
Raport miesięczny realizacji prac

Sierpień 2022

Trzeci miesiąc realizacji zadania pt. Ekspertyza techniczna wraz z wielowariantową koncepcją rozwiązań projektowych oraz ustalenie charakteru wód dla zadania: „Odbudowa koryta Potoku Demptowskiego, gm. Gdynia, pow. Gdynia, woj. pomorskie”.

Przeprowadzono następujące prace: (1) Opracowanie podziału zlewni na podzlewnie - dokończenie w zakresie zlewni miejskich kanalizacji deszczowej (2) Wykonanie modelu hydrologicznego zlewni potoku w stanie istniejącym

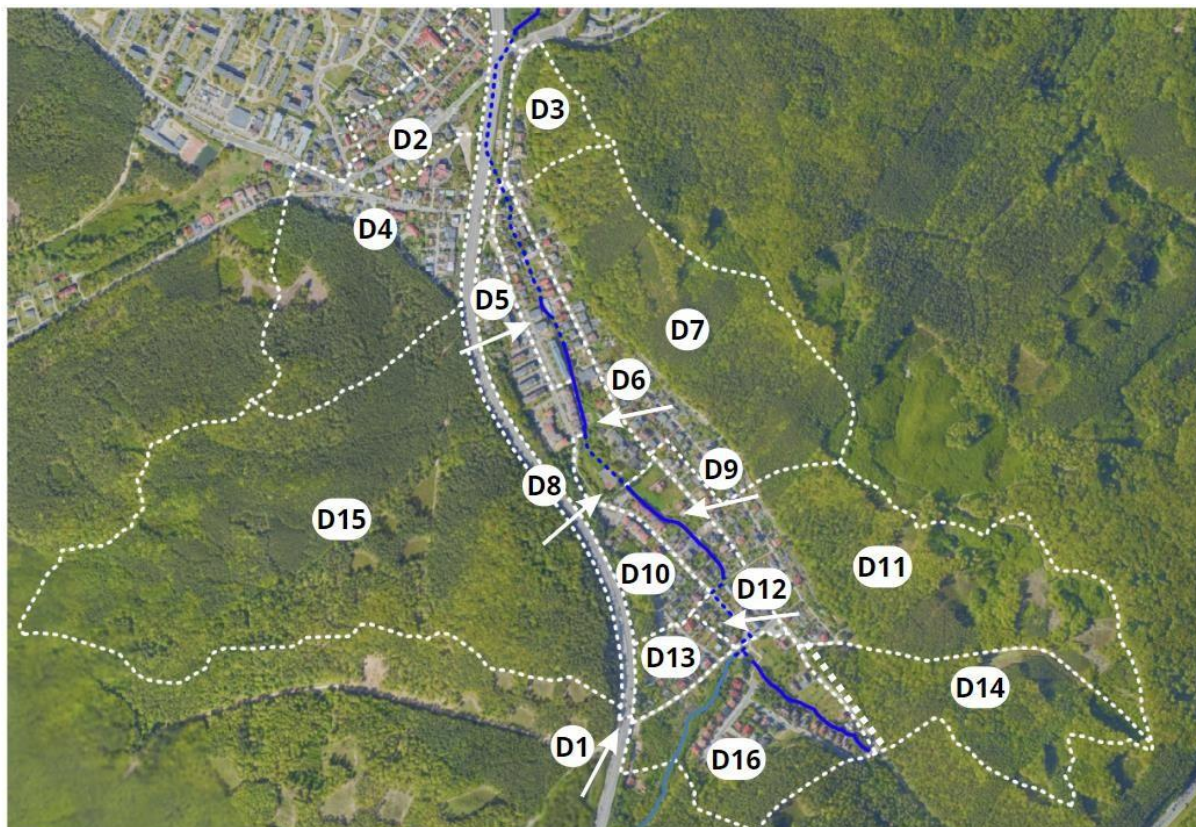
1 Analiza hydrologiczna z wyznaczeniem podziału zlewni cząstkowych oraz dróg spływu - Etap II zlewnia zurbanizowana (kanalizacja deszczowa)

1.1. Zlewnia D

Dolna części zlewni potoku, na potrzeby opracowania nazwana ‘zlewnia D’ dotyczy odcinka od komory podziemnej w rejonie ul Sakowicza do piaskownika przy ul. Chełmińskiej. Ta części zlewni to pojedyncza dolina, w której znajduje się luźna zabudowa mieszkaniowa ulic Demptowskiej i Skarbka. Od prawej strony dolina jest obudowana zalesionymi wzgórzami natomiast od strony lewej przecina ją obwodnica. Obszar po zachodniej stronie obwodnicy odprowadza wodę deszczową również do potoku Demptowskiego ale ujęta jest w kanalizację pod obwodnicą i faktycznie trafia do potoku dopiero poniżej ulicy Jaskółczej.

