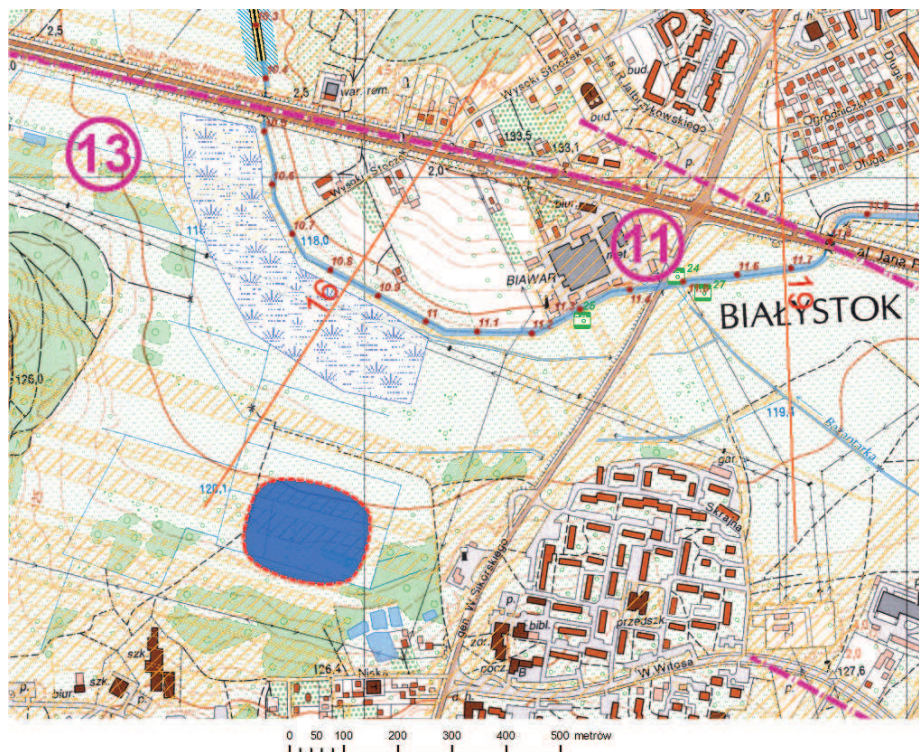


## ODCINEK 11

1. Lokalizacja: cały odcinek doliny leżący po południowej stronie al. Jana Pawła II



Rysunek 8.27 Mapa odcinka 11

2. Charakterystyka

Odcinek obejmuje stosunkowo rozległe, płaskie rozszerzenie doliny. Teren pokryty jest zarastającymi łąkami i pastwiskami, obecnie nie jest użytkowany rolniczo. Koryto rzeki ma przebieg prostoliniowy i ma niedużą głębokość. Niewielki spadek poprzeczny doliny i wysoki poziom wód gruntowych powodują, że występują tu okresowe podmokłości, przy czym nadmiar wody odprowadzany jest przez systemy melioracyjne. Podczas wysokich stanów wody w rzece Białej teren doliny może być zalewany.

Prawobrzeżna część doliny znacznie mniej rozległa i o większym nachyleniu. Miejscami jest ona bardziej intensywnie zagospodarowana (tereny przemysłowe fabryki „Biawar”), a wysokość terenu jest podnoszona poprzez tworzenie nasypów.



Fot. 8.24. Górna część odcinka przy ujściu Bażantarki do Białej

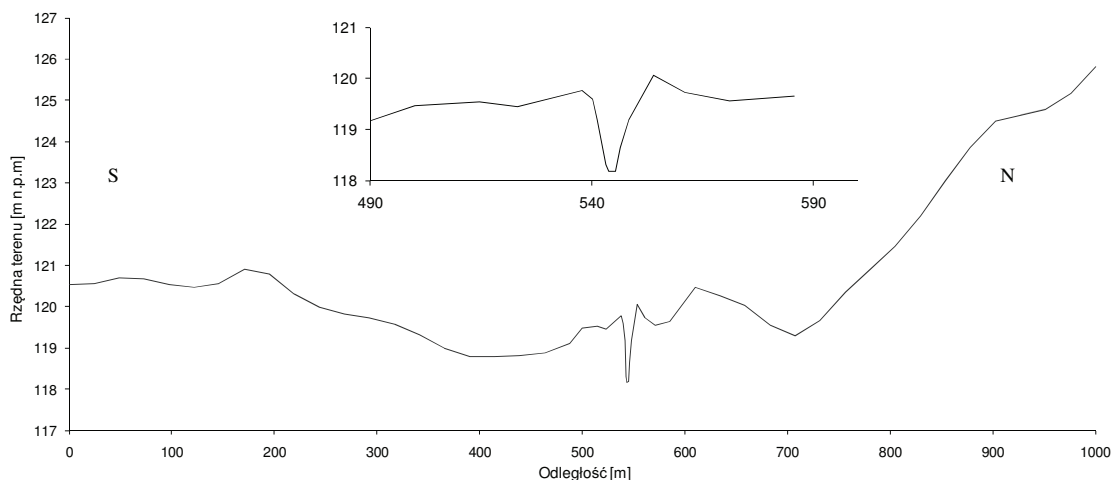


Fot. 8.25. Panorama odcinka 11 w kierunku zachodnim. Widoczne rozległe płaskie tereny na brzegu lewym i powstający nasyp na brzegu prawym.

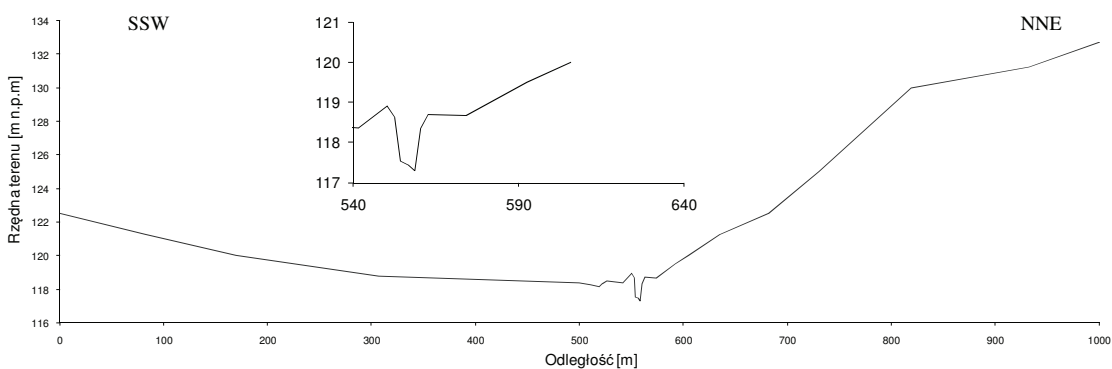


Fot. 8.26. Po lewej: dolny odcinek Bażantarki. Widok od strony ul. Marczukowskiej.

Fot. 8.27. Po prawej: zator w korycie Białej tuż powyżej ujścia Bażantarki – jeden z wielu powstających po intensywnych opadach w wyniku osadzania się niesionych przez wodę zanieczyszczeń na nieprawidłowo wykonanych przejściach rurociągów przez rzekę.



Rysunek 8.28 Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 19 na odcinku 11.



Rysunek 8.29 Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 16 na odcinku 11.

### 3. Proponowana funkcja

- Rekreacyjna - ekstensywna
- Przyrodnicza

### 4. Ograniczenia dotyczące realizacji funkcji

- Skomplikowana struktura własności gruntów
- Konieczność wykonania wykopów w celu budowy zbiorników wodnych i rozlewisk z powodu małego spadku dna rzeki, braku piętrzeń i płaskiego ukształtowania dna doliny.

### 5. Proponowane rozwiązania

- Ciąg pieszo-rowerowy udostępniający teren i łączący go z sąsiednimi odcinkami.
- Ścieżka dydaktyczna umożliwiająca poznanie walorów przyrodniczych obszaru dna doliny i zalesień.
- Deregulacja koryta (częściowa) poprzez remeandryzację, zróżnicowanie szerokości.
- Wyspy (wolne od zalewów w okresie lęgowym).

- Budowa małych zbiorników wodnych zasilanych płytkimi wodami podziemnymi. W celu ustalenia parametrów zbiorników należy rozpoznać głębokość zalegania wód gruntowych i właściwości gruntu.
- Utworzenie rozlewisk napełnianych podczas wysokich stanów wody w rzece
- Budowa kładek i pomostów udostępniających tereny planowanych rozlewisk i zbiorników.
- Punkty widokowe
- Pole golfowe
- Place wypoczynkowe (deszczochrony, miejsca na ogniska/grill)
- Regulacja zadrzewień w celu utworzenia osi widokowych dostosowana do projektu zagospodarowania terenu i potrzeby ochrony cennych zbiorowisk łągowych.

Tabela 8.11 Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 11.

Lp.	Proponowane rozwiązanie	Lokalizacja [km biegu rzeki]	Zalety rozwiązania	Wymagane prace budowlane
1	Ciąg pieszo-rowerowy udostępniający teren i łączący go z sąsiednimi odcinkami.	Cała długość odcinka	Zwiększenie dostępności terenu	Niwelacja terenu, ułożenie nawierzchni
2	Ścieżka dydaktyczna umożliwiająca poznanie walorów przyrodniczych obszaru dna doliny i zalesień	Wskazane opracowanie szczegółowej koncepcji	Zwiększenie atrakcyjności rekreacyjnej	Niwelacja terenu, ułożenie nawierzchni
3	Deregulacja koryta (częściowa) poprzez remeandryzację, zróżnicowanie szerokości.	Cały odcinek	Zwiększenie różnorodności biologicznej	Roboty ziemne umacnianie brzegów i skarp
4	wyspy (wolne od zalewów w okresie łągowym)	Wybrane fragmenty koryta położone z dala od zabudowy	Zwiększenie różnorodności biologicznej Zwiększenie atrakcyjności estetycznej	Wykopy w celu poszerzenia koryta Budowa wyspy – nasypy Umocnienie brzegów
5	Budowa małych zbiorników wodnych zasilanych płytkimi wodami podziemnymi. W celu ustalenia parametrów zbiorników należy rozpoznać głębokość zalegania wód gruntowych i właściwości gruntu.	Zbocze doliny w miejscach płytkiego zalegania wód gruntowych	Zebranie i wykorzystanie wód gruntowych do zasilanie zbiornika Zwiększenie atrakcyjności estetycznej	Roboty ziemne umacnianie brzegów i skarp
6	Utworzenie rozlewisk napelnianych podczas wysokich stanów wody w rzece	10+50 – 11+00	Retencja wód Białej, Zwiększenie różnorodności biologicznej	Roboty ziemne umacnianie brzegów i skarp
7	Budowa kładek i pomostów udostępniających tereny planowanych rozlewisk i zbiorników.	Wskazane opracowanie koncepcji zagospodarowania odcinka	Zwiększenie dostępności terenu	Budowa kładek
8	Punkty widokowe		Zwiększenie atrakcyjności rekreacyjnej	Niwelacja terenu, ułożenie nawierzchni
9	Pole golfowe		Zwiększenie atrakcyjności rekreacyjnej	wycinka selektywna drzew i krzewów, przebudowa szty roślinnej, roboty ziemne
10	Place wypoczynkowe (deszczochrony, miejsca na ogniska/grill)		Zwiększenie atrakcyjności rekreacyjnej	Niwelacja terenu, ułożenie nawierzchni
11	Regulacja zadrzewień w celu utworzenia osi widokowych dostosowana do projektu zagospodarowania terenu i potrzeby ochrony cennych zbiorowisk łągowych.		Zwiększenie atrakcyjności estetycznej	Selektywna wycinka drzew i krzewów

## ODCINEK 12

### 1. Lokalizacja: górny odcinek doliny Bażantarki powyżej ul. Marczyk



Rysunek 8.30 Mapa odcinka 12

### 2. Charakterystyka

Odcinek obejmuje stosunkowo szeroki fragment płytkiej doliny potoku Bażantarka. Szerokość doliny stopniowo zwiększa się w kierunku zgodnym z biegiem potoku. Dno doliny objęte jest przynajmniej okresowymi zalewami i porośnięte roślinnością szuwarową. W części centralnej znajduje się mały zbiornik wodny – były staw młyński z bardzo różnorodną roślinnością wodną oraz płytkie rozlewiska porośnięte roślinnością szuwarową. W części południowo-zachodniej zadrzewienia lęgowe. Północna część doliny wolna jest od rozlewisk.

Dolina zamieszkała jest przez bobry, których działalność bardzo silnie oddziałuje na środowisko (budowa tamy pod mostem, wycinanie drzew, podkopywanie brzegów).

### 3. Proponowana funkcja

- przyrodnicza
- dydaktyczna

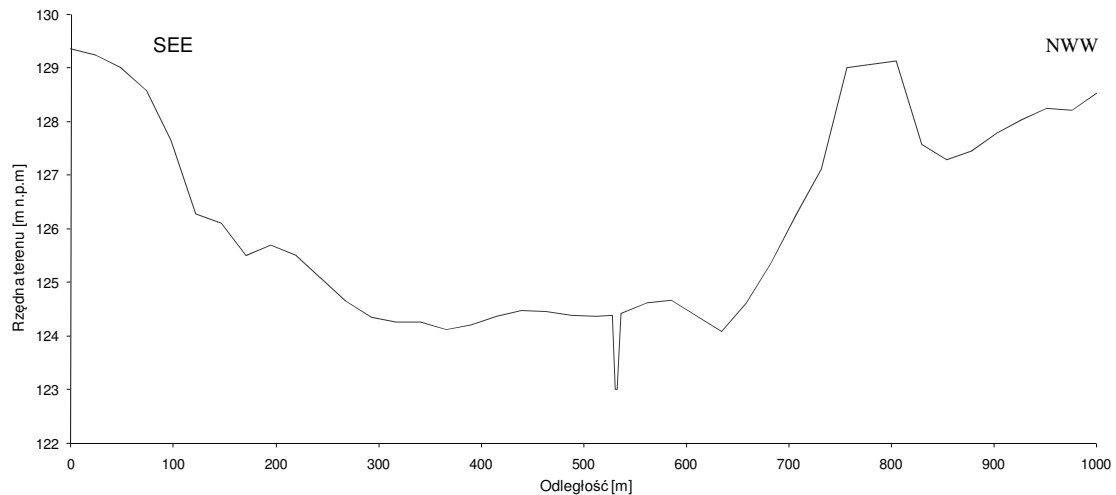


Fot. 8.28. Panorama odcinka powyżej ul. Marczukowskiej. Po lewej stronie grobli staw młyński, po prawej płytkie rozlewiska.



Fot. 8.29. Górny odcinek Bażantarki przy niskim stanie wody

Fot. 8.30. Koryto Bażantarki silnie przekształcone w wyniku działalności bobrów



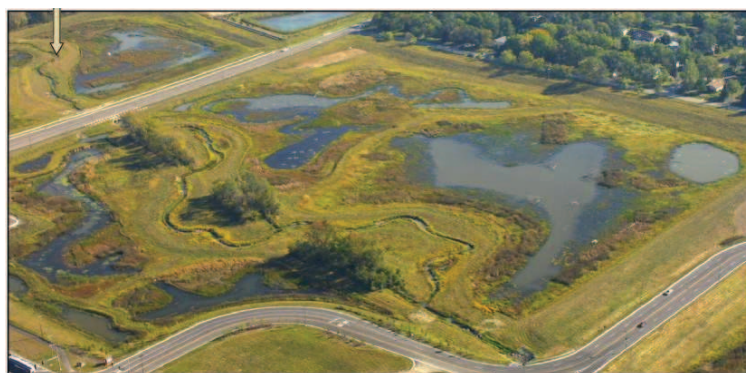
Rysunek 8.31 Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 13 na odcinku 12.

#### 4. Ograniczenia dotyczące realizacji funkcji

- Zamulenie istniejącego zbiornika.
- Zły stan istniejących budowli piętrzących (brak możliwości regulowania poziomu wody i zasięgu zalewów).
- Ograniczona dostępność podmokłej i okresowo zalewanej północnej części doliny.

## 5. Proponowane rozwiązania

- Objęcie fragmentów terenu o najwyższych wartościach przyrodniczych ochroną (np. jako użytek ekologiczny)
- Zagospodarowanie pozostałego terenu jako parku przyrodniczo-edukacyjnego
- Budowa ścieżki przyrodniczej z kładkami udostępniającymi tereny podmokłe i zalewane.
- Budowa wieży widokowej o wys. 5-7 metrów.
- Powiększenie pojemności retencyjnej zbiornika poprzez odmulenie.
- Budowa budowli piętrzących umożliwiającą kontrolowanie zalewów przez człowieka (a nie tylko przez bobry).
- Wyznaczenie pożądanego zasięgu rozlewiska (cofki powyżej piętrzenia) .
- Meandryzacja i częściowa deregulacja Bażantarki i jej prawego dopływu w środkowej części doliny.



