

**OBLICZENIA HYDROLOGICZNE I HYDRAU-
LICZNE W ZLEWNI POTOKU STRYŻA 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	5
2. LITERATURA ORAZ WYKORZYSTANE MATERIAŁY I MATERIAŁY PODKŁADOWE	6
3. METODYKA PRACY	9
4. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANEGO OBSZARU	10
4.1. Charakterystyka zlewni Potoku Strzyża	10
5. MODEL HYDROLOGICZNY	15
5.1. Wyznaczenie parametrów zlewni Potoku Strzyża	15
5.2. Charakterystyki zbiorników retencyjnych w zlewni Potoku Strzyża	17
5.3. Opad syntetyczny w zlewni Potoku Strzyża	24
5.4. Przyjęty model hydrologiczny w programie HEC-HMS	25
6. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE	27
6.1. Przyjęte założenia	27
6.2. Obliczenie opadu efektywnego i hydrogramu odpływu ze zlewni	28
6.3. Obliczenia przepływów maksymalnych w zlewni Potoku Strzyża	28
7. OBLICZENIA HYDRAULICZNE	31
8. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	36

SPIS TABEL:

Tabela 4.1: Parametry hydrauliczne koryt poszczególnych odcinków Potoku Strzyża i jego dopływów	12
Tabela 4.2: Charakterystyka zbiorników retencyjnych (źródło: [20])	14
Tabela 5.1: Zestawienie podstawowych parametrów poszczególnych podzlewni oraz dane dotyczące ich pokrycia	21
Tabela 5.2: Zestawienie parametrów modelu hydrologicznego w zlewni Potoku Strzyża po uwzględnieniu MPZP	23
Tabela 5.3: Zestawienie parametrów modelu hydrologicznego w zlewni Potoku Królewskiego i Jaśkowego po uwzględnieniu MPZP	24
Tabela 5.4: Zestawienie maksymalnych sum opadu dla wybranych prawdopodobieństw i czasu trwania deszczu 60 min	24

Tabela 5.5: Rozkład opadu wg DVWK o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$ dla czasu trwania deszczu 60 min.....	27
Tabela 6.1: Maksymalne wartości przepływów Q_{\max} w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża – zestawienie obliczeń dla stanu po uwzględnieniu MPZP	30
Tabela 7.1: Charakterystyczne stany wody - stacja Gdańsk-Port Północny.....	32
Tabela 7.2: Wyniki obliczeń hydraulicznych na ujściowym odcinku Potoku Strzyży dla przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$	33

SPIS RYSUNKÓW:

Rys.4.1. Granice zlewni Potoku Strzyża na podstawie Mapy Hydrograficznej Polski oraz Mapy Podziału Hydrograficznego.....	10
Rys.4.2. Sieć cieków w zlewni Potoku Strzyża wraz z istniejącymi zbiornikami retencyjnymi źródło: [54].....	11
Rys.5.1. Granice zlewni Potoku Strzyża wyznaczone na podstawie numerycznego modelu terenu oraz informacji na temat sieci kanalizacji deszczowej	16
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	18
Rys.5.3. Fragment mapy pokrycia glebowego z wyznaczonymi obszarami jednolitymi pod względem przepuszczalności.....	19
Rys.5.4. Mapa jednolitych obszarów pod względem charakterystyki hydrologicznej zgodnej z metodą SCS CN dla stanu po naniesieniu zmian zgodnych z MPZP	20
Rys.5.5. 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).....	25
Rys.5.6 Schemat struktury przyjętego modelu hydrologicznego Potoku Strzyża (źródło: HEC-HMS).....	26
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.	28
Rys.6.2 Lokalizacja przekroju zamykającego w zlewni Potoku Strzyża (ujście do Martwej Wisły), w których porównywano przepływy maksymalne oraz hydrogramy odpływu	29

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 (źródło: HEC-DSSVue) ..	30
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) ...	31
Rys.7.2	Trójwymiarowy obraz przyjętego modelu (źródło: HEC-RAS)	32
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)	34
Rys.7.4	Położenie zwierciadła wody w miejscu wylotu KD (km 0+543) w warunkach przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$ (źródło HEC-RAS)	35
Rys.7.5	Położenie zwierciadła wody w miejscu wylotu KD (km 0+447) w warunkach przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$ (źródło HEC-RAS)	35

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). Obliczono maksymalne przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia w przekroju zlokalizowanym na 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 $p=10\%$ (woda dziesięcioletnia), $p=1\%$ (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. 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 na analizowanym odcinku Potoku Strzyży.

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: Budowa 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-uspustowej zbiornika Nowiec II, mgr inż. A. Turzański i mgr inż. M. Kubiak, 2010r,
- [33].M: Pomiarzy inwentaryzacyjne potoku Strzyża wraz z dopływami, operat techniczny, Usługi geodezyjne Horyzont, Krzysztof Hrynowiecki, grudzień 2016r.
- [34].M: Pomiarzy 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 budowlano - 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 Miejskowych 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 model 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 przeciętną), 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 $p=10\%$, $p=1\%$ 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

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

Lp	Zlewnia	Spadek ciekus _c [%]	Długość ciekus _c [m]	Współczynnik Manninga n [-]	Szerokość dna /średnica [m]	Nachylenie 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 – Po-

tok 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.

4.3. 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 Złota 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
Kiełpinek	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

* kilometrąz Potoku Jasień

** kilometrąz 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. 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.

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.