W tym obszarze mają miejsce regularne podtopienia i powodzie wywołane przez przybierające wody potoku, co jest szczególnie widoczne w rejonie posesji przy ul. Demptowskiej od nr 10 do 40 (parzyste). Przyczyną tego jest nadmierny dopływ od strony górnej części zlewni (zlewnia leśna) oraz niewielka przepustowość koryta potoku w ww. rejonie. Na tym odcinku potok przepływa przez prywatne posesje a koryto jest utrzymywane epizodycznie (mieszkańcy sami dbają o stan koryta).

Na obszarze wydzielono 16 podzlewni które są w większości zlewniami kanalizacji deszczowej. Całość powierzchni ciężącej do potoku od ul Sakowicza do piaskownika przy ul. Chełmińskiej wynosi 1,492 km². Podział na pod zlewnie obrazuje szkic poniżej.



Rysunek 1. Granice dolnej części zlewni potoku Demptowskiego- zlewnia zbiornika retencyjnego przy ul. Chełmińskiej z wyłączeniem górnej części zlewni (zlewni A B i C)

1.1. Zestawienie tabelaryczne informacji o podzlewniach potoku Demptowskiego

W celu uprządkowania informacji o zlewniach potoku Demptowskiego wykona zestawienie tabelaryczne, w którym ujęto w kolejnych kolumnach: nazwę zlewni, powierzchnię zlewni, rodzaj drogi spływu rzędna początku i końca drogi spływu, długość drogi spływu. Informacje te były niezbędne do zbudowania modelu typu opad – odpływ zlewni, co zostało zaprezentowane w kolejnym rozdziale raportu.

Tabela 1. Parametry zlewni A potoku Demptowskiego (przekrój zamykający – wiadukt obwodnicy nad ul Komandora Sakowicza)

Nazwa zlewni	Powierzchnia	rodzaj drogi spływu	H1	H2	długość drogi spływu	spadek drogi spływu
-	km ²	-	mnpm	mnpm	m	-
A1	0,335	las mieszany	143	106,7	742,23	0,0489
		rów odwadniający (ziemny)	106,7	67,9	923,28	0,0420
		ulica	67,9	66,8	50,651	0,0217
A2	3,803	las mieszany	161,9	117	1280,43	0,0351
		rów odwadniający (ziemny)	117	67	2760,18	0,0181

		ulica	67	66,8	32	0,0063
A3	0,791	las mieszany	147	143,3	138,73	0,0267
		rów odwadniający (ziemny)	143,3	71	1983,34	0,0365
A4	0,08	las mieszany	140,4	125	249,62	0,0617
		rów odwadniający (beton)	125	107	268,69	0,0670
		przpuśt	107	106	54,27	0,0184
A5	0,164	rów odwadniający (ziemny)	148	97	850,87	0,0599
		przpuśt	97	95	71,9	0,0278
A6	0,001	droga	66	57,5	240	0,03542
A	5,174					

Tabela 2. Parametry zlewni B potoku Demptowskiego (przekrój zamykający – piaskownik przy ul Komandora Sakowicza)

Nazwa zlewni	Powierzchnia	rodzaj drogi sptywu	H1	H2	długość drogi sptywu	spadek drogi sptywu
-	km ²	-	mnpm	mnpm	m	-
B1	0,015	kd 400	81,29	68,56	428	0,02974
B2	0,043	kd 400	136,21	81,29	1238	0,04436
B3	0,25	las mieszany	124	113	602,2	0,0183
		kd 300	111,95	84,5	361,41	0,0760
B4	0,012	las mieszany	121	79	140,87	0,2981
B5	0,111	las mieszany	121	69	243,53	0,2135
		dopływ	69	60	248,79	0,0362
B6	0,056	las mieszany	120	98	214,37	0,1026
		rów odwadniający (ziemny)	98	60	450,76	0,0843
		dopływ	60	59,3	40,71	0,0172
B	0,487					

Tabela 3. Parametry zlewni C potoku Demptowskiego (przekrój zamykający – zbiornik przy ul Komandora Sakowicza)

Nazwa zlewni	Powierzchnia	rodzaj drogi sptywu	H1	H2	długość drogi sptywu	spadek drogi sptywu
--------------	--------------	---------------------	----	----	----------------------	---------------------