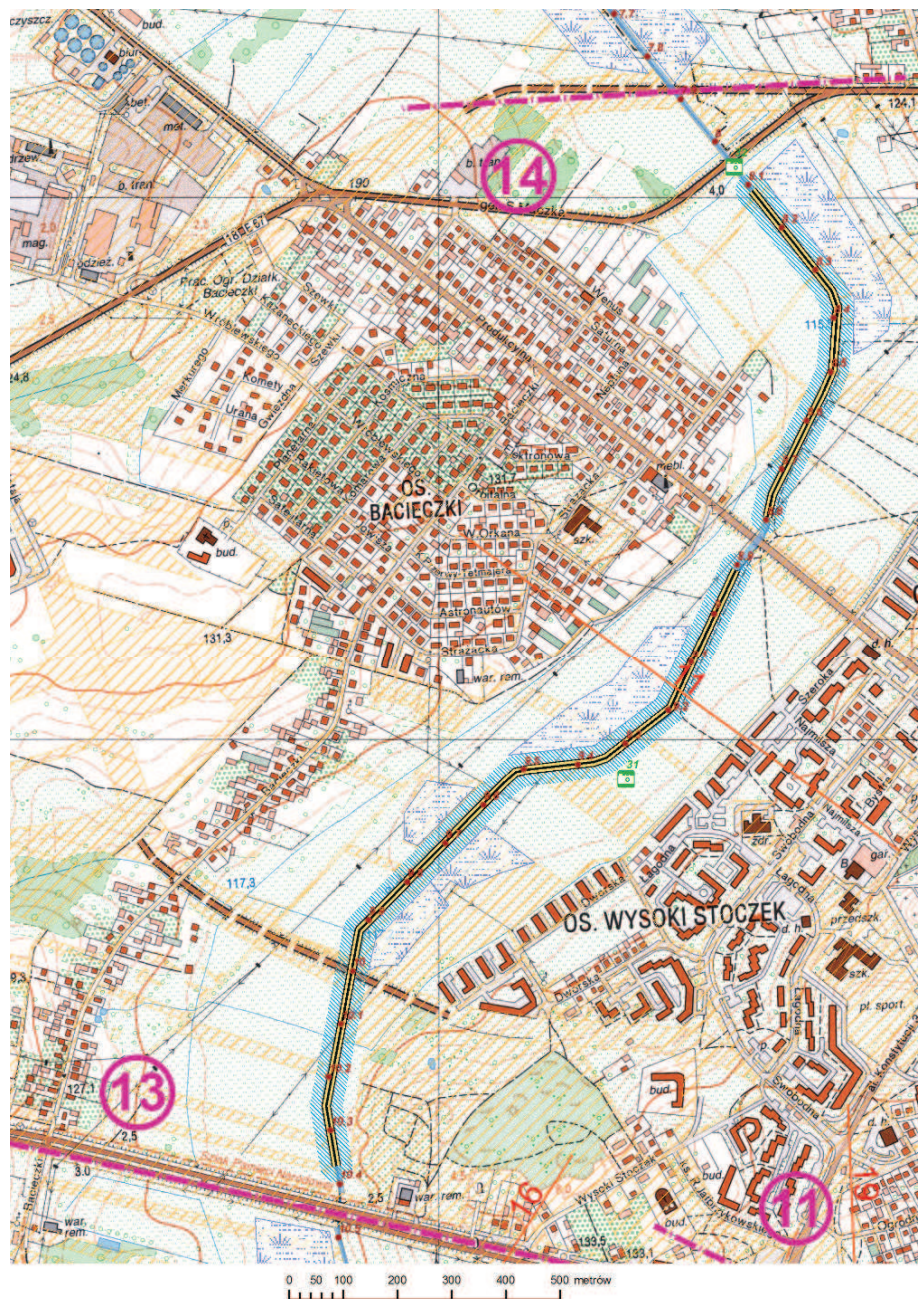
Rysunek 8.32 Przykład renaturyzacji płaskiej doliny niewielkiego potoku poprzez utworzenie rozlewisk z roślinnością bagienną

Tabela 8.12 Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 12.

Lp.	Proponowane rozwiązanie	Lokalizacja [km biegu rzeki]	Zalety rozwiązania	Wymagane prace budowlane
1	Objęcie fragmentów terenu o najwyższych wartościach przyrodniczych ochroną (np. jako użytek ekologiczny)	Na podstawie odrębnych opracowań przyrodniczych	Ochrona wartości przyrodniczych doliny	Ustawienie tablic informacyjnych
2	Zagospodarowanie pozostałego terenu jako parku przyrodniczo-edukacyjnego	Wskazane opracowanie koncepcji zagospodarowania odcinka	umożliwienie obserwacji przyrody i jej czynna ochrona	Budowa ścieżek Nasadzenia roślin Selektywna wycinka drzew i krzewów Mała architektura
3	Budowa ścieżki przyrodniczej z kładkami udostępniającymi tereny podmokłe i zalewane.		Zwiększenie dostępności terenu	Wytyczenie ścieżki, budowa kładek i tablic informacyjnych
4	Budowa wieży widokowej o wys. 5-7 metrów,		Zwiększenie atrakcyjności estetycznej	Fundamentowanie, budowa wieży
5	Powiększenie pojemności retencyjnej zbiornika wodnego poprzez odmulenie	Istniejący zbiornik przy ul. Marczuk	Ochrona zbiornika przed degradacją i zanikiem, uzyskanie dodatkowej przestrzeni retencyjnej	Roboty ziemne, bagrowanie, umocnienie brzegów, nasadzenia roślin wodnych
6	Modernizacja budowli piętrzących umożliwiającą kontrolowanie zalewów przez człowieka (a nie tylko przez bobry)	Powyżej mostu w ulicy Marczuk	Uzyskanie możliwości poziomem wody i zasięgiem zalewów	Roboty ziemne, modernizacja przyczółków i
7	Wyznaczenie pożądanego zasięgu rozlewiska (cofki powyżej piętrzenia)	Lewobrzeżna część doliny Bażantarki w końcowym fragmencie odcinka	Uniknięcie zalewów wywołujących straty materialne	Roboty ziemne
8	Meandryzacja i częściowa deregulacja Bażantarki i jej prawego dopływu	Środkowa część doliny	Zwiększenie atrakcyjności estetycznej	Roboty ziemne, umocnienie brzegów,

## ODCINEK 13

### 1. Lokalizacja: od al. Jana Pawła II do ul. Maczka



Rysunek 8.33 Mapa odcinka 13

### 2. Charakterystyka

Odcinek obejmuje rozszerzoną płytką dolinę z nieznacznie zagłębionym, uregulowanym korytem rzeki Białej biegnącym wzdłuż linii łamanej. Skrajne obszary doliny ulegają silnej presji urbanizacyjnej. Obszar wewnętrzny wolny od zabudowy zajmują rozległe



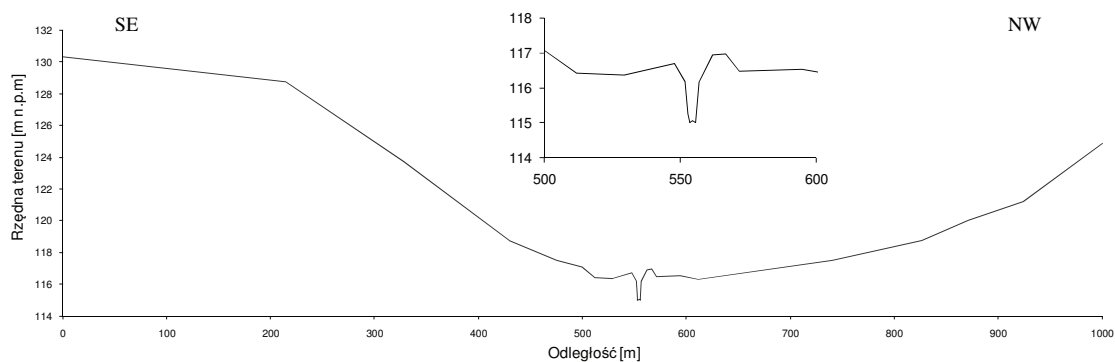
nieużytkowane rolniczo łąki i turzycowiska z nielicznymi drzewami. Tereny w środkowej części odcinka charakteryzują się największą wartością przyrodniczą ze względu na seminaturalny charakter szaty roślinnej i niewielki udział roślinności ruderalnej i synantropijnej, bardzo powszechnej w dolnej części odcinka. Zachowaniu roślinności łąk i turzycowisk sprzyjają okresowe zalewy występujące podczas wysokich stanów Białej.



Fot. 8.31. Środkowa część odcinka. Widoczna intensywna zabudowa wielorodzinna ograniczająca prawobrzeżną część doliny i rozległe seminaturalne, okresowo zalewane łąki i turzycowiska pokrywające dno doliny.



Fot. 8.32. Panorama doliny Białej z mostu w ulicy Maczka w kierunku południowo-wschodnim (w górę rzeki).



Rysunek 8.34 Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 11 na odcinku 13.

3. Proponowana funkcja
  - Estetyczna
  - Przyrodnicza
  
4. Ograniczenia dotyczące realizacji funkcji
  - Płytko posadowiona infrastruktura podziemna – kanały burzowe o przebiegu prostopadłym do rzeki - widoczne elementy dysharmonijne
  - Bliskość zabudowy i konieczność ochrony jej przed podtopieniem
  - Możliwość występowania zalewów
  
5. Proponowane rozwiązania
  - deregulacja koryta (częściowa) poprzez remeandryzację, zróżnicowanie szerokości
  - budowa ciągu spacerowo rowerowego
  - planowe kształtowanie zadrzewień śródłukowych

Tabela 8.13 Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 13.

Lp.	Proponowane rozwiązanie	Lokalizacja [km biegu rzeki]	Zalety rozwiązania	Wymagane prace budowlane
1	Deregulacja koryta (częściowa) poprzez remeandryzację, zróżnicowanie szerokości	Cała długość odcinka	Zwiększenie różnorodności siedliskowej w strefie korytowej Uzyskanie naturalnego wyglądu rzeki	Wykopy Umocnienie brzegów i skarp
2	Utworzenie rozlewisk napelnianych podczas wysokich stanów wody w rzece	Najniżej położone tereny	Retencja wód Białej, Zwiększenie różnorodności biologicznej	Roboty ziemne Umacnianie brzegów i skarp
3	Budowa ciągu spacerowo rowerowego	Cała długość odcinka	Zwiększenie dostępności terenu	Niwelacja trasy ścieżki Ułożenie nawierzchni
4	Planowe kształtowanie zadrzewień śródłukowych	Cały odcinek	Zwiększenie atrakcyjności estetycznej	Selektywna wycinka drzew i krzewów

## ODCINEK 14

1. Lokalizacja: od trasy ul. gen. Maczka do granicy miasta przy oczyszczalni



Rysunek 8.35 Mapa odcinka 14 w skali 1:15 000

2. Charakterystyka

Poza częścią centralną szeroka dolina z dnem o niewielkim spadku poprzecznym. W części centralnej (przy oczyszczalni) południowa skarpa wysoczyzny zbliża się do samej rzeki co mocno ogranicza szerokość doliny w tym miejscu. Poniżej tego zwężenia opisywany odcinek otwiera się na rozległą płaskodenną część ujściową doliny Białej i szeroką dolinę Supraśli – tereny o stosunkowo niewielkim stopniu przekształcenia i wysokiej wartości przyrodniczej.

Dno doliny zajęte przez łąki oraz lokalnie przez zarośla i zadrzewienia łągów wierzbowych i olszowych. Zabudowa występuje na zboczu doliny w znacznym oddaleniu od rzeki. Koryto rzeki o niedużym zagłębieniu względem powierzchni przylegającego terenu jest uregulowane. Lokalnie występują rozmycia brzegów i niewielka zatoczka.

Zlokalizowany w środkowej części odcinka odpływ oczyszczonych ścieków z oczyszczalni powoduje znaczne zwiększenie przepływów i szerokości koryta rzeki.

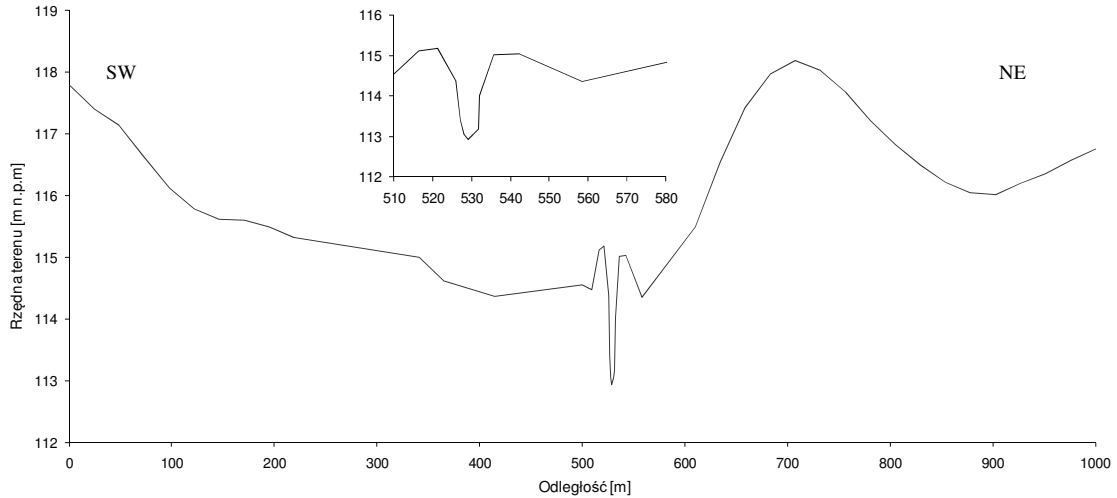


Fot. 8.33. Po lewej: szeroka dolina Białej poniżej wylotu z oczyszczalni (widok w dół rzeki).

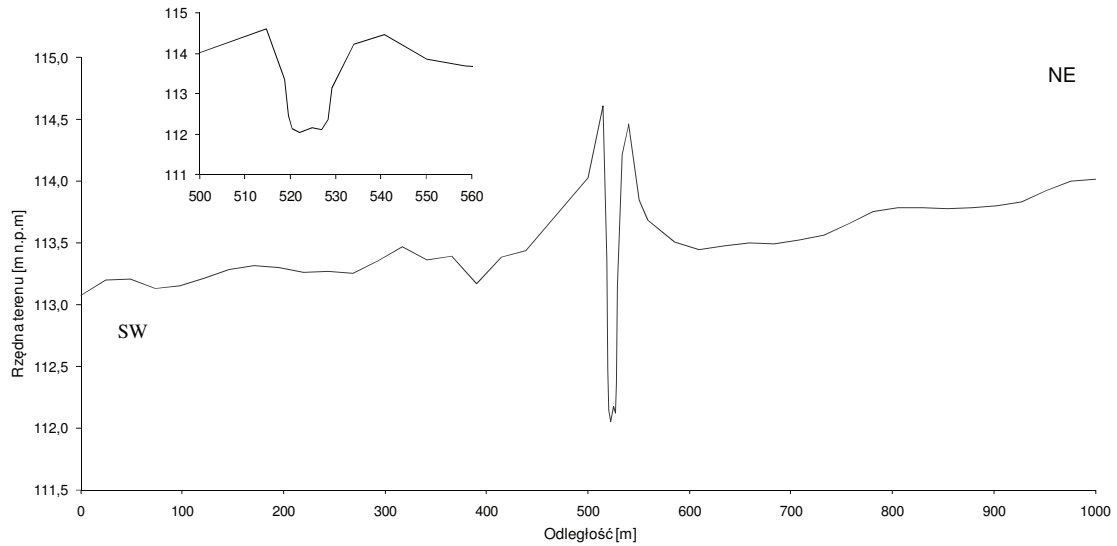
Fot. 8.34. Po prawej: widok na środkowy fragment odcinka 14 z wysokiej skarpy lewego brzegu poniżej oczyszczalni ścieków (widok w dół rzeki).



Fot. 8.35. Widok na zachodni fragment odcinka 14 położony w rozległej płaskodennej dolinie Supraśli – widoczne nowopowstałe zabudowania na tarasie zalewowym.



Rysunek 8.36 Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 5 na odcinku 14.



Rysunek 8.37 Przekrój poprzeczny doliny rzeki Białej nr 2 na odcinku 14.

3. Proponowana funkcja

- przyrodnicza
- dydaktyczna

4. Ograniczenia w realizacji funkcji przyrodniczej

- Możliwość wystąpienia zrzutów z oczyszczalni o obniżonej jakości
- Duża wysokość progu piętrzącego zlokalizowanego w górnej części odcinka skutecznie uniemożliwia wpływanie ryb do miejskiej części Białej z jej odcinka ujściowego i pośrednio z Supraśli.

5. Ograniczenia w realizacji funkcji dydaktycznej
  - możliwość występowania zalewów, zmniejszających dostępność terenu i utrudniających utrzymanie ścieżek.
  - nieprzyjemne zapachy utrzymujące się w okolicach oczyszczalni.
  - niedostateczna liczba przejść przez rzekę (kładek pieszo-rowerowych).
  