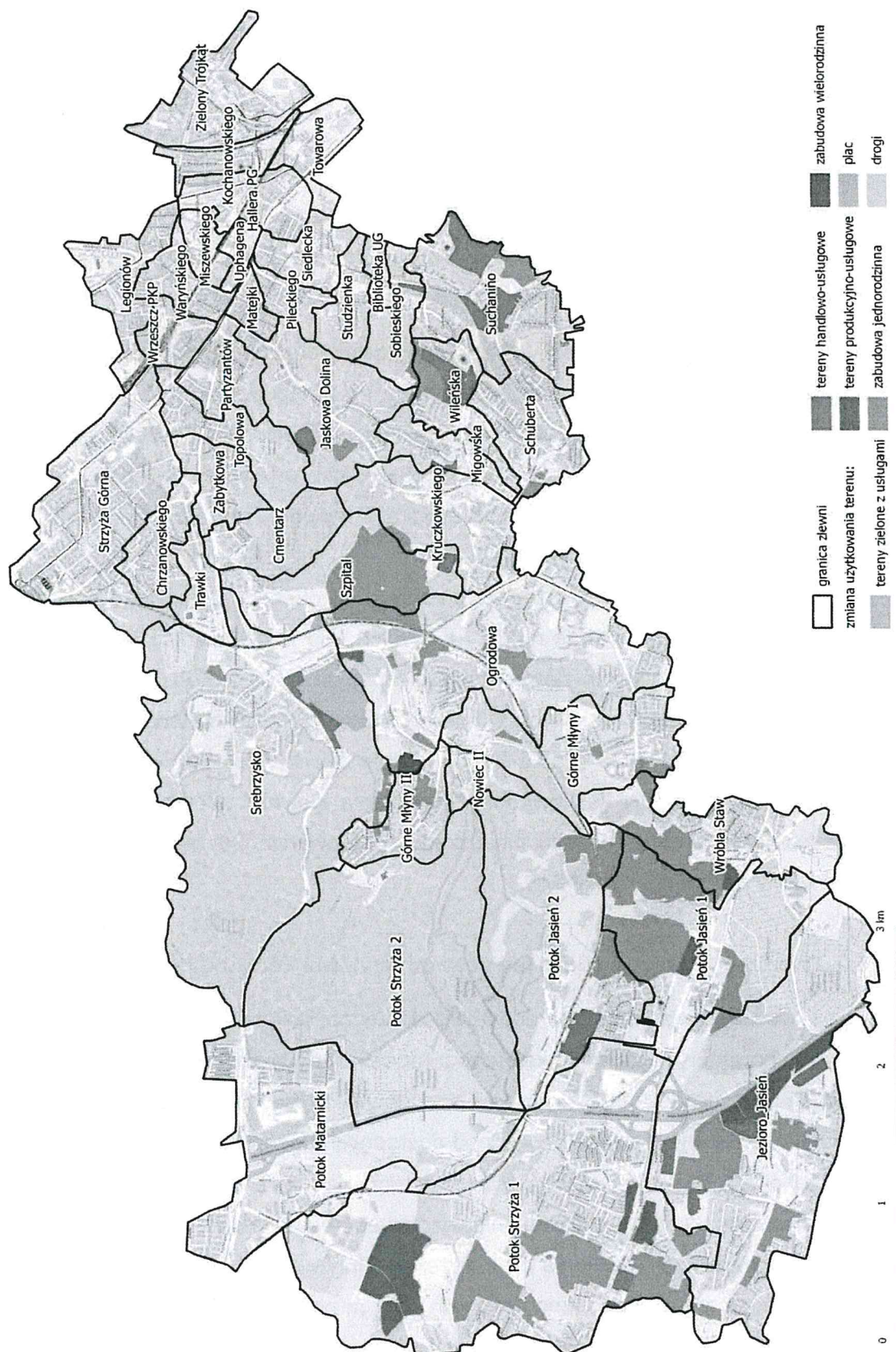
Przyjęta metodyka wymaga także określenia pokrycia glebowego. W tym celu wykorzystano mapę pokrycia glebowego (Rys.5.3), wyznaczając w granicach każdej z podzlewni obszary jednolite pod względem przepuszczalności gruntu, wg kryterium metody: gleby o łatwej przepuszczalności (grupa A), gleby o przepuszczalności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

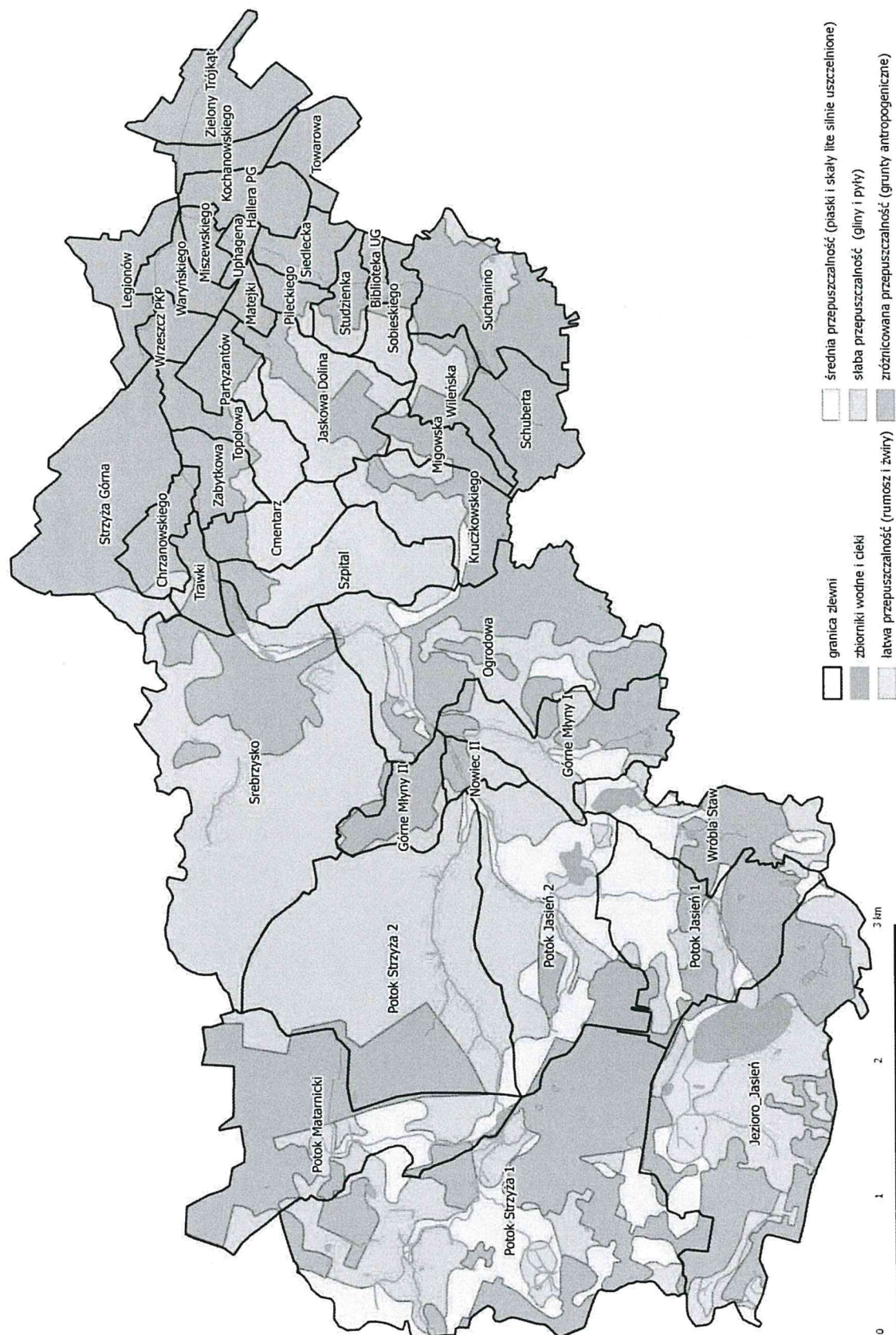
Podział terenów poszczególnych zlewni na obszary jednorodne zgodnie z metodyką SCS CN pozwolił opracować numery krzywych (dla odpowiednich klas gleb), których obliczenie dla poszczególnych zlewni przedstawiono zarówno w Tab.5.1. Parametry wymagane do propagacji fal wezbraniowych w korycie Potoku Strzyża 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

