



Rzeczpospolita
Polska

Sfinansowane przez
Unię Europejską
NextGenerationEU



Ekspertyza dotycząca
*„Wyznaczania priorytetowych inwestycji z zakresu retencji wodnej na terenie działania
Lokalnego Partnerstwa Wodnego Powiatu Sępoleńskiego”*

„Koncepcja systemu małej retencji – rozwiązania dla Powiatu Sępoleńskiego”

Bydgoszcz, grudzień 2025 r.

Zamawiający:

Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Minikowie

Wykonawca – Konsorcjum, w składzie:

**Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy (ITP-PIB)
z siedzibą w Falentach:**

dr inż. Ewa Kanecka-Geszke, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

dr inż. Bogdan Bąk, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

dr inż. Tymoteusz Bolewski, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

mgr inż. Mateusz Kokoszewski, *ITP-PIB, Oddział w Bydgoszczy*

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego (UKW) w Bydgoszczy:

dr hab. inż. Michał Habel, *UKW*

dr Dawid Szatten, *UKW*

dr Monika Szymańska-Walkiewicz, *UKW*

mgr inż. Marta Brzezińska, *UKW*

SPIS TREŚCI

I. Części opisowa

1. Wprowadzenie i cel opracowania.....	1
1.1. Charakterystyka celu koncepcji: poprawa bilansu wodnego, zwiększenie retencji wód opadowych i roztopowych, przeciwdziałanie skutkom suszy i powodzi.	1
1.2. Zakres terytorialny: obszar całego powiatu, z uwzględnieniem podziału na gminy i charakterystykę hydrograficzną.	2
1.3. Podstawy prawne, dokumenty strategiczne i wytyczne planistyczne (m.in. Ramowa Dyrektywa Wodna UE, prawo wodne, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego).	4
2. Charakterystyka obszaru.....	7
2.1. Położenie geograficzne, ukształtowanie terenu, podział na zlewnie i mikrozwlewnie.	7
2.2. Warunki klimatyczne i hydrologiczne (opady, temperatura, ewapotranspiracja, przepływy w ciekach).	12
2.3. Charakterystyka gleb, użytkowania gruntów i pokrycia terenu (lasy, użytki rolne, tereny zurbanizowane Występowanie wód powierzchniowych (rzeki, potoki, jeziora, stawy, bagna, mokradła) oraz ich stan ekologiczny	17
2.4. Diagnoza aktualnych problemów wodnych (susze rolnicze, podtopienia, erozja gleb, obniżenie poziomu wód gruntowych).	18
3. Analiza warunków hydrologicznych i bilansu wodnego.	19
3.1. Identyfikacja kluczowych cieków i zbiorników wodnych.	19
4. Koncepcja systemu małej retencji.....	33
4.1. Cele strategiczne: poprawa retencji, podniesienie bioróżnorodności, wzmacnianie usług ekosystemowych, ochrona przed suszą i powodzią.	33
4.2. Ocena potrzeb rozwoju melioracji w powiecie według wybranych wskaźników.	35
5. Proponowane środki i rozwiązania.	39
5.1. Budowa i renowacja małych zbiorników retencyjnych (stawy, oczka wodne).	40
5.2. Tworzenie zastawek, jazów, progów i drobnych obiektów hydrotechnicznych spowalniających spływ wody.	41
5.3. Renaturyzacja cieków (meandrowanie, przywracanie terenów zalewowych).	41
5.4. Zagospodarowanie terenów bagiennych, mokradeł i obszarów podmokłych celem zwiększenia retencji glebowej.	42
5.5. Mała retencja leśna (rowy melioracyjne zamykane zastawkami, retencja w mokradłach leśnych).	46

5.6.	Działania agroekologiczne zwiększające retencję w rolnictwie (pasy roślinności, mulczowanie, poprawa struktury gleby).	53
6.	Analiza wariantów i dobór optymalnych rozwiązań (dwa obiekty na terenie powiatu).....	61
6.1.	Przygotowanie wariantów rozwiązań w zależności od uwarunkowań terenowych i ekonomicznych.....	61
6.2.	Ocena efektywności poszczególnych rozwiązań na podstawie symulacji hydrologicznych (zmiany przepływów, retencja).....	62
6.3.	Analiza kosztów inwestycyjnych i utrzymaniowych oraz korzyści społeczno-ekonomicznych (poprawa warunków rolniczych, zmniejszenie strat powodziowych, poprawa jakości środowiska).....	63
6.4.	Wytypowanie wariantu rekomendowanego do dalszego wdrożenia.	77
6.4.1.	Koncepcja hydrologiczna budowy zbiornika retencyjnego oraz usprawnienia systemu melioracyjnego w miejscowości Sypniewo	77
6.4.2.	Zwiększenie odporności ekosystemu leśnego w północnej części Rynny Jeziora Będzowskiego na niedobór wody	92
7.	Harmonogram wdrażania i ramy organizacyjne.	107
7.1.	Etapowanie prac (krótko-, średnio- i długoterminowe działania).....	107
7.2.	Propozycje koordynacji między jednostkami samorządowymi, zarządcami wód, rolnikami, leśnikami, społecznościami lokalnymi.	110
7.3.	Wskazanie możliwych źródeł finansowania (środki własne samorządu, fundusze unijne, dotacje krajowe, partnerstwa publiczno-prywatne).....	112
8.	Wnioski i rekomendacje końcowe	123
8.1.	Podsumowanie najważniejszych rezultatów koncepcji	123
8.2.	Rekomendacje dla dalszych działań strategicznych i operacyjnych	124
8.3.	Kierunki pogłębionych analiz i możliwości rozszerzenia działań na inne obszary	124
9.	Literatura.....	126

II. Część graficzna

1. Mapy przeglądowe obszaru powiatu.
2. Mapy koncepcyjne rozwiązań.
3. Rysunki schematyczne i przekroje.
4. Legendy i opisy map.

I. Część opisowa

1. Wprowadzenie i cel opracowania.

1.1. Charakterystyka celu koncepcji: poprawa bilansu wodnego, zwiększenie retencji wód opadowych i roztopowych, przeciwdziałanie skutkom suszy i powodzi.

Potrzeba opracowania koncepcji systemu małej retencji wodnej w powiecie sępoleńskim wynika z zapisów Powiatowego Planu Wodnego oraz Planu przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS), które jednoznacznie wskazują na narastające problemy związane z deficytem wody, zmiennością warunków hydrologicznych oraz wzrostem częstotliwości zjawisk ekstremalnych, takich jak susze, intensywne opady i lokalne podtopienia. Uwarunkowania te mają istotny wpływ na funkcjonowanie rolnictwa, bezpieczeństwo wodne oraz stan ekosystemów zależnych od wody.

Powiat sępoleński charakteryzuje się zróżnicowanym krajobrazem, obejmującym niziny dolin rzecznych, wysoczyzny morenowe oraz liczne jeziora i stawy, co przekłada się na większą naturalną retencję wód w porównaniu do powiatów nizinnych. Mimo to intensywne użytkowanie rolnicze, ograniczony udział lasów w niektórych częściach powiatu oraz historyczne przekształcenia stosunków wodnych prowadzą do szybkiego odpływu wód opadowych i roztopowych z wielu zlewni lokalnych. Skutkiem jest pogarszający się bilans wodny, obniżanie się poziomu wód gruntowych oraz okresowe problemy z suszą w rolnictwie.

Głównym celem koncepcji systemu małej retencji wodnej w powiecie sępoleńskim jest poprawa bilansu wodnego w skali lokalnej, poprzez zwiększenie zdolności krajobrazu do zatrzymywania i magazynowania wód opadowych i roztopowych.

Istotnym elementem koncepcji jest przeciwdziałanie skutkom suszy, w szczególności suszy rolniczej i hydrologicznej, poprzez poprawę warunków wilgotnościowych gleb, stabilizację poziomu wód gruntowych oraz wydłużenie okresu dostępności wody w krajobrazie..

Koncepcja zakłada integrowanie działań przyrodniczych, krajobrazowych i technicznych, w tym odtworzenie terenów podmokłych, rozwój retencji śródpolnej i modernizację systemów melioracyjnych w kierunku melioracji zrównoważonej. Szczególny nacisk położony jest na działania w skali zlewni i mikrozlewni, które

pozwalają dostosować rozwiązania do lokalnych uwarunkowań hydrologicznych i użytkowania terenu.

Opracowanie i wdrożenie spójnej koncepcji systemu małej retencji wodnej w powiecie sępoleńskim powinien stanowić istotny element adaptacji do zmian klimatu oraz racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi. Realizacja założonych celów przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa wodnego, stabilizacji produkcji rolnej, ochrony środowiska przyrodniczego, zwiększenia odporności powiatu na skutki suszy i ekstremalnych opadów oraz poprawy bioróżnorodności lokalnych ekosystemów.

1.2. Zakres terytorialny: obszar całego powiatu, z uwzględnieniem podziału na gminy i charakterystykę hydrograficzną.

Powiat sępoleński mieści się w północno-zachodniej części województwa kujawsko-pomorskiego. Jego powierzchnia wynosi 790,86 km², co stanowi 4,4% powierzchni województwa. W skład powiatu sępoleńskiego wchodzi gminy: Kamień Krajeński, Sępólno Krajeńskie, Sośno i Więcbork. Powiat sąsiaduje z powiatami: bydgoskim, sępoleńskim i tucholskim.



Ryc. 1.2.1. Podział administracyjny powiatu sępoleńskiego

Obszar powiatu sępoleńskiego należy do dorzeczy Wisły i Odry. Przez jego teren przebiega dział wodny I-rzędu. Głównymi rzekami należącymi do dorzecza Wisły są Kamionka i Sępolenka (dopływy Brdy). Do dorzecza Odry należą Łobżonka i jej dopływ rzeka Orla. Kamionka i Sępolenka uchodzą do Brdy poza granicami powiatu Sępoleńskiego. Rzeka Łobżonka w części swojego biegu wyznacza zachodnią granicę powiatu. Uchodzi ona do Noteci poza granicami powiatu.

Średni przepływ Łobżonki na posterunku wodowskazowym (zlokalizowanym w jej dolnym biegu) obliczony na podstawie średnich rocznych przepływów wynosi około $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Średni przepływ Sępolenki na posterunku wodowskazowym Motyl (zlokalizowanym w dolnym odcinku rzeki, w pobliżu granicy powiatu sępoleńskiego) wynosi około $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Ryc. 1.2.2. Sieć hydrograficzna powiatu sępoleńskiego

Powiat sępoleński wyróżnia się jednymi z najwyższych w województwie wartościami średniego odpływu jednostkowego w ciągu roku. Wynosi on od około $5,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (południowo-zachodnia część powiatu) do ponad $7,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (północna część powiatu).

Obszar powiatu należy do Pojezierza Południowokrajeńskiego. Jeziorność na obszarze powiatu wynosi od 1% (wschodnia część powiatu) do blisko 5% (południowo-zachodnia część powiatu). Na terenie powiatu znajdują się 63 jeziora, z czego najwięcej na terenie gmin Więcbork i Sępólno. Większość jezior na obszarze powiatu to jeziora rynnowe i morenowe. Największymi jeziorami powiatu są Jezioro Więcborskie (197 ha pow.), jezioro Sępoleńskie (156 ha pow.), jezioro Mochel (153 ha pow.) oraz jezioro Stryjewe (tylko w części położone na terenie powiatu). Największą retencyjnością charakteryzują się jeziora położone w zlewni Górnej Orli.

Na obszarze powiatu występują torfowiska charakteryzujące się różnym stopniem przekształcenia na skutek działalności człowieka (głównie odwodnienia i ubytku masy torfowej). Część z nich po osuszeniu pełni funkcję trwałych użytków zielonych. Większość z nich to torfowiska niskie zlokalizowane w dolinach rzek (np. Kamionki, Sępólnej) lub w sąsiedztwie jezior. Część najbardziej wartościowych przyrodniczo torfowisk podlega ochronie w ramach Krajeńskiego Parku Krajobrazowego Są to między innymi torfowiska wysokie (m.in. Torfowisko Messy) i torfowiska przejściowe.

1.3. Podstawy prawne, dokumenty strategiczne i wytyczne planistyczne (m.in. Ramowa Dyrektywa Wodna UE, prawo wodne, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego).

Krajowe dokumenty o znaczeniu strategicznym:

- **Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. (Ramowa Dyrektywa Wodna).** Ustanawia ramy wspólnotowej polityki wodnej, promując zintegrowane zarządzanie wodami w dorzeczach. Kładzie nacisk na ochronę zasobów wodnych i poprawę ich jakości. Retencja traktowana jest jako jedno z narzędzi realizacji celów dyrektywy.
- **Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1566 z późn. zm.)** Podstawowy akt prawny regulujący gospodarowanie wodami w Polsce. Określa zasady retencji, ochrony zasobów wodnych i funkcjonowania spółek wodnych. Stanowi ramę prawną dla wszystkich działań retencyjnych na poziomie lokalnym i krajowym.

- **Polityka Wodna Państwa do 2030 r.** Dokument strategiczny wyznaczający cele gospodarowania wodą w Polsce, uwzględniający zmiany klimatyczne i rosnące potrzeby wodne. Retencja wód opadowych jest wskazana jako kluczowy element adaptacji. Wszystkie jednostki samorządu muszą się do niej odnosić przy planowaniu inwestycji wodnych.
- **Krajowy Program Gospodarki Wodnej (KPGW) 2016-2022 (II cykl), aktualizacja od 2023 r.** Określa działania i inwestycje w gospodarce wodnej, w tym rozwój retencji i modernizację infrastruktury. Uwzględnia potrzeby regionalne i lokalne, wskazując obszary deficytowe. Stanowi podstawę dla planowania projektów retencyjnych w powiatach.
- **Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły (PGW Wisła).** Dokument planistyczny opracowany przez Wody Polskie w ramach wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej. Określa cele środowiskowe i działania dla poprawy stanu wód w dorzeczu Wisły, w tym rozwój retencji. Obowiązuje na obszarze większości powiatów województwa kujawsko-pomorskiego.
- **Plan przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS).** Dokument strategiczny opracowany przez Wody Polskie, zawierający ocenę zagrożenia suszą i propozycje działań zapobiegawczych. Wskazuje na konieczność zwiększenia retencji wód opadowych i poprawy zarządzania zasobami wodnymi. Stanowi podstawę do planowania inwestycji przeciwsuszowych.
- **Program Przeciwdziałania Niedoborowi Wody (PPNW) 2023-2027 z perspektywą do 2030 r.** Skierowany głównie do obszarów rolniczych i wiejskich, gdzie niedobór wody jest szczególnie dotkliwy. Promuje budowę zbiorników retencyjnych, rozwój partnerstw wodnych i edukację rolników. Stanowi narzędzie wsparcia dla lokalnych działań retencyjnych.
- **Krajowy Program Renaturyzacji Wód Powierzchniowych (KPRWP)** Program opracowany przez Ministerstwo Infrastruktury i Wody Polskie, mający na celu przywracanie naturalnych funkcji cieków wodnych. Uwzględnia działania retencyjne oparte na rozwiązaniach przyrodniczych (NBS). Wspiera poprawę bilansu wodnego i ochronę bioróżnorodności.

Wojewódzkie dokumenty o znaczeniu strategicznym:

- **Strategia Rozwoju Województwa Kujawsko-Pomorskiego 2020-2030** – obowiązuje od 2020 r. Dokument wyznacza kierunki rozwoju regionu, uwzględniając adaptację do zmian klimatu. Retencja wodna jest wskazana jako jeden z priorytetów w kontekście ochrony zasobów i bezpieczeństwa rolniczego. Strategia wspiera lokalne inicjatywy retencyjne.
- **Program Ochrony Środowiska Województwa Kujawsko-Pomorskiego 2022-2030** – obowiązuje od 2022 r. Zawiera cele i działania związane z ochroną zasobów wodnych, przeciwdziałaniem suszy i poprawą bilansu wodnego. Wskazuje na konieczność zwiększenia retencji wód opadowych. Dokument wspiera realizację projektów retencyjnych na poziomie lokalnym.
- **Regionalny Program Operacyjny Województwa Kujawsko-Pomorskiego 2021-2027** – obowiązuje od 2021 r. Stanowi źródło finansowania projektów z zakresu gospodarki wodnej, w tym retencji. Umożliwia realizację inwestycji w zbiorniki wodne, systemy melioracyjne i zieloną infrastrukturę. Dokument wspiera wdrażanie rozwiązań poprawiających zatrzymywanie wody.
- **Diagnoza społeczno-gospodarcza rolnictwa i obszarów wiejskich KPODR – 2017-2019**. Analiza SWOT identyfikuje problemy związane z dostępem do wody i potrzebą retencji na obszarach wiejskich. Dokument wskazuje gminy szczególnie narażone na suszę. Stanowi podstawę do planowania działań retencyjnych w powiatach.

Regionalne/lokalne dokumenty o znaczeniu strategicznym:

- **Powiatowy Plan Wodny Powiatu Sępoleńskiego – 2021–2030, KPODR w Minikowie**. Dokument koncentruje się na poprawie retencji w gminach Sośno i Więcbork, gdzie występują problemy z odpływem wód opadowych i duży udział terenów rolniczych. Wskazuje na potrzebę rozwoju zbiorników wodnych oraz modernizacji lokalnych systemów melioracyjnych.
- **Powiatowe Plany Wodne – rola i znaczenie – 2021, KPODR Minikowo**. Publikacja podkreśla znaczenie lokalnych planów wodnych w przeciwdziałaniu skutkom suszy. Wskazuje na konieczność zintegrowanego podejścia do retencji i gospodarowania wodą w powiatach o dużym udziale rolnictwa.
- **Lokalne Partnerstwa Wodne – stan obecny i perspektywy – 2023, KPODR Minikowo**. Opracowanie opisuje działania LPW w powiecie sępoleńskim, ze szczególnym

uwzględnieniem współpracy między gminami wiejskimi. Wskazuje na ich rolę w inicjowaniu projektów retencyjnych i wspieraniu edukacji lokalnych interesariuszy.

2. Charakterystyka obszaru.

2.1. Położenie geograficzne, ukształtowanie terenu, podział na zlewnie i mikrozwlewnie.

Według podziału Polski na regiony klimatyczne obszar Powiatu Inowrocławskiego leży na styku w strefie Regionu Środkowowielkopolskiego[1], przy czym północna i centralna część ma klimat zbliżony dla Powiatu Bydgoskiego. Stąd dane klimatyczne reprezentatywne dla tych obszarów pochodzą ze stacji meteorologicznej ITP-PIB w Bydgoszczy. Południowa część powiatu ma klimat zbliżony do wschodniej części Niziny Wielkopolskiej i dane klimatyczne pozyskano ze stacji meteorologicznej IMGW-PIB w Poznaniu. Generalnie w całym powiecie dominują masy powietrza polarno-morskiego napływające głównie z kierunków zachodnich i południowo-zachodnich. Ten typ cyrkulacji powietrza powoduje częste zmiany pogody na tym obszarze. Dłuższe okresy stabilnej pogody, często cieplej, zapewniają masy powietrza kontynentalnego napływające z kierunków wschodnich. W zimie taki typ pogody pojawia się przy napływie zimnego powietrza znad Skandynawii lub północnej Rosji lub powietrza arktycznego. Analizę danych opadowych i termicznych opracowano dla wielolecia 1991-2020. Podstawowe statystyki dotyczące rozkładu opadów i temperatury zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Statystyki rozkładu opadów i temperatury w okresach rocznych (I-XII) i wegetacyjnych (IV-IX) w latach 1991-2020. Źródło IMGW-PIB, ITP-PIB Oddział Bydgoszcz

Statystyki	P (mm) I-XII		P (mm) IV-IX		T (°C) I-XII		T (°C) IV-IX	
	Pozn ań	Bydgosz cz	Pozn ań	Bydgosz cz	Pozn ań	Bydgosz cz	Pozn ań	Bydgosz cz
Średnia	539	524	321	394	9,4	9,4	15,7	14,8
Minimum	355	357	135	246	7,0	7,3	13,8	13,5

Maksimum	715	692	462	586	11,1	10,7	18,2	17,2
----------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

W Poznaniu najbardziej wilgotnymi miesiącami okazały się lipiec – średnia suma opadów wynosiła 84 mm oraz sierpień – 54 mm, a najbardziej suchymi luty – 31 mm i listopad - 34 mm. Opady w sezonie IV-IX stanowiły 60% opadów rocznych. Analogicznie w Bydgoszczy maksimum opadów notowano w lipcu – średnio 80 mm i w sierpniu – 45 mm, a minimum w lutym – 27 mm i kwietniu – 28 mm. Opady w sezonie IV-X stanowiły 75% opadów rocznych.

