

**OBLICZENIA HYDROLOGICZNE I
HYDRAULICZNE W ZLEWNI POTOKU STRZYŻA
W GDAŃSKU NA POTRZEBY
PRZEDSIĘWZIĘCIA:
BUDOWA POMPOWNI WSPOMAGAJĄCEJ
PRZY UL.SWOJSKIEJ**

Zamawiający:

BIOPRO Sp. z o. o., ul. Marynarki Polskiej 163, 80-868 Gdańsk

Wykonawca:

dr hab. inż. Piotr Zima

Gdańsk, styczeń 2019

SPIS TREŚCI:

1. WSTĘP. CEL I ZAKRES PRACY	6
2. LITERATURA ORAZ WYKORZYSTANE MATERIAŁY I MATERIAŁY PODKŁADOWE	7
3. METODYKA PRACY	10
4. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANEGO OBSZARU	11
4.1. Charakterystyka zlewni Potoku Strzyża	11
4.2. Zbiorniki retencyjne w zlewni Potoku Strzyża	14
5. MODEL HYDROLOGICZNY	17
5.1. Wyznaczenie parametrów zlewni Potoku Strzyża	17
5.2. Charakterystyki zbiorników retencyjnych w zlewni Potoku Strzyża	20
5.3. Opad syntetyczny w zlewni Potoku Strzyża	32
5.4. Przyjęty model hydrologiczny w programie HEC-HMS	33
6. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE	35
6.1. Przyjęte założenia	35
6.2. Obliczenie opadu efektywnego i hydrogramu odpływu ze zlewni	36
6.3. Obliczenia przepływów maksymalnych w zlewni Potoku Strzyża	36
7. OBLICZENIA HYDRAULICZNE	40
7.1. Model hydrauliczny ujściowego odcinka Potoku Strzyży	40
7.2. Obliczenia w warunkach ruchu ustalonego	41
7.3. Obliczenia w warunkach ruchu nieustalonego	47
8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	59

SPIS TABEL:

Tabela 4.1: Parametry hydrauliczne koryt poszczególnych odcinków Potoku Strzyża i jego dopływów	13
Tabela 4.2: Charakterystyka zbiorników retencyjnych (źródło: [20])	15
Tabela 5.1: Zestawienie podstawowych parametrów poszczególnych podzlewni oraz dane dotyczące ich pokrycia	25
Tabela 5.2: Zestawienie parametrów modelu hydrologicznego w zlewni Potoku Strzyża po uwzględnieniu MPZP	27
Tabela 5.3: Zestawienie parametrów modelu hydrologicznego w zlewni Potoku Królewskiego i Jaśkowego po uwzględnieniu MPZP	28
Tabela 5.4: Zależność $V(h)$ dla zbiornika Dolne Młyny	28
Tabela 5.5: Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Dolne Młyny	29
Tabela 5.6: Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Jaśkowy Młyn	30
Tabela 5.7: Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Jaśkowy Młyn	30
Tabela 5.8: Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Nowiec 0	31
Tabela 5.9: Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Nowiec 0	32

Tabela 5.10: Zestawienie maksymalnych sum opadu dla wybranych prawdopodobieństw i czasu trwania deszczu 60 min	32
Tabela 5.11: Rozkład opadu wg DVWK o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=3,33\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$ dla czasu trwania deszczu 60 min.....	35
Tabela 6.1: Maksymalne wartości przepływów Q_{\max} w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża – zestawienie obliczeń dla stanu po uwzględnieniu MPZP oraz koncepcji 3 projektowanych zbiorników retencyjnych w rejonie górnej Strzyży	39
Tabela 7.1: Charakterystyczne stany wody - stacja Gdańsk-Port Północny.....	41
Tabela 7.2: Wyniki obliczeń hydraulicznych na ujściowym odcinku Potoku Strzyży dla przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$, dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle...	43
Tabela 7.3: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych	48
Tabela 7.4: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych	51
Tabela 7.5: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=30$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych	53
Tabela 7.6: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=5$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych	55
Tabela 7.7: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=5$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych	57
Tabela 8.1: Wartości przepływów Q_{\max} oraz rzędnej zwierciadła wody w przekrojach włączenia wylotów kanalizacji deszczowej w Km 0+543 oraz Km 0+447	60

SPIS RYSUNKÓW:

Rys.4.1. Granice zlewni Potoku Strzyża na podstawie Mapy Hydrograficznej Polski oraz Mapy Podziału Hydrograficznego.....	11
Rys.4.2. Sieć cieków w zlewni Potoku Strzyża wraz z istniejącymi zbiornikami retencyjnymi źródło: [54].....	12
Rys.5.1. Granice zlewni Potoku Strzyża wyznaczone na podstawie numerycznego modelu terenu oraz informacji na temat sieci kanalizacji deszczowej	19
Rys.5.2. Mapa topograficzna z zwektoryzowaną bazą danych obiektów topograficznych (BDOT10k) z wyznaczonymi obszarami jednolitymi pod względem pokrycia i zagospodarowania terenu – stan po uwzględnieniu MPZP	22

Rys.5.3. Fragment mapy pokrycia glebowego z wyznaczonymi obszarami jednolitymi pod względem przepuszczalności.....	23
Rys.5.4. Mapa jednolitych obszarów pod względem charakterystyki hydrologicznej zgodnej z metodą SCS CN dla stanu po naniesieniu zmian zgodnych z MPZP	24
Rys.5.5. Zależność $V(h)$ dla zbiornika Dolne Młyny	29
Rys.5.6. Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Dolne Młyny	29
Rys.5.7. Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Jaśkowy Młyn	30
Rys.5.8. Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Jaśkowy Młyn	31
Rys.5.9. Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Nowiec 0	31
Rys.5.10. Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Nowiec 0	32
Rys.5.11. Przyjęte do symulacji hietogramy syntetyczne opadu wg rozkładu DVWK o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$ dla czasu trwania deszczu 60 min (źródło: HEC-DSSVue).....	33
Rys.5.12 Schemat struktury przyjętego modelu hydrologicznego Potoku Strzyża (źródło: HEC-HMS).....	34
Rys.6.1 Hietogramy opadu całkowitego i efektywnego [mm] oraz hydrogram odpływu [m^3/s] z przykładowej podzlewni Ogrodowa dla deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$, czasu trwania 60 min, rozkładu wg DVWK, dla stanu zagospodarowania i pokrycia terenu, po uwzględnieniu MPZP – źródło HEC-HMS	36
Rys.6.2 Lokalizacja przekroju zamykającego w zlewni Potoku Strzyża (ujście do Martwej Wisły), w których porównywano przepływy maksymalne oraz hydrogramy odpływu	38
Rys.6.3 Hydrogramy przepływu [m^3/s] dla sumy opadu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,2\%$, $p=1\%$ i $p=10\%$, rozkładu w czasie wg DVWK i czasu trwania 60 min w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża, 1 – po uwzględnieniu MPZP, 3 – po uwzględnieniu dodatkowo 3 planowanych zbiorników (źródło: HEC-DSSVue).....	39
Rys.7.1 Model ujściowego odcinka Potoku Strzyży od wiaduktu w drodze krajowej nr 91 (km 0+660) do ujścia do Martwej Wisły (km 0+000) (źródło HEC-RAS, Google Maps)	40
Rys.7.2 Trójwymiarowy obraz przyjętego modelu (źródło: HEC-RAS)	41
Rys.7.3 Profil podłużny Potoku Strzyża na odcinku od wiaduktu w drodze krajowej nr 91 (km 0+664) do ujścia (km 0+000) wraz z istniejącą zabudową hydrotechniczną (źródło HEC-RAS).....	44
Rys.7.4 Położenie zwierciadła wody w miejscu wylotu KD (km 0+543) w warunkach przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$, dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle (źródło HEC-RAS)	45
Rys.7.5 Położenie zwierciadła wody w miejscu wylotu KD (km 0+447) w warunkach przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$,	

dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle (źródło HEC-RAS)	45
Rys.7.6 Hydrogramy przepływu [m^3/s] dla sumy opadu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$ i $p=3,33\%$, rozkładu w czasie wg DVWK i czasu trwania 60 min w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża (źródło: HEC-DSSVue).....	48
Rys.7.7 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)	50
Rys.7.8 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)	52
Rys.7.9 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=30$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)	54
Rys.7.10 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=5$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)	56
Rys.7.11 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=5$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)	58

1. WSTĘP. CEL I ZAKRES PRACY

Na zlecenie firmy BIOPRO Sp. z o. o., ul. Marynarki Polskiej 163, 80-868 Gdańsk została wykonana praca polegająca na przeprowadzeniu obliczeń hydrologicznych i hydraulicznych w zlewni Potoku Strzyża na potrzeby „Opracowania kompletnej dokumentacji projektowej wraz z pełnieniem nadzoru autorskiego dla realizacji przedsięwzięcia pn. »Budowa pompowni wspomagającej przy ul. Swojskiej«”. Obliczenia wykonane zostały dla stanu pokrycia i zagospodarowania terenu po uwzględnieniu zmian zagospodarowania zlewni wynikających z Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP) oraz po uwzględnieniu koncepcji trzech zbiorników zlokalizowanych w górnej części zlewni Strzyży. Obliczono maksymalne przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w przekroju zlokalizowanym w ujściu Potoku Strzyży. Następnie wykonano obliczenia hydrauliczne przepływu wody na odcinku od wiaduktu w drodze krajowej nr 91 do ujścia Potoku Strzyży do Martwej Wisły.

Celem pracy było określenie przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$ (woda pięcioletnia), $p=10\%$ (woda dziesięcioletnia), $p=3,33\%$ (woda trzydziestoletnia), $p=1\%$ (woda stuletnia) i $p=0,2\%$ (woda pięćsetletnia) oraz obliczenie wypełnienia koryta Potoku Strzyży na jej ujściowym odcinku wywołanego tymi przepływami, w miejscach włączenia projektowanych kolektorów kanalizacji deszczowej z przepompowni wspomagającej przy ul. Swojskiej w km 0+543 oraz 0+447 potoku.

Obliczenia hydrologiczne wykonane zostały w programie HEC-HMS. W niniejszym opracowaniu wykorzystane zostały wyniki prezentowane w opracowaniu [54]. W obliczeniach hydrologicznych wykorzystany został model typu opad-odpływ zlewni Potoku Strzyża o parametrach skupionych w oparciu o metodę SCS CN, zarówno w przypadku określenia opadu efektywnego, jak i w przypadku określenia spływu powierzchniowego (metoda hydrogramu jednostkowego SCS UH). W przypadku transformacji fali wezbraniowej w korycie potoku i kolektorze zastosowano metodę Muskingum-Cunge.

W celu określenia wysokości opadu o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia zastosowana została formuła obszarowa IMGW. Przyjęto czas trwania deszczu oraz rozkład jego intensywności w czasie oraz przestrzeni na podstawie wyników uzyskanych w ramach opracowania [54]. Następnie przeprowadzono obliczenia maksymalnej wartości przepływu o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w przekrojach zamykających zlewnię Potoku Strzyży.

Obliczenia hydrauliczne wykonano w programie HEC-RAS. Wykonany został model jednowymiarowy w oparciu o równanie bilansu energii mechanicznej i pędu w przekroju poprzecznym koryta potoku. Obliczone zostało położenie zwierciadła wody w warunkach ruchu ustalonego i nieustalonego na analizowanym odcinku Potoku Strzyży, przy przyjęciu na ujściu do Martwej Wisły wysokiego stanu oraz przy przyjęciu swobodnego odpływu.

2. LITERATURA ORAZ WYKORZYSTANE MATERIAŁY I MATERIAŁY PODKŁADOWE

- [1]. Atlas Hydrologiczny Polski, IMGW, Wyd. Geolog., 1986 i 1987 Warszawa.
- [2]. Atlas Klimatu Polski, IMGW, Warszawa, 2005.
- [3]. Atlas Podziału Hydrograficznego Polski, IMGW, 2005.
- [4]. L: Banasik K., Wyznaczanie wezbrań powodziowych w małych zlewniach zurbanizowanych, Wydawnictwo SGGW, 2009.
- [5]. L: Byczkowski A., Hydrologia t. I i II, PWN Warszawa, 1999.
- [6]. L: HEC-HMS Technical Reference Manual, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center 609 Second Street Davis, CA 95616 - 4678 USA, 2000r.
- [7]. L: HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers, Davis, 2010r.
- [8]. L: Hydrologic Modeling System HEC – HMS User's Manual, W. A. Scharffenberg, M. J. Fleming, 2010r.
- [9]. L: Kubrak J. 1998. Hydraulika techniczna. SGGW Warszawa.
- [10]. L: Kuchar L., Iwański S., Ocena opadów atmosferycznych dla potrzeb produkcji roślinnej w perspektywie lat 2050-2060 i wybranych scenariuszy zmian klimatu w północno-centralnej Polsce. Infrastruktura I Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2/I/2013, PAN, Oddział w Krakowie, 2013r.
- [11]. L: Lambor J., Hydrologia inżynierska, Arkady, Warszawa, 1971.
- [12]. L: Maksymalne opady deszczu w Polsce – charakterystyki projektowe. Materiały badawcze IMGW 23, Seria: Hydrologia i Oceanologia, Nr 85, E. Bogdanowicz, J. Stachy, 1998r.
- [13]. L: Metodyka określania przepływów i opadów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia dla zlewni kontrolowanych i niekontrolowanych oraz identyfikacji modeli transformacji opadu w odpływ, Stowarzyszenie Hydrologów Polskich, Warszawa 2009.
- [14]. L: Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., Hydrologia stosowana, Wyd. PWN, Warszawa 1994r.
- [15]. L: Soczyńska U., Hydrologia dynamiczna, PWN Warszawa, 1997.
- [16]. L: Szymkiewicz R., Gąsiorowski D., Podstawy hydrologii dynamicznej, Wyd. NT Warszawa 2010r.
- [17]. M: Aktualizacja koncepcji potoku – Koncepcja hydrologiczna zlewni potoku wraz z kolektorem deszczowym w ul. Jaśkowa Dolina, Hydroprojekt w Gdańsku, 1998r.
- [18]. M: Budowa zbiornika retencyjnego Kiełpinek na Potoku Bystrzec I, projekt budowlany, Operat wodnoprawny, Ekosoft, Gdańsk, 1998r.
- [19]. M: Budowla wlotowa Potoku Jasień do zbiornika – dokumentacja zamienna, Hydroprojekt, Gdańsk, 2012r.
- [20]. M: Charakterystyka hydrologiczna zlewni Potoku Strzyża, Model hydrologiczny opad – odpływ, Umowa dotacji nr WFOS/D/201/162/2011 zawarta między Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku a Politechniką Gdańską. Projekt badawczo rozwojowy p.t. „Monitorowanie, modelowanie i analiza zagrożenia powodziowego w małej zlewni miejskiej na przykładzie zlewni Potoku Strzyża w Gdańsku”.
- [21]. M: Kompleksowa koncepcja regulacji Potoku Bystrzec I, Hydroprojekt w Gdańsku, 1994r.
- [22]. M: Koncepcja budowy kolektora ulgi wraz z przebudową ul. Wajdeloty, BPBK S.A., 2006r.

- [23].M: Koncepcja przebudowy i renowacji potoku Strzyża od zbiornika Srebrzysko do Alei Grunwaldzkiej, Hydroprojekt w Gdańsku, 2006r.
- [24].M: Koncepcja przebudowy potoku Strzyża, BPBK S.A., 2004r.
- [25].M: Koncepcja sieci zewnętrznej dla projektowanego osiedla mieszkaniowego Leśna Polana w Gdańsku Wrzeszczu, Ekosoft, 2005r.
- [26].M: Koncepcja zbiorników retencyjnych w zlewni Strzyża - koncepcja zbiornika Dolne Młyny, Hydroprojekt w Gdańsku, 2007r.
- [27].M: Koncepcja zbiorników retencyjnych w zlewni. Zbiornik Jaśkowa Dolina oraz Zbiornik Wileńska II, Hydroprojekt w Gdańsku, 2007r.
- [28].M: Odbudowa zapory czołowej Zbiornika Nowiec II w Gdańsku, dokumentacja techniczna, Studio Projektowe EL - Elżbieta Lipska, 2010r.
- [29].M: Operat wodnoprawny dla odprowadzenia wód deszczowych do Bystrzec II ze zlewni zurbanizowanej w rejonie ul. Wileńska / Jarowa, "Gdańskie Melioracje" Sp. z o.o., ul. Łąkowa 35/38, Gdańsk, 2006r.
- [30].M: Operat wodnoprawny dla zbiornika Wileńska na potoku Bystrzec II, "Gdańskie Melioracje" Sp. z o.o., ul. Łąkowa 35/38, Gdańsk, 2006r.
- [31].M: Operat wodnoprawny na odprowadzanie wód deszczowych do Potoku Strzyża ze zlewni zurbanizowanej m. Gdańsk, odcinek nr 1 – 5 km 0+000 - 7+718, "Gdańskie Melioracje" Sp. z o.o., ul. Łąkowa 35/38, Gdańsk, 2004r.
- [32].M: Opinia dot.: katastrofy budowlanej budowli piętrząco-ustupowej zbiornika Nowiec II, mgr inż. A. Turzański i mgr inż. M. Kubiak, 2010r,
- [33].M: Pomiary inwentaryzacyjne potoku Strzyża wraz z dopływami, operat techniczny, Usługi geodezyjne Horyzont, Krzysztof Hrynowiecki, grudzień 2016r.
- [34].M: Pomiary przekrojów wraz z batymetrią zbiorników retencyjnych w zlewni Potoku Strzyża, WSW hydrotechnika projektowanie, ekspertyzy Witold Sterpejkowicz-Wersocki, Sopot, grudzień 2016r.
- [35].M: Potok Matarnicki - remont, projekt wykonawczy, "Gdańskie Melioracje" Sp. z o.o., ul. Łąkowa 35/38, Gdańsk, 1997r.
- [36].M: Projekt koncepcyjny podziemnego zbiornika retencyjnego, obiekt handlowo – usługowy przy ul. Kilińskiego, BP Górski, 2010r.
- [37].M: Przebudowa zbiornika retencyjnego Kiełpinek i przebudowa koryta Potoku Strzyża, projekt budowlany, Gdańskie Melioracje Sp. z o. o., 2014r.
- [38].M: Przebudowa zbiornika retencyjnego Srebrzysko w Gdańsku, projekt budowlany, Hydroprojekt w Gdańsku, 2009r.
- [39].M: Regulacja Potoku Jasień i budowa zbiornika retencyjnego Jasień, operat hydrologiczny, Hydroprojekt w Gdańsku, 2008r.
- [40].M: Sondowanie batymetryczne dna wraz z pomiarami geodezyjnymi przekrojów zbiorników retencyjnych w zlewni Potoku Strzyża w Gdańsku, WSW hydrotechnika projektowanie, ekspertyzy Witold Sterpejkowicz-Wersocki, Sopot, grudzień 2016r.
- [41].M: Uproszczona dokumentacja techniczna na remont zbiornika osadowego na potoku przy ul. Uphagena, Chudziak s.c., 1994r.
- [42].M: Uproszczona dokumentacja techniczna na remont zbiornika osadowego na potoku przy ul. Uphagena, PHiIŚ „Chudziak”, Gdańsk, 1994r.
- [43].M: Zbiornik przeciwrumowski przy ul. Kubacza (Rejon ul. Reja/Hallera), Hydrotechnika, 1992r.
- [44].M: Zbiornik retencyjny "Górny Młyn" na Potoku Bystrzec I w Gdańsku, projekt budowlany - wykonawczy z elementami operatu wodnoprawnego, Hydroprojekt w Gdańsku, 2004r.

- [45].M: Zbiornik retencyjny Nowiec II wraz z drogą 04381 i jej uzbrojeniem, projekt budowlany, projekt wykonawczy wraz z operatem wodnoprawnym, Hydroprojekt, Gdańsk, 1999r.
- [46].M: Zbiornik retencyjny Srebrzysko na Potoku Strzyża, usuwanie skutków powodzi, VII 2001, dokumentacja poawaryjna, projekt budowlano-wykonawczy, Hydroprojekt, Gdańsk 2001r.
- [47].M: Zbiornik retencyjny z budowlą piętrzącą na potoku Bystrzec I przy ul. Ogrodowej, Hydroprojekt w Gdańsku, 1987r.
- [48].Mp: Baza danych obiektów topograficznych (BDOT10k) 1:10 000, arkusze N-34-49-D-d-2, N-34-49-D-d-4, N-34-50-C-c-1, N-34-50-C-c-2, N-34-50-C-c-3, N-34-50-C-c-4, N-34-50-C-d-1, N-34-50-C-d-3. Wojewódzki Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Gdańsku.
- [49].Mp: Mapa Hydrograficzna Polski 1:50 000, arkusz Gdańsk Osowa N-34-49-D oraz arkusz Gdańsk N-34-50-C, Główny Urząd Geodezji i Kartografii.
- [50].Mp: Mapa zasadnicza, wykorzystane obręby geodezyjne: 220403_2.0011, 226101_1.0009, 226101_1.0011, 226101_1.0012, 226101_1.0013, 226101_1.0014, 226101_1.0019, 226101_1.0020, 226101_1.0024, 226101_1.0025, 226101_1.0026, 226101_1.0027, 226101_1.0028, 226101_1.0029, 226101_1.0030, 226101_1.0031, 226101_1.0032, 226101_1.0033, 226101_1.0035, 226101_1.0036, 226101_1.0037, 226101_1.0038, 226101_1.0039, 226101_1.0040, 226101_1.0041, 226101_1.0042, 226101_1.0043, 226101_1.0044, 226101_1.0047, 226101_1.0048, 226101_1.0049, 226101_1.0050, 226101_1.0051, 226101_1.0052, 226101_1.0053, 226101_1.0054, 226101_1.0055, 226101_1.0056, 226101_1.0057, 226101_1.0058, 226101_1.0063, 226101_1.0064, 226101_1.0065, 226101_1.0066, 226101_1.0067, 226101_1.0068, 226101_1.0070, 226101_1.0071, 226101_1.0078, 226101_1.0079.
- [51].Mp: Miejscowe Plany Zagospodarowania Przestrzennego, numer identyfikacyjny: 0216, 0222, 0226, 0232, 0254, 0257, 0504, 0507, 0509, 0510, 0511, 0513, 0514, 0608, 0611, 0613, 0614, 0615, 0616, 0618, 0620, 0703, 0704, 0705, 0709, 0710, 0711, 0713, 0803, 0805, 0806, 0808, 0809, 0810, 0811, 0813, 0814, 0815, 0819, 0820, 0823, 0824, 0825, 0826, 0827, 0828, 0830, 0831, 0832, 0833, 0834, 0835, 0836, 0837, 0838, 0840, 0841, 0842, 0845, 0846, 0847, 0848, 0850, 0851, 0853, 0902, 0903, 0904, 0905, 0906, 0907, 0908, 0909, 0910, 0912, 0913, 0915, 0916, 0917, 0918, 0921, 0922, 0923, 0926, 0927, 0928, 0929, 0930, 0931, 0934, 1004, 1005, 1009, 1012, 1013, 1014, 1015, 1019, 1020, 1022, 1023, 1024, 1025, 1157, 1205, 1214, 1218, 1223, 1232, 2207, 2208, 2209, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2225, 2227, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2305, 2308, 2309, 2312, 2313, 2314, 2321, 2322, 2324, 2327, 2328, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2504, 2505, 2601, 2602, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610.
- [52].Mp: Numeryczny model terenu (grupa NMT-1). Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny w wersji 2011/2012. Arkusze: N-34-62-A-a-1-1, N-34-50-C-c-1-3, N-34-50-C-d-1-3, N-34-50-C-c-1-4, N-34-61-B-b-2-2, N-34-50-C-c-2-3, N-34-49-D-d-2-4, N-34-50-C-c-2-4, N-34-50-C-c-3-1, N-34-50-C-d-3-1, N-34-50-C-c-3-2, N-34-50-C-c-3-3, N-34-50-C-c-3-4, N-34-50-C-c-4-1, N-34-49-D-d-4-2, N-34-50-C-c-4-2, N-34-50-C-c-4-3, N-34-49-D-d-4-4, N-34-50-C-c-4-4.
- [53].M: Przygotowanie modelu hydrologicznego zlewni potoku Strzyża w Gdańsku na rzecz wykonania obliczeń odpływu ze zlewni dla stanu istniejącego oraz prognozowanego, wynikającego z uwzględnienia Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego, AquaRD, luty 2017r.
- [54].M: Hydrologiczna analiza odpływu wód opadowych ze zlewni Potoku Strzyża w Gdańsku, Politechnika Gdańska, marzec 2017r.

3. METODYKA PRACY

W ramach zleconej pracy wykonano obliczenia za pomocą modelu zlewni Potoku Strzyża od jej źródeł do jej ujścia do Martwej Wisły [54]. Był to model hydrologiczny o parametrach skupionych typu opad-odpływ, wykonany w oparciu o metodę SCS CN, zarówno w przypadku określenia opadu efektywnego, jak i w przypadku określenia spływu powierzchniowego (metoda hydrogramu jednostkowego SCS UH). W przypadku transformacji fali wezbraniowej w analizowanym korycie potoku zastosowano metodę Muskingum-Cunge.

Do tego celu wykorzystane zostały dostępne dane źródłowe [1-3,48-53], a przede wszystkim dane w postaci Mapy Hydrograficznej Polski, aktualnego numerycznego modelu terenu o wymiarach oczka siatki równych 1 m, mapy pokrycia glebowego (mapa hydrograficzna) oraz aktualnej bazy danych obiektów topograficznych (BDOT10k) o szczegółowości odpowiadającej mapie topograficznej w skali 1:10 000, Miejskowe Plany Zagospodarowania Przestrzennego miasta Gdańska pozyskane z ogólnodostępnych zasobów Urzędu Miejskiego w Gdańsku [51].