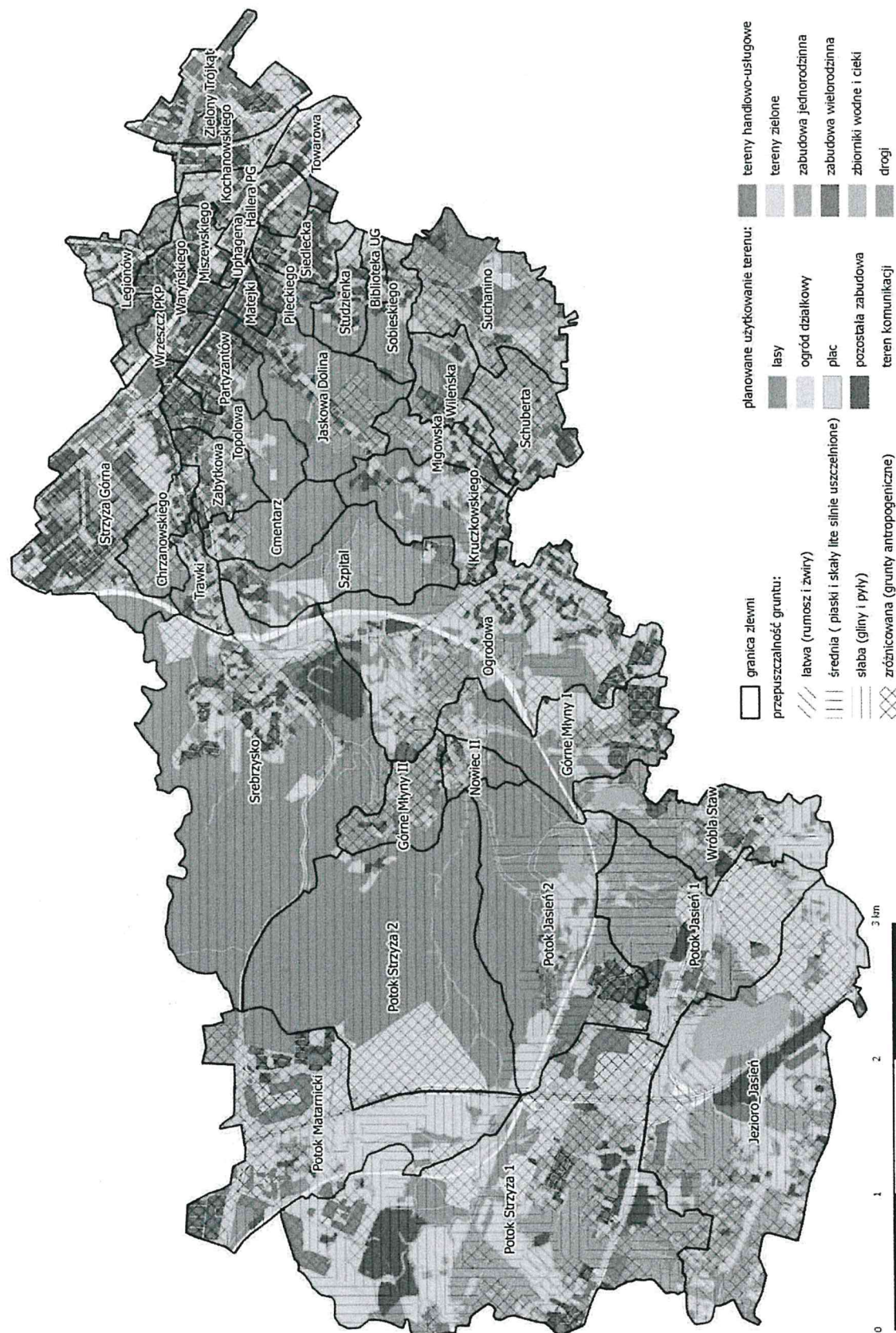
W opracowaniu [54] na podstawie dostępnej dokumentacji ([17-47,53]) przygotowano krzywe charakterystyczne dla każdego z modelowanych zbiorników, pozwalające zasymulować jego pracę w czasie formowania się odpływu w zlewni. Sporządzono w postaci tabelarycznej charakterystyki w zależności od dostępnych 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 zbiorników projektowanych przyjęto krzywe na podstawie koncepcji lub informacji uzyskanych w firmie „Gdańskie Wody” sp. z o. o. Charakterystyki te wykorzystano w programie HEC-HMS.



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



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 - c.d.

zlewnia	Jaskowa Dolina			Kochanowskiego			Kruczkowskiego			Legionów			Matejki			Migowska			Miszewskiego			Nowiec II			Partyzantów			Piłckiego		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
gleba																														
pokrycie	0	0	0	0	0	0	0	3467	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0				
	11651	44632	0	54642	5345	47805	0	107213	0	24578	552	33638	0	28726	3134	13272	1325	51379	0	20979										
drogi [m²]						8																								
plac, parking [m²]		488		3544	65	15017		2717				2082		7703		1571		10264				59								
tereny zielone [m²]	5199	27070		42070	49280	103311		66754		291	2818	53561		39180	16069	18212	3395	20641		6220										
ogród działkowy [m²]				12840																										
zabudowa							2																							
wolnostojąca [m²]	20548	94146		9734	16722	7946		50140		1050	340	66891		3585	3295	23419	1	17413		19827										
zabudowa zwarta,						8																								
wielorodzinna [m²]	1377	62941		40808	77	60667		112735		68576		23108		32671	1330	11898		89046		47814										
zbiorniki wodne, ciekły		244		1929		305		247						21		9305														
[m²]						19058										143														
las [m²]	413672	63474				13181					37802	6392			65558	1759	50933	3774	22887	5908										
tereny handlowo-																														
usługowe [m²]	18879	5315		7714	1745	8165		33213			4290	12512		1641			6	8209		6750										
porozstała zabudowa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
(przemysł, magazyny)	3752	33678	0	26218	15389	45674	0	33611	0	8904	0	7568	0	27754	0	2231	0	40541	0	15079										
powierzchnia	807065			199499		692661		406631		103400	251554	141281				171307		296927		145464										
całkowita [m²]																														
średni spadek [%]	25.11			5.66		20.29		4.26		6.44	16.75	6.69				18.74		9.84		16.50										
CN	80			93		79		95		98	88	93				80		90		91										