6. Proponowane rozwiązania
  - deregulacja koryta (częściowa) poprzez remeandryzację, zróżnicowanie szerokości i budowę wysp.
  - utworzenie rozlewisk
  - ochrona zadrzewień łęgowych
  - wyznaczenie szlaku pieszo-rowerowego o nawierzchni gruntowej łączącego część ujściową doliny z częścią miejską.
  - budowa 2-3 kładek nad rzeką dla pieszych i rowerzystów
  - budowa stanowisk dla wędkarzy
  - umożliwienie migracji ryb przez wysoki próg piętrzący znajdujący się w górnej części odcinka poprzez budowę przepławki lub budowę kaskady progów o maksymalnej wysokości piętrzenia równej 20 centymetrów poniżej istniejącego prog

Tabela 8.14 Charakterystyka rozwiązań proponowanych na odcinku 14.

Lp.	Proponowane rozwiązanie	Lokalizacja [km biegu rzeki]	Zalety rozwiązania	Wymagane prace budowlane
1	Deregulacja koryta (częściowa) poprzez remeandryzację, zróżnicowanie szerokości i budowę wysp.	Wybrane fragmenty powyżej 4+60	Zwiększenie różnorodności siedliskowej w strefie korytowej Uzyskanie naturalnego wyglądu rzeki	Roboty ziemne umacnianie brzegów i skarp
2	Utworzenie rozlewisk napelnianych podczas wysokich stanów wody w rzece	7+06 – 7+95	Retencja wód Białej, Zwiększenie różnorodności biologicznej	Roboty ziemne umacnianie brzegów i skarp
3	Ochrona zadrzewień łęgowych	Cały odcinek	Zachowanie naturalnej szaty roślinnej doliny	brak
4	Wyznaczenie szlaku pieszo-rowerowego o nawierzchni gruntowej łączącego część ujściową doliny z częścią miejską	Wskazane opracowanie koncepcji zagospodarowania odcinka	Zwiększenie atrakcyjności rekreacyjnej	Niwelacja terenu
5	Budowa 2-3 kładek nad rzeką dla pieszych i rowerzystów		Zwiększenie dostępności terenu	Budowa kładek, umocnienie przyczółków
6	Budowa stanowisk dla wędkarzy		Zwiększenie atrakcyjności rekreacyjnej	Umocnienie fragmentów brzegów, budowa pomostów
7	Umożliwienie migracji ryb przez wysoki próg piętrzący znajdujący się w górnej części odcinka	7+70	Przywrócenie obecności ryb w centralnym i górnym biegu Białej	budowa poniżej istniejącego prog przepławki lub kaskady progów o maksymalnej wysokości piętrzenia równej 20 centymetrów
8	Utrzymanie drożności odpływu z oczyszczalni ścieków	5+70	Zapobieganie podtopieniom	Prace konserwacyjne; oczyszczanie dna; umacnianie brzegów
9	Utrzymanie obecnej postaci koryta rzeki i zagospodarowania doliny	0+00 – 4+50	Ochrona wartości przyrodniczych i naturalnych terenów zalewowych	brak

7. Propozycje zapisów w dokumentach planistycznych:
  - Zakaz wprowadzania zabudowy na obszar tarasu zalewowego

## **9 PODSUMOWANIE**

### **9.1 WNIOSKI WYPŁYWAJĄCE Z ROZPOZNANIA WARUNKÓW PRZYRODNICZYCH RZEKI BIAŁEJ I JEJ DOLINY**

W ramach niniejszego studium przeprowadzono w szerokim zakresie rozpoznanie warunków meteorologicznych, hydrologicznych i hydrograficznych kształtujących reżim zasobów wodnych Białej, określono zmienność czasowo-przestrzenną zasobów wodnych oraz ich jakość, dokonano waloryzacji przyrodniczej rzeki Białej i jej doliny. Wszystkie te działania miały doprowadzić do identyfikacji tych cech systemu Białej, które umożliwią maksymalne wykorzystanie jej rekreacyjnego i przyrodniczego potencjału. Jednocześnie rozpoznanie podstawowych procesów hydrologicznych i oddziaływań antropogenicznych miało zminimalizować ryzyko wyboru rozwiązań, które nie mają szans powodzenia lub narażą potencjalnych inwestorów na wysokie koszty inwestycji lub utrzymania obiektów, ze względu na brak równowagi między procesami środowiskowymi (np. zamulanie, eutrofizacja, gwałtowne wezbrania) a infrastrukturą techniczną.

#### **HYDROGRAFIA I HYDROLOGIA**

Znaczącą część zlewni Białej stanowią tereny zurbanizowane, o wysokim udziale powierzchni nieprzepuszczalnych w pokryciu terenu. Reżim hydrologiczny kształtowany jest przez odprowadzanie wód deszczowych z terenów miejskich za pomocą sieci kanalizacyjnej. Stany i przepływy Białej charakteryzują się bardzo dużą zmiennością. Po wystąpieniu opadu reakcja zlewni jest bardzo szybka: od 1-1.5 godz. w górnym odcinku rzeki do ok. 6 godzin w odcinku ujściowym. W okresach bezopadowych stany i przepływy w Białej są bardzo niskie, po wystąpieniu opadów, szczególnie nawałnych, wzrastają gwałtownie. W centrum miasta zaobserwowano wzrost napełnienia koryta o 1.87 m ciągu ok. 1.5 godz. (ul. Sokóleka, dn. 23.06.2009 r.). W czasie opadów nawałnych do lokalnego wzrostu stanów wody przyczyniają się podpiętrzenia przy obiektach infrastruktury o niewystarczającej przepustowości (np. przepust pod ulicą Poleską) oraz przy zatorach z gałęzi i śmieci, które powstają na przejściach rurociągów przez koryto Białej (np. poniżej mostu na ul. Ciołkowskiego, powyżej ujścia Bażantarki). Podtopienia w obszarze miasta mogą być również powodowane przez utrudnienie odpływu z kanalizacji deszczowej czasie występowania wezbrań w Białej (zatapianie wylotów).

Stosunek zaobserwowanych w okresie badań przepływów minimalnych do maksymalnych wynosił 1 : 200 w środkowym odcinku rzeki (ul. Sokóleka) i 1 : 130 na wejściu do centrum miasta (poniżej ujścia Dolistówki, przy ul. Miłosza). W dolnym odcinku Białej, ze względu na retencję doliny i występowanie zalewów, zakres zmienności przepływów był mniejszy (1 : 70 poniżej Bażantarki i 1 : 15 przy ul. Maczka). Tak duża zmienność stanów i przepływów wody w Białej oraz szybkie tempo reakcji zlewni na opady wskazują na konieczność:

- podjęcia działań w zlewni prowadzących do zmniejszenia lub/i rozłożenia w czasie dopływów do koryta rzeki, szczególnie w trakcie opadów nawałnych oraz
- realizacji działań dla ograniczenia skutków występowania przepływów wezbraniowych.

Możliwości kształtowania procesów formowania się odpływów wezbraniowych poprzez działania podejmowane w zlewni przedstawiono w punkcie 9.3. Istniejące

zagospodarowanie terenu i znaczące przekształcenie (zasypanie) doliny Białej znacznie ograniczają możliwości łagodzenia skutków występowania wezbrań, szczególnie w centrum miasta. Propozycje takich działań omówiono szczegółowo w rozdz. 8 i podsumowano w punkcie 9.2. Jednocześnie należy podkreślić, że zachowane fragmenty doliny Białej (odcinki 2, 10, 11 13 i 14) istotnie wpływają na hydrologiczne funkcjonowanie rzeki. Są to tereny, na których następuje infiltracja wód opadowych i ich retencjonowanie na powierzchni i w gruntach oraz istnieją możliwości rozlewania się wody w okresach wezbraniowych, co prowadzi do zmniejszenia przepływów i stanów wody poniżej. Konsekwencje dalszego zawężania, zabudowywania i przekształcania doliny rzeki Białej mogą obejmować:

- utratę walorów przyrodniczych – na niektórych odcinkach Białej nadal stosunkowo wysokich,
- utratę funkcji korytarza ekologicznego (podtrzymanie i odnawianie populacji roślin i zwierząt na terenie miasta),
- utratę naturalnych terenów retencyjnych – tak jak nastąpiło to w centrum Białegostoku, gdzie obecnie praktycznie nie istnieje możliwość odtworzenia utraconej retencji – zarówno dla wód opadowych jak i wezbraniowych,
- utratę terenów rekreacyjnych w obszarze miasta,
- podwyższenie stanów wody w okresach wezbraniowych (wzrost zagrożenia podtopieniami) i wzrost prędkości przepływu wód (wzrost zagrożenia uszkodzeniami infrastruktury na skutek rozmyć, wzrost zagrożenia erozją wgłębną koryta i konieczność podejmowania działań ochronnych); należy zwrócić również uwagę na możliwość występowania podtopień w dolnym odcinku doliny powodowanych podpiętrzeniem wód Białej na skutek utrudnionego odpływu w okresach wezbrań na Supraśli,
- konieczność stosowania zabezpieczeń obiektów budowlanych (budynków, infrastruktury komunikacyjnej) przed skutkami podtopień (np. izolacje, wysokość położenia pierwszej mieszkalnej/użytkowej kondygnacji).

#### JAKOŚĆ WÓD

Chociaż gospodarka ściekowa w obszarze Białegostoku jest uporządkowana, wody Białej charakteryzują się złym stanem jakości. Przyczynia się do tego m.in. niski stopień wyposażenia wylotów kanalizacji deszczowej w urządzenia do ochrony jakości wód (obecnie zaledwie 30% wylotów posiada separatory i osadniki) oraz splukiwanie w czasie opadów zanieczyszczeń z obszarów położonych w bezpośrednim sąsiedztwie Białej. Zły stan wód dopływających kanalizacją deszczową (wysokie wartości zawiesiny, BZT5, ChZT-Cr, siarczków, azotu azotynowego oraz występowanie metali ciężkich – miedzi, cynku i ołowiu), formujących przepływy wezbraniowe, które mogłyby stanowić podstawowe źródło napełniania zbiorników wodnych, w istotny sposób ogranicza celowość retencjonowania wód Białej. Retencjonowanie w zbiornikach wód złej jakości może przyczynić się do wystąpienia szeregu problemów, a w szczególności:

- zamulania zbiorników, akumulacji substancji toksycznych, w tym metali ciężkich, akumulacji biogenów prowadzącą do zakwitów glonów (lub / i sinic),
- konieczności opracowania systemu automatycznego rozdziału wód – na przepływ w korycie i odpływ do zbiornika – uzależnionego od aktualnych wartości parametrów jakości wód,



- dużych kosztów związanych z utrzymaniem zbiorników retencyjnych, w szczególności kosztów odmulania obiektów.

#### WALORYZACJA DOLINY BIAŁEJ

Wyniki waloryzacji przyrodniczej (rozdz. 7) pokazują, że dolina w obrębie części śródmiejskiej Białegostoku (odcinki 4-11) ma niskie walory przyrodniczo-krajobrazowe, natomiast część górna (odcinki 1 -3) oraz dolna (odcinki 12-14) przedstawiają walory co najmniej średnie. Walory estetyczne koryta Białej i jego otoczenia są na wielu odcinkach bardzo niskie. Powodowane to jest zarówno dużą liczbą chaotycznie rozmieszczonych przejść rurociągów przez koryto, jak i zaśmieceniem brzegów rzeki.

### 9.2 PROPOZYCJE DZIAŁAŃ W DOLINIE

Główną ideą kształtowania krajobrazu doliny rzeki Białej powinno być stworzenie parku linearnego z ciągiem pieszo-rowerowym przebiegającego przez wszystkie wydzielone odcinki doliny. Ciąg pieszo-rowerowy powinien umożliwiać przemieszczanie się wzdłuż całej rzeki, od stawów w Dojlidach do odcinka ujściowego Białej i doliny Supraśli, a przede wszystkim powinien bezpiecznie wyprowadzać mieszkańców z centrum miasta do terenów otwartych o charakterze przyrodniczym lub rekreacyjnym. Dlatego też dla największych odcinków doliny położonych w centrum Białegostoku zaproponowano funkcję tranzytową dla proekologicznej komunikacji rowerowej i pieszej oraz stosunkowo ograniczone zagospodarowanie rekreacyjne. Działania na tych odcinkach powinny koncentrować się na podwyższaniu walorów estetycznych Białej i jej otoczenia. Odcinkom w górnej i dolnej części doliny przypisano funkcje przyrodnicze, dydaktyczne i rekreacyjne. Fragmenty najmniej przekształcone powinny podlegać ochronie. Zachowane fragmenty doliny Białej, szczególnie obszary tarasów zalewowych, powinny pozostawać wolne od zabudowy.

W niniejszym studium przedstawiono zakres możliwych do realizacji działań techniczno-przyrodniczych mających na celu maksymalizację funkcji estetycznych, rekreacyjnych i przyrodniczych poszczególnych odcinków Białej (rozdz. 8). Zakres tych działań sformułowano z uwzględnieniem zidentyfikowanych ograniczeń dotyczących hydrografii, hydrologii i jakości wód. Dla poszczególnych odcinków określone zostały działania możliwe do realizacji, nie formułowano natomiast wariantowych propozycji rozwiązań techniczno-przyrodniczych. Tworzenie wariantów rozwiązań powinno polegać na wybieraniu podzbioru przedstawionych propozycji – od wariantu żadne z rozwiązań do wariantu wszystkie proponowane rozwiązania. Przedstawione rozwiązania techniczne mają charakter wskazań i koncepcji, nie zaś projektu wstępnego. Na etapie projektowania będzie należało zapewnić, żeby żadne z wybranych rozwiązań nie ograniczało realizacji funkcji odbiornika wód opadowych (nie zmniejszało przepustowości koryta Białej).

W celu zwiększenia bioróżnorodności środowiska rzeki i atrakcyjności estetycznej krajobrazu proponuje się wykonanie prac urozmaicających strukturę przestrzenną koryta rzeki na uregulowanych prostoliniowych odcinkach. Działania te powinny obejmować remeandryzację przebiegu rzeki i zróżnicowanie szerokości jej koryta. Zwiększenie liczby specyficznych mikrosiedlisk korytowych pozwoli na stworzenie warunków do bytowania bogatszej i bardziej zróżnicowanej fauny. Wskazane jest również osłonięcie rzeki szpalerem krzewów i drzew, co poprawiłoby jej termikę oraz stworzyło kolejne specyficzne siedliska. Docelowo, po rozwiązaniu problemów jakości wód, ważną sprawą będzie umożliwienie

swobodnej migracji organizmów wodnych z Supraśli. Proponowane kierunki działań są w pełni zgodne z zaleceniami Ramowej Dyrektywy Wodnej oraz celami środowiskowymi określonymi dla Białej w Planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły (osiągnięcie dobrego potencjału ekologicznego).

Równocześnie celowe jest dążenie do zwiększenia walorów estetycznych Białej i jej otoczenia, co może być realizowane m.in. przez wykorzystanie wód otwartych (np. oczka wodne) zasilanych z wód gruntowych. Niezbędne będą również działania obejmujące uporządkowanie (likwidację, zmianę przebiegu lub poprawę wyglądu) przejść rurociągów przez koryto Białej, remont lub usunięcie zdewastowanych urządzeń piętrzących, utrzymanie czystości brzegów rzeki.

Z uwagi na nadrzędną funkcję hydrologiczną Białej, jako odbiornika wód burzowych z terenu miasta, **przy realizacji proponowanych w niniejszym studium rozwiązań nie można dopuszczać do pogorszenia warunków hydraulicznych przepływu wody.** Można to osiągnąć np. przez odpowiedni dobór przekrojów poprzecznych koryta, poparty analizami hydrologicznymi i hydraulicznymi wykonywanymi na etapie projektowania konkretnych rozwiązań, przy czym wyniki niniejszego studium powinny stanowić podstawę takich analiz.

W miejskim odcinku Białej, ze szczególnym wskazaniem na odcinki 4-10, od ujścia Dolistówki do ujścia Bażantarki (km od 19.240 do 11.280), koryto niskiej wody powinno być wolne od roślinności wodnej, natomiast brzegi powinny być wykaszane; niezbędne jest również bieżące usuwanie zanieczyszczeń stałych w postaci gałęzi, śmieci itp. Wyjątek dla takiego utrzymania koryta mogą stanowić zaplanowane rozszerzenia (zatoki, kontrolowane rozlewiska), które mogą być realizowane na odcinkach 1-4, 10, 11, 13, 14. Dodatkowo konieczne jest zapewnienie swobodnego przepływu wód wezbraniowych poprzez uporządkowanie (np. przełożenie, podwyższenie) elementów infrastruktury miejskiej przekraczających rzekę.

Ze względu na istniejące zagospodarowanie koryta i doliny Białej na obszarze centrum miasta, możliwości retencjonowania w celu ochrony przed podtopieniami wód już wprowadzonych do koryta rzeki są niewielkie. Miejscami, gdzie można uzyskać pojemność retencyjną jest wymagająca rewaloryzacji niecka zbiornika przepływowego położonego na odcinku 1 i obszar proponowanych tarasów poszerzających koryto rzeki na odcinku 4.