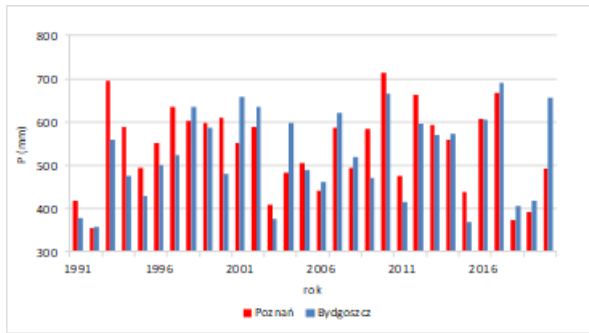
Średnia różnica sum opadów rocznych między Poznaniem i Bydgoszczą wynosiła 15 mm i w wieloleciu zmieniała się od -165 mm do 137 mm. W 17 latach na stacji meteorologicznej w Poznaniu notowano większe sumy rocznych opadów niż w Bydgoszczy. W okresach wegetacyjnych (IV-IX) średnia różnica sum opadów między Poznaniem i Bydgoszczą była znacznie większa i wynosiła -72 mm, przy czym w wieloleciu zmieniała się od -360 mm do 139 mm. Obraz dominacji opadów zmienił się i w tym przypadku tylko w 8 latach w Poznaniu notowano większe sumy opadów niż w Bydgoszczy. Przebieg zmienności opadów rocznych i w okresie wegetacyjnym przedstawiono na rys. 1.

Najzimniejsze miesiące w Poznaniu to styczeń (-0,4°C) i luty (0,5°C), a najcieplejsze to lipiec (19,5°C) oraz sierpień (19,1°C). Analogicznie w Bydgoszczy zanotowano następujące statystyki: najzimniejsze miesiące to styczeń (-0,2°C) i luty (0,1°C), a najcieplejsze lipiec (19.8°C) i sierpień (19.3°C).

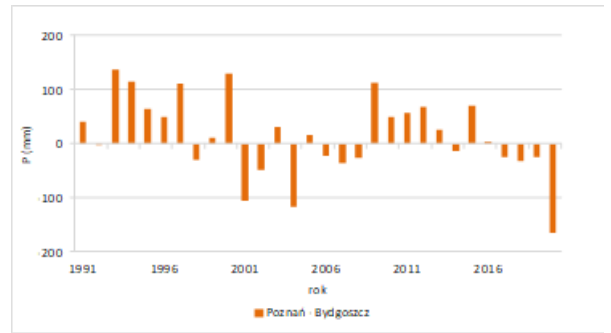
W przebiegu rocznym w Poznaniu zawsze notowano niższą temperaturę niż w Bydgoszczy. Średnia różnica w okresie rocznym wynosiła -0,8°C i zmieniała się w zakresie od -0,3°C do -1,2°C. W okresach wegetacyjnych w Poznaniu temperatura była wyższa w Poznaniu niż w Bydgoszczy średnio o 0,6°C. W poszczególnych latach zmieniała się od 0,0°C do 1,5°C. Przebieg temperatury w Chojnicach i Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020 przedstawiono na rys. 2.

a)

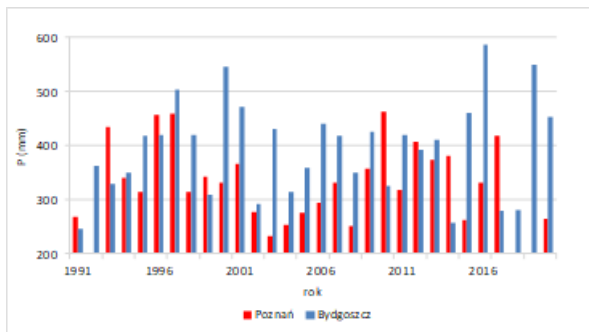
b)



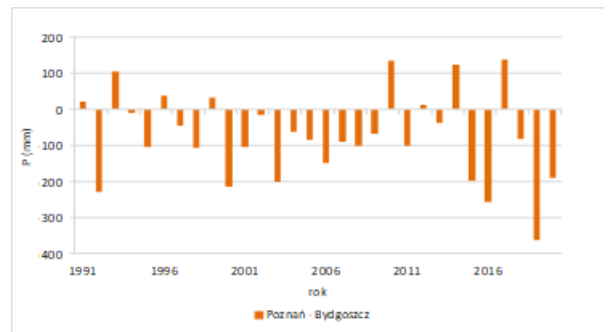
c)



d)

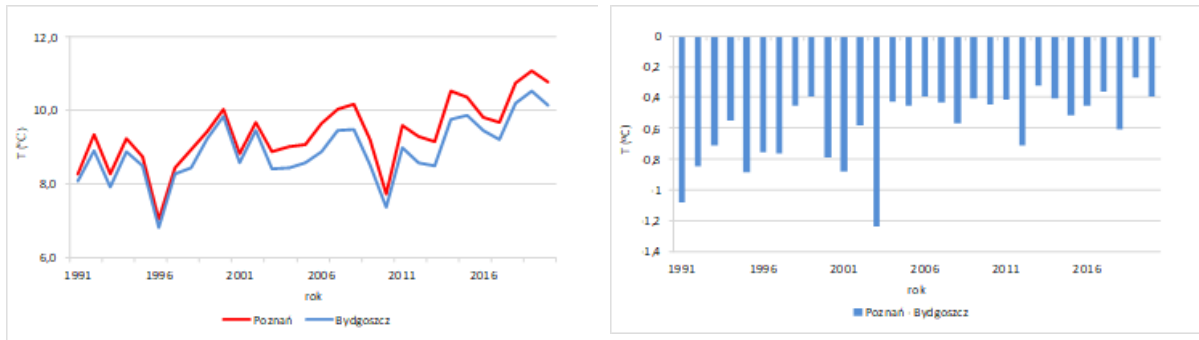


a)



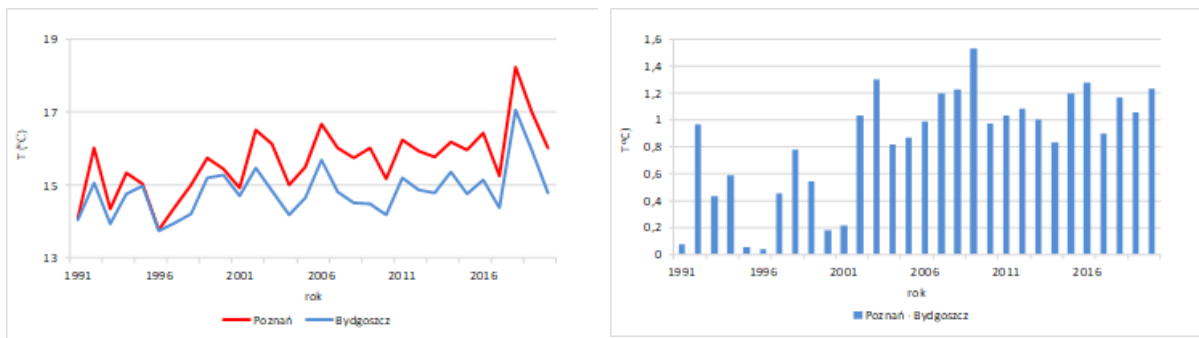
b)

Rys. 1. Przebieg opadów w Poznaniu i Bydgoszczy: a) – roczne sumy opadów atmosferycznych, b) – różnice rocznych sum w wieloleciu 1991-2020, c) sumy opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym, d) – różnice sum opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym. Źródło: ITP Oddział Bydgoszcz na podstawie danych IMGW-PIB.



c)

d)



Rys. 2. Przebieg temperatury w Poznaniu i Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020: a) – w przebiegu rocznym, b) – różnice średniej rocznej temperatury, c) w okresie wegetacyjnym, d) – różnice średniej temperatury w okresie wegetacyjnym. Źródło: ITP Oddział Bydgoszcz na podstawie danych IMGW-PIB.

Analizę klimatu w Powiecie Inowrocławskim uzupełniają dane dotyczące ewapotranspiracji ETo i niedoborów opadów w stosunku do ewapotranspiracji wyrażonym wskaźnikiem klimatycznego bilansu wodnego (KBW) (tabela 2).

Tabela 2. Statystyki ETo i KBW w latach 1991-2020. Źródło. ITP-Bydgoszcz na podstawie danych IMGW-PIB

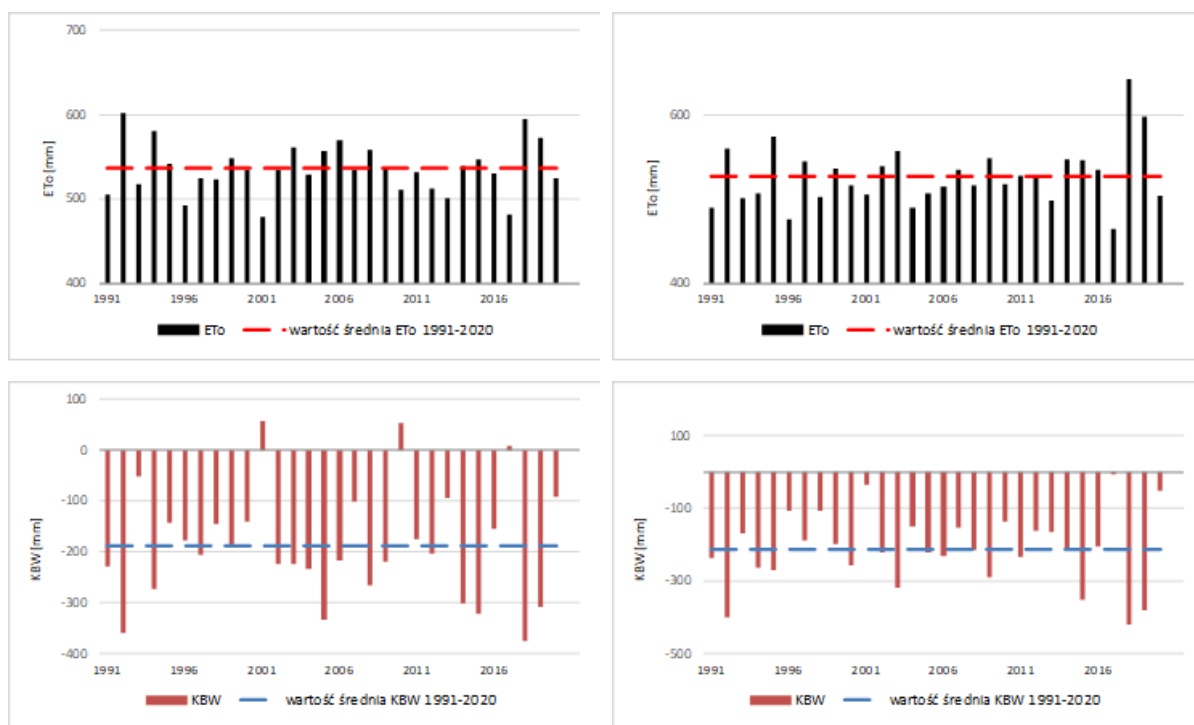
Statystyki	Poznań		Bydgoszcz	
	ETo (mm)	KBW (mm)	ETo (mm)	KBW(mm)
Średnia	536	-187	527	-228
Minimum	479	-375	464	-402
Maksimum	602	57	642	97

W Poznaniu ewapotranspiracja ETo wyznaczona metodą Penmana-Monteitha w okresie wegetacyjnym w miała średnią wartość 547 mm i zmieniała się od 488 mm do

608 mm. Średnia wartości wskaźnika KBW wynosiła -228 mm. Największy deficyt opadów wyniósł -393 mm, natomiast zanotowano też przypadki nadmiaru opadów nad ewapotranspiracją, przy czym największa wartość wynosiła 97 mm. Porównywalne wartości ewapotranspiracji ETo uzyskano w Bydgoszczy, gdzie średnia wartość wynosiła 527 mm, minimalna 464 mm, a maksymalna 642 mm. Średnia wartość wskaźnika KBW wynosiła -212 mm, maksymalny deficyt wyniósł -419 mm, minimalny tylko -5 mm. Zmienność wartości ETo i KBW w sezonach wegetacyjnych w wieloleciu 1991-2020 pokazano na rys. 3.

Poznań

Bydgoszcz



Rys. 3. Przebieg ETo i KBW (mm) w Poznaniu i Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020.

Źródło: ITP-Bydgoszcz na podstawie danych IMGW-PIB

Na obszarze Powiatu Inowrocławskiego, w którym dominuje krajobraz rolniczy, już od lat od lat 80. ubiegłego wyraźnie zaznaczyło się zagrożenie pojawiania się okresów suszy meteorologicznej lub z opadami znacznie poniżej średniej wieloletniej. Najczęściej zjawisko występuje wczesną wiosną (III –IV) pod koniec lata (IX – początek X). Susze

wiosenne z powodu przesychnienia wierzchnich warstw gleby hamują wzrost zbóż ozimych i mogą opóźnić termin siewu zbóż jarych, natomiast susze na przełomie lata i jesieni opóźniają zbiory, zwłaszcza roślin okopowych i kukurydzy. Porównując dane z wielolecia 1971-2000 i 1991-2020 zauważalny jest trend ciągłego wyraźnego wzrostu temperatury i jednocześnie niewielkiego wzrostu opadów, co prowadzi do zagrożeń suszą rolniczą. Gdyby powyższe trendy utrzymały się w najbliższych latach, to w Powiecie Inowrocławskim nastąpiłoby dalsze pogorszenie się warunków uprawy z powodu zwiększonego i szybszego wyczerpywania się źródeł wody niezbędnej do gospodarki rolniczej. Chodzi tu o zasoby wody glebowej, jak i pochodzącej ze źródeł zewnętrznych (np. śródpolne oczka wodne, rowy melioracyjne, stawy). Ponieważ dla większości obszaru powiatu podstawowym źródłem wody dla upraw rolniczych, warzywniczych, sadów i trwałych użytków zielonych są opady, to zagrożenie pojawi się w pierwszej kolejności na tych terenach.

2.2. Warunki klimatyczne i hydrologiczne (opady, temperatura, ewapotranspiracja, przepływy w ciekach).

Powiat Sępoleński leży na pograniczu dwóch regionów klimatycznych: na północy i w centrum regionu Wschodniopomorskiego, na południu regionu Środkowowielkopolskiego[1], który rozciąga się w kierunku wschodnim do rejonu Dolnej Wisły. Na obszarze całego powiatu o warunkach atmosferycznych najczęściej częściej decydują masy powietrza polarno-morskiego napływające z kierunków zachodnich, przy czym na południu nieznacznie większy jest udział cieplejszych i mniej wilgotnych mas powietrza z kierunków południowych, które powodujących nieco wyższą temperaturę powietrza i sprzyjają mniejszym opadom. Dłuższe okresy stabilnej pogody pojawiają się znacznie rzadziej i są wynikiem napływu mas powietrza kontynentalnego z kierunków wschodnich lub powietrza arktycznego napływające ze Skandynawii lub północnej Rosji[2]. Dla północnej i środkowej części powiatu najbardziej reprezentatywne są dane klimatyczne ze stacji meteorologicznej IMGW-PIB w Chojnicach, dla pozostałego obszaru dane pochodzące ze stacji meteorologicznej ITP-PIB w Bydgoszczy. Analizę danych opadowych i termicznych opracowano dla referencyjnego i zalecanego przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) wielolecia 1991-2020. Według danych opadowych średnia roczna suma opadów w Chojnicach wynosiła 612 mm. Maksymalna suma roczna opadów miała wartość 835 mm, minimalna 433 mm. W okresie wegetacyjnym (IV-IX) powyższe statystyki wynoszą: 362

mm, 571 mm (2018), 178 mm (2015). Najbardziej wilgotnymi miesiącami były lipiec – średnia suma opadów wynosiła 81 mm oraz sierpień, a najbardziej suchymi kwiecień - 30 mm i luty – 31 mm. Opady w sezonie IV-IX stanowiły 59% opadów rocznych. W Bydgoszczy średnia roczna suma opadów wynosiła 524 mm i zmieniała się w zakresie od 692 mm do 357 mm. W okresie wegetacyjnym średnia suma opadów wynosiła 394 mm, przy czym opady charakteryzowały się dużą zmiennością: od 246 mm do 586 mm. Opady w sezonie IV-IX stanowiły 75% opadów rocznych. Najbardziej wilgotnymi miesiącami były lipiec – średnia suma opadów wynosiła 80 mm i czerwiec – 56 mm, a najbardziej suchymi, podobnie jak w Chojnicach: luty - 27 mm i kwiecień - 28 mm. W większości lat na stacji meteorologicznej w Chojnicach notowano większe sumy rocznych opadów niż w Bydgoszczy, natomiast w okresach wegetacyjnych lat z mniejszymi i większymi opadami było po równo. Przebieg zmienności opadów rocznych i w okresie wegetacyjnym przedstawiono na rys. 1.

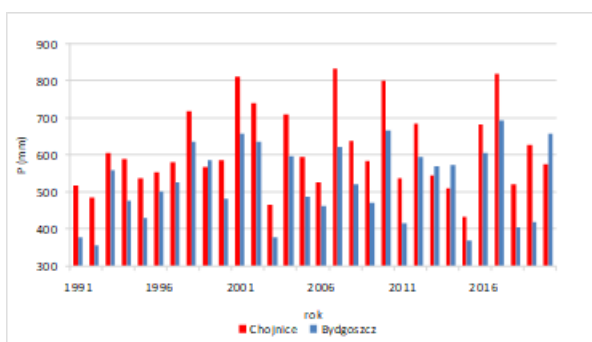
Analiza przebiegu temperatury powietrza wykazała, że średnia roczna temperatura w Chojnicach wynosiła 8,1°C, minimalna 5,9°C, maksymalna 9,5°C. W okresie wegetacyjnym zanotowano odpowiednio: średnia temperatura 14,2°C, minimalna 12,7°C, maksymalna 16,4°C. W tym samym wieloleciu w Bydgoszczy średnia roczna temperatura powietrza wynosiła 9,4°C. W najcieplejszym roku zanotowano 10,7°C, a w najchłodniejszym 7,3°C. Najzimniejsze miesiące w Chojnicach to styczeń (-1,1°C) i luty (-0,1°C), a najcieplejsze to lipiec (19,3°C) oraz sierpień (18,9°C). Analogicznie w Bydgoszczy stwierdzono następujące statystyki: najzimniejsze miesiące to styczeń (-0,2°C) i luty (0,1°C), najcieplejsze lipiec 19,8°C i sierpień 19,3°C. W przebiegu rocznym, jak i w okresach wegetacyjnych w Chojnicach zawsze notowano niższą temperaturę niż w Bydgoszczy (rys. 3). Średnia różnica w okresie rocznym wynosiła 0,8°C i zmieniała się w poszczególnych latach w zakresie od 0,5 °C do 1,1°C. W sezonie (IV-IX) średnia wieloletnia różnica wynosiła 0,6°C i zmieniała się w zakresie od 0,3°C do 0,9°C. Przebieg temperatury w Chojnicach i Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020 przedstawiono na rys. 2. Powyższe różnice temperatury powodują, że północnej części Powiatu Sępoleńskiego, bliższej rejonu Chojnic, obserwuje się dłuższą zimą, późniejsze rozpoczęcie okresu wegetacji i częste wiosenne oraz jesienne przymrozki w stosunku do południowych rejonów województwa kujawsko-pomorskiego.

W badanym wieloleciu ewapotranspiracja ETo wyznaczona metodą Penmana-Monteitha w okresie wegetacyjnym w Chojnicach miała średnią wartość 535 mm i

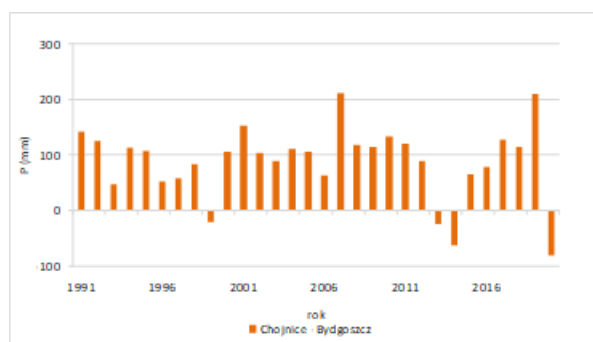
zmieniała się od 460 mm do 601 mm. W Bydgoszczy średnia wieloletnia wartość ewapotranspiracji ETo wynosiła 527 mm i tylko w kilku latach była większa od tej wartości. W wieloleciu 1991-2020 wartość ETo zmieniała się od 464 mm do 642 mm. W Chojnicach średni wieloletni niedobór opadów w stosunku do ewapotranspiracji wyrażony wskaźnikiem KBW wynosił -173 mm, w Bydgoszczy (-212 mm). W pierwszym przypadku zmieniał się od -393 mm do 83 mm (przypadek kiedy suma opadów była większa od klimatycznego bilansu wodnego), w drugim od (-419 mm) i -5 mm. Zmienność wartości ETo (mm) i KBW (mm) w sezonach wegetacyjnych w wieloleciu 1991-2020 pokazano na rys. 3.