W celu sparametryzowania charakterystyki hydrologicznej na terenie wyznaczonych podzlewni określone zostały obszary o jednolitym pokryciu i zagospodarowania terenu oraz jednolitym pokryciu glebowym. Dla każdego z tak wyznaczonych podobszarów określono numery krzywych CN, a następnie określone zostały pozostałe parametry modelu hydrologicznego, tj. powierzchnia każdej podzlewni, ich spadki (wartość przeciętna), długości (na podstawie długości linii akumulacji spływu) oraz dane dotyczące sieci cieków odprowadzających wodę w ramach całej zlewni Potoku Strzyża, tj. długość poszczególnych cieków, ich spadki, kształty koryta oraz czas transformacji odpływu na odcinkach cieków w granicach poszczególnych podzlewni (tzw. lag time).

W dalszej kolejności przyjęto informację na temat opadu na terenie zlewni Potoku Strzyża. W tym celu wyznaczona została całkowita wysokość opadu na podstawie formuły obszarowej IMGW [4,12,13] dla deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=3,33\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$. Maksymalna wysokość opadu została określona dla czasu trwania deszczu 60 min, który zgodnie z opracowaniem [54] daje maksymalną wartość przepływu w zlewni Potoku Strzyża. Przyjęty został asymetryczny rozkład intensywności deszczu w czasie (tzw. hietogram) z maksimum w środku jego czasu trwania (wg zaleceń ATV-DVWK). Dla tak przyjętego tzw. deszczu syntetycznego wykonano obliczenia za pomocą przyjętego modelu hydrologicznego i określono hydrogramy odpływu w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża. Na ich podstawie wyznaczono maksymalne wartości przepływu mogące wystąpić w przekroju zamykającym zlewnię Strzyży. Obliczenia te stanowiły podstawę do wykonania obliczeń hydraulicznych mających na celu określenie

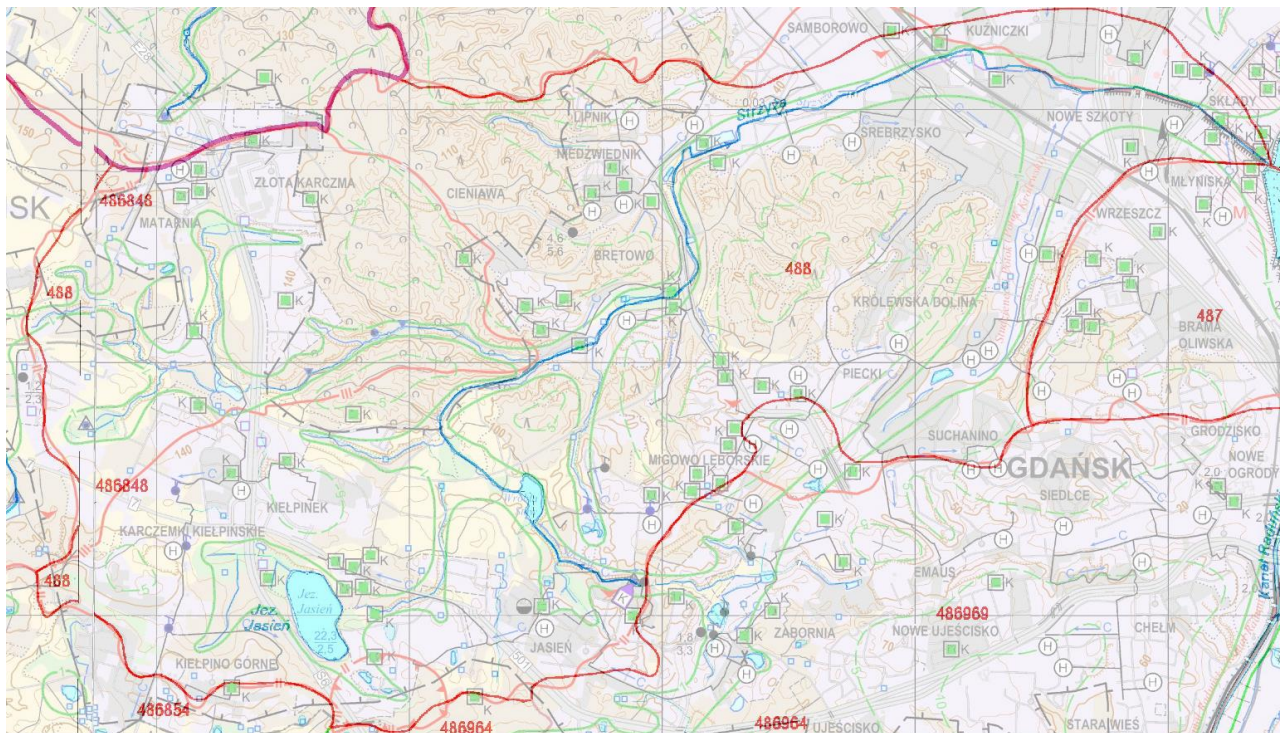
wypełnienia koryta Potoku Strzyży na odcinku ujściowym, od wiaduktu w drodze krajowej nr 91, do ujścia do Martwej Wisły. W tym celu wykonano model hydrauliczny w programie HEC-RAS, uwzględniający 8 pomierzonych geodezyjnie przekrojów poprzecznych koryta potoku wraz z istniejącymi kładkami i mostami, a następnie wykonano obliczenia.

4. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANEGO OBSZARU

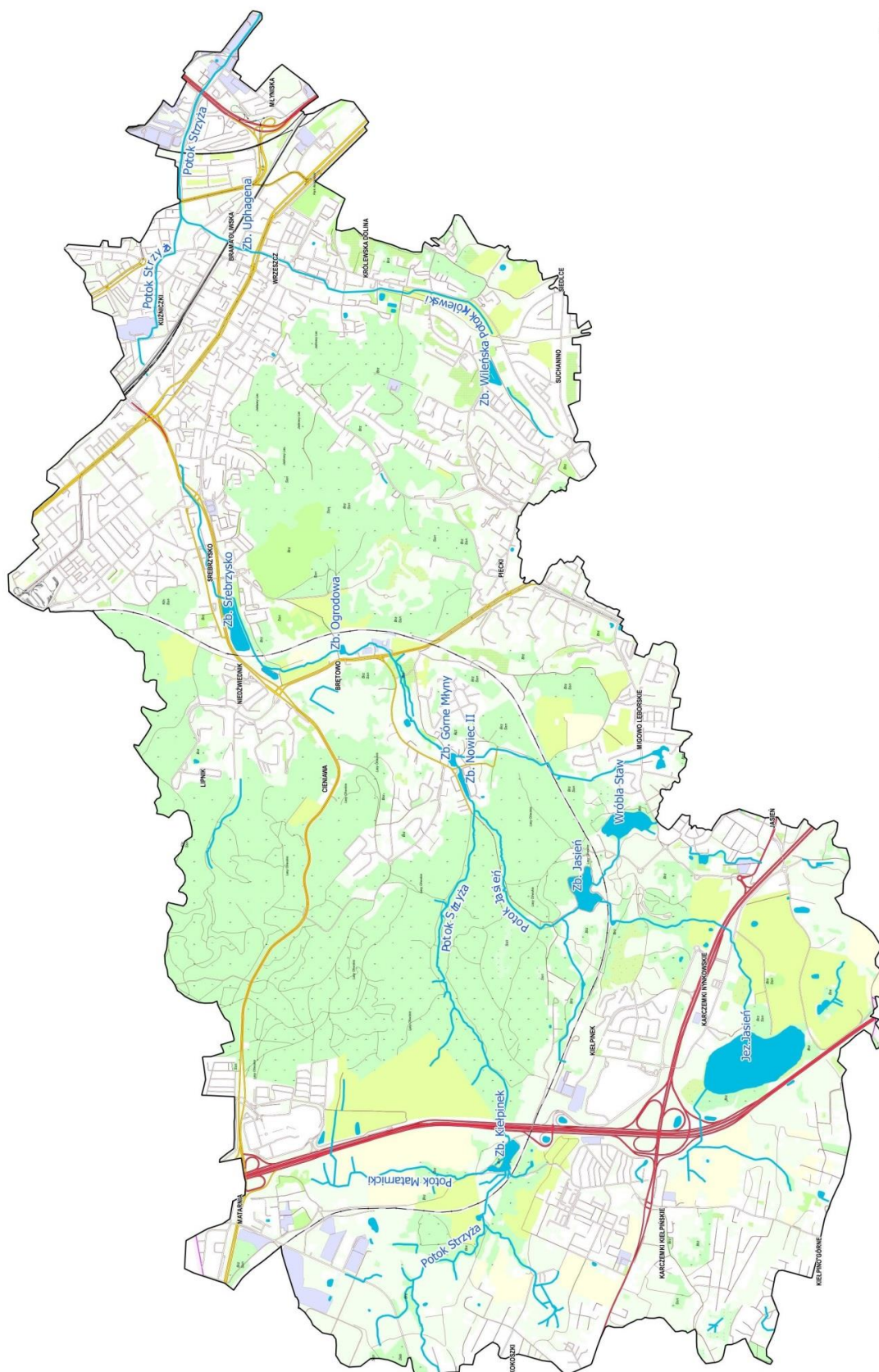
4.1. Charakterystyka zlewni Potoku Strzyża

Charakterystykę zlewni Potoku Strzyża przytoczono za opracowaniem [20] na podstawie dostępnych materiałów [17-47,53] wyszczególnionych w punkcie 2 niniejszej pracy.

Zgodnie z Mapą Podziału Hydrograficznego Polski zlewnia potoku Strzyża (nr 488) jest to zlewnia II. rzędu, leży w zlewni rzek Przymorza (nr 4), wchodząc w skład zlewni Martwej Wisły (nr 48). Obrys zlewni z Mapy Podziału Hydrograficznego na tle Mapy Hydrograficznej przedstawiono na Rys.4.1.



Rys.4.1. Granice zlewni Potoku Strzyża na podstawie Mapy Hydrograficznej Polski oraz Mapy Podziału Hydrograficznego



12

Tabela 4.1: Parametry hydrauliczne koryt poszczególnych odcinków Potoku Strzyża i jego dopływów

Lp	Zlewnia	Spadek ciek s _c [%]	Długość ciek L _c [m]	Współczynnik Manninga n [-]	Szerokość dna /średnica [m]	Nachyl enie skarp
Potok Strzyża						
1	Potok Matarnicki	1,5	1435	0,100	1,0	1:1,5
2	Potok Strzyża 1	1,2	2342	0,100	1,0	1:1,5
3	Potok Strzyża 2	1,3	2580	0,100	1,5	1:1,5
4	Jezioro Jasień	x	x	x	x	x
5	Wróbla Staw	x	x	x	x	x
6	Potok Jasień 1	1,4	2370	0,035	1,0	1:1,5
7	Potok Jasień 2	1,6	1190	0,100	1,5	1:1,5
8	Zbiornik Nowiec II	2,1	300	0,100	2,0	1:1,5
9	Zbiornik Górne Młyny	5,0	215	0,035	2,0	1:1,5
10	Zbiornik Ogrodowa	0,8	1322	0,060	2,0	1:1,5
11	Zbiornik Srebrzysko	0,9	1192	0,100	2,0	1:1,5
12	Szpital	x	x	x	x	x
13	Cmentarz	0,7	596	0,025	2,2	pion
14	Trawki	x	x	x	x	x
15	Chrzanowskiego	1,7	334	0,025	2,2	pion
16	Zabytkowa	0,7	282	0,025	2,2	pion
17	Topolowa	0,7	618	0,024	2,1	pion
18	Strzyża Górna	x	x	x	x	x
19	Wrzeszcz PKP	0,9	621	0,024	2,4	pion
20	Waryńskiego	0,8	719	0,024	2,2	pion
21	Hallera - PG	0,1	94	0,026	5,2	1:1
22	Legionów	x	x	x	x	x
23	Kochanowskiego	0,4	376	0,028	2,0	pion
24	Zielony Trójkąt	0,3	1172	0,032	2,8	pion
Potok Jaśkowy						
25	Kruczkowskiego	0,3	1069	0,0135	1	koło
26	Migowska	0,1	133	0,0135	1	koło
27	Jaśkowa Dolina	0,2	1460	0,0135	1,2	koło
28	Partyzantów	x	x	x	x	x
29	Matejki	2,1	410	0,0135	1,2	koło
30	Pileckiego	0,5	198	0,0135	1,2	koło
Potok Królewski						
31	Schuberta	1,4	681	0,0135	0,8	koło
32	Wileńska	x	x	x	x	x
33	Suchanino	0,7	1015	0,028	1	pion
34	Sobieskiego	1,5	225	0,028	1	pion
35	Biblioteka UG	0,2	134	0,028	1,8	pion
36	Studzienka	2,3	251	0,0135	1,8	koło
37	Siedlecka	0,3	739	0,028	1,5	pion
38	Uphagena	0,2	236	0,028	2,65	pion
39	Miszewskiego	0,5	401	0,028	2	pion

Potok Strzyża (dawniej Bystrzec I) to naturalny ciek powierzchniowy spływający z wysoczyzny morenowej utworzonej przez ostatnie zlodowacenie i bezpośrednio uchodzący do Martwej Wisły. Jest on lewostronnym dopływem Martwej Wisły i ostatnim przed ujściem rzeki do morza Bałtyckiego. Posiada kilka dopływów, z których ważniejsze to: prawostronne

– Potok Królewski oraz Potok Jasień i lewostronne – Potok Matarnicki. Całkowita długość Potoku Strzyża wg dostępnych danych [20,21,23] wynosi 12,763 km. Istniejące spadki cieku są silnie zróżnicowane i mieszczą się w przedziale od 0,5% do 5%. Średni spadek cieku wynosi 1%. W górnej części potoku znajduje się zbiornik Kiełpinek (km 10+541), do którego również uchodzi lewostronny dopływ Potok Matarnicki. Potok Matarnicki ma długość 1435 m. Na prawie całej długości potoku koryto jest w zadrzewionej dolinie. Spadek podłużny potoku wynosi średnio 1,2 do 1,5 %. W tym w górnym i środkowym biegu od 0,06 do 0,5 %, a w dolnym od 1,3 do 5,0 %.

Potok Jasień jest prawostronnym dopływem Potoku Strzyża. Wypływa bezpośrednio z naturalnego rezerwuaru jeziora Jasień (km 3+560). Długość potoku to 3,6 km o średnim spadku 1,5%.

Największy dopływ Strzyży, Potok Królewski bierze swoje źródła przy zachodniej elewacji budynku Gdańskiego Parku Naukowo Technologicznego, pomiędzy ulicami Trzy Lipy i Rakoczego. Całkowita długość potoku to niemal 3,7 km.

Potok Jaśkowy ma długość nieco ponad 3,2 km i od źródła biegnie kolektorem zamkniętym wzdłuż ulicy Jaśkowa Dolina. Kolejno przed wpłynięciem do kolektora w okolicy ulicy Batorego przepływa przez mały zbiornik ozdobny. Po dopłynięciu do Alei Grunwaldzkiej spływa w jej ciągu, aż do ulicy Do Studzienki, gdzie wpływa do zbiornik Uphagena.

Szczegółowe parametry hydrauliczne koryt poszczególnych odcinków Potoku Strzyża i jego dopływów określono na podstawie opracowania [54] i zestawiono w zbiorczej tabeli Tab.4.1.

4.2. Zbiorniki retencyjne w zlewni Potoku Strzyża

Jezioro Jasień (km 3+560) jest pierwszym naturalnym zbiornikiem wodnym o powierzchni 23,5 ha. Mieści się ono w południowo – zachodniej części Gdańska. Drugi zbiornik naturalny to Wróbla Staw, powstały na terenie starego poligonu wojskowego na samym końcu ulicy Myśliwskiej w krańcu dzielnicy Morena. Gromadzi on wody deszczowe z niewielkiej części dzielnicy Jasień. Posiada powierzchnię równą 4,5 ha. Powierzchnia zlewni Wróbla Staw wynosi 79,9 ha. Pierwszym w biegu Potoku Strzyża sztucznie zbudowanym zbiornikiem retencyjnym jest zbiornik Kiełpinek (km 10+541) zlokalizowany tuż obok Obwodnicy Trójmiasta, pomiędzy dzielnicami Kokoszki i Żłota Karczma. Uchodzi do niego odcinek źródłowy Potoku Strzyża oraz Potok Matarnicki. Powierzchnia zlewni zbiornika jest równa 570,4 ha, zaś samego rezerwuaru 1,8 ha. Kolejnym zbiornikiem jest Nowiec II (km 7+541) o powierzchni 0,4 ha. Zlokalizowany na terenie byłej wytwórni prefabrykatów betonowych, tuż poniżej ujścia Potoku Jasień. W chwili obecnej zbiornik ma pojemność retencyjną równą 8336 m³. Następny w kolejności jest zbiornik Górne Młyny (km 7+381) o powierzchni rzędu

0,3 ha. Zlokalizowany tuż poniżej zbiornika Nowiec II. Jego objętość retencyjna wynosi 2496 m³. Do tego zbiornika uchodzi kolektor odprowadzający wody deszczowe z osiedli przy ulicy Myśliwskiej. Zbiornik Ogródowa (km 6+004) zlokalizowany jest przy zbiegu ulicy Ogródowej i Potokowej. Posiada powierzchnię 0,5 ha oraz pojemność retencyjną równą 4500 m³. Około 750 metrów poniżej znajduje się kolejny (ostatni otwarty) zbiornik retencyjny, zbiornik Srebrzysko (km 4+812), o powierzchni równej 3,6 ha oraz objętości retencyjnej rzędu 41650 m³.

W biegu Potoku Królewskiego mieści się zbiornik Wileńska na terenie dzielnicy Piecki – Migowo. Jego pojemność retencyjna jest równa 7070 m³, powierzchnia przy normalnym poziomie piętrzenia wynosi 1,28 ha. Do zbiornika trafiają wody doprowadzone dwoma kolektorami. Pierwszy z nich to skanalizowany odcinek Potoku Królewskiego o średnicy 1m, wpada do południowej części obiektu i zbiera wody ze zlewni Schuberta, a drugi o średnicy 0,6m znajduje swoje ujście wprost do północnej części zbiornika i odprowadza wody ze zlewni Wileńska.

Ostatni zbiornik w zlewni Potoku Strzyża, usytuowany na Potoku Królewski przy połączeniu z Potokiem Jaśkowym to piaskownik Uphagena, mieszczący się niedaleko Alei Grunwaldzkiej w Parku im. Jana Uphagena. Potok Królewski dopływa do zbiornika kanałem zamkniętym o przekroju poprzecznym w kształcie prostokąta o wymiarach 1,5x1,0m, natomiast Potok Jaśkowy kanałem otwartym także o przekroju prostokątnym o wymiarach 2,0x1,6m. Odpływ ze zbiornika odbywa się takim samym przekrojem poprzecznym jak dopływ Potoku Jaśkowego. Jest to najmniejszy zbiornik w całej zlewni, którego powierzchnia przy normalnym poziomie piętrzenia wynosi 0,06 ha.

Podstawowe parametry charakteryzujące wszystkie zbiorniki retencyjne w analizowanej zlewni zestawiono za opracowaniem [54] w Tab.4.2. Dodatkowo w biegu Potoku Strzyża, zbudowano zamknięty, żelbetowy zbiornik retencyjny w podziemiach Galerii Metropolia.

Tabela 4.2: Charakterystyka zbiorników retencyjnych (źródło: [20])

Zbiornik	Kilometr	Powierzchnia [ha]	Objętość retencyjna [m ³]	Pojemność dodatkowa [m ³]	Łącznie pojemność [m ³]
Jezioro Jasień	3+560*	23,5	50000	0	50000
Zbiornik Jasień	3+500*	4,0	89374	0	89374
Wróbla Staw	brak	4,5	7000	0	7000
Kielpinek	10+541	1,8	19666	15750	35416
Nowiec II	7+541	0,4	8336	2700	11036
Górne Młyny	7+381	0,3	2496	2500	4996
Ogródowa	6+004	0,5	4500	2500	7000
Srebrzysko	4+812	3,6	41650	22850	64500

Wileńska	3+001**	1,28	7070	0	7070
Uphagena	0+554**	0,06	1250	0	1250

* kilometraż Potoku Jasień

** kilometraż Potoku Królewskiego

5. MODEL HYDROLOGICZNY

W ramach niniejszej pracy wykorzystano wyniki analiz hydrologicznych przeprowadzonych w ramach pracy [54], na podstawie których przygotowany został model hydrologiczny pozwalający wykonać obliczenia w zlewni potoku Strzyża dla stanu wynikającego z uwzględnienia MPZP, po uwzględnieniu koncepcji trzech zbiorników retencyjnych zlokalizowanych w zlewni na obszarze górnej Strzyży. Wykonano model o parametrach skupionych w oparciu o metodę SCS CN, zarówno w przypadku określenia opadu efektywnego, jak i w przypadku określenia spływu powierzchniowego (metoda hydrogramu jednostkowego SCS UH). W przypadku transformacji fali wezbraniowej w korycie potoku zastosowano metodę Muskingum-Cunge.

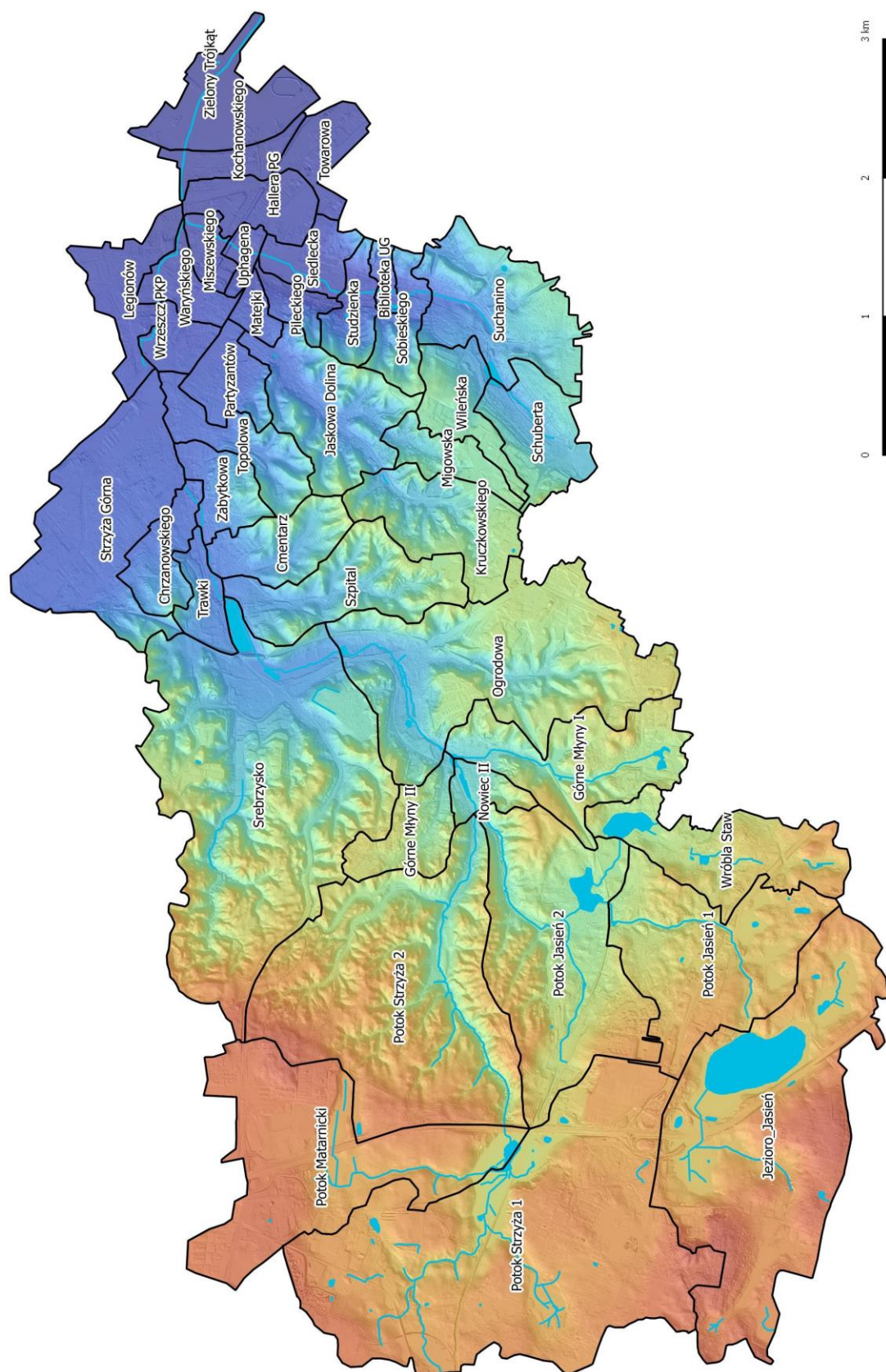
Model wykonano wykorzystując program komputerowy HEC-HMS stworzony przez Hydrologic Engineering Center, należący do Korpusu inżynieryjnego Armii Stanów Zjednoczonych [6,8]. Budowa modelu wymagała wcześniejszego określenia szeregu parametrów zlewni, do których należą między innymi podstawowe charakterystyki geomorfologiczne zlewni, dane dotyczące cieku oraz dane dotyczące pokrycia i zagospodarowania obszaru zlewni.

5.1. Wyznaczenie parametrów zlewni Potoku Strzyża

Granice zlewni Potoku Strzyża oraz podział na podzlewnie przyjęto na podstawie opracowania [54] i przedstawiono na Rys.5.1. W granicach zlewni Potoku Strzyża wyznaczono 41 podzlewni (Tab.5.1 i 5.2). Na podstawie NMT wyznaczone zostały kierunki spływu, oraz linie akumulacji spływu. Mapy te stanowiły podstawę do wyznaczenia parametrów geomorfologicznych charakteryzujących poszczególne podzlewnie, tj. spadek zlewni i jej długość.