Potencjalnym terenem do retencjonowania wód wezbraniowych mógłby być odcinek doliny Białej powyżej ujścia Dolistówki (odcinek 3). Wykorzystanie tego terenu do przechwytywania części wód wezbraniowych wymagałoby utworzenia suchego zbiornika przeciwpowodziowego. Z propozycji takiego rozwiązania zrezygnowano, ponieważ utworzenie suchego zbiornika obiektu powodowałoby konieczność zabezpieczenia jego czaszy ogrodzeniem (ze względu na gwałtowność i zakres zmian poziomu wody wywołujące zagrożenie bezpieczeństwa dla osób, które mogą znajdować się w momencie zaistnienia opadu w czaszy zbiornika) i, co za tym idzie, wyłączenie tego odcinka o stosunkowo wysokich walorach przyrodniczych z funkcjonowania w proponowanym ciągu pieszo-rowerowym.

Określone na podstawie przekrojów poprzecznych doliny i numerycznego modelu terenu zasięgi terenów zalewowych odpowiadające oszacowanej w ramach studium tzw. wodzie stuletniej należy traktować jako orientacyjne granice doliny Białej podlegającej

okresowym zalewom. Do wyznaczenia granicy doliny Białej można również wykorzystać występowanie utworów hydrogenicznych w profilu glebowym lub – w wersji uproszczonej – występowania roślinności bagiennej. W przypadku wprowadzaniu obiektów budowlanych na tereny dolinowe należy uwzględnić konieczność zabezpieczenia tych obiektów przed skutkami podtopień i dla każdej inwestycji przeanalizować zmiany warunków przepływu wód wezbraniowych w danej lokalizacji i poniżej.

Właściwe zagospodarowanie i utrzymanie rzeki Białej, w szczególności zapewnienie jej przepustowości oraz pro-środowiskowe zagospodarowanie wód deszczowych w miejscach powstawania odpływu na obszarze zlewni, a przede wszystkim w Białymstoku (punkt 9.3), powinny zapewnić eliminację występowania zalewów i podtopień na terenie miasta.

### 9.3 WSKAZANIA I ZALECENIA DLA POLITYKI WODNEJ MIASTA

Należy podkreślić, że działania tylko w dolinie rzeki Białej w istocie nie są w stanie zlikwidować dwóch podstawowych problemów rzeki – dużej zmienności przepływów oraz okresowo silnego zanieczyszczenia. Zaproponowane działania są ukierunkowane na łagodzenie tych problemów, ale nie są w stanie ich wyeliminować. Istotą polityki wodnej miasta powinno być usuwanie przyczyn problemów, w szczególności nadmiernej koncentracji odpływu po opadach nawalnych ze względu na zwiększającą się powierzchnię terenów nieprzepuszczalnych. Działania powinny być prowadzone na całym obszarze zlewni rzeki Białej i powinny obejmować następujące grupy:

- ograniczanie spływu powierzchniowego;
- zwiększanie czasu retencji wód opadowych;
- poprawa jakości odprowadzanych z kanalizacji do rzeki wód opadowych poprzez podczyszczanie za pomocą separatorów i osadników instalowanych na wylotach;
- zapewnianie utrzymania przepustowości Białej jako odbiornika wód deszczowych;
- działania prowadzące do zwiększenia potencjału ekologicznego rzeki Białej (zmienność geometrii koryta, kształtowanie roślinności, udrożnienie dla migracji organizmów).

Ograniczanie wielkości spływu powierzchniowego może być osiągnięte przez tworzenie mozaiki terenów przepuszczalnych (parki, ogrody, trawniki) z terenami nieprzepuszczalnymi (drogi, zabudowania) oraz stosowanie rozwiązań technicznych pozwalających na infiltrację wody z terenów tradycyjnie utwardzanych, takich jak parkingi, niektóre ciągi komunikacyjne, składowiska (zastosowanie ażurowych powierzchni). Należy także promować rozwiązania, w których woda z niewielkich powierzchni nieprzepuszczalnych (np. dachy budynku) kierowana jest przynajmniej częściowo do gruntu, a nie wyłącznie do kanalizacji deszczowej.

Oczywistym jest, że procesy urbanizacyjne będą prowadziły do zwiększania obszarów nieprzepuszczalnych, jednak nie musi być to równoznaczne ze zwiększaniem fal wezbraniowych i pogarszaniem jakości Białej w przyszłości. Warunkiem jest zwiększanie retencji wód deszczowych na obszarze zlewni przez tworzenie obszarów infiltracyjnych lub okresowych zbiorników dla wód deszczowych. Stosowanie takich rozwiązań technicznych prowadzi nie tylko do bardziej równomiernego dopływu wód do rzeki, ale także do poprawy jej jakości przez zmniejszenie zawartości materiału wleczonego i zawieszoności w wodzie. Przykłady rozwiązań pro-środowiskowego zagospodarowywania opadów zamieszczone zostały w Załączniku DESZCZÓWKA.

Działania w korycie rzeki i w jej dolinie zaproponowane w niniejszym studium są odpowiedzią na czwarte i piąte ze wzmiankowanych wyżej zagadnień. Wdrożenie zaproponowanych rozwiązań powinno prowadzić zarówno do zwiększenia przepustowości rzeki jak i powiększenia jej potencjału ekologicznego, co jest wymagane przez Ramową Dyrektywę Wodną.

Dla realizacji tak określonej polityki wodnej miasta można zalecić podjęcie następujących działań:

- Należy zakazać ograniczania przepustowości koryta rzeki przez nowe obiekty infrastruktury oraz sukcesywnie eliminować miejsca kolizji (ograniczenia przepustowości) powodowane przez istniejące obiekty, zwłaszcza te, które zostały już wyłączone z eksploatacji;
- Należy zakazać dalszej urbanizacji wybranych odcinków **doliny** rzeki Białej – szczególnie odcinków 2, 10, 11, 13 i 14, gdzie nie ma uchwalonych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego;
- Należy wymagać projektów zagospodarowywania wód deszczowych w mieście i zlewni, w szczególności na nowych osiedlach i dla nowych inwestycji przemysłowych lub usługowych, przy czym należy uwzględniać działania dla ochrony jakości wód;
- Powinno się uwzględniać dodatkowe funkcje zieleni miejskiej – jako obszarów infiltrowania wód deszczowych (lokalizacja, obszar, rozwiązania planistyczne / techniczne).
- Należy promować budowę obiektów retencjonujących i doczyszczających wody opadowe na istniejących terenach mieszkaniowych, usługowych i przemysłowych.

#### 9.4 WSKAZANIA DO ZAPISÓW W DOKUMENTACH PLANISTYCZNYCH

Propozycje zapisów w dokumentach planistycznych obejmują wnioski z przeprowadzonego rozpoznania stanu środowiska, analiz hydrologicznych i proponowanych rozwiązań w zakresie zagospodarowania doliny Białej. W szczególności celowe jest wprowadzenie poniższych zapisów.

1. Konieczność wyposażania nowopowstających osiedli wielorodzinnych oraz centrów handlowo-usługowych, obiektów przemysłowych i tras komunikacyjnych w rozwiązania pro-środowiskowego zagospodarowania wód deszczowych w miejscu tworzenia się odpływu lub co najmniej w urządzeniu umożliwiające retencjonowanie wód deszczowych i opóźnienie w czasie ich odprowadzenia do odbiornika – w wariancie minimum dotyczy obiektów zlokalizowanych w zlewni Białej powyżej ujścia Bażantarki; obiekty realizowane dla ograniczenia tempa i ilości odpływu wód deszczowych muszą być wyposażone w urządzenia do ochrony jakości wód;
2. Zalecenie rezygnacji z niektórych powierzchni uszczelnionych na rzecz powierzchni przepuszczalnych (np. parkingi, niektóre ciągi komunikacyjne).
3. Konieczność sukcesywnego wyposażania istniejących osiedli i terenów miejskich co najmniej w urządzenia do retencjonowania wód deszczowych, opóźnienia w czasie ich odprowadzenia do odbiornika oraz ochrony jakości (separatory i osadniki).
4. Ograniczenie dalszej urbanizacji wybranych odcinków doliny rzeki Białej – szczególnie odcinków 2, 10, 11, 13 i 14, gdzie nie ma uchwalonych miejscowych planów

- zagospodarowania przestrzennego; zakaz wprowadzania zabudowy na obszar tarasu zalewowego – odcinki 11, 13 i 14.
5. Objęcie ochroną podmokłych terenów z zadrzewieniami łągowymi przed odwodnieniem i zabudową (np. poprzez ustanowienie użytku ekologicznego) – odcinek 1.
  6. Rewaloryzacja zbiornika wodnego zasilanego spiętrzonymi wodami rzeki Białej z przeznaczeniem terenu pod szuwarową strefę buforową – odcinek 1.
  7. Utworzenie użytku ekologicznego na obszarze centralnej części doliny Bażantarki – odcinek 12.
  8. Zalecenie retencjonowania odpływu wód pochodzenia podziemnego prowadzonych rowami melioracyjnymi w zbiornikach (stawach) kopanych - odcinki 10 i 11.
  9. Zalecenie zwiększenia dostępności lustra wody Białej w centralnej części miasta (odcinki 4 i 5) poprzez wpisanie do kompozycji parków miejskich tarasów, ścieżek spacerowych, pochylni i schodów lokalizowanych w specjalnie w tym celu ukształtowanych poszerzeniach strefy korytowej.
  10. Zalecenie kształtowania miejskiego ciągu pieszo-rowerowego łączącego wszystkie odcinki doliny Białej (z wykorzystaniem istniejących ścieżek).
  11. Konieczność uporządkowania przejść infrastruktury miejskiej przez Białą, w szczególności likwidacja rurociągów nieeksploatowanych, przełożenie, w miarę możliwości, użytkowanych rurociągów pod dno rzeki lub wkomponowanie ich w przeprawy mostowe z zachowaniem wymaganej przepustowości koryta Białej.

Wskazania do zmiany lub uzupełnienia następujących zapisów w „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Białegostoku” :

- *„W celu poprawy stanu kanalizacji deszczowej niezbędna jest (...) renowacja rzek i rowów odwadniających w celu uzyskania właściwych parametrów technicznych”* (Część I pkt 9.3); proponuje się wprowadzenie zapisów dotyczących preferowania rozwiązań dla zwiększania retencji lub co najmniej opóźniania odpływu wód opadowych;
- *„(4) Możliwość realizacji obiektów usługowych, w obszarze oznaczonym na rysunku „Polityka Przestrzenna” jako system przyrodniczy miasta, związanych z obsługą terenów sportowo-rekreacyjnych, takich jak: obiekty małej gastronomii, pawilony wystawiennicze, zaplecza administracyjno-socjalne, terenowe obiekty sportowe itp. pod warunkiem lokalizacji obiektów kubaturowych w odległości minimum 100 m od rzeki Białej i 50 m do Dolistówki i Bażantarki”* (Część I pkt 6.1); proponuje się uzupełnienie zapisu o konieczność wykonania analizy wpływu proponowanych inwestycji na warunki przepływu wód wezbraniowych i funkcjonowanie korytarza przyrodniczego Białej i jej dopływów oraz konieczność opracowania pro-środowiskowych sposobów zagospodarowania wód deszczowych;
- *„(4a) Ustalenia punktów 3 i 4 nie dotyczą dolin rzecznych w obszarze śródmiejskim tj.: rzeki Białej na odcinku od ul. Ciołkowskiego do torów kolejowych za ul. Sokólską i rzeki Dolistówki na odcinku od ul. Branickiego do ul. Towarowej oraz terenów w dolinie rzeki Białej – rejon Auchan (pomiędzy ul. Produkcyjną i Gen. Maczka). Dla odcinków śródmiejskich oraz terenów w dolinie rzeki Białej – rejon Auchan (pomiędzy*

*ul. Produkcyjną i Gen. Maczka) ochrona korytarzy przyrodniczych dolin rzecznych powinna być ustalana w planach miejscowych w zależności od lokalnych uwarunkowań na podstawie opracowania ekofizjograficznego” (Część I pkt 6.1); proponuje się uzupełnienie zapisu o konieczność wykonania analizy wpływu planowanych inwestycji na warunki przepływu wód wezbraniowych i funkcjonowanie korytarza przyrodniczego Białej i jej dopływów oraz konieczność pro-środowiskowego zagospodarowania wód deszczowych.*

## 9.5 WSKAZANIA DO DALSZYCH OPRACOWAŃ I PRAC

Istnieje konieczność opracowania programu małej retencji i pro-środowiskowego zagospodarowania wód deszczowych w zlewni Białej ze szczególnym uwzględnieniem obszaru miasta Białystok. W odniesieniu do tego programu można sformułować następujące zalecenia:

- program powinien obejmować obszar całej zlewni Białej, a nie tylko część zawartą w granicach miasta Białystok;
- ze względu na istniejące zagospodarowanie terenu zlewni Białej, przewidywalne dalsze zmiany zagospodarowania (rozwój terenów zurbanizowanych, w tym obejmowanie nowych terenów kanalizacją deszczową) oraz zaobserwowane zaburzenia hydrologicznego funkcjonowania zlewni, program małej retencji powinien koncentrować się wokół pro-środowiskowego zagospodarowania wód opadowych szczególnie w granicach Białegostoku;
- ze względu na uwarunkowania związane z jakością wód (niska jakość wód odprowadzanych kanalizacją deszczową, splukiwanie zanieczyszczeń z terenów zurbanizowanych, w szczególności duże ilości zawiesin, związków azotu, niskie zdolności do samooczyszczania się wód Białej) nie zaleca się retencjonowania wód Białej w zbiornikach.

Konieczne jest zalecenie przedsiębiorstwom zarządzającym infrastrukturą komunalną (sieci wodociągowe, kanalizacyjne, ciepłownicze, energetyczne i telekomunikacyjne) wykonania inwentaryzacji elementów infrastruktury przechodzących przez koryto i dolinę Białej, a następnie wytypowanie obiektów:

- nieeksploatowanych przeznaczonych do usunięcia,
- przeznaczonych do zmiany przebiegu (przełożenie pod dno rzeki lub wkomponowanie w przeprawę mostową),
- przewidzianych do aranżacji w celu poprawy walorów wizualnych.

Zaleca się kontynuowanie pomiarów hydrologicznych w wybranych przekrojach Białej (poniżej ujścia Dolistówki, poniżej ujścia Bażantarki) oraz w przekrojach ujściowych Dolistówki i Bażantarki, ponieważ jeden – i to niepełny – rok obserwacji nie umożliwia wiarygodnego oszacowania (ani weryfikacji) przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przekroczenia, stanowiących podstawę wymiarowania obiektów infrastruktury.

Zaleca się przeprowadzenie badań jakości wód gruntowych i drenarskich w obszarze odcinków 10 i 11, gdzie istnieją możliwości wykorzystania tych wód do tworzenia zbiorników (oczek wodnych) podnoszących estetyczne walory terenu. Zaleca się również prowadzenie obserwacji stanów wód gruntowych na tych odcinkach w celu rozpoznania

zakresu sezonowych wahań zwierciadła tych wód i określenia możliwości utrzymania zbiorników na wodach gruntowych.

Ze względu na konieczność poprawy wiarygodności wyników uzyskiwanych z modelu hydrologicznego oraz dokładności oszacowania zasięgów podtopień i zalewów doliny należy dążyć do uzyskania bardziej dokładnego modelu numerycznego terenu oraz map użytkowania terenu.

Wyniki analiz hydrologicznych i hydraulicznych zawarte w niniejszym studium powinny być uwzględniane we wszystkich opracowaniach związanych z zagospodarowaniem doliny Białej oraz przy projektowaniu obiektów infrastruktury związanych z przekraczaniem koryta rzeki i doliny. Warto również podkreślić, że przygotowywane na realizację różnych zadań specyfikacje istotnych warunków zamówienia powinny zawierać wymagania uczestnictwa w zespole wykonującym specjalistów z zakresu hydrologii, gospodarki wodnej, ekologii i architektury krajobrazu.

