

Koncepcja retencji i wykorzystania wód opadowych w Parku Lilli Wenedy.

Projekt koncepcyjny

Numer raportu: PLW-KP-O-D001-2



Nr projektu: R_148
Data: grudzień 2020

RETENCJAPL Sp. z o.o.
ul. Marynarki Polskiej 163
80-868 Gdańsk
NIP: PL 5842743299

Spis treści

1	Wykaz zastosowanych skrótów	4
2	Podstawa opracowania	4
3	Przedmiot, zakres i cel opracowania	4
4	Stan istniejący w Parku Lilli Wenedy	6
4.1	Opis Parku Lilli Wenedy	6
4.2	Walory przyrodnicze	6
4.3	Zestawienie inwentaryzacji stanu istniejącego	8
4.3.1	Działanie systemu retencji w parku	8
4.3.2	Ukształtowanie terenu	9
4.3.3	Rowy i przepusty	12
4.3.4	Zbiorniki i łączące je przepusty	23
5	Dane wejściowe pozyskane na potrzeby opracowania	33
6	Analizy wykonane na potrzeby koncepcji retencji i wykorzystania wód opadowych	33
6.1	Analiza i charakterystyka obszaru opracowania pod kątem projektu	33
6.1.1	Analiza topograficzna zlewni	33
6.1.2	Analiza kierunków spływu powierzchniowego	35
6.1.3	Warunki geologiczne	36
6.2	Dobór opadów miarodajnych, kontrolnych, modelowych	37
6.2.1	Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu	37
6.2.2	Ustalenie czasu trwania opadu miarodajnego	39
6.2.3	Przyjęte opady deszczu	39
6.3	Metodyka wykonania obliczeń hydrologiczno-hydraulicznych i modelu hydrodynamicznego systemu kanalizacji deszczowej	40
6.3.1	Dane wejściowe do modelu	40
6.3.2	Podział na zlewnie cząstkowe	41
6.3.3	Parametryzacja zlewni cząstkowych	41
6.4	Wyniki modelowania hydrodynamicznego	44
6.5	Ocena możliwości zasilania z terenów sąsiednich	47
6.6	Zielono-niebieska infrastruktura	49
6.6.1	Ogród deszczowy w obszarze rowów zasilających zbiorniki	49
6.6.2	Lokalne obniżenie z bioretencją	52
6.6.3	Mulda chłonna jako sposób na odprowadzenie wody z alejek parkowych i okolicznych ulic	54

7	Proponowane rozwiązania	56
7.1	Wariant I - minimalny	56
7.1.1	Rowy	56
7.1.2	Przepusty na rowach	57
7.1.3	Zbiorniki/stawy	57
7.1.4	Recyrkulacja wody	58
7.1.5	Pozostałe działania	59
7.2	Wariant II - optymalny	60
7.2.1	Rowy	60
7.2.2	Przepusty na rowach	61
7.2.3	Zbiorniki/stawy	62
7.2.4	Recyrkulacja wody	65
7.2.5	Przyłącze z kanalizacji deszczowej	65
7.2.6	Pozostałe działania	67
8	Wskazanie dokumentów formalnych koniecznych do pozyskania na dalszych etapach prac	68
9	Podsumowanie i wnioski	68
10	Wizualizacje	69

1 Wykaz zastosowanych skrótów

WYKAZ SKRÓTÓW STOSOWANYCH W OPRACOWANIU

skrót	rozwińcie
BDOT	Baza Danych Obiektów Topograficznych
CN	Curve Number (wskaźnik opisujący uszczelnienie zlewni)
EGiB	Ewidencja gruntów i budynków
GESUT	Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu
GIS	Systemy Informacji Geograficznej
KD	Kanalizacja deszczowa
KO	Kanalizacja ogólnospławna
KS	Kanalizacja sanitarna
MPHP	Mapa Podziału Hydrograficznego Polski
NMT	Numeryczny Model Terenu
PZGiK	Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny
SCS	Soil Conservation Service (ang. Służba Ochrony Gleb), wcześniejsza nazwa obecnej Natural Resources Conservation Service (NRCS), amerykańskiej agencji rządowej
ZZM	Zarząd Zieleni Miejskiej (Zamawiający)

2 Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest umowa nr ZZM/U/II/219/ZW/749/2020 zawarta 24 listopada 2020 roku pomiędzy Gminą Miejską Kraków i działającym w jej imieniu Zarządem Zieleni Miejskiej (dalej ZZM), a firmą RetencjaPL Sp. z o.o. (dalej RetencjaPL) na wykonanie „konceptcji na retencję i wykorzystanie wód w Park Lilli Wenedy”. Działanie finansowane jest z budżetu, w którym nadano mu numer ZZM/O1.194/20 pn. „Zagospodarowanie terenów zieleni Krakowa”.

3 Przedmiot, zakres i cel opracowania

Konceptcja obejmuje odtworzenie układu hydrograficznego Parku Lilli Wenedy w możliwie naturalny sposób z rewitalizacją rowów i połączeń między nimi. Głównym elementem koncepcji jest rewitalizacja stawów i zwiększenie ich zdolności retencyjnej, zagospodarowanie obszaru parku m.in. pod kątem zagospodarowania wody opadowej, wraz z podczyszczaniem wody pochodzącej z terenu zlewni oraz zastosowanie w parku rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury. Zakres terenowy opracowania obejmuje obszar nieruchomości oznaczonych jako działki ewidencyjne o nr: 228/31, 225/4, 224/3, 223/3, 213/62, 222/3, 220/3, 219/4, 216/8, 213/113, 217/4, 214/3, 210/8, 208/12, 206/20, 204/12, 205/3, 203/14, 266/3, 202/7, 201/8, 199/14, 196/4, 195/6, 194/1, 193/3, obr. P-55, jedn. ewid. Podgórze.

Celem opracowania jest przygotowanie koncepcji gospodarowania wodami opadowymi na terenie parku, która będzie przedmiotem ubiegania się o dofinansowanie projektu rewitalizacji systemu

zbiorników w parku przy zwiększeniu retencji wód opadowych i wprowadzeniu rozwiązań z zakresu niebiesko-zielonej infrastruktury.



Rysunek 1. Granice opracowania – granice parku Lili Wenedy (źródło: własne)

4 Stan istniejący w Parku Lilli Wenedy

4.1 Opis Parku Lilli Wenedy

Park Lilli Wenedy zajmuje powierzchnię 9.32 ha. Znajduje się na obszarze ograniczonym poprzez ulice Biezanowską, Księdza Piotra Ściegiennego, Konrada Wallenroda oraz Lilli Wenedy, w rejonie ulic ul. Wielickiej i Rydygiera, na osiedlu Rząka w Dzielnicy XII Krakowa.

W jego południowej zadrzewionej części znajdują się skatepark Biezanów, plac zabaw i wybieg dla psów. W części północnej zlokalizowano 5 zbiorników – stawów – przez które przepływa woda. Stawy tworzą system połączony krótkimi odcinkami kanałów naturalnych, poprzez betonowe przelewy. W miarę jak zbiorniki położone wyżej się napełniają nadmiar wody jest przelewany do zbiorników znajdujących poniżej. Najniżej położonym zbiornikiem jest ten wysunięty najbardziej na wschód (S1). Najniżej położony zbiornik połączony jest z przepompownią, która pompuje nadmiar wód opadowych, który w czasie deszczu nie może zostać zretencjonowany, do pobliskiego ciek - potoku Biezanowskiego.

Zlewnia zbiorników, pomimo tego, że spadek otaczającego je terenu kieruje wody opadowe w ich kierunku, jest niewystarczająca aby zapewnić utrzymanie optymalnego poziomu wód. Kolejnym ograniczeniem zasilania zbiorników w wody opadowe jest niedrożny system rowów.

Na obszarze parku brak jest kanalizacji deszczowej (KD), najbliższe sieci KD znajdują się na wschód, w ulicy Lilli Wenedy oraz na południe wzdłuż ul. Konrada Wallenroda. Na obecnym etapie brak jest szczegółowych informacji odnośnie wydatku i sposobu pracy pompy opróżniającej zbiorniki.

Infrastruktura systemu odwodnienia i retencji wymaga istotnej rewitalizacji.

Obszar parku pokryty jest typową zielenią parkową z dużą ilością drzew, alejki parku są częściowo utwardzone, ujęte w krawężniki. Sąsiednie tereny utwardzone oddzielone są od parku wysokimi krawężnikami, przez co wody z nich nie odpływają do parku. Cały teren opada ku centralnej części parku i dalej w stronę północno-zachodnią, w kierunku odbiorników.

4.2 Walory przyrodnicze

Park usytuowany jest na dawnym obszarze Lasu Prokocimskiego. Ze wszystkich stron otaczają go malownicze skarpy. Na jego terenie znajdują się liczne oczka wodne stanowiące siedlisko płazów i obszary lęgowe ptactwa.

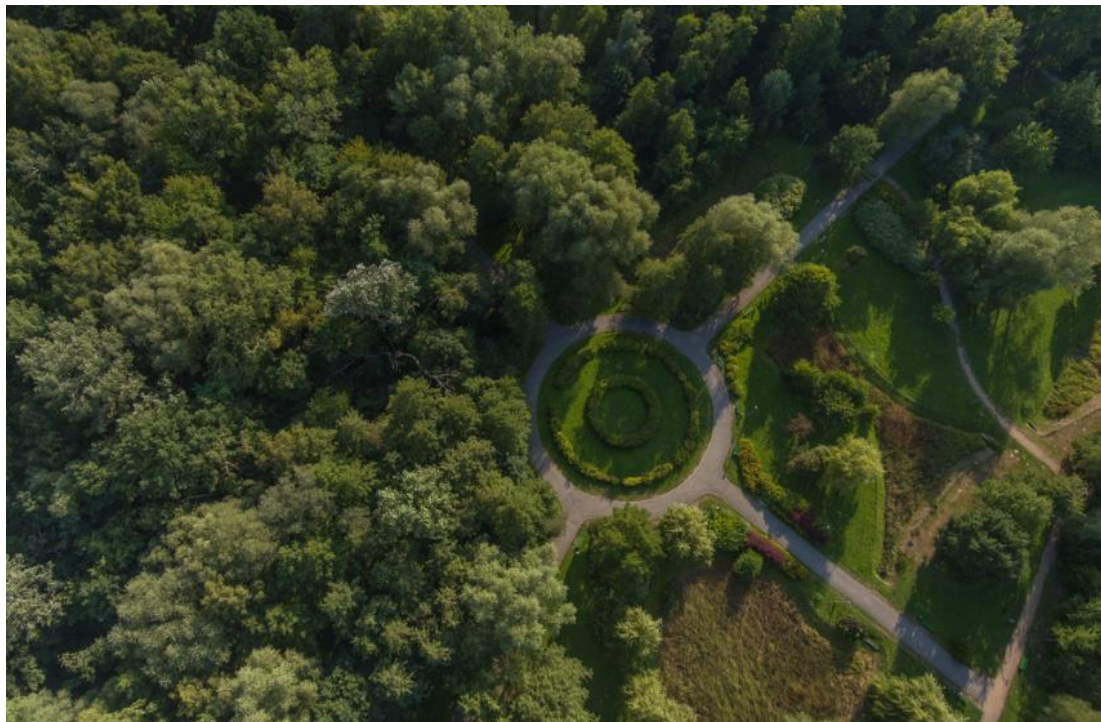
Park zamieszkały jest przez wiele gatunków zwierząt typowych dla tego typu obszarów.

Występuje tu min.: dzięcioł, kwiczoł, szpak, drozd, kaczka krzyżówka, a także wiewiórka, jeź, żaba trawna, żaba moczarowa, żaby zielone, traszka zwyczajna, traszka grzebieniasta, kumak nizinny, grzebiuszka ziemna i ropucha szara.

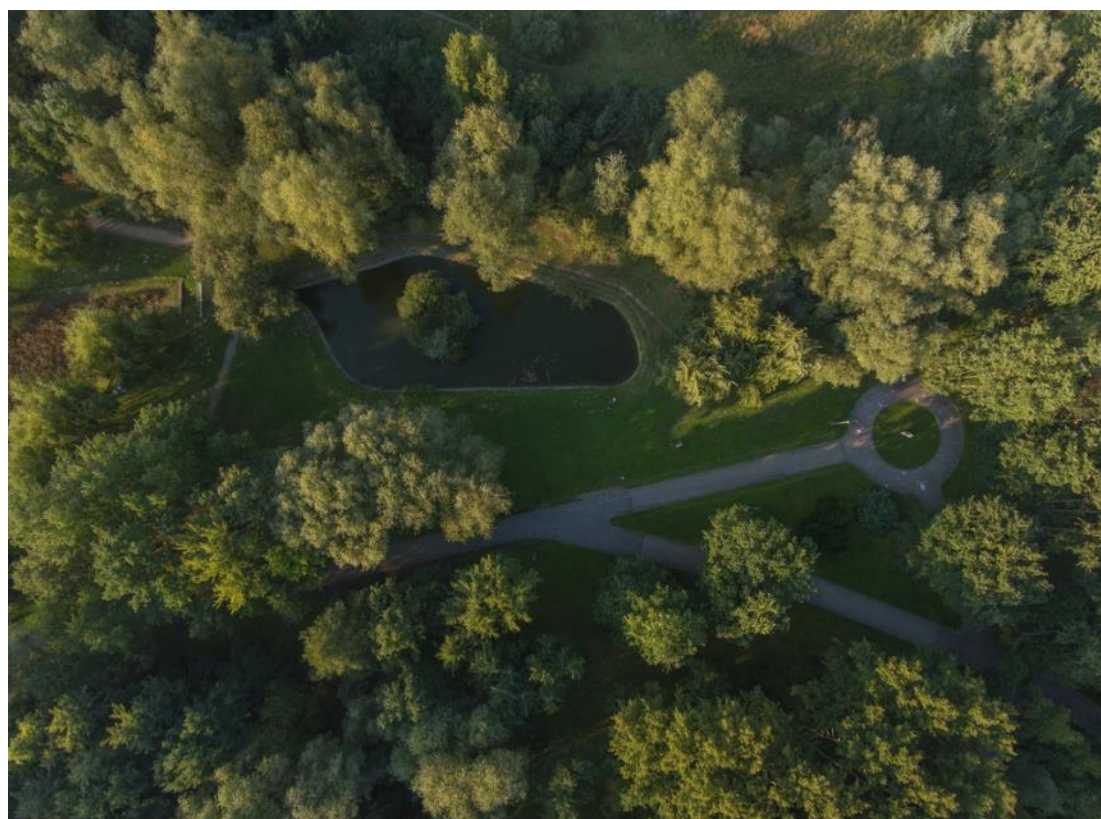
Park częściowo zagospodarowany jest jako teren leśny, silnie zadrzewiony, porośnięty krzewami.

Celem zachowania charakteru leśnego ograniczono wykonywanie niektórych prac utrzymaniowych.

[źródło: www.zzm.krakow.pl].



Fotografia 1 Centralna część parku z widocznym zbiornikiem S3 i S2 (źródło: www.zm.krakow.pl)



Fotografia 2 Północna część parku z widocznym zbiornikiem S1 i fragmentem S2 (źródło: www.zm.krakow.pl)

4.3 Zestawienie inwentaryzacji stanu istniejącego

4.3.1 Działanie systemu retencji w parku

W toku prac koncepcyjnych przeprowadzono 2 wizyty terenowe podczas, których wykonano inwentaryzację fotograficzną oraz pomiary kluczowych elementów odwodnień. Dodatkowe pomiary uzyskano także dzięki pomocy Zamawiającego.

W ramach wizyty terenowej zlokalizowano wiele rowów, jednakże potwierdzono, że są one często niedrożne. Sumaryczna długość rowów, które (według mapy zasadniczej) zasilają zbiorniki, to 460 metrów. Niedrożne kanały, zarastanie zbiorników oraz stan przepustów i brak informacji o warunkach pracy pompy powodują, że właściwe gospodarowanie wodą na obszarze parku jest niemożliwe. Zbiorniki przepełniają się w sytuacji deszczy nawalnych, nie pracują już także jako system współzależny. W trakcie okresów suchych natomiast układ zbiorników nie pozwala na odpowiednie nawodnienia parku, nie stanowi też odpowiedniej bazy retencyjnej na potrzeby wykorzystania zgromadzonych wód opadowych, a zgromadzone wody opadowe odpływają w sposób niekontrolowany do gruntu, czego skutkiem jest zarastanie stawów i zagrożenie dla parku w okresach suszy czy letnich upałów.



Rysunek 2. Notatki z inwentaryzacji terenowej

4.3.2 Ukształtowanie terenu

Niezależnie od analizy topograficznej zlewni wykonanej przy użyciu Numerycznego Modelu Terenu (NMT) wizyta terenowa pozwoliła zlokalizować kilka zagłębień terenu, w których naturalnie zaczęła gromadzić się woda opadowa.