Porównując dane IMGW z wielolecia 1971-2000 i 1991-2020 stwierdzono na całym obszarze Powiatu Sępoleńskiego wzrost temperatury, większy na północy i w centrum powiatu i mniejszy nad pozostałym obszarze. Podobny rozkład przestrzenny dotyczy wzrostu opadów. Jednocześnie pogorszyły się warunki dla rolnictwa spowodowane wyraźnym wzrostem ewapotranspiracji i pogłębił się deficyt wody, co skutkuje szybszym wyczerpywaniem się wody niezbędnej do prowadzenia gospodarki rolniczej i zwiększającym się zagrożeniem suszą rolniczą. Chociaż bardziej niekorzystne warunki pojawiły się na północy i w centrum regionu to proces powstawania suszy rolniczej w tym rejonie może być nieco spowalniany przez zasoby wilgoci zgromadzone przez liczne lasy i jeziora. Na południu regionu, w krajobrazie typowo rolniczym okresy suszy rolniczej mogą pojawiać częściej w najbliższej przyszłości.

a)

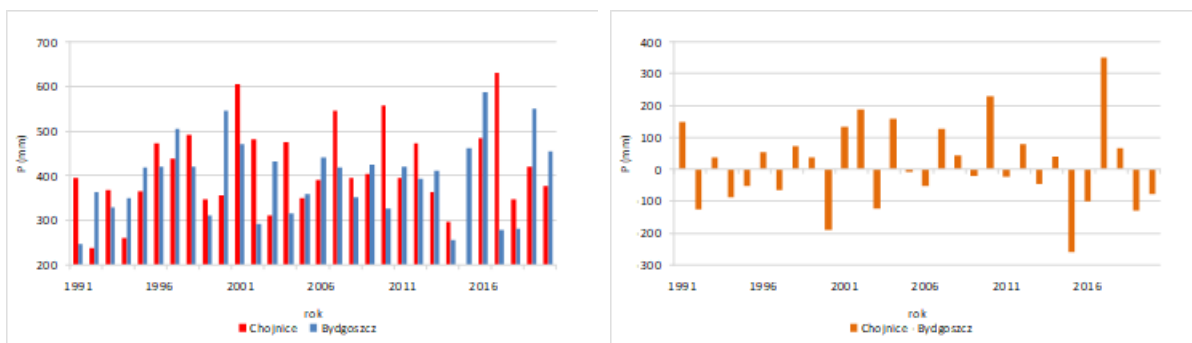


b)

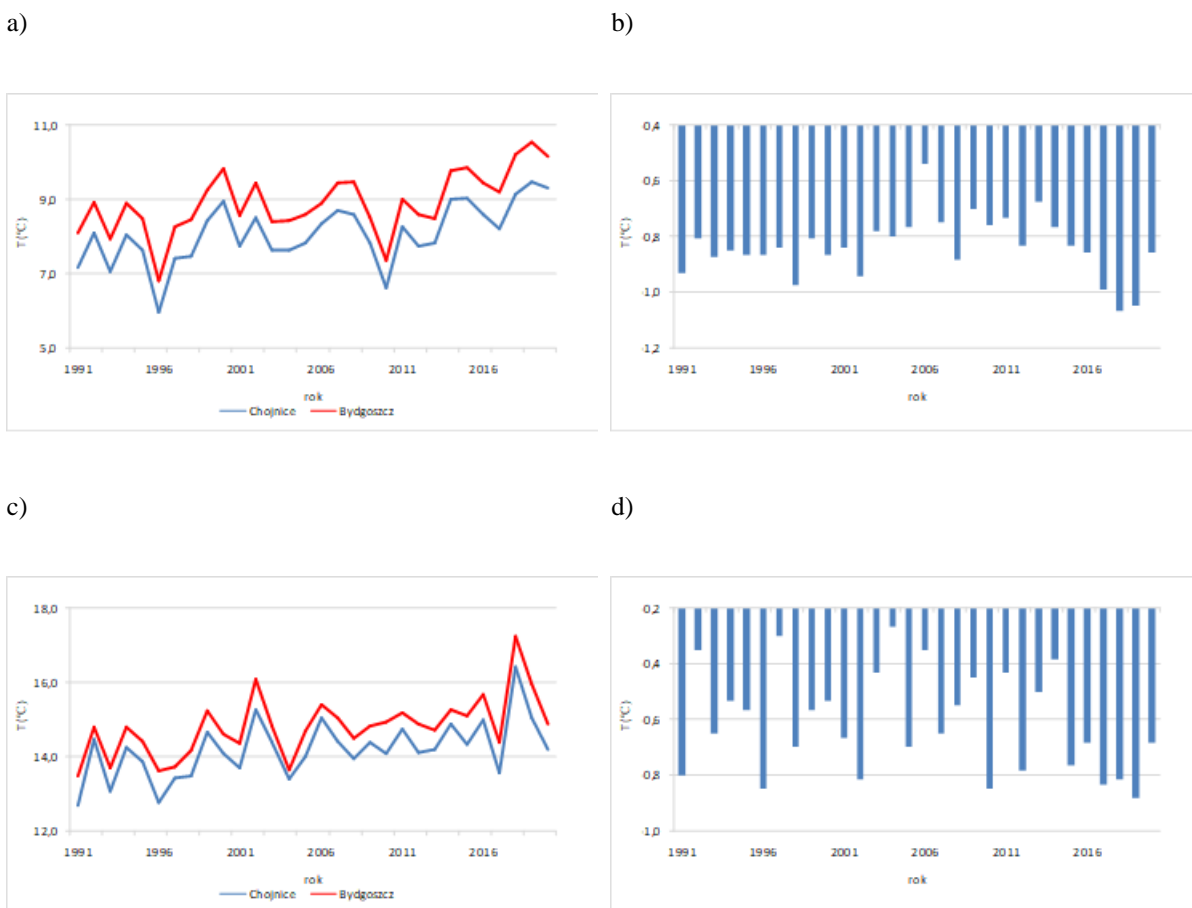


c)

d)



Rys. 1. Przebieg opadów w Chojnicach i Bydgoszczy: a) – roczne sumy opadów atmosferycznych, b) – różnice rocznych sum w wieloleciu 1991-2020, c) sumy opadów w okresie wegetacyjnym, d) – różnice sum opadów w okresie wegetacyjnym. Źródło: ITP Oddział Bydgoszcz na podstawie danych IMGW-PIB.

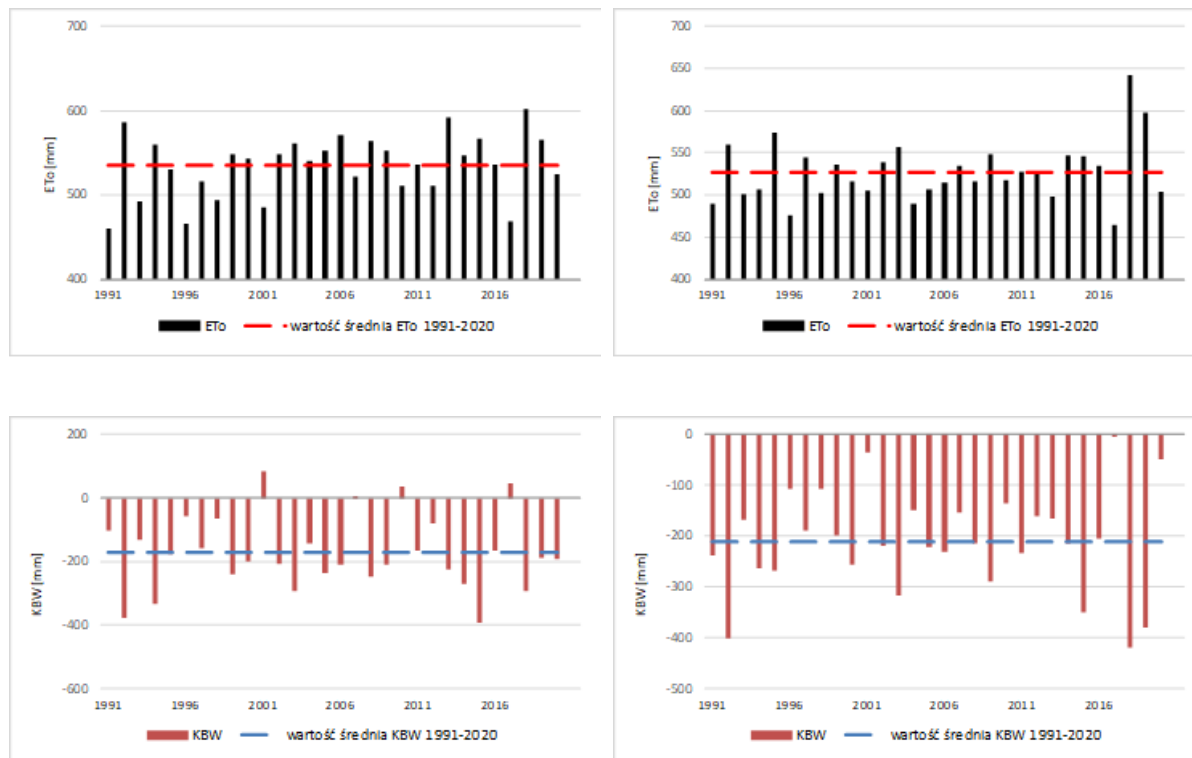


Rys. 2. Przebieg temperatury w Chojnicach i Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020: a) – w przebiegu rocznym, b) – różnice średniej rocznej temperatury, c) w okresie

wegetacyjnym, d) – różnice średniej temperatury w okresie wegetacyjnym. Źródło: ITP Oddział Bydgoszcz na podstawie danych IMGW-PIB.

Chojnice

Bydgoszcz



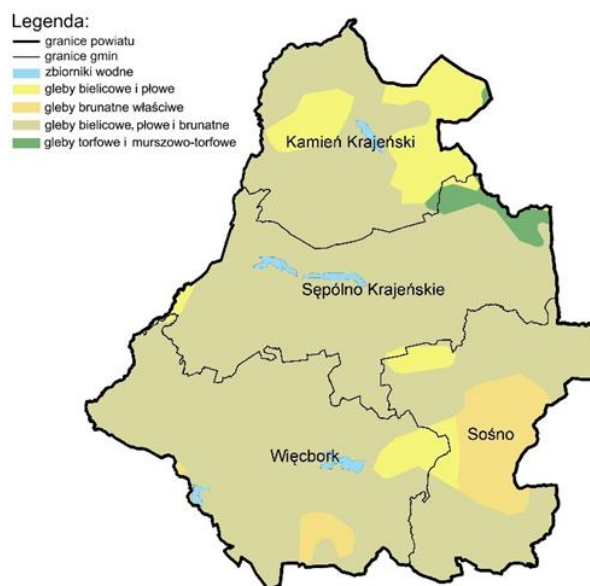
Rys. 3. Przebieg ETo i KBW (mm) w Chojnicach i Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020.

Źródło: ITP Oddział Bydgoszcz na podstawie danych IMGW-PIB

Porównując dane IMGW z wielolecia 1971-2000 i 1991-2020 stwierdzono na całym obszarze Powiatu Sępoleńskiego wzrost temperatury, większy na północy i w centrum powiatu i mniejszy nad pozostałym obszarze. Podobny rozkład przestrzenny dotyczy wzrostu opadów. Jednocześnie pogorszyły się warunki dla rolnictwa spowodowane wyraźnym wzrostem ewapotranspiracji i pogłębił się deficyt wody, co skutkuje szybszym wyczerpywaniem się wody niezbędnej do prowadzenia gospodarki rolniczej i zwiększającym się zagrożeniem suszą rolniczą. Chociaż bardziej niekorzystne warunki pojawiły się na północy i w centrum regionu to proces powstawania suszy rolniczej w tym rejonie może być nieco spowalniany przez zasoby wilgoci zgromadzone przez liczne lasy i jeziora. Na południu regionu, w krajobrazie typowo rolniczym okresy suszy rolniczej mogą pojawiać częściej w najbliższej przyszłości.

2.3. Charakterystyka gleb, użytkowania gruntów i pokrycia terenu (lasy, użytki rolne, tereny zurbanizowane Występowanie wód powierzchniowych (rzeki, potoki, jeziora, stawy, bagna, mokradła) oraz ich stan ekologiczny

Na obszarze powiatu przeważają gleby, które wytworzyły się z utworów polodowcowych. Największą część powiatu pokrywają gleby płowe, bielcowe i brunatne. W wielu miejscach spotyka się również gleby rdzawe i gleby słabo wykształcone, powstałe z utworów luźnych. W dolinach rzek i w sąsiedztwie niektórych mis jeziornych występują stosunkowo niewielkie powierzchnie gleb pobagiennych (torfowych i murszowo-torfowych). Gleby o najmniejszej wartości rolniczej występują głównie w zachodniej, najbardziej zalesionej części powiatu. Znaczna część z nich wytworzyła się na podłożu piasków luźnych, utworów o dużej wodoprzepuszczalności i małych zdolnościach retencyjnych. Gleby o większej wartości produkcyjnej, wytworzone z piasków gliniastych oraz z glin lekkich pokrywają głównie wschodnią, południową i częściowo centralną część powiatu.



Ryc. ** Pokrywa glebowa powiatu sępoleńskiego

Powiat charakteryzuje się przeciętnym udziałem użytków rolnych w jego ogólnej powierzchni. Stanowią one 65% powierzchni powiatu. Jest obszarem o nieco wyższym od średniej wskaźniku lesistości. Udział lasów w powierzchni powiatu wynosi około 25%. Około 10% zajmują pozostałe grunty (nieużytki, tereny zabudowane). Wśród gruntów użytkowanych rolniczo największy udział mają grunty orne - 86%. Trwałe

użytki zielone (łąki i pastwiska) stanowią około 13% gruntów użytkowanych rolniczo. Udział sadów w całkowitej powierzchni użytków rolnych mają sady wynosi mniej niż 1%.

Jednolite części wód rzecznych objęte monitoringiem jakości wody na terenie powiatu sępoleńskiego charakteryzują się umiarkowanym i słabym stanem ekologicznym. Słaby stan ekologiczny mają wody rzeki Orli do jez. Więcborskiego, Rokitki i Lubczy. Pozostałe jednolite części wód rzecznych mają umiarkowany stan ekologiczny (m.in. Sępólna, Łobżonka, Kamionka). Jednolite części wód jeziornych objęte monitoringiem na terenie powiatu odznaczają się umiarkowanym stanem ekologicznym.

2.4. Diagnoza aktualnych problemów wodnych (susze rolnicze, podtopienia, erozja gleb, obniżenie poziomu wód gruntowych).

Powiat sępoleński, położony w północnej części województwa kujawsko-pomorskiego, charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem krajobrazowym, obejmującym niziny dolin rzecznych, wysoczyzny morenowe oraz liczne jeziora i stawy. Pomimo relatywnie dobrej naturalnej retencji wód w krajobrazie, powiat doświadcza narastających problemów hydrologicznych, wskazanych w Powiatowym Planie Wodnym oraz Planie przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS). Problemy te mają charakter zarówno długotrwały, jak i sezonowy, i wpływają na rolnictwo, ekosystemy wodne oraz bezpieczeństwo terenów zamieszkałych.

Najistotniejszym problemem powiatu jest susza rolnicza i hydrologiczna, szczególnie w okresach wegetacyjnych. Intensywne użytkowanie gruntów rolnych, ograniczony udział lasów w części powiatu powodują, że gleby, zwłaszcza lekkie i średnie, mają ograniczoną zdolność magazynowania wody. Coraz częstsze niedobory opadów, nierównomierny ich rozkład w sezonie wegetacyjnym oraz wzrost temperatury powietrza prowadzą do zwiększonego parowania, deficytu wilgoci glebowej i spadku dostępności wody dla rolnictwa.

Powiązany problemem jest obniżanie się poziomu wód gruntowych. Szybki odpływ wód opadowych i roztopowych, wynikający m.in. z przestarzałych urządzeń melioracyjnych o funkcji odwadniającej, ogranicza zasilenie infiltracyjne i prowadzi do degradacji ekosystemów wodno-błotnych oraz terenów wilgotnych. Obniżenie poziomu

wód gruntowych wpływa także na ograniczenie retencji naturalnej w krajobrazie i zmniejszenie dostępności wody w okresach niedoborów.

Mimo dominującego deficytu wody, powiat sępoleński doświadcza również lokalnych zagrożeń podtopieniami i powodzią, spowodowanych gwałtownymi, krótkotrwałymi opadami. Zjawiska te pojawiają się głównie w dolinach rzecznych, w obniżeniach terenu i na terenach o ograniczonej przepustowości rowów i cieków. Szybki spływ powierzchniowy w takich miejscach prowadzi do okresowego zalewania użytków rolnych, infrastruktury technicznej oraz erozji gleb.

Kluczowym wyzwaniem dla powiatu jest zwiększenie lokalnej retencji wód w krajobrazie, modernizacja systemów melioracyjnych w kierunku funkcji retencyjnych oraz rozwój rozwiązań zatrzymujących wodę zarówno w zlewniach, jak i mikrozlewniach. Działania te są niezbędne do poprawy bilansu wodnego, ograniczenia skutków suszy i podtopień oraz zwiększenia odporności powiatu na zmiany klimatu i ekstremalne zjawiska hydrologiczne.

3. Analiza warunków hydrologicznych i bilansu wodnego.

3.1. Identyfikacja kluczowych cieków i zbiorników wodnych.

Powiat sępoleński cechuje stosunkowo bogata sieć hydrograficzna, na którą składają się rzeki dorzecza Wisły, w północnej i wschodniej części oraz dorzecza Odry w południowej i zachodniej części powiatu. Przez powiat przebiega wododział I rzędu, oddzielający ww. dwa dorzecza.

Głównymi ciekami w dorzeczu Wisły, są dopływy Brdy: Kamionka, Sępolna oraz Krówka.

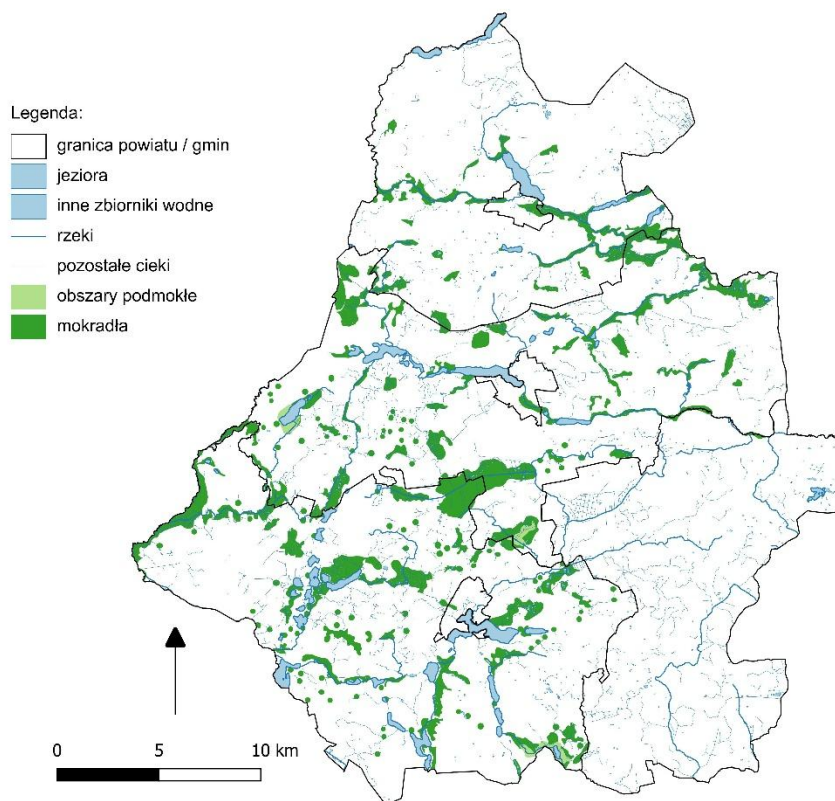
Głównymi ciekami w dorzeczu Odry, są dopływy Noteci: Orla, Rokitka, Zgniłka, Lubcza oraz Jelonka.

W obszarze powiatu sępoleńskiego znajdują się liczne jeziora, do kluczowych należą: jezioro Mochel (w zlewni rzeki Kamionki), jeziora Lutowskie i Sępoleńskie (w zlewni rzeki Sępolny) oraz jezioro Więcborskie (w zlewni rzeki Orli).