-	km ²	-	mnpm	mnpm	m	-
C1	0,348	las mieszany	129	110	281,87	0,0674
		przepust	110	105	30	0,1667
		las mieszany	105	66	290	0,1345
		rów odwadniający (ziemny)	66	62	327,8	0,0122
C2	0,015	kd 300	112,38	107,56	430	0,0112
C3	0,097	las mieszany	117	72	508,52	0,0885
C4	0,137	rów odwadniający (ziemny)	138	71,6	812,33	0,0817
C5	0,082	las mieszany	118	74	285,31	0,1542
		rów odwadniający (ziemny)	74	71,6	174,55	0,0137
C6	0,346	las mieszany	141	76	679,17	0,0957
C7	0,133	las mieszany	141	99	431,19	0,0974
		rów odwadniający (ziemny)	99	83,6	473,08	0,0326
C8	0,795	rów odwadniający (ziemny)	133	88	1661,7	0,0271
C9	1,385	rów odwadniający (ziemny)	138	99	2364,29	0,0165
C10	0,014	kd 400	141,3	139,12	548,5	0,0040
C11	0,863	las mieszany	128	119	534,84	0,0168
		las mieszany	119	110	499,8	0,0180
		rów odwadniający (ziemny)	110	82,6	1104,6	0,0248
C	4,215					

Tabela 4. Parametry zlewni D potoku Demptowskiego (przekrój zamykający – piaskownik przy ul. Chętmińskiej)

Nazwa zlewni	Powierzchnia	rodzaj drogi spływu	H1	H2	długość drogi spływu	spadek drogi spływu
-	km ²	-	mnpm	mnpm	m	-
D1	0,04	droga	72,35	71,98	54	0,0069
		kd400	69,49	41,57	964,72	0,0289
		k400	41,57	40,81	18	0,0422
		kd600	40,81	37,69	31,63	0,0986
		kd400	37,69	37,19	25,35	0,0197
		kd600	37,19	37,97	53,5	-0,0146
		kd600	38,65	37,75	37	0,0243
		kd800	37,75	37,46	26	0,0112
		kd1000	37,46	35,8	153,5	0,0108
		kd1200	35,8	34	71,03	0,0253
D2	0,048	trawniki między domkami	45,8	42	166,89	0,0228
		droga	42	37,7	157,48	0,0273
		kd400	36,17	36,45	34,8	-0,0080
D3	0,03	las mieszany	87	46	254,88	0,1609
D4	0,139	las mieszany	121	47,5	471	0,1561
		trawniki/chodniki między domami	47,5	46,57	72,85	0,0128
		kd200	46,57	46,3	5,57	0,0485
		kd400	46,3	41,19	146,14	0,0350
		kd600	41,19	39,71	90,51	0,0164
D5	0,017	las mieszany	46	44	38,21	0,0523
		Potok Demptowski - przez teren domków jednorodzinnych	44	39,47	340,37	0,0133
		kd800	39,47	38,98	39,61	0,0124
D6	0,028	trawnik między domami	50	47	62,65	0,0479

		kd800	47	46	138,01	0,0072
		Potok Demptowski - przez teren domków jednorodzinnych	46	39,47	453,67	0,0144
		kd800	39,47	38,98	39,61	0,0124
D7	0,209	las mieszany	119	64	359	0,1532
		ulica	64	57	43,78	0,1599
		kdx	56,97	53,13	142,83	0,0269
		kd250	53,13	51,6	71,52	0,0214
		kd150	51,53	50,54	16	0,0619
		kd250	50,46	47,81	22,51	0,1177
		kd300	47,81	46,74	8,46	0,1265
		kd400	46,74	40	393,34	0,0171
D8	0,018	trawnik między domami	54	52	36,16	0,0553
		potok Demptowski - kanał otwarty	52	47	254,3	0,0197
		potok Demptowski - pod ziemią	47	46	138,01	0,0072
D9	0,023	kd300	55,32	49,82	221,64	0,0248
		kdx	49,82	48,13	148,63	0,0114
		kd400	48,05	47,74	27,28	0,0114
		kd200	47,74	47,52	50	0,0044
		kd500	47,52	47,41	15	0,0073
D10	0,076	trawnik między budynkami	72	52,99	152,27	0,1248
		kd200	52,37	50,31	2,69	0,7658
		kd300	50,31	42,15	634,82	0,0129
		kd400	42,15	39,09	246,52	0,0124
D11	0,199	las mieszany	115	64	704,58	0,0724
		ulica	64	59,8	71,45	0,0588