zlewnia	Schuberta			Siedlecka			Sobieskiego			Studzienka			Suchanino			Towarowa			Uphagena			Warzyńskiego			Wileńska			Wrzeszcz PKP			Zielony Trójkąt		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
gleba																																	
pokrycie	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	90359	0	43005	4833	22894	620	21322	3132	141642	0	76753	0	20462	0	45982	5377	35385	0	44374	0	147061											
plac, parking [m²]		16072		10571			887	909		2590	27990	6288		1035		2978		9476		32325													
tereny zielone [m²]		89275		49964	13297	29458	5387	54761	25379	104044	65023	17198		21147	6917	69881		20601		120385													
ogród działkowy [m²]										17402	23167																						
zabudowa																																	
wolnostojąca [m²]		219277		3760	9615	14255	2798	19810	18162	262103	5368	7740		5696	58230	42064		573		15217													
zabudowa zwarta,																																	
wielorodzinna [m²]		1631		39457		545	1431	15277		8860		21580		126549	333	63199		59596		70917													
zbiorniki wodne, ciekły		2455		177		72		628	1017	7256		454		33		2447				5700													
[m²]																																	
las [m²]		20970		7750	130735	17541	70788	9113	3279	71242	28442					198																	
tereny handlowo-																																	
usługowe [m²]		13952		6543	957	11993		579	63973	85889	4953	2265		1773	61379	8334		34648		140234													
pozostala zabudowa	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			
(przemysł, magazyny)	0	46764	0	96485	4112	15156	80	33049	1160	47530	0	53995	0	16054	0	24729	8482	4876	0	13105	0	48724											
powierzchnia	500755			257711		275463		237439		887827		262524		92042		226943		182373		580563													
całkowita [m²]																																	
średni spadek [%]	13.62			6.78		22.64		20.16		14.56	4.93	6.72		5.10		12.25		6.05		1.54													
CN	94			94		79		83		89	92	95		96		86		96		94													

zlewnia	Schuberta			Siedlecka			Sobieskiego			Studzienka			Suchanino			Towarowa			Uphagena			Warwńskiego			Wileńska			Wrzeszcz PKP			Zielony Trójkąt		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
gleba pokrycie	C	D	0	C	D	0	C	D	0	C	D	0	C	D	0	C	D	0	C	D	0	C	D	0	C	D	0	C	D	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			
drogi [m ²]	0	90359	0	43005	4833	22894	620	21322	3132	141642	0	76753	0	20462	0	45982	5377	35385	0	44374	0	147061											
plac, parking [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]										17402	23167																						
zabudowa																																	
wolnostojąca [m ²]	219277			3760	9615	14255	2798	19810	18162	262103		5368				5696	58230	42064		573		15217											
zabudowa zwarta, wielorodzinna [m ²]	1631			39457		545	1431	15277		8860						126549	333	63199		59596		70917											
zbiorniki wodne, ciekły [m ²]		2455		177		72		628	1017	7256						33		2447				5700											
lasy [m ²]																																	
tereny handlowo- usługowe [m ²]		20970		7750	130735	17541	70788	9113	3279	71242		28442					2009	198															
porozstała zabudowa (przemysł, magazyny)				6543	957	11993		579	63973	85889		4953		2265		1773	61379	8334		34648		140234											
	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	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												
CN	94		94		79		83		89		92		95		96		86		96		94												

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

Element	L cieku [m]	B cieku [m]	L zlewni [m]	wsp. Manninga n [-]	A zlewni [km ²]	CN _{sr}	I cieku [%]	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 ciek	B ciek	L zlewni	wsp. Manninga	A zlewni	CNśr	I ciek	I zlewni	t lag	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 ciek	B ciek	L zlewni	wsp. Manninga	A zlewni	CNśr	I ciek	I zlewni	t lag	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

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 $p=10\%$, $p=1\%$, 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.5.4.

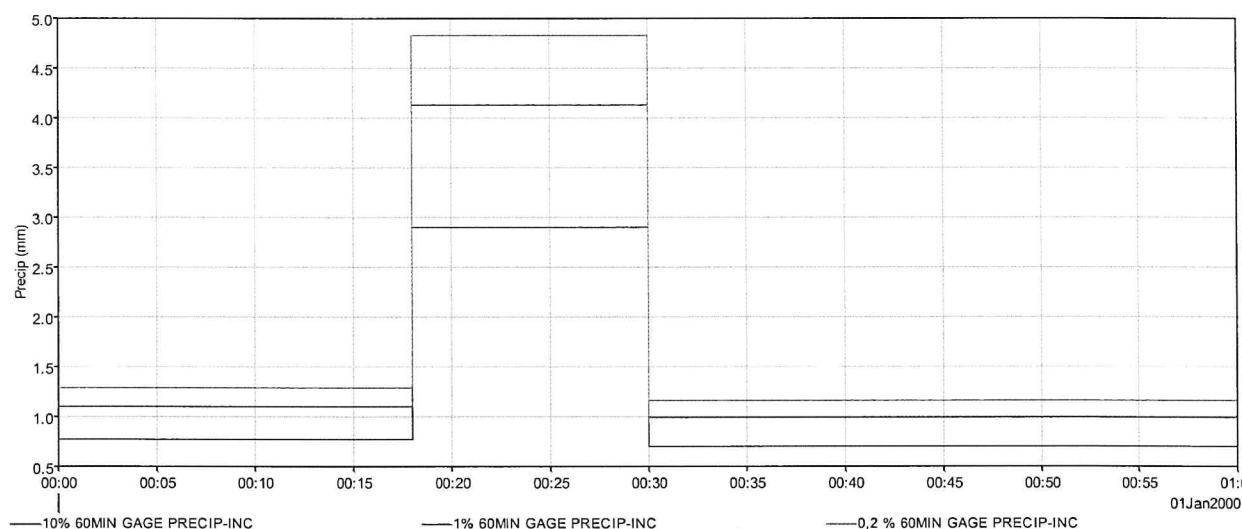
Tabela 5.4: Zestawienie maksymalnych sum opadu dla wybranych prawdopodobieństw i czasu trwania deszczu 60 min

p	P _{max}
[%]	[mm]
10	34,85
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.5.5 i na Rys.5.5.