W obrębie powiatu znajduje się również znaczący odsetek obszarów podmokłych (bagna, torfowiska oraz mokradła), główna ich koncentracja występuje w okolicy miejscowości: Świdwie (zlewnia rzeki Orli), Kamień Krajeński – Cerkwica (zlewnia

rzeki Kamionki), Frydrychowo (zlewnia rzeki Lubcza) oraz Adamowo (zlewnia rzeki Jelonka).

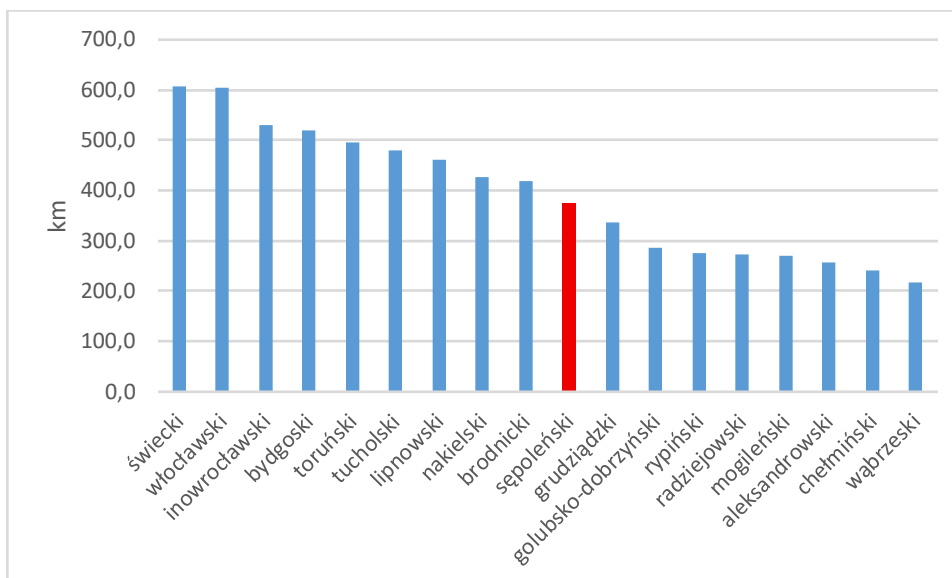
Szczegółowy rozkład przestrzenny cieków, jezior, zbiorników wodnych, bagien, torfowisk oraz mokradł przedstawia rycina 3.1.1.



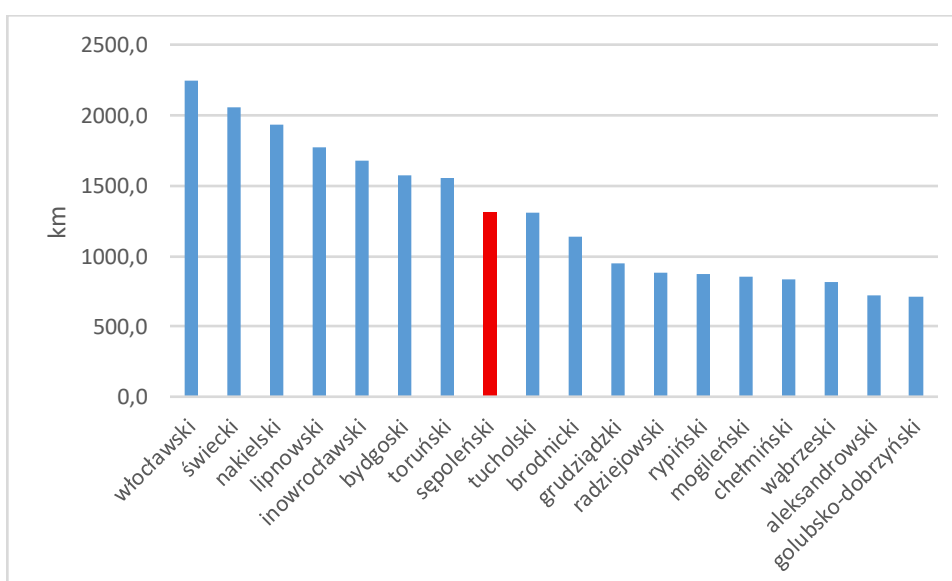
Ryc. 3.1.1. Sieć hydrograficzna powiatu sępoleńskiego.

3.2. Analiza danych hydrometrycznych i hydrologicznych

Dane hydrometryczne cieków leżących w powiecie sępoleńskim wykazują, iż łączna długość cieków – klasyfikowanych w Mapie Podziału Hydrograficznego Polski jako rzeki główne, wynosi około 372,2 km, natomiast łączna długość cieków pozostałych – klasyfikowanych w Mapie Podziału Hydrograficznego Polski jako rzeki mniejsze, kanały i rowy, wynosi około 937,6 km. Łączna długość wszystkich obiektów hydrograficznych liniowych w obrębie powiatu wynosi około 1 309,8 km.



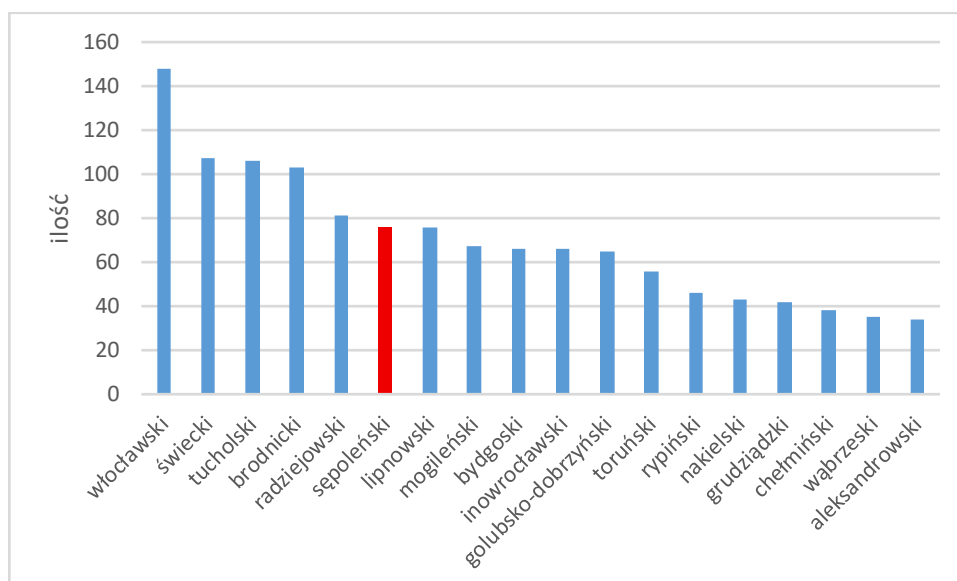
Ryc. 3.2.1. Łączna długość cieków sklasyfikowanych jako rzeki główne w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).



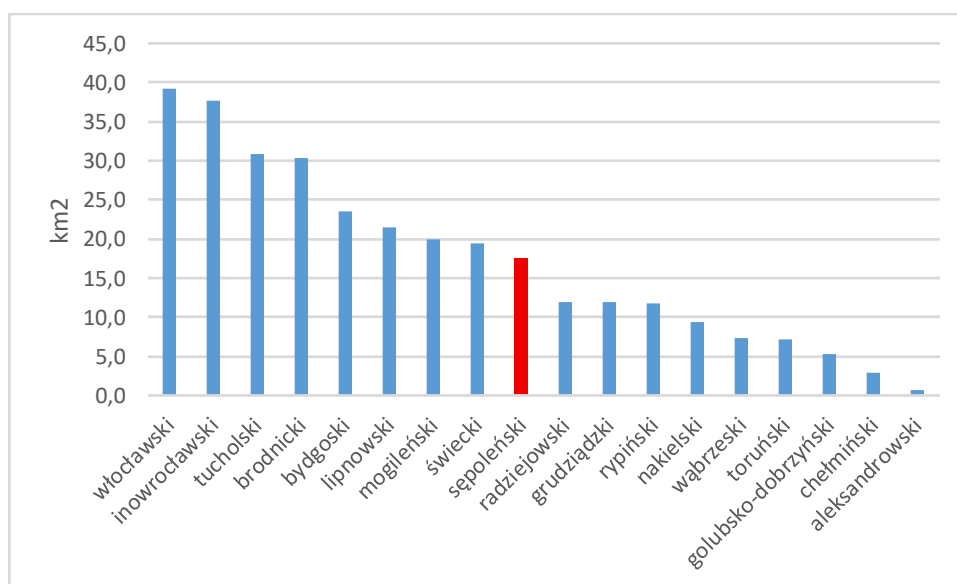
Ryc. 3.2.2. Łączna długość wszystkich obiektów hydrograficznych w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

Bazując na ww. źródle, ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako jeziora wynosi 76, ich powierzchnia oscyluje w zakresie od 637,9 m² do 1 977 273,5 m², przy sumarycznej powierzchni jezior wynoszącej około 17,6 km². Natomiast ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne wynosi 1 221,

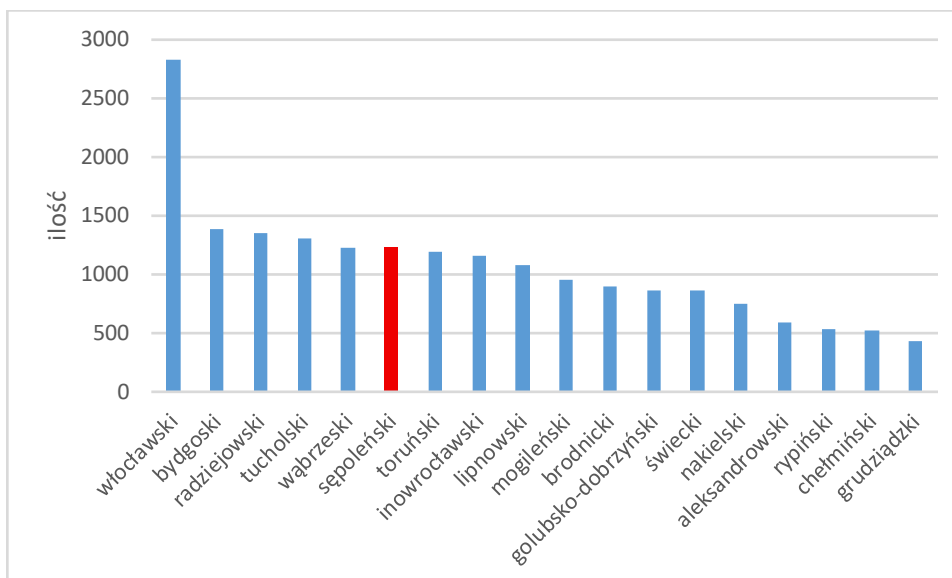
ich powierzchnia oscyluje w zakresie od 118,8 m² do 63 530,9 m², przy sumarycznej powierzchni zbiorników wodnych wynoszącej około 3,0 km².



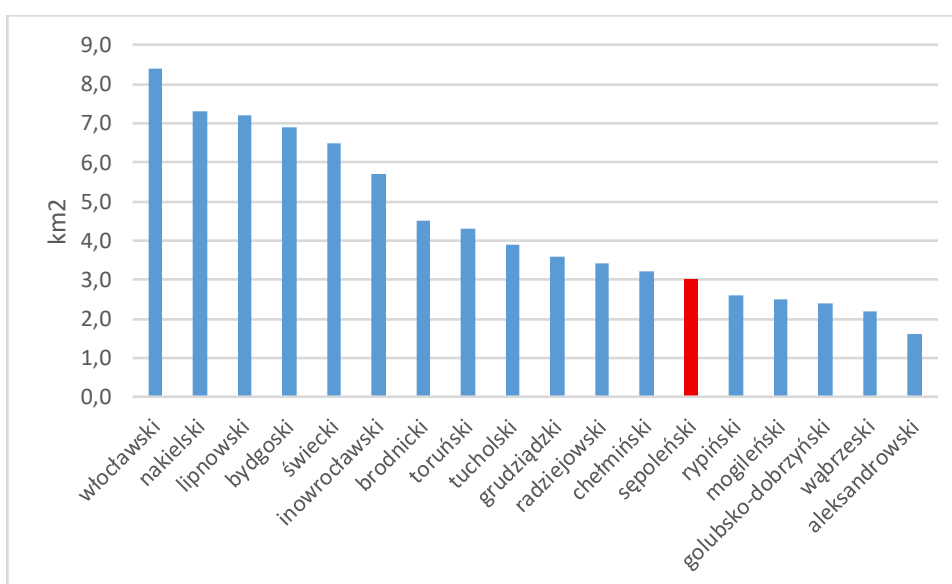
Ryc. 3.2.3. Ilość jezior w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).



Ryc. 3.2.4. Powierzchnia jezior w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

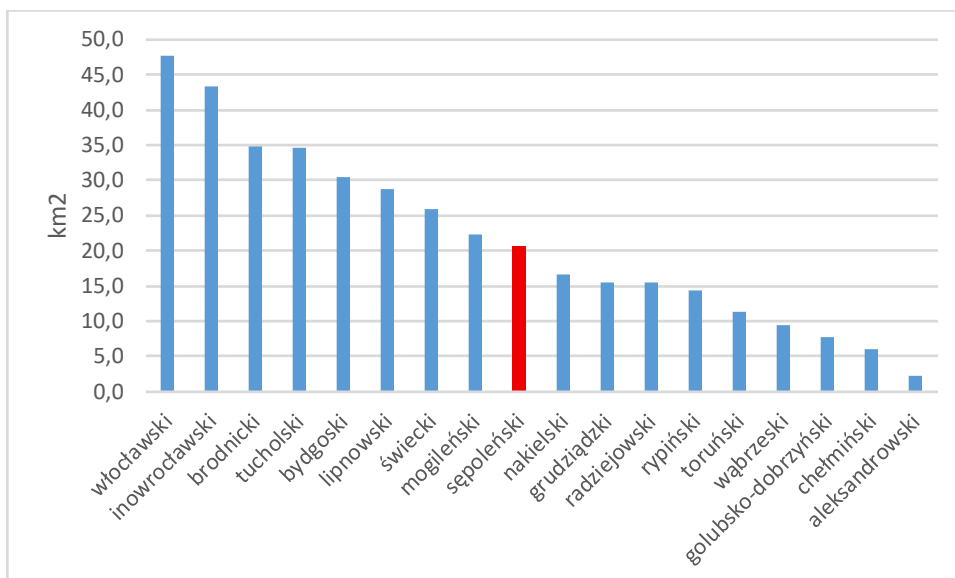


Ryc. 3.2.5. Ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

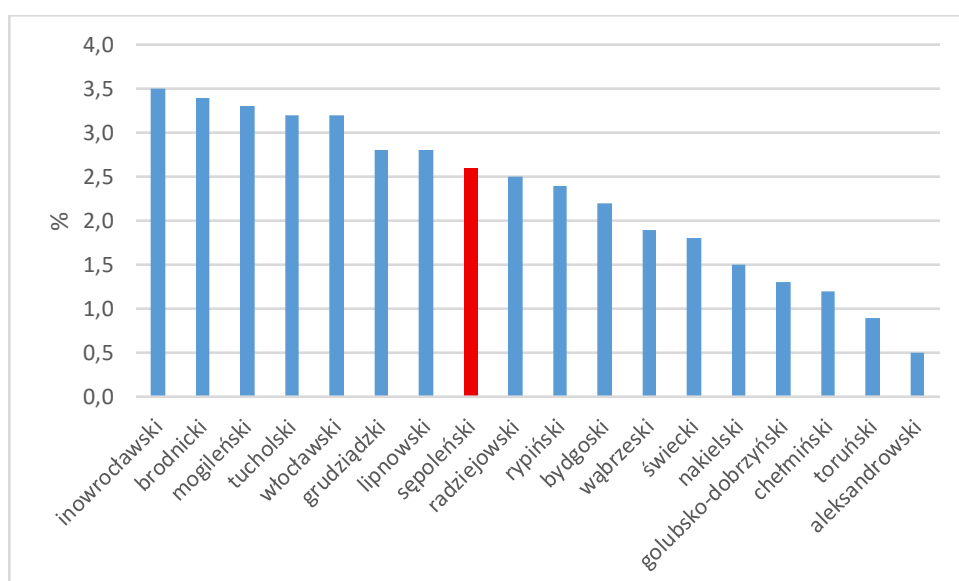


Ryc. 3.2.6. Powierzchnia zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

Sumaryczna powierzchnia wód powierzchniowych stojących w obrębie powiatu sępoleńskiego wynosi 20,6 km². Uwzględniając powierzchnię powiatu sępoleńskiego na poziomie 791 km², jeziorność wynosi około 2,6%.



Ryc. 3.2.7. Sumaryczna powierzchnia wód powierzchniowych stojących w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).



Ryc. 3.2.8. Jeziorność w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).

Wszystkie główne ciekі występujące w obrębie powiatu sępoleńskiego cechują się naturalną zmiennością koryta w profilu podłużnym, uzależnioną od spadku koryta oraz właściwości fizycznogeograficznych zlewni (m.in. budowy geologicznej, utworów powierzchniowych, pokrycia terenu, itd.) oraz wpływu działalności człowieka, na danym odcinku prowadzenia wód.

Kamionka posiada swoje źródła w okolicy Witkowa, gdzie w górnej części zlewni prowadzi wody w obszarze leśno-rolniczym. Następnie przepływa przez jezioro Mochel, gdzie dalej płynie w kierunku wschodnim zbierając wody kolejnych mniejszych dopływów, aż do granicy powiatu w okolicy Pamiętowa. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Kamionki po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 346,4 km².

Sępolna bierze swój początek w jeziorze Mielec, gdzie następnie przepływa przez jeziora Lutowskie i Sępoleńskie oraz zurbanizowany odcinek miejscowości Sępolno Krajeńskie. W środkowym biegu prowadzi wody w rynnę glacialnej, przepływając przez jezioro Niechorz oraz kilka mniejszych zbiorników. Sępolna kończy bieg w granicy powiatu w okolicy Obodowa. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Sępolny po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 144,4 km².

Krówka przepływa przez powiat sępoleński w jego południowo-wschodniej części, głównie przez obszary rolnicze. Wpływa w okolicy miejscowości Sitowiec, a wypływa z granic powiatu w okolicy miejscowości Tuskowo. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Krówka po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 38,7 km².

Orla bierze początek w środkowej części powiatu sępoleńskiego, zbiera wody z licznych mniejszych dopływów, m.in. z Świdwia, z Szynwałdu czy z Wielowiczek. W górnej części zlewni są to obszary głównie użytkowane rolniczo z niewielkim udziałem lasów i obszarów podmokłych. W środkowej części zlewni Orla przepływa przez szereg jezior: Więcborskie, Runowskie, Czarmuńskie – uchodząc z granic powiatu w okolicy jeziora Rościmińskiego Dużego. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Orla po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 180,0 km².

Rokitka posiada źródło w okolicy m. Karolewo, następnie przepływa przez szereg jezior, m.in. Będgoskie, Werednik, Proboszczowskie oraz Pęperskie, uchodząc z granic powiatu sępoleńskiego w okolicy m. Wiele. Łączna powierzchnia zlewni rzeki Rokitka po punkt graniczny w obszarze powiatu wynosi około 14,3 km².

Pozostałe dopływy, tj. Zgniłka, Lubcza, Jelonka również cechuje rzeczno-jeziorny charakter zlewni.

Jezioro Mochel, położone jest w zlewni rzeki Kamionki. Jezioro Mochel położone w dnie rynny polodowcowej, rozcinającej nieprzepuszczalne utwory moreny. Dzięki temu na stromych zboczach, otaczających monitorowany zbiornik o maksymalnych deniwelacjach sięgających 52 m, znajdują się liczne wysięki i wypływy wód podziemnych. Jezioro Mochel o powierzchni 172,2 ha i objętości toni wodnej 11886,0

tys. m³ jest jednym z większych jezior na terenie Kraju. Morfometria dna odzwierciedla rynnową genezę postania monitorowanego zbiornika. Jezioro posiada wysłużony kształt. Jego maksymalna długość wynosi ponad 3 km, przy maksymalnej szerokości około 825 m. Daje to linię brzegową o długości 8100 m. Na jeden hektar powierzchni zlewni bezpośredniej przypada 47 m linii brzegowej, co jest wielkością stosunkowo niewielką. Zbocza rynny polodowcowej, w którym położone jest jezioro Mochel są bardzo silnie pochylone. Wymusza to dalsze – mocne pochylenie strefy litoralu jeziora. Strefa ta jest bardzo wąska. W niektórych miejscach w odległości około 10m od brzegów jezioro osiąga już głębokość 10m (okolice Gór Obkaskich na północy jeziora). Z takiego ukształtowania zboczy jeziornych wynika wysoka wartość średniej głębokości monitorowanego zbiornika – 6,9 m. Jezioro posiada praktycznie płaskie dno, którego maksymalna głębokość wynosi 12,8 m i położone jest w środkowej części jeziora.