		kd200	59,8	59,27	2,4	0,2208
		kd300	56,97	49,82	278,56	0,0257
		kdx	49,82	48,13	148,63	0,0114
		kd400	48,05	47,88	17,125	0,0099
D12	0,005	trawnik między budynkami	57	55	68,56	0,0292
		kd200	53,95	53,76	11,5	0,0165
		kd1000	52,39	51,36	123,45	0,0083
D13	0,022	kd200	63,79	60,78	45,34	0,0664
		kd250	60,64	55,58	106,3	0,0476
		kd500	55,28	52,29	51,27	0,0583
D14	0,099	las mieszany	114	60	640,52	0,0843
		kd300	58,04	56,36	86	0,0195
D15	0,443	las mieszany	135	50	1274	0,0667
D16	0,096	rów ziemny	62	55	288,175	0,0243
D	1,492					

2 Model hydrologiczny zlewni potoku Demptowskiego

2.1. Metodologia i założenia do modelu

Obliczenia opadu efektywnego oraz spływu powierzchniowego wykonano z wykorzystaniem pakietu HEC HMS.

W ramach zadania należy określić przepływy miarodajne w potoku do sprawdzenia przepustowości koryta w stanie istniejącym. Przepływ miarodajny dla potoku określa się, jako przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia 10%, natomiast jako przepływ kontrolny przyjmuje się przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia 1%. Ustalenie przepływu miarodajnego i kontrolnego w potoku, w którym nie prowadzi się systematycznych obserwacji stanów wody sprowadza się do obliczenia przepływu maksymalnego wygenerowanego przez opad o tym samym prawdopodobieństwie przewyższenia.

W celu określenia hydrogramów dopływu wykonano matematyczny model o parametrach skupionych (w oparciu o metodę SCS CN) zlewni Potoku Demptowskiego. Uwzględniono transformację fali wezbraniowej w korycie potoku

według metody fali kinematycznej. Wykonano analizę hydrologiczną zlewni potoku w oparciu o mapy topograficzne, zdjęcia satelitarne, mapy glebowe. Na jej podstawie wyznaczono granice zlewni, podzielone na zlewnie cząstkowe o określonych parametrach takich jak m.in.: powierzchnia, spadek, długość drogi spływu, czas koncentracji, możliwości retencyjne (parametr CN). Wysokość opadu dla prawdopodobieństwa 10% i 1% obliczono z wykorzystaniem formuły opadowej IMGW, uwzględniając położenie geograficzne analizowanej zlewni. Symulacje wykonano dla deszczów o czasie trwania: 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 360, 480, 720, 960, 1200, 1400 minut. Jako opad miarodajny wybrano wariant najbardziej niekorzystny (wywołujący największy hydrogram odpływu).

2.2. Wyznaczenie opadów o określonych prawdopodobieństwach przewyższenia

Uwzględniając położenie geograficzne analizowanej zlewni, wysokość opadu dla prawdopodobieństwa 10%, 1% i 0,5 % obliczono z wykorzystaniem formuły opadowej IMGW. Formuła ta umożliwia policzenia całkowitej wysokości opadu dla uprzednio przyjętego czasu trwania i prawdopodobieństwa:

$$P = 1,42 \cdot T_d^1 \alpha^3 + \alpha \cdot [-\ln(p)]^{0,584} \quad (1)$$

gdzie:

P – całkowita wysokość opadu [mm]

T_d – czas trwania deszczu [min]

p – prawdopodobieństwo przewyższenia (podawane bezwymiarowo tj. prawdopodobieństwu 10% odpowiada wartość $p = 0,1$)

α – współczynnik wagowy przyjmowany w zależności od czasu trwania deszczu w sposób następujący:

$$T_d \leq 30 \text{ minut} \rightarrow \alpha = 0,392 \cdot \ln(T_d + 1) - 1,662 \quad (2a)$$

$$30 T_d \leq 60 \text{ minut} \rightarrow \alpha = 8,944 \cdot \ln(T_d) - 18,6 \quad (2b)$$

$$60 T_d \leq 120 \text{ minut} \rightarrow \alpha = 4,693 \cdot \ln(T_d + 1) - 1,249 \quad (2c)$$

$$120 T_d \leq 720 \text{ minut} \rightarrow \alpha = 2,223 \cdot \ln(T_d + 1) - 10,639 \quad (2d)$$

$$T_d > 720 \text{ minut} \rightarrow \alpha = 9,472 \cdot \ln(T_d + 1) - 37,032 \quad (2e)$$