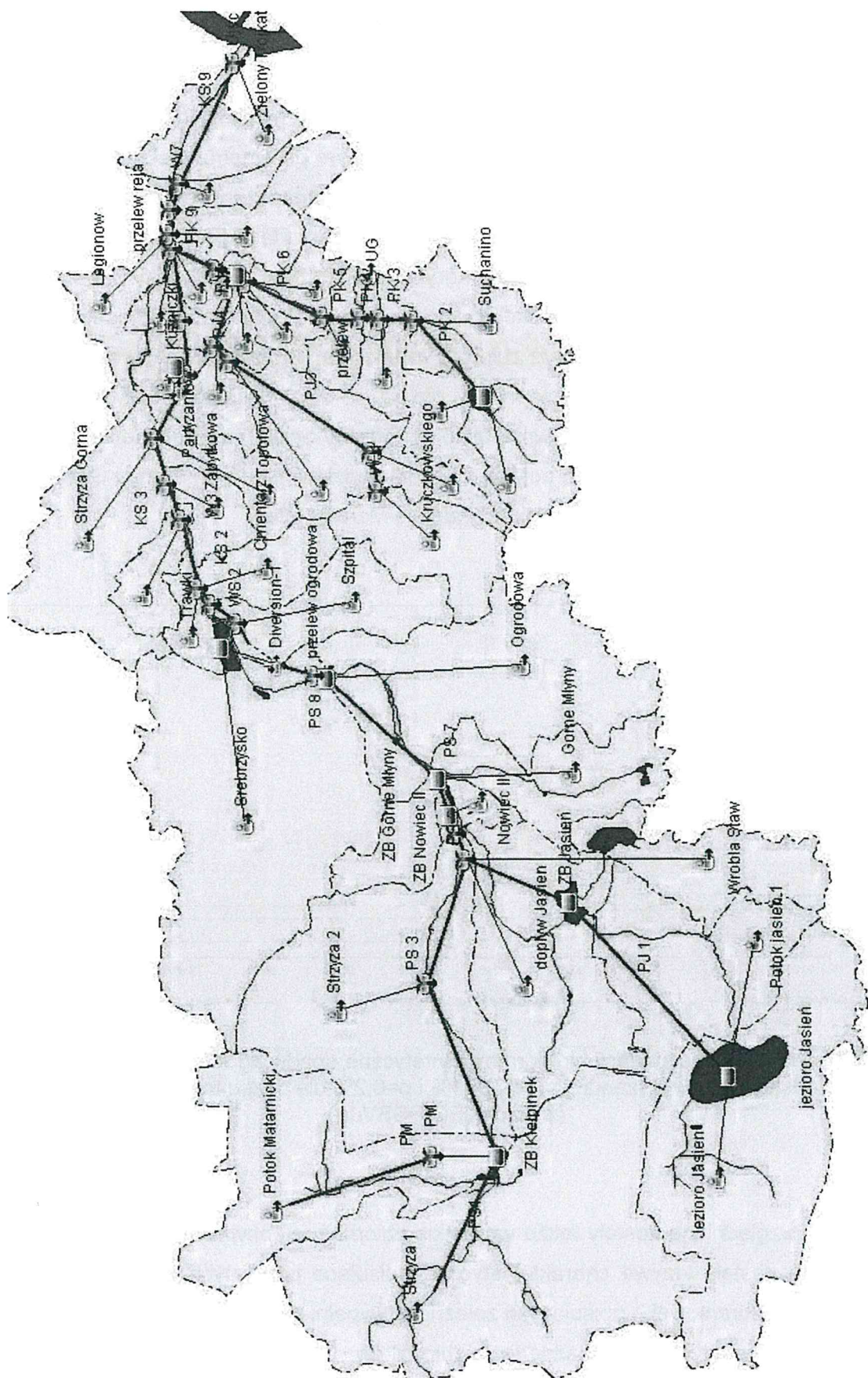
5.4. Przyjęty model hydrologiczny w programie HEC-HMS

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.5.6), 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.5.5. 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.5.6 Schemat struktury przyjętego modelu hydrologicznego Potoku Strzyża
(źródło: HEC-HMS)

Tabela 5.5: Rozkład opadu wg DVWK o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ i $p=0,2\%$ dla czasu trwania deszczu 60 min

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

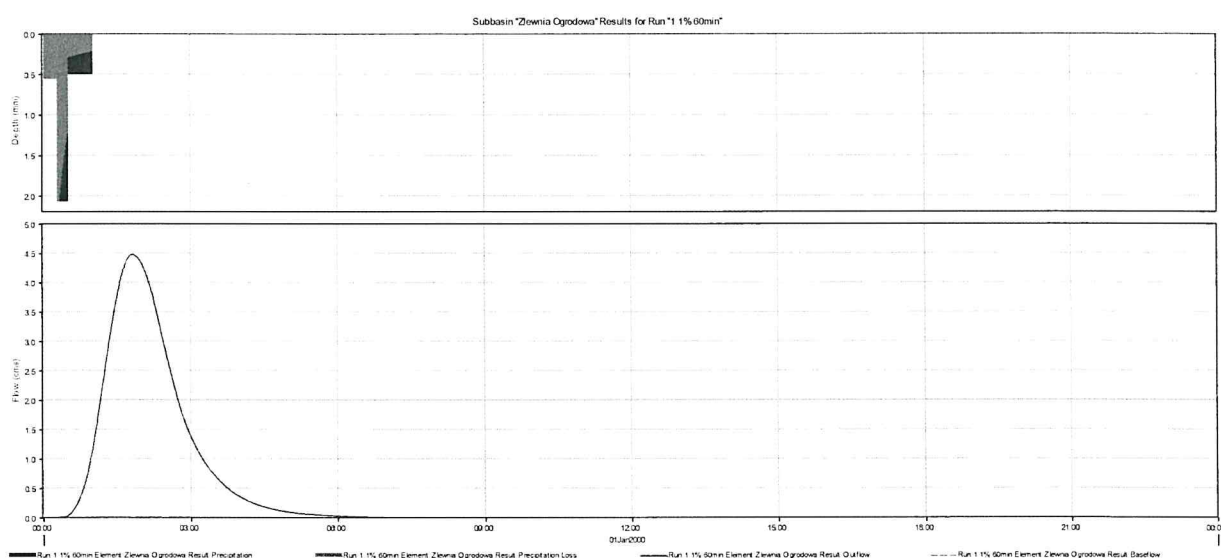
6. OBLICZENIA HYDROLOGICZNE

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 kulminacji 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. Przyjęto wysokość opadu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ 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.