Fotografia 3. Obniżenie terenu na południe od zbiornika S5, w którym zalega woda opadowa (źródło: własne)



Fotografia 4. Obniżenie terenu tuż przy zbiorniku S5, w którym zalega woda opadowa (źródło: własne)



Fotografia 5. Obniżenie terenu na zachód od zbiornika S5, w którym zalega woda opadowa (źródło: własne)



Fotografia 6. Obniżenie terenu na wschód od ronda w parku (źródło: własne)



Rysunek 3. Numeracja obniżeń terenu z zalegającą wodą opadową w parku Lilli Wenedy (źródło: własne)

Podczas inwentaryzacji parku zlokalizowano 5 istotnych miejsc, w których naturalnie zaczęła gromadzić się woda deszczowa. W przeważającej większości znajdują się one w pobliżu zbiornika S5.

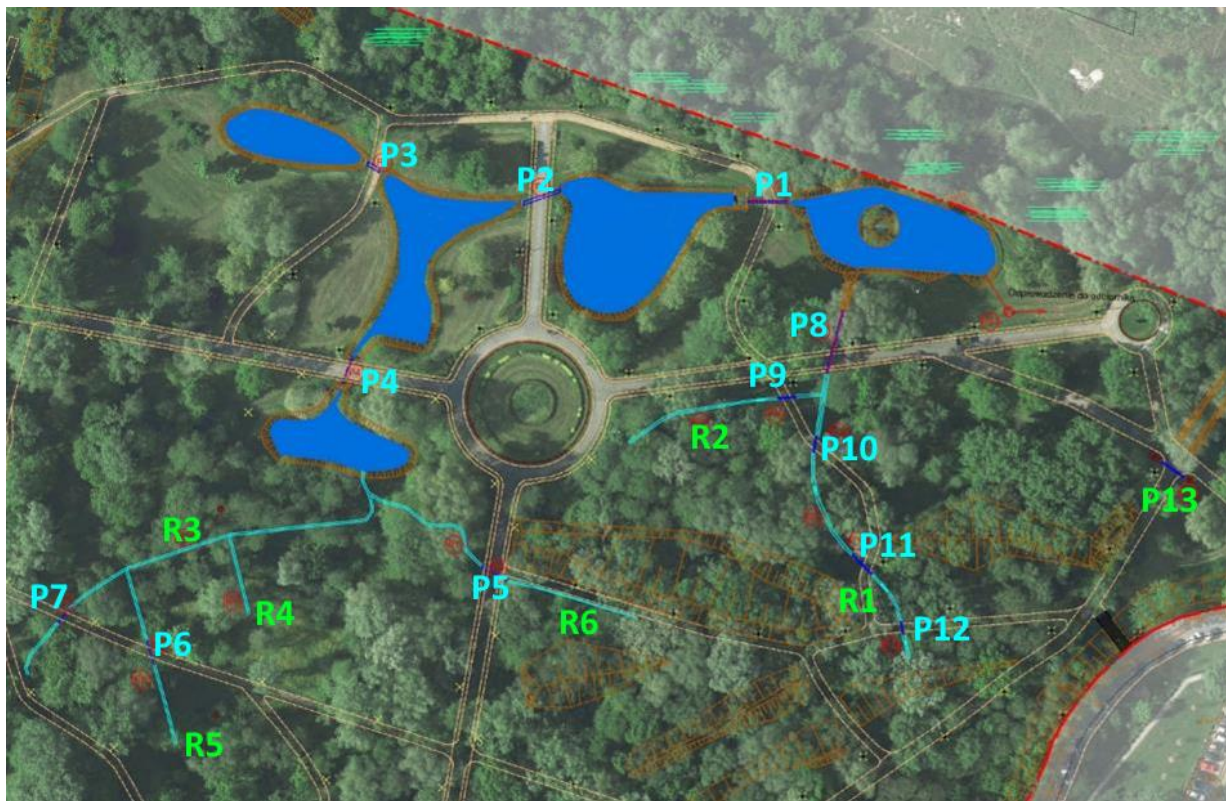
W przypadku lokalizacji nr. 3 należy zwrócić uwagę na znajdujący się w pobliżu hydrant. Sugeruje się weryfikację stanu sieci wodociągowej, sprawdzenie czy jest szczelna lub też czy zalegająca woda opadowa nie wpływa negatywnie na sieć wodociągową.



Fotografia 7. Hydrant przy obniżeniu terenu tuż przy zbiorniku S5, w którym zalega woda opadowa (źródło: własne)

4.3.3 Rowy i przepusty

Poniższy fragment rysunku przedstawionego w załączniku pokazuje numerację przepustów i rowów przyjętą w zestawieniach na tle aktualnego zagospodarowania terenu.



Rysunek 4. Numeracja rowów i przepustów w rejonie opracowania (źródło: własne)

Teren parku odwadniany jest siecią rowów. Stan ich jest niezadawalający i właściwie w całości wymagają one rewitalizacji.

Tabela 1. Zestawienie rowów

Lp.	Nr Rowu	Długość [m]	Stan
1	R1	105	zły
2	R2	50	zły
3	R3	112	zły
4	R4	20	zły
5	R5	44	zły
6	R6	83	zły
	SUMA	414m	



Rysunek 5. Sposób pomiaru przepustów (źródło: własne)

Niezależnie od faktu, że stan przepustów uznano za niezadowalający i wymagający przebudowy, podczas inwentaryzacji starano się odczytać 3 podstawowe wymiary dla każdego z przepustów. Wymiar A jako średnica przepustu. Wymiar B jako odległość od sklepienia rury do górnej części elementu betonowego. Wymiar C jako odległość od sklepienia rury do poziomu pobliskiej ścieżki. Różny stan techniczny przepustów, ograniczona dostępność lub też podtopienie uniemożliwiły zebranie części wymiarów. Należy również zwrócić uwagę, że wymiar B i C dla kilku przypadków jest taki sam, a dla części wymiar B jest większy niż wymiar C. W miejscach gdzie było to możliwe zweryfikowano drożność przepustów.

Tabela 2. Zestawienie przepustów

Lp.	Nr Przepustu	Średnica A [cm]	Wymiar B [cm]	Wymiar C [cm]	Niedrożność [%]	Położenie	Strona [Wsch/Zach /Pół/Poł]
1	P1	50	75	-	-	S1-S2	Zachodnia
	P1	50	-	-	-		Wschodnia
2	P2	60	35	75	-	S2-S3	Wschodnia
	P2	60	33	83	-		Zachodnia
3	P3	50	25	80	30	S3-S4	Wschodnia
	P3	50	30	80	30		Zachodnia
4	P4	60	90	70	-	S3-S5	Północ

Lp.	Nr Przepustu	Średnica A [cm]	Wymiar B [cm]	Wymiar C [cm]	Niedrożność [%]	Położenie	Strona [Wsch/Zach /Pół/Poł]
	P4	60	70	46	-		Południe
5	P5	30	34	34	90	0+36 m - R6	Zachodnia
	P5	30	45	55	90		Wschodnia
6	P6	30	28	-	50	0+18 m - R5	Północna
	P6	30	35	-	50		Południowa
7	P7	30	30	-	70	0+91 m - R3	-
8	P8	30	25	35	-	0+11 m - R1	-
9	P9	-	15	-	-	0+6 m - R2	-
10	P10	-	-	-	~100	0+43 m - R2	-
11	P11	30	28	-	-	0+75 m - R2	-
12	P12	-	30	-	-	0+96 m -R2	-
13	P13	30	14	24	-	Pod ścieżką po wschodniej stro parku	-

RÓW R1

Rów zasilający zbiornik S1. Przy zbiorniku jest umocniony ażurowymi płytami betonowymi i dobrze widoczny. Powyżej przepustu P8 jest słabo zachowany, nieumocniony. W dużej mierze zanikający. Powyżej przepustu P12 można dostrzec słaby widoczny rów, który najprawdopodobniej wykształcił się naturalnie. Możliwa jest jego adaptacja i wykorzystanie.

Rów R1 przebiega przez przepust: P12 -> P11 -> P10 -> P8->Staw S1.



Fotografia 8. Stan rowu R1 (źródło: własne)



Fotografia 9. Przepust P8 (źródło: własne)



Fotografia 10. Przepust P10 (źródło: własne)



Fotografia 11. Przepust P11 (źródło: własne)



Fotografia 12. Przepust P12 (źródło: własne)

RÓW R2

Rów łączący się z rowem R1 i zasila staw S1. Jest w bardzo złym stanie. Praktycznie zanikł. Rozpoczyna się od podtopienia opisanego numerem 3 w poprzednim rozdziale i dalej biegnie poprzez przepust P9 do rowu R1.



Fotografia 13. Stan rowu R2 (źródło: własne)



Fotografia 14. Przepust P9 (źródło: własne)

RÓW R3

Jest to dość długi rów zasilający staw S5. Jego stan jest analogiczny do pozostałych rowów. Na części długości rów ten jest ledwie zauważalny. Rozpoczyna się powyżej przepustu P7, zbiera dopływy od rowów R4, R5 i R6, a następnie dochodzi do stawu S5.



Fotografia 15. Stan rowu R3 (źródło: własne)



Fotografia 16. Przepust P7 (źródło: własne)

RÓW R4

Jest to słabo wykształcony rów, który zasila rów R3. W dużym zaniku, a przez to jego przebieg jest niemal niemożliwy do zlokalizowania w terenie.



Fotografia 17 Rów R4 (źródło: własne)

RÓW R5

Ten rów zasila rów R3. Rozpoczyna się od obniżenia terenu wypełnionego wodą, następnie przechodzi przez przepust P6.



Fotografia 18. Stan rowu R5 (źródło: własne)



Fotografia 19. Przepust P6 (źródło: własne)

RÓW R6

Rów R6 zasila rów R3 przed stawem S5. Połączenie z rowem R3 nie jest punktowe, ponieważ tuż przed stawem S5 wytworzył się teren podmokły zasilany przez oba rowy i łączący się ze stawem.

W swoim początkowym biegu rów przebiega w korytku betonowym, aż do przepustu P5.

Na długości korytka betonowego jest zauważalny, a za przepustem P5 zanikający.



Fotografia 20. Stan rowu R3 (źródło: własne)



Fotografia 21. Przepust P5 (źródło: własne)

Przepust P13 – niepołączony bezpośrednio z żadnym z rowów

Poniżej tego przepustu można dostrzec lekkie obniżenie terenu, możliwe jest, że był tam kiedyś rów lub wody opadowe zaczęły żłobić korytko rowu.



Fotografia 22. Przepust P13 (źródło: własne)

4.3.4 Zbiorniki i łączące je przepusty



Rysunek 6. Numeracja zbiorników w parku Lillii Wenedy (źródło: własne)

Na podstawie pomiarów przekazanych przez ZZM oraz analiz własnych opartych o dane mapowe oraz dane z numerycznego modelu terenu przygotowano poniższe zestawienie.

Tabela 3. Dane z inwentaryzacji stawów

Lp.	Nr stawu	Powierzchnia (w koronie) [m ²]	Powierzchnia (w dnie) [m ²]	Średnia głębokość [m]	Pojemność [m ³]
1	S1	940	790	1,4	1210
2	S2	1300	920	0,7	780
3	S3	880	540	1,2	850
4	S4	435	280	1,3	465
5	S5	480	390	1,0	435

ZBIORNIK S1

Najniżej usytuowany zbiornik/staw. Zbiera wody opadowe z wszystkich zbiorników powyżej. Podczas obu wizji terenowych był stawem o największym napełnieniu i na podstawie obserwacji najczystszy. Ma dwa punkty zasilające. Są to przepust P1 prowadzący wody z stawu S2 w części zachodniej oraz przepust P8 prowadzący wody opadowe z rowów R1 i R2 w części południowej. Jego brzegi umocnione są betonowymi, ażurowymi płytami, tak samo jak wysepka znajdującą się pośrodku stawu. Stan płyt jest

zróżnicowany, zauważalnie pogorszony na wysepce. Według informacji od pobliskich mieszkańców dno jest uszczelnione. Zbiornik posiada również odpływ realizowany poprzez pompę PS1.



Fotografia 23. Widok na staw S1 od strony przepustu P8 (źródło: własne)



Fotografia 24. Widok na zastawkę od strony stawu S2 i przepust P1 (zatopiony) do stawu S1 od strony prawej (źródło: własne)



Fotografia 25. Zastawka ograniczająca odpływ wody ze stawu S2 do stawu S1 (źródło: własne)



Fotografia 26. Wlot do stawu S1, zatopiony (źródło: własne)



Fotografia 27. Widoczne zasilanie i lokalizacja pompy opróżniającej staw S1 (źródło: własne)

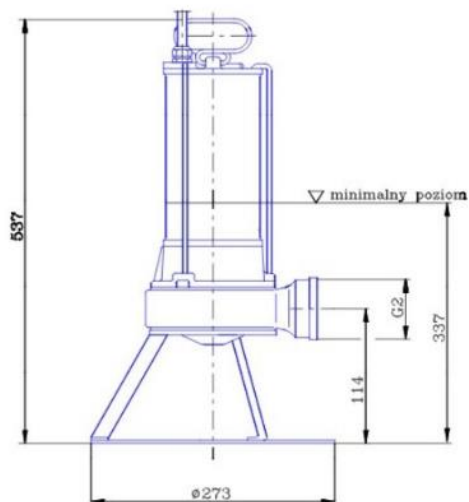
Pompa PS1 to, według informacji uzyskanych od Zamawiającego, pompa zatapialna FZR 1.03 400V z rozdrabniaczem Hydro-Vacuum.

Parametry:

- wydajność maksymalna – 300 l/min
- maksymalna wysokość podnoszenia – 21,7 m
- zasilanie – 400V

- moc silnika – 2,2kw/400V
- stopień ochrony – IP 68

Wymiary gabarytowe FZR.1.01 ÷ 03



Rysunek 7. Istniejąca pompa (źródło: www.sklep-hydros.pl)

ZBIORNIK S2

Jest to staw powyżej stawu S1. Zbiera wody opadowe z zbiorników S3, S4 i S5. Ma jeden punkt zasilający, poprzez przepust P2 prowadzący wody z stawu S3 w części zachodniej oraz jeden punkt zrzutu, przepust P1. Jego brzegi umocnione są betonowymi, ażurowymi płytami.



Fotografia 28. Widok na staw S2 (źródło: własne)



Fotografia 29. Widok na staw S3, przepust P2 i zastawkę ograniczającą przepływ z stawu S3 do S2
(źródło: własne)

ZBIORNIK S3

Staw ten znajduje się powyżej stawu S2. Zbiera wody opadowe z zbiorników S4 i S5. Ma 2 punkty zasilające: przepust P3 prowadzący wody z stawu S4 w części zachodniej oraz przepust P4 prowadzący wody z stawu S5 od strony południowej. Odpływ odbywa się poprzez przepust P2 do stawu S2. Jego brzegi umocnione są betonowymi, ażurowymi płytami.



Fotografia 30. Widok na staw S3 (źródło: własne)



Fotografia 31. Widok na przepust P3 (źródło: własne)



Fotografia 32. Widok na przepust P3, zasilający S3, od strony S4 (źródło: własne)

ZBIORNIK S4

Ten zbiornik znajduje się powyżej stawu S3. Brak w nim widocznego źródła zasilania w wody opadowe. Odpływ odbywa się poprzez przepust P3 do stawu S3. Budowa zastawki przed przepustem P3 powoduje konieczność dużego spiętrzenia przed przelaniem się wód opadowych. Podczas obu wizji terenowych, mimo że nie było suszy, staw ten był właściwie pusty, z minimalną ilością wody na dnie. Jego brzegi umocnione są betonowymi, ażurowymi płytami.



Fotografia 33. Widok na staw S4 (źródło: własne)

ZBIORNIK S5

Zbiornik S5 znajduje się w układzie powyżej stawu S3. Zasilany jest w wody opadowe poprzez rów R3 i R6. Odpływ z niego odbywa się poprzez przepust P4 do stawu S3. Zastawka przed przepustem P4 spiętrza poziom napełnienia przed przelaniem się wód opadowych. Brak w tym zbiorniku wyraźnie zaznaczonych granic od strony południowej. Rozlewa się on poza wyznaczony metalowym ogrodzeniem obszar. Podczas wizji terenowej w otoczenie zbiornika dawał się wyraźnie odczuć zapach siarkowodoru. Okoliczni mieszkańcy potwierdzili długotrwałe występowanie takiego zapachu. Zauważalne było także podczas wizji terenowej zanieczyszczenie ropopochodnymi. Brzegi stawu w odróżnieniu od pozostałych zbiorników/stawów nie są umocnione płytami.