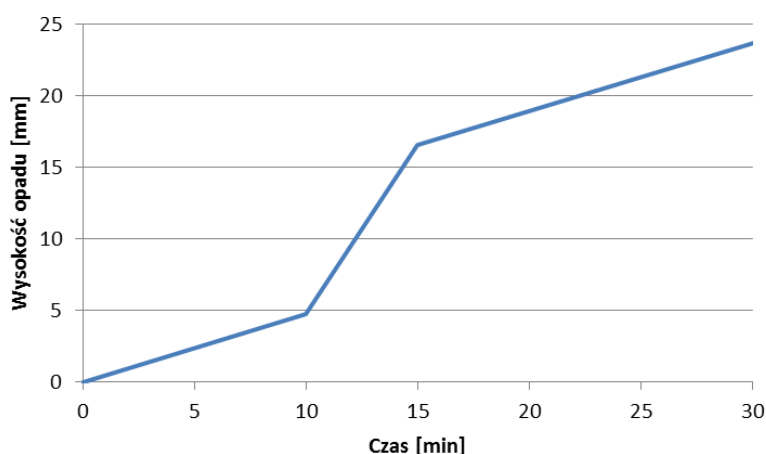
Obliczone opady dla wymaganych prawdopodobieństw przewyższenia oraz dla różnych czasów trwania zestawiono w tabeli poniżej

Tabela 5 Obliczone wysokości opadu wg formuły IMGW

T_d [min]	α	P [mm]
-------------	----------	----------

		$p = 10$	$p = 1$
30	11,80	23,6	33,2
60	18,02	34,9	49,5
90	19,92	38,8	55,0
120	21,26	41,6	58,9
150	21,79	43,0	60,7
180	22,20	44,1	62,2
210	22,54	45,1	63,4
240	22,83	46,0	64,5
360	23,73	48,7	68,0
480	24,37	50,8	70,6
720	25,27	53,9	74,4
960	28,02	59,6	82,4
1200	30,13	64,1	88,6
1440	31,86	67,9	93,8

Rozkład czasowy opadu określono wg metody DVWK, która mówi, że w ciągu pierwszych 30% czasu spadnie 20% całkowitej sumy opadu, do połowy całkowitego czasu trwania opadu spadnie 70% deszczu, a reszta opadu wystąpi podczas ostatnich 50% czasu (patrz Rysunek 2). Przyjęto równomierną wysokość i natężenie opadu na obszarze całej zlewni.



Rysunek 2. Hietogram opadu skumulowanego dla prawdopodobieństwie przewyższenia 10% występującego w czasie 30 min

Tabela 6 Wysokość opadu w czasie dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p = 10\%$ (czas trwania od 30 do 150 minut)

Czas trwania deszczu 30 min.		Czas trwania deszczu 60 min.		Czas trwania deszczu 90 min.		Czas trwania deszczu 120 min		Czas trwania deszczu 150 min	
T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	4,72	20	11,63	30	12,93	40	13,87	50	14,34
15	16,53	30	24,42	45	27,15	60	29,12	75	30,11
30	23,62	60	34,89	90	38,79	120	41,60	150	43,01

Tabela 7 Wysokość opadu w czasie dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p = 10\%$ (czas trwania od 180 do 480 minut)

Czas trwania deszczu 180 min.		Czas trwania deszczu 210 min.		Czas trwania deszczu 240 min.		Czas trwania deszczu 360 min		Czas trwania deszczu 480 min	
T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	14,71	70	15,04	80	15,33	120	16,24	160	16,93
90	30,90	105	31,58	120	32,19	180	34,11	240	35,54
180	44,14	210	45,12	240	45,98	360	48,72	480	50,78

Tabela 8 Wysokość opadu w czasie dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p = 10\%$ (czas trwania od 720 do 1440 minut)

Czas trwania deszczu 720 min.		Czas trwania deszczu 960 min.		Czas trwania deszczu 1200 min.		Czas trwania deszczu 1440 min	
T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0
240	17,95	320	19,87	400	21,38	480	22,63
360	37,70	480	41,73	600	44,89	720	47,52
720	53,85	960	59,61	1200	64,13	1440	67,89

Tabela 9 Wysokość opadu w czasie dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p = 1\%$ (czas trwania od 30 do 150 minut)

Czas trwania deszczu 30 min.		Czas trwania deszczu 60 min.		Czas trwania deszczu 90 min.		Czas trwania deszczu 120 min		Czas trwania deszczu 150 min	
T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	11,07	20	16,51	30	18,32	40	19,62	50	20,24
15	23,24	30	34,67	45	38,47	60	41,21	75	42,50
30	33,20	60	49,52	90	54,96	120	58,87	150	60,71