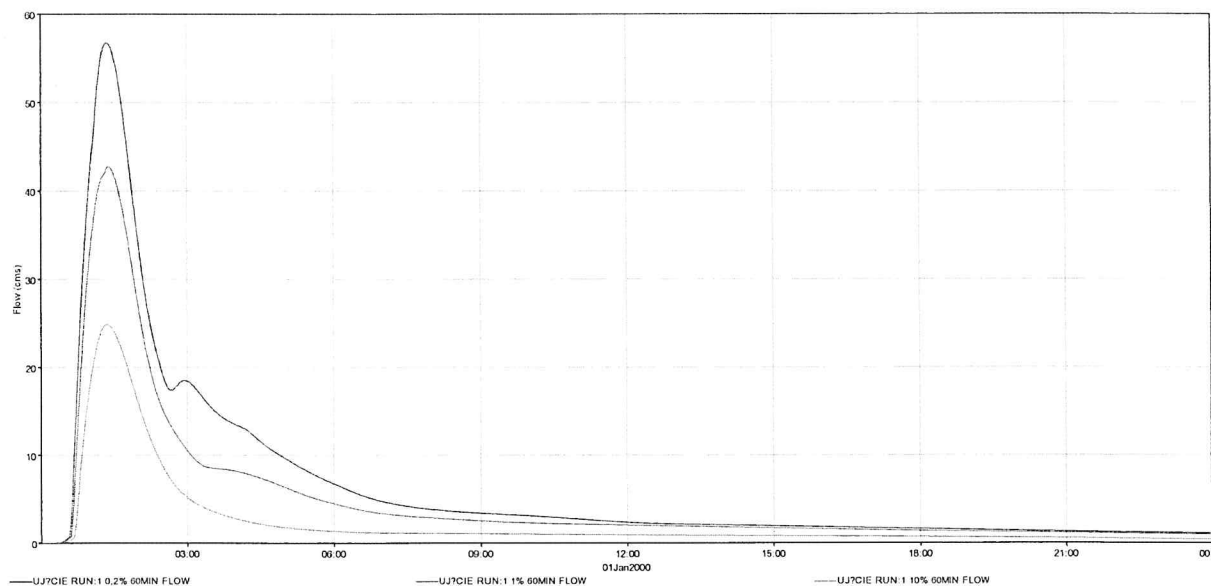


Rys.6.1 Hietogramy opadu całkowitego i efektywnego [mm] oraz hydrogram odpływu [m^3/s] z przykładowej podzlewni Ogrodowa dla deszczu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=1\%$, czasu trwania 60 min, rozkładu wg DVWK, dla stanu zagospodarowania i pokrycia terenu, po uwzględnieniu MPZP – źródło HEC-HMS

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 $p=10\%$, $p=1\%$ 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.

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 $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$ na Rys.6.3 oraz tabelarycznie w Tab.6.1.



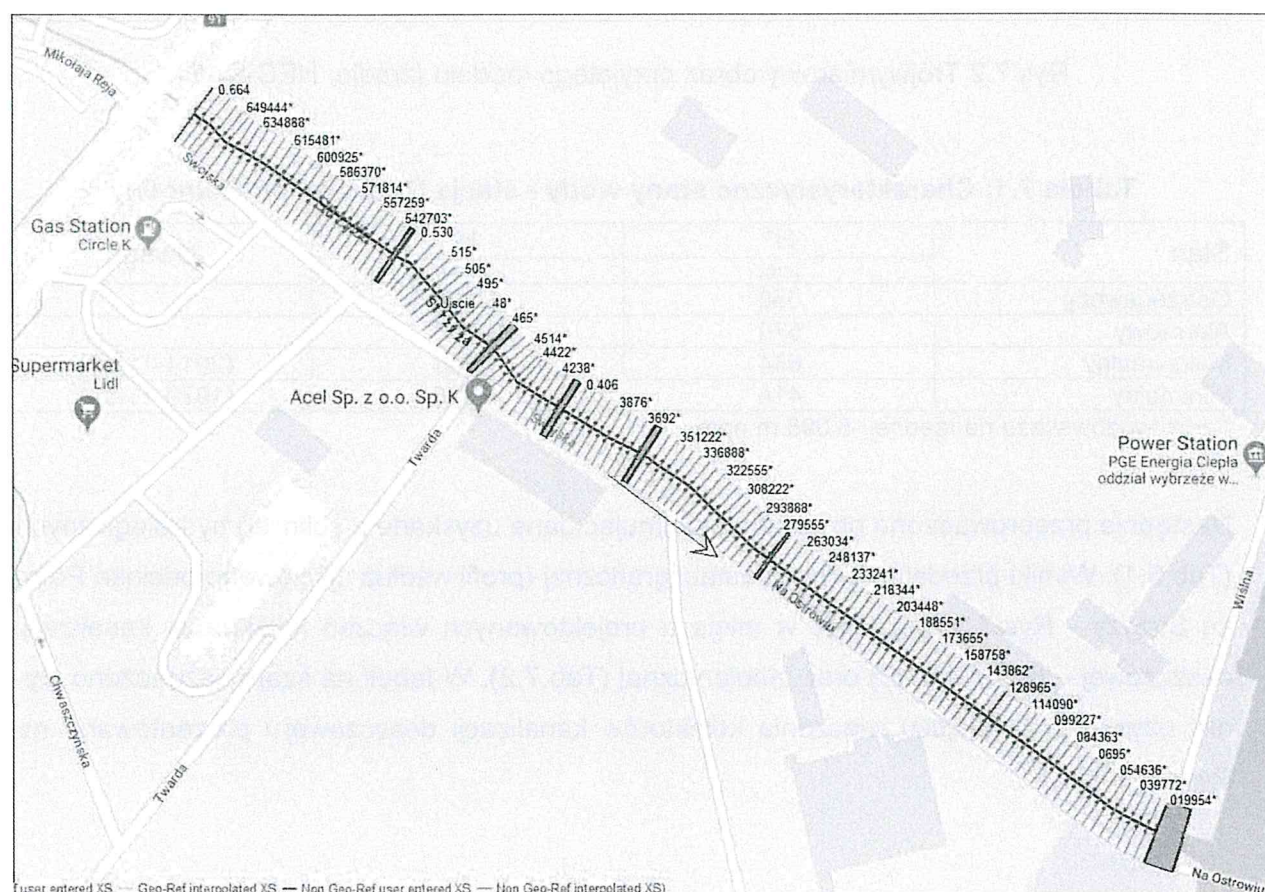
Rys.6.3 Hydrogramy przepływu $[m^3/s]$ dla sumy opadu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=0,2\%$, $p=1\%$ i $p=10\%$, rozkładu w czasie wg DVWK i czasu trwania 60 min w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża (źródło: HEC-DSSVue)

Tabela 6.1: Maksymalne wartości przepływów Q_{max} w przekroju zamykającym zlewnię Potoku Strzyża – zestawienie obliczeń dla stanu po uwzględnieniu MPZP

Prawdopodobieństwo przewyższenia $p\%$	Przepływ $Q [m^3/s]$
$p=10\%$	24,9
$p=1\%$	42,8
$p=0,2\%$	56,8