Fotografia 34. Widok na przepust P4 oraz zastawkę piętrzącą poziom wód w S5 (źródło: własne)



Fotografia 35. Widok na staw S5 (źródło: własne)



Fotografia 36. Widok na zanieczyszczenie w pobliżu stawu S5 (źródło: własne)



Fotografia 37. Widok na rozlewisko w kierunku południowym stawu S5 (źródło: własne)

5 Dane wejściowe pozyskane na potrzeby opracowania

Na potrzeby opracowanie pozyskano:

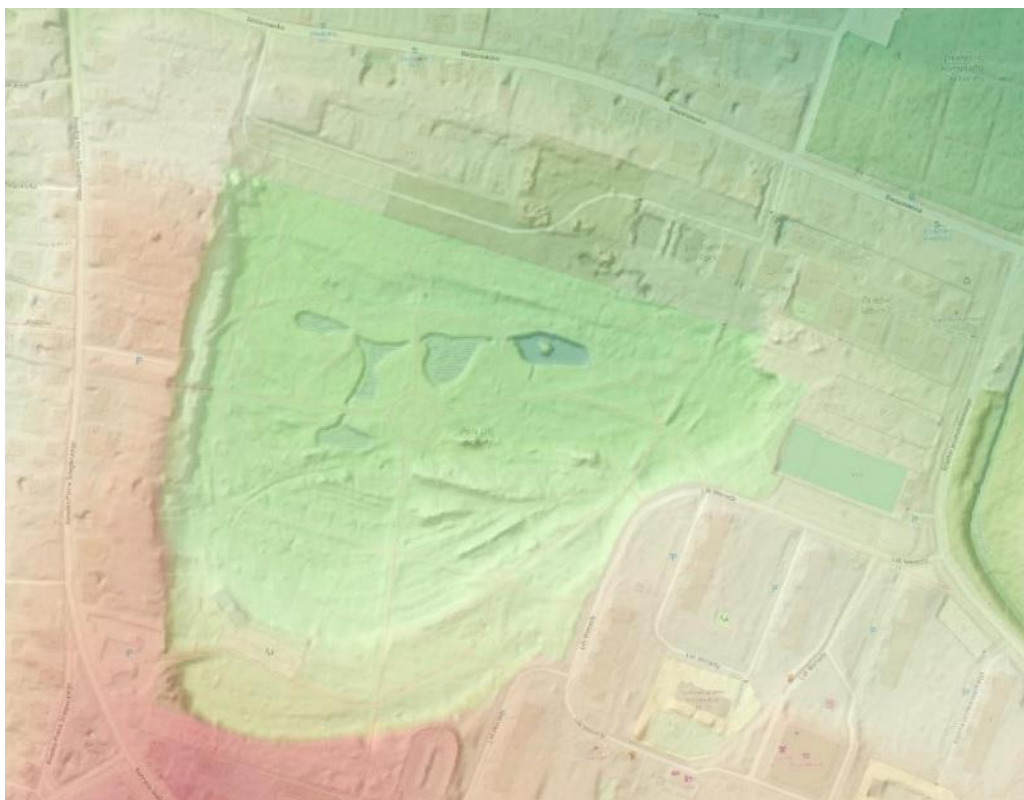
- Numeryczny Model Terenu;
- Ortofotomapę;
- Dane geologiczne z zasobów Państwowego Instytutu Geologicznego;
- Mapę zasadniczą w formacie CAD przekazaną przez Zamawiającego;
- Schemat kanalizacji w otoczeniu parku Lilli Wenedy;
- Pomiarów geodezyjne przekazane przez Zamawiającego.

6 Analizy wykonane na potrzeby koncepcji retencji i wykorzystania wód opadowych

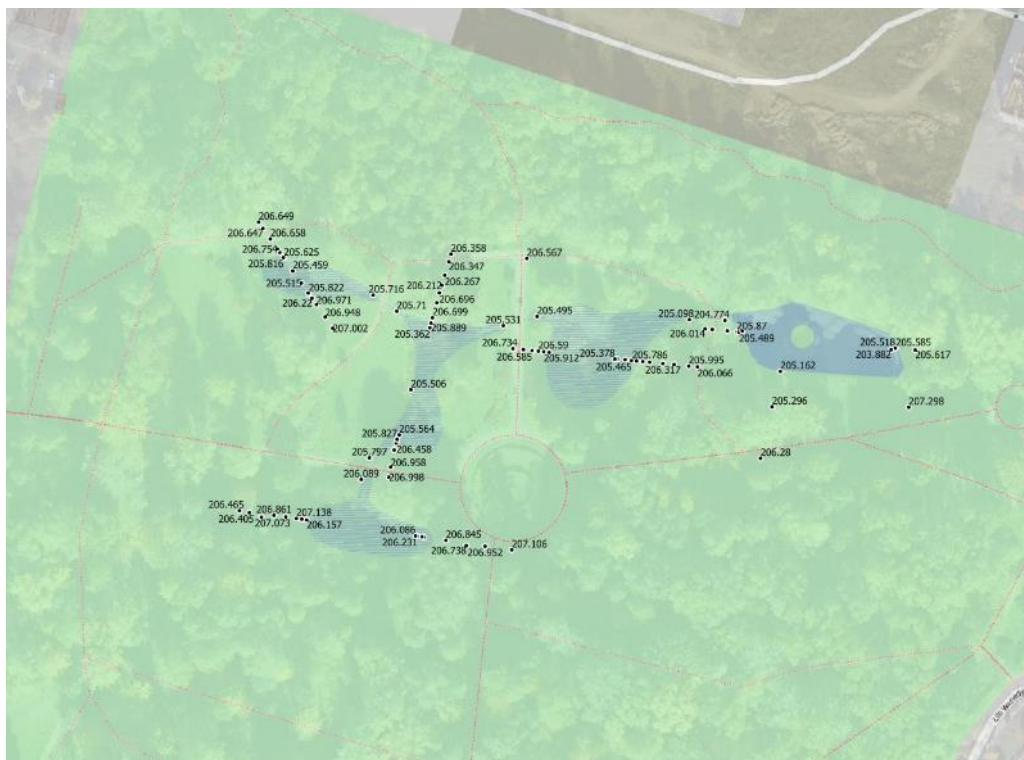
6.1 Analiza i charakterystyka obszaru opracowania pod kątem projektu

6.1.1 Analiza topograficzna zlewni

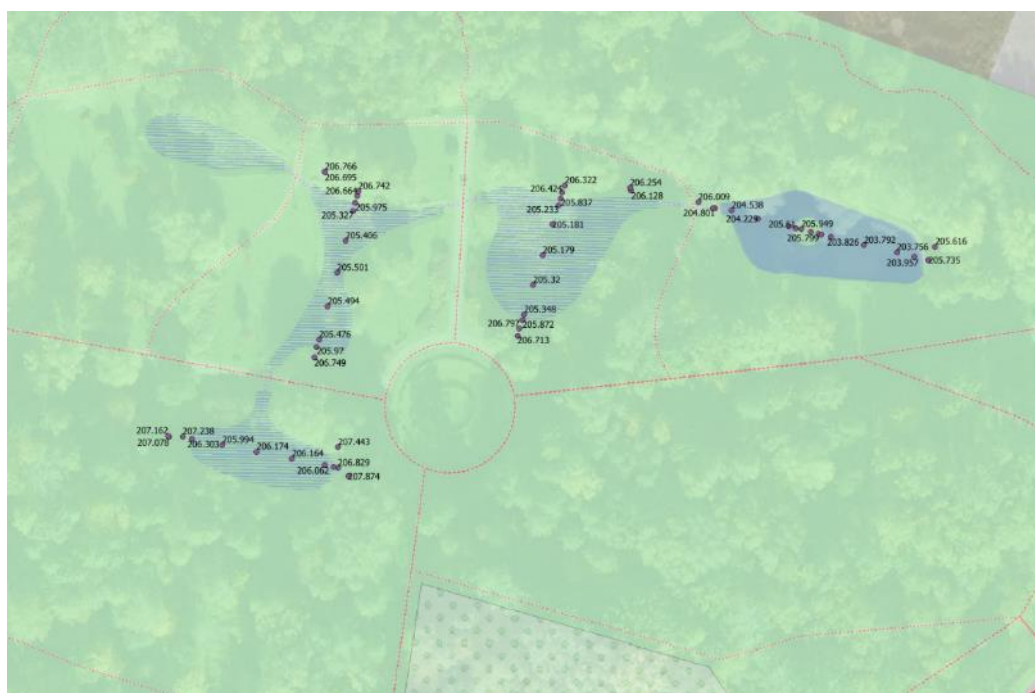
Na potrzeby koncepcji wykonano analizę ukształtowania opartą o numeryczny model terenu oraz przekroje geodezyjne w wyznaczonych kluczowych miejscach. Jak widać na poniższym rysunku teren parku opada w kierunku zbiorników. Wody opadowe z sąsiednich terenów uszczelnionych nie zasilają parku, gdyż tereny te są oddzielone wysokimi krawężnikami.



Rysunek 8. Numeryczny model terenu w obszarze opracowania



Rysunek 9. Pomiary przekrojów poprzecznych w parku (źródło: własne na podstawie danych ZZM)



Rysunek 10. Dodatkowe pomiary przekrojów poprzecznych w parku (źródło: własne na podstawie danych ZZM)

Wykonane pomiary poprzeczne potwierdziły częściowe wypełnienie sedymentami i załadowanie zbiorników.

6.1.2 Analiza kierunków spływu powierzchniowego

Dla zrozumienia sposobu funkcjonowania układu odwodnieniowego na analizowanym terenie w obszarach nieskanalizowanych (np. większe obszary zielone), istotne jest określenie dróg spływu powierzchniowego. Podstawą dla przeprowadzonej analizy spływu powierzchniowego jest aktualne ukształtowanie terenu, zdefiniowane na podstawie numerycznego modelu terenu (NMT).

Do tego zadania wykorzystano program GlobalMapper. Do aplikacji komputerowej wczytano NMT w formacie ASCII o rozdzielczości 1x1 m. Dane te odzwierciedlają ukształtowanie terenu z dokładnością wielokrotnie lepszą od mapy zasadniczej. Następnie wyznaczono drogi spływu powierzchniowego w rozdzielczościach 10 m, 5 m oraz 2 m. Wyniki tych obliczeń zostały wykorzystane przy weryfikacji granic zlewni KD oraz przy ustalaniu kierunku ciążenia zlewni obszarów zielonych.



Rysunek 11. Drogi spływu powierzchniowego w obszarze parku (źródło: własne)

Wyraźnie daje zauważyć się, że spływ powierzchniowy z terenu parku, szczególnie jego południowej części, kieruje się w stronę zbiorników, a przepływ pomiędzy zbiornikami ukierunkowany jest na wschód.

Okoliczne zlewnie utwardzone w otoczeniu parku, nie zasilają samego parku, lecz są kierowane do kanalizacji deszczowej, chociaż obszar samej ulicy Lilli Wenedy ciąży do parku (widoczne na rysunku od strony pół-zachodniej).

6.1.3 Warunki geologiczne

Na terenie parku zostało wykonanych w przeszłości szereg otworów geologicznych, z których można wnioskować o charakterze budowy geologicznej terenu i wodoprzepuszczalności warstw gruntu w rejonie stawów i rowów.

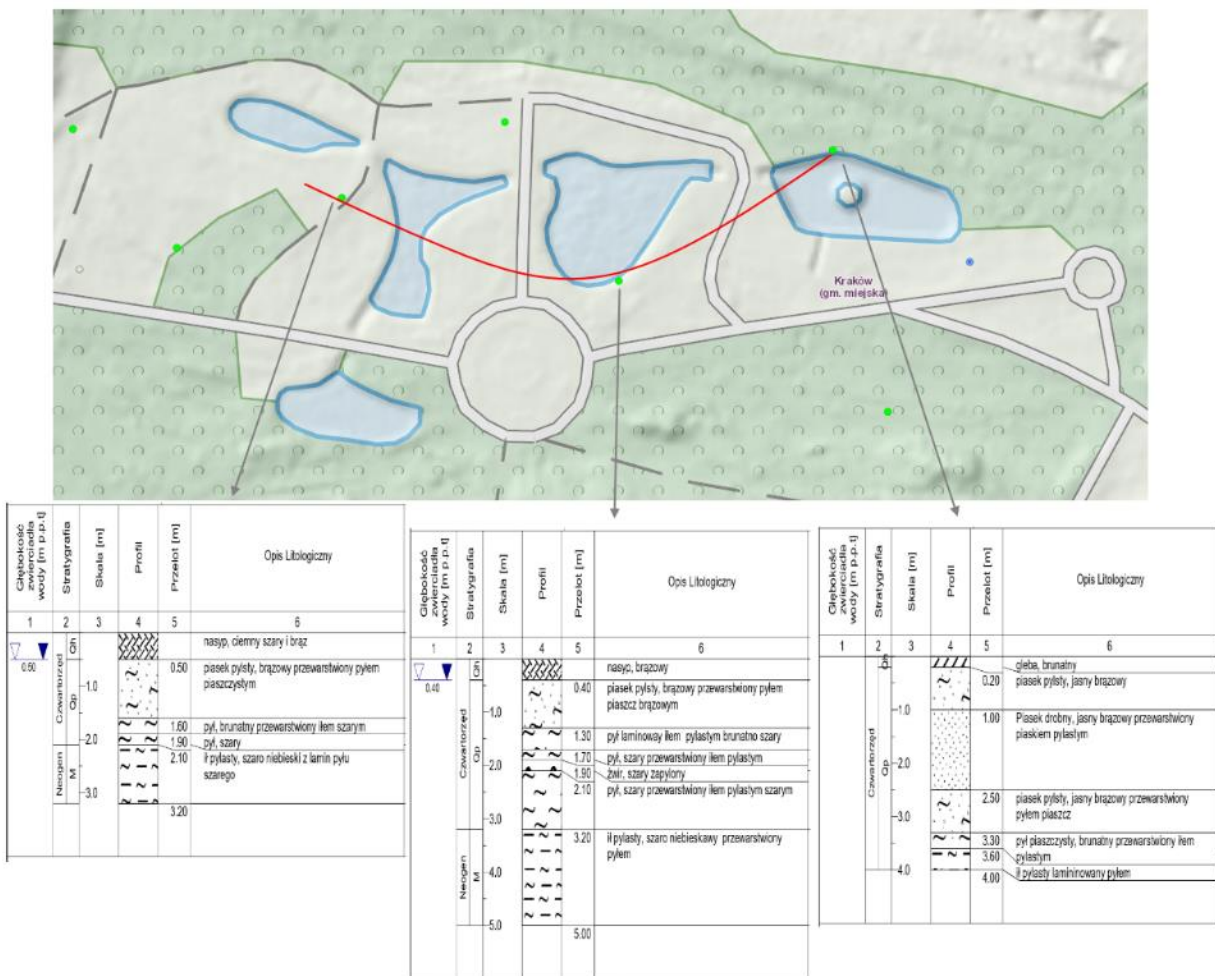
Lokalizację archiwalnych otworów badawczych wg mapy Państwowego Instytutu Geologicznego pokazano na mapie poniżej.



Rysunek 12. Lokalizacja archiwalnych otworów badawczych na terenie parku (źródło: <http://geologia.pgi.gov.pl/>)

Budowa geologiczna terenu w rejonie istniejących stawów w parku wskazuje na przewagę pyłów i ilów w podłożu, na których zalega miejscami warstwa nawodnionych piasków o niewielkiej miąższości. Warstwę wierzchnią stanowią nasypy.

Zestawienie danych w postaci „przekroju” geologicznego przedstawiono na rysunku poniżej.



Rysunek 13. Zestawienie graficzne w postaci „przekroju” geologicznego na linii wschód – zachód przez rejon stawów (oprac. własne na bazie: <http://geologia.pgi.gov.pl/>)

Powyższy układ warstw gruntu może wskazywać, że wody podskórne przemieszczają się w warstwie nawodnionych piasków i tą drogą może następować drenowanie stawów w parku.

6.2 Dobór opadów miarodajnych, kontrolnych, modelowych

W ramach niniejszego opracowania posłużono się natężeniami opadu pobranymi z „Modelu opadowego dla Krakowa”, który jest aplikacją udostępnianą przez MPWIK S.A. w Krakowie. Wodociągi Miasta Krakowa opracowały Model Opadowy dla Miasta Krakowa na podstawie szeregów rozdzielczych maksimów opadów fazowych z ostatnich 33 lat (okres od 1986 do 2019 roku).

6.2.1 Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu

Całkowita ochrona przed wylaniem ścieków deszczowych z kanalizacji jest z różnych względów w obecnej sytuacji wielu miast nierealna. Przede wszystkim wynika to z bardzo szybkiej urbanizacji terenów, a co za tym idzie ich uszczelniania, co nałożone na efekty zmian klimatycznych skutkuje poważnymi zagrożeniami, zarówno w okresach opadów nawaalnych jak i suszy. Dlatego też w

interpretacjach do normy EN 752:2017 „Zewnętrzne systemy odwadniające i kanalizacyjne - zarządzanie systemem kanalizacyjnym” używa się określenia tzw. komfortu kanalizacyjnego, który opisuje warunki bezpiecznego planowania i projektowania budowy i modernizacji infrastruktury odwodnienia, niezbędnej do osiągnięcia przewidywanego poziomu działania, czy też poziomu bezpieczeństwa funkcjonowania i skuteczności systemów kanalizacyjnych. W potocznym języku inżynierów używa się określenia „deszcz miarodajny”, przy którym dany odcinek sieci nie może podlegać żadnym przeciążeniom, oraz „deszcz kontrolny”, który z kolei określa maksymalne dopuszczalne częstotliwości wylania z całego systemu, w odniesieniu do różnych typów zagospodarowania, a więc podatności skanalizowanej zlewni na szkody wywołane przez opady.