Tabela 10 Wysokość opadu w czasie dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p = 1\%$ (czas trwania od 180 do 480 minut)

Czas trwania deszczu 180 min.		Czas trwania deszczu 210 min.		Czas trwania deszczu 240 min.		Czas trwania deszczu 360 min		Czas trwania deszczu 480 min	
T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	20,72	70	21,14	80	21,51	120	22,67	160	23,52
90	43,52	105	44,40	120	45,17	180	47,60	240	49,40
180	62,17	210	63,42	240	64,53	360	68,00	480	70,57

Tabela 11 Wysokość opadu w czasie dla prawdopodobieństwa przewyższenia $p = 1\%$ (czas trwania od 720 do 1440 minut)

Czas trwania deszczu 720 min.		Czas trwania deszczu 960 min.		Czas trwania deszczu 1200 min.		Czas trwania deszczu 1440 min	
T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]	T [min]	P [mm]
0	0	0	0	0	0	0	0
240	24,79	320	27,46	400	29,54	480	31,25
360	52,06	480	57,66	600	62,02	720	65,63
720	74,37	960	82,37	1200	88,61	1440	93,76

2.3. Obliczenia opadu efektywnego - metoda SCS CN

Opad efektywny obliczany jest wg metody SCS (*ang. Soil Conservation Service*) na podstawie wysokości opadu, potencjalnej retencji zlewni oraz strat początkowych. Metoda SCS bazuje na hipotezie, że stosunek skumulowanej infiltracji $F(t)$ do potencjalnej retencji zlewni R jest równy stosunkowi skumulowanego opadu efektywnego $P_e(t)$ do skumulowanego opadu całkowitego $P(t)$ pomniejszonego o straty początkowe S_p :

$$\frac{F(t)}{R} = \frac{P_e(t)}{P(t) - S_p} \quad (3)$$

gdzie:

- $F(t)$ – skumulowana infiltracja [mm];
- R – potencjalna retencja zlewni [mm];
- $P_e(t)$ – skumulowany opad efektywny [mm];
- $P(t)$ – skumulowany opad rzeczywisty [mm];
- S_p – straty początkowe [mm].

W równaniu (3) skumulowany opad rzeczywisty jest daną wejściową, wyliczoną na podstawie formuły IMGW (1). W celu określenia retencji zlewni w myśl metody SCS należy ustalić rodzaj zalegających gleb oraz sposobu użytkowania terenu.

Tabela 12 Wartości parametru CN dla różnego pokrycia terenu i grup glebowych

Rodzaj pokrycia terenu	Opis – warunki hydrologiczne	Wartości CN dla grup glebowych			
		A	B	C	D
Tereny otwarte: trawniki, parki, pola golfowe, cmentarze itp.	Złe warunki hydrologiczne (trawa pokrywa do 50% powierzchni)	68	79	86	89
	Średnie (pokrycie 50-75%)	49	69	79	84
	Dobre (pokrycie > 75%)	39	61	74	80
Tereny nieprzepuszczalne: utwardzone parkingi, dachy, jezdnie	-	98	98	98	98
Ulice i jezdnie	Nieprzepuszczalne z poboczami i rowami otwartymi	83	89	92	93
	Żwirowe	76	85	89	91
	Gruntowe	72	82	87	89
Tereny handlowe i przemysłowe	Ok. 85% pow. nieprzepuszczalnej	89	92	94	95
	Ok. 72% pow. nieprzepuszczalnej	81	88	91	93
Tereny zamieszkałe – przy przeciętnej powierzchni działki:	< 500 m ² , lub 65% pow. nieprzepuszczalnej	77	85	90	92
	1000 m ² , 38%	61	75	83	87
	1700 m ² , 30%	57	72	81	86
	2000 m ² , 25%	54	70	80	85
	4000 m ² , 20%	51	68	79	84
	Zagrody	59	74	82	86
Łąki	Warunki przeciętne	30	58	71	78
Lasy	Gęste	25	55	70	77
	Średnie	36	60	73	79
	Rzadkie	45	66	77	83

Ze względu na zagospodarowanie terenu zlewni w obliczeniach brano pod uwagę grupy użytkowania terenu: Las, tereny zamieszkałe oraz tereny nieprzepuszczalne (dla obszaru obwodnicy). Na podstawie tych informacji dobiera się parametr CN, który następnie wykorzystuje się do obliczenia potencjalnej retencji zlewni:

$$R = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) [\text{mm}] \quad (4)$$

