów deszczu. Ma to swoje negatywne skutki praktyczne, gdyż przy wymiarowaniu odwodnień terenów zurbanizowanych w warunkach krajowych, stosowana metodyka nie odpowiada zaleceniom najnowszej normy PN-EN 752, zwłaszcza w odniesieniu do dopuszczalnych częstości wylewów z kanalizacji. Idąc naprzeciw tym oczekiwaniom należy uznać treści rozdziałów siódmego i ósmego za wartościowe merytorycznie.

Doktorant w rozdziale siódmym zajął się problemem związanym z określaniem obliczeniowego hydrogramu dopływu ścieków deszczowych do zbiornika retencyjnego. Jak słusznie zaznaczył, jego właściwe określenie jest niezbędne na etapie jego projektowania, jak i sieci i obiektów położonych poniżej. Przeprowadził analizę kształtów i sposobów opisu fal pojedynczych, podając znane metody takiego opisu, opracowane przez sześciu autorów. Rozpoczyna od metody Reitza-Krepsa z roku 1945 do określania kształtu wezbrań dużych rzek, a kończy na opisie metody Babtisty i Michela z roku 1990, która przy opisie wezbrania pozwala określić parametry kształtu fali i czasu przyboru fali kulminacyjnej, jeżeli są do dyspozycji dane i wyniki z pomiarów. Podsumowanie tego rozdziału jest dość ogólne, a za celowe uważam bardzo zdecydowane uwypuklenie najistotniejszej kwestii, a mianowicie, że Doktorant dlatego analizuje zagadnienia związane z kształtowaniem się fal powodziowych w rzekach, aby przenieść doświadczenie wielu autorów zajmujących się tym zagadnieniem na mniejsze zlewnie, jakimi są aglomeracje miejskie.

Przejsie do analizowania wezbrań złożonych jest oryginalnym podejściem Doktoranta, a przedstawione z konkretnych pomiarów rodzaje fal kształtujące odmienne wykresy, w tym też przebieg wezbrań składających się z dwóch i trzech po sobie występujących opadów uważam za wymowne i wskazane do ich wykorzystania przy ustalaniu metodologii wymiarowania zbiorników i innych obiektów w systemach kanalizacyjnych. W analizie są uwzględnione dwa przypadki określania typowego kształtu fali złożonej. Pierwszy wariant jest oparty na danych z pomiarów i Doktorant podaje pięć założeń, które należy uwzględnić przy określaniu kształtu fal cząstkowych (I i II) dla ich przekształcenia w falę złożoną. Drugi przypadek dotyczy sytuacji, gdy jest brak danych z obserwacji opadów i wówczas sugeruje się dwie drogi konstruowania fali złożonej. Problem zasadniczy sprowadza się do uwzględniania przesunięcia czasowego między przepływami kulminacyjnymi w odniesieniu do opadów. Aby uniknąć błędów wynikających między innymi ze zróżnicowanymi wartościami współczynnika spływu na tej samej zlewni, ale przy występowaniu pierwszego i kolejnego opadu, Doktorant zaleca stosowanie modeli hydrodynamicznych lub modeli koncepcyjnych, które uwzględniają zmiany szeregu parametrów charakteryzujących zlewnie.



W dalszej kolejności Doktorant dokonuje oceny parametrów fal wezbrań na przykładzie zlewni badanej w Kielcach o powierzchni małej, bo mającej 62 ha. Na podstawie analizy parametrów kształtu fal prostych określił przy ocenie zgodności kształtów wezbrań relacje na wyznaczenie istotnych parametrów. Z porównania danych i przeprowadzonych obliczeń wynika, że gałęzie fal w fazach opadania za każdym razem były wklęsłe, zaś w fazie przyboru były wypukłe, jak i wklęsłe. Te i inne zależności, a zwłaszcza odnoszące się do współczynnika asymetrii fali potwierdzają w oparciu o pomierzone wezbrania, że rozkłady objętości ścieków ulegają znacznym zmianom.