Zawarte w poniższych tabelach zalecenia należy uznawać za obowiązujące jedynie w sytuacji, gdy brak jest określonych wymagań odpowiednich władz lokalnych. O stopniu ochrony przed wylaniem powinny bowiem decydować uwarunkowania lokalne, tj. rodzaj zabudowy, obecność obiektów wymagających szczególnego typu ochrony, topografia terenu, częstotliwość i czas trwania opadów nawalnych w danym regionie itp., a przede wszystkim możliwości i wymagania lokalne: zarządcy i użytkowników systemu odwodnienia i retencji miasta. Wyższy stopień ochrony (komfortu kanalizacyjnego) oznaczać bowiem będzie większe inwestycje czy wyższe koszty eksploatacji, ale możliwe, że mniejsze straty w przypadku zagrożenia.

Tabela 4. Wytyczne projektowania wg PN-EN 752:2017 „opad miarodajny”

Lokalizacja	Częstość C*) deszczu obliczeniowego [1 raz na C lat]	Prawdopodobieństwo przekroczenia w roku [%]
Tereny wiejskie	1	100
Tereny mieszkaniowe	2	50
Centra miast, tereny usług i przemysłu	5	20
Metro/przejście podziemne	10	10

*) dla wybranej częstości projektowej deszczu obliczeniowego (C) nie może wystąpić działanie kanałów pod ciśnieniem = z przeciążeniem

W przypadku parku nie ma jednoznacznego wskazania w normie, jakie prawdopodobieństwo powinno być przyjęte do modelowania. W specyfikacji zamówienia wskazano, że należy oprzeć się o 30 letni okres pomiarów i przeprowadzić symulacje dla deszczów o okresie powrotu C=5 lat. Taka wartość byłaby adekwatna dla terenów o wyższym stopniu zagospodarowania. Dlatego też wykonano analizy dla różnych scenariuszy opadu. Według powyższej tabeli zastosowanie dla samego obszaru parku powinien mieć raczej deszcz o prawdopodobieństwie przekroczenia 100%, czyli C=1 rok.

Tabela 5. Wytyczne projektowania wg PN-EN 752:2017 „opad kontrolny”

Wpływ zagrożenia	Przykładowe lokalizacje	Częstość C*) występowania wylewów [1 na „n” latach]	Prawdopodobieństwo przekroczenia w roku [%]
Bardzo mały	Drogi lub otwarte przestrzenie z dala od budynków	1	100
Mały	Tereny rolnicze (w zależności od wykorzystania, np. pastwiska, grunty orne)	2	50
Mały do średniego	Otwarte przestrzenie wykorzystane do celów publicznych	3	30
Średni	Drogi lub otwarte przestrzenie w pobliżu budynków	5	20
Średni do wysokiego	Zalania zamieszkałych budynków z wyłączeniem piwnic	10	10
Wysoki	Głębokie zalania zamieszkałych piwnic lub przejazdów pod ulicami	30	3
Bardzo wysoki	Infrastruktura krytyczna	50	2

*) częstości występowania wylewów (C) powinny być podwyższone (prawdopodobieństwo zredukowane) wszędzie tam, gdzie wody powodziowe szybko się przemieszczają.

Obszar parku z jego bezpośrednim otoczeniem zakwalifikowano jako „otwarte przestrzenie wykorzystane do celów publicznych” dlatego proponuje się przyjęcie do dalszych analiz prawdopodobieństwa deszczu kontrolnego $p=30\%$ ($C=3$, czyli powracającego 1 raz na 3 lata). Jest to zgodne z założeniem, że tego typu przestrzenie publiczne parkowe, ze zbiornikami powierzchniowymi i niewielkim nagromadzeniem infrastruktury, mogą być wykorzystywane jako obszar, który w razie opadów nawaalnych zostanie chwilowo i fragmentarycznie zalany wodami opadowymi, bez generowania większych strat.

6.2.2 Ustalenie czasu trwania opadu miarodajnego

W przypadku bardziej zaawansowanych obliczeń i większych obszarów czas koncentracji spływu jest wyznaczany na podstawie długości drogi spływu oraz prędkości spływu powierzchniowego. W przypadku analizowanych zlewni czas opadu miarodajnego ustalono na podstawie obliczeń czasu odpływu z najdalszego odcinka zlewni oraz weryfikacji w modelu hydraulicznym.

Do dalszych analiz przyjęto deszcz o czasie $T=15$ minut, zgodnie z wymogami opisu przedmiotu zamówienia oraz dodatkowo deszcz o czasie trwania $T=90$ minut na potrzeby dokonania warunków pracy układu zbiorników przy dłużej trwających opadach. Wynika to z czasu napełniania i opróżniania zbiorników, dla których krytyczne wielkości retencji wynikać mogą z różnicy doływu i odpływu dla dłużej trwających opadów.

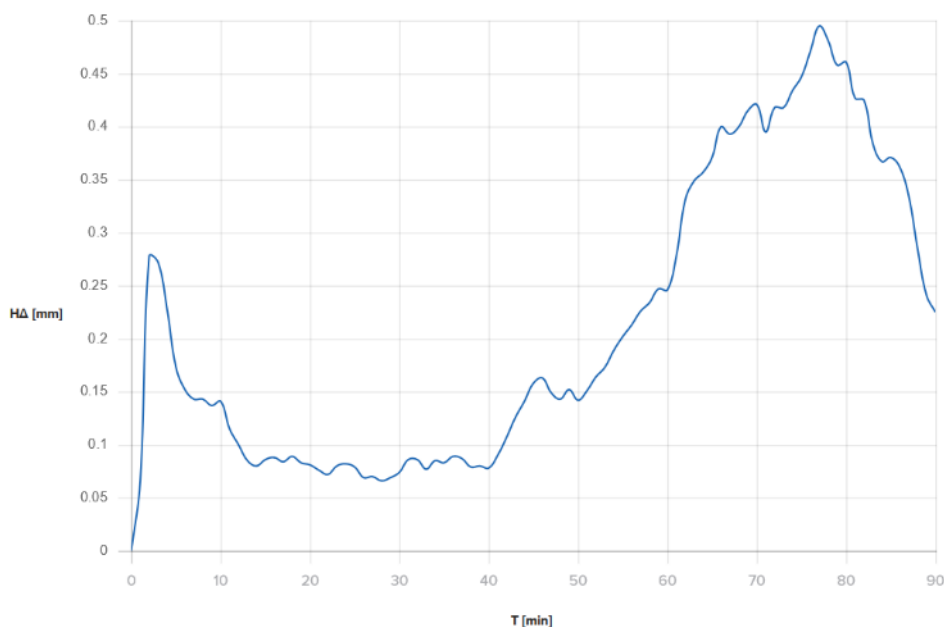
6.2.3 Przyjęte opady deszczu

Poniżej zaprezentowane wykresy rozkładu opadów przyjęte w modelowaniu hydrodynamicznym, które to modelowanie wykonano na potrzeby symulacji pracy układu odwodnienia i retencji dla różnych deszczy. Rozkład opadu według typu 4 służy właśnie weryfikacji objętości zbiorników, gdyż początkowy słabszy opad redukuje możliwości infiltracyjne zlewni, przez co późniejsze zwiększone natężenie opady,

skutkujące znacznym odpływem powinno zostać przechwycone przez zbiorniki (stawy). W kolumnie „opis” znajduje się przewidywana praca stawów w określonych warunkach pogodowych.

Tabela 6. Deszcze w modelu hydrodynamicznym

Prawdopodobieństwo [%]	Powrót raz na (C=) lat	Czas trwania opadu [min]	Typ rozkładu w czasie (wg MPWiK w Krakowie)	Wysokość deszczu [mm]	Opis
100	1	15	Typ 4	11,87	Typowa praca zbiorników
100	1	90	Typ 4	19,22	
30	3	15	Typ 4	16,97	Potencjalne wylewy
30	3	90	Typ 4	27,99	
20	5	15	Typ 4	19,38	Praca zbiorników w warunkach krytycznych
20	5	90	Typ 4	31,97	



Rysunek 14. Wykres rozkładu natężenia opadu typu 4 na podstawie lokalnego modelu opadu przygotowanego dla Krakowa przez MPWiK S.A. w Krakowie (źródło: MPWiK S.A. w Krakowie)

6.3 Metodyka wykonania obliczeń hydrologiczno-hydraulicznych i modelu hydrodynamicznego systemu kanalizacji deszczowej

6.3.1 Dane wejściowe do modelu

Podstawowym źródłem danych o trasach, współrzędnych i rodzajach sieci kanalizacyjnej (i odwadniającej), średnicach i materiale kanałów, studzienkach kanalizacyjnych były dane otrzymane od Zamawiającego w formacie GIS. Uzupełniły je dane z uzyskanych pomiarów geodezyjnych przepustów, a także inwentaryzacje terenowe podczas przeprowadzonych wizji terenowych w parku Lilli Wenedy przez inżynierów z RetencjaPL.

W celu zbudowania poprawnych topologicznie modeli hydrodynamicznych konieczne jest posiadanie minimalnego zestawu informacji dla wszystkich elementów:

- dla odcinków KD i rowów: długość odcinka, średnica (przekrój), rzędne początkowe i końcowe;
- dla zbiorników: powierzchnia, głębokość, rzędne wlotów i wylotów, ich średnice;
- dla pompowni: wydajność, wysokość podnoszenia i lokalizacja urządzenia.

W przypadku braku informacji zakładano odczyt rzędnych z Numerycznego Modelu Terenu, interpolacje i ekstrapolacje na podstawie wizji terenowej i posiadanych danych.

6.3.2 Podział na zlewnie cząstkowe

Do celów modelowania analizowana zlewnia została podzielona na mniejsze obszary tak, by jak najwierniej odzwierciedlić przepływy wód opadowych na analizowanym terenie. Najważniejsze zwykle przyjmowane kryteria wydzielenia zlewni modelowanych to:

- zagospodarowanie terenu wraz z ewentualnym systemem odwodnienia,
- granice działek ewidencyjnych,
- ukształtowanie terenu.

6.3.3 Parametryzacja zlewni cząstkowych

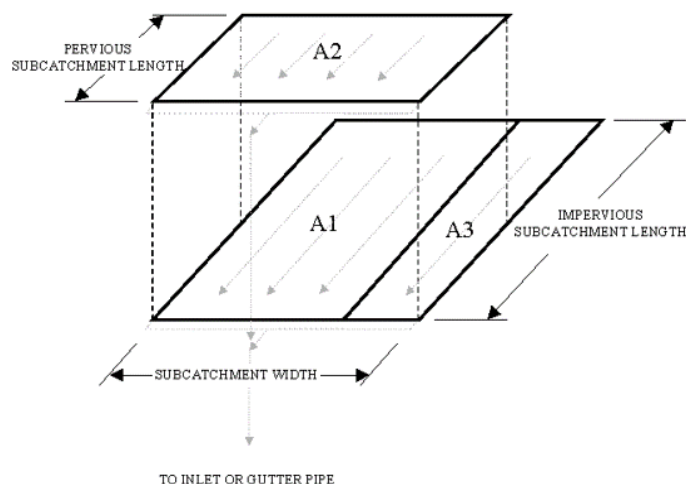
Zlewnie częściowe są zdefiniowane w aplikacji jako obszary poligonów, dla których program sam zlicza powierzchnię. Podczas budowy modelu przyjęto, że na działkach na których brak jest jakiegokolwiek zabudowy istnieją tereny zielone. W celu wyznaczenia procentu powierzchni uszczelnionej wyliczono średnią ważoną różnorodnej zabudowy do powierzchni całej działki obliczeniowej.

Przy wykonywaniu symulacji korzystano z zaimplementowanego w programie CivilStorm modułu obliczeniowego odpływu EPA SWMM. W modelu tym całkowity odpływ z pojedynczej zlewni cząstkowej jest sumą odpływów z powierzchni:

- przepuszczalnej, posiadającej retencję terenową,
- nieprzepuszczalnej, posiadającej retencję terenową,
- nieprzepuszczalnej i nieposiadającej retencji terenowej.

a) zdefiniowanie szerokości charakterystycznej spływu

Bardzo ważnym elementem definiowania parametrów modelu spływu powierzchniowego jest prawidłowe oszacowanie szerokości charakterystycznej spływu. Jest to szerokość, wzdłuż której dochodzi do powierzchniowego spływu wód opadowych ze zlewni do pobliskiej rynny przykrawężnikowej lub kanału. Parametr ten jest połączony nieodłącznie z długością drogi spływu powierzchniowego, gdyż w modelu EPA SWMM w sposób uproszczony każda zlewnia elementarna jest traktowana jako prostokątna (czego idea jest przedstawiona na rysunku poniżej). Wartości szerokości hydraulicznej odczytano w sposób przybliżony z dostępnych podkładów mapowych dla każdej ze zlewni.



Rysunek 15. Schemat ideowy drogi spływu powierzchniowego w modelu EPA SWMM

b) udział powierzchni nieprzepuszczalnej

Wartość tę wyznacza się jako średnią ważoną po powierzchniach, którym na podstawie sposobu zagospodarowania przypisano odpowiedni współczynnik spływu powierzchniowego.

c) średni spadek

W tym przypadku średni spadek wyliczono dla każdej ze zlewni częściowej na podstawie NMT.

d) średni CN (metoda SCS)

W celu zamodelowania strat opadu wynikających z infiltracji wody do gruntu postanowiono zastosować dla wszystkich zlewni model CN opracowany przez SCS (ang. Soil Conservation Service). Szczegółowy opis tego modelu można znaleźć w bogatej literaturze zarówno w języku angielskim jak i polskim. Za stosowaniem tego modelu przemawia możliwość scharakteryzowania infiltracji przy pomocy jednego tylko parametru, czyli numeru krzywej CN. W alternatywnych modelach Green i Ampta oraz Hortona wymagany jest określenie kilku parametrów infiltracyjnych gleby. Parametry te są zmienne w czasie, a ich wiarygodne określenie w warunkach miejskich dla gleb antropogenicznych jest praktycznie niemożliwe. W przeciwieństwie do tego pojedynczą wartość parametru CN odczytywano dla każdej z wydzielonych elementarnych zlewni spływu z uwzględnieniem hydrologicznej klasy gleby, na podstawie poniższych tabel.

Tabela 7. Hydrologiczne klasy gleb

Grupa	Charakterystyka	Współczynnik filtracji k ,
A	Gleby o małej możliwości powstania odpływu powierzchniowego. Charakteryzują się dobrą przepuszczalnością, wysokimi wartościami współczynników filtracji. Do grupy tej zalicza się głębokie piaski, piaski z niewielką domieszką gliny, żwiry, głębokie lessy.	$k > 7,6 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$
B	Gleby o przepuszczalności powyżej średniej, średni współczynnik filtracji Należą tu: gleby piaszczyste średnio głębokie, płytkie lessy oraz ility piaszczyste.	$3,8 < k \leq 7,6 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$
C	Gleby o przepuszczalności poniżej średniej. Należą tu: gleby uwarstwione, posiadające wkładki słabo przepuszczalne oraz ility gliniaste, płytkie ility piaszczyste, gleby o niskiej zawartości części organicznych, gliny o dużej zawartości części ilastych.	$1,3 < k \leq 3,8 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$
D	Gleby o dużej możliwości powstawania odpływu powierzchniowego. Przepuszczalność gleby bardzo mała i bardzo niska wartość współczynnika filtracji. Do grupy tej należą gleby gliniaste, gliny pylaste, gliny zasolone, gleby uwarstwione z warstewkami nieprzepuszczalnymi.	$k < 1,3 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$

Dane dla analizowanego obszaru pozyskano ze strony internetowej Centralnej Bazy Danych Geologicznych, zarządzanej przez Państwowy Instytut Geologiczny.

Parametr CN przyjmuje się w zależności od sposobu użytkowania powierzchni zlewni po określeniu grupy glebowej.