Jeziora Lutowskie i Sępoleńskie zlokalizowane są w rynnie polodowcowej, którą prowadzi obecnie wody rzeka Sępolna. Jezioro Lutowskie o długości 4,3 km posiada cztery głęboczki. Maksymalną głębokość (12,1 m) osiąga jezioro w zachodnim plosie. Centralny głęboczek charakteryzuje się podobną głębokością (11,6 m). Basen wschodni i północno- zachodnia zatoka nie przekraczają 5 metrów głębokości. Płytsze plosa są wyraźnie oddzielone od głównej części jeziora. Jezioro Sępoleńskie o długości 4,7 km posiada mniej urozmaicone dno misy jeziornej. Jego maksymalna głębokość 10,9 m występuje w centralnej części jeziora. Głębokość zachodniego basenu nie przekracza 2,5 m. Oba jeziora posiadają silnie rozwiniętą linię brzegową. Długość linii brzegowej jeziora Lutowskiego wynosi ponad 12 km. Posiada ona bardzo urozmaicony kształt z wieloma zatokami i półwyspami. Linia większego powierzchniowo jeziora Sępoleńskiego wynosi 11 km długości. Południowa jej część charakteryzuje się prostszym przebiegiem, natomiast północna linia brzegowa jeziora Sępoleńskiego obfituje w liczne zatoki. Objętość jeziora Lutowskiego przy średniej głębokości 3,8 m wynosi 5492 tys. m³. Średnia głębokość jeziora Sępoleńskiego jest większa i wynosi 4,8 m, co daje objętość 7502 tys. m³.

Jezioro Więcborskie, położone jest w zlewni rzeki Orli, posiada powierzchnię 194 ha. Pod względem genetycznym misa jeziora należy do typu rynnowego. Zajmuje ona obniżenie na skrzyżowaniu dwóch rynien glacialnych. Lokalizacja ta sprawia, że jezioro rozdzielone jest na dwie odrębne misy, połączone 4-metrowej szerokości przesmykiem. Północna misa ma przebieg zorientowany na linii NEE-SWW. Część północno-wschodnia tej misy jest płytsza, głębokości nie przekraczają tu 10 m. Jest to jednocześnie

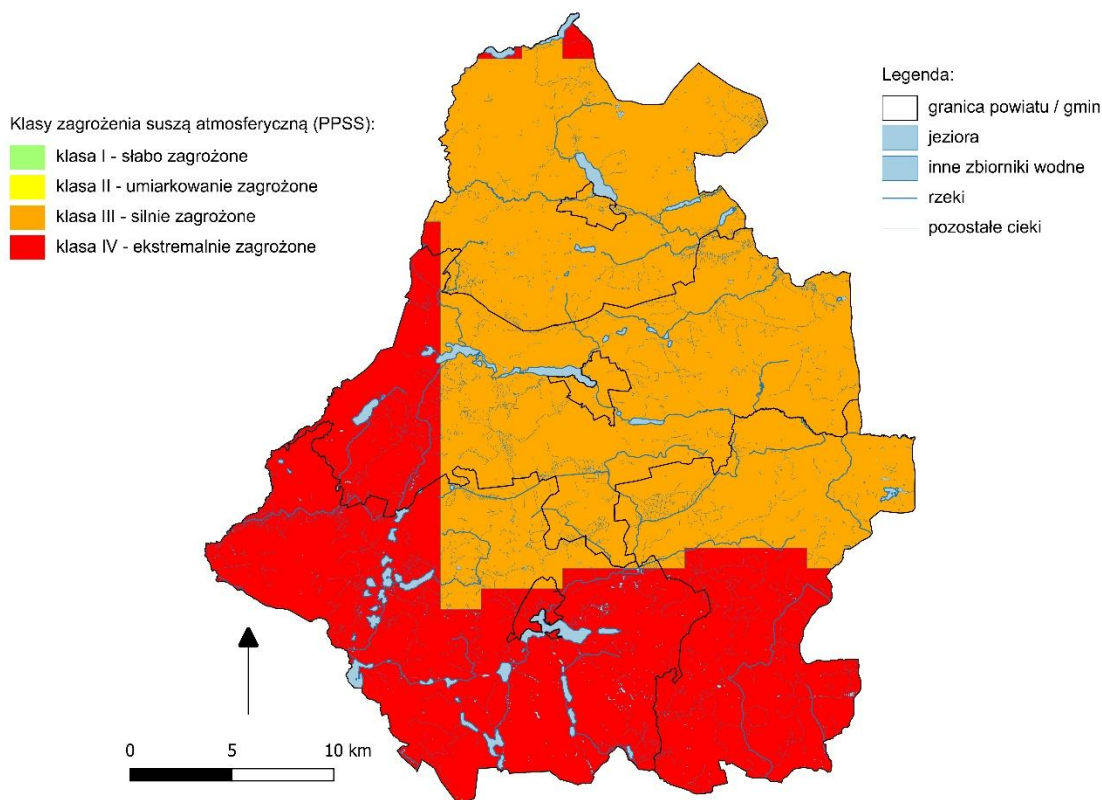
część tzw. „przymiejska”, z racji otoczenia jej przez zabudowania miasta Więcborka. Tu też zlokalizowane jest ujście rzeki Orli do jeziora. Część wschodnia to rozległy akwen, gdzie znajduje się najgłębsze miejsce na jeziorze – 18,5 m. To płośno jest największe pod względem powierzchni z wszystkich wydzielonych części.

W obrębie powiatu sępoleńskiego sieć punktów wodowskazowych IMGW jest uboga, co uniemożliwia szczegółową charakterystykę warunków przepływu głównych cieków. Według usytuowania wodowskazów znajduje się jeden punkt pomiarowo kontrolny na rzece Sępólna w miejscowości Sępólno Krajeńskie, dla którego stanu ostrzegawczego i alarmowego nie określono. Absolutne minimum wynosi 282 cm (wrz-90), a absolutne maksimum to 385 cm (1980-07-14 - 1980-07-16).

3.3. Wskazanie obszarów szczególnie narażonych na deficyt wody lub szkody powodziowe

Susza atmosferyczna jest bezpośrednim wynikiem deficytów opadów atmosferycznych. W kontekście przeciwdziałania skutkom suszy niemożliwe jest usunięcie czy zminimalizowanie zagrożenia suszy atmosferycznej. W tym kontekście istotne jest przyjęcie akceptacji dla faktu nieusuwalności zagrożenia występowania suszy atmosferycznej.

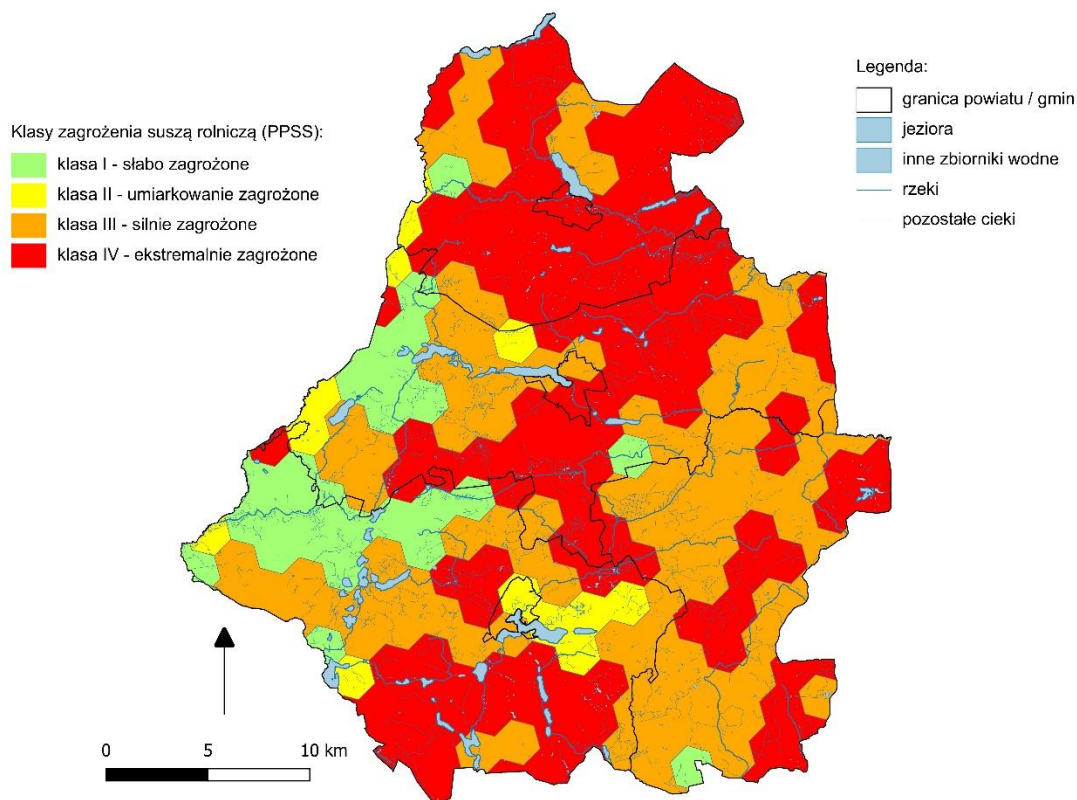
Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą atmosferyczną w obrębie powiatu sępoleńskiego wskazuje, że jego zachodnie i południowe fragmenty są ekstremalnie zagrożone (klasa IV), natomiast pozostały obszar odpowiada silnemu zagrożeniu (klasa IV) (rycina 3.3.1).



Ryc. 3.3.1. Mapa zagrożenia suszą atmosferyczną na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.

Susza rolnicza jest silnie powiązana z kształtowaniem się zasobów wodnych w glebie, które warunkują potencjalną ilość dostępnej wody dla roślin w profilu glebowym.

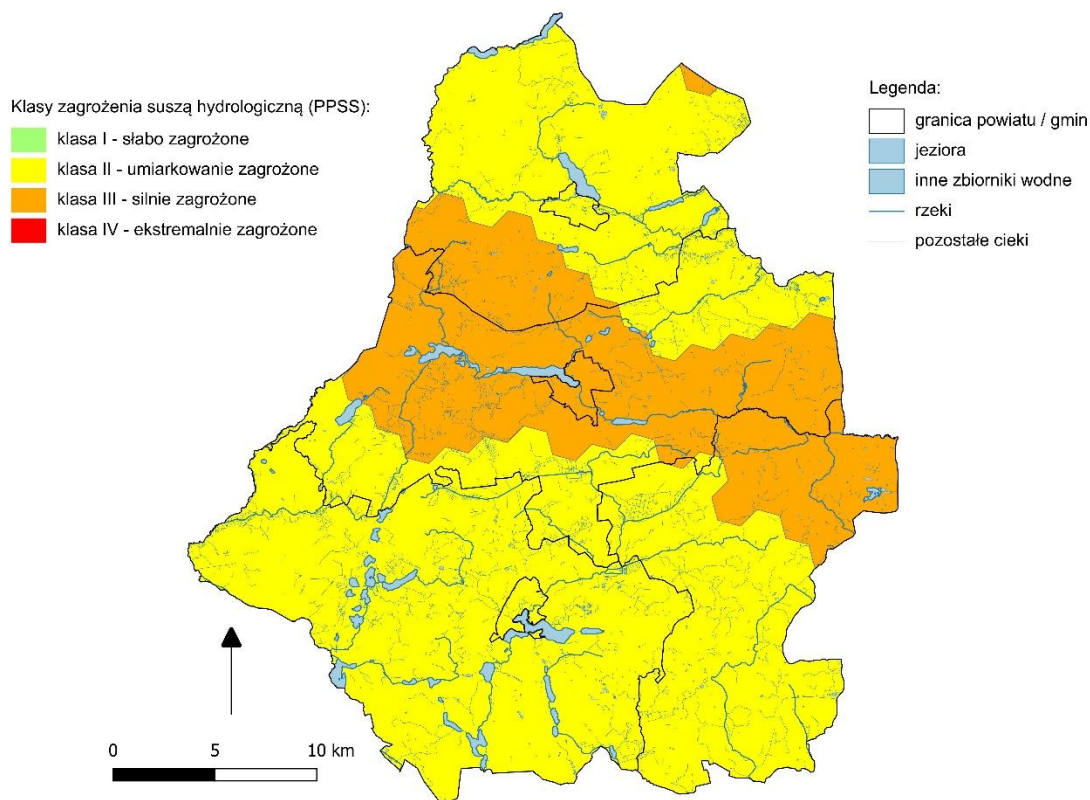
Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą rolniczą w obrębie powiatu sępoleńskiego wskazuje, że w przeważającej części występuje silne (III klasa) lub ekstremalne (IV klasa) zagrożenie, jedynie w części zachodniej powiatu odnotowano słabe (I klasa) lub umiarkowane (II klasa) (wyspowo) zagrożenie suszą rolniczą (rycina 3.3.2).



Ryc. 3.3.2. Mapa zagrożenia suszą rolniczą na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.

Susza hydrologiczna to okres obniżonych zasobów wód powierzchniowych w stosunku do sytuacji przeciętnej w wieloleciu. Susza hydrologiczna jest z reguły kolejnym etapem pogłębiającej się suszy atmosferycznej i rolniczej, ale może również ujawnić się i przebiegać po zakończeniu okresu bezopadowego. Jej identyfikacja sprowadza się do zdefiniowania wartości granicznej przepływu, poniżej której rozpoczyna się zjawisko suszy hydrologicznej.

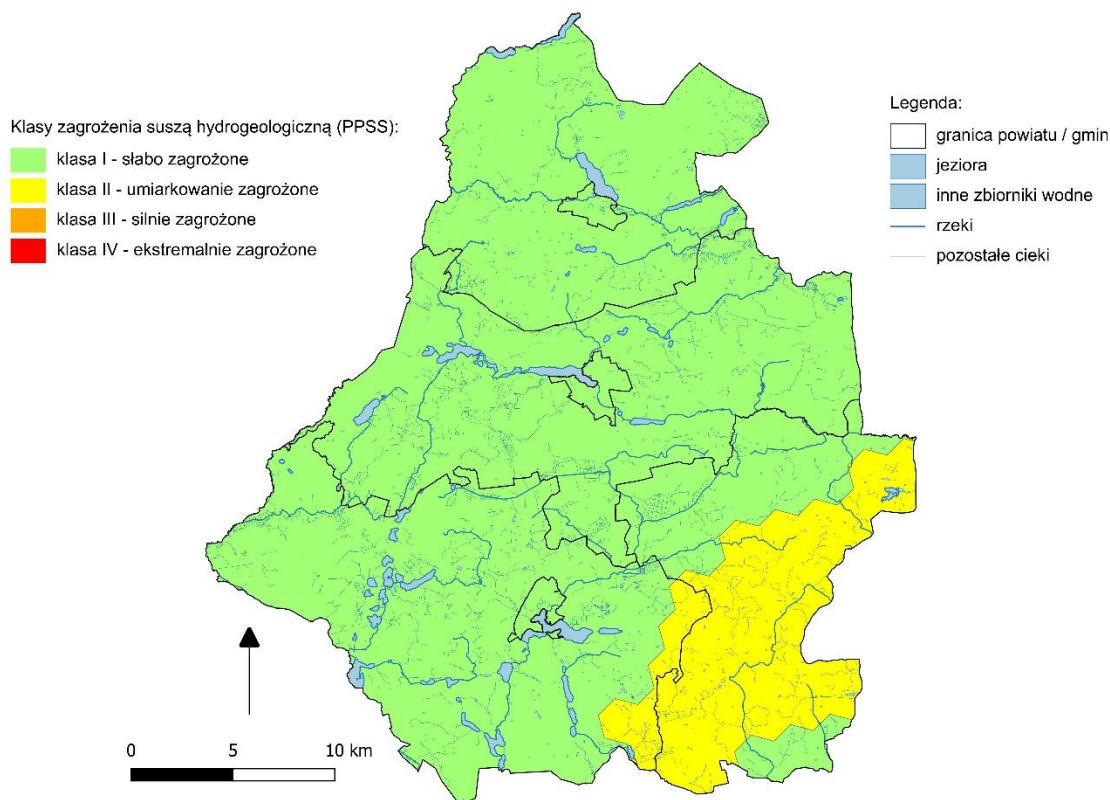
Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą hydrologiczną w obrębie powiatu sępoleńskiego wskazuje, że w środkowym pasie (zlewni rzeki Sępólny) występuje silne zagrożenie (klasa III), natomiast na pozostałym obszarze jest zagrożenie umiarkowane (klasa II) (rycina 3.3.3).



Ryc. 3.3.3. Mapa zagrożenia suszą hydrologiczną na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.

Susza hydrogeologiczna, zgodnie z definicją wskazaną w PPSS, oznacza obniżenie zwierciadła wód podziemnych poniżej stanów ostrzegawczych.

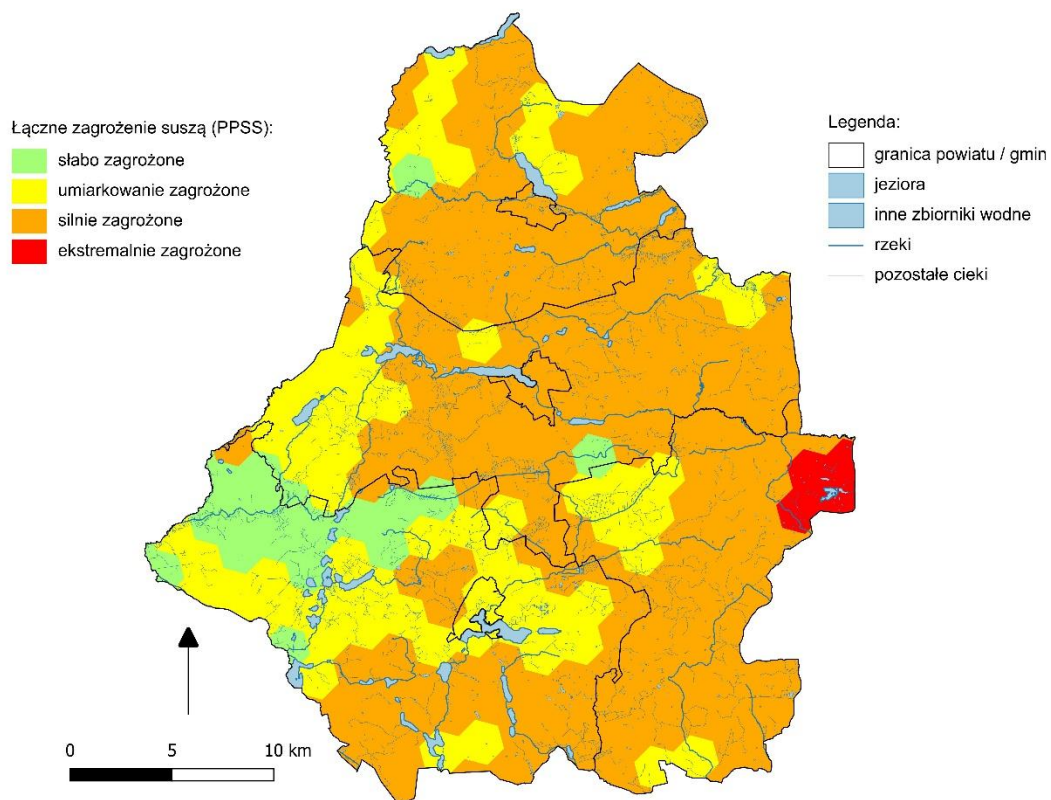
Rozkład przestrzenny zagrożenia suszą hydrogeologiczną w obrębie powiatu sępoleńskiego wskazuje, że jedynie fragment zlewni rzeki Krówki (południowo-wschodnia część powiatu) charakteryzuje umiarkowane zagrożenie (klasa II), pozostały obszar jest słabo zagrożony (klasa I) (rycina 3.3.4).



Ryc. 3.3.4. Mapa zagrożenia suszą hydrogeologiczną na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.