Następnie określono na terenie każdej podzlewni obszary jednolite pod względem zagospodarowania i pokrycia terenu. Wyznaczone zostały obszary zgodne z przyjętą metodyką (metoda SCS CN): drogi, place, parkingi, tereny zielone, ogródki działkowe, zabudowa wolnostojąca, zabudowa zwarta, wielorodzinna, zbiorniki wodne, cieki, lasy, tereny handlowo-usługowe, pozostała zabudowa (przemysł, magazyny). Podstawą do określenia powierzchni zlewni w danej kategorii pokrycia i zagospodarowania były mapy zasadnicze [50] oraz mapa topograficzna z zwektoryzowaną bazą danych obiektów topograficznych (BDOT10k) w skali 1:10 000 z wykorzystaniem arkuszy pokrywających teren analizowanej zlewni [48]. Następnie uwzględnione zostały MPZP [51] i wynikające z nich zmiany w pokryciu i zagospodarowaniu terenu. Uwzględniono także koncepcje 3 zbiorników

retencyjnych zlokalizowanych w zlewni na obszarze górnej Strzyży (zbiornik Dolne Młyny, Jaśkowy Młyn oraz Nowiec 0).



Rys.5.1. Granice zlewni Potoku Strzyża wyznaczone na podstawie numerycznego modelu terenu oraz informacji na temat sieci kanalizacji deszczowej

Podział na tereny jednolite pod względem pokrycia i zagospodarowania przedstawiono na Rys.5.2, wskazując kolorami miejsce oraz sposób zmiany zagospodarowania terenu, mające wpływ na parametry modelu hydrologicznego.

Przyjęta metodyka wymaga także określenia pokrycia glebowego. W tym celu wykorzystano mapę pokrycia glebowego (Rys.5.3), wyznaczając w granicach każdej z podzlewni obszary jednolite pod względem przepuszczalności gruntu, wg kryterium metody: gleby o łatwej przepuszczalności (grupa A), gleby o przepuszczalności powyżej średniej (grupa B), gleby o przepuszczalności poniżej średniej (grupa C) oraz gleby słabo przepuszczalne (grupa D).

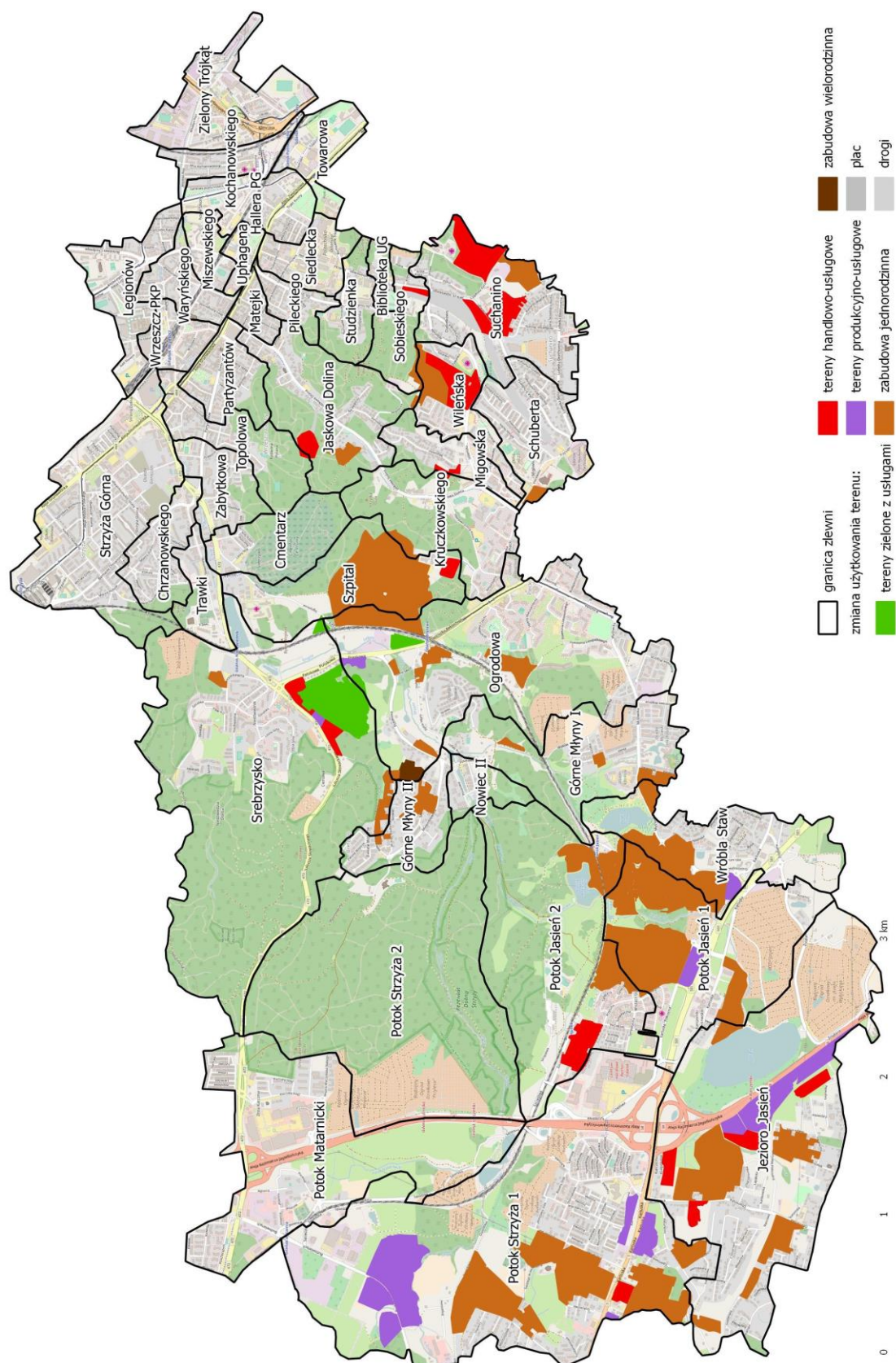
W następnej kolejności wyznaczone zostały obszary jednolite ze względu na pokrycie i zagospodarowanie terenu oraz ze względu na przepuszczalność utworów glebowych. W tym celu w programie QGIS wyznaczone zostały przecięcia poszczególnych warstw oraz zostały w ten sposób wyznaczone obszary wspólne o jednakowej charakterystyce hydrologicznej. W wyniku takiego podejścia uzyskano mapę obszarów jednolitych pod względem charakterystyki hydrologicznej (Rys.5.4).

Podział terenów poszczególnych zlewni na obszary jednorodne zgodnie z metodyką SCS CN pozwolił opracować numery krzywych (dla odpowiednich klas gleb), których obliczenie dla poszczególnych zlewni przedstawiono zarówno w Tab.5.1. Parametry wymagane do propagacji fal wezbraniowych w korycie Potoku Strzyża metodą Muskingum–Cunge zestawiono w Tab.5.2 i 5.3 (Tab.5.2 – wyłącznie zlewnia Potoku Strzyża, Tab.5.3 – zlewnie Potoku Królewskiego i Jaśkowego). Oznaczenia zlewni i odcinków cieków w Tab.5.1-5.3 przedstawiono w dalszej części niniejszego opracowania. Odpowiadają one przyjętym oznaczeniom w programie HEC-HMS.

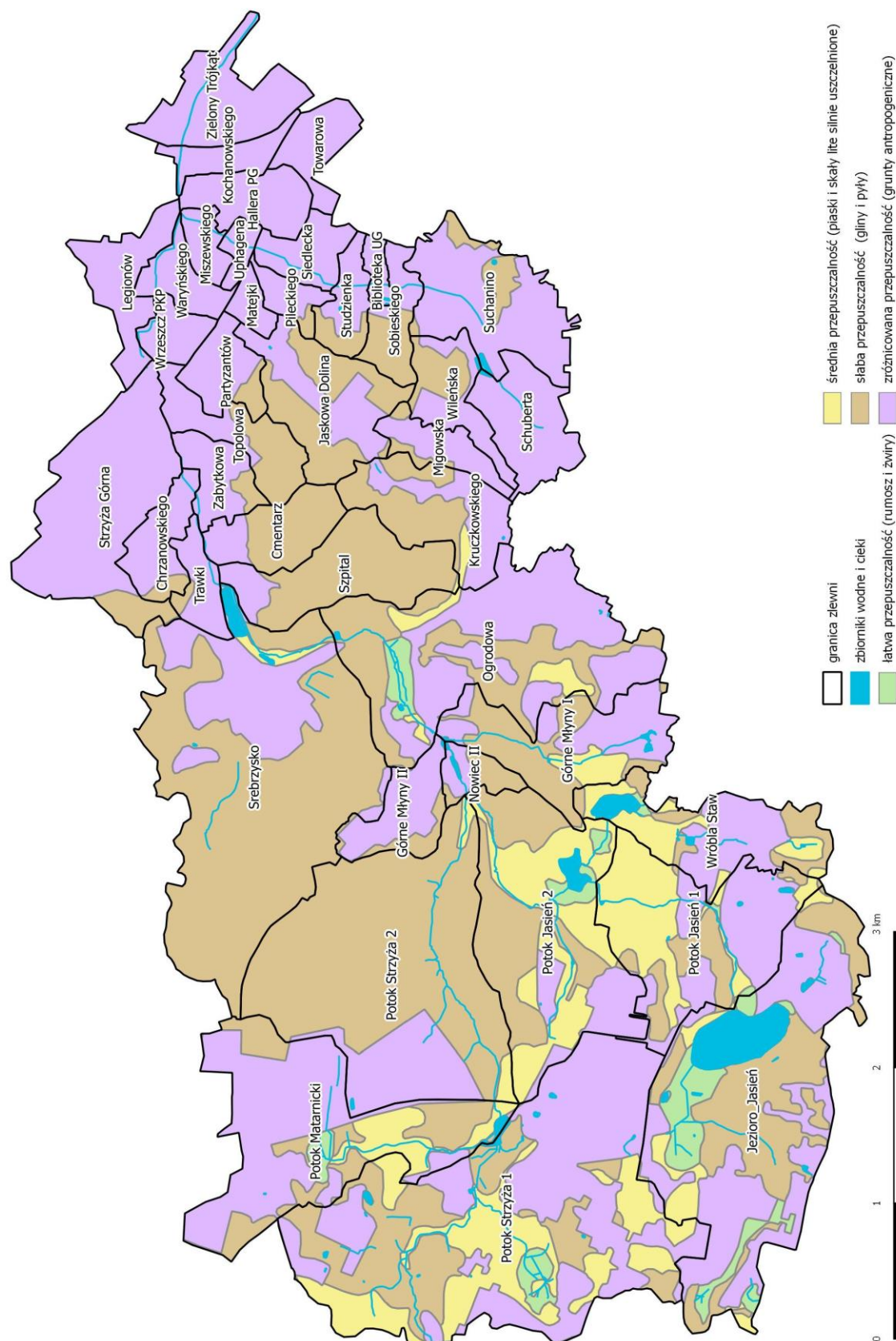
5.2. Charakterystyki zbiorników retencyjnych w zlewni Potoku Strzyża

W opracowaniu [54] na podstawie dostępnej dokumentacji ([17-47,53]) przygotowano krzywe charakterystyczne dla każdego z modelowanych zbiorników, pozwalające zasymulować jego pracę w czasie formowania się odpływu w zlewni. Sporządzono w postaci tabelarycznej charakterystyki w zależności od dostępnych danych opisujących wypełnienie (rzędna lub głębokość w zbiorniku) od pola powierzchni zbiornika $A(H)$ lub od objętości zbiornika $V(H)$ oraz charakterystykę urządzenia wylotowego na zbiorniku, regulującego odpływ wody w postaci zależności wypełnienia od natężenia odpływu $Q(H)$. Przyjęto zakres pracy każdego ze zbiorników w granicach jego rzędnych. W tym celu wykorzystano aktualne wyniki pomiarów batymetrii w zbiornikach [34, 40] oraz inwentaryzacji urządzeń zainstalowanych na odpływie [33]. W przypadku trzech projektowanych zbiorników przyjęto krzywe na podstawie

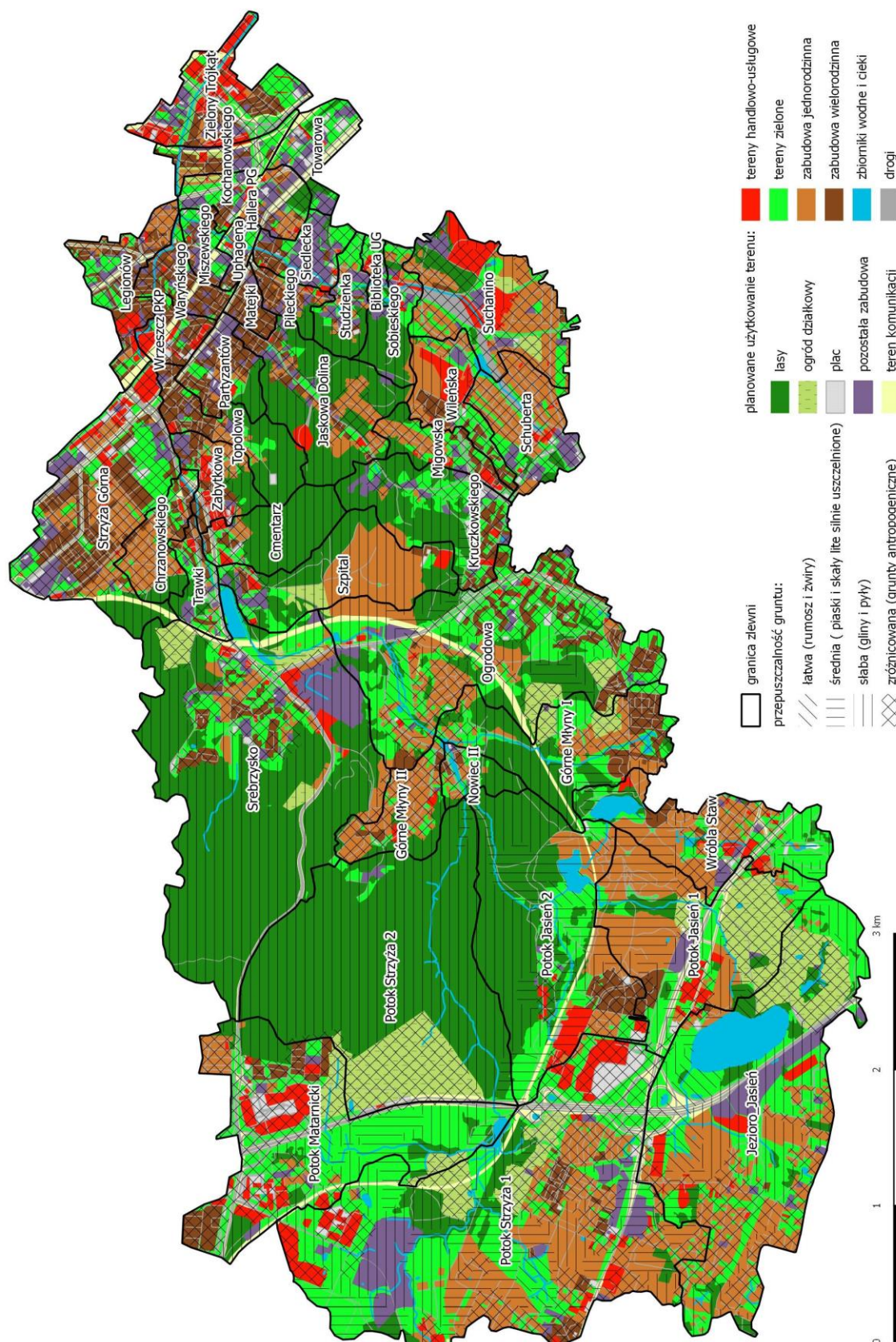
koncepcji lub informacji uzyskanych w firmie „Gdańskie Wody” sp. z o. o. i zestawiono na Rys.5.5 – 5.10 i w Tab.5.4 – 5.9. Charakterystyki te wykorzystano w programie HEC-HMS.



Rys.5.2. Mapa topograficzna z wektoryzowaną bazą danych obiektów topograficznych (BDOT10k) z wyznaczonymi obszarami jednolitymi pod względem pokrycia i zagospodarowania terenu – stan po uwzględnieniu MPZP



Rys.5.3. Fragment mapy pokrycia glebowego z wyznaczonymi obszarami jednolitymi pod względem przepuszczalności



Rys.5.4. Mapa jednolitych obszarów pod względem charakterystyki hydrologicznej zgodnej z metodą SCS CN dla stanu po naniesieniu zmian zgodnych z MPZP

Tabela 5.1: Zestawienie podstawowych parametrów poszczególnych podzlewni oraz dane dotyczące ich pokrycia

zlewnia	ogrodowa				szpital				trawki				cmentarz				chrzanowskiego				topolowa				zabytkowa				strzyż góra				Biblioteka UG				Halleria PG			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
gleba	7416	10359	0	125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	86667	173192	24527	16666	17	47237	409	27537	437	49587	3684	35670	0	46634	24628	239358	0	46634	24628	239358	0	46634	24628	239358	0	8710	0	92914												
drogi [m²]	873																																							
	1649	29440	3669	1328																																				
teren zielone [m²]	67732	10112																																						
	273739	363431	36098	20641	430	53968	17000	1908	68	39097	16233	12358	546	23018	2379	214145		24441		57443																				
ogród działkowy [m²]		326																																						
	6029	92871	40298																																					
zabudowa	8718	19280																																						
	114120	174691	303041	1069																																				
zabudowa zwarta, wielorodzinna [m²]	1																																							
	21441	216662	10050	9221																																				
zbiorniki wodne, ciek [m³]	1476																																							
	2132	850																																						
las [m²]	16541	94245																																						
	229669	57827	237516	19686	20216	11006	319429	6296	40580	3095	194618	2728	43008	14299	82824	2913		24217		23268																				
teren handlowo-usługowe [m²]	545																																							
	4117	18753	12868	10359																																				
pozostała zabudowa (przemysł, magazyny)	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	15209	22989	380	23962	910	16679	0	809	0	697	458	14022	0	17743	16	123179	0	12471	0	58535																				
powierzchnia całkowita [m²]	2143137																																							
	18.11																																							
średni spadek [%]																																								
CN																																								

Tabela 5.1: Zestawienie podstawowych parametrów poszczególnych podzlewni oraz dane dotyczące ich pokrycia - c.d.

zlewnia gleba pokrycie	Jaskowa Dolina		Kochanowskiego		Kruczkowskiego		Legionów		Matejki		Migowska		Miszewskiego		Nowiec II		Partyzantów		Pileckiego	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
drogi [m ²]	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
	0	0	0	0	0	3467	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0
plac, parking [m ²]	11651	44632	0	54642	5345	47805	0	107213	0	24578	552	33638	0	28726	3134	13272	1325	51379	0	20979
						8														
tereny zielone [m ²]		488		3544	65	15017		2717				2082		7703		1571		10264		
						5701										59				
ogród działkowy [m ²]	5199	27070		42070	49280	103311		66754		291	2818	53561		39180	16069	18212	3395	20641		6220
zabudowa wolnostojąca [m ²]		12840																		
	20548	94146		9734	16722	7946		50140		1050	340	66891		3585	3295	23419	1	17413		19827
zabudowa zwarta, wielorodzinna [m ²]						2														
	1377	62941		40808	77	60667		112735		68576		23108		32671	1330	11898		89046		47814
zbiorniki wodne, ciekły [m ²]																				
		244		1929		305		247					21			9305				
las [m ²]						19058										143				
	413672	63474				273723	13181								65558	1759	50933	3774	22887	5908
tereny handlowo- usługowe [m ²]																				
	18879	5315		7714	1745	8165		33213			4290	12512		1641			6	8209		6750
pozostała zabudowa (przemysł, magazyny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3752	33678	0	26218	15389	45674	0	33611	0	8904	0	7568	0	27754	0	2231	0	40541	0	15079
powierzchnia całkowita [m ²]	807065		199499		692661		406631		103400		251554		141281		171307		296927		145464	
średni spadek [%]	25.11		5.66		20.29		4.26		6.44		16.75		6.69		18.74		9.84		16.50	
	80		93		79		95		98		88		93		80		90		91	
CN																				

zlewnia gleba pokrycie	Schuberta		Siedlecka		Sobieskiego		Studzienka		Suchanino		Towarowa		Uphagena		Waryńskiego		Wileńska		Wrzeszcz PKP		Zielony Trójkąt	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
drogi [m ²]	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
plac, parking [m ²]	0	90359	0	43005	4833	22894	620	21322	3132	141642	0	76753	0	20462	0	45982	5377	35385	0	44374	0	147061
tereny zielone [m ²]		16072		10571			887	909		2590		27990		6288		1035		2978		9476		32325
tereny zielone [m ²]		89275		49964	13297	29458	5387	54761	25379	104044		65023		17198		21147	6917	69881		20601		120385
ogród działkowy [m ²]																						
zabudowa wolnostojąca [m ²]																						
	219277			3760	9615	14255	2798	19810	18162	262103		5368		7740		5696	58230	42064		573		15217
zabudowa zwarta, wielorodzinna [m ²]																						
	1631		39457			545	1431	15277		8860				21580		126549	333	63199		59596		70917
zbiorniki wodne, ciekły [m ²]																						
		2455		177		72		628	1017	7256				454		33		2447				5700
las [m ²]																						
		20970		7750	130735	17541	70788	9113	3279	71242		28442					2009	198				
tereny handlowo- usługowe [m ²]																						
	13952		6543	957	11993		579	63973	85889		4953		2265		1773	61379	8334			34648		140234
pozostała zabudowa (przemysł, magazyny)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	46764	0	96485	4112	15156	80	33049	1160	47530	0	53995	0	16054	0	24729	8482	4876	0	13105	0	48724
powierzchnia całkowita [m ²]	500755		257711		275463		237439		887827		262524		92042		226943		372086		182373		580563	
średni spadek [%]	13.62		6.78		22.64		20.16		14.56		4.93		6.72		5.10		12.25		6.05		1.54	
	94		94		79		83		89		92		95		96		86		96		94	
CN																						

Tabela 5.2: Zestawienie parametrów modelu hydrologicznego w zlewni Potoku Strzyża po uwzględnieniu MPZP

Element	L ciek [m]	B ciek [m]	L zlewni [m]	wsp. Manninga n [-]	A zlewni [km ²]	CN _{sr}	I ciek [%]	I zlewni [%]	t lag [min]	Imp [%]
Zlewnia Potok Matarnicki	x	x	2366	x	1.853	79	x	1.66	78.62	43
PM	1435	1	x	0.1	x	x	1.460	x	x	x
Zlewnia Strzyża 1 Górna	x	x	2548	x	4.022	77	x	1.16	105.99	56
PS 1	2342	1	x	0.1	x	x	1.236	x	x	x
Zlewnia Strzyża 2 Górna	x	x	2572	x	2.791	75	x	5.48	52.08	3
PS 2	2580	1.5	x	0.1	x	x	1.326	x	x	x
Zlewnia Jezioro Jasień	x	x	2419	x	2.920	75.0	x	1.22	105.10	46
Zlewnia Potok Jasień 1	x	x	1460	x	1.406	77.0	x	2.46	46.62	54
PJ 1	2370	1	x	0.035	x	x	1.385	x	x	x
Zlewnia Potok Jasień 2	x	x	2321	x	1.843	71.0	x	1.89	91.37	28
PJ 2	1190	2	x	0.1	x	x	0.400	x	x	x
Zlewnia Wróbla Staw	x	x	1679	x	0.851	78.0	x	1.83	58.67	59
PS 4	50	1.5	x	0.1	x	x	1.326	x	x	x
Zlewnia Nowiec II	x	x	604	x	0.171	80.0	x	4.91	14.87	35
PS 5	300	2	x	0.1	x	x	2.120	x	x	x
Zlewnia Górne Młyny	x	x	1721	x	1.308	81.0	x	2.28	48.85	45
PS 6	215	2	x	0.035	x	x	4.991	x	x	x
Zlewnia Ogrodowa	x	x	2450	x	2.143	79.0	x	2.15	71.04	43
PS 7	1322	2	x	0.06	x	x	0.809	x	x	x
Zlewnia Srebrzysko	x	x	2978	x	3.378	77.0	x	2.85	76.61	18
PS 8	100	2	x	0.1	x	x	0.873	x	x	x
PS 9	1092	2	x	0.1	x	x	0.873	x	x	x
Zlewnia Szpital	x	x	1339.891	x	0.775	76.0	x	2.91	41.21	54
KS1	596	2.2	x	0.025	x	x	0.700	x	x	x
Zlewnia Cmentarz	x	x	1481.57	x	0.424	76.0	x	3.59	40.21	19
Zlewnia Trawki	x	x	1389.21	x	0.21	89.0	x	2.28	31.04	59
KS2	334	2.2	x	0.025	x	x	1.710	x	x	x
Zlewnia Chrzanowskiego	x	x	1173.169	x	0.31	91.0	x	3.37	20.55	73
KS3	282	2.2	x	0.025	x	x	0.730	x	x	x
Zlewnia Zabytkowa	x	x	727.677	x	0.289	90.0	x	5.04	11.96	72
KS4	618	2.13	x	0.024	x	x	0.740	x	x	x
Zlewnia Topolowa	x	x	1490.2	x	0.41	81.0	x	2.53	41.33	45
Zlewnia Strzyża Górna	x	x	2148.95	x	1.272	92.0	x	1.07	56.68	76
KS5	621	2.39	x	0.014	x	x	0.910	x	x	x
Zlewnia Wrzeszcz PKP	x	x	547.726	x	0.182	96.0	x	1.98	11.49	89
KS6 1	614	2.2	x	0.014	x	x	0.790	x	x	x
KS6 2	105	2.2	x	0.014	x	x	0.790	x	x	x
Zlewnia Miszewskiego	x	x	605	x	0.141	93	x	1.11	19.29	72
Zlewnia Waryńskiego	x	x	881.262	x	0.227	96	x	1.57	18.89	91
Zlewnia Legionów	x	x	1456.748	x	0.407	95.0	x	0.69	44.87	84
KS7	94	5.15	x	0.017	x	x	0.140	x	x	x
Zlewnia Hallera PG	x	x	1149.773	x	0.354	93.0	x	0.21	74.14	75
KS8 1	104	5.15	x	0.017	x	x	0.380	x	x	x
KS8 2	272	2.84	x	0.02	x	x	0.380	x	x	x
Zlewnia Kochanowskiego	x	x	730.821	x	0.199	93.0	x	0.28	44.68	72
KS9	1172	2.84	x	0.032	x	x	0.280	x	x	x
Zlewnia Zielony Trójkąt	x	x	646.408	x	0.581	94.0	x	0.16	51.11	78