Ostatecznie uzyskuje się wzór na skumulowany opad efektywny:

$$P_e(t) = \frac{(P(t) - S_p)^2}{P(t) - S_p + R} [\text{mm}] \quad (5)$$

W liczniku równania znajduje się różnica skumulowanego opadu efektywnego i strat początkowych. Należy postawić warunek, zgodnie z którym, jeśli wysokość skumulowanego opadu rzeczywistego nie przekracza wysokości strat początkowych, wówczas opad efektywny się nie wytworzy. Oznacza to, że opad efektywny zacznie mieć znaczenie w momencie przekroczenia sumy strat początkowych S_p . Straty początkowe stanowią tę część opadu, która uległa infiltracji, intercepcji oraz jest zatrzymywana w zagłębieniach terenowych i nie została ujęta w ramach skumulowanej infiltracji. Wielkość strat początkowych S_p , które są proporcjonalne do potencjalnej retencji zlewni oraz do wielkości parametru CN , można określić za pomocą wzoru:

$$S_p = \mu \cdot R [\text{mm}] \quad (6)$$

gdzie μ – współczynnik wyznaczany w stosunku do przyjętego parametru CN . Ze względu na niewielki udział tego parametru zdecydowano o potraktowaniu go jako stałej przyjętej dla wszystkich zlewni $\mu = 0,2$.

Dla wszystkich obliczeń przyjęto średnie uwilgotnienie zlewni (AMCII), czyli nie wprowadzono korekty parametrów CN .

Obszarową zmienność: użytkowania powierzchni zlewni, rodzaju gleb, sposobu uprawy i warunków hydrologicznych uwzględnia się w wartości CN , obliczając ją jako wartość średnią ważoną ze wzoru:

$$CN = CN_{sr} = \frac{\sum_{j=1}^m CN_j \cdot A_j}{A} \quad (7)$$

gdzie: CN_{sr} - średnia wartość parametru CN ,

CN_j - wartość parametru CN charakterystyczna dla danego pokrycia zlewni, sposobu użytkowania i rodzaju gleb,

A_j - powierzchnia cząstkowa zlewni km^2 ,

A - całkowita powierzchnia zlewni w km^2 ,

m - liczba powierzchni jednorodnych.

2.4. Wyznaczanie hydrogramu odpływu ze zlewni

Transformację opadu w spływ powierzchniowy wykonano przy wykorzystaniu metody SCS UH. Czas koncentracji wyznaczono za pomocą metody segmentowej SCS, w której dokonuje się rozdzielania okresu, w którym kropla wody dotrze z najniekorzystniejszego hydraulicznie miejsca w zlewni do przekroju zamykającego zlewnię na trzy składowe:

1. Spływ stokowy t_s – „film” wód opadowych nieprzekraczający 5 cm na długości najczęściej nieprzekraczającej pierwszych 25 m. występuje on na powierzchniach gładkich,
2. Skoncentrowany przepływ wody płytkiej t_{sc} – upraszczając jest to czas, w którym woda od spływu stokowego (gdy występuje) dociera do kanału,
3. Czas przepływu w kanale t_p .

$$t_c = t_s + t_{sc} + t_p ; \quad [\text{min}] \quad (8)$$

W obliczeniach założono niewystępowanie spływu stokowego ze względu na szorstkość zlewni. Dodatkowo krótki czas trwania spływu stokowego nie wpłynąłby znacząco na uzyskane wyniki, a pominięcie tego segmentu stawia obliczenia po bezpiecznej stronie dając w konsekwencji nieco krótsze czasy koncentracji. Do obliczenia czasu spływu skoncentrowanego wody płytkiej t_{sc} wykorzystano wzór:

$$t_{sc} = \frac{L}{10 \cdot k \cdot \sqrt{S}} ; \quad [\text{s}] \quad (9)$$

gdzie:

L – długość drogi spływu [m]

S – spadek drogi spływu [%]

Szczegółowe obliczenia związane z czasem spływu znajdują się w załączniku. Tabela 13 przedstawia wartości parametru k przyjętego dla poszczególnych rodzajów zagospodarowania terenu

Tabela 13 Zestawienie wartości parametru k

Zagospodarowanie zlewni	k
[-]	[-]
las	0,076
drogi bitumiczne	0,619
przemysł	0,619
zabudowa mieszkaniowo-usługowa (zwarta)	0,600
zabudowa mieszkaniowa (luźna)	0,550
tereny rolnicze	0,274
parki, ogrody, łąki	0,213
mokradła	0,076
zabudowa willowa	0,550

Do obliczenia czasu przepływu w kanale t_p odniesionym do kanalizacji deszczowej, zastosowano wzór Manninga, w którym współczynnik szorstkości dobrano na podstawie