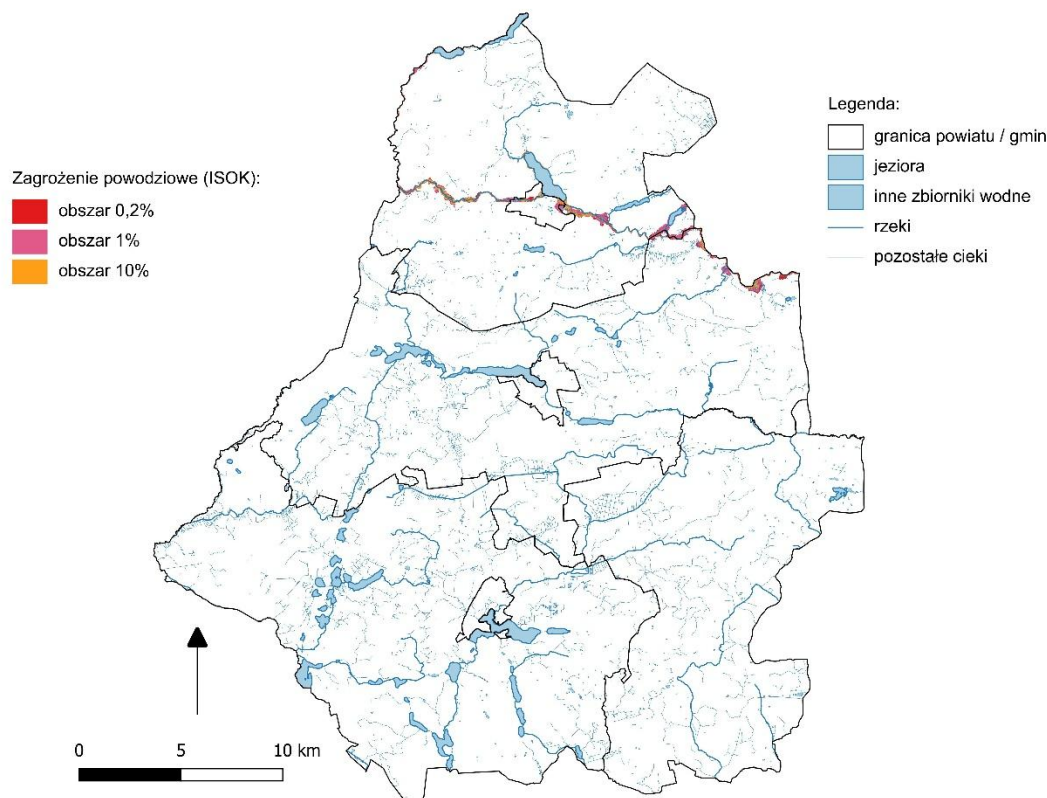
Ocenę łącznego zagrożenia wszystkimi wymienionymi powyżej typami suszy uzyskano w PPSS przez zsumowanie wyników zagrożenia uzyskanych kolejno dla suszy atmosferycznej, rolniczej, hydrologicznej i hydrogeologicznej.

Rozkład przestrzenny łącznej oceny zagrożenia suszą w obrębie powiatu sępoleńskiego wskazuje, że jego wschodnie fragmenty charakteryzuje ekstremalne zagrożenie suszą (kolor czerwony), obszar zachodni odpowiada słabemu zagrożeniu suszą (kolor zielony), natomiast pozostały obszar zdominowany jest przez silne zagrożenie suszą (kolor pomarańczowy) oraz wyspowo – umiarkowane zagrożenie suszą (kolor żółty) (rycina 3.3.5).



Ryc. 3.3.5. Ocena łącznego zagrożenia suszą na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.

Szkody powodziowe, związane z zagrożeniami powodziowymi w obszarze powiatu sępoleńskiego zaznaczają się w wybranych fragmentach rzeki Sępólny, związane z podtopieniami spowodowanymi wystąpieniem wód powodziowych z koryta rzecznoego w zagłębieniach terenowych w najbliższym sąsiedztwie koryta (rycina 3.3.6).



Ryc. 3.3.6. Mapa obszaru zagrożenia powodziowego 0,2%, 1% oraz 10% dla powiatu sępoleńskiego, zgodnie z ISOK.

4. Koncepcja systemu małej retencji.

4.1. Cele strategiczne: poprawa retencji, podniesienie bioróżnorodności, wzmocnienie usług ekosystemowych, ochrona przed suszą i powodzią.

W ostatnich latach na obszarze województwa kujawsko-pomorskiego obserwuje się wyraźne zmiany warunków klimatycznych, przejawiające się zwiększoną częstotliwością występowania zjawisk ekstremalnych, takich jak susze, gwałtowne opady czy lokalne podtopienia. Analizy powiatowych planów wodnych oraz dostępne dane hydrologiczne i meteorologiczne potwierdzają narastające problemy związane z deficytem zasobów wodnych w okresach wegetacyjnych oraz nadmiernym dopływem wód w sezonie zimowym i wczesnowiosennym. W wielu powiatach województwa stale pogłębia się zjawisko nierównomiernego rozkładu opadów, co przekłada się na pogorszenie bilansu wodnego gleb oraz obniżenie ich potencjału produkcyjnego.

Zmieniające się warunki pogodowe, w połączeniu z wysokim udziałem gruntów rolnych i ograniczoną retencją naturalną, powodują konieczność systemowego podejścia

do gospodarowania wodą. Plany wodne coraz częściej wskazują na konieczność wdrażania działań służących zatrzymywaniu wody w krajobrazie oraz racjonalizacji jej odpływu. Mała retencja, intensywne procesy infiltracji oraz starzenie się istniejącej infrastruktury melioracyjnej dodatkowo potęgują ryzyka susz glebowych oraz lokalnych zalewów.

W związku z powyższym koncepcja działań ukierunkowanych na poprawę bilansu wodnego stanowi odpowiedź na aktualne potrzeby środowiskowe i gospodarcze regionu. Jej głównym celem jest zwiększenie możliwości zatrzymywania i wykorzystania wód opadowych i roztopowych, ograniczenie strat związanych z odpływem powierzchniowym oraz stworzenie warunków umożliwiających łagodzenie skutków suszy oraz podtopień. Planowane działania obejmują m.in. rozwój systemów retencji, modernizację i utrzymanie urządzeń wodno-melioracyjnych, regulację odpływu wód oraz poprawę zdolności retencyjnych gleb i obiektów infrastrukturalnych.

Realizacja tych założeń ma kluczowe znaczenie dla utrzymania stabilności środowiskowej, poprawy efektywności produkcji rolnej oraz minimalizacji zagrożeń wynikających ze zmienności klimatu. Program stanowi również element wspierający lokalną adaptację powiatów do zmian klimatycznych, pozwalając na racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi w perspektywie długoterminowej.

Głównymi celami i priorytetowymi kierunkami systemu małej retencji w powiecie sępoleńskim powinno być:

- poprawa bilansu wodnego i przeciwdziałanie suszy rolniczej - zwiększenie zdolności zatrzymywania wód opadowych i roztopowych w krajobrazie rolniczym, poprawa wilgotności gleb oraz stabilizacja poziomu wód gruntowych;
- zwiększenie lokalnej retencji krajobrazowej i glebowej - rozwój retencji śródpolnej, wykorzystanie naturalnych obniżen terenu, odtwarzanie drobnych zbiorników wodnych;
- modernizacja systemów melioracyjnych w kierunku melioracji dwukierunkowej (odwadniająco-nawadniającej) - regulacja odpływu, czasowe piętrzenie wód i ograniczenie ich szybkiego odprowadzania z gruntów rolnych, przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa użytkowania terenów;
- ograniczenie ryzyka lokalnych podtopień i erozji wodnej gleb - spowalnianie spływu powierzchniowego w zlewniach i mikrozlewniach, zwiększanie pojemności retencyjnej dolin cieków oraz ochronę gleb przed degradacją w wyniku intensywnych opadów.

4.2. Ocena potrzeb rozwoju melioracji w powiecie według wybranych wskaźników.

Ocenę zapotrzebowania na rozwój melioracji wykonano w oparciu o sumy klimatycznego bilansu wodnego KBW w latach 1970-2004. Wskaźnik pozwala identyfikować obszary z niedoborem lub nadmiarem wody, a tym samym określać potrzeby stosowania melioracji nawadniających bądź odwadniających. Ujemne wartości bilansu w miesiącu bądź okresie wegetacyjnym informują o niedoborach wody i wskazują na zasadność stosowania nawadniania, natomiast wartości dodatnie – zarówno w sezonie letnim, jak i zwłaszcza po zimie – sygnalizują potencjalny nadmiar wody i potrzebę jej odprowadzania. Klasyfikację KBW przedstawiono oddzielnie dla okresu wegetacyjnego (tab. 4.2.1; ryc. 4.2.1) oraz zimowego (tab. 4.2.2; ryc.4.2.2) oraz okresów miesięcznych (tab. 4.2.3; ryc. 4.2.3).

Tab. 4.2.1. Klasyfikacja klimatycznego bilansu wodnego (KBW) i oceny uwarunkowań klimatycznych dla okresu wegetacyjnego (kwiecień–wrzesień)

KBW, mm	Klasa klimatycznego bilansu wodnego	Potrzeba rozwoju melioracji
< -250	skrajnie niedoborowy	nawadniających - bardzo duża
[-250; -200)	silnie niedoborowy	nawadniających - duża
[-200; -150)	umiarkowanie niedoborowy	nawadniających - umiarkowana
[-150; -100)	lekko niedoborowy	nawadniających - mała
[-100; 100]	zrównoważony	brak
>100	nadmiarowy	odwadniających

źródło: Kaca, 2015.

Tab. 4.2.2. Klasyfikacja klimatycznego bilansu wodnego (KBW) i oceny uwarunkowań klimatycznych dla okresu zimowego (październik–marzec)

KBW, mm	Klasa KBW	Potencjalna potrzeba rozwoju melioracji
(150; 200]	skrajnie nadmiarowy	odwadniających bardzo duża
(100; 150]	silnie nadmiarowy	odwadniających duża
(50; 100]	nadmiarowy	odwadniających mała
[0; 50]	zrównoważony	brak

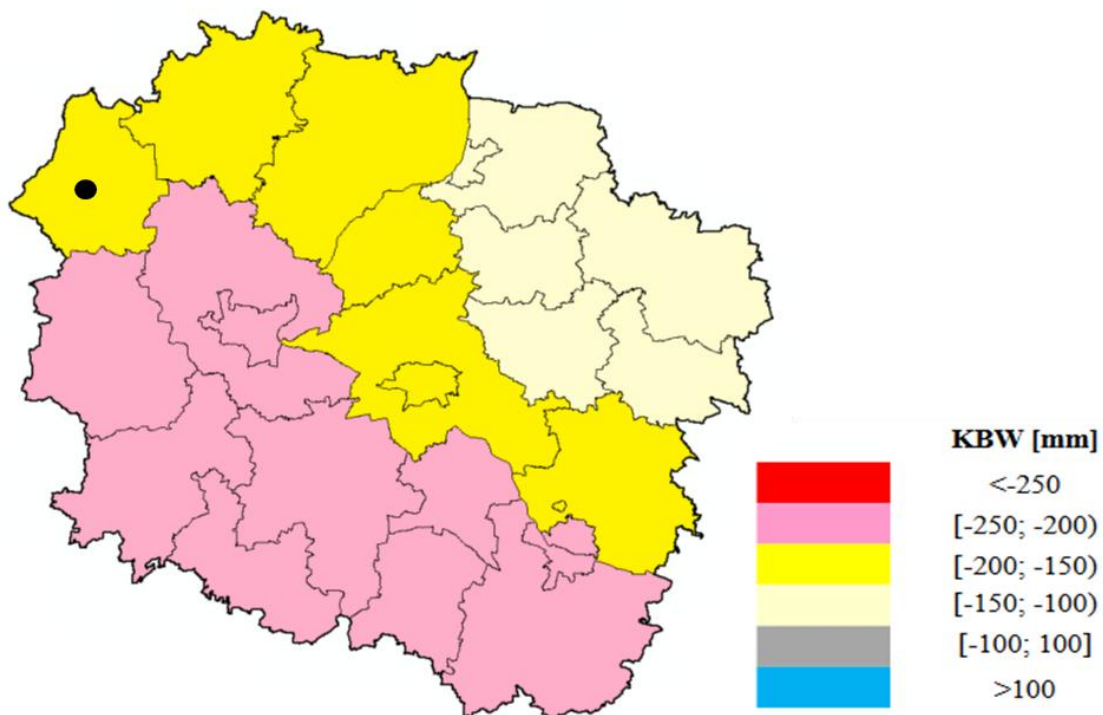
źródło: Kaca, 2015.

Tab. 4.2.3. Klasyfikacja klimatycznego bilansu wodnego (KBW) i oceny uwarunkowań klimatycznych dla miesięcy okresu wegetacyjnego

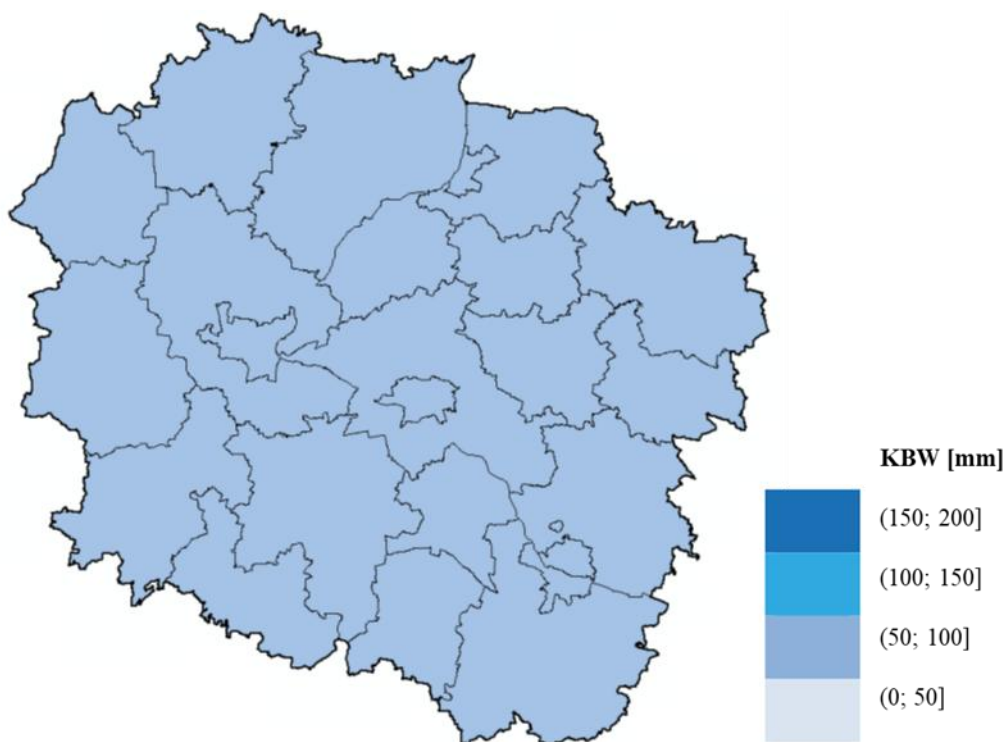
KBW, mm	Klasa KBW	Potencjalna potrzeba rozwoju melioracji
<-50	skrajnie niedoborowy	nawadniających bardzo duża
[-50; -30)	silnie niedoborowy	nawadniających duża
[-30; -10)	lekko niedoborowy	nawadniających umiarkowana
[-10; 10]	zrównoważony	nawadniających mała
[10; 30)	silnie niedoborowy	brak
>30	nadmiarowy	odwadniających

źródło: opracowanie własne za Kaca, 2015.

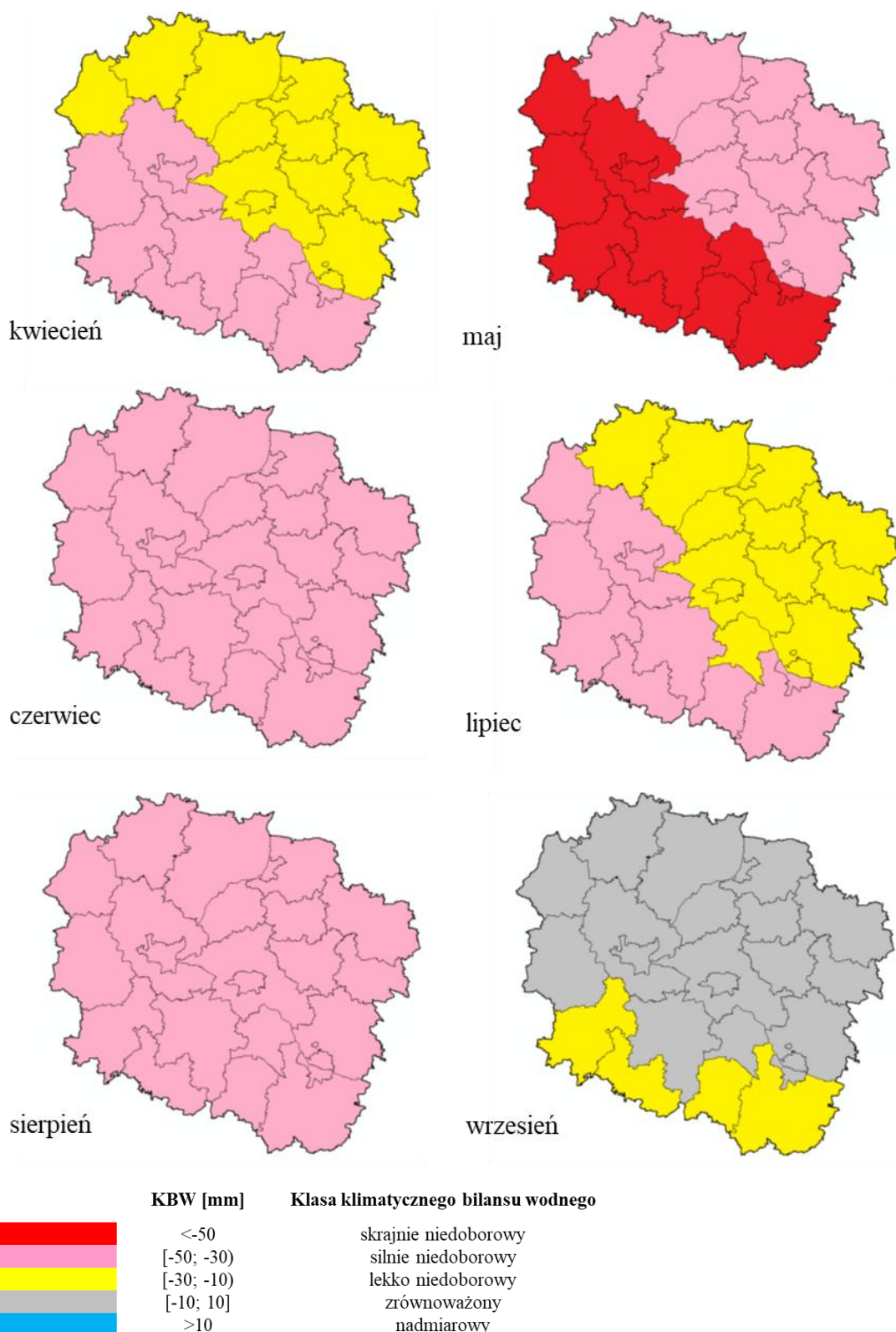
Zgodnie z powyższą klasyfikacją bilans wodny powiatu inowrocławskiego w okresie wegetacyjnym jest ujemny (od -200 do -250 mm). Przez cały sezon występuje silny deficyt opadów. Ten stan notuje się również w poszczególnych miesiącach wegetacyjnych, gdzie niedobór opadów w stosunku do parowania jest silny a nawet skrajny (maj). Takie warunki powodują, że w powiecie mamy duże i bardzo duże potrzeby stosowania nawodnień w uprawie roślin (ryc. 4.2.3.).



Ryc. 4.2.1. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie wegetacyjnym (kwiecień–wrzesień) w powiecie inowrocławskim na tle powiatów woj. kujawsko-pomorskiego; źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014



Ryc. 4.2.2. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie zimowym (październik–marzec) na tle powiatów woj. kujawsko-pomorskiego; źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014



Ryc. 4.2.3. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w powiatach woj. kujawsko-pomorskiego; źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014.

5. Proponowane środki i rozwiązania.

Zwiększanie retencji wodnej w krajobrazie rolniczym staje się kluczowym elementem adaptacji do obserwowanych zmian klimatu, w tym narastających okresów suszy oraz intensywnych, krótkotrwałych opadów. W wielu regionach wieloletnia dominacja systemów nastawionych na szybkie odprowadzanie wody doprowadziła do obniżenia poziomu wód gruntowych, zaniku niewielkich zbiorników i mokradeł oraz ograniczenia naturalnych mechanizmów regulujących obieg wody w środowisku. Obecnie coraz większą wagę przykładana się do działań, które pozwalają zatrzymać wodę w miejscu jej wystąpienia, wzmacniając stabilność ekosystemów i zwiększając odporność produkcji rolniczej.

W procesie odbudowy retencji szczególne znaczenie mają rozwiązania rozproszone, łączące działania terenowe, hydrotechniczne i przyrodnicze. Kluczowe wśród nich są: budowa i renowacja małych zbiorników retencyjnych, które magazynują wodę opadową i roztopową; tworzenie zastawek, jazów, progów oraz niewielkich obiektów piętrzących, spowalniających odpływ wody w rowach i ciekach; oraz renaturyzacja cieków, obejmująca przywracanie meandrów i terenów zalewowych, co zwiększa zdolność doliny do akumulacji wody. Ważnym uzupełnieniem tych działań jest ochrona i ponowne zagospodarowanie obszarów bagiennych, mokradeł i terenów podmokłych, które pełnią funkcję naturalnych magazynów wody w glebie.