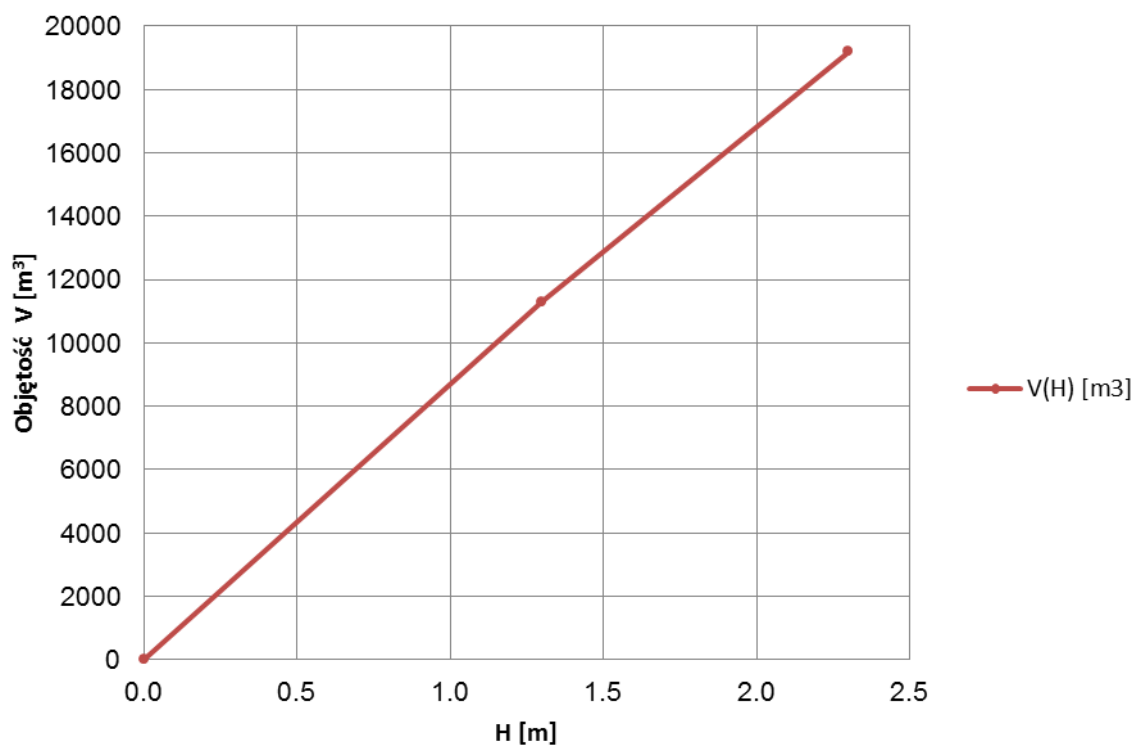
Tabela 5.3: Zestawienie parametrów modelu hydrologicznego w zlewni Potoku Królewskiego i Jaśkowego po uwzględnieniu MPZP

Element (P.Królewski)	L cieku [m]	B cieku [m]	L zlewni [m]	wsp. Manninga n [-]	A zlewni [km ²]	CNśr	I cieku [%]	I zlewni [%]	t lag [min]	Imp [%]
Schuberta	x	x	684	x	0.501	94.0	x	3.49	11.45	74
PK1	681	0.8	x	0.0135	x	x	0.014	x	x	x
Wileńska	x	x	1088	x	0.372	86.0	x	4.26	20.91	78
PK2	1015	1	x	0.028	x	x	0.007	x	x	x
Suchanino	x	x	1022	x	0.888	89.0	x	3.84	18.71	72
PK3	225	1	x	0.028	x	x	0.015	x	x	x
Sobieskiego	x	x	536	x	0.275	79.0	x	6.96	11.71	31
PK4 (piaskownik)	18	1	x	0.0315	x	x	0.010	x	x	x
PK5	116	1.8	x	0.028	x	x	0.001	x	x	x
Studzienka	x	x	547	x	0.237	83.0		7.99	9.77	41
PK6	251	1.8	x	0.0135	x	x	0.023	x	x	x
Biblioteka UG	x	x	323	x	0.081	87.0	x	4.67	7.29	36
PK7	739	1.5	x	0.0135	x	x	0.003	x	x	x
Siedlecka	x	x	708	x	0.258	94.0	x	4.18	10.75	78
PK8	236	2.65	x	0.028	x	x	0.002	x	x	x
Uphagena	x	x	98	x	0.092	95.0	x	1.27	3.82	81
PK9	401	2	x	0.028	x	x	0.005	x	x	x
Pileckiego	x	x	570	x	0.145	91.0	x	4.09	10.47	80
Matejki	x	x	560	x	0.103	98.0	x	3.12	8.32	100
Element (P.Jaśkowy)	L cieku [m]	B cieku [m]	L zlewni [m]	wsp. Manninga n [-]	A zlewni [km ²]	CNśr	I cieku [%]	I zlewni [%]	t lag [min]	Imp [%]
Kruczkowskiego	x	x	1068	x	0.693	79.0	x	3.17	30.11	33
PJ2	133	1	x	0.0135	x	x	0.001	x	x	x
Migowska	x	x	1000	x	0.252	87.0	x	3.88	19.75	78
PJ3	1460	1.2	x	0.0135	x	x	0.002	x	x	x
Jaśkowa Dolina	x	x	1479	x	0.807	80.0	x	3.01	38.87	37
Partyzantów	x	x	757	x	0.297	90.0	x	2.46	17.66	73
PJ4	410	1.2	x	0.0315	x	x	0.021	x	x	x

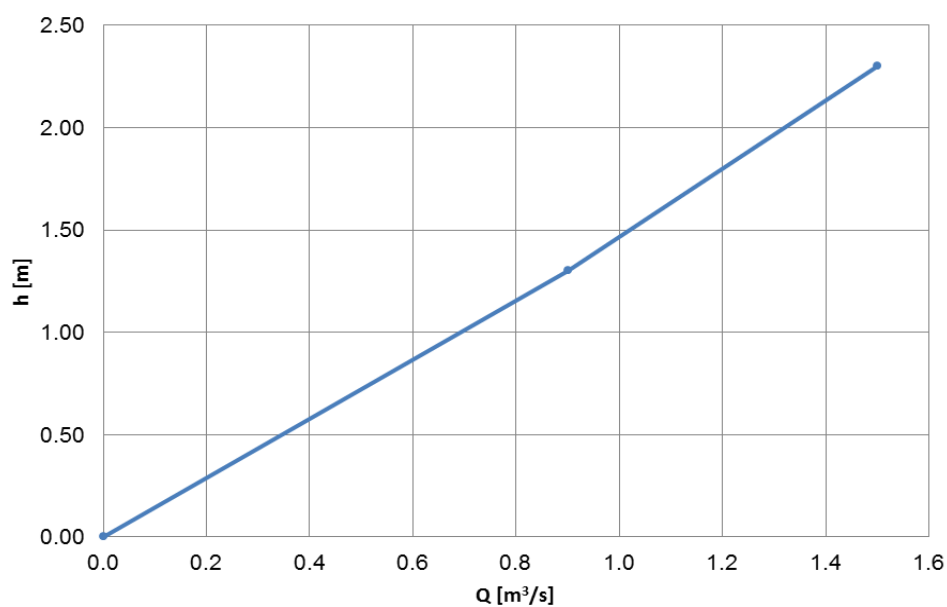
Zbiornik Dolne Młyny

Tabela 5.4: Zależność V(h) dla zbiornika Dolne Młyny

Głębokość h [m]	Objętość V [m ³]
0.00	0
1.30	11300
2.30	19200

Rys.5.5. Zależność $V(h)$ dla zbiornika Dolne MłynyTabela 5.5: Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Dolne Młyny

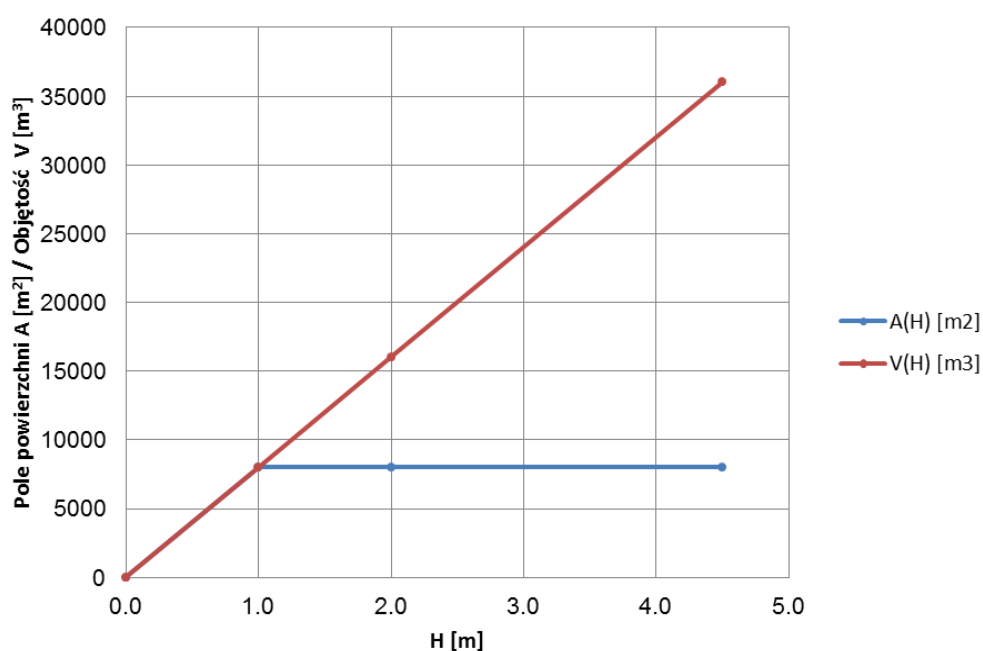
Głębokość h [m]	Natężenie przepływu Q [m³/s]
0.00	0.0
1.30	0.9
2.30	1.5

Rys.5.6. Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Dolne Młyny

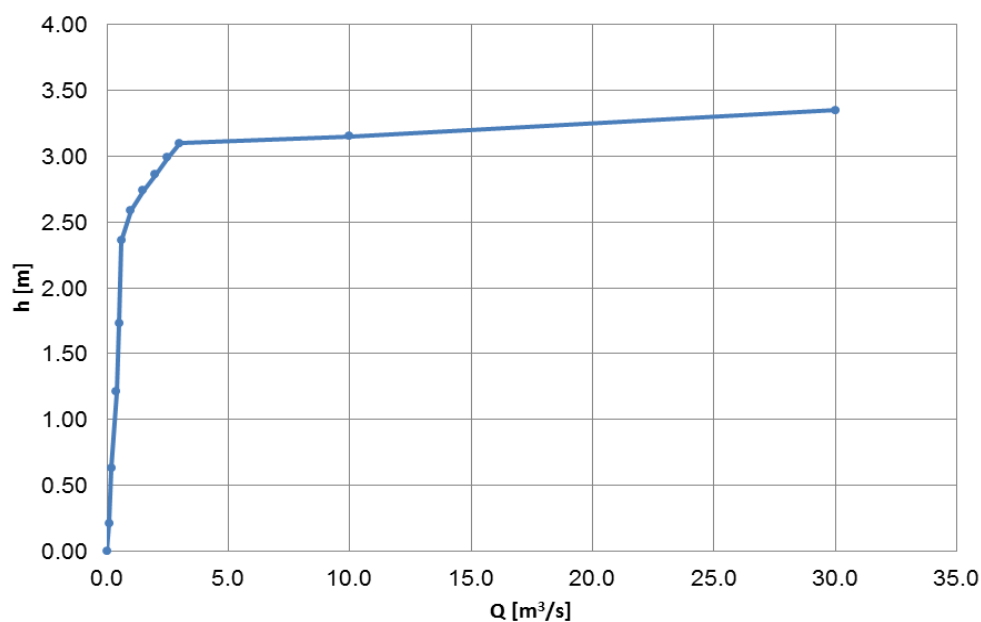
Zbiornik Jaśkowy Młyn

Tabela 5.6: Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Jaśkowy Młyn

Głębokość h [m]	Pole powierzchni A [m ²]	Objętość V [m ³]
0.0	0	0
1.0	8000	8000
2.0	8000	16000
4.5	8000	36000

Rys.5.7. Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Jaśkowy MłynTabela 5.7: Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Jaśkowy Młyn

Głębokość h [m]	Natężenie przepływu Q [m ³ /s]	Głębokość h [m]	Natężenie przepływu Q [m ³ /s]
0.21	0.1	2.74	1.5
0.63	0.2	2.86	2.0
1.21	0.4	2.99	2.5
1.73	0.5	3.10	3.0
2.36	0.6	3.15	10.0
2.59	1.0	3.35	30.0

Rys.5.8. Zależność $Q(H)$ na odpływie ze zbiornika Jaśkowy Młyn

Zbiornik Nowiec 0

Tabela 5.8: Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Nowiec 0

Głębokość h [m]	Pole powierzchni A [m²]	Objętość V [m³]
0.0	0	0
1.0	30000	30000
2.0	30000	60000
3.0	30000	90000
3.5	30000	105000

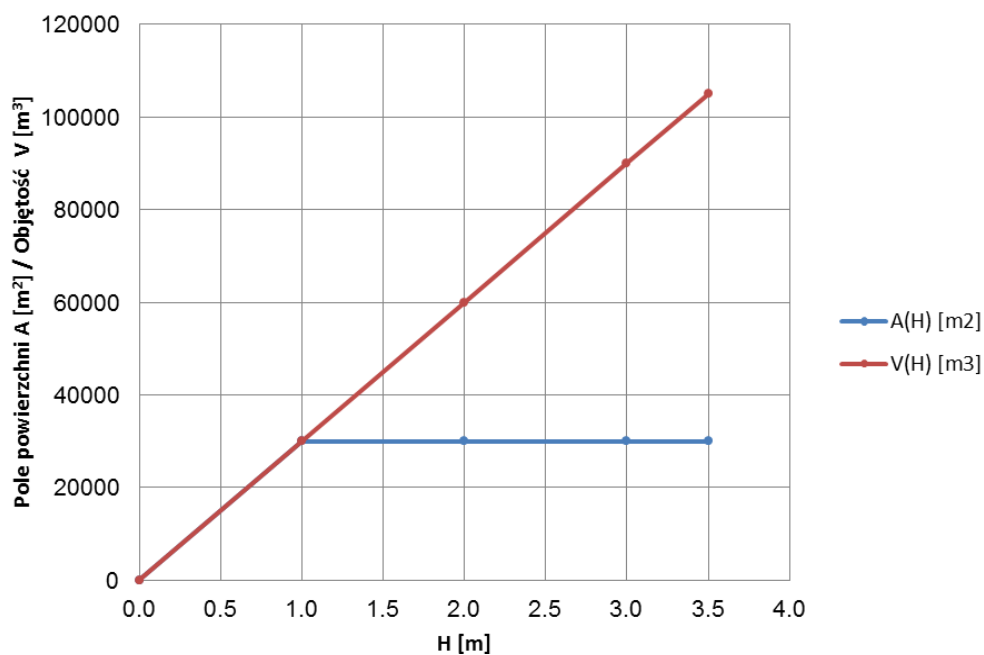
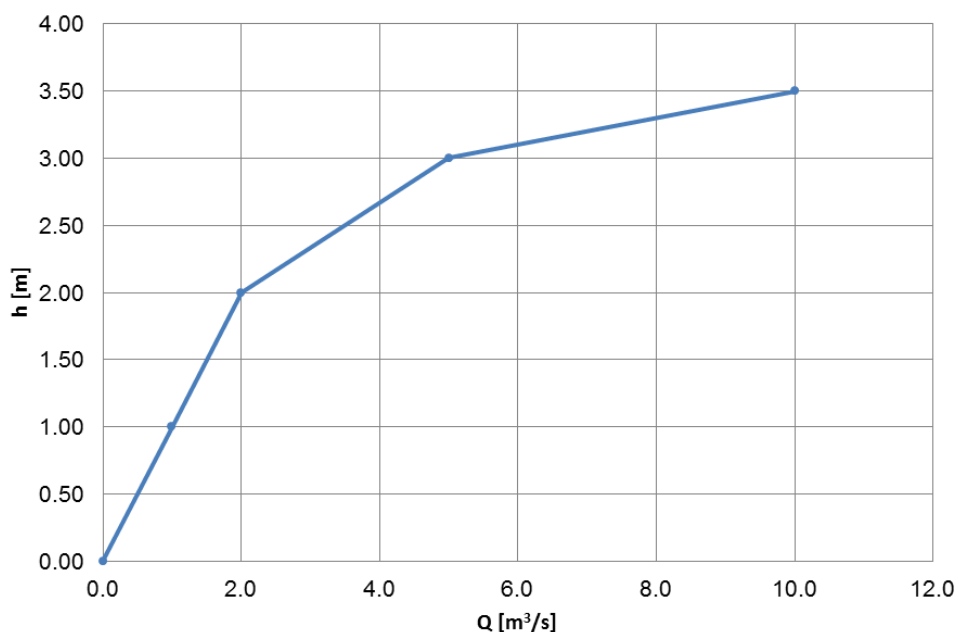
Rys.5.9. Zależność $A(H)$ i $V(H)$ dla zbiornika Nowiec 0

Tabela 5.9: Zależność Q(H) na odpływie ze zbiornika Nowiec 0

Głębokość h [m]	Natężenie przepływu Q [m³/s]
0.00	0.0
1.00	1.0
2.00	2.0
3.00	5.0
3.50	10.0

**Rys.5.10. Zależność Q(H) na odpływie ze zbiornika Nowiec 0**

5.3. Opad syntetyczny w zlewni Potoku Strzyża

W ramach niniejszego opracowania przyjęto, że wykonane zostaną obliczenia kontrolne dla rozkładu deszczu w czasie wg DVWK dla czasu trwania 60 min. Przyjęto dane dotyczące deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=3,33\%$, $p=1\%$, oraz $p=0,2\%$, tzw. hietogramy syntetyczne. Zgodnie z przyjętą w pracy metodyką, wyznaczone zostały hietogramy syntetyczne na podstawie maksymalnych sum opadu dla wybranych prawdopodobieństw i dla czasu trwania deszczu 60 min. Dane te zestawiono w Tab.5.10.

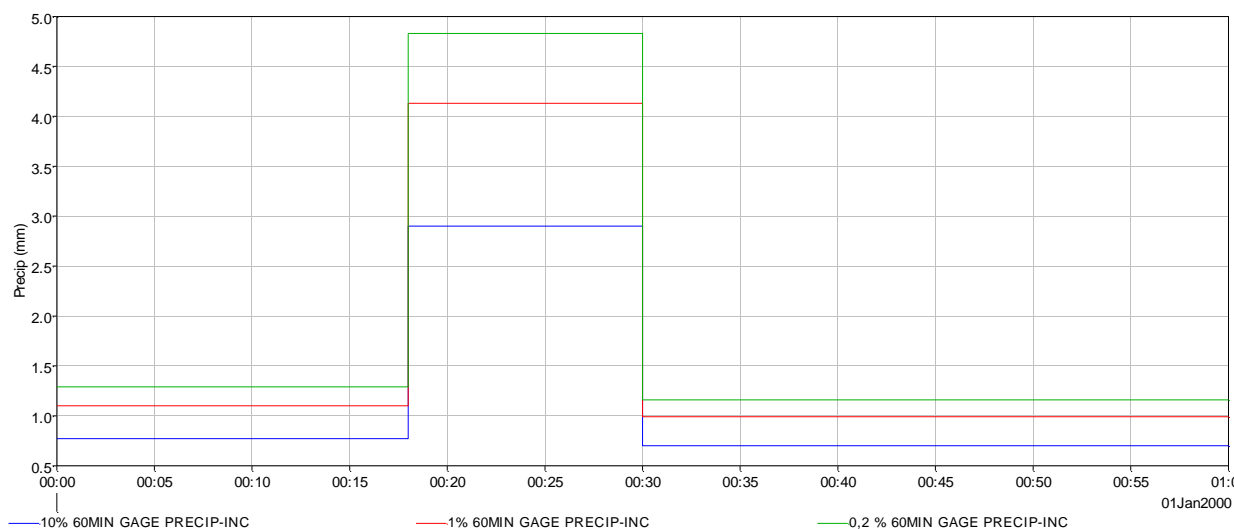
Tabela 5.10: Zestawienie maksymalnych sum opadu dla wybranych prawdopodobieństw i czasu trwania deszczu 60 min

p	P_{max}
[%]	[mm]
20	29,28
10	34,85
3,33	42,32
1	49,50
0,2	57,92

Następnie przyjęto rozkład danej wysokości opadu w ciągu trwania deszczu, zgodnie z metodyką przyjętą w pracy wg rozkładu DVWK. Wyniki zestawiono w Tab.5.11 i na Rys.5.11.

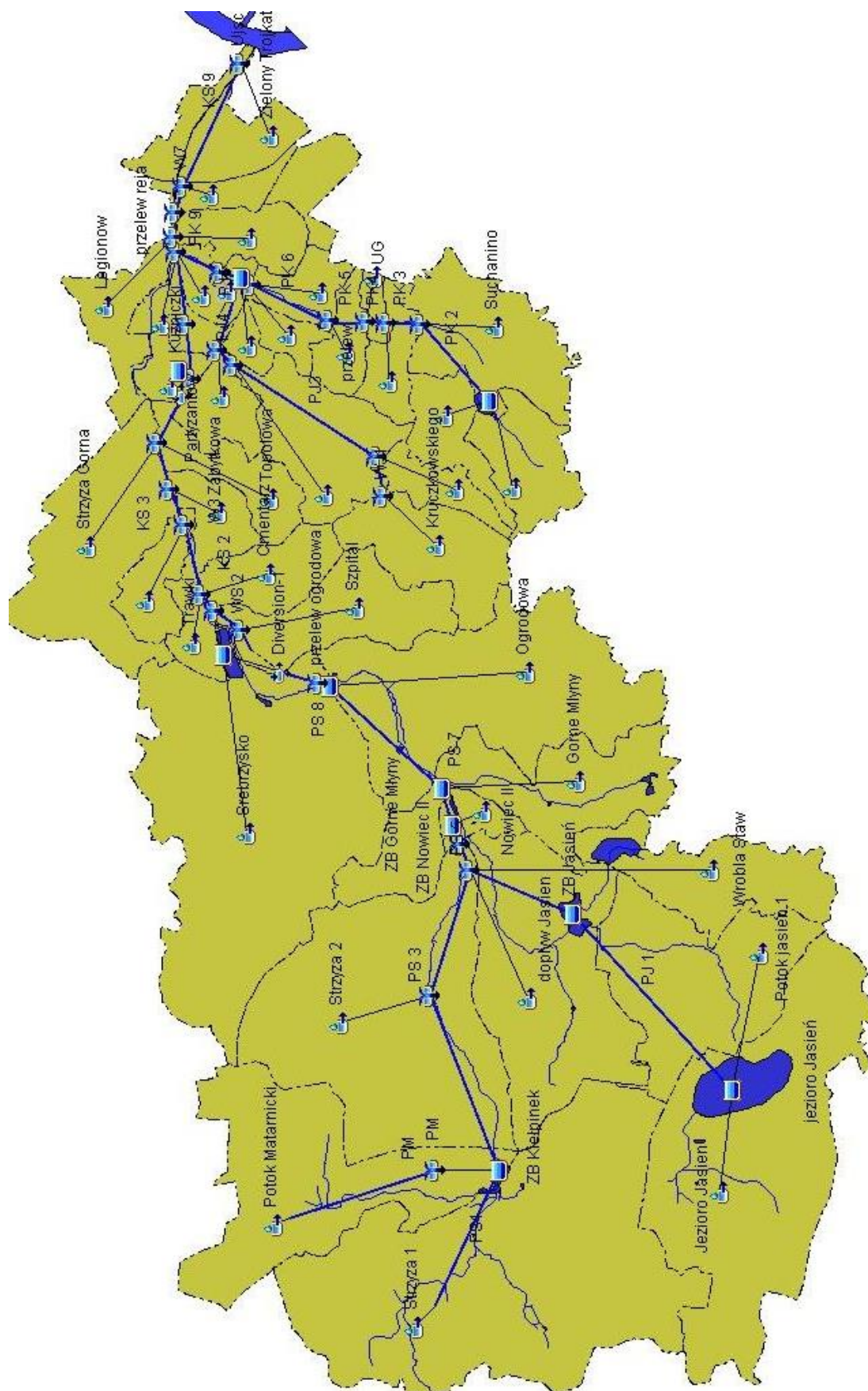
5.4. Przyjęty model hydrologiczny w programie HEC-HMS

Zgodnie z informacjami zawartymi we wcześniejszych rozdziałach niniejszej pracy, wykonany został model hydrologiczny typu opad-odpływ o parametrach skupionych w oparciu o metodę SCS-CN. Po przeprowadzonej analizie hydrograficznej i hydrologicznej wyznaczone zostały wszystkie parametry wymagane do utworzenia takiego modelu tj. sieć cieków na terenie zlewni Strzyży wraz z geometrią koryt (Potok Strzyża, Potok Jasień, Potok Matarnicki, Potok Królewski oraz Potok Jaśkowy), podzlewnie (41) wraz z przekrojami zamykającymi na poszczególnych ciekach oraz zbiorniki retencyjne (11 istniejących) wraz z krzywymi charakteryzującymi ich pracę). Następnie w programie HEC-HMS [6, 8] utworzony został numeryczny model analizowanej zlewni (Rys.5.12), łączący wszystkie te elementy. Utworzona została struktura połączeń wiążąca odpływ z każdej podzlewni, odcinki Potoku Strzyża i jego dopływów, aż do miejsca, w którym ciek uchodzi do Martwej Wisły.