## **10 BIBLIOGRAFIA**

- „Identyfikacja antropogenicznych oddziaływań na wody i ocena ich skutków na przykładzie zlewni Górnej Narwi”, Praca zbiorowa pod redakcją D. Puśłowskiej-Tyszewskiej, ISIS PW, Wydawnictwa IMGW, Warszawa 2005 (wspólnie z M. Giełczewski, D. Janica, I. Kardel, J. Kindler, J. Kubrak, W. Mioduszewski, P. Nowakowski, T. Okruszko, D. Puśłowska-Tyszewska)
- Aktualizacja programu kanalizacji deszczowej w granicach miasta Białegostoku, Politechnika Białostocka (Dzienia L., Usakiewicz A., Dolecka J., Orzechowska M., Stachniewicz E.), Białystok 2008
- Andraka D., Bartkowska I., Dzienia L., Królikowski A., Usakiewicz A., Walery M., 1998: System unieszkodliwiania ścieków deszczowych dla miasta Białystok. Maszynopis Politechniki Białostockiej. Białystok
- Atlas Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1 : 50 000: praca zbiorowa pod kierownictwem H. Czarneckiej, IMGW Warszawa, 2005
- Bieniaszewska H., 1975; Dzieje geologiczne okolic Białegostoku, Region Białostocki tom 3.
- Błachno B., Kaszkowiak I., 2005: Zanieczyszczenia mikrobiologiczne wód rzeki Białej. II Kongres Inżynierii Środowiska, Tom2. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. vol.33 s:309-314, 2005
- Błachuta J., Jarzabek A. i inni - Weryfikacja wskaźników dla przeprowadzenia oceny stanu ilościowego i morfologicznego jednolitych części wód powierzchniowych wraz ze zmianą ich wartości progowych dla uściślenia wstępnego wyznaczenia silnie zmienionych części wód, Warszawa, 2006.
- Chormański J., 2005: Tools for hydrologic modeling of the Woluwe Catchment, Vrije Universiteit Brussel, Brussels, 2005.
- Dyrektywa 2000/60/WE parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Materiały Ministerstwa Środowiska
- Dyrektywa 91/676/EEC z dnia 12 grudnia 1991 r. w sprawie ochrony wód przed zanieczyszczeniami spowodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.
- Dyrektywa Rady 98/83/EC z 3 listopada 1998 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- Dziennik Ustaw z 2006 Nr 137, poz. 984 Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego
- Dziennik Ustaw z 2009 r. Nr 27 poz. 169 Rozporządzenie Ministra Środowiska zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.
- Górniak A., 2000: Klimat województwa podlaskiego, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział w Białymstoku, Białystok
- Identyfikacja programów działań wraz z analizą efektywności kosztowej oraz wskazaniem i uzasadnieniem konieczności zastosowania derogacji w regionach wodnych – praca zlecona przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej – etap I i II, Kraków 2008.
- IMGW, PiG, IOŚ, 2007: Opracowanie analizy presji i wpływów zanieczyszczeń antropogenicznych w szczegółowym ujęciu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych dla potrzeb



- opracowania programów działań i planów gospodarowania wodami. Praca wykonana na zamówienie MŚ.
- Instrukcja techniczna G-2: Szczegółowa pozioma i wysokościowa osnowa geodezyjna i przeliczenia współrzędnych między układami (z płytą CD-ROM) CODGiK, 2001
- Kondracki J., 2001 Geografia regionalna Polski. Wyd.2 .PWN. Warszawa
- Kwiatkowski W., Gajko K., Ksepko M., Miniuk P., M. Stepaniuk, 2004: Opracowanie ekofizjograficzne dla terenu miasta Białegostoku. Urząd Miasta Białystok.
- Liu Y., Gebremeskel S., De Smedt F., 2002: Flood prediction with the WetSPA model on catchment scale, Flood Defence '2002, Science Press, New York LTD, 2002.
- Łoszewski H., 1996; Stosunki wodne planowanego Parku Ekologicznego Doliny Bażantarki, w: Białostoczczyzna, z. 2(42).
- Mojski J.E., 1969 - Kemy jako wskaźnik deglacjacji obszaru północno-wschodniej Polski podczas zlodowacenia środkowopolskiego. Folia Quater. Nr 30.
- Ociepa E., Kisiel A., Lach J., 2009: Ochrona wód powierzchniowych przed zrzutami ścieków deszczowych z sieci kanalizacyjnych. Proceedings of ECOpole. Vol.3 No.1
- Operat hydrologiczny Województwa Podlaskiego cz. I – przekroje kontrolowane, opracowanie IMGW Oddział Białystok na zlecenie Wydziału Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej Urzędu Wojewódzkiego, Białystok, 1992
- Opracowanie analizy presji i wpływów zanieczyszczeń antropogenicznych w szczegółowym ujęciu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych dla potrzeb opracowania programów działań i planów gospodarowania wodami, praca wykonana przez Konsorcjum: IMGW, PiG, IOŚ pod kier. Maciejewskiego M. na zamówienie Ministra Środowiska, Kraków, 2007.
- Owsiany M., Jarząbek A., Sarna S. - Uszczegółowienie metodyki w zakresie ostatecznego wyznaczania silnie zmienionych i sztucznych części wód w Polsce - Opracowanie wykonane na zlecenie KZGW, Kraków, 2007.
- Plan gospodarki odpadami dla miasta Białegostoku na lata 2004-2015 – aktualizacja. Rada Miejska Białegostoku, Uchwała nr XLI/518/09
- Plany gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy– Projekt, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Kraków, 2008.
- Podstawy hydrologiczne do regionalnych perspektywicznych planów rozwoju gospodarki wodnej i ochrony wód, IMGW, 1978
- Program wodno-środowiskowy kraju – Projekt, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Kraków, 2008.
- Przepływy charakterystyczne rzek polskich w latach 1951 – 1970, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. (Dz. U. z 2002 r., Nr 241, poz. 2093)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 kwietnia 2004 r. w sprawie zakresu i trybu opracowywania planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy oraz warunków korzystania z wód regionów wodnych, (Dz. U. Nr 126, poz. 1318)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. (Dz. U. Nr 203, poz. 1718)
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Białegostoku. Kierunki i polityka zagospodarowania przestrzennego. Przyjęte uchwałą nr XXXI/373/08 Rady Miejskiej Białegostoku z dnia 8 września 2008 r.

Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz. U. Nr 115, poz. 1229 z późn. zmian.). Materiały Ministerstwa Środowiska (<http://www.bgw.gov.pl/prawo/prawo.html>)

Ustawa z dnia 21 grudnia 2001r. o zmianie ustawy - Prawo wodne. Materiały Ministerstwa Środowiska (<http://www.bgw.gov.pl/prawo/prawo.html>)

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony Środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.).

Uściłko S., Sosnowski M., Burakowski M., Burakowska M., 2000: Program ogólny kanalizacji deszczowej dla miasta Białystok. Maszynopis. Przedsiębiorstwo projektowania i realizacji inwestycji komunalnych w Białymstoku.

Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski, IMGW, Warszawa, 1977.

WIOŚ Białystok, 2009: Ocena stanu czystości rzek województwa podlaskiego w 2008 roku (ocena wstępna), Białystok

WIOŚ Białystok, 2009: Ocena stanu czystości wód w zlewni rzeki Supraśl w 2008 roku, Białystok

# ZAŁĄCZNIK METEOROLOGIA

Tabela 1. Sumy opadów i opady maksymalne dobowe dla roku oraz półrocza letniego i zimowego (wielolecie 1973-2008 z wyłączeniem lat 1982-1986)

Rok	Suma półrocza zimowego [mm]	Max dobowy w półroczu zimowym [mm]	Suma półrocza letniego [mm]	Max dobowy w półroczu letnim [mm]	Suma roczna [mm]	Max dobowy w roku [mm]
1973	207.5	13.0	325.4	27.9	532.9	27.9
1974	357.5	34.0	391.4	31.0	748.9	34.0
1975	119.5	10.9	386.6	45.0	506.1	45.0
1976	204.2	11.9	313.7	51.1	517.9	51.1
1977	188.6	15.0	363.7	22.1	552.3	22.1
1978	210.8	18.0	433.8	27.9	644.7	27.9
1979	207.8	17.0	340.9	43.7	548.6	43.7
1980	289.3	21.1	418.8	29.0	708.1	29.0
1981	283.8	23.1	319.5	22.1	603.3	23.1
1987	163.3	14.0	306.8	38.1	470.2	38.1
1988	205.7	18.0	467.4	43.9	673.1	43.9
1989	237.2	14.0	219.2	12.2	456.4	14.0
1990	198.1	23.9	423.2	26.9	621.3	26.9
1991	187.2	10.9	356.4	27.9	543.6	27.9
1992	261.6	30.0	329.9	27.9	591.6	30.0
1993	213.2	10.9	364.9	31.0	578.2	31.0
1994	311.0	31.0	399.4	30.0	710.4	31.0
1995	197.6	17.0	413.8	48.0	611.4	48.0
1996	151.6	12.4	370.6	36.1	522.2	36.1
1997	233.7	16.0	391.4	37.1	625.1	37.1
1998	201.1	16.0	445.5	39.1	646.6	39.1
1999	240.5	16.0	327.4	19.1	567.9	19.1
2000	247.0	15.0	278.5	25.9	525.6	25.9
2001	209.1	16.0	462.1	25.9	671.2	25.9
2002	313.9	18.0	242.3	25.9	556.2	25.9
2003	237.2	25.1	287.0	48.8	524.3	48.8
2004	226.3	9.9	395.0	35.1	621.3	35.1
2005	220.7	11.4	338.6	34.5	559.3	34.5
2006	176.5	18.0	427.2	53.1	603.8	53.1
2007	222.0	21.1	383.5	49.3	605.5	49.3
2008	247.7	15.2	360.9	17.0	608.6	17.0
min	119.5	9.9	219.2	12.2	456.4	14.0
średnia	224.9	17.6	364.0	33.3	588.9	33.6
max	357.5	34.0	467.4	53.1	748.9	53.1

Tabela 2. Sumy opadów miesięcznych  
 (wielolecie 1973-2008 z wyłączeniem lat 1982-1986)

Rok	Suma opadu w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	18.8	40.9	19.6	18.5	50.5	41.7	155.4	26.4	32.8	34.0	62.2	32.0
1974	9.4	28.8	7.6	3.6	25.4	136.4	125.7	49.8	50.5	197.9	37.3	76.5
1975	26.2	9.1	13.2	55.4	28.7	82.3	155.4	1.8	63.0	32.5	21.4	17.0
1976	67.6	0.5	22.1	27.7	41.7	33.5	109.0	52.3	49.5	22.6	42.2	49.3
1977	13.0	40.9	24.9	61.7	54.1	39.6	112.3	34.3	61.7	34.8	43.8	31.2
1978	33.3	22.9	32.0	59.2	32.5	103.6	73.9	87.6	77.0	71.6	26.4	24.6
1979	58.2	18.8	47.5	22.4	40.4	38.6	57.4	118.1	64.0	4.3	32.5	46.5
1980	14.0	22.1	35.6	46.2	28.2	54.8	181.1	67.6	40.9	140.2	35.3	42.2
1981	26.9	17.8	32.6	18.8	50.3	55.4	79.5	92.7	22.9	52.9	109.0	44.7
1987	21.8	13.5	26.2	18.8	39.6	70.6	83.1	50.0	44.7	5.3	45.0	51.6
1988	28.2	24.4	64.0	38.9	55.1	93.5	154.4	86.6	38.9	10.2	42.7	36.3
1989	18.3	25.7	16.8	36.1	26.4	42.4	50.0	51.3	13.0	72.1	42.7	61.7
1990	17.8	21.3	29.0	20.3	48.5	75.2	82.3	73.7	123.2	38.1	64.3	27.7
1991	17.8	34.3	18.8	20.3	82.8	78.5	67.1	75.9	31.8	15.5	62.5	38.4
1992	10.4	39.1	34.0	60.5	39.1	48.0	76.5	23.6	82.3	74.2	62.5	41.4
1993	49.5	22.4	39.6	25.1	28.4	81.8	106.4	43.9	79.2	27.3	11.4	63.0
1994	39.1	21.7	64.8	103.9	113.4	55.1	6.1	50.0	70.9	86.1	34.8	64.5
1995	30.0	54.4	48.5	56.1	57.4	98.0	42.2	47.2	112.8	10.7	34.3	19.8
1996	7.6	40.6	19.1	50.0	117.3	40.4	65.5	36.8	60.5	47.5	21.8	15.0
1997	5.6	37.3	35.3	48.5	88.4	69.1	122.7	32.0	30.7	72.4	41.7	41.4
1998	11.2	35.5	41.9	56.4	59.4	101.1	86.4	89.2	53.1	44.5	33.8	34.3
1999	26.2	42.4	44.7	90.2	61.0	37.3	33.3	71.9	33.8	43.4	39.4	44.5
2000	46.5	29.5	48.0	36.6	9.4	41.2	84.0	66.9	40.4	9.1	71.0	42.9
2001	41.2	27.5	28.7	51.3	63.2	44.6	98.0	92.2	112.8	48.6	28.5	34.5
2002	46.5	65.4	41.8	18.4	23.0	78.2	69.7	26.4	26.7	119.6	25.9	14.7
2003	35.3	15.0	20.3	23.1	90.7	51.6	49.5	38.6	33.5	80.0	39.4	47.2
2004	26.7	56.9	36.3	31.5	74.9	55.1	100.1	114.8	18.5	38.6	41.1	26.7
2005	43.4	33.8	38.1	7.6	99.1	44.5	54.9	75.2	57.4	15.2	30.0	60.2
2006	3.8	24.6	7.6	25.7	76.7	29.7	36.8	216.7	41.7	49.0	55.4	36.1
2007	80.3	43.2	22.1	24.4	71.9	50.0	133.9	59.4	43.9	28.2	31.5	16.8
2008	62.5	27.2	53.3	44.7	58.4	33.8	98.8	<b>82.0</b>	<b>43.2</b>	<b>35.8</b>	<b>27.7</b>	<b>41.1</b>
2009	<b>31.0</b>	<b>30.5</b>	<b>57.7</b>	<b>4.8</b>	<b>82.0</b>	<b>145.3</b>	<b>97.5</b>					
min	3.8	0.5	7.6	3.6	9.4	29.7	6.1	1.8	13.0	4.3	11.4	14.7
średnia	30.2	30.2	33.5	37.7	56.8	64.1	89.0	65.6	53.4	50.4	41.8	39.5
max	80.3	65.4	64.8	103.9	117.3	145.3	181.1	216.7	123.2	197.9	109.0	76.5

Tabela 3. Sumy ciągłych opadów w poszczególnych miesiącach  
 (wielolecie 1973-2008 z wyłączeniem lat 1982-1986)

Rok	Suma ciągłego opadu w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	13.2	23.1	5.3	13.5	13.2	25.9	51.8	19.1	8.9	20.6	24.1	18.8
1974	6.6	15.5	6.6	2.0	17.0	55.1	59.2	31.5	20.1	75.2	54.1	23.6
1975	9.9	6.4	10.2	29.0	11.4	29.0	96.5	0.8	24.1	26.4	12.3	5.3
1976	30.2	0.5	6.4	13.2	26.9	25.7	51.1	31.0	20.1	11.9	18.8	23.9
1977	6.9	11.4	10.4	26.9	31.5	20.3	81.0	13.0	41.1	15.0	12.4	15.0
1978	14.0	14.7	17.0	33.0	17.0	45.0	26.7	30.5	31.5	32.0	9.9	13.5
1979	28.7	35.3	15.7	11.4	17.5	34.8	33.0	43.7	37.8	2.3	11.4	23.4
1980	10.7	9.4	22.1	14.2	13.0	33.8	53.1	23.4	21.8	53.1	17.5	31.2
1981	12.7	12.7	13.2	12.2	19.6	18.5	39.9	38.4	17.0	13.5	50.8	23.1
1987	10.9	6.9	8.4	7.1	14.2	25.9	52.3	15.5	25.9	2.0	24.9	27.4
1988	10.2	8.4	32.5	24.6	38.6	36.1	43.9	33.3	22.6	4.3	13.2	23.4
1989	8.6	9.1	5.1	16.0	21.1	20.6	29.7	19.8	12.2	25.4	23.1	33.0
1990	8.4	11.2	33.3	10.7	40.1	30.0	34.0	27.4	56.9	24.4	26.9	9.4
1991	9.7	20.3	7.1	9.1	27.4	42.9	25.9	24.1	14.0	7.9	20.1	16.0
1992	6.9	18.8	18.3	19.8	20.3	36.6	27.9	5.1	48.0	42.9	23.9	28.2
1993	25.4	13.7	20.1	13.7	8.1	55.6	36.6	32.3	40.3	10.6	9.4	18.3
1994	9.9	6.6	28.4	30.2	31.0	36.8	4.1	22.4	19.1	51.3	28.7	45.0
1995	15.7	17.0	24.6	24.1	22.1	57.9	30.5	19.6	90.9	7.1	20.6	9.1
1996	3.0	30.2	7.1	29.0	36.1	25.1	26.7	12.2	31.0	23.4	25.9	6.1
1997	4.3	17.3	22.1	16.0	37.1	51.6	52.8	32.0	20.3	28.7	20.8	24.4
1998	7.6	15.7	40.9	17.5	42.4	31.0	23.1	31.8	32.0	32.3	14.0	14.0
1999	10.4	24.1	33.3	46.7	48.5	24.1	16.5	19.1	14.0	25.9	31.0	16.5
2000	37.6	53.4	25.7	28.7	5.3	14.3	26.9	51.7	16.8	7.6	31.6	13.5
2001	18.1	9.9	9.9	36.6	29.0	31.6	38.1	33.0	111.0	26.3	16.0	31.5
2002	27.9	36.7	37.9	6.2	13.0	50.4	37.4	13.5	13.0	36.8	10.9	6.1
2003	15.7	14.5	9.7	9.9	56.1	22.1	21.3	18.0	13.5	23.4	36.8	27.9
2004	13.0	29.2	10.9	19.3	45.5	42.2	35.1	43.2	5.6	13.7	18.3	8.6
2005	26.7	10.2	13.7	4.8	41.7	11.7	33.3	37.1	29.5	14.0	11.7	21.6
2006	3.3	14.5	5.1	13.2	37.3	16.0	32.0	104.9	37.8	33.0	25.1	19.6
2007	32.0	24.4	11.9	19.3	29.2	35.8	93.0	50.3	13.2	9.1	11.2	12.7
2008	48.3	9.1	24.6	22.1	18.5	17.0	53.3	<b>28.2</b>	<b>22.9</b>	<b>11.7</b>	<b>18.3</b>	<b>23.1</b>
2009	<b>11.7</b>	<b>6.6</b>	<b>20.3</b>	<b>4.8</b>	<b>24.9</b>	<b>46.0</b>	<b>50.8</b>					
min	3.0	0.5	5.1	2.0	5.3	11.7	4.1	0.8	5.6	2.0	9.4	5.3
średnia	15.6	16.8	17.4	18.3	26.7	32.8	41.2	29.2	29.4	23.0	21.7	19.8
max	48.3	53.4	40.9	46.7	56.1	57.9	96.5	104.9	111.0	75.2	54.1	45.0