Natomiast w analizie kształtu fal złożonych w zlewni doświadczalnej Doktorant skupił się wyłącznie na wezbraniach składających się z dwóch fal cząstkowych i dla nich określił parametry kształtu fali złożonych. Na podstawie danych i spostrzeżeń podanych w pracy można wnioskować, że podjęty temat badawczy należy kontynuować ze względu na złożoność badanej problematyki. Potwierdzają to wyniki obliczeń, z których wynika możliwość popełnienia nawet dużego błędu, między innymi przy określaniu objętości fal cząstkowych i innych ważnych parametrów. Doktorant zaleca, aby chociaż jeden hydrogram cząstkowy wywołany pojedynczym opadem w fali złożonej był określany drogą modelowania matematycznego na podstawie pomierzonej zmienności opadu. Uważam to spostrzeżenie za słuszne, jednak aby ten cel, ważny z punktu widzenia metodycznego osiągnąć jest potrzebny skalibrowany model hydrodynamiczny zlewni.

W rozdziale ósmym Doktorant przedstawia metodykę, na podstawie której określa wpływ kształtu fali na funkcjonowanie zbiornika retencyjnego jednokomorowego z typowym wylotem w postaci przewodu o kształcie kołowym. W modelowaniu został wykorzystany ogólnie dostępny model SWMM 5.0.022 do opisu hydrogramu dopływu, krzywej powierzchni wypełnianej ściekami i krzywej wydatku, czyli funkcji odpływu ze zbiornika. Dla przyjętych różnych kształtów fali o tej samej wielkości, co do jej objętości i pikowego przepływu jest analizowany wpływ współczynnika asymetrii fali i warunków na odpływie na czas napełniania i opróżniania zbiornika. Aby przeprowadzić ocenę wpływu przyjętych przez Doktoranta założeń oraz wprowadzonych uproszczeń, dokonał On porównania wyników obliczeń korzystając z różnych metod obliczeniowych, analizując dwa warianty kształtowania się hydrogramów dopływu. Wyznaczone wartości parametrów są dość rozbieżne, a dla trapezowego hydrogramu zostały przedstawione na wykresie w odniesieniu do trzech wybranych metod. Jednak trudno na ich podstawie wyciągać wnioski o znaczeniu poznawczym.

Interesujące są wyniki badań wpływu kształtu fali złożonej na wyznaczaną pojemność i funkcjonowanie zbiornika, działającym w układzie klasycznym. W tym przypadku istotne znaczenie ma kształt hydrogramu odpływu ze zbiornika w fazie jego opróżniania na poszukiwaną pojemność użytkową zbiornika i odstęp czasowy, po którym pojawia się kolejna fala i to o innym kształcie. Doktorant poddał analizie fale złożone o zróżnicowanych charakterystykach i dla nich określał wymagane pojemności zbiornika. Na wykresach podał wyniki obliczeń, które posłużyły do wyznaczenia obwiedni ujmujących kształtowanie się wskaźnika pojemności i wpływu parametru charakteryzującego warunki hydrauliczne na odpływie ze zbiornika. Następnie prezentuje wyniki analizy popartej obliczeniami, ujmując na wykresie wpływ przesunięcia czasowego między ekstremalnymi przepływami i warunki na odpływie na wartość współczynnika redukcji przepływu. W końcowej fazie badań pojawia się seria krzywych, które ujmują zależność bezwymiarowego przesunięcia czasowego w zależności od stosunku przepływów kulminacyjnych w fali złożonej przy przyjęciu zmiennych warunków na odpływie. Dla przyjętego zakresu wartości parametrów projektowych. Doktorant wykorzystując sporządzony wykres (rys. 8.20), który uwzględnia



przesunięcie czasowe pomiędzy przepływami kulminacyjnymi, określił takie warunki na opływie ze zbiornika, przy których kolejna fala dopływająca do częściowo wypełnionego zbiornika nie spowoduje jego przepelnienia.