Rys.5.11. Przyjęte do symulacji hietogramy syntetyczne opadu wg rozkładu DVWK o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$ dla czasu trwania deszczu 60 min (źródło: HEC-DSSVue)

W modelu uwzględnione zostały także wszystkie zbiorniki retencyjne (naturalne i sztuczne) oraz przyjęte zostały krzywe charakterystyczne opisujące pracę tych zbiorników podczas przejścia fali wezbraniowej – opisujących zależność wypełnienia od powierzchni lub objętości oraz opisujących odpływ wody z każdego ze zbiorników.



Rys.5.12 Schemat struktury przyjętego modelu hydrologicznego Potoku Strzyża
(źródło: HEC-HMS)

Tabela 5.11: Rozkład opadu wg DVWK o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=3,33\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$ dla czasu trwania deszczu 60 min

p=	20%	10%	3,33%	1%	0.2%
T [min]	I [mm]	I [mm]	I [mm]	I [mm]	I [mm]
2	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
4	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
6	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
8	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
10	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
12	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
14	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
16	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
18	0.65	0.77	0.94	1.10	1.29
20	2.44	2.90	3.53	4.13	4.83
22	2.44	2.90	3.53	4.13	4.83
24	2.44	2.90	3.53	4.13	4.83
26	2.44	2.90	3.53	4.13	4.83
28	2.44	2.90	3.53	4.13	4.83
30	2.44	2.90	3.53	4.13	4.83
32	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
34	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
36	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
38	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
40	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
42	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
44	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
46	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
48	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
50	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
52	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
54	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
56	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
58	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
60	0.59	0.70	0.85	0.99	1.16
Σ	29.28	34.85	42.32	49.50	57.92

6. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE

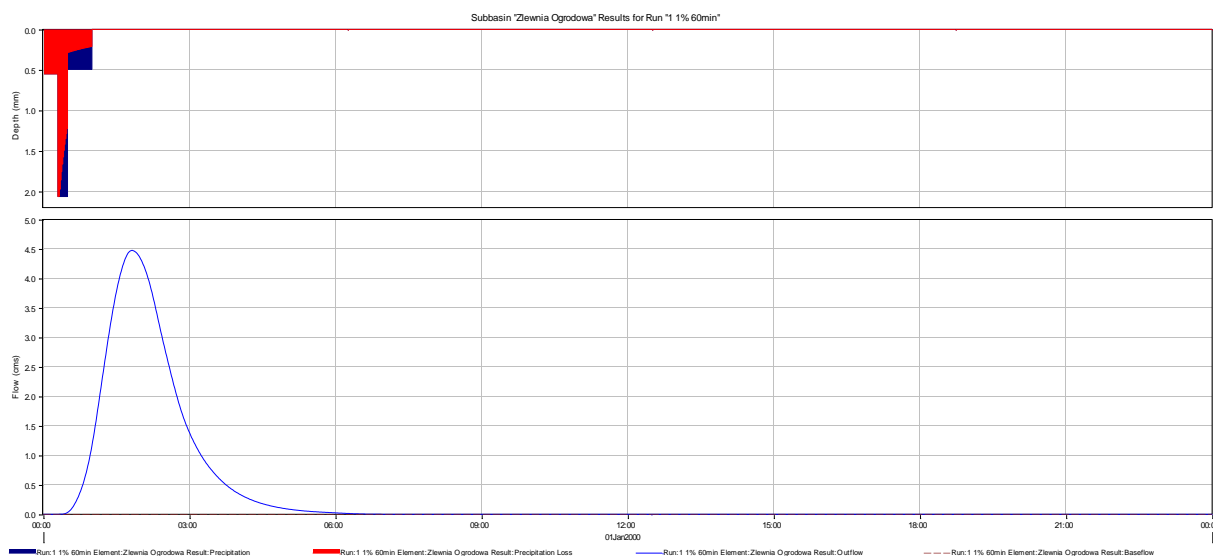
6.1. Przyjęte założenia

Na potrzeby niniejszej pracy wykonano obliczenia odpływu ze zlewni Potoku Strzyża zaproponowanym modelem hydrologicznym przygotowanym w programie HEC-HMS w celu określenia odpływu w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyży. Obliczenia wykonano dla parametrów modelu hydrologicznego wyznaczonych dla stanu uwzględniającego zmiany zarówno w pokryciu i zagospodarowaniu terenu zlewni zgodnie z MPZP jak i po uwzględnieniu koncepcji 3 planowanych zbiorników retencyjnych w rejonie górnej Strzyży: Dolne Młyny i Jaśkowy Młyn (położone poniżej zbiornika Górne Młyny i powyżej ulicy Rakoczego) oraz Nowiec 0 powyżej dopływu Potoku Jasień. Przyjęto wysokość opadu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=3,33\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$, o czasie trwania 60 min, rozkładzie wg DVWK, bez zróżnicowania przestrzennego. Dla zlewni

przyjęto średnie warunki wilgotnościowe gleb. Podczas transformacji fali w korytach poszczególnych cieków przyjęto założenie, że na wszystkich odcinkach przepływ odbywa się w korycie zgodnie z jego charakterystyką (nie uwzględnia się wystąpienia wody z brzegów, zatorów, przerwania wałów, itp.).

6.2. Obliczenie opadu efektywnego i hydrogramu odpływu ze zlewni

Stosując metodę SCS CN, obliczono hietogramy opadu efektywnego dla deszczu syntetycznego o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia oraz odpowiadające im hydrogramy odpływu z każdej z podzlewni (metoda SCS UH). Wyniki dla przykładowej podzlewni Ogrodowa zamieszczono na Rys.6.1 dla deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$, czasu trwania 60 min, rozkładu wg DVWK dla stanu zagospodarowania i pokrycia terenu, po uwzględnieniu MPZP oraz 3 projektowanych zbiorników.



Rys.6.1 Hietogramy opadu całkowitego i efektywnego [mm] oraz hydrogram odpływu [m^3/s] z przykładowej podzlewni Ogrodowa dla deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$, czasu trwania 60 min, rozkładu wg DVWK, dla stanu zagospodarowania i pokrycia terenu, po uwzględnieniu MPZP – źródło HEC-HMS

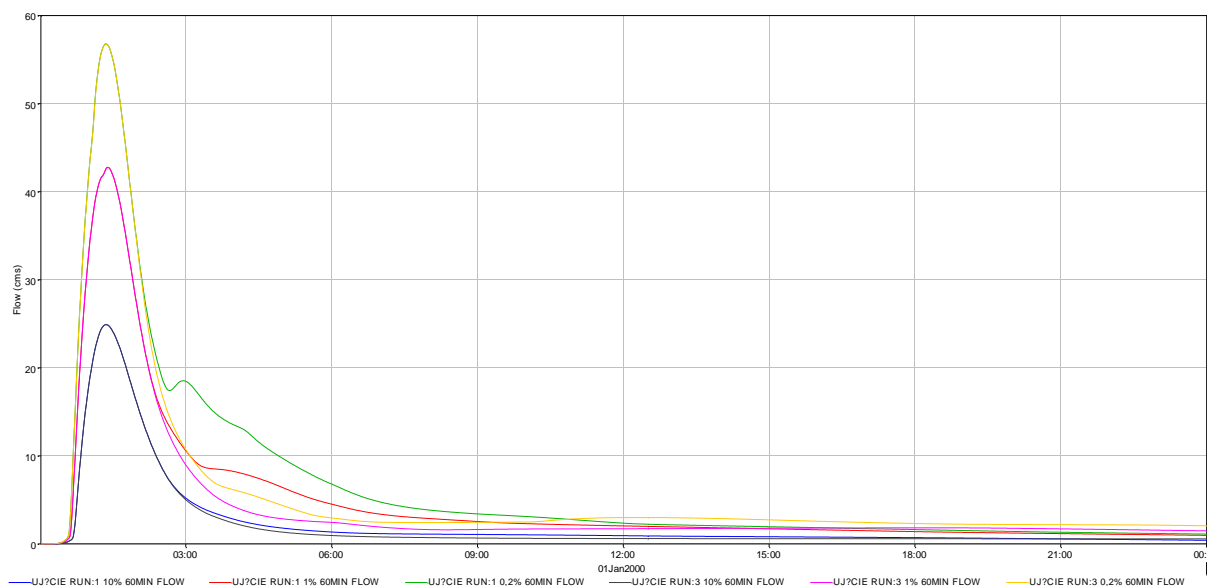
6.3. Obliczenia przepływów maksymalnych w zlewni Potoku Strzyża

Następnie przeprowadzono obliczenia zgodnie z przyjętymi wariantami oraz dla różnych scenariuszy opadów atmosferycznych w postaci przygotowanych wcześniej hietogramów syntetycznych dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=3,33\%$, $p=1\%$ i

$p=0,2\%$, dla czasu trwania deszczu 60 min i rozkładu w czasie wg. DVWK. Jako wynik uzyskano hydrogram w przyjętym przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyży.

38

Do szczegółowej analizy zestawiono hydrogramy uzyskane w przekroju Ujście, przed ujściem Strzyży do Martwej Wisły. Wyniki przedstawiono graficznie dla czasu trwania deszczu 60 min, rozkładu w czasie wg DVWK oraz prawdopodobieństwa przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=3,33\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$, po uwzględnieniu MPZP oraz po uwzględnieniu dodatkowo 3 planowanych zbiorników na Rys.6.3 oraz tabelarycznie w Tab.6.1.



Rys.6.3 Hydrogramy przepływu [m^3/s] dla sumy opadu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,2\%$, $p=1\%$ i $p=10\%$, rozkładu w czasie wg DVWK i czasu trwania 60 min w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża, 1 – po uwzględnieniu MPZP, 3 – po uwzględnieniu dodatkowo 3 planowanych zbiorników (źródło: HEC-DSSVue)

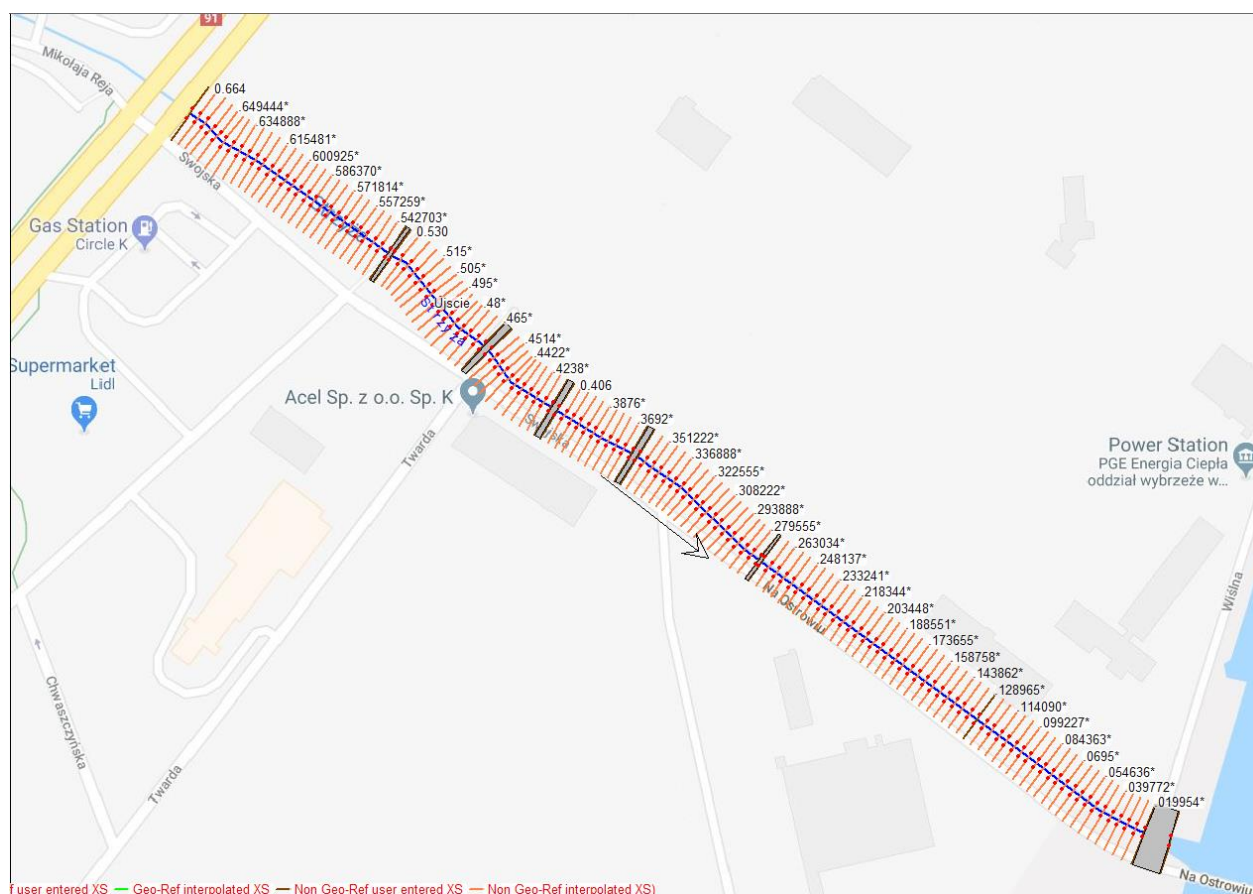
Tabela 6.1: Maksymalne wartości przepływów Q_{\max} w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża – zestawienie obliczeń dla stanu po uwzględnieniu MPZP oraz koncepcji 3 projektowanych zbiorników retencyjnych w rejonie górnej Strzyży

Prawdopodobieństwo przewyższenia $p\%$	Przepływ Q [m^3/s] (po uwzględnieniu MPZP)	Przepływ Q [m^3/s] (po uwzględnieniu MPZP planowanych 3 zbiorników)
$p=20\%$	18,65	18,65
$p=10\%$	24,89	24,89
$p=3,33\%$	33,63	33,62
$p=1\%$	42,76	42,75
$p=0,2\%$	56,77	56,75

7. OBLICZENIA HYDRAULICZNE

7.1. Model hydrauliczny ujściowego odcinka Potoku Strzyży

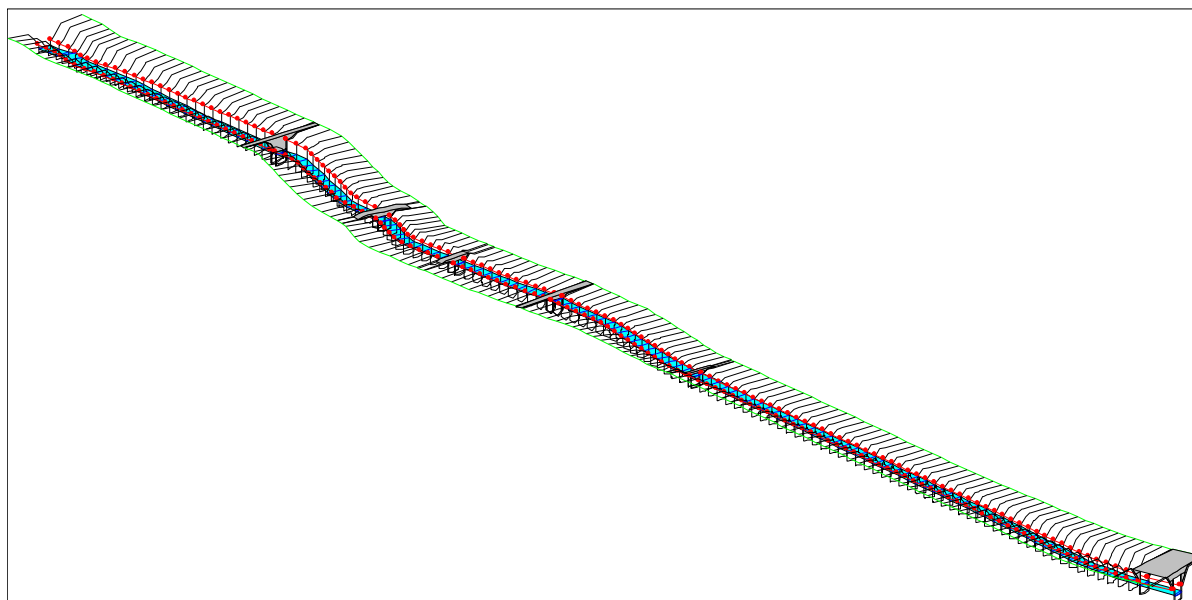
Obliczenia hydrauliczne wykonano w programie HEC-RAS [7] na podstawie danych dostarczonych przez Zleceniodawcę. Model numeryczny odcinka koryta Potoku Strzyża wykonano przyjmując dane dotyczące geometrii, przebiegu, kilometraża oraz zabudowy hydrotechnicznej na ujściowym odcinku Potoku Strzyży, od wiaduktu w drodze krajowej nr 91 do ujścia do Martwej Wisły. Podstawowe dane do przeprowadzenia obliczeń stanowiły pomierzone geodezyjne przekroje poprzeczne koryta potoku (8), przekroje kładek i mostów wraz z charakterystyką geometryczną konstrukcji oraz przyjęty na podstawie wcześniejszych badań [56] współczynnik oporów przepływu wg Manninga. Przekroje obliczeniowe zagęszczono z krokiem co ok. 5 m (Rys.7.1 i 7.2).



Rys.7.1 Model ujściowego odcinka Potoku Strzyży od wiaduktu w drodze krajowej nr 91 (km 0+660) do ujścia do Martwej Wisły (km 0+000) (źródło HEC-RAS, Google Maps)

Aby możliwe było wykonanie obliczeń w programie HEC-RAS, wymagany jest warunek graniczny na ujściu potoku do Martwej Wisły w postaci stanu wody. Wartości

charakterystycznych stanów w stacji Gdańsk - Port Północny przedstawiono w Tab.7.1. Obliczenia wykonano w dwóch wariantach: przy przyjęciu na ujściu do Martwej Wisły swobodnego odpływu oraz przy przyjęciu wysokiego stanu. Do obliczeń przyjęto stan maksymalny 1,345 m npm.



Rys.7.2 Trójwymiarowy obraz przyjętego modelu (źródło: HEC-RAS)

Tabela 7.1: Charakterystyczne stany wody - stacja Gdańsk-Port Północny

Stan	H*	H	Uwagi
	[cm]	[m npm]	
Ostrzegawczy	550	0,405	
Alarmowy	570	0,605	
Maksymalny	644	1,345	(2014-11-23)
Minimalny	414	-0,955	(1979-11-04)

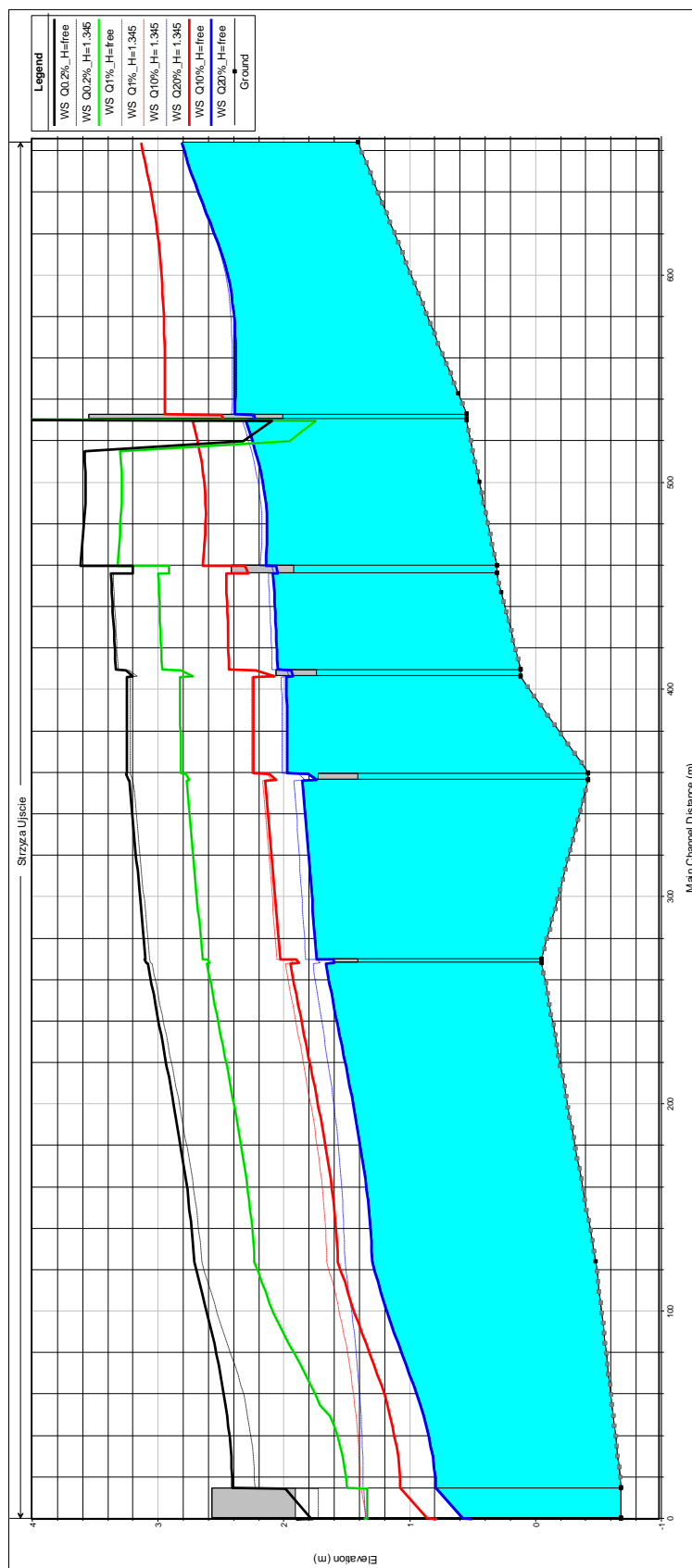
* zero wodowskazu na rzędnej -5.095 m npm

7.2. Obliczenia w warunkach ruchu ustalonego

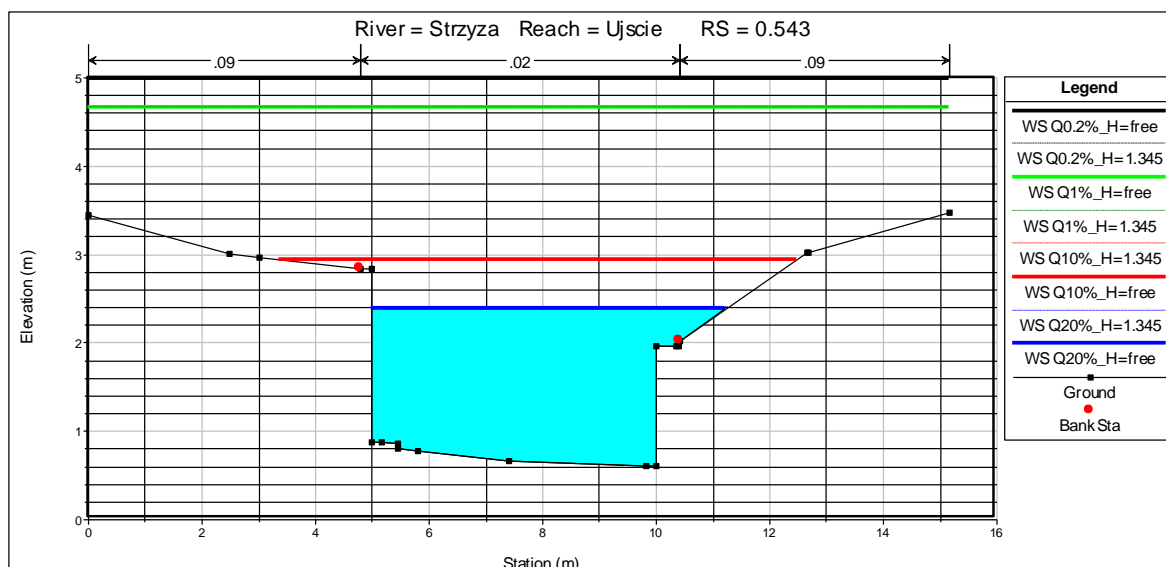
Następnie przeprowadzono obliczenia w warunkach ruchu ustalonego, przyjmując dane uzyskane z obliczeń hydrologicznych (Tab.6.1) dla prawdopodobieństwa $p=20\%$, $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$. Wyniki przedstawiono w postaci graficznej (profil wzdłuż ujściowego odcinka Potoku Strzyży - Rys.7.3, przekroje w miejscu projektowanych włączeń kolektorów kanalizacji deszczowej – Rys.7.4 i 7.5) oraz tabelarycznej (Tab.7.2). W tabeli na szaro zaznaczono wyniki uzyskane w miejscu włączenia kolektorów kanalizacji deszczowej i prezentowane na Rys.7.4 i 7.5. Obliczenia te pozwoliły określić zasięg cofki wywołany

wysokim stanem w Martwej Wiśle w zależności od wielkości odpływu na ujściowym odcinku Potoku Strzyży.