Tabela 4. Opady maksymalne dobowe w poszczególnych miesiącach  
 (wielolecie 1973-2008 z wyłączeniem lat 1982-1986)

Rok	Maksymalny dobowy opad w miesiącu [mm]											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	7.9	6.1	5.1	7.9	9.9	13.0	27.9	17.0	8.9	13.0	13.0	5.1
1974	4.1	8.9	4.1	1.0	7.1	22.1	31.0	17.0	13.0	34.0	10.2	8.1
1975	3.3	3.0	4.1	11.9	10.9	25.9	45.0	0.5	23.9	10.9	9.0	4.1
1976	7.1	0.5	4.1	7.1	13.0	14.2	51.1	21.1	20.1	11.9	6.1	10.9
1977	3.0	9.4	8.9	8.9	21.1	14.0	22.1	10.9	16.0	15.0	11.9	9.9
1978	7.1	6.1	6.1	16.0	17.0	18.0	22.1	27.9	14.0	18.0	7.4	4.1
1979	13.2	5.1	7.1	6.1	8.9	25.9	20.1	43.7	27.9	2.0	7.9	17.0
1980	4.6	7.1	8.9	8.1	13.0	14.0	29.0	9.9	13.0	21.1	10.9	9.4
1981	6.1	4.1	8.9	5.1	19.1	11.2	22.1	22.1	13.0	13.0	23.1	10.9
1987	7.1	6.1	8.4	4.1	8.9	25.9	38.1	15.0	13.0	2.0	12.4	14.0
1988	6.1	5.1	18.0	22.1	16.0	21.1	43.9	21.1	9.9	4.1	7.1	11.9
1989	3.3	9.1	5.1	8.9	12.2	9.9	8.9	8.9	6.1	14.0	11.4	10.9
1990	2.5	7.1	10.9	5.1	25.9	26.9	11.9	18.0	18.0	23.9	22.1	8.9
1991	6.1	9.9	7.1	5.1	23.1	27.9	23.9	19.1	5.3	7.9	10.9	10.9
1992	6.1	8.9	11.9	11.9	14.0	11.2	27.9	5.1	25.9	30.0	14.0	11.9
1993	8.1	7.1	10.9	7.6	6.1	30.5	31.0	21.1	22.1	10.6	4.6	8.9
1994	7.9	5.1	16.0	25.9	30.0	16.0	2.0	16.0	16.0	31.0	15.0	11.4
1995	7.9	13.0	9.9	13.0	17.0	20.1	9.9	19.1	48.0	7.1	17.0	6.1
1996	3.0	10.9	5.1	13.0	36.1	15.0	19.1	7.9	18.0	12.4	7.1	3.6
1997	4.1	5.6	16.0	12.2	37.1	16.0	30.0	19.1	7.1	10.9	10.9	14.0
1998	4.3	11.1	16.0	10.9	39.1	25.9	14.0	18.0	24.9	15.0	7.9	7.9
1999	4.1	5.1	16.0	15.0	10.9	13.0	16.5	19.1	14.0	7.9	7.9	8.1
2000	9.1	5.1	9.4	25.9	3.8	8.1	17.0	18.8	12.7	2.8	15.0	5.8
2001	6.1	4.8	5.6	10.2	23.9	14.0	21.1	25.9	23.9	16.0	5.1	7.1
2002	9.9	13.0	11.9	3.8	9.9	21.1	25.9	9.9	10.9	18.0	7.9	3.3
2003	13.7	5.8	6.6	7.9	48.8	12.7	7.1	9.4	7.1	21.3	25.1	11.4
2004	4.3	7.4	9.9	15.0	16.5	13.2	32.0	35.1	5.6	6.9	7.6	6.1
2005	11.4	10.2	9.4	3.0	34.5	10.4	15.5	29.7	26.9	5.1	4.8	11.2
2006	1.3	5.3	3.3	8.4	16.8	16.0	32.0	53.1	14.0	18.0	13.5	10.4
2007	21.1	18.0	3.3	9.9	20.1	9.4	49.3	36.1	13.2	8.4	6.1	4.1
2008	15.2	8.1	10.4	9.1	14.5	17.0	16.8	<b>15.0</b>	<b>13.5</b>	<b>9.9</b>	<b>8.9</b>	<b>9.4</b>
2009	<b>6.9</b>	<b>5.1</b>	<b>9.7</b>	<b>3.8</b>	<b>18.3</b>	<b>29.7</b>	<b>27.2</b>					
min	1.3	0.5	3.3	1.0	3.8	8.1	2.0	0.5	5.3	2.0	4.6	3.3
średnia	7.1	7.4	9.0	10.1	18.9	17.8	24.7	19.7	16.3	13.6	11.0	8.9
max	21.1	18.0	18.0	25.9	48.8	30.5	51.1	53.1	48.0	34.0	25.1	17.0

Tabela 5. Liczba dni opadem w poszczególnych miesiącach  
 (wielolecie 1973-2008 z wyłączeniem lat 1982-1986)

Rok	Liczba dni z opadem w miesiącu											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1973	9	15	8	10	14	14	17	7	9	13	16	15
1974	5	10	4	5	14	17	23	8	13	24	14	22
1975	16	8	6	16	10	10	12	5	5	13	6	13
1976	0	1	14	11	11	10	11	11	9	4	19	20
1977	7	16	9	16	11	9	18	7	14	8	14	16
1978	16	15	17	12	10	13	14	15	22	14	12	12
1979	19	11	16	9	12	5	12	14	12	3	13	16
1980	1	10	10	12	4	15	23	15	11	19	11	17
1981	12	13	11	6	10	13	12	15	7	15	18	18
1987	13	8	8	10	11	10	11	12	13	4	17	15
1988	0	17	18	10	12	14	16	13	13	6	14	20
1989	13	10	11	10	4	14	10	12	3	15	12	15
1990	15	7	13	12	9	9	20	12	22	8	17	11
1991	12	12	4	8	15	11	9	14	13	6	16	17
1992	0	16	14	14	10	8	12	9	11	15	16	11
1993	17	11	7	5	10	15	15	6	14	8	5	19
1994	13	10	19	11	13	12	3	11	14	9	11	16
1995	13	18	21	15	16	16	10	6	14	4	12	8
1996	0	15	8	8	13	9	14	10	12	8	11	9
1997	5	14	11	13	7	15	13	3	12	15	14	14
1998	9	12	11	12	9	16	16	16	4	17	11	18
1999	17	24	15	18	13	15	8	16	7	18	21	20
2000	1	19	23	9	4	13	15	17	13	8	15	21
2001	21	21	11	20	11	14	17	12	24	14	20	24
2002	21	19	16	13	9	15	10	7	8	22	10	7
2003	9	5	9	10	11	11	16	12	7	17	8	12
2004	1	19	11	9	18	13	18	11	10	15	20	11
2005	16	14	14	4	14	12	15	10	6	6	15	17
2006	5	16	7	13	15	10	6	19	10	11	19	16
2007	24	14	14	7	11	13	18	12	13	6	14	7
2008	1	13	22	16	15	8	17	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
2009	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>17</b>					
min	0	1	4	2	4	5	3	3	3	3	5	7
średnia	10	13	13	11	11	13	14	11	12	12	14	15
max	24	24	23	20	18	22	23	19	24	24	21	24



# ZAŁĄCZNIK HYDROLOGICZNY MODEL BIAŁEJ

1. Podstawowe założenia .....	2
2. Identyfikacja modelu .....	5
3. Weryfikacja modelu.....	6

## 1. Podstawowe założenia

WetSpa (Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere) to model hydrologiczny, którego przeznaczeniem jest prognozowanie obiegu wody i energii pomiędzy glebą, roślinnością i atmosferą. Został on opracowany na uniwersytecie Vrije Universiteit Brussel w Belgii, a następnie dostosowany do wyznaczania hydrogramów wezbrań przy dowolnym (dobowym, godzinowym, minutowym) kroku czasowym. Model WetSpa jest modelem hydrologicznym o parametrach rozłożonych lub częściowo rozłożonych. Pod pojęciem modelu o parametrach rozłożonych należy rozumieć model, który uwzględnia przestrzenną zmienność parametrów. W takim modelu zlewnia podzielona jest na jednostkowe pola quasi-jednorodnie determinowane poszczególnymi procesami składowymi modelu. W procesie obliczeniowym zlewnia dzielona jest na siatkę rastrowych pól podstawowych (GRID). Do każdego punktu siatki przypisywane są parametry uzależnione od rodzaju gleby, użytkowania i ukształtowania terenu. Dane opadowe są przestrzennie różnicowane na poszczególne komórki rastrowe, a szacowanie wielkości odpływu odbywa się wzdłuż wytyczonych na podstawie numerycznego modelu terenu dróg potencjalnego spływu powierzchniowego i odpływu do profilu zamykającego zlewnię. Zaletą takiego podejścia do modelowanego zagadnienia jest duża czułość modeli na fizyczne zmiany parametrów na terenie zlewni. W przypadku modelu o parametrach częściowo-rozłożonych komórki rastrowe łączone są w grupy reprezentujące zlewnie elementarne. W kolejnych etapach obliczane są parametry zarówno dla zlewni cząstkowych jak i dla całej zlewni.

Niezbędnymi danymi wejściowymi do modelu są cyfrowe mapa wysokościowa (NMT), mapa użytkowania terenu i mapa glebowa, mapa posterunków meteorologicznych. Program wymaga jako danych wejściowych dane hydro-meteorologiczne takie jak temperatura średnia dobową, opad atmosferyczny, ewapotranspiracja potencjalna. WetSpa w obliczeniach uwzględnia szereg procesów hydrologicznych, takich jak: przestrzenne rozmieszczenie opadu (z wykorzystaniem metody poligonów de'Thiessena), ewapotranspirację, intercepcję, odpływ powierzchniowy, przepływ w strefie nasyconej, wilgotność w strefie nienasyconej, prędkość odpływu, które są parametryzowane w poszczególnych zlewniach elementarnych lub w siatce rastrowej na podstawie map cyfrowych. Szereg parametrów globalnych umożliwia odzwierciedlenie warunków panujących w zlewni, np., wilgotność początkowa gleby, głębokość do zwierciadła wód gruntowych, krzywa recesji gruntowej, rozdział odpływu na powierzchniowy i podziemny, prędkość topnienia śniegu. Model WetSpa jest modelem opracowany jest jako rozszerzenie programu ArcView 3.3 Każda komórka rastrowa dzielona jest na cztery poziome warstwy: roślinności (vegetation zone), strefy korzeniowej (root zone), strefy przejściowej (transmission zone) i strefy saturacji (saturated zone). Zjawiska hydrologiczne brano pod uwagę w obliczeniach dotyczą każdej z tych stref. Są to: opad atmosferyczny, intercepcja, retencja depresyjna, odpływ powierzchniowy, infiltracja, ewapotranspiracja, perkolacja, odpływ podpowierzchniowy, dopływ wód gruntowych, bilans wodny w strefie korzeniowej i w strefie saturacji. Bilans wodny dla każdej komórki rastra jest obliczany z uwzględnieniem udziału w powierzchni komórek różnych rodzajów użytkowania terenu. Takie rozwiązanie pozwala na przeprowadzanie dokładniejszych obliczeń w przypadku niejednorodnych pod względem użytkowania komórek, których liczba rośnie wraz ze spadkiem rozdzielczości mapy cyfrowej. Kolejność procesów symulowanych w każdej komórce jest analogiczna jak procesów zachodzących w naturze po wystąpieniu opadu. Modelowane procesy hydrologiczne stanowią połączenie fizycznych i empirycznych zależności, a efektem końcowym procesu modelowania jest hydrogram odpływu i hydrologiczne charakterystyki dla analizowanej zlewni (Chormański, 2005).

Podstawowym czynnikiem odpowiedzialnym za kształtowanie się odpływu powierzchniowego i podpowierzchniowego jest wilgotność gleby w strefie korzeniowej. Określenie tej wilgotności dla każdej komórki zlewni, odbywa się na podstawie zaprezentowanego poniżej równania bilansu wodnego dla powierzchniowej warstwy gleby:<sup>1</sup>

$$D \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = P - I - S - E - F - R, \text{ gdzie:}$$

D – głębokość strefy korzeniowej,  
 $\Delta\theta$  – zmiana wilgotności glebowej,  
 $\Delta t$  – krok czasowy,  
P – opad atmosferyczny,  
I – straty początkowe uwzględniające intercepcję i retencję depresyjną,  
S – odpływ powierzchniowy,  
E – ewapotranspiracja rzeczywista,  
F – odpływ podpowierzchniowy,  
R – perkolacja ze strefy korzeniowej.

W modelu straty początkowe związane z intercepcją uzależnione są od intensywności opadu, rodzaju pokrywy roślinnej oraz pory roku. Wielkość retencji depresyjnej zależna jest natomiast od spadku terenu, typu gleby oraz sposobu użytkowania. W modelowaniu wielkości intercepcji uwzględniane jest zjawisko ewapotranspiracji, a w przypadku retencji depresyjnej zjawisko ewaporacji, infiltracji i zwilżania warstwy gleby. Wielkość intercepcji w modelu WetSPA obliczana jest według wzoru:

$$I_i = I_{i,\min} + (I_{i,\max} - I_{i,\min}) \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \left( 2\pi \frac{d - 87}{365} \right) \right]^b, \text{ gdzie:}$$

$I_{i,\min}$  – intercepcja minimalna dla danej komórki [mm],  
 $I_{i,\max}$  – intercepcja maksymalna dla danej komórki [mm],  
d – dzień roku,  
b – parametr uzależniony od warunków lokalnych.

Odpływ powierzchniowy jest obliczany z wykorzystaniem zależności wilgotności glebowej i współczynnika odpływu według następującego wzoru:

$$S = C_r P_n (\theta / \theta_s), \text{ gdzie:}$$

$C_r$  – współczynnik odpływu zależny od spadku terenu, gleby i użytkowania,  
 $P_n$  – różnica opadu atmosferycznego i intercepcji,  
 $\theta$  – średnia wilgotność glebowa,  
 $\theta_s$  – wilgotność w nasyconej warstwie gleby.

Ewapotranspiracja z gleby i pokrywy roślinnej w modelu WetSPA obliczana jest z zależności Thornthwaite i Mather (1955) jako funkcja ewapotranspiracji potencjalnej, typu i stadium wzrostu roślinności oraz wilgotności glebowej:

$$E = C_e E_p \left( \frac{\theta - \theta_w}{\theta_f - \theta_w} \right) \text{ dla } \theta < \theta_f$$

<sup>1</sup> Wszystkie wzory opisane w dalszej części tego rozdziału pochodzą z publikacji Liu i in., 2002

$$E = C_e E_p \quad \text{dla } \Theta > \Theta_f, \text{ gdzie:}$$

$C_e$  – współczynnik wegetacji zależny od stadium wzrostu roślin i rodzaju roślinności,

$E_p$  – ewapotranspiracja potencjalna,

$\Theta_w$  – wilgotność glebowa punktu trwałego więdnienia,

$\Theta_f$  – wilgotność glebowa przy połowej pojemności wodnej.

Odptyw podpowierzchniowy oraz perkolacja są kluczowymi procesami kształtującymi bilans wodny w strefie korzeniowej. Oba te procesy związane są ze zjawiskiem grawitacji i zakłada się, że występują gdy wilgotność glebowa jest większa niż połowa pojemność wodna. Procesy te dla każdej komórki szacowane są z wykorzystaniem prawa Darcy oraz jego kinematycznej aproksymacji według poniższych wzorów:

$$F = C_e D S_0 K(\theta) / W$$

$$R = K(\theta) = K_s \left( \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^{(2+3B)/B}, \text{ gdzie:}$$

F – odptyw podpowierzchniowy,

R – perkolacja ze strefy korzeniowej,

D – głębokość strefy korzeniowej,

$C_e$  – parametr skalujący zależny od użytkowania terenu,

$S_0$  – spadek terenu,

$K(\theta)$  – przewodność hydrauliczna w strefie nienasyconej,

$K_s$  – przewodność hydrauliczna w strefie nasyconej,

$\theta$  – średnia wilgotność glebowa,

$\theta_s$  – wilgotność w nasyconej warstwie gleby,

$\theta_r$  – resztkowa wilgotność glebowa,

W – wielkość komórki rastra,

B – indeks wielkości porów glebowych.