Tabela 8. Wybrane wartości współczynnika CN w zależności od hydrologicznej kategorii gleb i rodzaju zabudowy

Rodzaj pokrycia terenu (użytkowania zlewni)	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 warunki hydrologiczne (pokrycie trawą 50-75%)	49	69	79	84
	dobre warunki hydrologiczne (pokrycie trawą >75%)	39	61	74	80
Tereny nieprzepuszczalne: Utwardzone parkingi, dachy, jezdnie	—	98	98	98	98
Ulice i drogi	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

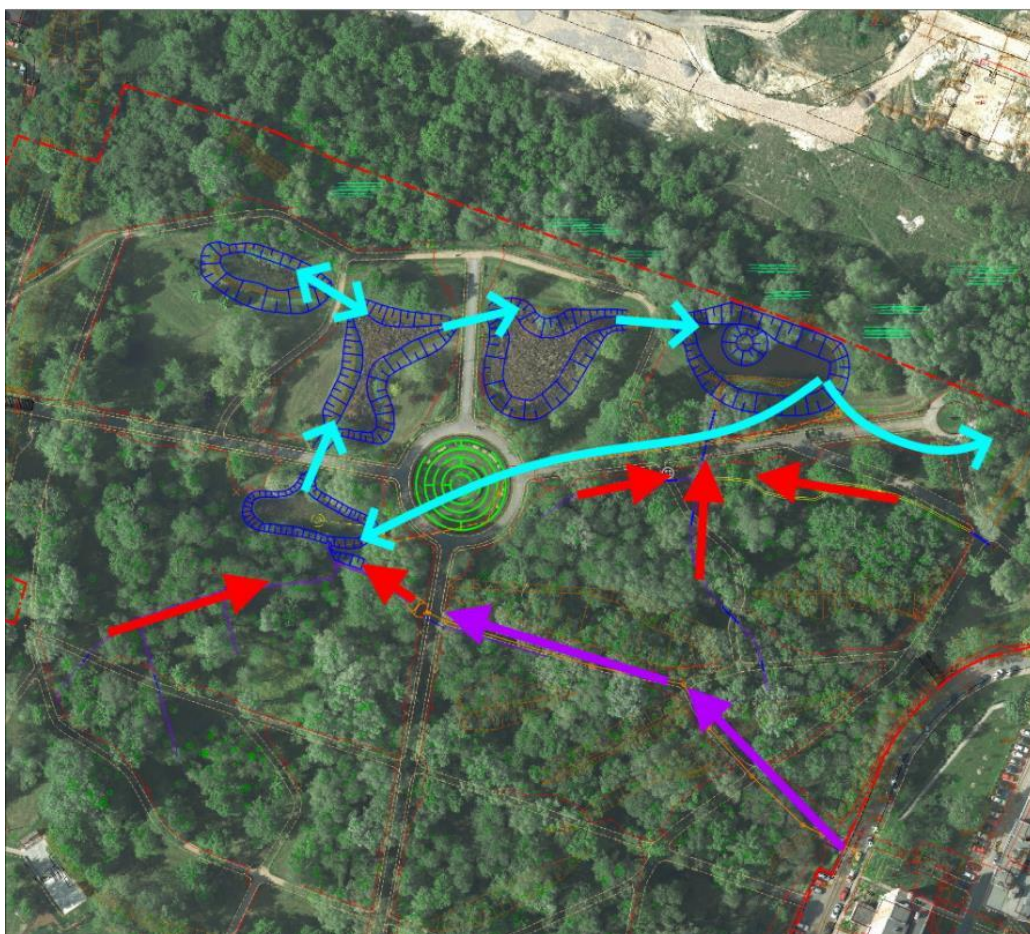
Rodzaj pokrycia terenu (użytkowania zlewni)	Opis Warunki hydrologiczne	Wartości CN dla grup glebowych			
		A	B	C	D
Ugór		77	86	91	94
Łąki	Warunki przeciętne	30	58	71	78
Lasy	gęste	25	55	70	77
	średniogęste	36	60	73	79
	rzadkie	45	66	77	83

6.4 Wyniki modelowania hydrodynamicznego

W toku weryfikacji różnych scenariuszy opadowych oraz rzędnych projektowanych zastawek osiągnięto optymalne ich poziomy.

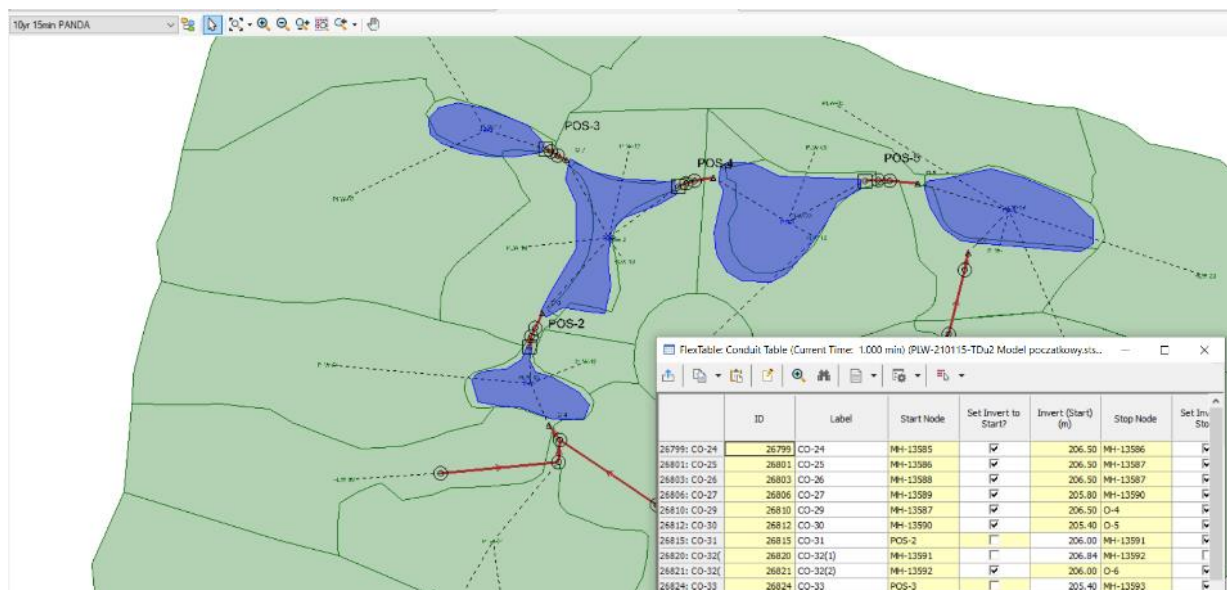
Poniżej zebrano elementy wynikowe, tak jednak:

- Schemat ideowy, gdzie widoczne są doły z rowów i muldy (czerwone strzałki), doływ z istniejącej kanalizacji deszczowej (fioletowa strzałka) oraz przepływy pomiędzy stawami (jasnoniebieska strzałka)



Rysunek 16. Schemat ideowy pracy zbiorników

- Opracowany schemat w programie CivilStorm



Rysunek 17. Fragment modelu hydrodynamicznego zlewni Parku Lilli Wenedy

- Rzędne istniejące oraz wypracowane rzędne projektowane

Tabela 9. Wartości obliczeniowe

	Staw S1	Staw S2	Staw S3	Staw S4	Staw S5
Min. Rzędna dna	204,23	205,32	205,48	205,52	206,17
Max. Rzędna dna	203,75	205,18	205,33	205,46	205,99
Zakres warstwy nieprzepuszczalnej	204,6 – 203,5	204,7 – 203,5	205	205	205,8 – 205,3
Planowane pogłębienie	BRAK	0,6	0,5	0,5	0,4
Rzędna zwierciadła wody	205,61	205,84	205,97	205,6	206,46
Rzędna zastawki ujściowej	brak	205,84	205,97	206,21	206,8
Napełnienie	1,62	0,59	0,56	0,11	0,38
Projektowana rzędna dna	203,99	204,8	205,2	205,69	205,3
Maksymalne projektowane piętrzenie	205,6	206	206,1	206,2	206,8
Napełnienie projektowane	1,61	1,2	0,9	0,51	1,5
Projektowana rzędna zastawki	Nie dotyczy	205,95	206	206,05	206,8

- Obliczanie rzędnych warstwy nieprzepuszczalnej

Tabela 10. Dane geologiczne wykorzystane w procesie projektowania

		Otw.nr OW1		
		rzędna terenu:		205,62 m npm
Głębokość [m] ppt		Rzędna od	Rzędna do	Makroskopowy opis gruntu
0	0,3	205,6	205,3	Nasyp pylasty
0,3	1	205,3	204,6	Piasek pylasty
1	1,5	204,6	204,1	Glina pylasta
1,5	2,2	204,1	203,4	Glina pylasta
2,2	6,5	203,4	199,1	Piasek drobny
6,5	8	199,1	197,6	Glina pylasta

		Otw.nr OW3		
		rzędna terenu:		206,25 m npm
Głębokość [m] ppt		Rzędna od	Rzędna do	Makroskopowy opis gruntu
0	1,4	206,3	204,9	Nasyp pylasto-piaszczysty
1,4	1,6	204,9	204,7	Namuł gliniasty
1,6	2,8	204,7	203,5	Glina pylasta
2,8	3,4	203,5	202,9	Piasek drobnoziarnisty
3,4	6	202,9	200,3	Glina pylasta

		Otw.nr OW4		
		rzędna terenu:		206,77 m npm
Głębokość [m] ppt		Rzędna od	Rzędna do	Makroskopowy opis gruntu
0	1,2	206,8	205,6	Pył z piaskiem pylastym
1,2	1,8	205,6	205,0	Pył piaszczysty
1,8	4	205,0	202,8	Glina pylasta

		Otw.nr OW6		
		rzędna terenu:		207,44 m npm
Głębokość [m] ppt		Rzędna od	Rzędna do	Makroskopowy opis gruntu
0	0,6	207,4	206,8	Nasyp pylasty
0,6	1,5	206,8	205,9	Pył piaszczysty
1,5	1,8	205,9	205,6	Pył piaszczysty
1,8	2,1	205,6	205,3	Glina pylasta
2,1	3,2	205,3	204,2	Pył piaszczysty
3,2	4	204,2	203,4	Glina pylasta

		Otw.nr OW7		
		rzędna terenu:		207,16 m npm
Głębokość [m] ppt		Rzędna od	Rzędna do	Makroskopowy opis gruntu
0	0,8	207,2	206,4	Nasyp piaszczysto-gliniasty
0,8	1	206,4	206,2	Pył piaszczysty
1	1,2	206,2	206,0	Piasek drobnoziarnisty
1,2	1,4	206,0	205,8	Pył piaszczysty
1,4	2,8	205,8	204,4	Glina pylasta
2,8	3	204,4	204,2	Piasek drobnoziarnisty
3	4	204,2	203,2	Glina pylasta

6.5 Ocena możliwości zasilania z terenów sąsiednich

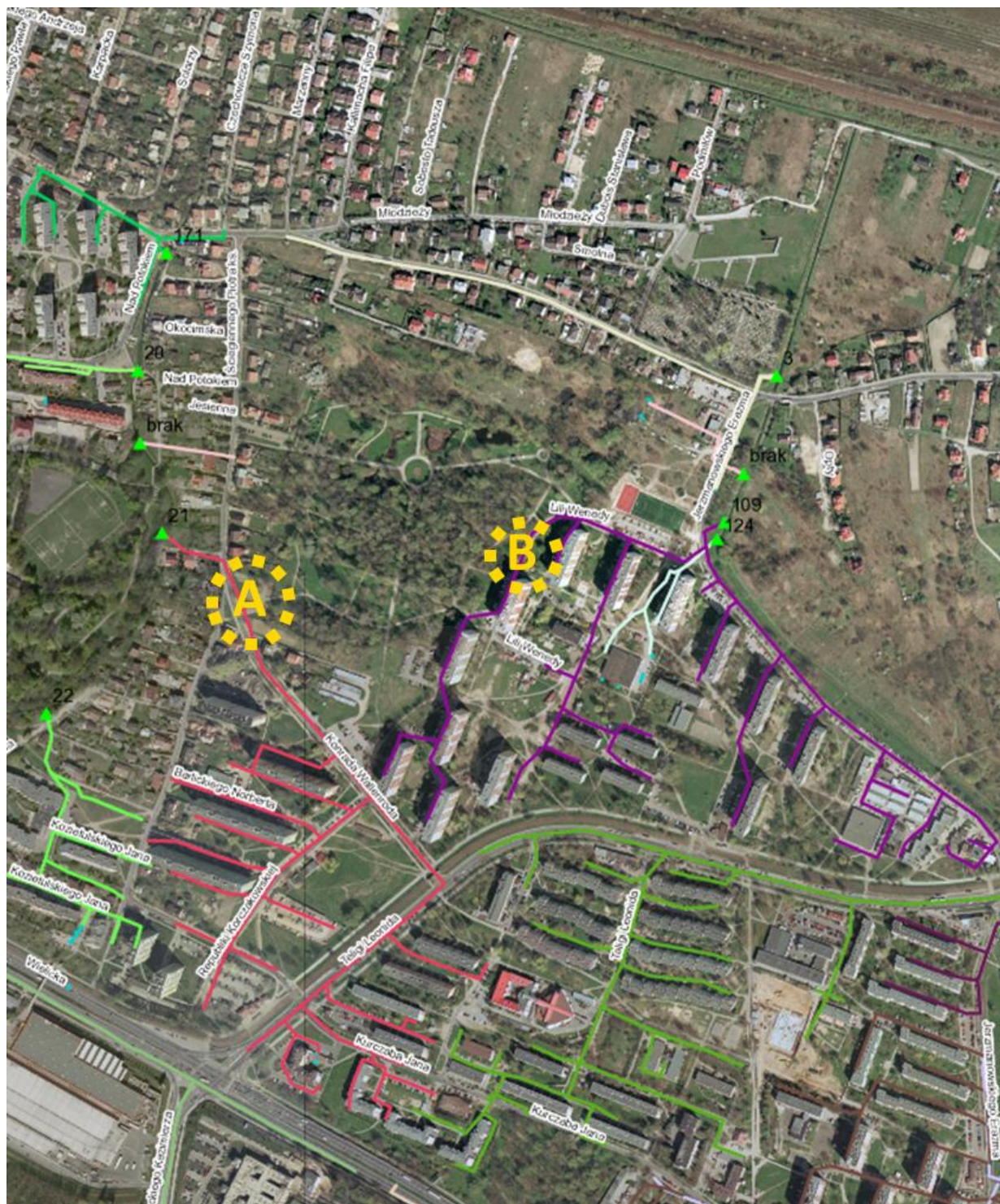
W koncepcji rozważono możliwość zasilania obszaru z terenów sąsiednich. Na podstawie modelu hydraulicznego sieci oraz po dokonaniu inwentaryzacji z map powierzchni uszczelnionych wskazano na możliwość podłączenia obszaru pobliskich budynków. Wymagałoby to zastosowania urządzeń podczyszczających oraz rozmów z MPWiK w Krakowie w celu ingerencji w sieć kanalizacji deszczowej.



Rysunek 18. Sieci kanalizacji w bezpośrednim otoczeniu parku Lilli Wenedy (źródło: własne na podstawie danych z ZMZ)

Koncepcja retencji i wykorzystania wód opadowych w Parku Lilli Wenedy.

Jako potencjalne miejsca przyłączenia kanalizacji deszczowej do stawów w Parku Lilli Wenedy wytypowano kanalizację wzdłuż ulicy Konrada Wallenroda, przy przecięciu z ulicą Księdza Piotra Ściegiennego (oznaczenie A na rysunku poniżej) oraz kanalizację wzdłuż ulicy Lilli Wenedy (oznaczenie B na rysunku poniżej).



Rysunek 19. Potencjalne miejsca przyłączenia (źródło: własne na podstawie danych z ZMZ)

Szczegółowe analizy wykazały, że przyłączenie wód opadowych z kierunku „A” wymagałoby wykonania przyłącza na dużej głębokości, a następnie wykonania odcinka rurowego pod powierzchnią istniejącego parkingu. Przyłącze z kierunku „B” okazało się rozsądniejszym rozwiązaniem z powodu mniejszego zagłębienia sieci oraz krótszego odcinka rurowego pod istniejącą drogą.

6.6 Zielono-niebieska infrastruktura

Infrastruktura zielono-niebieska stanowi zestaw rozwiązań opartych na naśladowaniu mechanizmów zachodzących w przyrodzie od tysięcy lat (NBS, ang. nature-based solutions). Sprawdzają się one w warunkach miejskich, gdzie skutecznie mogą uzupełniać lub wręcz zastępować konwencjonalne „szare” układy kanalizacji deszczowej, równocześnie regulując temperaturę powietrza oraz magazynując i oczyszczając wodę deszczową. Elementy łańcucha zielono-niebieskiej infrastruktury można wkomponować w istniejący krajobraz miejski, na przykład w obrębie miejsc zbiorowego przebywania ludzi: placów, parków, alei spacerowych. W przeciwieństwie do swoich tradycyjnych odpowiedników, elementy zielono-niebieskiej infrastruktury często integrują jednocześnie w szerokie spektrum funkcji. Jest to szczególnie istotne w kontekście łagodzenia i adaptacji do zmian klimatu w miastach. Dla przykładu, zielono-niebieska infrastruktura, której głównym zadaniem jest zatrzymanie wody deszczowej w miejscu opadu, może równocześnie pochłaniać dwutlenek węgla, zmniejszać zanieczyszczenie powietrza lub łagodzić efekt miejskiej wyspy ciepła. Zintegrowane podejście do rozwoju infrastruktury komunalnej i przyrodniczej prowadzi do uzyskania relatywnej równowagi pomiędzy tak różnorodnymi ekosystemami, a w istocie rzeczy do zminimalizowania negatywnego wpływu terenów antropogenicznych na środowisko naturalne i poprawy bioróżnorodności w miastach.