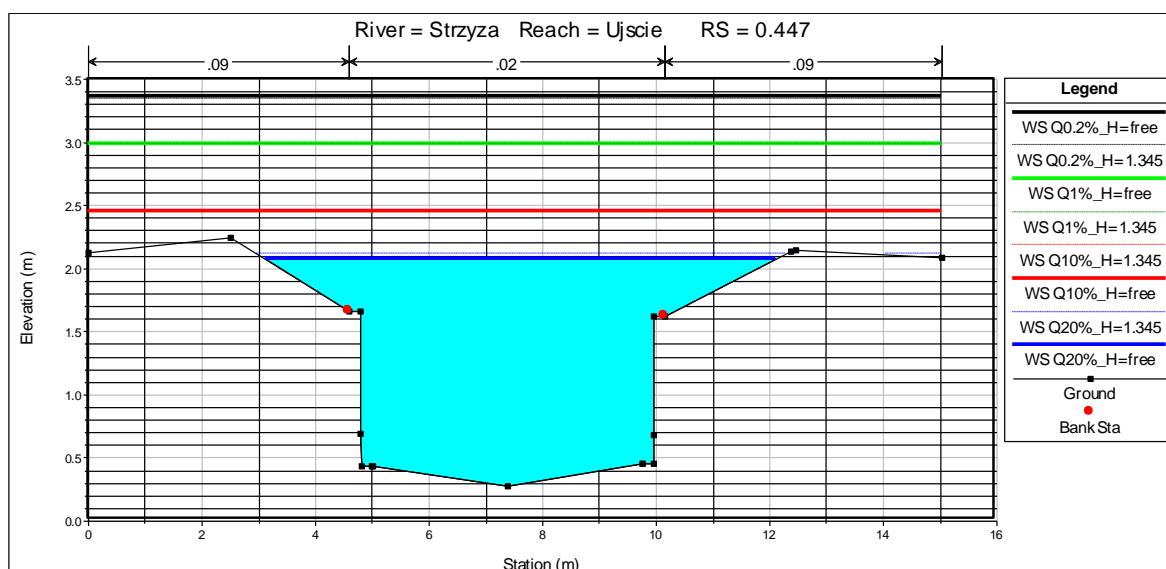
Km	p=20%					p=10%					p=1%					p=0,2%				
	Q	Rzędna dna	Rzędna zw. wody (H=1.345)	Δh	Q	Rzędna dna	Rzędna zw. wody (H=free)	Rzędna zw. wody (H=1.345)	Δh	Q	Rzędna dna	Rzędna zw. wody (H=free)	Rzędna zw. wody (H=1.345)	Δh	Q	Rzędna dna	Rzędna zw. wody (H=free)	Rzędna zw. wody (H=1.345)	Δh	
	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	
0.664	18.65	1.41	2.81	0.00	24.9	1.41	3.13	3.13	0.00	42.76	1.41	4.70	4.70	0.00	56.77	1.41	5.03	5.03	0.00	
0.543	18.65	0.61	2.38	0.03	24.9	0.61	2.94	2.94	0.00	42.76	0.61	4.66	4.66	0.00	56.77	0.61	4.98	4.98	0.00	
0.533	18.65	0.55	2.38	0.03	24.9	0.55	2.94	2.94	0.00	42.76	0.55	4.66	4.66	0.00	56.77	0.55	4.98	4.98	0.00	
0.531	Bridge					Bridge					Bridge					Bridge				
0.530	18.65	0.55	2.30	0.02	24.9	0.55	2.72	2.72	0.00	42.76	0.55	1.74	1.74	0.00	56.77	0.55	2.09	2.09	0.00	
0.460	18.65	0.31	2.14	0.04	24.9	0.31	2.64	2.64	0.00	42.76	0.31	3.32	3.32	0.00	56.77	0.31	3.61	3.61	0.00	
0.458	Bridge					Bridge					Bridge					Bridge				
0.456	18.65	0.31	2.08	0.04	24.9	0.31	2.45	2.46	0.01	42.76	0.31	2.99	2.99	0.00	56.77	0.31	3.37	3.35	-0.02	
0.447	18.65	0.27	2.07	0.04	24.9	0.27	2.45	2.45	0.00	42.76	0.27	2.99	2.99	0.00	56.77	0.27	3.36	3.34	-0.02	
0.410	18.65	0.12	2.04	0.05	24.9	0.12	2.43	2.43	0.00	42.76	0.12	2.96	2.96	0.00	56.77	0.12	3.33	3.31	-0.02	
0.408	Bridge					Bridge					Bridge					Bridge				
0.406	18.65	0.12	1.98	0.03	24.9	0.12	2.24	2.25	0.01	42.76	0.12	2.82	2.82	0.00	56.77	0.12	3.24	3.22	-0.02	
0.360	18.65	-0.42	1.97	0.04	24.9	-0.42	2.24	2.25	0.01	42.76	-0.42	2.82	2.82	0.00	56.77	-0.42	3.24	3.22	-0.02	
0.358	Bridge					Bridge					Bridge					Bridge				
0.356	18.65	-0.42	1.85	0.06	24.9	-0.42	2.14	2.16	0.02	42.76	-0.42	2.77	2.77	0.00	56.77	-0.42	3.22	3.19	-0.03	
0.270	18.65	-0.05	1.73	0.09	24.9	-0.05	2.02	2.05	0.03	42.76	-0.05	2.64	2.64	0.00	56.77	-0.05	3.09	3.06	-0.03	
0.269	Bridge					Bridge					Bridge					Bridge				
0.268	18.65	-0.05	1.66	0.10	24.9	-0.05	1.94	1.98	0.04	42.76	-0.05	2.60	2.60	0.00	56.77	-0.05	3.08	3.04	-0.04	
0.124	18.65	-0.48	1.29	0.22	24.9	-0.48	1.57	1.65	0.08	42.76	-0.48	2.23	2.23	0.00	56.77	-0.48	2.71	2.65	-0.06	
0.015	18.65	-0.68	0.79	0.58	24.9	-0.68	1.07	1.39	0.32	42.76	-0.68	1.50	1.50	0.00	56.77	-0.68	2.40	2.23	-0.17	
0.005	Bridge					Bridge					Bridge					Bridge				
0.000	18.65	-0.68	0.50	0.85	24.9	-0.68	0.77	1.35	0.58	42.76	-0.68	1.36	1.36	0.00	56.77	-0.68	1.76	1.53	-0.23	



Rys.7.3 Profil podłużny Potoku Strzyża na odcinku od wiaduktu w drodze krajowej nr 91 (km 0+664) do ujścia (km 0+000) wraz z istniejącą zabudową hydrotechniczną (źródło HEC-RAS)



Rys.7.4 Położenie zwierciadła wody w miejscu wylotu KD (km 0+543) w warunkach przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$, dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle (źródło HEC-RAS)



Rys.7.5 Położenie zwierciadła wody w miejscu wylotu KD (km 0+447) w warunkach przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$, dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle (źródło HEC-RAS)

Analiza uzyskanych wyników przeprowadzonych obliczeń wykazała, że dla wszystkich przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$, dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle, zwierciadło wody na prawie całym odcinku ujściowym jest powyżej rzędnej wody brzegowej, a prawie wszystkie kładki oraz mostki pomiędzy wiaduktem w drodze krajowej nr

91 a mostem w ul. Wiślniej znalazły się pod powierzchnią wody. Przyjęcie warunku brzegowego wpływa na uzyskane wyniki. W przypadku wody pięcioletniej ($Q_{20\%}$) wpływ ten jest największy. Obserwujemy tzw. efekt cofki wywołany spiętrzeniem od Martwej Wisły. Rzędna wody przy założeniu swobodnego wypływu jest niższa niż rzędna wody przy założeniu wysokiego stanu w Martwej Wiśle $H=1,345$ m npm praktycznie na całym odcinku (Tab.7.2 i Rys.7.3), sięgając do projektowanych lokalizacji włączenia kolektorów z przepompowni Swojska. Rzędne w miejscach włączenia kanalizacji deszczowej z przepompowni ul. Swojskiej wyniosły: wylot w km 0+543 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **2,38 m npm** (bez cofki) oraz **2,41 m npm** (w przypadku wystąpienia cofki), wylot w km 0+447 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **2,07 m npm** (bez cofki) oraz **2,11 m npm** (w przypadku wystąpienia cofki).

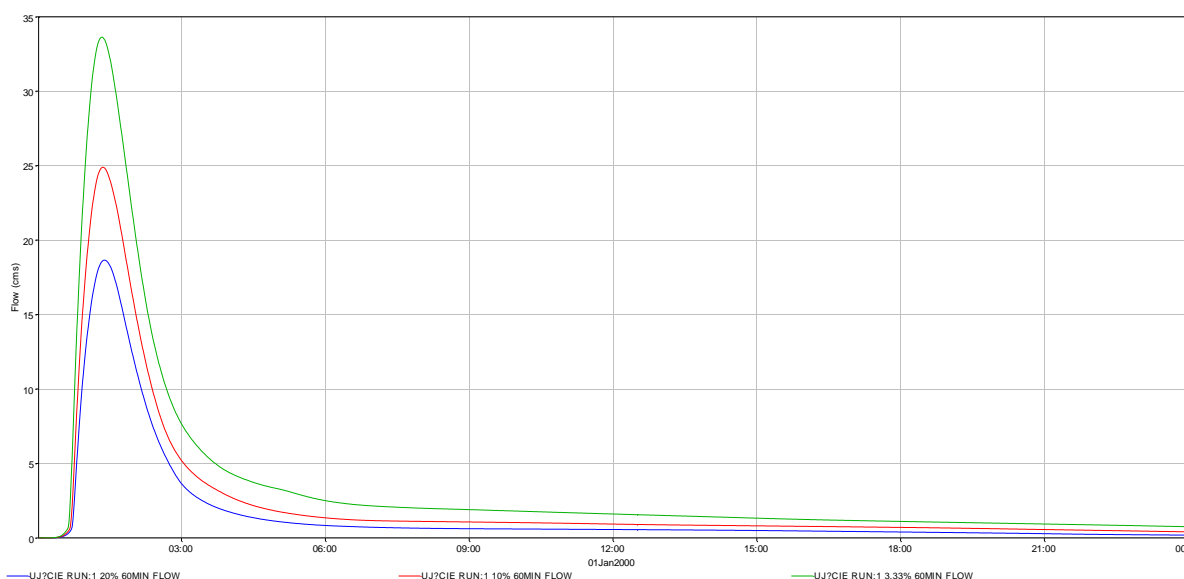
W przypadku wody dziesięcioletniej ($Q_{10\%}$) rzędna wody przy założeniu swobodnego wypływu jest niższa niż rzędna wody przy założeniu wysokiego stanu w Martwej Wiśle $H=1,345$ m npm. Przy założeniu maksymalnego obserwowanego stanu można stwierdzić, że maksymalny zasięg cofki w przypadku wody dziesięcioletniej to ok. 400 m w górę koryta Strzyży (praktycznie do km 0+406). Oznacza to, że cofka nie wpływa na stan wody w miejscu włączeń projektowanej kanalizacji przy ul. Swojskiej do potoku Strzyży. Rzędne w miejscach włączenia kanalizacji deszczowej z przepompowni ul. Swojskiej wyniosły: wylot w km 0+543 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **2,94 m npm**, wylot w km 0+447 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **2,45 m npm**.

Obliczenia w przypadku wody stuletniej ($Q_{1\%}$) rzędna wody przy założeniu swobodnego wypływu jest równa rzędnej wody przy założeniu wysokiego stanu w Martwej Wiśle $H=1,345$ m npm. Nie obserwujemy tzw. efektu cofki wywołanego spiętrzeniem od Martwej Wisły. Rzędne w miejscach włączenia kanalizacji deszczowej z przepompowni ul. Swojskiej wyniosły: wylot w km 0+543 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **4,66 m npm**, wylot w km 0+447 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **2,88 m npm**.

Obliczenia w przypadku wody pięcioletniej ($Q_{0,2\%}$) rzędna wody przy założeniu swobodnego wypływu jest wyższa od rzędnej wody przy założeniu wysokiego stanu w Martwej Wiśle $H=1,345$ m npm. Jest to przypadek nierzeczywisty, wynikający z niewłaściwie przyjętego warunku brzegowego. W tym wypadku właściwy jest warunek w postaci swobodnego wypływu. Rzędne w miejscach włączenia kanalizacji deszczowej z przepompowni ul. Swojskiej wyniosły: wylot w km 0+543 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **4,98 m npm**, wylot w km 0+447 – rzędna zwierciadła wody osiągnęła **3,36 m npm**.

7.3. Obliczenia w warunkach ruchu nieustalonego

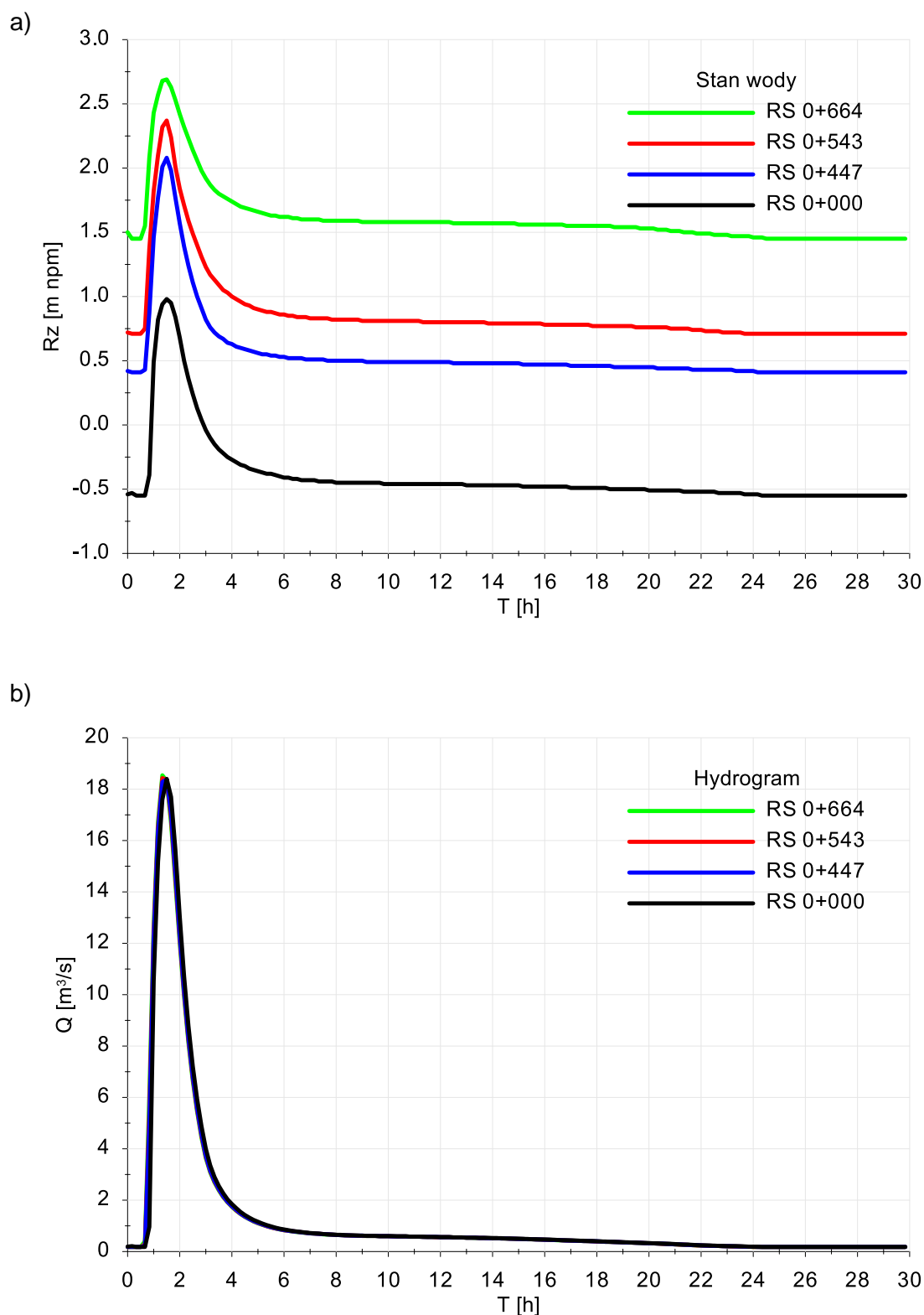
Na potrzeby weryfikacji projektu przepompowni Swojska przeprowadzono obliczenia w warunkach ruchu nieustalonego dla deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$ (tzw. woda pięcioletnia), $p=10\%$ (tzw. woda dziesięcioletnia) oraz $p=3,33\%$ (tzw. woda trzydziestoletnia), dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle ($H=1,345$ m nrm – Tab.7.1). Jako warunek brzegowy na brzegu dopływowym (górnym) wprowadzony został hydrogram uzyskany podczas obliczeń hydrologicznych (Rys.7.6), odpowiedni dla wody pięcioletniej ($p=20\%$), dla wody dziesięcioletniej ($p=10\%$) oraz wody trzydziestoletniej ($p=3,33\%$). Jako warunek początkowy przyjęto wartość $SSQ=0,175$ m³/s, określoną na podstawie średnich rocznych przepływów z wielolecia 2000–2014 obserwowanych na stacji Bystrzec-Reja. Następnie przeprowadzono obliczenie z wykorzystaniem modelu do obliczeń niestacjonarnych w programie HEC-RAS z wykorzystaniem jednowymiarowego, pełnego równania dynamicznego (równanie de Saint-Venanta). W wyniku uzyskano propagację na analizowanym odcinku potoku Strzyży wezbrania zadanego hydrogramem na brzegu górnym. Uzyskane wyniki przedstawiono graficznie w postaci zmian rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla zadanych scenariuszy (dot. warunku brzegowego na ujściu), w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00) na Rys.7.7 – 7.11, odpowiednio a) i b) oraz w postaci tabelarycznej (Tab.7.3 – 7.7). Ze względu na krótki odcinek potoku (664 m) nie jest widoczna różnica pomiędzy hydrogramami w poszczególnych przekrojach (Rys.7.7-7.11 – b). Szczegółowe wyniki zawarto w tabelach (z krokiem 0,5 godziny).



Rys.7.6 Hydrogramy przepływu [m^3/s] dla sumy opadu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$, $p=10\%$ i $p=3,33\%$, rozkładu w czasie wg DVWK i czasu trwania 60 min w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża (źródło: HEC-DSSVue)

Tabela 7.3: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych

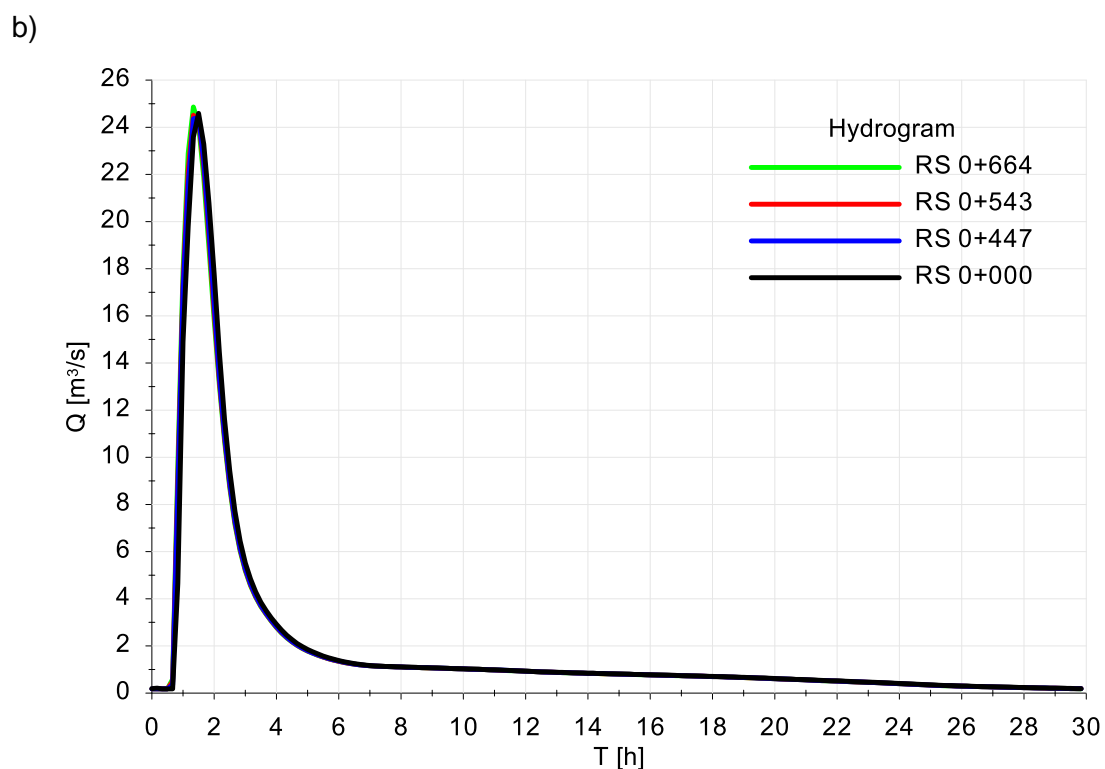
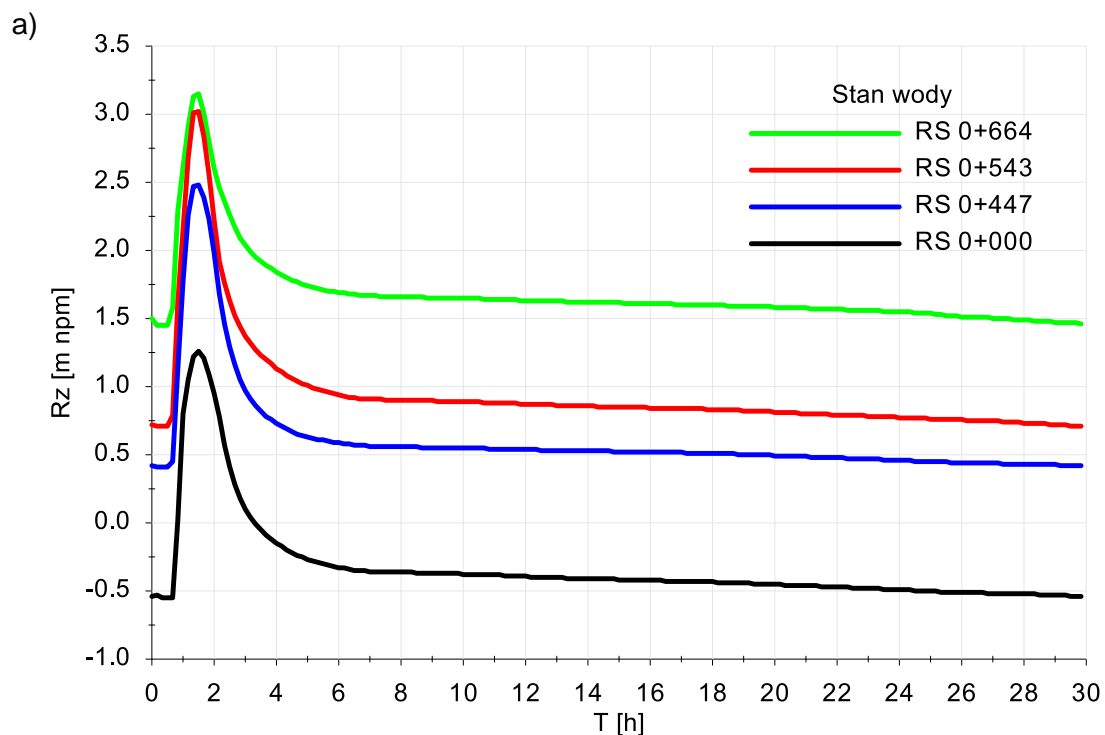
Czas symulacji	RS: 0.000		RS: 0.447		RS: 0.5		RS: 0.543		RS: 0.664	
	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ
[h]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]
0.00	1.35	0.17	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.5	0.18
0.50	1.35	0.16	1.35	0.16	1.35	0.16	1.35	0.17	1.45	0.18
1.00	1.35	15.68	1.93	16.87	1.96	17.16	2.2	17.33	2.62	17.85
1.50	1.35	24.6	2.48	24.41	2.69	24.35	3.02	24.31	3.15	24.1
2.00	1.35	17.2	2.02	16.4	2.07	16.24	2.24	16.15	2.61	15.84
2.50	1.35	9.06	1.53	8.9	1.55	8.86	1.68	8.82	2.26	8.72
3.00	1.35	5.28	1.41	5.25	1.41	5.25	1.48	5.24	2.04	5.19
3.50	1.35	3.71	1.38	3.7	1.38	3.7	1.42	3.7	1.92	3.67
4.00	1.35	2.8	1.37	2.8	1.37	2.79	1.39	2.79	1.84	2.78
4.50	1.35	2.19	1.36	2.17	1.36	2.17	1.37	2.17	1.78	2.17
5.00	1.35	1.78	1.36	1.79	1.36	1.79	1.37	1.79	1.74	1.78
5.50	1.35	1.53	1.36	1.52	1.36	1.53	1.36	1.53	1.71	1.53
6.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.36	1.35	1.69	1.35
6.50	1.35	1.22	1.35	1.23	1.35	1.23	1.36	1.23	1.68	1.23
7.00	1.35	1.16	1.35	1.16	1.35	1.16	1.36	1.16	1.67	1.16
7.50	1.35	1.13	1.35	1.13	1.35	1.13	1.36	1.13	1.66	1.13
8.00	1.35	1.1	1.35	1.11	1.35	1.11	1.36	1.11	1.66	1.11
8.50	1.35	1.09	1.35	1.09	1.35	1.09	1.36	1.09	1.66	1.09
9.00	1.35	1.08	1.35	1.07	1.35	1.07	1.36	1.07	1.66	1.07
9.50	1.35	1.05	1.35	1.05	1.35	1.05	1.36	1.05	1.65	1.05
10.00	1.35	1.03	1.35	1.03	1.35	1.03	1.36	1.03	1.65	1.03
10.50	1.35	1.01	1.35	1.01	1.35	1.01	1.36	1.01	1.65	1.01
11.00	1.35	0.97	1.35	0.98	1.35	0.98	1.36	0.98	1.64	0.98
11.50	1.35	0.96	1.35	0.96	1.35	0.96	1.35	0.96	1.64	0.95
12.00	1.35	0.94	1.35	0.94	1.35	0.93	1.36	0.93	1.63	0.93
12.50	1.35	0.89	1.35	0.89	1.35	0.9	1.36	0.9	1.63	0.9
13.00	1.35	0.89	1.35	0.88	1.35	0.88	1.35	0.88	1.63	0.88
13.50	1.35	0.87	1.35	0.86	1.35	0.86	1.35	0.86	1.62	0.86
14.00	1.35	0.84	1.35	0.84	1.35	0.84	1.35	0.84	1.62	0.84
14.50	1.35	0.83	1.35	0.82	1.35	0.82	1.35	0.82	1.62	0.82
15.00	1.35	0.81	1.35	0.81	1.35	0.81	1.35	0.81	1.62	0.81
15.50	1.35	0.79	1.35	0.79	1.35	0.79	1.35	0.79	1.61	0.79
16.00	1.35	0.78	1.35	0.77	1.35	0.77	1.35	0.77	1.61	0.77
16.50	1.35	0.76	1.35	0.76	1.35	0.76	1.35	0.76	1.61	0.76
17.00	1.35	0.75	1.35	0.74	1.35	0.74	1.35	0.74	1.6	0.74
17.50	1.35	0.72	1.35	0.72	1.35	0.72	1.35	0.72	1.6	0.72
18.00	1.35	0.69	1.35	0.7	1.35	0.7	1.35	0.7	1.6	0.7
18.50	1.35	0.68	1.35	0.68	1.35	0.68	1.35	0.68	1.6	0.68
19.00	1.35	0.65	1.35	0.66	1.35	0.66	1.35	0.66	1.59	0.66
19.50	1.35	0.65	1.35	0.65	1.35	0.64	1.35	0.64	1.59	0.64
20.00	1.35	0.6	1.35	0.6	1.35	0.61	1.35	0.61	1.58	0.61
20.50	1.35	0.6	1.35	0.59	1.35	0.59	1.35	0.59	1.58	0.59
21.00	1.35	0.56	1.35	0.56	1.35	0.56	1.35	0.56	1.58	0.56
21.50	1.35	0.53	1.35	0.53	1.35	0.53	1.35	0.53	1.57	0.53
22.00	1.35	0.52	1.35	0.52	1.35	0.52	1.35	0.51	1.57	0.51
22.50	1.35	0.47	1.35	0.47	1.35	0.48	1.35	0.48	1.56	0.48
23.00	1.35	0.48	1.35	0.47	1.35	0.46	1.35	0.46	1.56	0.46
23.50	1.35	0.42	1.35	0.42	1.35	0.42	1.35	0.43	1.55	0.43
24.00	1.35	0.38	1.35	0.39	1.35	0.4	1.35	0.4	1.55	0.4
24.50	1.35	0.36	1.35	0.36	1.35	0.36	1.35	0.37	1.54	0.37
25.00	1.35	0.34	1.35	0.34	1.35	0.34	1.35	0.34	1.54	0.34
25.50	1.35	0.3	1.35	0.3	1.35	0.3	1.35	0.3	1.52	0.31
26.00	1.35	0.29	1.35	0.29	1.35	0.29	1.35	0.29	1.51	0.29
26.50	1.35	0.27	1.35	0.28	1.35	0.28	1.35	0.28	1.51	0.28
27.00	1.35	0.25	1.35	0.26	1.35	0.26	1.35	0.26	1.5	0.26
27.50	1.35	0.25	1.35	0.25	1.35	0.25	1.35	0.25	1.5	0.25
28.00	1.35	0.22	1.35	0.23	1.35	0.23	1.35	0.23	1.49	0.23
28.50	1.35	0.2	1.35	0.21	1.35	0.21	1.35	0.21	1.48	0.22
29.00	1.35	0.2	1.35	0.21	1.35	0.21	1.35	0.21	1.47	0.2
29.50	1.35	0.19	1.35	0.19	1.35	0.19	1.35	0.19	1.46	0.19
30.00	1.35	0.19	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.46	0.18