Wyznaczanie kierunków odptywu z poszczególnych komórek zlewni do sieci rzecznej, jak również z sieci rzecznej do profilu zamykającego zlewnie odbywa się w oparciu o metodę aproksymacji fali dyfuzyjnej:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = D(x) \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} - C(x) \frac{\partial Q}{\partial x}, \text{ gdzie:}$$

Q – odptyw w czasie t i punkcie x,

x – odległość wzdłuż kierunku odptywu,

t – czas,

C – prędkość,

D – współczynnik dyspersji.

W następnym kroku obliczeniowym, z wykorzystaniem numerycznej aproksymacji De Smedt (2000), w postaci chwilowego hydrografu jednostkowego – IUH, następuje powiązanie odptywu na końcu i początku drogi spływu.

$$U(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}^3 / t_0^3} \exp \left[ -\frac{(t - t_0)^2}{2\sigma^2 t / t_0} \right]$$

$$Q(t) = \int_A \int_0^t Q_0(\tau) U(t - \tau) d\tau dA, \text{ gdzie:}$$

$U(t)$  – funkcja jednostkowej odpowiedzi drogi spływu,

$t_0$  – średni czas dopływu,  
 $\sigma$  – odchylenie standardowe czasu odpływu,  
 $Q(t)$  – hydrogram odpływu,  
 $Q_0$  – dopływ na początku drogi spływu.

Obliczenia odpływu podziemnego w modelu WetSPA, przeprowadzane są dla całej zlewni z wykorzystaniem częściowo-skupionego modelu zakładającego nieliniowość pomiędzy odpływem podziemnym i retencją wód podziemnych.

$$Q_g = C_g S_g^2, \text{ gdzie:}$$

$Q_g$  – odpływ podziemny ze zlewnie cząstkowej,  
 $C_g$  – współczynnik nieliniowej recesji zbiornika,  
 $S_g$  – retencja wód podziemnych.

Odpływ całkowity z terenu zlewni jest obliczany jako suma odpływu powierzchniowego, podpowierzchniowego i podziemnego według następującego wzoru:

$$Q_t = Q_s + Q_f + Q_g, \text{ gdzie:}$$

$Q_t$  – odpływ całkowity,  
 $Q_s$  – odpływ powierzchniowy,  
 $Q_f$  – odpływ podpowierzchniowy,  
 $Q_g$  – odpływ podziemny.

## **2. Identyfikacja modelu**

Parametry lokalne model obliczono poprzez analizy GIS z wykorzystaniem rozszerzenia ArcView 3.x WetSPA 2007. Do obliczeń wykorzystano mapy cyfrowe gleb, typów użytkowania i numeryczny model terenu. Schemat obliczeniowy przedstawiono na rysunku.

Określenie parametrów globalnych jest kolejnym etapem, po ustaleniu parametrów lokalnych, niezbędnym do przeprowadzenia identyfikacji modelu. Konieczność ich określenia wynika z równań na których opiera się model i ma na celu jego skalibrowanie, aby otrzymywane wyniki w procesie modelowania jak najdokładniej odzwierciedlały dane rzeczywiste. Charakterystykę parametrów globalnych modelu WetSPA przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1 Parametry globalne w modelu WetSPA

dt	krok czasowy obliczeń wyrażany w godzinach, wartość tego parametru musi korespondować z wprowadzanymi danymi hydrometeorologicznymi, 6 godz.
Ci	współczynnik skalujący odpływ podpowierzchniowy; odzwierciedla wpływ materii organicznej i systemów korzeniowych na pionową i poziomą przewodność hydrauliczną gleby,
Cg	współczynnik recesji przepływu podziemnego; odzwierciedla reżim recesji przepływu wód gruntowych dla całej zlewni,
K_ss	wilgotność względna gleby; pozwala na jednolity rozkład początkowej względnej wilgotności glebowej, który może być wykorzystywany do długo czasowych symulacji,
K_ep	czynnik korekcyjny do ewapotranspiracji; wykorzystywany do kalibracji modelu w celu zwiększenia dokładności obliczanych składników bilansu wodnego w stosunku do danych obserwowanych,
G0	początkowa wysokość zwierciadła wód gruntowych
G_max	maksymalna wysokość zwierciadła wód gruntowych służąca do określenia ilości wody pobieranej do ewapotranspiracji,
T0	temperatura określająca przejście opadu atmosferycznego z postaci deszczu do postaci śniegu,
K_snow	parametr służący do szacowania ilości topniejącego śniegu; zazwyczaj zawiera się w przedziale 2-4 mm/°C/dzień,
K_rain	parametr służący do szacowania ilości topniejącego śniegu w zależności od wielkości opadu atmosferycznego; w przypadku gdy wartość parametru zostanie przyjęta równa 0, wpływ topnienia śniegu pod wpływem opadu atmosferycznego nie będzie uwzględniany w obliczeniach; jeżeli na terenie zlewni nie występuje akumulacja śniegu wówczas dla parametrów T0, K_snow i K_rain można przyjąć wartości ujemne, a dane temperaturowe nie będą uwzględniane w modelowaniu,
K_run	parametr odzwierciedlający wpływ intensywności opadu na rzeczywisty odpływ powierzchniowy, w przypadku gdy intensywność opadu jest bardzo mała; gdy wartość tego parametru przyjmujemy równą 1, wówczas wpływ intensywności opadu nie jest uwzględniany w procesie modelowania,
P_max	progowa intensywność deszczu; w przypadku intensywności opadu większej niż ustalona wartość progowa model przyjmuje liniową zależność w stosunku do współczynnika odpływu i zakłada się, że parametr K_run jest równy 1.

Przyjmowane w procesie modelowania wartości parametrów globalnych umieszcza się w tabeli danych wejściowych. Optymalne wartości tych parametrów, jakie określono w czasie wielokrotnych prób, prowadzonych metodą półautomatyczną - manualnie z wykorzystaniem algorytmów optymalizacji automatycznej modelu PEST przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2 Wartości parametrów globalnych dla zlewni Białej do przekroju B3

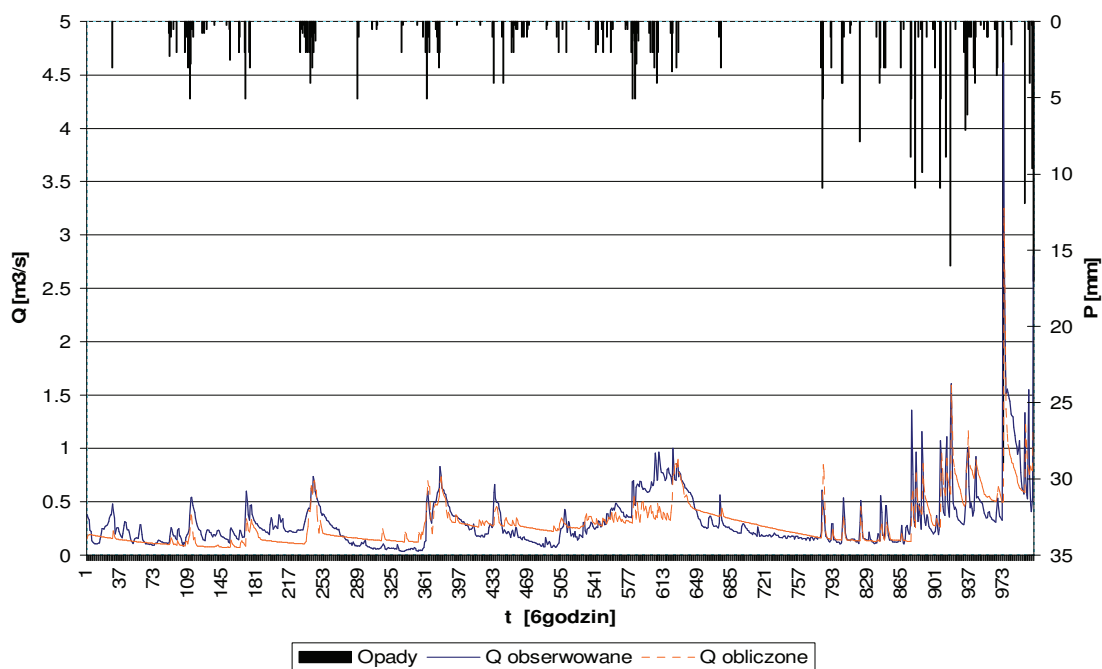
Parametr										
ki	kg	k_ss	k_ep	g0	g_max	t0	k_snow	k_rain	k_run	p_max
1,20	0,00387	0,633	0,505	18,0	382	0,025	1,18	0,0785	0,501	13,44

### 3. Weryfikacja modelu

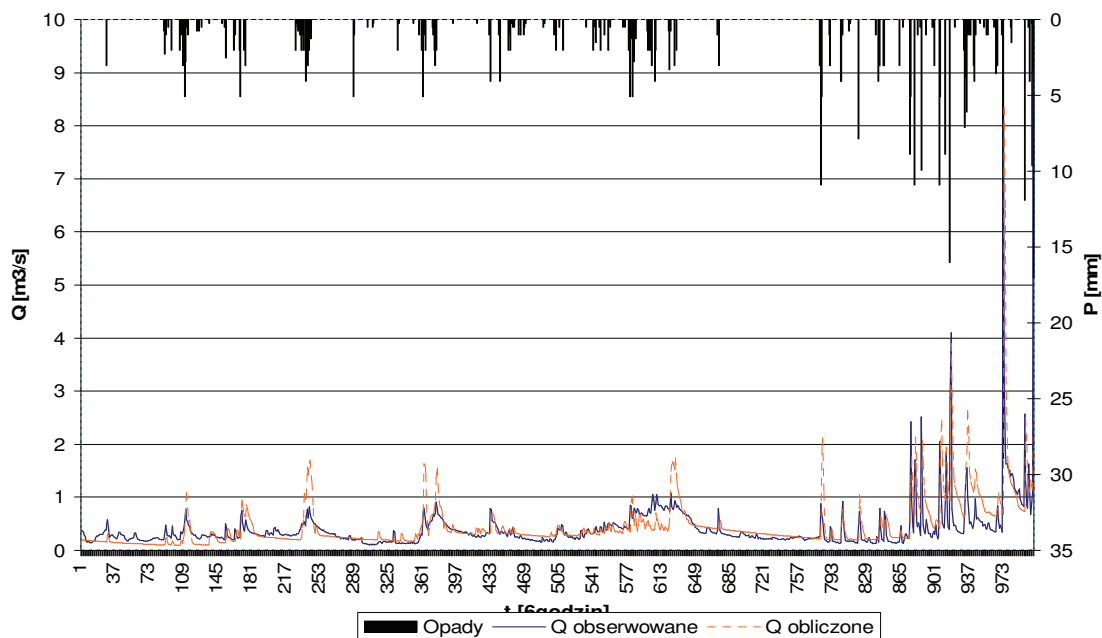
Weryfikację uzyskiwanych wyników w procesie modelowania z wykorzystaniem modelu hydrologicznego WetSPA można przeprowadzić na dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na wizualnym porównaniu przebiegu obserwowanego hydrogramu odpływu z hydrogramem obliczonym przez model. Drugi opiera się na statystycznej analizie określającej miary dokładności wyników, który omówiono w końcowej części tego rozdziału.

Weryfikację przeprowadzono na przepływach w kroku czasowym 6 godzinnym obliczonych na podstawie obserwacji stanów wody rejestrowanych przez czujniki Diver w czterech przekrojach pomiarowych B1 (DP-4), B2 (DP-8), B3 (DP-7) i B4 (DP-11) w okresie 24.10.2008-01.07.2009. Wyniki kalibracji przedstawiono na rys. 1-4, gdzie obliczone hydrogramy odpływu porównano z obserwowanymi hydrogramem odpływu na tle pomierzonych opadów. Analizując wykresy można zaobserwować, iż największe niezgodności występują w okresie przełomu marca i kwietnia co spowodowane jest prawdopodobnie regulowaniem odpływu przez zbiornik retencyjny, który opróżniano przed okresem roztopowym, lub z niewłaściwie skalibrowanego procesu roztopów śnieżnych. Poza

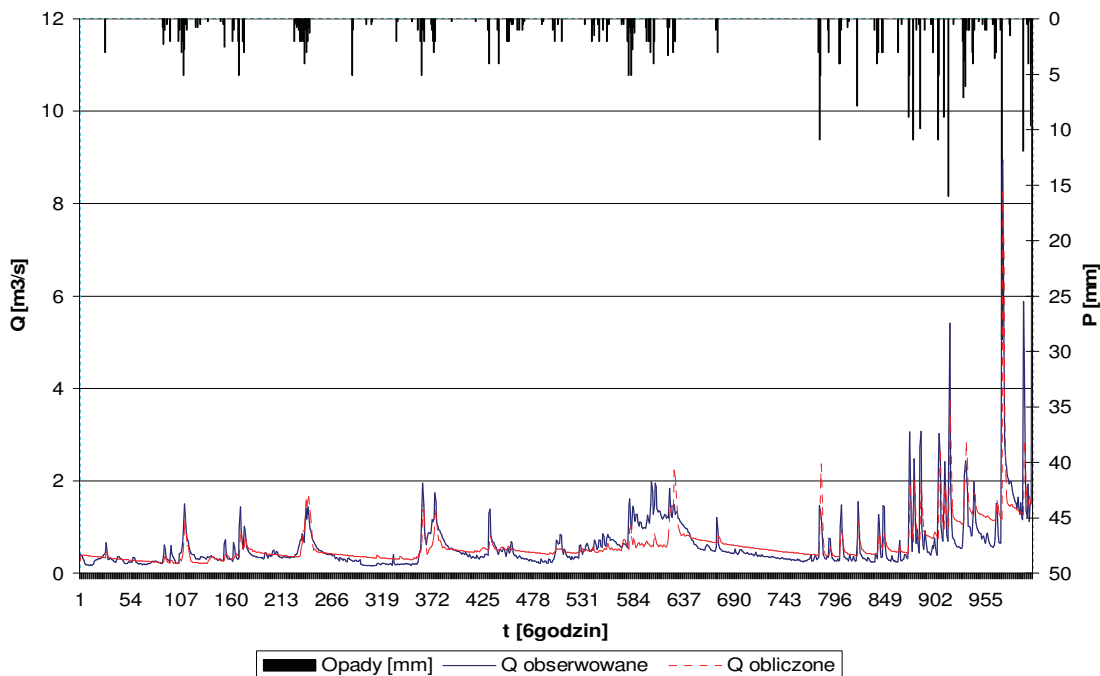
tym okresem model poprawnie reaguje na zjawisko opadu, natomiast reakcja zlewni jest niekiedy większa niż wartości zarejestrowane a niekiedy mniejsza.



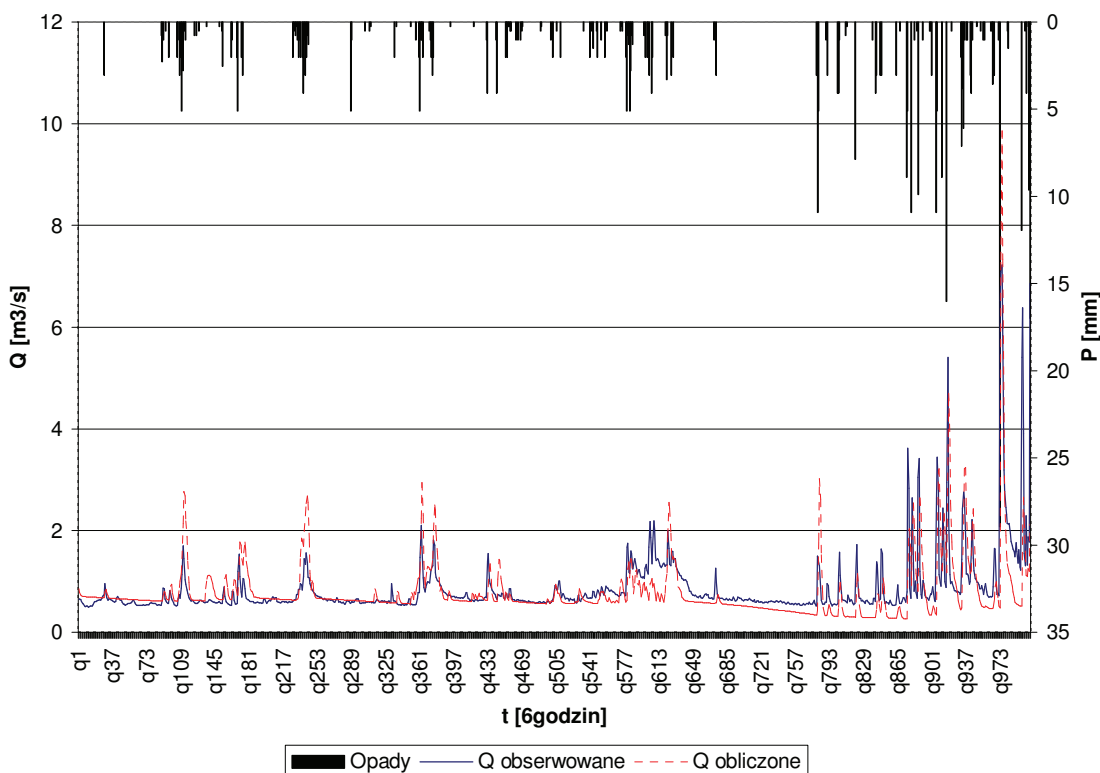
Rys. 1 Obserwowane i obliczone przepływy w przekroju pomiarowym POHD66-B1 w okresie kalibracyjnym 24.10.2008-01.07.2009



Rys. 2 Wyniki Obserwowane i obliczone przepływy w przekroju pomiarowym POHD46-B2 w okresie kalibracyjnym 24.10.2008-01.07.2009



Rys. 3 Wyniki Obserwowane i obliczone przepływy w przekroju pomiarowym POHD18-B3 w okresie kalibracyjnym 24.10.2008-01.07.2009



Rys. 4 Wyniki Obserwowane i obliczone przepływy w przekroju pomiarowym POHD9-B4 w okresie kalibracyjnym 24.10.2008-01.07.2009



Statystyczne miary poprawności modelu CR1, CR2, CR3, CR4 i CR5 pozwalają na niezależną ocenę jakości modelu.