Poniżej zaprezentowano i omówiono wybrane rozwiązania, których realizacja jest możliwa na obszarze koncepcji i jest nastawiona na dalsze zwiększenie adaptacji obszaru parku do zmian klimatycznych i wykorzystania jego pełnego potencjału.

6.6.1 Ogród deszczowy w obszarze rowów zasilających zbiorniki

Ogrodem deszczowym określa się rośliny nasadzone w niewielkich zagłębieniach, do których spływają wody opadowe. Wysoka estetyka, różnorodność kompozycji oraz wszechstronne zastosowanie nadają ogrodom unikalny charakter. Ogrody deszczowe przyczyniają się do zwiększenia ilości wody w krajobrazie, zapobiegają obniżeniu poziomu wód gruntowych i lokalnym podtopieniom. Sadzimy w nim głównie tzw. rośliny hydrofitowe, które za pomocą korzeni i kłączy zatrzymują zanieczyszczenia z pobranej przez siebie wody. Systemy korzeniowe roślin zapewniają biologiczne oczyszczanie deszczówki wraz z jej stopniową infiltracją w głąb warstw humusu, piasku i żwiru.

Jakie rośliny wybrać

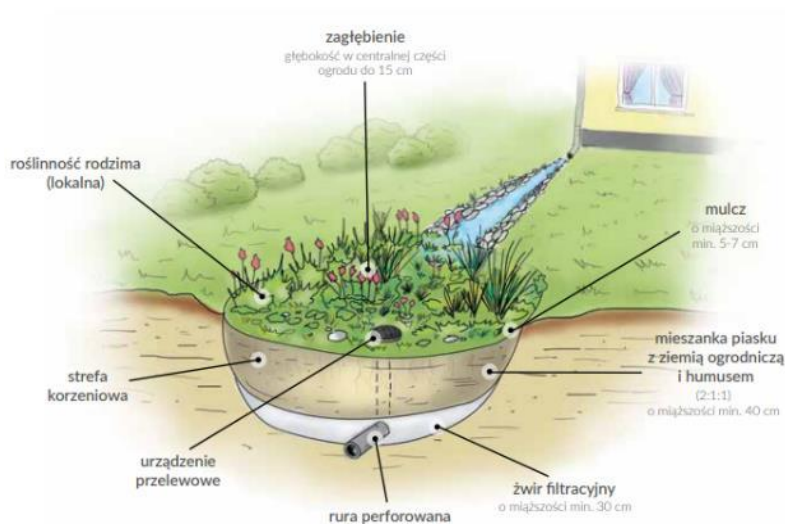
Ogród deszczowy przypomina klasyczną rabatę kwiatową. Rośliny w ogrodzie pełnią kilka ważnych funkcji. Obok walorów krajobrazowych, główną ich funkcją jest oczyszczanie przepływającej przez ogród deszczowej wody opadowej, zwiększenie ewapotranspiracji i retencji korzeniowej. W poniższej tabeli zostały wymienione polecane gatunki roślin hydrofitowych.

Tabela 11 Zalecane gatunki hydrofitowe przy tworzeniu ogrodów deszczowych

Nazwa polska	Nazwa łacińska	Gęstość sadzenia	Wystawa, wymagania
Trzcina pospolita	<i>Phragmites communis</i>	4-6 szt/m ²	Słońce, półcień, szeroka nisza ekologiczna, trawa ozdobna
Sit rozpięchły	<i>Juncus effusus</i>	5-6 szt/ m ²	Półcień, słońce, trawa ozdobna
Śmiałek darniowy	<i>Deschampsia cespitosa</i>	5-7szt/m ²	Słońce, półcień, cień, szerokaniszowa ekologiczna, trawa ozdobna
Mozga trzcinowata	<i>Phalaris arundinacea</i>	5-6 szt/ m ²	Słońce, półcień, trawa ozdobna, dostępna w różnych odmianach
Krawawnica pospolita	<i>Lythrum salicaria</i>	6-7 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, walory użytkowe
Kosaciec syberyjski	<i>Iris siberica</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia roślina cebulowa, zimująca w naszym klimacie, oryginalnie w kolorze fioletowym, dostępny w odmianach
Kosaciec żółty	<i>Iris pseudacorus</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia roślina cebulowa, zimująca w naszym klimacie, dostępny w odmianach
Tojeść rozesłana	<i>Lysimachia nummularia</i>	10 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie
Tojeść kropkowana	<i>Lysimachia punctata</i>	5-6 szt/ m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, ma tendencje do nadmiernego rozrastania
Rdest węzownik	<i>Polygonum bistorta</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie,
Kozłek lekarski	<i>Valeriana officinalis</i>	8-10 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, cenna roślina użytkowa i lecznicza
Żywokost lekarski	<i>Symphytum officinale</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, cenna roślina użytkowa i lecznicza
Wierzbownica drobnokwiatowa	<i>Epilobium parviflorum</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, cenna roślina użytkowa i lecznicza
Mięta wodna	<i>Mentha aquatica</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, cień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, cenna roślina użytkowa i lecznicza
Bodziszek żałobny	<i>Geranium phaeum</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, cień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie
Sadziec Konopiasty	<i>Eupatorium maculatum</i>	6-8 szt/m ²	Słońce, półcień, cień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, dostępna w odmianach
Pełnik europejski	<i>Trollius europeus</i>	5-6 szt/ m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie
Wiązówka błotna	<i>Filipendula ulmaria</i>	6-7 szt/m ²	Słońce, półcień, wieloletnia bylina zimująca w naszym klimacie, dostępna w odmianach

Warunki realizacji oraz wykonanie

Zwierciadło wód gruntowych powinno znajdować się przynajmniej 100 cm poniżej poziomu terenu. Wielkość ogrodu deszczowego wyznaczana jest jako 7-20% powierzchni odwadnianego obszaru, a jego zagłębienie w najniższym punkcie wynosić powinno od 15 do 30 cm. Wykop należy wypełnić kruszywem dolomitowym o frakcji 2-8 mm lub o frakcji 8-16 mm. Innymi kruszywami nadającymi się do wypełnienia ogrodu są: tuf wulkaniczny, kruszona cegła, kruszywa wapienne, opoka, chalcedonit, zeolit. Aby dochodziło do równomiernego rozprowadzania wody deszczowej wymagane jest, aby poletko ogrodu deszczowego było płaskie i wyrównane. Zaleca się, aby rośliny w ogrodzie deszczowym sadzone były gęsto (około 6 roślin na metr kwadratowy ogrodu).



Rysunek 20. Przekroje przez typowe ogrody deszczowe w gruncie (źródło: Katalogi dobrych praktyk z Wrocławia i Bydgoszczy)

Utrzymanie i pielęgnacja

Utrzymanie ogrodu deszczowego opiera się o następujące działania:

- regularne sprawdzanie czy rury nie są zatkane lub zanieczyszczone,
- usunięcie suchych liści i innych części rośliny po okresie wegetacji (w przypadku roślin wieloletnich-byliny),
- ewentualna okresowa wymiana 5-7 cm warstwy wierzchniej tzw. mulczu,
- pielęgnacja bieżąca bez stosowania nawozów sztucznych oraz środków ochrony roślin – rośliny sadzone w takim ogrodzie mają za zadanie pobierać składniki odżywcze z przepływającej wody opadowej,
- uzupełnienie brakującej warstwy w przypadku poprzesuwania kamieni na powierzchni ogrodu oraz nierównomiernego zapadnięcia się ogrodu spowodowanego przez nurt wody z rury doprowadzającej deszczówkę.

Przykładowe realizacje

Poniżej zaprezentowano rozmaite ogrody deszczowe w gruncie, aby przybliżyć ich wygląd, sposób wykonania, nasadzenia roślin i ogólną zasadę funkcjonowania.



Fotografia 38. Przykłady ogrodów deszczowych (źródło: cc 1.0)

6.6.2 Lokalne obniżenie z bioretencją

Zamiennie z ogrodem deszczowym, w pobliżu alejek parkowych mogą być zrealizowane lokalne obniżenia z bioretencją.

Obniżenia z bioretencją, najczęściej odwadniające szczelne chodniki lub utwardzone pasy terenu, to niewielkie powierzchnie chłonne i retencyjne wykonane w formie obniżenia terenu z zastosowaniem pokrywy wegetacyjnej, złożonej z odpornych na warunki atmosferyczne (głównie zalewanie) roślin hydrofitowych. Od podobnych do siebie ogrodów deszczowych różnią się większą głębokością sięgającą nawet do 40 cm, mniejszą atrakcyjnością wizualną, ale przede wszystkim funkcją przeciwdziałania niekontrolowanemu zastoiskom wodnym.

Warunki realizacji

Teren przyległy do zagłębienia bioretencyjnego powinien cechować spadek 2-5%. Po określeniu jego zakresu wykonać należy wykop do 1 metra głębokości w środkowej części obiektu. Następnie wykonuje się równomierne uformowanie zbocza, wysypanie warstwy żwiru drenarskiego o miąższości 15 cm, a dalej ułożenie warstwy ziemi ogrodowej o miąższości 40 cm, zasadzenie roślinności wodolubnej, a na końcu pokrycie całości 5 cm warstwą mulczu. Gatunki roślin hydrofitowych dobierane są w sposób zbliżony do zestawu dedykowanego dla ogrodu deszczowego, jednak z preferencją odmian zielonolistnych.

Utrzymanie i pielęgnacja

Utrzymanie zagłębienia opiera się o następujące czynności:

- regularne kontrole poletka bioretencyjnego, aby sprawdzać oznaki erozji czy słabej kondycji pokrywy wegetacyjnej,
- usuwanie chwastów oraz roślin inwazyjnych,
- usuwanie śmieci blokujących dopływ do zagłębienia,
- podlewanie nowych nasadzeń w początkowej fazie wzrostu (24 miesiące) lub podczas okresów suchych,
- uzupełnianie humusu, tak aby całkowita miąższość warstwy utrzymywała wartość 5 cm,
- na jesień usuwanie zalegających liści, mogących zablokować dopływ spływu powierzchniowego,
- unikanie składowania śniegu oraz liści w obniżeniu bioretencyjnym,
- bieżąca pielęgnacja bez stosowania nawozów sztucznych oraz środków ochrony roślin.

Przykładowe realizacje



Fotografia 39. Przykłady realizacji obniżeń z bioretencją

6.6.3 Mulda chłonna jako sposób na odprowadzenie wody z alejek parkowych i okolicznych ulic

Zastosowanie muld chłonnych mogłoby poprawić warunki nawodnienia parku w okresach suszy.

Muldy chłonne są płytkimi, porośniętymi niską roślinnością zagłębieniami o wielowarstwowej strukturze dna służącymi do odprowadzania wód opadowych. Przejmują i transportują wody opadowe przy ciągłej filtracji przez system korzeniowy. Dzięki stopniowej infiltracji do gruntu spowalniają sptyw powierzchniowy. Przyczyniają się do zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza, niwelują podtopienia, jak i przeciwdziałają suszy. Muldy pozwalają na zachowanie ciągłości ekologicznej oraz pozytywnie wpływają na jakość środowiska miejskiego.

Warunki realizacji

Zaleca się by do nasadzeń wykorzystywać rodzime gatunki traw i roślin dwuliściennych, które występują naturalnie na brzegach rzek. Muldy są dobrym rozwiązaniem na terenach cechujących się nachyleniem nie większym niż 5%. Ich szerokość z reguły wynosi od 1,5 do 5 m. Powinny służyć do odwadniania obszarów o powierzchni zabudowy do 4 hektarów. Składają się z takich elementów jak górna warstwa gleby, zawierająca mniej niż 5% części gliniastych (mieszanka piasku z kompostem) oraz warstwy drenażowej, złożonej z gruboziarnistego żwiru lub keramzytu w geowłókninie umożliwiającej przesiąkanie wody. łączna grubość obydwu warstw powinna wynosić 30-70 cm.



Rysunek 21. Typowy przekrój przez muldę chłonną

Utrzymanie i pielęgnacja

Utrzymanie muldy chłonnej polega między innymi na:

- kontroli drożności i oznak erozji,
- koszeniu co 2 tygodnie w przypadku obsiewu mieszankami trawnikowymi,
- odchwaszczaniu, usuwaniu martwych resztek roślin, nadmiaru ściółki,

- naprawie zniszczonych elementów oraz wymianie żwiru, o ile konieczne,
- przycinaniu roślinności porastającej stoki muldy chłonnej,
- podlewaniu roślin przez pierwsze 3 miesiące lub podczas suszy,
- uzupełnianie nasadzeń w przypadku utraty roślin w skutek wkraczania gatunków inwazyjnych lub chorób.

Przykładowe realizacje



Fotografia 40. Przykładowe realizacje muld chłonnych (cc:1.0)

7 Proponowane rozwiązania

W toku prac zdecydowano się na przedstawienie dwóch wariantów rozwiązań. Wariant I (minimalny) zawierający minimalistyczny program inwestycyjny i opierający się raczej o korektę stanu istniejącego i doprowadzenie go do elementarnej funkcjonalności oraz Wariant II (optymalny) stanowiący całość rozwiązań wariantu I z rozszerzeniem o działania, które pozwolą na pełne wykorzystanie potencjału Parku Lilli Wenedy.

7.1 Wariant I - minimalny

Wariant polega na minimalnej ingerencji w istniejący układ i pracę zbiorników. Ogranicza się do prac utrzymaniowych i nieznacznych korekt połączeń pomiędzy zbiornikami. Zakłada ograniczenie prac do :

- odnowienia rowów,
- odbudowy przepustów,
- odnowienia przepustów pomiędzy zbiornikami i montażu zastawek regulujących,
- modyfikacji istniejącej pompy w stawie S1,
- budowy przepompowni kierującej wody opadowe z stawu S1 do stawu S5,
- montażu aeratora w zbiorniku S5,
- i dodatkowo wykonaniu mniejszych działań o charakterze zielono-niebieskiej infrastruktury, na przykład wykonaniu muldy terenowej.

7.1.1 Rowy

Proponuje się wyczyszczenie wszystkich oznaczonych na załączniku mapowym rowów oraz ich reprofilację, aby doprowadzić wody opadowe do stawów. Inwentaryzacja wykazała wiele miejsc zastojowych tuż przed stawami, gdzie rowy nie spełniły swojej funkcji. Jest to szczególnie istotne dla stawu S5, gdzie doprowadzenie świeżej wody opadowej wpłynęłoby korzystnie na stan tego stawu.

Proponuje się również wykonanie muldy terenowej od przepustu P13 do rowu R1, która posłuży doprowadzeniu nadmiaru wody opadowej do stawu S1 przy jednoczesnym zasilaniu wód gruntowych – infiltracji oraz wykorzystaniu istniejącego naturalnego ukształtowania terenu.

Rów R6 w swoim początkowym biegu powyżej przepustu P5 umocniony jest korytkiem betonowym. Po jego wyczyszczeniu i określeniu jego stanu technicznego należy podjąć decyzję co do jego pozostawienia lub też usunięcia elementów betonowych, a następnie reprofilacji ze skarpami o nachyleniu 1:1,5.

Tabela 12. Proponowane działania modernizacyjne dla rowów

Lp.	Nr Rowu	Długość [m]	Proponowane działania modernizacyjne
1	R1	105	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
2	R2	50	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
3	R3	111	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
4	R4	20	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
5	R5	44	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5

Lp.	Nr Rowu	Długość [m]	Proponowane działania modernizacyjne
6	R6	83	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
7	proponowana mulda terenowa (R7)	90	Wykonanie odcinka muldy terenowej do odbioru wód z rejonu przepustu nr 13 przyłączonego do rowu R1

7.1.2 Przepusty na rowach

Wszystkie przepusty należy wyczyścić i udroźnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu. Stan przepustu P9 i P10 wymaga ich całościowego odtworzenia.

Tabela 13. Proponowane działania modernizacyjne dla przepustów

Lp.	Nr Przepustu	Działanie
1	P1	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
2	P2	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
3	P3	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych (znaczne ubytki i pęknięcia)
4	P4	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
5	P5	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
6	P6	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
7	P7	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
8	P8	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
9	P9	Odtworzenie przepustu
10	P10	Odtworzenie przepustu
11	P11	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
12	P12	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
13	P13	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych

7.1.3 Zbiorniki/stawy

W obecnym stanie stawy zarastają i wysychają. Bezpośrednie działania modernizacyjne stawów polegać będą w tym wariancie na :

- odnowieniu przepustów pomiędzy zbiornikami i montażu zastawek regulujących,
- odmuleniu stawów,
- montażu aeratora w zbiorniku S5.

Tabela 14. Proponowane działania modernizacyjne dla stawów

Lp.	Nr stawu	Proponowane działania modernizacyjne
1	S1	wyczyszczenie stawu
2	S2	
3	S3	
4	S4	
5	S5	

W celu usprawnienia pracy zbiorników należy odnowić zastawki pomiędzy zbiornikami i zamontować zastawki dławiące odpływ do niżej położonego zbiornika.

W Parku Lilli Wenedy znajdują się 4 istniejące zastawki, bezpośrednio przed przepustami P1, P2, P3 i P4.