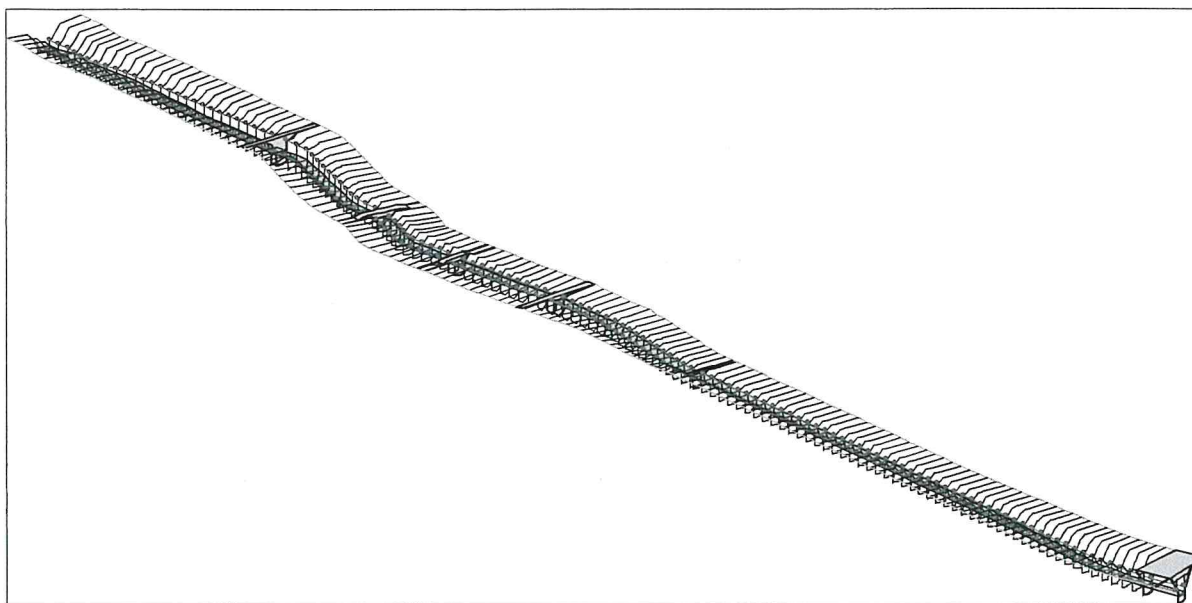
7. OBLICZENIA HYDRAULICZNE

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 pomiarzone 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. 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

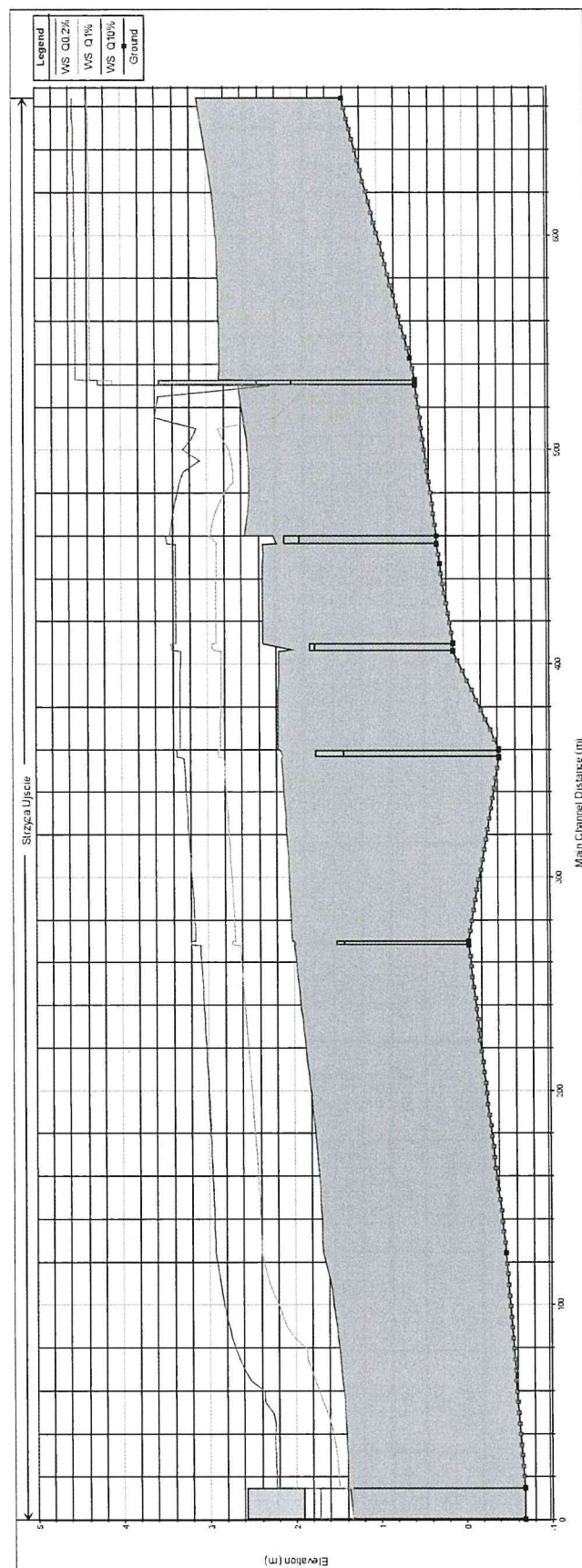
Stan	H*	H	Uwagi
	[cm]	[m npm]	
Ostrzegawczy	550	0,405	
Alarmowy	570	0,605	
Maksymalny	644	1,345	(2014-11-23)
Minimalny	414	-0,955	(1979-11-04)

* zero wodowskazu na rzędnej -5.095 m npm

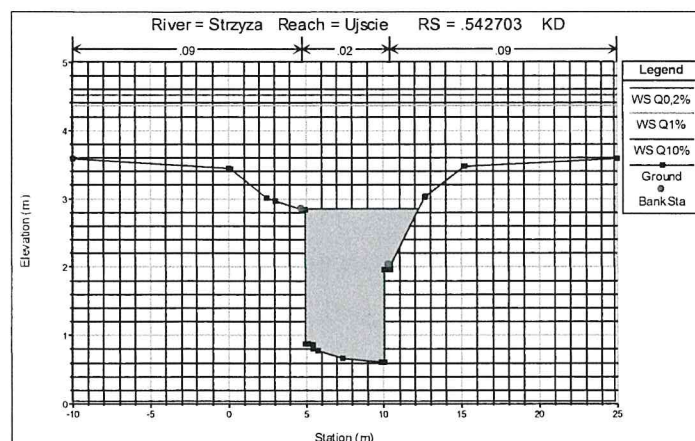
Następnie przeprowadzono obliczenia przyjmując dane uzyskane z obliczeń hydrologicznych (Tab.6.1). Wyniki przedstawiono w postaci graficznej (profil wzdłuż ujściowego odcinka Potoku Strzyży - Rys.7.3, przekroje w miejscu projektowanych włączeń kolektorów kanalizacji deszczowej – Rys.7.4 i 7.5) oraz tabelarycznej (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.