Istotny potencjał retencyjny tkwi również w ekosystemach leśnych, gdzie stosuje się tzw. małą retencję leśną, opartą na zamykaniu rowów melioracyjnych zastawkami, spowalnianiu odpływu oraz odbudowie mokradeł leśnych. Równocześnie coraz większą rolę odgrywają działania agroekologiczne, takie jak tworzenie pasów roślinności, mulczowanie, praktyki poprawiające strukturę gleby czy ograniczanie erozji – rozwiązania, które zwiększają chłonność przestrzeni rolniczej i zdolność gleby do zatrzymywania wody.

Zintegrowane stosowanie opisanych metod pozwala na skuteczne ograniczenie strat wody, zwiększenie retencji powierzchniowej i glebowej oraz przywracanie naturalnych funkcji krajobrazu. W rezultacie wzmacnia się zarówno bezpieczeństwo wodne, jak i odporność środowiska oraz produkcji rolnej na przyszłe wyzwania klimatyczne.

5.1. Budowa i renowacja małych zbiorników retencyjnych (stawy, oczka wodne).

Małe zbiorniki retencyjne odgrywają ważną rolę w bilansie wodnym zlewni rolniczych, wpływając na stabilizację lokalnych warunków hydrologicznych. Gromadzą wodę opadową i roztopową, ograniczając szybki odpływ i łagodząc ekstremalne przepływy. Ich obecność sprzyja utrzymaniu wyższego poziomu wód gruntowych, co poprawia kondycję gleb i zmniejsza ryzyko strat w produkcji rolniczej podczas suszy. Zbiorniki te działają także jako naturalne filtry zatrzymujące biogeny i zawiesiny, wspierając poprawę jakości wody. Równocześnie tworzą mozaikę siedlisk zwiększających różnorodność biologiczną w krajobrazie rolniczym.

Przykładowe działania:

- Renowacja istniejących zbiorników poprzez usunięcie nadmiaru namułu, odtworzenie strefy brzegowej oraz wprowadzenie roślinności wodnej i szuwarowej.
- Budowa nowych stawów o pojemności od kilkuset do kilku tysięcy metrów sześciennych w lokalnych obniżeniach terenu lub przy rowach melioracyjnych.
- Tworzenie rozproszonego systemu oczek wodnych rozmieszczonych wzdłuż miedz i zagłębień terenowych.
- Zachowanie naturalnego układu stref roślinności poprawiającego procesy samooczyszczania wody.
- Wprowadzanie elementów mikroretencji w otoczeniu zbiorników, takich jak muldy chłonne czy pasy buforowe zapobiegające spływowi zanieczyszczeń.

Efekty środowiskowe:

- zmniejszenie spływu powierzchniowego i ograniczenie erozji gleb,
- poprawa jakości wody dopływającej do cieków,
- wzrost różnorodności biologicznej poprzez rozwój siedlisk wodnych i wilgotnych,
- zwiększenie retencji krajobrazowej i łagodzenie skutków okresów niskich przepływów.

5.2. Tworzenie zastawek, jazów, progów i drobnych obiektów hydrotechnicznych spowalniających spływ wody.

Historyczne systemy melioracyjne koncentrowały się na szybkim odprowadzaniu wody z pól, co w obecnych warunkach klimatycznych prowadzi do nadmiernego przesuszenia gleb. Wprowadzanie niewielkich obiektów piętrzących w rowach i ciekach pozwala na ich przekształcenie w układy spowalniające odpływ i zwiększające retencję. Zastawki, jazy i progi podnoszą poziom wody w korycie, wydłużają czas jej przepływu i umożliwiają podpiętrzenie zwierciadła wód gruntowych w otoczeniu cieku. Spadek prędkości przepływu sprzyja również ograniczeniu erozji oraz osadzaniu zawiesiny i biogenów.

Przykładowe działania:

- Montaż drewnianych lub metalowych zastawek w rowach melioracyjnych w regularnych odstępach.
- Budowa niewielkich jazów o regulowanym piętrzeniu, pozwalających dostosować poziom wody do warunków sezonowych.
- Instalacja progów kaskadowych zwiększających turbulencję i napowietrzenie wody.
- Stosowanie naturalnych materiałów, takich jak faszyna czy konstrukcje drewniane, w celu budowy prostych, przyjaznych środowisku obiektów piętrzących.
- Tworzenie układów umożliwiających lokalne nawadnianie pól dzięki kontrolowanemu podnoszeniu poziomu wody w rowach.

Efekty środowiskowe:

- zmniejszenie odpływu wód roztopowych i deszczowych,
- zwiększenie zasobów wód gruntowych w zasięgu oddziaływania obiektów,
- poprawa warunków siedliskowych w rowach i małych ciekach,
- redukcja ilości biogenów i zawiesiny przemieszczających się w dół zlewni.

5.3. Renaturyzacja cieków (meandrowanie, przywracanie terenów zalewowych).

Wiele cieków rolniczych zostało nadmiernie wyprostowanych i pogłębionych, co przyspieszyło odpływ i zubożyło ich funkcje przyrodnicze. Działania renaturyzacyjne polegają na odtwarzaniu naturalnych form rzecznych, co sprzyja zwiększeniu retencji

w dolinie rzecznej oraz poprawie warunków ekologicznych. Meandrujący ciek ma większą zdolność do magazynowania wód wezbraniowych, spowolnienia przepływu i infiltracji. Odtworzenie terenów zalewowych pozwala rzece swobodnie rozlewać się podczas wyższych stanów, co rozprasza energię przepływu i zmniejsza ryzyko podtopień w niżej położonych obszarach.

Przykładowe działania:

- Wytarczanie nowych, krętych odcinków koryta, umożliwiających odtworzenie meandrów.
- Poszerzanie koryt i stref brzegowych dla zwiększenia miejsca na naturalne procesy fluwialne.
- Odtwarzanie starorzeczy pełniących funkcję zbiorników retencyjnych połączonych z głównym korytem.
- Wprowadzanie roślinności stabilizującej brzegi oraz zwiększającej różnorodność siedlisk.

Efekty środowiskowe:

- zwiększenie retencji dolinowej i możliwości naturalnego rozlania wody,
- poprawa infiltracji i zasilania wód gruntowych,
- odbudowa zróżnicowanych siedlisk wodnych i przywodnych,
- zmniejszenie ryzyka powstawania gwałtownych przepływów i podtopień,
- zwiększenie zdolności rzeki do zatrzymywania zawieszin i substancji biogennych.

5.4. Zagospodarowanie terenów bagiennych, mokradel i obszarów podmokłych celem zwiększenia retencji glebowej.

Mokradła (bagna, torfowiska, błota i łąki podmokłe) mają istotne znaczenie dla poprawy zdolności retencyjnych małych zlewni, działają jak naturalne „magazyny wody”. Znaczna część ich objętości jest wypełniona wodą, którą mogą oddawać do środowiska w okresach suszy lub akumulować podczas opadów. Nietknięte mokradła zwiększają lokalne zasoby wodne, stabilizują poziom wód gruntowych i spowalniają spływ powierzchniowy, co korzystnie wpływa na ogólny bilans wodny zlewni. Retencja mokradłowa jest więc „czasowym zatrzymaniem lub ograniczeniem odpływu wód” przez tereny wodno-błotne.

Proponowane działania:

1) Odtwarzanie i renaturyzacja mokradeł.

Renaturyzacja terenów podmokłych (ponowne uwodnienie zdegradowanych bagien i torfowisk) to przywracanie naturalnych procesów wodnych poprzez stopniowe podnoszenie poziomu wody, zamknięcie lub ograniczenie odpływu wody rowami (likwidacja systemów odwadniających – zasypywanie rowów melioracyjnych, drenów) czy przywrócenie starorzeczy. Jest to rozwiązanie naturalne, oparte na przyrodzie.

Rekultywacja terenów osuszonych (np. dawnych torfowisk lub zdrenowanych pól) polega z kolei na blokowaniu rowów melioracyjnych i minimalnej ingerencji mechanicznej, aby odzyskać zdolność retencji.

Efekty działań:

- podniesienie poziomu wód gruntowych,
- zwiększenie pojemności wodnej profilu glebowego,
- ograniczenie odpływu wody w okresach suszy,
- poprawa bilansu wodnego zlewni,
- wzrost stabilności siedlisk hydrogeniczych,
- ochrona bioróżnorodności,
- zahamowanie mineralizacji gleb organicznych i torfowych,

2) Odtwarzanie i ochrona gleb organicznych (torfowisk).

Działania koncentrują się na utrzymaniu ciągłego uwodnienia gleb torfowych poprzez zapobieganie ich osuszaniu oraz degradacji struktury torfu. Obejmuje to ochronę istniejących torfowisk, ponowne uwodnienie zdegradowanych obszarów oraz ograniczenie ingerencji mechanicznej w glebę.

Efekty środowiskowe:

- utrzymanie bardzo wysokiej zdolności retencyjnej gleb (75–90% objętości),
- ograniczenie emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych,
- zachowanie funkcji torfowisk jako długoterminowych magazynów wody,
- poprawa warunków siedliskowych dla gatunków mokradłowych.

3) Paludikultura (rolnictwo bagienne) oraz ekstensywne użytkowanie łąk podmokłych.

Metoda polega na stosowaniu upraw dopasowanych do wilgotnych gleb (np. trzcina, pałka, sitowia, mech torfowiec, olsza czarna, łąki podmokłe) zamiast

tradycyjnych upraw rolnych, które wymagają zdrenowania gleb. Rozwiązanie to sprzyja zatrzymywaniu wody oraz składników biogennych, a także sekwestracji węgla w glebach mokradłowych przy jednoczesnym zachowaniu potencjału produkcyjnego umożliwiającego pozyskiwanie biomasy z siedlisk o wysokim stopniu uwodnienia (analogicznie do funkcji realizowanych w tradycyjnych systemach rolniczych).

Ten rodzaj użytkowania obejmuje także ekstensywne użytkowanie terenów podmokłych (stałe lub okresowo nawodnionych), z łąkami użytkowymi sezonowo lub pozostawionymi naturalnie, co sprzyja zatrzymywaniu wody w profilu gleby.

Korzyści:

- ograniczona konieczność odwadniania gleb,
- poprawa retencji glebowej,
- wsparcie lokalnej gospodarki, np. produkcja biomasa dla energetyki.

4) Budowa zbiorników, zastawek, progów, stopni i innych przytamowań na rowach, sztucznych ciekach lub ciekach naturalnych

Celem jest spowolnienie odpływu i wydłużenie czasu przebywania wody w glebie. Jednym z najprostszych i jednocześnie skutecznych rozwiązań zwiększających retencję wody na obszarach podmokłych jest stosowanie niewielkich, rozproszonych (punktowych) elementów hydrotechnicznych (zastawki, progi, stopnie, przetamowania oraz mikrozbiorniki) lokalizowanych w obrębie rowów, cieków i obniżen terenu. Rozwiązania te są relatywnie mało inwazyjne i mogą być dostosowane do lokalnych warunków środowiskowych, w tym do istniejących siedlisk, często o wysokich walorach przyrodniczych.

Zastosowanie tego typu przegród prowadzi do spowolnienia lub czasowego zahamowania odpływu wody z obszarów mokradłowych, co skutkuje podniesieniem i stabilizacją poziomu wód gruntowych oraz zwiększeniem retencji glebowej. W praktyce działania te rzadko mają charakter pojedynczych inwestycji, lecz stanowią element kompleksowych rozwiązań hydrologicznych, w ramach których na różnych odcinkach cieków i rowów łączy się zastawki regulowane z przytamowaniami o stałym poziomie piętrzenia, takimi jak progi i stopnie, a także z częściowym lub odcinkowym zasypywaniem rowów odwadniających.

W przypadku mokradeł użytkowanych rolniczo szczególnie istotne jest stosowanie budowli umożliwiających regulację poziomu wody w zależności od potrzeb

gospodarowania oraz warunków pogodowych. W tym celu wykorzystuje się m.in. zastawki drewniane, metalowe lub wykonane z tworzyw sztucznych, które pozwalają na elastyczne sterowanie odpływem wody, bez konieczności trwałego osuszania siedlisk podmokłych.

Efekty środowiskowe:

- zwiększenie retencji gruntowej,
- ograniczanie odpływu wody zbędnymi rowami odwadniającymi (inicjowanie zarastania i zamulania się rowów).

5) Odtwarzanie terenów zalewowych i dolin rzecznych

Tereny zalewowe i doliny rzeczne stanowią naturalny element systemu hydrologicznego rzek nizinnych. W warunkach nieprzekształconych pełnią one funkcję naturalnych polderów, które umożliwiają okresowe rozlewanie się wód podczas wezbrań oraz ich czasowe magazynowanie w glebie i warstwach przypowierzchniowych. Odcięcie rzek od dolin (obwałowania, regulacja koryt, pogłębianie) prowadzi do przyspieszenia odpływu, zmniejszenia retencji glebowej oraz pogorszenia bilansu wodnego w skali zlewni.

Odtwarzanie terenów zalewowych i dolin rzecznych polega m.in. na przywracaniu naturalnych połączeń rzek z ich dolinami poprzez:

- odsunięcie, obniżenie lub przerwanie wałów przeciwpowodziowych na wybranych odcinkach,
- likwidację lub modyfikację obwałowań lokalnych,
- tworzenie kontrolowanych przelewów i bram zalewowych umożliwiających sterowane wprowadzanie wód do doliny,
- ograniczenie regulacji koryt i umożliwienie okresowego zalewania obszarów przyległych.

Metoda ta jest jedną z najbardziej efektywnych rozwiązań zwiększania retencji glebowej i poprawy bilansu wodnego w skali lokalnej i regionalnej. Oparta jest na procesach naturalnych (przyrodniczych) zapewnia długofalowe korzyści hydrologiczne (zwiększenie retencji glebowej i spowolnienie odpływu wód, ograniczenie szybkiego odpływu wód podczas wezbrań oraz w okresach suszy, redukcja ryzyka powodziowego i stabilizacja poziomu wód gruntowych) i środowiskowe (poprawa stanu ekosystemów dolin rzecznych i jakości wód).

5.5. Mała retencja leśna (rowy melioracyjne zamykane zastawkami, retencja w mokradłach leśnych).

Retencja leśna to zespół działań mających na celu zatrzymywanie wody w ekosystemach leśnych oraz poprawę ich zdolności do gromadzenia i przechowywania wody. Głównym celem tych działań jest zatrzymanie jak największej ilości wody w ekosystemie leśnym i spowolnienie jej odpływu z terenu zlewni, co pomaga łagodzić skutki suszy i powodzi. W szczegółowej analizie działania te mogą przynieść korzyści dla gospodarki wodnej i ochrony środowiska, a są to:

- **zwiększenie zasobów wodnych**, osiągnięte poprzez podniesienie poziomu wód gruntowych i powierzchniowych, co przeciwdziała suszy i zapobiega degradacji siedlisk (np. torfowisk),
- **ochrona przeciwpowodziowa**, poprzez spowolnienie odpływu wód opadowych, co spłaszcza i wydłuża falę wezbraniową, zmniejszając zagrożenie powodziowe w niższych partiach zlewni),
- **wzrost bioróżnorodności**, dzięki odtwarzaniu i utrzymaniu mokradeł, tworzeniu ostoi flory i fauny wodno-błotnej, a także poprawie zdrowotności drzewostanów,
- **ochrona gleb**, dzięki zmniejszeniu spływu powierzchniowego i erozji wodnej poprzez pokrycie gleby roślinnością i ściółką.

Środki retencji leśnej można podzielić na dwa główne typy: techniczne (budowlane) i nietechniczne (przyrodnicze lub gospodarcze).

1. Rozwiązania techniczne (budowlane).

Charakteryzują się bezpośrednią ingerencją inżynierską w ciek wodny lub teren, mającą na celu spiętrzenie, zatrzymanie lub kontrolowanie odpływu wody. Stosuje się głównie w ramach programu małej retencji w lasach. Wyróżniamy tu następujące środki i rozwiązania:

- **budowa bądź odbudowa zbiorników wodnych** – wyróżniamy tu głównie małe zbiorniki retencyjne (bezodpływowe, odpływowe, boczne, suche poldery zalewowe), których zadaniem jest magazynowanie wód opadowych i roztopowych, ochrona przeciwpożarowa oraz podnoszenie poziomu wód gruntowych,
- **budowle piętrzące na ciekach** – głównie zastawki, progi, stopnie, przepusty piętrzące, przepusto-zastawki (często wykonane z naturalnych materiałów jak drewno czy kamień). Ich zadaniem jest spowolnienie i/lub podpiętrzenie wody w

rowach i ciekach, zamieniając szybki spływ powierzchniowy na spowolniony odpływ gruntowy,

- **neutralizacja skutków spływu powierzchniowego** – obejmująca działania na drogach leśnych i szlakach zrywkowych (np. brody, przepusty, drenaże pod drogami) mające na celu ukierunkowanie i opóźnienie spływu wody oraz zapobieganie erozji wodnej,
- **renaturyzacja cieków i obszarów podmokłych** – poprzez odbudowę naturalnego kształtu cieków (np. meandryzacja, budowa bystrzy dla migracji ryb), likwidacja zbędnych rowów melioracyjnych, zatykanie drenów. Dzięki tym zabiegom może prowadzić do odtworzenia zdegradowanych torfowisk, mokradeł i terenów zalewowych.

2. Rozwiązania nietechniczne (przyrodnicze i gospodarcze)

Działania te wykorzystują naturalne zdolności retencyjne ekosystemu leśnego lub polegają na zmianach w gospodarowaniu lasem. Zaliczamy do nich następujące zabiegi i rozwiązania:

- **retencja glebowa i ściółkowa** – ściółka leśna i gleba stanowią naturalny, bardzo efektywny "magazyn" wody (tzw. retencja bierna). Zabiegi skupiają się na jej ochronie przed zniszczeniem oraz na utrzymaniu odpowiedniej struktury gleby (np. właściwa uprawa gleby), co zwiększa jej zdolność do wsiąkania i zatrzymywania wody,
- **kształtowanie struktury szaty roślinnej** – poprzez wprowadzaną różnorodność gatunkową i wiekową drzewostanu (zwłaszcza obecność drzew liściastych) oraz prawidłowe rozmieszczenie pokrywy roślinnej. Lasy o zróżnicowanej strukturze lepiej zatrzymują wodę, ponieważ korony drzew przechwytyją (intercepcja) i spowalniają opad. Różne typy lasów (np. łągi, olsy) mają też różne zdolności retencyjne,
- **gospodarka leśna nastawiona na retencję** – poprzez utrzymywanie i tworzenie siedlisk hydrogeniczych (wodnych i podmokłych). Dostosowanie gospodarki leśnej do warunków wodnych, np. unikanie nadmiernej melioracji (odwodnienia) i dążenie do naturalizacji siedlisk.

Aktualnie retencja wodna w rowach melioracyjnych zamykanych zastawkami jest kluczowym elementem **małej retencji**, który służy **do kontrolowanego zatrzymywania**

wody w krajobrazie. Dawne systemy melioracyjne były często projektowane wyłącznie do szybkiego odprowadzania nadmiaru wody (odwadniania). Obecnie są one adaptowane do pełnienia funkcji dwukierunkowej (nawadniająco-odwadniającej), co jest istotne w kontekście narastających problemów z suszą. Zastawki (często z ruchomymi elementami takimi jak szandory lub stawidła) to małe budowle hydrotechniczne umieszczone w korytach rowów melioracyjnych lub cieków wodnych. Zastawki pozwalają na podniesienie lustra wody w rowie melioracyjnym. W ten sposób woda jest celowo magazynowana w korycie cieku. Automatycznie następuje również podnoszenie poziomu wód gruntowych, gdyż zatrzymana w rowie woda stopniowo infiltruje do otaczającego gruntu, co prowadzi do podniesienia poziomu wód gruntowych na sąsiadujących terenach rolnych, leśnych lub przyrodniczych (np. torfowiskach lub łąkach). Woda jest dłużej dostępna dla roślin w okresie suszy i może być wykorzystana do nawadniania podsiąkowego. Dzięki zastawkom możemy również kontrolować ilość odpływającej wody. Pozwalają one na gromadzenie jej w okresach nadmiaru (np. wiosenne roztopy, deszcze nawalne) i stopniowe uwalnianie w okresach niedoboru (niżówki). Zastawki są przykładem małej retencji technicznej, która, w połączeniu z działaniami w zakresie retencji glebowej (np. zwiększanie próchnicy) i retencji naturalnej (np. zachowanie oczek wodnych), tworzy kompleksowy system zarządzania wodą.