Tabela 14. Promień hydrauliczny obliczono przy założeniu całkowitego wypełnienia odcinka kanału

$$t_p = \frac{L \cdot n}{R_h^2 \cdot \sqrt[3]{S}} ; \quad [\text{s}] \quad (10)$$

Tabela 14 Zestawienie wartości współczynnika Manninga n

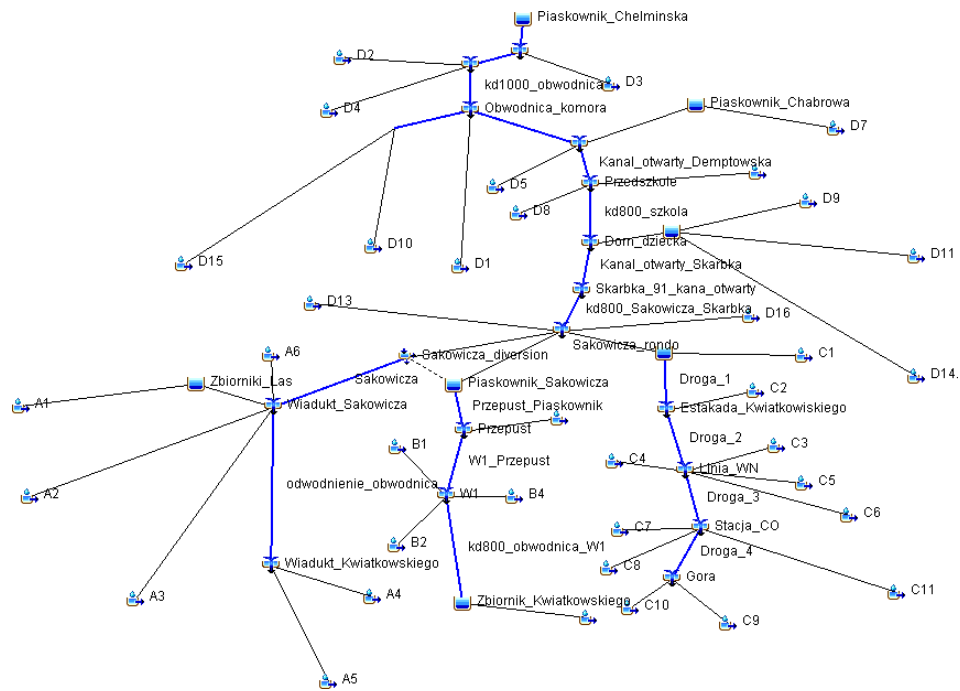
Rodzaj powierzchni	n
[-]	[s/m ^{1/3}]
czyste rury kamionkowe	0,0110
czyste rury żeliwne	0,0110
czyste rury stalowe	0,0110
bardzo czyste rury kanalizacyjne	0,0120
zabrudzone rury kanalizacyjne	0,0130
bardzo zabrudzone rury kanalizacyjne	0,0160
kanały betonowe przy średnich warunkach	0,0140
dobry mur z kamienia łamanego	0,0170
stary (zniszczony) mur z cegły	0,0170
dość szorstkie ściany betonowe	0,0170
średni mur z kamienia łupanego	0,0200
bruk z kamienia polnego	0,2000
kanały w zwartej ziemi	0,2250
małe kanały ziemne dobrze utrzymane	0,0250
kanały małe, ziemne w warunkach przeciętnych	0,0275
kanały ziemne w dość złym stanie	0,0300
kanały o bardzo złym stanie	0,0350
kanały wyjątkowo źle utrzymane	0,0400

W kanałach otwartych do transformacji fali wezbraniowej wykorzystano model fali kinematycznej, w którym należy zdefiniować parametry geometryczne kanału oraz jego szorstkość w formie współczynnika Manninga.

2.5. Model hydrologiczny

Obliczenie transformacji fali wezbraniowej w zlewni Potoku Demptowskiego przeprowadzono w modelu HEC HMS. Schemat układu zlewni w stanie istniejącym w postaci sieci podzlewni oraz kanałów pokazano na rysunku poniżej. W modelu uwzględniano również pracę istniejącego zbiornika, piaskowników, zbiorników w zlewni leśnej oraz rozdziału przepływu z ulicy Sakowicza.

Przeprowadzono obliczenia dla opadu miarodajnego (prawdopodobieństwo przewyższenia 10%) i kontrolnego (prawdopodobieństwo przewyższenia 1%). Wyniki są obecnie analizowane i będą omówione podczas osobistego spotkania w RZGW Gdańsk.



Rysunek 3. Schemat zlewni użyty w modelu matematycznym