W rozdziale dziewiątym Doktorant zaprezentował praktyczne możliwości korzystania z wyników przeprowadzonych badań, ustalając zadania projektowe wyróżniające zakres zadanych parametrów i wyznaczanych. Rozwiązania zadań projektowych zostały wykonane w liczbie czterech przy dopływie jednej fali i pięciu przy założeniu fal złożonych dla określonego zakresu wartości parametrów badanych. Jest to bogaty materiał, który pozwala analizowany problem badawczy przybliżyć w celu jego praktycznego wykorzystania.

Rozdział ostatni, dziesiąty zawiera wnioski końcowe bez odniesienia się do zwięzłego podsumowania realizowanego tematu. Podjęte studia literaturowe, a zwłaszcza wyniki przeprowadzonych badań dały Doktorantowi podstawę do sformułowania szeregu wniosków końcowych o znaczeniu metodologicznym, poznawczym i aplikacyjnym.

Zostały one podzielone na dwie części, nazwane jako ogólne i szczegółowe. Wnioski ogólne poszerzyłbym o czwarty w brzmieniu: „w pełni zasadne jest uwzględnianie w hydrogramie dopływu ścieków deszczowych do zbiornika fal złożonych”. Podane wnioski szczegółowe są ze sobą powiązane i pozwalają bliżej określić zależności, jakie zostały ustalone przez Doktoranta w ramach wykonanego tematu badawczego.

Uwzględniając losowy charakter zjawisk opadowych i odmiennie kształtujące się warunki spływu wód opadowych ze zlewni do systemu kanalizacyjnego i w samej sieci kanalizacyjnej, podjęty temat i uzyskane wyniki stanowią ważny etap badań zmierzający do poszukiwania racjonalnej metodologii wymiarowania sieci i obiektów kanalizacyjnych, wśród których zbiorniki retencyjne zajmują miejsce szczególne.

Podsumowując jestem zdania, że przeprowadzone badania i analiza problemu poparta wynikami wielu rozwiązanych zadań zaowocowała wnioskami ogólnymi, a szczegółowe mają znaczenie aplikacyjne. Podjęty temat jest ważny i aktualny, a jego rozwiązanie przyczyni się do opracowania zmodyfikowanej metodyki projektowania systemów kanalizacyjnych, a zwłaszcza zbiorników retencyjnych, zapewniając prawidłowe funkcjonowanie systemów infrastruktury miejskiej terenów zurbanizowanych.

6. Uwagi polemiczne, redakcyjne i porządkowe

6. 1. Uwagi polemiczne

Merytorycznych uwag krytycznych do ocenianej pracy nie wnoszę. Proszę jednak o ustosunkowanie się podczas obrony rozprawy do szeregu kwestii, które prezentuję poniżej.

1. Czy możliwe jest zmniejszenie pojemności użytkowej zbiornika jednokomorowego aż o 70%, jak to podano na stronie 15., stosując nawet najbardziej optymalny wariant zbiornika wielokomorowego? i dodatkowo: - od jakiego parametru zależy wielkość uzyskiwanej redukcji kubatury, stosując zbiorniki wielokomorowe?
2. Jak praktycznie należy korzystać z metody diagramów do obliczania zbiorników KAG i KAP w oparciu o zamieszczony w pracy rys. 4.9?
3. Jeżeli analizowane zlewnie mają powierzchnię do 200 ha, to czy słuszne jest przyjęcie kształtów wezbrań dla rzek i to z dużych dorzeczy?
4. Czy zróżnicowany rodzaj nawierzchni terenu i stref zurbanizowanych ma wpływ na ogólny kształt obliczeniowego hydrogramu i czy ich przeniesienie można uznać za adekwatne?