Tabela 15. Proponowane działania modernizacyjne dla zastawek.

Lp.	Zastawka przy przepuście nr.	Działanie
1	P1	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki piętrzącej do rzędne 205,80 z przelewem na rzędnej 205,95. Zastawka regulowana ręcznie, domyślnie otwarta.
2	P2	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki piętrzącej do rzędne 205,85 z przelewem na rzędnej 206,00. Zastawka regulowana ręcznie, domyślnie otwarta.
3	P3	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki regulowanej ręcznie umożliwiającej opróżnienie zbiornika z przelewem na rzędnej 206,05. Zastawka sterowana, domyślnie zamknięta.
4	P4	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki piętrzącej do rzędne 206,65 z przelewem na rzędnej 206,80. Zastawka regulowana ręcznie, domyślnie otwarta.

Montowane zastawki przy przepustach P1, P2 i P4 powinny pozwalać na ograniczony przepływ przy niskich poziomach napełnienia oraz na przelew nad zastawką w przypadku osiągnięcia przez staw maksymalnego dopuszczalnego napełnienia.

Praca zastawki przy przepuście P3 powinna natomiast w ustawieniu domyślnym blokować przepływ pomiędzy stawem S3 i S4. Jedynie przy dużym napełnieniu zbiornika S3 powinno dochodzić do przelania się wody do zbiornika S4. Zastawka powinna mieć możliwość awaryjnego otwarcia, a przez to opróżnienia stawu S4 do S3.

7.1.4 Recykulacja wody

Układ wysokościowy zbiorników powoduje spływ grawitacyjny wód opadowych kolejno poprzez staw S5, S3, S2, aby trafić ostatecznie do stawu S1. Następnie część wód opadowych z stawu S1, poprzez pompownię cyrkulacyjną, zostanie przepompowane do S5 do fontanny napowietrzającej. Przed przepompowaniem do S5 należy przeprowadzić wodę poprzez filtrację. Pozwoli to uniknąć awarii pomp oraz fontanny napowietrzającej. Cały proces posłuży wielu celom, m.in. zwiększy się naturalna retencja stawów, a obieg wody stymulować będzie warunki biotyczne w stawach. Fontanna napowietrzająca poza efektem wizualnym przyczyni się do uzyskania równowagi ekologicznej w stawach. Efektem tego będzie ograniczenie rozwoju glonów i nadmiernego wzrostu wodorostów, jak również ograniczenie nieprzyjemnego zapachu związanego z procesami biologicznymi (napowietrzanie wody wspomaga aerobowe trawienie składników odżywczych).

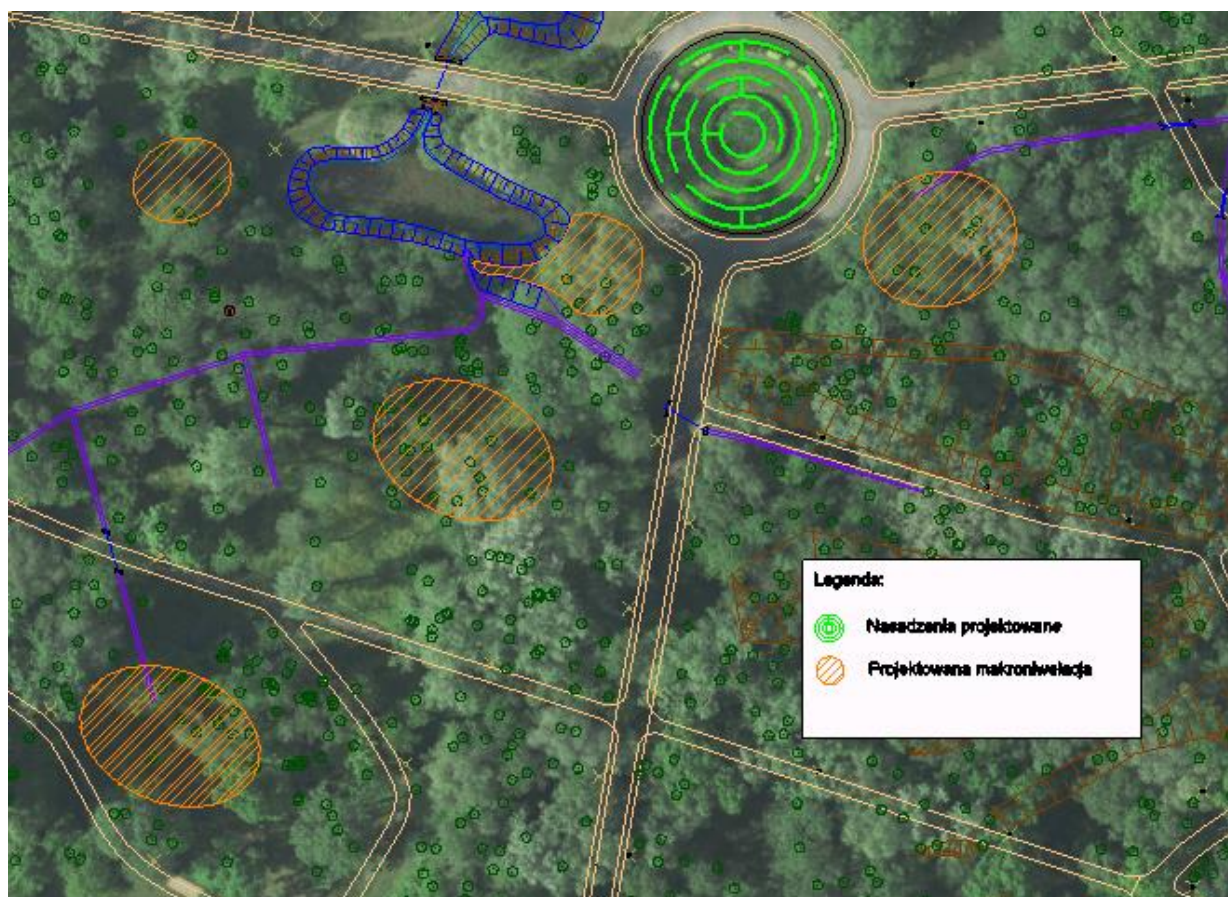
Dane podstawowe pompy recykulacyjnej powinny być następujące:

- wydatek pompy: 10 l/s (36 m³/h)
- długość przewodu tłocznego: 157 m.

Należy również uwzględnić modyfikację istniejącej pompowni. Obecne rzędne załączenia i wyłączenia pompy, jak również jej wydatek nie są dokładnie znane. Należy więc wyczyścić komorę przepompowni, dokonać próbnego załączenia, a następnie zmodernizować ją. Efektem, który należy osiągnąć jest załączenie pompy w momencie przepełnienia zbiornika, a więc na rzędnej ~205,60 m n.p.m. Istniejąca pompa powinna pracować z maksymalnym dopuszczalnym wydatkiem.

7.1.5 Pozostałe działania

Na poniższym rysunku przedstawiono dodatkowe planowane działania w obszarze parku, nie związane wprost z systemem odwodnienia i retencji, dopełniające jednak propozycję wariantu minimalnego.



Rysunek 22. Propozycje lokalizacji działań dodatkowych (źródło: własne)

Makroniwelacja

W ramach rozszerzenia Wariantu II proponuje się również lokalną makroniwelację poniższych obszarów parku, w miejscach wskazanych na rysunku.

Zielony labirynt

Sugeruje się także zmianę zagospodarowania środkowego ronda, znajdującego się pomiędzy stawami S5, S3 i S2 i stworzenie w jego miejscu tzw. „zielonego labiryntu” – labiryntu w formie ciętego żywopłoty w celu zwiększenia atrakcyjności parku dla najmłodszych. Proponuje się labirynt na planie koła z roślinami lubiącymi strzyżenie, tworzącymi gęstą regularną ścianę zieleni. Na niskie labirynty najlepiej nadaje się bukszpan wieczniezielony (*Buxus sempervirens*) – podatny niestety w ostatnich latach na plagę niszczących go owadów lub ligustr pospolity (*Ligustrum vulgare*). Nie wyklucza się zastosowania innych roślin, co należy skonsultować ze specjalistą zajmującym się zielenią parkową. Ścieżki labiryntu powinny mieć szerokość co najmniej 80 cm.

7.2 Wariant II - optymalny

Wariant II jest wariantem optymalnym, zawierającym rozwiązania zawarte w Wariacie I, jednak rozbudowane o dodatkowe działania, które pozwolą na wykorzystanie w pełni możliwości działania układu retencji i odwodnienia w parku, magazynowania wody opadowej i poprawy mikroklimatu parku.

Wariant polega na :

- odnowieniu rowów,
- odbudowie przepustów,
- odnowieniu przepustów pomiędzy zbiornikami i montażu zastawek regulujących,
- pogłębieniu stawów i zmniejszenia spadku skarp do zbiorników,
- modyfikacji istniejącej pompy w stawie S1,
- budowie przepompowni kierującej wody opadowe z stawu S1 do stawu S5,
- montażu aeratora w zbiorniku S5,
- budowie przyłącza kierującego wody opadowe z pobliskiej kanalizacji deszczowej do stawu S5
- i dodatkowo wykonaniu mniejszych działań o charakterze zielono-niebieskiej infrastruktury, na przykład wykonaniu muldy terenowej.

7.2.1 Rowy

Proponuje się wyczyszczenie wszystkich oznaczonych na załączniku mapowym rowów oraz ich reprofilację, aby doprowadzić wody opadowe do stawów. Inwentaryzacja wykazała wiele miejsc

zastojowych tuż przed stawami, gdzie rowy nie spełniły swojej funkcji. Jest to szczególnie istotne dla stawu S5, gdzie doprowadzenie świeżej wody opadowej wpłynęłoby korzystnie na stan tego stawu.

Proponuje się również wykonanie muldy terenowej od przepustu P13 do rowu R1, która posłuży doprowadzeniu nadmiaru wody opadowej do stawu S1 przy jednoczesnym zasilaniu wód gruntowych – infiltracji oraz wykorzystaniu istniejącego naturalnego ukształtowania terenu.

Rów R6 w swoim początkowym biegu powyżej przepustu P5 umocniony jest korytkiem betonowym. Po jego wyczyszczeniu i określeniu jego stanu technicznego należy podjąć decyzję co do jego pozostawienia lub też usunięcia elementów betonowych, a następnie reprofilacji ze skarpami o nachyleniu 1:1,5.

Tabela 16. Proponowane działania modernizacyjne dla rowów

Lp.	Nr Rowu	Długość [m]	Proponowane działania modernizacyjne
1	R1	105	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
2	R2	50	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
3	R3	111	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
4	R4	20	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
5	R5	44	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
6	R6	83	Wyczyszczenie i reprofilacja rowu, ze skarpami 1:1,5
7	proponowana mulda terenowa (R7)	90	Wykonanie odcinka muldy terenowej do odbioru wód z rejonu przepustu nr 13 przyłączonego do rowu R1

7.2.2 Przepusty na rowach

Wszystkie przepusty należy wyczyścić i udroźnić, a następnie uzupełnić ubytki betonu. Stan przepustu P9 i P10 wymaga ich całościowego odtworzenia.

Tabela 17. Proponowane działania modernizacyjne dla przepustów

Lp.	Nr Przepustu	Działanie
1	P1	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
2	P2	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
3	P3	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych (znaczne ubytki i pęknięcia)
4	P4	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
5	P5	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
6	P6	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
7	P7	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
8	P8	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
9	P9	Odtworzenie przepustu
10	P10	Odtworzenie przepustu
11	P11	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
12	P12	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych
13	P13	Wyczyszczenie i udroźnienie przepustu, naprawa powierzchni betonowych

7.2.3 Zbiorniki/stawy

W obecnym stanie stawy zarastają i wysychają. Bezpośrednie działania modernizacyjne stawów polegać będą na :

- odnowieniu przepustów pomiędzy zbiornikami i montażu zastawek regulujących,
- pogłębieniu stawów i zmniejszenia spadku skarp do zbiorników,
- montażu aeratora w zbiorniku S5.

Proponuje się pogłębienie stawów S2, S3 i S5, pozostawienie bez zmian dna stawu S1 oraz nadsypanie warstwą około ~20cm stawu S4 w celu umożliwienia jego prawidłowej pracy (opróżniania). Dla wszystkich stawów proponuje się zmianę skarp betonowych na łagodne skarpy o preferowanym spadku 1:4 wraz z zabezpieczeniem ich szczelną geomembraną (lub równoważnym rozwiązaniem). Zmiana spadku skarp jest proponowana w każdym miejscu, gdzie jest to wykonalne i nie wymusza to ingerencji w ścieżki parkowe, drzewa, lampy oświetleniowe, przepusty i umocnienia wokół nich.

Działania te spowodują zwiększenie retencji w stawach, lepsze warunki biologiczne w bardzo ważnym dla zapewnienia bioróżnorodności obszarze granicy wody i łądu przy brzegach zbiorników oraz zwiększą dostępność stawów, przy równoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa spacerujących mieszkańców – przy tym nachyleniu skarp nie ma zagrożenia „wpadnięcia” do stawu.

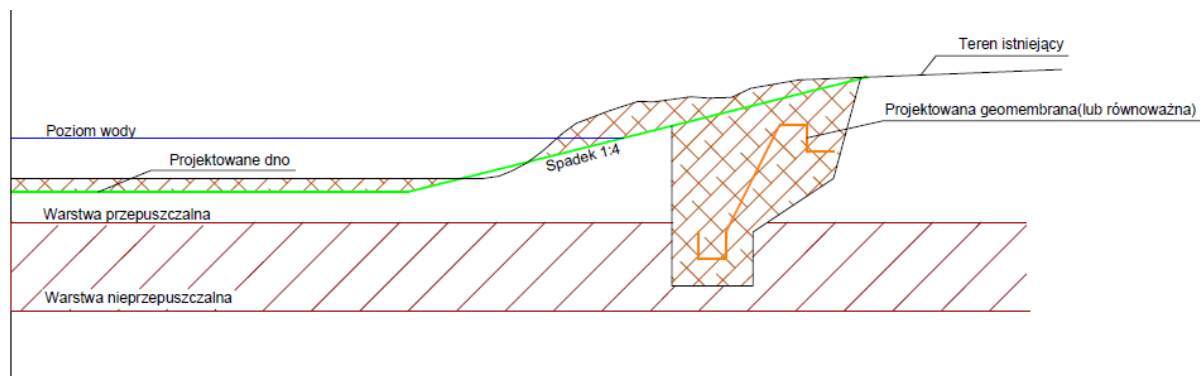
Tabela 18. Proponowane działania modernizacyjne dla stawów

Lp.	Nr stawu	Proponowane działania modernizacyjne
1	S1	wyczyszczenie stawu, uszczelnienie i zmiana spadku skarp
2	S2	Pogłębienie stawu do rzędnej ~204,80m n.p.m., uszczelnienie i zmiana spadku skarp
3	S3	Pogłębienie stawu do rzędnej ~205,20m n.p.m., uszczelnienie i zmiana spadku skarp
4	S4	Wyczyszczenie stawu, nadsypanie warstwą ~20cm, aby umożliwić odpływ z zbiornika. Uszczelnienie i zmiana spadku skarp
5	S5	Pogłębienie stawu do rzędnej ~205,30m n.p.m., uszczelnienie i zmiana spadku skarp

Przy uszczelnieniu skarp geomembraną należy pamiętać o:

- montażu według wytycznych producenta,
- prawidłowym zakotwieniu na koronie skarpy,
- obliczeniu stateczności warstw na skarpach,
- zakończeniu uszczelnienia w warstwie nieprzepuszczalnej.

Koncepcja retencji i wykorzystania wód opadowych w Parku Lilli Wenedy.



Rysunek 23. Przykładowy schemat ułożenia geomembrany

Tabela 19. Proponowane spadki skarp dla stawów

Lp.	Nr stawu	Skarpa północna	Skarpa zachodnia	Skarpa południowa	Skarpa wschodnia
1	S1	Korekta istniejącej skarpy. Przesunięcie w kierunku południowym.	Spadek 1:4, z wyjątkiem obszaru przy przepuście P1.	Spadek 1:4. Rozszerzenie obszaru zbiornika.	Spadek 1:4. Rozszerzenie obszaru zbiornika w części południowej.
2	S2	Spadek 1:4 w środkowej części, zwiększający się przy zbliżeniu do przepustów.	Spadek 1:4, z wyjątkiem obszaru przy przepuście P2.	Spadek 1:4.	Spadek 1:4, z wyjątkiem obszaru przy przepuście P1.
3	S3	Spadek 1:4 w środkowej części, zwiększający się przy zbliżeniu do przepustów.	Spadek 1:4 w środkowej części, zwiększający się przy zbliżeniu do przepustów.	Zachowanie istniejących spadków.	Spadek 1:4 w środkowej części, zwiększający się przy zbliżeniu do przepustów.
4	S4	Zachowana istniejąca skarpa.	Spadek 1:4	Spadek 1:4	Zachowana istniejąca skarpa, rozszerzająca się do spadku 1:4 przy przejściu na stronę południową.
5	S5	Zachowana istniejąca skarpa.	Wyłagodzenie spadku skarpy do 1:4 w części środkowej.	Zachowana większość istniejącej skarpy. Odnowienie w części południowo-wschodniej.	Zachowana większość istniejącej skarpy. Odnowienie w części południowo-wschodniej.