Rys.7.7 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)

Tabela 7.4: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych

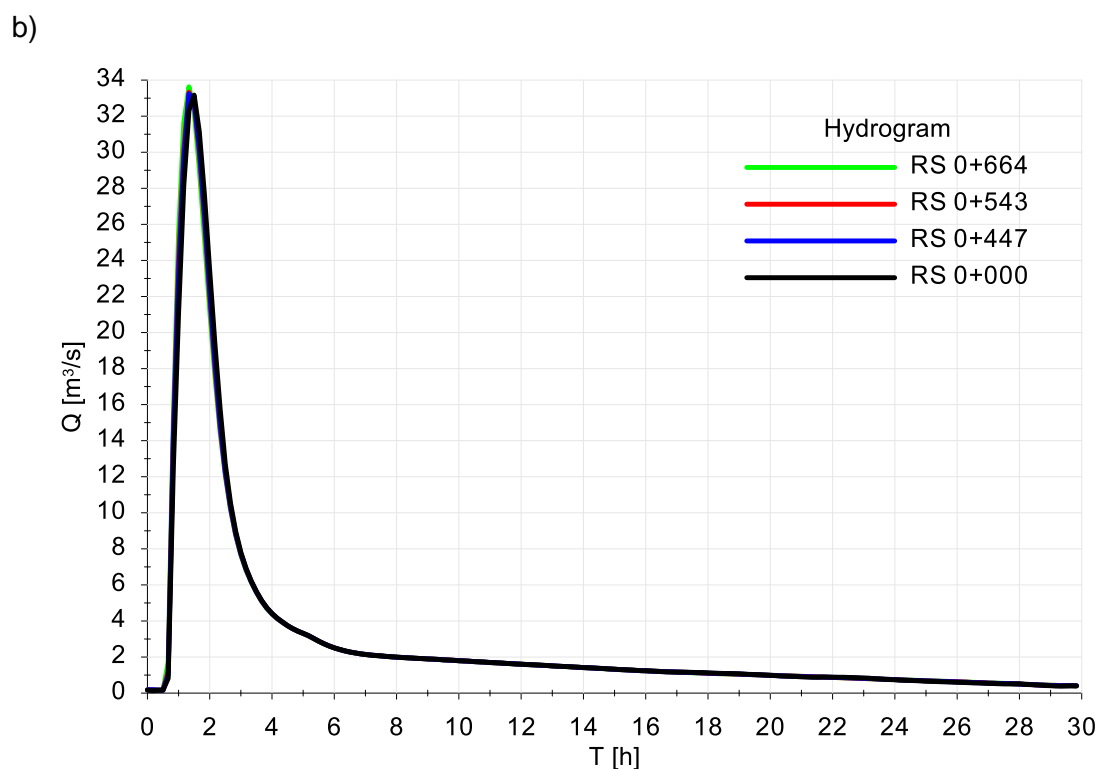
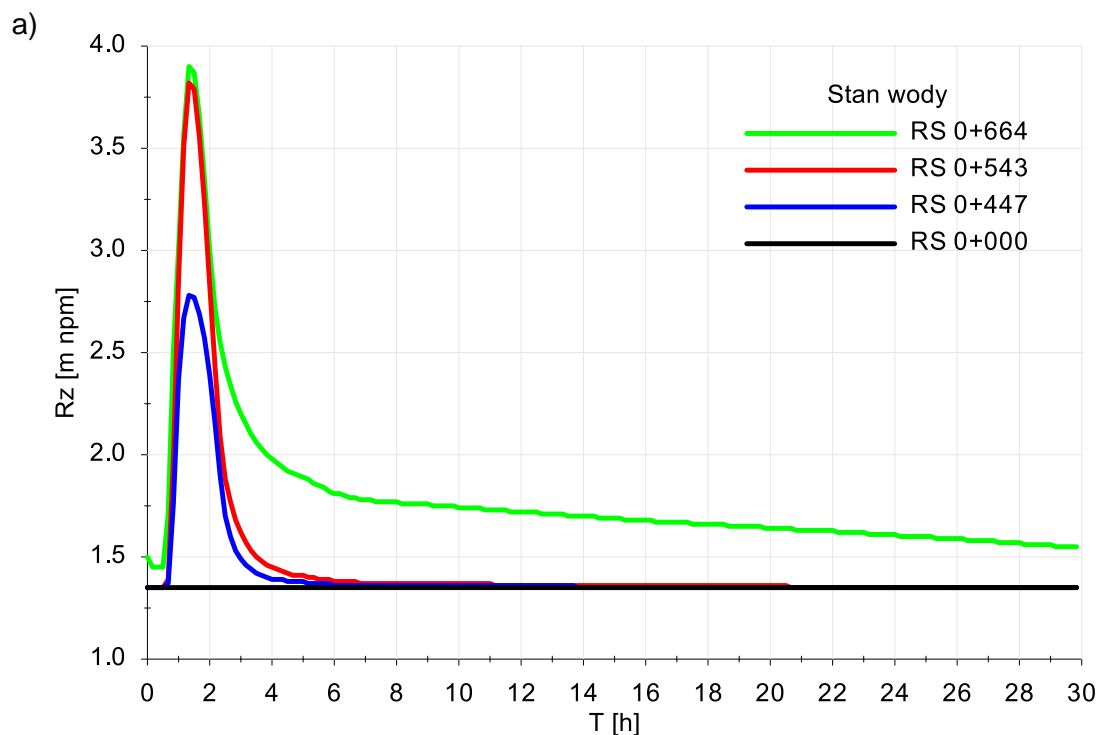
Czas symulacji	RS: 0.000		RS: 0.447		RS: 0.5		RS: 0.543		RS: 0.664	
	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ
[h]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]
0.00	-0.54	0.19	0.42	0.18	0.61	0.18	0.72	0.18	1.5	0.18
0.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
1.00	0.8	14.9	1.77	17.04	1.86	17.2	2.15	17.32	2.61	17.85
1.50	1.26	24.59	2.48	24.4	2.69	24.35	3.02	24.31	3.15	24.1
2.00	0.95	17.78	1.98	16.53	2.03	16.32	2.22	16.19	2.6	15.84
2.50	0.41	9.43	1.29	8.92	1.43	8.86	1.63	8.83	2.26	8.72
3.00	0.1	5.52	0.97	5.28	1.23	5.26	1.37	5.24	2.04	5.19
3.50	-0.05	3.85	0.82	3.72	1.12	3.71	1.23	3.7	1.92	3.67
4.00	-0.15	2.92	0.73	2.82	1.04	2.81	1.13	2.8	1.84	2.78
4.50	-0.22	2.27	0.67	2.19	0.98	2.19	1.06	2.18	1.78	2.17
5.00	-0.27	1.85	0.63	1.8	0.93	1.79	1.01	1.79	1.74	1.78
5.50	-0.3	1.57	0.61	1.54	0.89	1.53	0.97	1.53	1.71	1.53
6.00	-0.33	1.38	0.59	1.36	0.87	1.35	0.94	1.35	1.69	1.35
6.50	-0.35	1.25	0.57	1.23	0.85	1.23	0.92	1.23	1.68	1.23
7.00	-0.36	1.17	0.56	1.16	0.84	1.16	0.91	1.16	1.67	1.16
7.50	-0.36	1.13	0.56	1.13	0.83	1.13	0.9	1.13	1.66	1.13
8.00	-0.36	1.11	0.56	1.11	0.83	1.11	0.9	1.11	1.66	1.11
8.50	-0.37	1.09	0.56	1.09	0.83	1.09	0.9	1.09	1.66	1.09
9.00	-0.37	1.07	0.55	1.07	0.82	1.07	0.9	1.07	1.65	1.07
9.50	-0.37	1.05	0.55	1.05	0.82	1.05	0.89	1.05	1.65	1.05
10.00	-0.38	1.03	0.55	1.03	0.81	1.03	0.89	1.03	1.65	1.03
10.50	-0.38	1.01	0.55	1.01	0.81	1.01	0.89	1.01	1.65	1.01
11.00	-0.38	0.99	0.54	0.98	0.81	0.98	0.88	0.98	1.64	0.98
11.50	-0.39	0.96	0.54	0.96	0.8	0.96	0.88	0.96	1.64	0.95
12.00	-0.39	0.93	0.54	0.93	0.8	0.93	0.87	0.93	1.63	0.93
12.50	-0.4	0.9	0.53	0.9	0.79	0.9	0.87	0.9	1.63	0.9
13.00	-0.4	0.88	0.53	0.88	0.79	0.88	0.86	0.88	1.63	0.88
13.50	-0.41	0.86	0.53	0.86	0.78	0.86	0.86	0.86	1.62	0.86
14.00	-0.41	0.84	0.53	0.84	0.78	0.84	0.86	0.84	1.62	0.84
14.50	-0.41	0.83	0.53	0.83	0.78	0.83	0.85	0.82	1.62	0.82
15.00	-0.42	0.81	0.52	0.81	0.77	0.81	0.85	0.81	1.62	0.81
15.50	-0.42	0.79	0.52	0.79	0.77	0.79	0.85	0.79	1.61	0.79
16.00	-0.42	0.78	0.52	0.77	0.76	0.77	0.84	0.77	1.61	0.77
16.50	-0.43	0.76	0.52	0.76	0.76	0.76	0.84	0.76	1.61	0.76
17.00	-0.43	0.74	0.52	0.74	0.76	0.74	0.84	0.74	1.6	0.74
17.50	-0.43	0.73	0.51	0.72	0.75	0.72	0.84	0.72	1.6	0.72
18.00	-0.43	0.71	0.51	0.7	0.75	0.7	0.83	0.7	1.6	0.7
18.50	-0.44	0.69	0.51	0.68	0.75	0.68	0.83	0.68	1.59	0.68
19.00	-0.44	0.67	0.5	0.66	0.74	0.66	0.82	0.66	1.59	0.66
19.50	-0.45	0.64	0.5	0.64	0.74	0.64	0.82	0.64	1.59	0.64
20.00	-0.45	0.62	0.49	0.61	0.73	0.61	0.81	0.61	1.58	0.61
20.50	-0.46	0.59	0.49	0.59	0.73	0.59	0.81	0.59	1.58	0.59
21.00	-0.46	0.57	0.49	0.56	0.72	0.56	0.8	0.56	1.58	0.56
21.50	-0.47	0.54	0.48	0.53	0.71	0.53	0.8	0.53	1.57	0.53
22.00	-0.47	0.52	0.48	0.51	0.71	0.51	0.79	0.51	1.57	0.51
22.50	-0.48	0.49	0.47	0.48	0.7	0.48	0.79	0.48	1.56	0.48
23.00	-0.48	0.46	0.47	0.46	0.7	0.46	0.78	0.46	1.56	0.46
23.50	-0.49	0.44	0.46	0.43	0.69	0.43	0.78	0.43	1.55	0.43
24.00	-0.49	0.41	0.46	0.4	0.68	0.4	0.77	0.4	1.55	0.4
24.50	-0.5	0.38	0.45	0.37	0.67	0.37	0.77	0.37	1.54	0.37
25.00	-0.5	0.35	0.45	0.34	0.66	0.34	0.76	0.34	1.54	0.34
25.50	-0.51	0.32	0.45	0.32	0.65	0.32	0.76	0.32	1.52	0.31
26.00	-0.51	0.3	0.44	0.3	0.65	0.3	0.76	0.3	1.51	0.29
26.50	-0.51	0.28	0.44	0.28	0.64	0.28	0.75	0.28	1.51	0.28
27.00	-0.52	0.27	0.44	0.26	0.63	0.26	0.75	0.26	1.5	0.26
27.50	-0.52	0.25	0.43	0.25	0.63	0.25	0.74	0.25	1.5	0.25
28.00	-0.52	0.24	0.43	0.23	0.62	0.23	0.73	0.23	1.49	0.23
28.50	-0.53	0.22	0.43	0.22	0.62	0.22	0.73	0.22	1.48	0.22
29.00	-0.53	0.21	0.43	0.21	0.62	0.21	0.72	0.21	1.47	0.2
29.50	-0.54	0.2	0.42	0.19	0.61	0.19	0.71	0.19	1.47	0.19
30.00	-0.54	0.19	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.46	0.18



Rys.7.8 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=10$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)

Tabela 7.5: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=30$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych

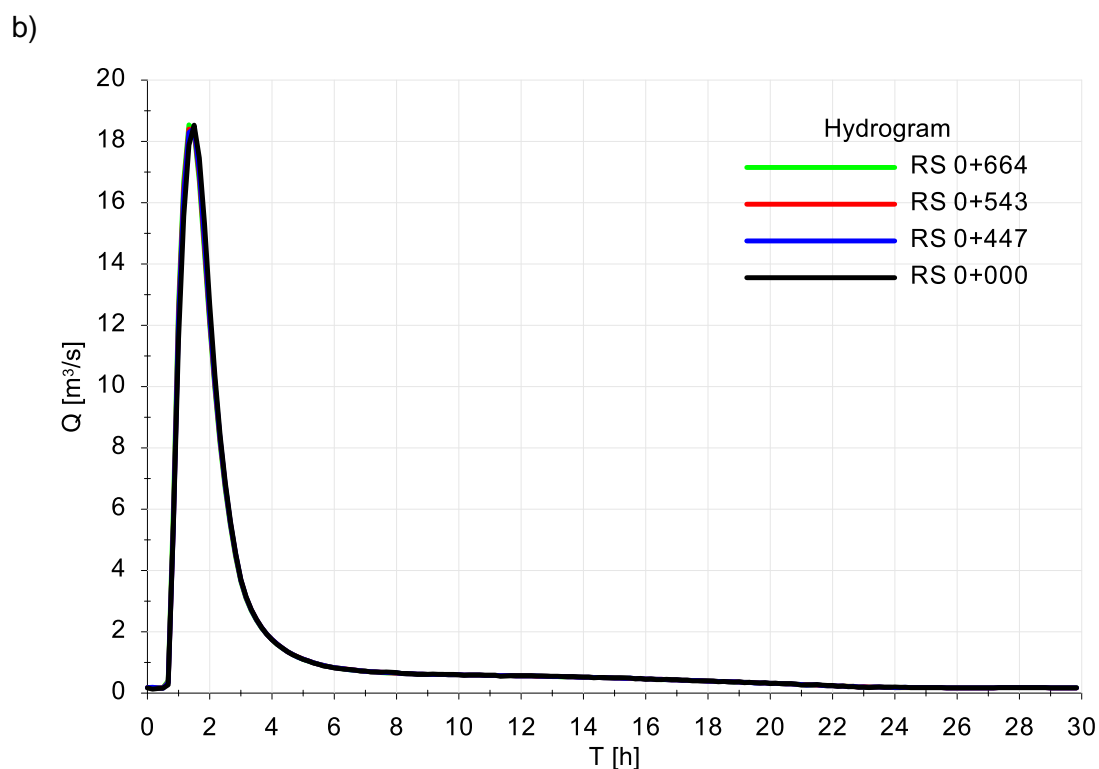
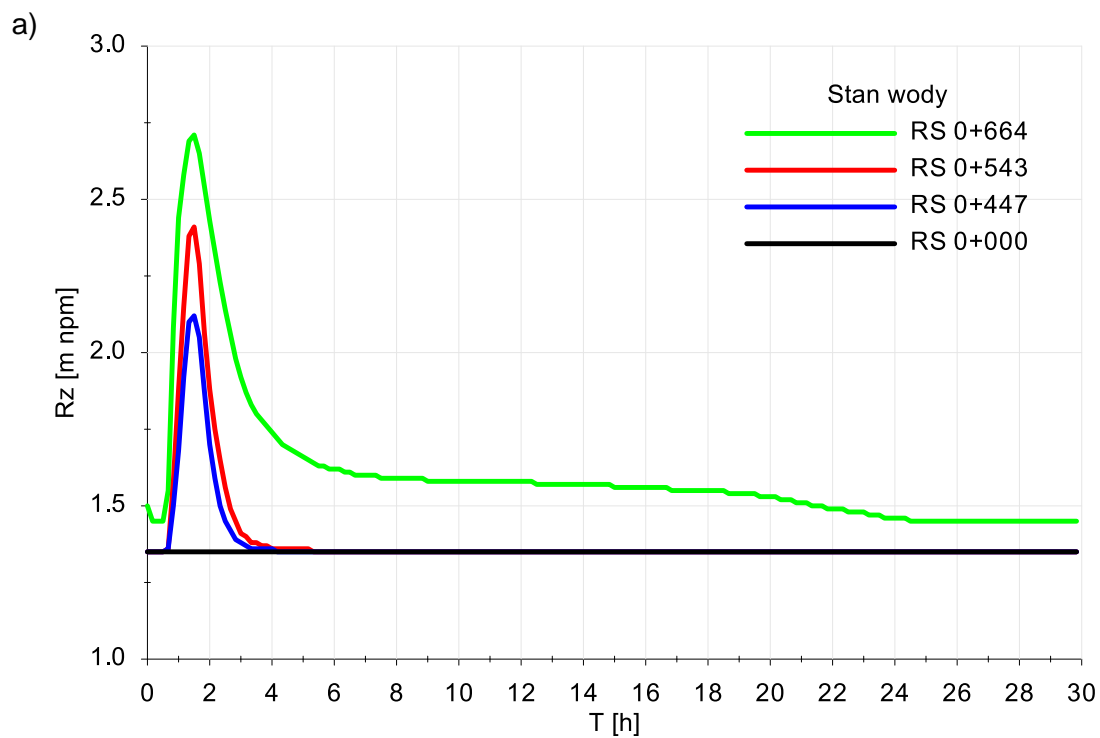
Czas symulacji	RS: 0.000		RS: 0.447		RS: 0.5		RS: 0.543		RS: 0.664	
	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ
[h]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]
0.00	1.35	0.17	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.5	0.18
0.50	1.35	0.16	1.35	0.16	1.35	0.16	1.35	0.17	1.45	0.18
1.00	1.35	21.07	2.37	23.05	2.53	23.63	2.86	23.99	3.01	25.46
1.50	1.35	33.17	2.77	32.83	3.2	32.78	3.79	32.7	3.87	32.31
2.00	1.35	23.42	2.39	22.38	2.56	22.13	2.83	21.96	3	21.23
2.50	1.35	12.71	1.7	12.31	1.73	12.25	1.88	12.21	2.43	12.07
3.00	1.35	7.81	1.49	7.74	1.5	7.72	1.62	7.71	2.2	7.65
3.50	1.35	5.64	1.42	5.61	1.43	5.61	1.5	5.6	2.06	5.57
4.00	1.35	4.42	1.39	4.41	1.4	4.4	1.45	4.4	1.98	4.38
4.50	1.35	3.74	1.38	3.74	1.38	3.74	1.42	3.74	1.92	3.73
5.00	1.35	3.32	1.38	3.31	1.38	3.31	1.41	3.31	1.89	3.3
5.50	1.35	2.88	1.37	2.88	1.37	2.88	1.39	2.88	1.85	2.87
6.00	1.35	2.51	1.36	2.51	1.37	2.51	1.38	2.51	1.81	2.5
6.50	1.35	2.28	1.36	2.28	1.36	2.28	1.38	2.28	1.79	2.27
7.00	1.35	2.14	1.36	2.15	1.36	2.15	1.37	2.14	1.78	2.14
7.50	1.35	2.07	1.36	2.06	1.36	2.06	1.37	2.06	1.77	2.06
8.00	1.35	2	1.36	1.99	1.36	1.99	1.37	1.99	1.77	1.99
8.50	1.35	1.95	1.36	1.94	1.36	1.94	1.37	1.94	1.76	1.94
9.00	1.35	1.89	1.36	1.9	1.36	1.9	1.37	1.9	1.76	1.9
9.50	1.35	1.84	1.36	1.85	1.36	1.85	1.37	1.85	1.75	1.85
10.00	1.35	1.79	1.36	1.8	1.36	1.8	1.37	1.8	1.74	1.8
10.50	1.35	1.74	1.36	1.75	1.36	1.75	1.37	1.75	1.74	1.75
11.00	1.35	1.69	1.36	1.7	1.36	1.7	1.37	1.7	1.73	1.7
11.50	1.35	1.65	1.36	1.65	1.36	1.65	1.36	1.65	1.73	1.65
12.00	1.35	1.61	1.36	1.6	1.36	1.6	1.36	1.6	1.72	1.6
12.50	1.35	1.56	1.36	1.56	1.36	1.56	1.36	1.56	1.72	1.56
13.00	1.35	1.51	1.36	1.51	1.36	1.51	1.36	1.51	1.71	1.51
13.50	1.35	1.47	1.36	1.47	1.36	1.47	1.36	1.47	1.7	1.46
14.00	1.35	1.41	1.35	1.42	1.36	1.42	1.36	1.42	1.7	1.42
14.50	1.35	1.38	1.35	1.37	1.35	1.37	1.36	1.37	1.69	1.37
15.00	1.35	1.33	1.35	1.32	1.35	1.32	1.36	1.32	1.69	1.32
15.50	1.35	1.28	1.35	1.28	1.35	1.28	1.36	1.28	1.68	1.28
16.00	1.35	1.24	1.35	1.24	1.35	1.24	1.36	1.24	1.68	1.24
16.50	1.35	1.19	1.35	1.2	1.35	1.2	1.36	1.2	1.67	1.2
17.00	1.35	1.16	1.35	1.17	1.35	1.17	1.36	1.17	1.67	1.17
17.50	1.35	1.15	1.35	1.14	1.35	1.14	1.36	1.14	1.66	1.13
18.00	1.35	1.12	1.35	1.11	1.35	1.1	1.36	1.1	1.66	1.1
18.50	1.35	1.09	1.35	1.09	1.35	1.08	1.36	1.08	1.66	1.07
19.00	1.35	1.07	1.35	1.06	1.35	1.05	1.36	1.05	1.65	1.05
19.50	1.35	1.03	1.35	1.02	1.35	1.02	1.36	1.02	1.65	1.02
20.00	1.35	0.98	1.35	0.99	1.35	0.99	1.36	0.99	1.64	0.99
20.50	1.35	0.94	1.35	0.95	1.35	0.95	1.36	0.95	1.64	0.96
21.00	1.35	0.9	1.35	0.92	1.35	0.92	1.35	0.93	1.63	0.93
21.50	1.35	0.88	1.35	0.89	1.35	0.89	1.35	0.9	1.63	0.9
22.00	1.35	0.88	1.35	0.88	1.35	0.87	1.35	0.87	1.63	0.87
22.50	1.35	0.87	1.35	0.85	1.35	0.85	1.35	0.84	1.62	0.84
23.00	1.35	0.84	1.35	0.82	1.35	0.81	1.35	0.81	1.62	0.81
23.50	1.35	0.79	1.35	0.78	1.35	0.78	1.35	0.78	1.61	0.78
24.00	1.35	0.74	1.35	0.75	1.35	0.75	1.35	0.75	1.61	0.75
24.50	1.35	0.7	1.35	0.71	1.35	0.71	1.35	0.71	1.6	0.72
25.00	1.35	0.66	1.35	0.68	1.35	0.68	1.35	0.68	1.6	0.69
25.50	1.35	0.63	1.35	0.65	1.35	0.65	1.35	0.65	1.59	0.66
26.00	1.35	0.6	1.35	0.62	1.35	0.62	1.35	0.63	1.59	0.63
26.50	1.35	0.57	1.35	0.58	1.35	0.59	1.35	0.59	1.58	0.6
27.00	1.35	0.54	1.35	0.55	1.35	0.56	1.35	0.56	1.58	0.57
27.50	1.35	0.51	1.35	0.53	1.35	0.53	1.35	0.53	1.57	0.54
28.00	1.35	0.52	1.35	0.5	1.35	0.5	1.35	0.5	1.57	0.5
28.50	1.35	0.46	1.35	0.46	1.35	0.46	1.35	0.46	1.56	0.47
29.00	1.35	0.41	1.35	0.42	1.35	0.43	1.35	0.43	1.56	0.44
29.50	1.35	0.4	1.35	0.41	1.35	0.41	1.35	0.41	1.55	0.41
30.00	1.35	0.38	1.35	0.39	1.35	0.39	1.35	0.39	1.55	0.39