5. Dlaczego za przykładowe zostały przyjęte do obliczeń fale w kształcie trójkątów? Jeżeli wiadomo, że hydrogramy trapezowe decydują zasadniczo o wyborze deszczu miarodajnego do wymiarowania zbiorników retencyjnych (rys. 8.13, str. 89)?
6. Czym wytłumaczyć brak istotnego parametru β w wykazie danych w tabeli 8.3?
7. Na stronie 35, ale też wcześniej pojawia się termin „niekontrolowana zlewnia zurbanizowana”. Czy dotyczy to zlewni, które nie mają opomiarowania? – czy decydują też inne względy?

I na zakończenie tego podrozdziału wypada mi zaznaczyć, że w badaniach wpływu metod czasu przepływu na gotowość systemu kanalizacyjnego do hydraulicznego transportu ścieków deszczowych z uwzględnieniem występowania nadpiętrzeń i wylewów dr inż. Bartosz Kaźmierczak w swojej pracy doktorskiej rozważał sytuację, w której po jednym deszczu występuje następny w takim przedziale czasowym, że następuje kolejne wypełnianie sieci jeszcze częściowo wypełnionej. Jest to oryginalne podejście, ale w odniesieniu do projektowania sieci. Natomiast w moich publikacjach już sygnalizowałem, że należy traktować takie zjawisko jako wymagające badań i uwzględnienia przy modelowaniu i projektowaniu nowoczesnych sieci odwodnieniowych, w tym również przy ustalaniu wymaganych pojemności zbiorników retencyjnych.

6.2. Uwagi redakcyjne i porządkowe

Strona redakcyjna tekstu, dokonany podział treści pracy oraz układ rozdziałów i podrozdziałów jest poprawny i wynika z kolejności omawiania zagadnień merytorycznych.

Język jest zwięzły oraz logicznie i zrozumiale są formułowane treści pracy biorąc pod uwagę zakres tematyki badawczej i jej interdyscyplinarny charakter.

Prezentowane w pracy zdania zadowolająco odzwierciedlają istotę omawianych kwestii. Doktorant stara się zbyt precyzyjnie i zwięźle formułować zdania, że moim zdaniem za często używa średnika (;), co dałem temu wyraz zaznaczając to ołówkiem. Jest to uwaga, ale też jednocześnie predyspozycja Autora pracy do logicznego przenoszenia złożonych i pojemnych myśli na papier.

Inne uwagi i błędy, jakie pojawiły przy redagowaniu pracy i je zauważyłem zaznaczyłem ołówkiem na poszczególnych stronach pracy. W pracy też zamieszczam szereg innych odnośników i komentarzy po to, aby przekazać Autorowi moje spostrzeżenia w związku z analizą treści i załączonych rysunków. Jest ich wiele i mają na celu sprowokować Doktoranta do głębszego spojrzenia na fragmenty zrealizowanego tematu. Także przy przygotowywaniu kolejnych publikacji, jak i kontynuowaniu badań z tego zakresu.

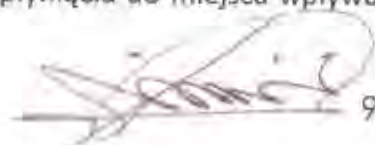
Zamieszczona część graficzna stanowi ważne uzupełnienie rozważań teoretycznych i otrzymanych wyników z przeprowadzonych obliczeń, jednak niektóre z nich, jak przykładowo rysunki 3.2, 3.10, 4.1 i 5.2 są mało czytelne lub nie precyzują właściwie istoty problemu. Też na rys. 4.12d trudno zrozumieć jakie jest zamierzone zróżnicowanie.

Daje się zauważyć przemienne stosowanie akapitów i ich brak, co zaznaczyłem ołówkiem w analizowanej pracy.

Pojawia się różna wysokość liter pod popisami rysunków, przykładowo rys. 4.4 i rys. 4.5.