Do powyższych działań związanych z robotami ziemnymi i skarpami należy dołączyć odnowienie skarpy w południowo-wschodniej części stawu S5. W obecnym stanie wody opadowe rozlewają się również na

Koncepcja retencji i wykorzystania wód opadowych w Parku Lilli Wenedy.

obszarze pomiędzy stawem S5, a istniejącym przepustem P5. Może to powodować trudności w dostępie do przebiegającej w tym rejonie sieci wodociągowej. W związku z powyższym, proponuje się podwyższenie terenu oznaczonego na rysunku koncepcji. Efektem tych działań będzie skierowanie wód opadowych do zbiornika oraz zwiększenie przykrycia sieci wodociągowej.

W celu usprawnienia pracy zbiorników należy również odnowić zastawki pomiędzy zbiornikami i zamontować zastawki dławiące odpływ do niżej położonego zbiornika.

W Parku Lilli Wenedy znajdują się 4 istniejące zastawki, bezpośrednio przed przepustami P1, P2, P3 i P4.

Tabela 20. Proponowane działania modernizacyjne dla zastawek.

Lp.	Zastawka przy przepuście nr.	Działanie
1	P1	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki piętrzącej do rzędne 205,80 z przelewem na rzędnej 205,95. Zastawka regulowana ręcznie, domyślnie otwarta.
2	P2	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki piętrzącej do rzędne 205,85 z przelewem na rzędnej 206,00. Zastawka regulowana ręcznie, domyślnie otwarta.
3	P3	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki regulowanej ręcznie umożliwiającej opróżnienie zbiornika z przelewem na rzędnej 206,05. Zastawka sterowana, domyślnie zamknięta.
4	P4	Wyczyszczenie i naprawa powierzchni betonowych. Montaż zastawki piętrzącej do rzędne 206,65 z przelewem na rzędnej 206,80. Zastawka regulowana ręcznie, domyślnie otwarta.

Montowane zastawki przy przepustach P1, P2 i P4 powinny pozwalać na ograniczony przepływ przy niskich poziomach napełnienia oraz na przelew nad zastawką w przypadku osiągnięcia przez staw maksymalnego dopuszczalnego napełnienia.

Praca zastawki przy przepuście P3 powinna natomiast w ustawieniu domyślnym blokować przepływ pomiędzy stawem S3 i S4. Jedynie przy dużym napełnieniu zbiornika S3 powinno dochodzić do przelania się wody do zbiornika S4. Zastawka powinna mieć możliwość awaryjnego otwarcia, a przez to opróżnienia stawu S4 do S3.

Tabela 21. Parametry stawów po zmianach

Lp.	Nr stawu	Powierzchnia (w koronie) [m ²]	Powierzchnia (w dnie) [m ²]	Projektowana średnia głębokość [m]	Projektowana pojemność [m ³]
1	S1	1350	790	1,6	1700
2	S2	1070	450	1,2	910
3	S3	1000	335	0,9	600
4	S4	630	200	0,5	210
5	S5	550	300	1,5	640

7.2.4 Recykulacja wody

Układ wysokościowy zbiorników powoduje spływ grawitacyjny wód opadowych kolejno poprzez staw S5, S3, S2, aby trafić ostatecznie do stawu S1. Następnie część wód opadowych z stawu S1, poprzez pompownię cyrkulacyjną, zostanie przepompowane do S5 do fontanny napowietrzającej. Przed przepompowaniem do S5 należy przeprowadzić wodę poprzez filtrację. Pozwoli to uniknąć awarii pomp oraz fontanny napowietrzającej. Cały proces posłuży wielu celom, m.in. zwiększy się naturalna retencja stawów, a obieg wody stymulować będzie warunki biotyczne w stawach. Fontanna napowietrzająca poza efektem wizualnym przyczyni się do uzyskania równowagi ekologicznej w stawach. Efektem tego będzie ograniczenie rozwoju glonów i nadmiernego wzrostu wodorostów, jak również ograniczenie nieprzyjemnego zapachu związanego z procesami biologicznymi (napowietrzanie wody wspomaga aerobowe trawienie składników odżywczych).

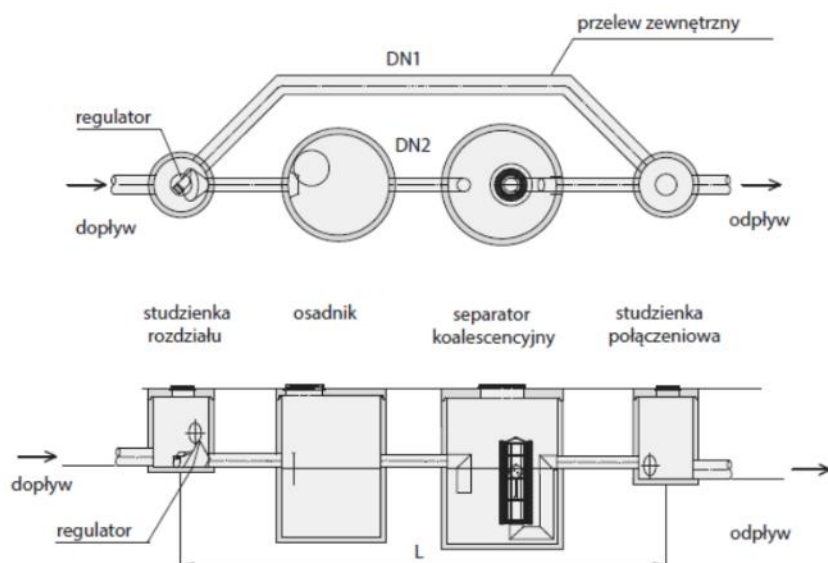
Dane podstawowe pompy recykulacyjnej powinny być następujące:

- wydatek pompy: 10 l/s (36 m³/h)
- długość przewodu tłocznego: 157 m.

Należy również uwzględnić modyfikację istniejącej pompowni. Obecne rzędne załączenia i wyłączenia pompy, jak również jej wydatek nie są dokładnie znane. Należy więc wyczyścić komorę przepompowni, dokonać próbnego załączenia, a następnie zmodernizować ją. Efektem, który należy osiągnąć jest załączenie pompy w momencie przepełnienia zbiornika, a więc na rzędnej ~205,60 m n.p.m. Istniejąca pompa powinna pracować z maksymalnym dopuszczalnym wydatkiem.

7.2.5 Przyłącze z kanalizacji deszczowej

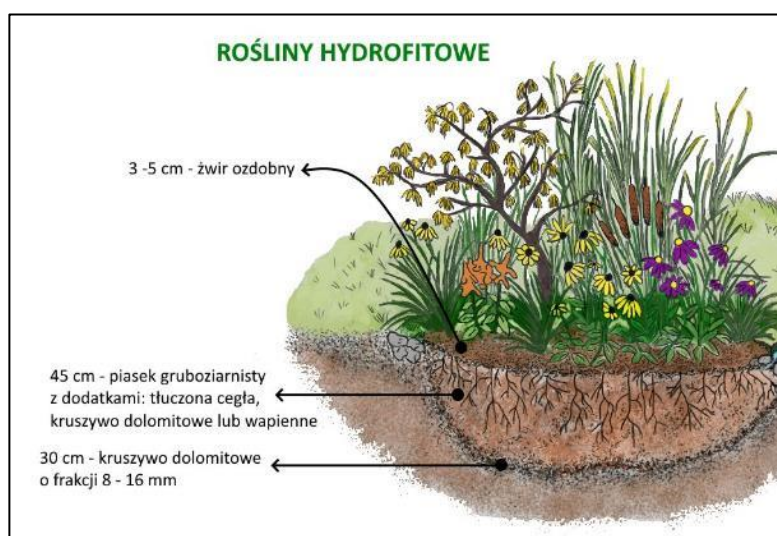
Aby zapobiec nadmiernemu osuszaniu stawów przewiduje się dodatkowe zasilanie w wody opadowe. Źródłem wód opadowych będzie kanalizacja deszczowa w ulicy Lilli Wenedy, znajdującej się na wschód od analizowanego obszaru. Proponuje się nadbudowę studni (St1) na istniejącej kanalizacji deszczowej KD500, a następnie przyłączenie nowego odcinka kanalizacji odprowadzającego wody opadowe w kierunku Parku Lilli Wenedy. Nowy odcinek o średnicy 300 mm kierować będzie wody opadowe do studni St2, gdzie zamontowany będzie regulator przepływu 40 l/s, dostosowany do wydatku separatora oraz zastawka. Zastawka w studni St2 służyć będzie awaryjnemu odcięciu dopływu wód opadowych do Parku Lilli Wenedy. W dalszej kolejności wody opadowe trafią do osadnika i separatora. Dopuszcza się zastosowanie separatora zintegrowanego z osadnikiem. Zastosowanie rury by-passowej nie jest rekomendowane. Zastosowanie ograniczenia przy pomocy zastawki i regulatora uniemożliwi nadmiarowy dopływ wód opadowych.



Rysunek 24. Przykładowy układ podczyszczania (źródło: www.ecol-unicon.com)

Wody opadowe po przejściu przez układ podczyszczania trafią do odcinka kanalizacji, który doprowadzi je do wylotu w pobliżu przepustu P5. Następnie trafią one na obszar ogrodu deszczowego z barierą geochemiczną w złożu dolomitowo-wapiennym. Cechą ogrodu deszczowego jest biologiczne oczyszczanie wód deszczowych. W dalszym etapie wody opadowe poprzez rów R6 dołyną do stawu S5, gdzie zgodnie z koncepcją modernizacji stawów trafi do niżej położonych stawów i w wyniku recyrkulacji wróci do stawu S5.

Należy zwrócić szczególną uwagę na potwierdzenie, że kanalizacja deszczowa wzdłuż ulicy Lilli Wenedy nie posiada przyłączy sanitarnych, a jej jakość pozwala na odprowadzenie i oczyszczanie w ogrodzie deszczowym.



Rysunek 25. Przykładowy ogród deszczowy przed stawem S5

7.2.6 Pozostałe działania

Na poniższym rysunku przedstawiono dodatkowe planowane działania w obszarze parku, nie związane wprost z systemem odwodnienia i retencji, dopełniające jednak propozycję Wariantu II.



Rysunek 26. Propozycje lokalizacji działań dodatkowych (źródło: własne)

Makroniwelacja

W ramach rozszerzenia Wariantu II proponuje się również lokalną makroniwelację poniższych obszarów parku, w miejscach wskazanych na rysunku.

Zielony labirynt

Sugeruje się także zmianę zagospodarowania środkowego ronda, znajdującego się pomiędzy stawami S5, S3 i S2 i stworzenie w jego miejscu tzw. „zielonego labiryntu” – labiryntu w formie ciętej żywopłoty w celu zwiększenia atrakcyjności parku dla najmłodszych. Proponuje się labirynt na planie koła z roślinami lubiącymi strzyżenie, tworzącymi gęstą regularną ścianę zieleni. Na niskie labirynty najlepiej

nadaje się bukszpan wieczniezielony (*Buxus sempervirens*) – podatny niestety w ostatnich latach na plagę niszczących go owadów lub ligustr pospolity (*Ligustrum vulgare*). Nie wyklucza się zastosowania innych roślin, co należy skonsultować ze specjalistą zajmującym się zielenią parkową. Ścieżki labiryntu powinny mieć szerokość co najmniej 80 cm.

8 Wskazanie dokumentów formalnych koniecznych do pozyskania na dalszych etapach prac

Tabela 22 Wymagane dokumenty formalne do pozyskania na dalszych etapach prac

Lp.	Opis	Wydający	Komentarz
1.	Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach	Prezydent Miasta Krakowa po zasięgnięciu opinii organów w tym przede wszystkim RDOŚ.	Może pojawić się konieczność uzyskania tej decyzji, a już szczególnie w wariantcie II. Wynika to z warunków dofinansowania tego typu projektów przez POIiŚ lub inne programy dofinansowań z UE, gdzie decyzja lub czasem dokument potwierdzający brak wymogu jej uzyskiwania jest koniecznym załącznikiem wniosku.
2.	Decyzja pozwolenia wodnoprawnego	Wody Polskie, stosowny Zarząd Zlewni RZGW w Krakowie	Projekt może wymagać rewizji pozwolenia wodnoprawnego na zrzut wód opadowych do potoku. Być może będzie także konieczne uzyskanie pozwolenia wodnoprawnego na odprowadzanie wód do gruntu, ze względu na nowy przyłącz z istniejącej kanalizacji deszczowej.
3.	Decyzja pozwolenia na budowę	Wydział Architektury Starostwa Powiatowego	O ile prace utrzymaniowe nie wymagają pozwolenia na budowę, to już przebudowa i budowa pompowni oraz układu zasilania zbiorników z terenów sąsiednich będzie wymagała uzyskania decyzji pozwolenia na budowę.

9 Podsumowanie i wnioski

Poniżej, w formie skrótowej, przedstawiono podsumowanie efektów, jakie osiągnięto dzięki przygotowaniu całościowej przemyślanej koncepcji.

Rekomenduje się wariant II, czyli wariant optymalny.

Ideą koncepcji jest dążenie do środowiskowej równowagi systemu, zatem połączenie w ramach działań inwestycyjnych obok funkcji podstawowej, jaką jest bezproblemowe funkcjonowanie terenu parku ze zbiornikami, także funkcji gromadzenia i zagospodarowania wód opadowych oraz ich częściowej

infiltracji, przy zwiększeniu lokalnej bioróżnorodności i poprawy estetyki terenu w tym stworzeniu lepszych warunków dla nowych nasadzeń:

- w ramach niniejszej koncepcji przewidziano podział systemu odbioru wód opadowych na dwa układy, których funkcjonowanie jest ze sobą bezpośrednio powiązane i tworzy spójną całość: układ odwodnienia samego parku oraz układ zasilania zbiorników z pobliskich terenów uszczelnionych. Rozwiązania dostosowano do zagospodarowania danego obszaru, wykorzystując naturalne metody, możliwości i predyspozycje analizowanego terenu;
- proponowane zagospodarowanie wód opadowych na obszarach zielonych zmierza do maksymalnego wykorzystania zdolności retencyjnej roślin, infiltracji oraz zastosowania ogrodów deszczowych i obniżeń bioretencyjnych do zatrzymania wód w miejscu ich powstawania;
- odnowione rowy i przepusty pozwalają na sprawne zasilenie stawów w wody opadowe, jednocześnie pozwalając na infiltrację w grunt. Dzięki temu nie będą przyczyną nadmiernego osuszenia terenów zielonych;
- zmiana objętości i uszczelnienie stawów uczyni system bardziej odpornym na długotrwałe okresy pogody bezdeszczowej;
- pogłębienie stawów i zmniejszenie spadku skarp pozwoliło na zwiększenie objętości czynnej (związanej z retencją opadów) i stałej stawów;
- złagodzenie skarp pozwoli na szersze otwarcie dostępu dla zwierząt i wzbogacenie przyrody w kluczowym dla bioróżnorodności obszarze na styku stawów i brzegu;
- dzięki złagodzeniu skarp zwiększy się atrakcyjność parku dla odwiedzających i poprawi bezpieczeństwo; nie będzie również konieczności grodzienia zbiorników czy montażu płotków;
- zarówno zastosowanie aeratora w stawie nr 5, jak i recyrkulacji wód opadowych, przyczyni się do zwiększenia bioróżnorodności i poprawy jakości wód;
- dominująca zieleń urządzona przechwytyjąc wodę deszczową funkcjonuje jako ochronny bufor, przeciwdziałając podtopieniom, poprawiając mikroklimat oraz zwiększając bioróżnorodność;
- zastosowano różne rozwiązania zielono-niebieskiej infrastruktury;
- budowa przyłącza z pobliskiej kanalizacji deszczowej zwiększy obieg wód opadowych oraz zasili projektowany ogród deszczowy;
- korekta pracy istniejącej pompy w stawie S1 pozwoli na optymalizację pracy w czasie nawalnych opadów deszczów umożliwiając regulowany odpływ nadmiaru wód opadowych z systemu;
- projekt doskonale wpisuje się w cele nowoczesnej i zrównoważonej gospodarki wodnej w obszarach zurbanizowanych, zwiększając odporność miasta na zmiany klimatyczne i przyczyniając się do wdrażania idei gospodarki w obiegu zamkniętym;
- zaplanowane zmiany przedstawiono na załączonych do projektu rysunkach.

10 Wizualizacje

W ramach opracowania przygotowano także zestaw grafik i wizualizacji. Przykładową grafikę, która może być częścią komunikacji społecznej skierowanej do rodzin z dziećmi czy mieszkańców sąsiednich bloków i domów, zaprezentowano poniżej.



Lilli Wenedy Park