Tabela 7.2: Wyniki obliczeń hydraulicznych na ujściowym odcinku Potoku Strzyży dla przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$

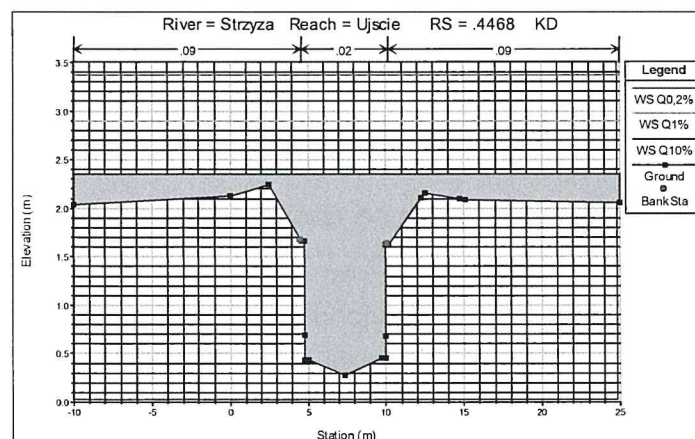
Km	p=10%					p=1%					p=0,2%				
	Q	Rzędna dna	Rzędna zw. wody	Głębokość	Prędkość średnia	Q	Rzędna dna	Rzędna zw. wody	Głębokość	Prędkość średnia	Q	Rzędna dna	Rzędna zw. wody	Głębokość	Prędkość średnia
	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m ³ /s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]
0.664	24.9	1.41	3.11	1.70	2.51	42.8	1.41	4.38	2.97	2.17	56.8	1.41	4.56	3.15	2.63
0.543	24.9	0.61	2.86	2.25	2.20	42.8	0.61	4.36	3.75	1.82	56.8	0.61	4.53	3.92	2.24
0.533	24.9	0.55	2.86	2.31	2.10	42.8	0.55	4.36	3.81	1.78	56.8	0.55	4.53	3.98	2.19
0.531			Bridge					Bridge					Bridge		
0.530	24.9	0.55	2.64	2.09	2.35	42.8	0.55	1.82	1.27	6.92	56.8	0.55	2.26	1.71	6.65
0.460	24.9	0.31	2.57	2.26	1.93	42.8	0.31	2.96	2.65	2.51	56.8	0.31	3.43	3.12	2.53
0.458			Bridge					Bridge					Bridge		
0.456	24.9	0.31	2.35	2.04	2.29	42.8	0.31	2.89	2.58	2.62	56.8	0.31	3.37	3.06	2.62
0.447	24.9	0.27	2.35	2.08	2.22	42.8	0.27	2.89	2.62	2.55	56.8	0.27	3.37	3.10	2.57
0.410	24.9	0.12	2.36	2.24	1.95	42.8	0.12	2.90	2.78	2.30	56.8	0.12	3.37	3.25	2.36
0.408			Bridge					Bridge					Bridge		
0.406	24.9	0.12	2.17	2.05	2.27	42.8	0.12	2.84	2.72	2.38	56.8	0.12	3.31	3.19	2.43
0.360	24.9	-0.42	2.18	2.60	1.88	42.8	-0.42	2.85	3.27	2.06	56.8	-0.42	3.31	3.73	2.16
0.358			Bridge					Bridge					Bridge		
0.356	24.9	-0.42	2.14	2.56	1.95	42.8	-0.42	2.81	3.23	2.10	56.8	-0.42	3.27	3.69	2.20
0.270	24.9	-0.05	2.02	2.07	2.06	42.8	-0.05	2.68	2.73	2.35	56.8	-0.05	3.14	3.19	2.46
0.269			Bridge					Bridge					Bridge		
0.268	24.9	-0.05	2.00	2.05	2.10	42.8	-0.05	2.64	2.69	2.41	56.8	-0.05	3.09	3.14	2.52
0.124	24.9	-0.48	1.68	2.16	2.27	42.8	-0.48	2.40	2.88	2.50	56.8	-0.48	2.93	3.41	2.53
0.015	24.9	-0.68	1.39	2.07	2.39	42.8	-0.68	1.50	2.18	3.88	56.8	-0.68	2.23	2.91	3.67
0.005			Bridge					Bridge					Bridge		
0.000	24.9	-0.68	1.35	2.03	2.45	42.8	-0.68	1.36	2.04	4.18	56.8	-0.68	1.53	2.21	5.06



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 $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$ (źródło HEC-RAS)



Rys.7.5 Położenie zwierciadła wody w miejscu wylotu KD (km 0+447) w warunkach przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$ (źródło HEC-RAS)

Analiza uzyskanych wyników przeprowadzonych obliczeń wykazała, że dla wszystkich trzech przepływów o prawdopodobieństwie przewyższenia $p=10\%$, $p=1\%$ oraz $p=0,2\%$ zwierciadło wody na 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. Rzędne w miejscach włączenia kanalizacji deszczowej z przepompowni ul. Swojskiej wyniosły: wylot w km 0+543 – rzędna zwierciadła wody dziesięcioletniej dla przepływu $Q_{\max 10\%}=24,9 \text{ m}^3/\text{s}$ osiągnęła **2,86 m npm**, rzędna zwierciadła wody stuletniej dla przepływu $Q_{\max 1\%}=42,8 \text{ m}^3/\text{s}$ osiągnęła **4,36 m npm** oraz rzędna zwierciadła wody pięćsetletniej dla przepływu $Q_{\max 0,2\%}=56,8 \text{ m}^3/\text{s}$ osiągnęła **4,53 m npm**; wylot w km 0+447 – rzędna zwierciadła wody dziesięcioletniej dla przepływu $Q_{\max 10\%}=24,9 \text{ m}^3/\text{s}$ osiągnęła **2,35 m npm**, rzędna zwierciadła wody stuletniej dla przepływu $Q_{\max 1\%}=42,8 \text{ m}^3/\text{s}$ osiągnęła **2,89 m npm** oraz rzędna zwierciadła wody pięćsetletniej dla przepływu $Q_{\max 0,2\%}=56,8 \text{ m}^3/\text{s}$ osiągnęła **3,37 m npm**.

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 $p=10\%$ (woda dziesięcioletnia), $p=1\%$ (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 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). W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano następujące wyniki w przekrojach włączenia wylotów kanalizacji deszczowej do Potoku Strzyża: w km 0+543 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 $p=10\%$ 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 **2,89 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, praktycznie na całym odcinku ujściowym potoku rzędna zwierciadła wody jest wyższa od rzędnej wody brzegowej.