W rozprawie doktorskiej jest brak wykazu rysunków i tabel oraz streszczenia pracy.

Należy precyzyjnie używać podanej terminologii określając jednoznacznie medium, które jest opisywane lub badane. Odnosi się ta uwaga szczególnie do rozróżniania wody, wód opadowych, ścieków, ścieków deszczowych, wód roztopowych itp. Terminem wody opadowe czy deszczowe określa się wówczas, gdy są one w rzekach, na powierzchni dorzecza lub w zlewni zurbanizowanej, aż do momentu ich dopłynięcia do miejsca wpływu



do zorganizowanego systemu kanalizacyjnego. Natomiast ścieki deszczowe, opadowe, jak też roztopowe i inne są ściekami po przedostaniu się różnego rodzaju wód do systemu kanalizacyjnego, przykładowo wpływając do wpustów ulicznych.

Jak już wspomniałem wcześniej, wszystkie zauważone usterki edytorskie i inne uwagi oraz zauważone błędy zaznaczyłem w pracy ołówkiem i zostały one przekazane Autorowi wraz z pracą doktorską. Nie mają one jednak większego wpływu na merytoryczną ocenę rozprawy i nie ma potrzeby ich szczegółowego omawiania podczas jej publicznej obrony.

7. Wnioski końcowe

Na podstawie analizy wartości naukowej przedłożonej mi do recenzji rozprawy, a w szczególności postawionych tez i celów, zastosowanych metod badawczych, analizy i dyskusji otrzymanych wyników stwierdzam, że praca doktorska stanowi rozwiązanie zadania naukowego, a mgr inż. Bartosz Szelaąg zaprezentował odpowiedni do podjętego tematu warsztat badawczy i wymagany poziom naukowy. Doktorant porusza się swobodnie w analizowanych zagadnieniach w ujęciu interdyscyplinarnym. Założony cel pracy przez Doktoranta został osiągnięty przy wykorzystaniu szerokich badań, popartych wynikami symulacji wielu serii obliczeniowych na danych pochodzących z obserwacji na zainstalowanych stanowiskach badawczych w terenie. W oparciu o uzyskaną wiedzę popartą badaniami przeprowadził szczegółową analizę wpływu zjawisk zachodzących w zlewni podczas opadów na wymiarowanie zbiorników retencyjnych podczas występowania fal pojedynczych i złożonych. Badania wpływu kształtu fal złożonych na wymaganą pojemność retencyjną zbiorników kanalizacyjnych mają charakter poznaczy, a ich kontynuowanie na szerszym materiale badawczym przyczyni się do modyfikacji metodologii wymiarowania tych obiektów i ma znamiona opracowań naukowych o aspekcie aplikacyjnym.

Autor wykazał w rozprawie odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej w zakresie modelowania hydraulicznego i matematycznego do przeprowadzenia opisu ilościowego zjawisk przepływowych w grawitacyjnych sieciach kanalizacyjnych różnych systemów. Zatem wyniki badań w pewnym stopniu przyczynią się do rozwoju metodologii wymiarowania złożonych układów sieci współdziałających ze zbiornikami retencyjnymi do odprowadzania ścieków deszczowych przy uwzględnieniu składowanych charakterystyk opadów występujących po sobie w małych odstępach czasowych.

Doktorant wykazał tym samym umiejętności do samodzielnego stawiania problemu naukowego i prowadzenia badań modelowych i teoretycznych oraz właściwego korzystania z aktualnych osiągnięć w realizowanej tematyce badawczej w zakresie modelowania opadów, sieci i obiektów kanalizacyjnych.

W związku z powyższym wyrażam opinię, że **rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Szelaąga spełnia kryteria** zawarte w art. 13 ust. 1 Ustawy z 14.03.2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595). Wobec tego wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony na posiedzeniu Rady Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej.



prof. dr hab. inż. Józef Dziopak

Kraków, dnia 05 marca 2013 roku