Rys.7.9 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=30$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)

Tabela 7.6: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=5$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych

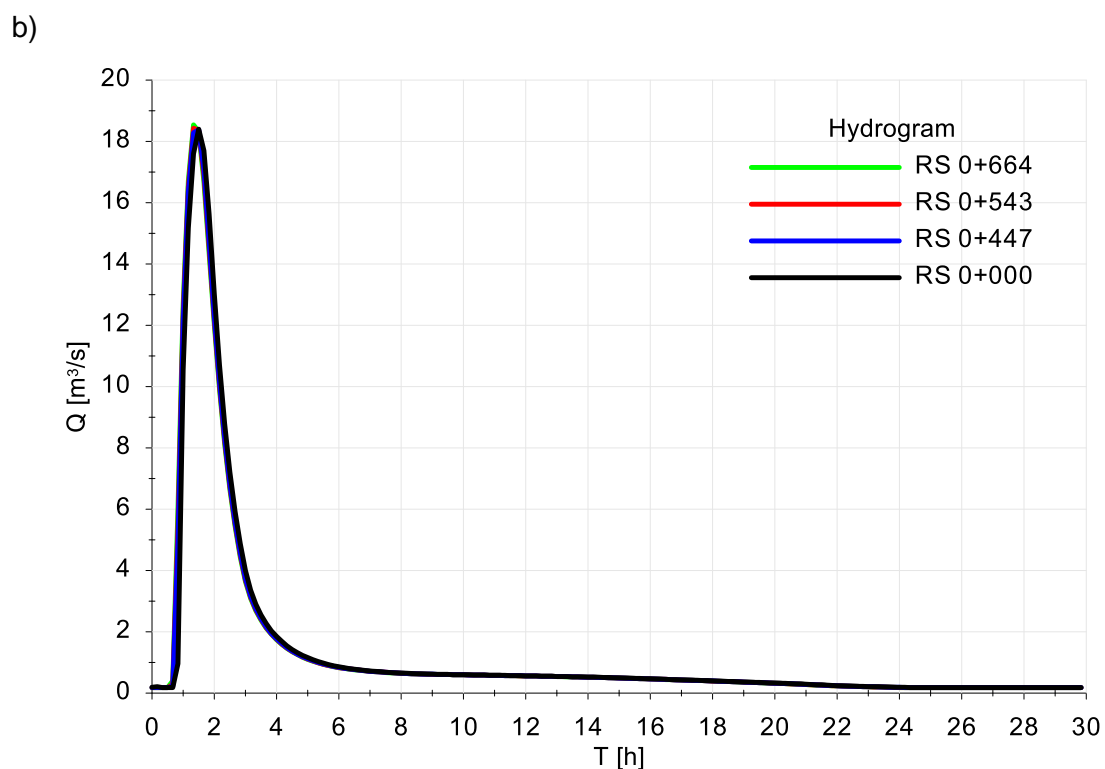
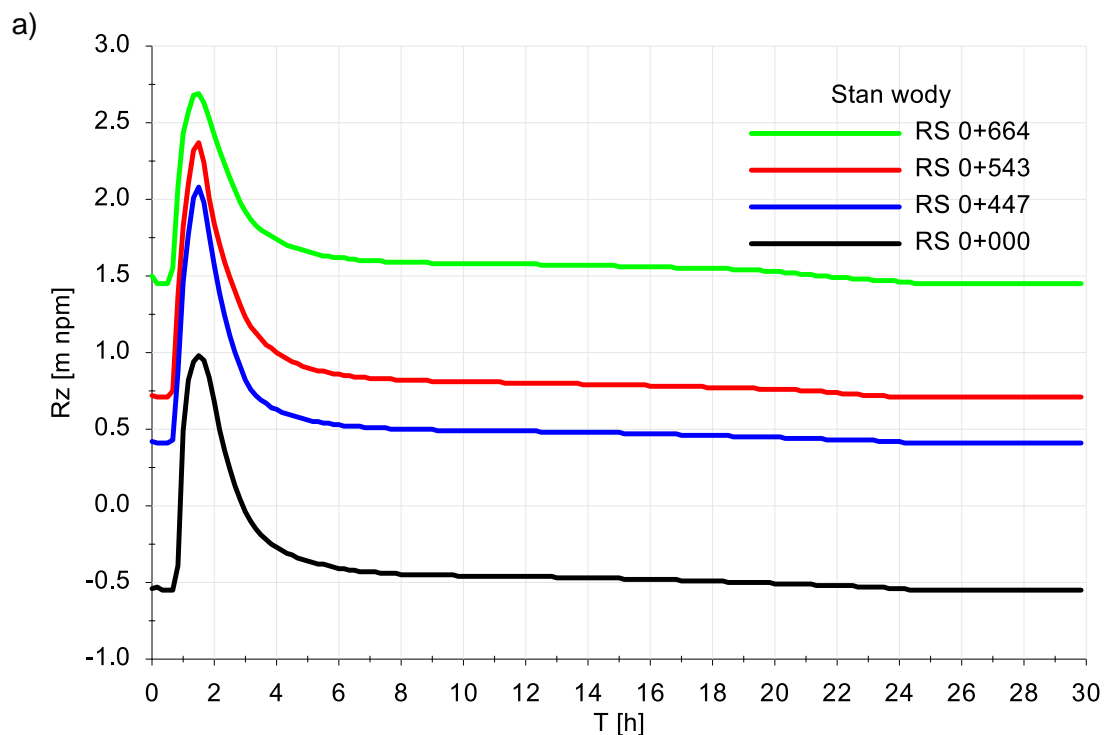
Czas symulacji	RS: 0.000		RS: 0.447		RS: 0.5		RS: 0.543		RS: 0.664	
	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ
[h]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]
0.00	1.35	0.17	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.5	0.18
0.50	1.35	0.16	1.35	0.16	1.35	0.16	1.35	0.17	1.45	0.18
1.00	1.35	11.57	1.68	12.17	1.71	12.27	1.88	12.36	2.44	12.66
1.50	1.35	18.53	2.12	18.43	2.2	18.4	2.41	18.38	2.71	18.32
2.00	1.35	12.68	1.7	12.28	1.73	12.22	1.88	12.17	2.43	12.03
2.50	1.35	6.87	1.45	6.78	1.46	6.76	1.56	6.74	2.14	6.65
3.00	1.35	3.71	1.38	3.69	1.38	3.69	1.41	3.68	1.92	3.64
3.50	1.35	2.41	1.36	2.4	1.36	2.4	1.38	2.4	1.8	2.38
4.00	1.35	1.74	1.36	1.75	1.36	1.75	1.36	1.75	1.74	1.74
4.50	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.36	1.35	1.69	1.35
5.00	1.35	1.1	1.35	1.11	1.35	1.11	1.36	1.11	1.66	1.1
5.50	1.35	0.94	1.35	0.94	1.35	0.94	1.35	0.94	1.63	0.94
6.00	1.35	0.82	1.35	0.83	1.35	0.83	1.35	0.83	1.62	0.83
6.50	1.35	0.77	1.35	0.76	1.35	0.77	1.35	0.77	1.61	0.76
7.00	1.35	0.72	1.35	0.71	1.35	0.71	1.35	0.71	1.6	0.71
7.50	1.35	0.68	1.35	0.68	1.35	0.68	1.35	0.68	1.59	0.67
8.00	1.35	0.67	1.35	0.66	1.35	0.66	1.35	0.65	1.59	0.65
8.50	1.35	0.63	1.35	0.63	1.35	0.63	1.35	0.63	1.59	0.63
9.00	1.35	0.61	1.35	0.61	1.35	0.61	1.35	0.61	1.58	0.61
9.50	1.35	0.61	1.35	0.61	1.35	0.61	1.35	0.61	1.58	0.61
10.00	1.35	0.6	1.35	0.6	1.35	0.6	1.35	0.6	1.58	0.6
10.50	1.35	0.59	1.35	0.59	1.35	0.59	1.35	0.59	1.58	0.59
11.00	1.35	0.58	1.35	0.58	1.35	0.58	1.35	0.58	1.58	0.58
11.50	1.35	0.56	1.35	0.57	1.35	0.57	1.35	0.57	1.58	0.57
12.00	1.35	0.57	1.35	0.56	1.35	0.56	1.35	0.56	1.58	0.56
12.50	1.35	0.56	1.35	0.56	1.35	0.55	1.35	0.55	1.57	0.55
13.00	1.35	0.55	1.35	0.54	1.35	0.54	1.35	0.54	1.57	0.54
13.50	1.35	0.54	1.35	0.53	1.35	0.53	1.35	0.53	1.57	0.53
14.00	1.35	0.52	1.35	0.52	1.35	0.52	1.35	0.52	1.57	0.52
14.50	1.35	0.51	1.35	0.51	1.35	0.51	1.35	0.51	1.57	0.51
15.00	1.35	0.5	1.35	0.49	1.35	0.49	1.35	0.49	1.56	0.49
15.50	1.35	0.49	1.35	0.49	1.35	0.48	1.35	0.48	1.56	0.48
16.00	1.35	0.45	1.35	0.46	1.35	0.46	1.35	0.46	1.56	0.46
16.50	1.35	0.44	1.35	0.45	1.35	0.45	1.35	0.45	1.56	0.44
17.00	1.35	0.44	1.35	0.43	1.35	0.43	1.35	0.43	1.55	0.43
17.50	1.35	0.4	1.35	0.41	1.35	0.41	1.35	0.41	1.55	0.41
18.00	1.35	0.4	1.35	0.39	1.35	0.39	1.35	0.39	1.55	0.39
18.50	1.35	0.38	1.35	0.38	1.35	0.38	1.35	0.38	1.55	0.38
19.00	1.35	0.37	1.35	0.36	1.35	0.36	1.35	0.36	1.54	0.36
19.50	1.35	0.34	1.35	0.33	1.35	0.34	1.35	0.34	1.54	0.34
20.00	1.35	0.31	1.35	0.32	1.35	0.32	1.35	0.32	1.53	0.32
20.50	1.35	0.31	1.35	0.3	1.35	0.3	1.35	0.3	1.52	0.3
21.00	1.35	0.26	1.35	0.28	1.35	0.28	1.35	0.28	1.51	0.28
21.50	1.35	0.28	1.35	0.27	1.35	0.27	1.35	0.26	1.5	0.26
22.00	1.35	0.25	1.35	0.24	1.35	0.24	1.35	0.24	1.49	0.24
22.50	1.35	0.21	1.35	0.21	1.35	0.21	1.35	0.22	1.48	0.22
23.00	1.35	0.19	1.35	0.2	1.35	0.2	1.35	0.21	1.48	0.21
23.50	1.35	0.2	1.35	0.2	1.35	0.2	1.35	0.2	1.47	0.2
24.00	1.35	0.2	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.46	0.18
24.50	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.45	0.18
25.00	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.45	0.18
25.50	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.45	0.18
26.00	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.45	0.18
26.50	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.45	0.18
27.00	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.45	0.18
27.50	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.45	0.18
28.00	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.45	0.18
28.50	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.35	0.18	1.45	0.18
29.00	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.45	0.18
29.50	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.45	0.18
30.00	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.35	0.17	1.45	0.18



Rys.7.10 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=5$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, z wysokim stanem w Martwej Wiśle, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)

Tabela 7.7: Zmiany rzędnej zwierciadła wody oraz natężenia przepływu w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na c=5 lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych

Czas symulacji	RS: 0.000		RS: 0.447		RS: 0.5		RS: 0.543		RS: 0.664	
	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ	Stan	Przepływ
[h]	[m]	[m³/s]	[m]	[m³/s]	[m]	[m³/s]	[m]	[m³/s]	[m]	[m³/s]
0.00	-0.54	0.19	0.42	0.18	0.61	0.18	0.72	0.18	1.5	0.18
0.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
1.00	0.49	10.54	1.46	12.1	1.6	12.25	1.82	12.36	2.43	12.66
1.50	0.98	18.4	2.08	18.38	2.15	18.37	2.37	18.36	2.69	18.32
2.00	0.68	13.03	1.57	12.29	1.65	12.22	1.84	12.17	2.42	12.03
2.50	0.24	7.21	1.11	6.81	1.3	6.77	1.49	6.74	2.14	6.65
3.00	-0.04	4	0.82	3.73	1.12	3.71	1.23	3.69	1.92	3.64
3.50	-0.19	2.55	0.69	2.43	1	2.42	1.09	2.41	1.8	2.38
4.00	-0.27	1.85	0.63	1.77	0.93	1.77	1	1.76	1.74	1.74
4.50	-0.32	1.42	0.59	1.37	0.87	1.36	0.94	1.36	1.69	1.35
5.00	-0.36	1.16	0.56	1.12	0.83	1.12	0.9	1.11	1.66	1.1
5.50	-0.38	0.98	0.54	0.95	0.8	0.95	0.88	0.94	1.63	0.94
6.00	-0.41	0.86	0.53	0.84	0.78	0.84	0.86	0.83	1.62	0.83
6.50	-0.42	0.78	0.52	0.77	0.76	0.77	0.84	0.77	1.61	0.76
7.00	-0.43	0.72	0.51	0.71	0.75	0.71	0.83	0.71	1.6	0.71
7.50	-0.44	0.68	0.51	0.68	0.75	0.68	0.83	0.68	1.59	0.67
8.00	-0.45	0.65	0.5	0.65	0.74	0.65	0.82	0.65	1.59	0.65
8.50	-0.45	0.63	0.5	0.63	0.73	0.63	0.82	0.63	1.59	0.63
9.00	-0.45	0.62	0.5	0.62	0.73	0.62	0.81	0.61	1.58	0.61
9.50	-0.45	0.61	0.49	0.61	0.73	0.61	0.81	0.61	1.58	0.61
10.00	-0.46	0.6	0.49	0.6	0.73	0.6	0.81	0.6	1.58	0.6
10.50	-0.46	0.59	0.49	0.59	0.73	0.59	0.81	0.59	1.58	0.59
11.00	-0.46	0.58	0.49	0.58	0.72	0.58	0.81	0.58	1.58	0.58
11.50	-0.46	0.57	0.49	0.57	0.72	0.57	0.8	0.57	1.58	0.57
12.00	-0.46	0.56	0.49	0.56	0.72	0.56	0.8	0.56	1.58	0.56
12.50	-0.46	0.55	0.48	0.55	0.72	0.55	0.8	0.55	1.57	0.55
13.00	-0.47	0.54	0.48	0.54	0.72	0.54	0.8	0.54	1.57	0.54
13.50	-0.47	0.53	0.48	0.53	0.71	0.53	0.8	0.53	1.57	0.53
14.00	-0.47	0.52	0.48	0.52	0.71	0.52	0.79	0.52	1.57	0.52
14.50	-0.47	0.51	0.48	0.51	0.71	0.51	0.79	0.51	1.57	0.51
15.00	-0.47	0.5	0.48	0.49	0.71	0.49	0.79	0.49	1.56	0.49
15.50	-0.48	0.48	0.47	0.48	0.7	0.48	0.79	0.48	1.56	0.48
16.00	-0.48	0.47	0.47	0.46	0.7	0.46	0.78	0.46	1.56	0.46
16.50	-0.48	0.45	0.47	0.45	0.69	0.45	0.78	0.45	1.56	0.44
17.00	-0.49	0.43	0.46	0.43	0.69	0.43	0.78	0.43	1.55	0.43
17.50	-0.49	0.42	0.46	0.41	0.68	0.41	0.78	0.41	1.55	0.41
18.00	-0.49	0.4	0.46	0.4	0.68	0.39	0.77	0.39	1.55	0.39
18.50	-0.5	0.38	0.46	0.38	0.67	0.38	0.77	0.38	1.55	0.38
19.00	-0.5	0.36	0.45	0.36	0.67	0.36	0.77	0.36	1.54	0.36
19.50	-0.5	0.35	0.45	0.34	0.66	0.34	0.76	0.34	1.54	0.34
20.00	-0.51	0.33	0.45	0.32	0.65	0.32	0.76	0.32	1.53	0.32
20.50	-0.51	0.31	0.44	0.31	0.65	0.31	0.76	0.3	1.52	0.3
21.00	-0.51	0.29	0.44	0.28	0.64	0.28	0.75	0.28	1.51	0.28
21.50	-0.52	0.27	0.44	0.26	0.63	0.26	0.75	0.26	1.5	0.26
22.00	-0.52	0.24	0.43	0.24	0.63	0.24	0.74	0.24	1.49	0.24
22.50	-0.52	0.23	0.43	0.22	0.62	0.22	0.73	0.22	1.48	0.22
23.00	-0.53	0.21	0.43	0.21	0.62	0.21	0.72	0.21	1.48	0.21
23.50	-0.53	0.2	0.42	0.2	0.61	0.2	0.72	0.2	1.47	0.2
24.00	-0.54	0.19	0.42	0.19	0.61	0.19	0.71	0.18	1.46	0.18
24.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
25.00	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
25.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
26.00	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
26.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
27.00	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
27.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
28.00	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
28.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
29.00	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
29.50	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18
30.00	-0.55	0.18	0.41	0.18	0.61	0.18	0.71	0.18	1.45	0.18



Rys.7.11 Zmiany rzędnej zwierciadła wody (a) oraz natężenia przepływu (b) w czasie dla prawdopodobieństwa wystąpienia 1 raz na $c=5$ lat, czasu trwania deszczu = 60 minut, ze swobodnym odpływem do Martwej Wisły, w 4 przekrojach charakterystycznych (na wlocie do modelu koryta RS 0+664 – warunek brzegowy, w miejscach ujść kolektorów projektowanej przepompowni Swojska - RS 0+543 i RS 0+447 oraz na ujściu do Martwej Wisły – RS 0+00)

8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W ramach niniejszego opracowania wykonano obliczenia hydrologiczne i hydrauliczne w zlewni Potoku Strzyża na potrzeby przedsięwzięcia polegającego na budowie pompowni wspomagającej przy ul. Swojskiej w Gdańsku. W przekroju zamykającym zlewnię określono przepływy maksymalne dla deszczy o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$ (woda pięcioletnia), $p=10\%$ (woda dziesięcioletnia), $p=3,33\%$ (woda trzydziestoletnia), $p=1\%$ (woda stuletnia) oraz $p=0,2\%$ (woda pięćsetletnia). Obliczenia hydrologiczne wykonano za pomocą modelu o parametrach skupionych typu opad-odpływ w programie HEC-HMS. Następnie wykonano obliczenia hydrauliczne na ujściowym odcinku Potoku Strzyża, od wiaduktu w drodze krajowej nr 91 do ujścia potoku do Martwej Wisły. W tym celu przygotowano model obliczeniowy w programie HEC-RAS od km 0+664 do km 0+000 (ujście). Obliczenia hydrauliczne wykonano w warunkach ruchu ustalonego i nieustalonego, dla warunku brzegowego w miejscu ujścia potoku przy założeniu maksymalnego poziomu wody w Martwej Wiśle na rzędnej 1,345 m npm (stan 664 cm w stacji Gdańsk-Port Północny) oraz przy założeniu swobodnego odpływu. Obliczenia w warunkach ruchu ustalonego pozwoliły określić zasięg cofki wywołanej wysokim stanem w Martwej Wiśle w zależności od wielkości przepływu w korycie Potoku Strzyży. W przypadku wody pięcioletniej ($Q_{20\%}$) wpływ ten jest największy. Obserwujemy tzw. efekt cofki wywołany spiętrzeniem od Martwej Wisły. Rzędna wody przy założeniu swobodnego wypływu jest niższa niż rzędna wody przy założeniu wysokiego stanu w Martwej Wiśle $H=1,345$ m npm praktycznie na całym odcinku, sięgając do projektowanych lokalizacji włączenia kolektorów z przepompowni Swojska. W przypadku wody dziesięcioletniej ($Q_{10\%}$) także jest widoczne spiętrzenie wywołane wysokim stanem w Martwej Wiśle. Można stwierdzić, że maksymalny zasięg cofki w przypadku wody dziesięcioletniej to ok. 400 m w górę koryta Strzyży (praktycznie km 0+406). Oznacza to, że cofka nie wpływa na stan wody w miejscu włączeń projektowanej kanalizacji przy ul. Swojskiej do potoku Strzyży. Brak jest cofki w przypadku wody stu- ($Q_{1\%}$) oraz pięćsetletniej ($Q_{0,2\%}$).

W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano następujące wyniki w przekrojach włączenia wylotów kanalizacji deszczowej do Potoku Strzyża (Tab.8.1): w km 0+543 przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$ wynosi $Q_{\max 10\%}=18,65 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **2,38 m npm** (bez cofki) oraz **2,41 m npm** (w przypadku wystąpienia cofki), przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$ wynosi $Q_{\max 10\%}=24,9 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **2,86 m npm**, przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$ wynosi $Q_{\max 1\%}=42,8 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **4,36 m npm** oraz przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,2\%$ wynosi $Q_{\max 0,2\%}=56,8 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **4,53 m npm**; w km 0+447

przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$ wynosi $Q_{\max 20\%}=18,65 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **2,07 m npm** (bez cofki) oraz **2,11 m npm** (w przypadku wystąpienia cofki), przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$ wynosi $Q_{\max 10\%}=24,9 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **2,35 m npm**, przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$ wynosi $Q_{\max 1\%}=42,8 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **2,95 m npm** oraz przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,2\%$ wynosi $Q_{\max 0,2\%}=56,8 \text{ m}^3/\text{s}$, a zwierciadło wody jest na rzędnej **3,37 m npm**. Niezależnie od analizowanego przepływu maksymalnego o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia (poza wodą pięcioletnią), praktycznie na całym odcinku ujściowym potoku rzędna zwierciadła wody jest wyższa od rzędnej wody brzegowej i dojdzie do wylania wody na tereny przyległe. Jest to efektem niewystarczającej przepustowości koryta Potoku Strzyży na jej ujściowym odcinku (od wiaduktu w drodze krajowej nr 91, do ujścia do Martwej Wisły).

Tabela 8.1: Wartości przepływów Q_{\max} oraz rzędnej zwierciadła wody w przekrojach włączenia wylotów kanalizacji deszczowej w Km 0+543 oraz Km 0+447

Prawdopodobieństwo przewyższenia p%	Przepływ Q [m ³ /s]	Rzędna zw. wody / rzędna wody brzegowej [m npm]	
		Km 0+543	Km 0+447
p=20%	18,65	2,38 - 2,41 / 2,86	2,07 – 2,11 / 1,66
p=10%	24,9	2,86 / 2,86	2,35 / 1,66
p=1%	42,8	4,36 / 2,86	2,95 / 1,66
p=0,2%	56,8	4,53 / 2,86	3,37 / 1,66

W drugim etapie prac, na potrzeby weryfikacji projektu pompowni wspomagającej przy ul. Swojskiej, przeprowadzono obliczenia w warunkach ruchu nieustalonego dla deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=20\%$ (tzw. woda pięcioletnia), $p=10\%$ (tzw. woda dziesięcioletnia) oraz $p=3,33\%$ (tzw. woda trzydziestoletnia), dla warunku w postaci swobodnego wypływu oraz wysokiego stanu na Martwej Wiśle (w zależności od potrzeb projektanta). Jako warunek brzegowy na brzegu dopływowym (górnym) wprowadzony został hydrogram uzyskany podczas obliczeń hydrologicznych, odpowiedni dla wody pięcioletniej ($p=20\%$), dla wody dziesięcioletniej ($p=10\%$) oraz wody trzydziestoletniej ($p=3,33\%$). Jako warunek początkowy przyjęto wartość $SSQ=0,175 \text{ m}^3/\text{s}$, określoną na podstawie średnich rocznych przepływów z wielolecia 2000–2014. W wyniku uzyskano propagację wezbrania zadanego hydrogramem na brzegu górnym modelu, na analizowanym odcinku potoku Strzyży, do ujścia do Martwej Wisły.

Po uwzględnieniu w obliczeniach 3 planowanych zbiorników retencyjnych w rejonie górnej Strzyży: Dolne Młyny i Jaśkowy Młyn (położone poniżej zbiornika Górne Młyny i powyżej ulicy Rakoczego stwierdzono, że nie mają one odczuwalnego wpływu na potok

Strzyża na jego ujściowym odcinku – efekt jest widoczny w górnej zlewni, jednak zanika w dolnej zlewni.