Miara CR1 to średnia różnica pomiędzy przewidywanym a obserwowanym odpływem, odzwierciedlająca możliwość odtworzenia składników bilansu wodnego. Najlepszą możliwą wartością CR1 jest wartość 0, która mówi o perfekcyjnym odzwierciedleniu odpływu obserwowanego przez model.

$$CR1 = \frac{\sum_{i=1}^N (Qs_i - Qo_i)}{\sum_{i=1}^N Qo_i} - 1, \text{ gdzie:}$$

$Qs_i$  – wartości odpływu symulowanego,  
 $Qo_i$  – wartości odpływu obserwowanego.

Miara CR2 to współczynnik determinacji modelu obliczany jako iloraz sum kwadratów odchylenia obserwowanego i obliczanego przepływu o średni przepływ. Wartość CR2 zbliżona do 1 wyraża wysoki stopień poprawności modelu.

$$CR2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Qs_i - \overline{Qo})^2}{\sum_{i=1}^N (Qo_i - \overline{Qo})^2}, \text{ gdzie:}$$

$\overline{Qo}$  - średni obserwowany przepływ.

Miara poprawności modelu CR3 to współczynnik Nash'a-Stcliffe'a opisujący poprawność symulowanego odpływu siecią rzeczną. Wartości CR3 zmieniają się od ujemnych do 1, gdzie 1 jest wartością najlepszą.

$$CR3 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Qs_i - Qo_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Qo_i - \overline{Qo})^2}$$

CR4 to logarymiczna wersja miary CR3, która podkreśla skuteczność symulacji dla niskich odpływów. Najlepszą wartością dla CR4 jest 1.

$$CR4 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [\ln(Qs_i + \varepsilon) - \ln(Qo_i + \varepsilon)]^2}{\sum_{i=1}^N [\ln(Qo_i + \varepsilon) - \overline{\ln(Qo + \varepsilon)}]^2}$$

Miara CR5 to współczynnik Nasha'-Sutcliffe'a wyrażający skuteczność odzwierciedlenia występowania w czasie wysokich odpływów. Najlepszą możliwą wartością do uzyskania jest liczba 1.

$$CR5 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Qo_i + \overline{Qo})(Qs_i - Qo_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Qo_i + \overline{Qo})(Qo_i - \overline{Qo})^2}$$

Tabela 3 zawiera optymalne i otrzymane wartości miar poprawności modelu podczas kalibracji przeprowadzonej w czterech przekrojach pomiarowych B1-B4. Generalnie na podstawie obliczonych statystyk poprawność modelu oceniona jest jako średnia lub niska. Najlepiej wypada porównanie wartości parametru CR1, który jest bliski 0 we wszystkich czterech przekrojach pomiarowych. Wartości te świadczą o tym, że modelowana ilość wody odpływającej jest niemal równa z przepływem obserwowanym. Wartości miary CR2 są najlepsze w przekroju B2, a dobre w pozostałych przekrojach. Z głównych miar jakości modelu wartości CR3 wypadają najgorzej, pokazując słabą skuteczność modelu w profilach B1 i B2 oraz średnią w profilach B3 i B4. Zdecydowanie czynnikiem najbardziej wpływającym na wartości miar jest zbyt krótki okres danych pomiarowych, którym dysponowano w procesie kalibracji. Powodowało to trudność w dobraniu parametrów modelu w sytuacji braku jakiegokolwiek informacji o stanie retencji zlewni na początku okresu kalibracyjnego. W przypadku dysponowania co najmniej rocznym okresem obserwacji model jest w stanie wyrównać różnice retencji w cyklu rocznym i zmniejszyć ich wpływ na wyniki symulacji.

Tab. 3 Miary poprawności modelu

	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
Wartość optymalna	0	1	1	1	1
Wartość otrzymana w profilu B1	-0,048	0,636	0,372	0,342	0,304
Wartość otrzymana w profilu B2	0,051	1,11	0,302	0,408	0,206
Wartość otrzymana w profilu B3	-0,029	0,626	0,483	0,465	0,522
Wartość otrzymana w profilu B4	-0,005	0,498	0,508	0,553	0,522

# ZAŁĄCZNIK DESZCZÓWKA

## **MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZANIA RETENCJI WÓD OPADOWYCH NA OBSZARZE ZLEWNI**

Istnieje szereg rozwiązań pozwalających zwiększyć retencję wód opadowych na terenach zurbanizowanych przewidzianych pod zabudowę m. in. zbiorniki retencyjne wód deszczowych, sztuczne tereny podmokłe, zbiorniki infiltracyjne, systemy filtrowania wód opadowych, pasy filtracyjne (strefy buforowe), obszary bioretencji, suche studnie chłonne, rowy infiltracyjne.

Są to głównie obiekty o charakterze różnego typu zbiorników, które zlokalizowane na terenach otwartych wśród zabudowy Mogą one (po podłączeniu do systemu kanalizacji burzowej) przejmować odpływ powierzchniowy i modyfikować go poprzez opóźnienie (detencję), zatrzymanie (retencję) lub odprowadzenie do gruntu (infiltrację). Dodatkowo przyczyniają się one do poprawy jakości wód opadowych dzięki zachodzącym w nich procesom fizykochemicznym i biologicznym.

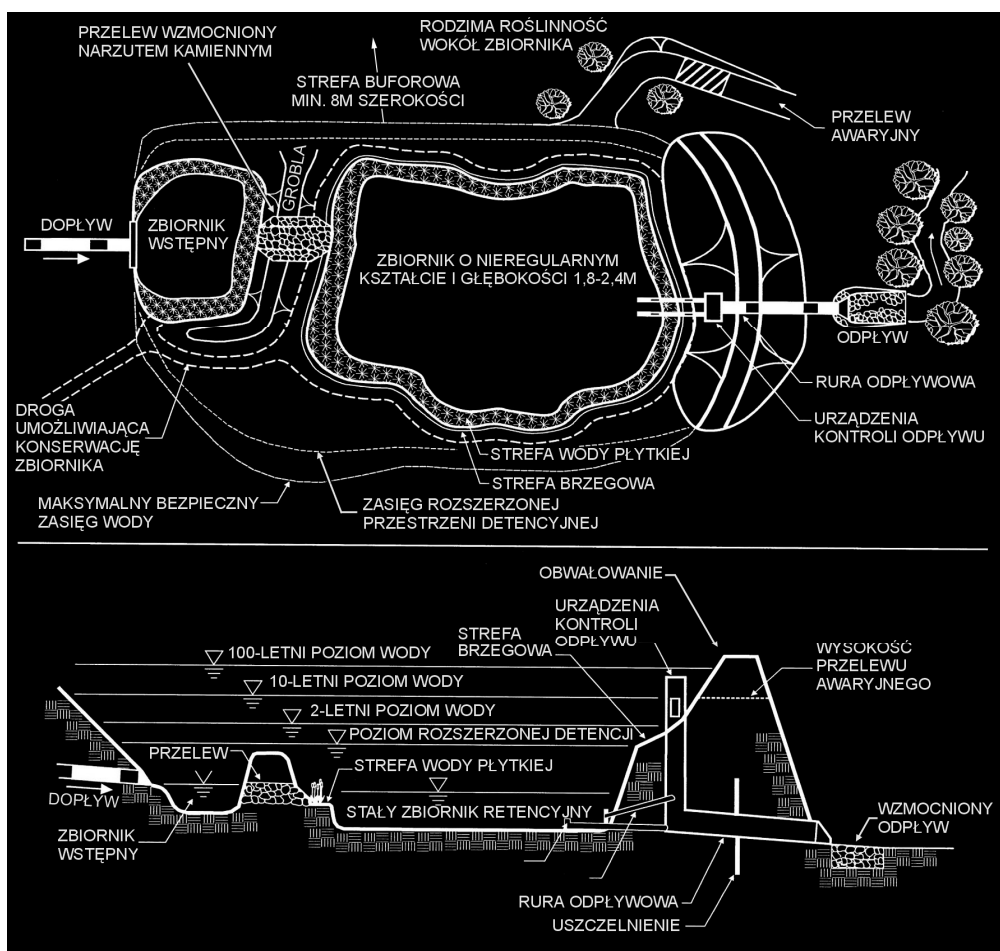
Poniżej przedstawiono schematy budowy oraz listy głównych zalet i wad zbiorników retencyjnych wód opadowych oraz zbiorników infiltracyjnych.

### **Zalety zbiorników wód opadowych**

- zdolność do usuwania zarówno stałych, jak i rozpuszczonych zanieczyszczeń;
- duża atrakcyjność pod względem widokowym;
- przy właściwym zaprojektowaniu i umiejscowieniu mogą podnieść wartość terenów sąsiednich;
- dzięki przestrzeni detencyjnej wyrównują przepływy i zmniejszają zagrożenie erozją koryt wypływających z nich cieków;
- mogą być stosowane w miejscach, gdzie z powodu nieprzepuszczalności gleb, nie sprawdzają się rozwiązania oparte na infiltracji;
- mogą być wykorzystywane do celów rekreacji.

### **Wady zbiorników wód opadowych**

- większe, niż w przypadku zbiorników detencyjnych, koszty budowy;
- nie odgrywają znaczącej roli w zmniejszaniu odpływu powierzchniowego, umożliwiają infiltrację i zasilanie wód gruntowych tylko w niewielkim stopniu (oraz oczywiście ewaporację w miesiącach letnich) Można to jednak zmienić np. stosując zbiorniki w połączeniu z rozwiązaniami opartymi na infiltracji lub czerpiąc wodę do celów gospodarczych.
- wymagają znacznych powierzchni terenu;
- średnie do wysokich wymagania pielęgnacyjne, przy niewłaściwej pielęgnacji może dojść do zakwitu glonów i pojawienia się przykrych zapachów;
- mogą przyczyniać się do podnoszenia temperatury wody w wypływających z nich ciekach.



Rysunek 1. Przykład wzorcowego zbiornika retencyjnego (wg 2000 Maryland Stormwater... 1999)

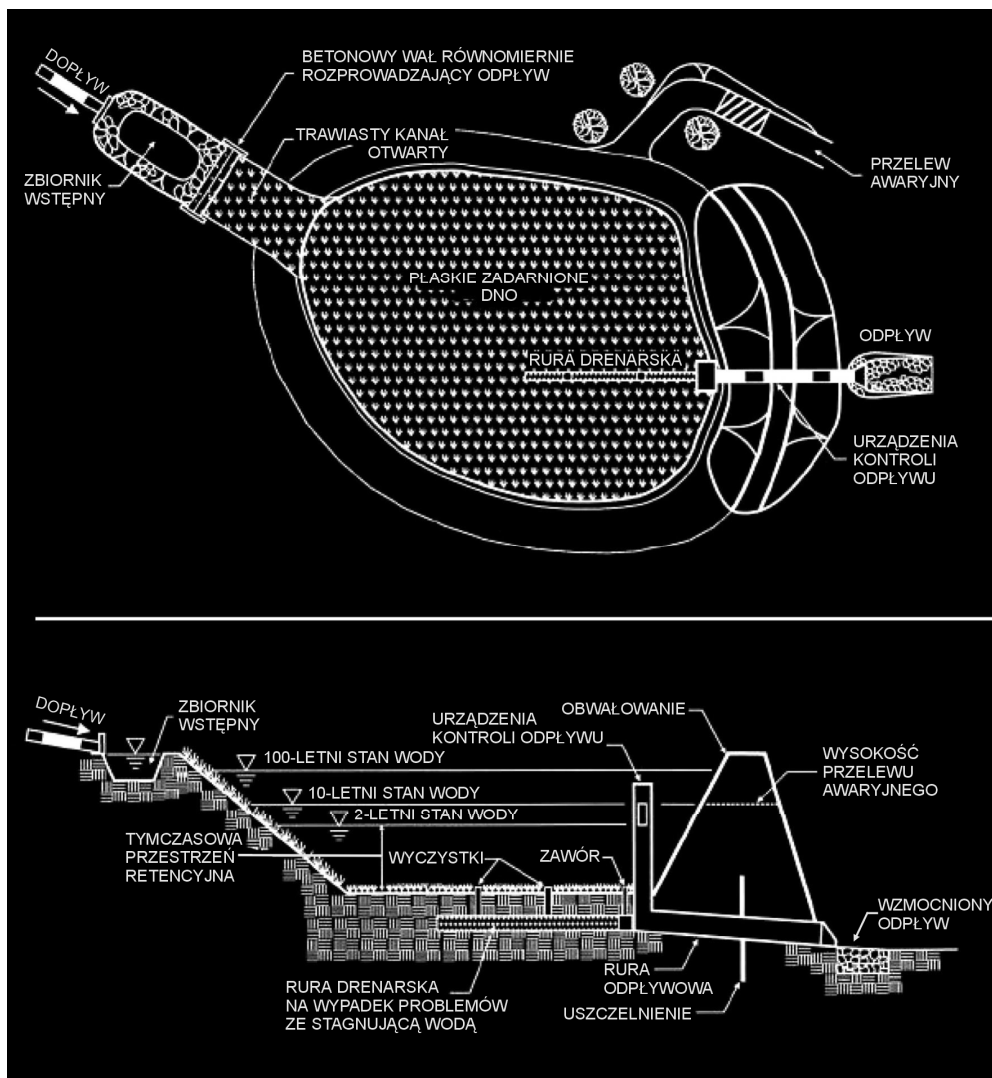
### Zalety rozwiązań opartych na infiltracji

- redukują odpływ powierzchniowy, przez co zapobiegają zalewaniu terenów niżej położonych i erozji;
- umożliwiają zasilenie (uzupełnianie) zasobów wód gruntowych;
- chronią naturalne stosunki wodne;
- wysoka wydajność w usuwaniu zanieczyszczeń wody (jednak nie mogą przyjmować wód zbyt zanieczyszczonych);
- niektóre rozwiązania (sucha studnia i rów infiltracyjny) zajmują niewiele miejsca;

### Wady rozwiązań opartych na infiltracji

- duża podatność na awarie spowodowane niewłaściwą lokalizacją i projektem lub brakiem nadzoru i konserwacji;
- wymagają częstej konserwacji;

- zastosowanie ograniczone obsługiwanie jedynie do niewielkich zlewni w warunkach dużej przepuszczalności gleby i niskiego stanu wód gruntowych;
- w niektórych warunkach glebowych i przy dużej wrażliwości warstwy wodonośnej istnieje możliwość zanieczyszczenia wód gruntowych;
- brak możliwości przyjmowania wód niosących duży ładunek osadów i innych zanieczyszczeń;
- niewypełnione wodą wyglądają nieestetycznie i mogą być źródłem przykrych zapachów;
- wyższy koszt budowy niż w przypadku zwykłych zbiorników detencyjnych.



Rysunek 2. Przykład wzorcowego zbiornika infiltracyjnego (wg 2000 Maryland Stormwater... 1999)

## **BIBLIOGRAFIA**

- Geiger W., Dreiseitl H., 1999: Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO, Bydgoszcz
- Maryland Department of the Environment, 1999: 2000 Maryland Stormwater Design Manual. Vol. I & II., Baltimore  
[http://www.mde.state.md.us/Programs/WaterPrograms/SedimentandStormwater/stormwater\\_design/index.asp](http://www.mde.state.md.us/Programs/WaterPrograms/SedimentandStormwater/stormwater_design/index.asp)
- Minnesota Stormwater Steering Committee, 2008: Minnesota Stormwater Manual, ST.Paul,  
<http://www.pca.state.mn.us/water/stormwater/stormwater-manual.html>
- Słyś D., 2008: „Retencja i infiltracja wód deszczowych” , Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów;
- Suligowski Z. (red.), 2007: „Alternatywne zagospodarowanie wód opadowych. Vademecum dla przedsiębiorców”, Warmińsko – Mazurski Zakład Doskonalenia Zawodowego w Olsztynie, Olsztyn.