Dzięki zabiegom technicznym takim jak projektowanie i wykonywanie zastawek piętrzących można chronić leśne tereny bagienne i torfowiskowe, które pełnią szereg kluczowych usług ekosystemowych m.in.:

- **sekwestracji węgla** - torfowiska magazynują ogromne ilości węgla. Kiedy są osuszane, torf ulega murszeniu (utlenianiu), co prowadzi do emisji tego węgla do atmosfery w postaci dwutlenku węgla (CO₂), przyczyniając się do globalnego ocieplenia. Utrzymanie wysokiego poziomu wody zatrzymuje ten proces,
- **retencji wody** - działają jak "gąbki", zatrzymując duże ilości wody, co jest kluczowe w okresach suszy (zapobiegają szybkiemu odpływowi wody) oraz w czasie intensywnych opadów (zmniejszają ryzyko powodzi),
- **oczyszczaniu wody** - działają jak naturalne filtry, poprawiając jakość wody,
- **zwiększają bioróżnorodność** - są ostoją dla wielu rzadkich i chronionych gatunków roślin i zwierząt, które są ściśle związane z warunkami wodnymi.

Niezwykle ważnymi elementami zwiększania retencji wodnej na terenach zalesionych są leśne liniowe pasy wiatrochronne i buforowe, złożone z nasadzeń drzew i krzewów, które pełnią kluczowe funkcje ochronne i ekologiczne, mające na celu stabilizację środowiska, ochronę upraw, siedlisk i zasobów wodnych. Charakteryzują się one odmiennym przeznaczeniem, choć często obie te funkcje mogą się uzupełniać.

Pasy wiatrochronne (zwane też śródpolnymi zadrzewieniami lub żywopłotami) to zazwyczaj liniowe pasy drzew i krzewów zakładane na terenach otwartych, przede wszystkim w krajobrazie rolniczym, ale także wokół obszarów leśnych. Charakteryzują się różną szerokością, wysokością i przepuszczalnością, by nie tworzyć turbulencji (zawirowań) powietrza bezpośrednio za pasem. Zwykle stosuje się kompozycje wielowarstwowe (drzewa, krzewy, runo). Orientowane są prostopadle do kierunku dominujących wiatrów. Złożone z mieszanki gatunków liściastych i iglastych, często rodzimych, odpornych na warunki siedliskowe i wiatr. Pasy wiatrochronne mają różnokierunkowe znaczenie takie jak:

- **ograniczenie erozji wietrznej** - najważniejsza funkcja – zmniejszają prędkość wiatru przy powierzchni ziemi, co zapobiega wywiewaniu najżyźniejszej warstwy gleby (erozja eoliczna),
- **poprawa mikroklimatu** – związane głównie ze zwiększeniem wilgotności gleby i powietrza w strefie osłoniętej. Spowolnienie wiatru redukuje również parowanie, co jest kluczowe w warunkach suszy. Następuje również łagodzenie ekstremalnych temperatur, chroniąc uprawy przed przegrzaniem i przymrozkami,
- **wzrost plonów** - stabilny mikroklimat i wyższa wilgotność gleby bezpośrednio przekładają się na wyższe plony w osłoniętej strefie (która rozciąga się na odległość nawet do 10-20-krotności wysokości pasa),
- **bioróżnorodność** - stanowią oazę i schronienie dla wielu gatunków zwierząt (ptaki, owady, drobne ssaki) oraz korytarze ekologiczne, w tym dla owadów zapylających i naturalnych wrogów szkodników (np. biegaczowatych).

Pasy buforowe (strefy ekotonowe) to roślinne strefy przejściowe (ekotony), zakładane najczęściej wzdłuż cieków wodnych (rzek, kanałów, jezior) lub na granicy intensywnie użytkowanych gruntów rolnych i cennych przyrodniczo obszarów (np. lasów, parków narodowych, torfowisk). Charakteryzują się układem liniowym, najczęściej wzdłuż

brzegów wód (pasy nadbrzeżne) lub na styku różnych typów użytkowania ziemi. W skład pasów wchodzi zazwyczaj trawy, byliny, krzewy i drzewa, tworzące gęstą barierę roślinną. Szerokość jest kluczowa dla skuteczności (często zalecane jest minimum 10 metrów). Podstawowym celem jest izolowanie ekosystemu docelowego (np. rzeki) od negatywnych wpływów otoczenia (np. pola uprawnego). Zakładanie pasów buforowych wpływa na:

1. Ochronę wód powierzchniowych poprzez:

- spływu powierzchniowego - pasy te spowalniają wodę deszczową spływającą z pól, co pozwala na osadzanie się cząstek gleby i erodowanych osadów. Wpływa to na zapobieganie erozji wodnej,
- wychwytywanie biogenów - roślinność absorbuje nadmiar azotu i fosforu (biogenów) pochodzących z nawozów. Ogranicza to ich dopływ do wód, co jest kluczowe w zapobieganiu eutrofizacji (zakwitom glonów),
- redukcja pestycydów - rośliny i gleba w pasie buforowym pomagają w rozkładzie i zatrzymywaniu pestycydów.

2. Stabilizacja brzegów i gleby - systemy korzeniowe roślin stabilizują skarpy i brzegi rzek, chroniąc je przed podmywaniem,

3. Ochrona bioróżnorodności - stanowią cenne siedliska dla organizmów wodnych, płazów, owadów i ptaków. Bagienne strefy buforowe mogą magazynować wodę, łagodząc suszę i stanowiąc rezerwuuar dla mokradeł.

Liniove zadrzewienia (jak pasy wiatrochronne) są jednocześnie pasami buforowymi dla procesów wietrznych i mogą również, choć w mniejszym stopniu, zredukować zanieczyszczenia chemiczne na granicach pól. Oba typy pasów są kluczowymi elementami w tworzeniu **zrównoważonego i odpornego krajobrazu**.

W powiecie sępoleńskim grunty leśne, zadrzewione i zakrzewione zajmują 191,4 km² (24,2 %) powierzchni powiatu i pełnią bardzo ważną rolę. Lasy wpływają pozytywnie na wielkość alimentacji wód opadowych (a przez to na zasoby wodne) – zwiększają bowiem infiltrację, przyczyniając się przez to do przeniesienia części powierzchniowej fazy odpływu wód opadowych w kierunku odpływu pokrywowego i podziemnego. Ważną rolę odgrywa tu znaczna retencyjność ściółki i gleb leśnych (tab. 5.5.1).

Tab. 5.5.1. Retencja leśna

Autor	Przykłady retencji leśnej
Michalik; cyt. za Chełmicki (2001)	Pokrywa mchów o masie 1 kg może przyjąć na powierzchni 1 m ² około 5 kg wody (około 5 mm opadu)
Osuch i Węglarczyk; cyt. za Chełmicki (2001)	Badania ściółki leśnej wykazały, że – przy założeniu średniej miąższości ściółki, wynoszącej 4,3 mm – jej maksymalna retencja wynosi prawie 12 mm wody (po osiągnięciu wypełnienia retencji maksymalnej, woda opadowa przestaje być przez ściółkę zatrzymywana)
Musierowicz; cyt. za Chełmicki (2001)	W glebę leśną – spulchnioną zarówno przez organizmy glebowe, jak i system korzeniowy drzew – może wsiąknąć około 75% wody w stosunku do masy gleby w stanie suchym
Figuła (cyt. za Chełmicki 2001)	Stosunek przepływu minimalnego do maksymalnego w zlewni silnie zalesionej (60%) i słabo zalesionej (20%) wynosi odpowiednio 1:155 i 1:410
Liberadzki i Szafrąński (cyt. za: Przybyła i in. 2015)	W zalesionej w 15 % zlewni cieką Potaszka średnie odpływy jednostkowe były czterokrotnie wyższe niż w zlewni cieką Hutka zalesionego w 89 %. Ponadto odpływy ze zlewni cieką Hutka nie zanikają nawet przy dużych niedoborach opadów w okresie wegetacyjnym, co wpływa korzystnie na uwilgotnienie gleb przyległych siedlisk leśnych i zachowanie życia biologicznego w samym cieku
Murat-Błażejewska i Kujawa; Kanlerz i in. (cyt. za: Przybyła i in. 2015)	Na przykładzie zlewni Małej Wełny wykazano, że poziom zwierciadła wody gruntowej w glebach leśnych jest znacznie wyższy niż w glebie uprawnej, a amplituda wahań stanów wód gruntowych w lesie jest 1,5-krotnie mniejsza niż w gruntach ornych

Koc i Solarcki (cyt. za: Przybyła i in. 2015)	Odnotowano korzystny wpływ zlewni nieużytkowanej rolniczo w porównaniu ze zlewnią rolniczą na obniżenie odpływu jednostkowego i wielkości fali kulminacyjnej w przypadku wystąpienia deszczy nawałnych. Las trzykrotnie zmniejszał amplitudę odpływu i lepiej retencjonował wodę pochodzącą z topnienia śniegu i ulewnych deszczy
Fabijanowski i Jaworski (cyt. za Chełmicki 2001)	Warstwa gleb leśnych (o miąższości 1 m) jest w stanie zmagazynować 2300m ³ na obszarze 1 ha*

Przyjmując, że mokradła magazynują około 1/3 przeciętnej sumy opadów rocznych (Miler 2009), zatem, przyjmując dla środkowej części województwa kujawsko-pomorskiego przeciętną sumę opadów rocznych na poziomie 500 mm, można oszacować ilość wody retencjonowanej na 1 ha mokradła jako około 1667 m³ (tab. 5.5.2).

Tab. 5.5.2. Ilość wody retencjonowanej przez mokradła leśne (Miler 2009)

Wyszczególnienie	Roczna suma opadu	Ilość wody retencjonowanej na 1 ha mokradła	
		Przykład	500 mm

*- wg Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy – KPOB, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy

Zwiększenie powierzchni leśnej, zadrzewionej (fitomelioracje) wpływa także na powolniejsze uwalnianie się wody ze śniegu (w przypadku wystąpienia śnieżnych zim). Pokrywa śnieżna może dostarczać istotnych ilości wody dla gleby, pod warunkiem, że zostaną one (w jak największym stopniu) zatrzymane.

Tabela 5.6.5. Retencja śnieżna - zapas wody w pokrywie śnieżnej na danym obszarze – przykład (wg Pociask-Karteczka (red.), 2006)

- Zakładamy, że cała powierzchnia gruntów ornych w gospodarstwie (np. 17 ha)* pokryta jest warstwą śniegu o miąższości 36 cm i gęstości 0,12 g·cm⁻³. Gęstość

pokrywy śnieżnej może być w zakresie od 0,07 (przy temperaturze powietrza podczas opadu śniegu poniżej -10°C) do $0,20 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (temperatura powyżej $+2^{\circ}\text{C}$).

- Obliczamy zapas wody w pokrywie śnieżnej ze wzoru:

$$h = 10 \cdot r_{\text{s}} \cdot h_{\text{s}}$$

gdzie: h – punktowy zapas wody w pokrywie śnieżnej [mm]

r_{s} – gęstość śniegu [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]

h_{s} – miąższość pokrywy śnieżnej [cm].

$$h = 10 \cdot 36 \cdot 0,12 = 43,2 \text{ (mm)}$$

- Obliczamy zapas wody w pokrywie śnieżnej na obszarze gospodarstwa (V) jako iloczyn punktowego zapasu wody (h) i obszaru gospodarstwa (A) [$A = 17 \text{ ha} = 170\,000 \text{ m}^2$; $h = 43,2 \text{ mm} = 4,32 \text{ cm} = 0,0432 \text{ m}$]. $V = h \text{ (m)} \cdot A \text{ (m}^2\text{)} = 0,0432 \text{ m} \cdot 170\,000 \text{ m}^2 = 7\,374 \text{ m}^3$

*- przyjęta przeciętna powierzchnia gospodarstwa w województwie kujawsko-pomorskim

Na terenach leśnych województwa kujawsko-pomorskiego, w tym powiatu sępoleńskiego, tak, jak na obszarze prawie całej Polski, występują niedobory wody wynikające z niekorzystnych bilansów wodnych. Może to w konsekwencji doprowadzić do degradacji niektórych siedlisk leśnych, w tym szczególnie cennych dla utrzymania bioróżnorodności (leśnych siedlisk mokradłowych). Temu niekorzystnemu zjawisku próbuje się przeciwdziałać m.in. poprzez tzw. programy małej retencji. Działania te mają spowodować wydłużenie drogi i czasu obiegu wody w zlewniach z jednoczesnym zapewnieniem samooczyszczania się wód.

5.6. Działania agroekologiczne zwiększające retencję w rolnictwie (pasy roślinności, mulczowanie, poprawa struktury gleby).

Działania agroekologiczne zwiększające retencję wody w rolnictwie skupiają się na poprawie zdolności gleby i krajobrazu do zatrzymywania wody, minimalizacji jej strat oraz spowolnieniu spływu powierzchniowego. Są to praktyki zgodne z zasadami rolnictwa **regeneratywnego** i **konserwującego**. Najważniejszymi elementami tych działań są: 1) poprawa retencji glebowej; 2) retencja w krajobrazie i ochrona przed spływem powierzchniowym; 3) dobór roślin i płodozmian.

1) Poprawa retencji glebowej. Kluczowe działania koncentrują się na poprawie struktury i składu gleby, co bezpośrednio zwiększa jej zdolność do magazynowania wody. Zaliczamy do nich:

- **zwiększanie zawartości próchnicy (materii organicznej)** – próchnica działa jak gąbka – wzrost jej zawartości w glebie o 1% może zatrzymać dodatkowo od 90 do 150 t H₂O/ha. Możemy poprawić zawartość próchnicy poprzez m.in. przyorywanie słomy (mulczowanie), uprawa poplonów i międzyplonów o dużej biomase, prawidłowe nawożenie naturalne (stosowanie obornika i kompostu);
- **agromelioracje** – zabiegi mające na celu polepszenie warunków glebowych oraz usprawnienie odprowadzenia wilgoci z gleby poprzez wykonanie orek głębokich i głębokiego spulchniania, zmieniając stan zagęszczenia, wywierają bezpośredni wpływ na zdolności retencyjne warstwy spulchnionej, a poprzez zmianę przepuszczalności i właściwości mechanicznych mogą wpływać na warunki odnawiania retencji glebowej i jej dostępność dla roślin;
- **minimalna i bezorkowa uprawa gleby (tzw. rolnictwo konserwujące).** Poprzez te zabiegi ogranicza się przemieszczanie i mieszanie gleb, co pozwala zachować resztki poźniwne na powierzchni (mulcz). Zmniejsza to ewaporację, chroni glebę przed erozją oraz pozwala zachować stabilne, ciągłe pory, które zwiększają infiltrację (przesiákanie) wody. Lżejsza uprawa (spulchnianie a nie głęboka orka) zapobiega nadmiernemu natlenieniu i przyspieszonemu rozkładowi materii organicznej;
- **uprawa poplonów i międzyplonów (okrywa gruntowa).** Dzięki tym zabiegom utrzymujemy glebę pokrytą roślinnością przez większą część roku, co ogranicza parowanie z powierzchni gruntu (ewaporację), chroni przed erozją (głównie na glebach lżejszych) oraz finalnie wzbogaca glebę w materię organiczną.

2) Retencja w krajobrazie i ochrona przed spływem powierzchniowym. Działania te mają na celu spowolnienie odpływu wody z pól oraz jej gromadzenie w naturalnych bądź sztucznych zbiornikach retencyjnych. Głównie obejmują:

- **zabiegi przeciwozyjne** – obejmujące orkę w poprzek stoków, tarasowanie na terenach nachylonych, co spowalnia spływ powierzchniowy i zwiększa wsiákanie wody w głąb profilu glebowego, uprawy wstęgowy, polegające na przemiennym wysiewie różnych gatunków roślin w pasy;

- **odtworzenie elementów krajobrazowych (mikroretencja)** – obejmuje odtwarzanie i utrzymanie śródpolnych oczek wodnych, mokradeł i rowów melioracyjnych z możliwością piętrzenia, co pozwala na zwiększenie retencji powierzchniowej. Działania te obejmują również tworzenie i utrzymywanie zadrzewień śródpolnych, zakrzaceń i stref buforowych (zadarnione pasy gruntu) na obrzeżach pól lub wzdłuż cieków wodnych. Roślinność ta spowalnia spływ, chroni przed erozją i poprawia mikroklimat;
- **racjonalne zarządzanie wodą z melioracji** – zmiana (przebudowa) systemów drenarskich, tak aby mogły pełnić rolę nawadniająco-odwadniająca (regulacja poziomu wód za pomocą zastawek piętrzących), tak aby umożliwić zatrzymanie wód w okresach suszy.

3) Dobór roślin i płodozmian. Głównym zadaniem tych działań jest takie planowanie upraw aby zminimalizować zapotrzebowanie na wodę oraz poprawić jej wykorzystanie w skali pola. Do najważniejszych działań zaliczamy:

- **stosowanie płodozmienu** z udziałem roślin strukturotwórczych o głębokim i silnym systemie korzeniowym np. rośliny bobowate, lucerna, które spulchniają glebę, poprawiają jej strukturę i zdolności wodno-powietrzne;
- **dobór odmian odpornych na suszę** – głównie uprawa gatunków i odmian roślin o mniejszym zapotrzebowaniu na wodę (np. rośliny o typie fotosyntezy C₄, jak kukurydza czy sorgo) oraz takich, które lepiej znoszą okresowe niedobory wody;
- **zastępowanie roślin jarych oziminami** – ponieważ rośliny ozime, dzięki wcześniejszemu startowi wegetacji, lepiej wykorzystują zapasy wody zgromadzone po zimie i wczesną wiosną.

Wszystkie te działania są zbieżne z celami **rolnictwa konserwującego**, które dąży do minimalizacji degradacji gleby i maksymalizacji zasobów wodnych i biologicznych w ekosystemie rolnym.

Wybrane działania agroekologiczne zwiększające retencję glebową w powiecie grudziądzkim oraz potencjalne, wybrane możliwości zwiększenia retencji glebowej w powiecie grudziądzkim przedstawiono poniżej.

Tab. 5.6.1. Potencjalna możliwość zwiększenia retencji glebowej poprzez zabiegi agromelioracyjne (według założeń Cieślińskiego i Miatkowskiego 1996)

Wyszczególnienie	Możliwość zwiększenia retencji glebowej poprzez zabiegi agromeliioracyjne		
	niska	średnia	wysoka
Wielkość możliwości zwiększenia retencji			
Warstwa wody (wskaźnik opadu)	10 mm	30 mm	50 mm
Ilość wody na powierzchni 1 ha	100 m ³ · ha ⁻¹	300 m ³ · ha ⁻¹	500 m ³ · ha ⁻¹
Ilość wody na 20 ha	2000 m ³	6000 m ³	10 000 m ³
Ilość wody w gruntach ornych (GO) w powiecie sępoleńskim (przy założeniu, że areal GO = 45 087 ha)	4 508 700 m³	13 526 100 m³	22 543 500 m³

Tabela 5.6.2. Potencjalna możliwość zwiększenia retencji glebowej poprzez wzrost zawartości próchnicy (humusu) (według założeń Kędziory; cyt. za Chełmicki 2001)

Wyszczególnienie	Zwiększenie zawartości próchnicy o 1 % w warstwie gleby*	
	0-100 cm	0-25 cm
Warstwa wody (wskaźnik opadu)	34 mm	8,5 mm
Ilość wody na powierzchni 1 ha	340 m ³ · ha ⁻¹	85 m ³ · ha ⁻¹
Ilość wody na 20 ha	6 800 m ³	1 700 m ³
Ilość wody w gruntach ornych (GO) w powiecie sępoleńskim (przy założeniu, że areal GO = 45 087 ha)	15 329 580 m³	3 832 395 m³

*- podniesienie zawartości próchnicy w glebie o 1 % jest prawie niemożliwe do uzyskania, ale warto zdawać sobie sprawę z tego, że wzrost zawartości próchnicy nawet o ułamek procenta może istotnie wpłynąć na wielkość retencji glebowej (i odwrotnie: spadek zawartości próchnicy w glebie obniża zdolności retencyjne gleby!)

Tabela 5.6.3. Wzrost porowatości ogólnej powoduje wzrost pojemności kapilarnej gleb (według badań Trybały; cyt. za Chełmicki 2001)

<ul style="list-style-type: none"> • Wzrost porowatości ogólnej z 36 do 48 % powoduje wzrost pojemności kapilarnej gleb o 4 % • Zatem, nawet niewielki wzrost kapilarności może przyczynić się do zwiększenia ilości wody kapilarnej, niekiedy o kilka m³ · ha⁻¹

Tabela 5.6.4. Podniesienie pojemności wodnej gleb poprzez zastosowanie bentonitu (wg Instytutu Ogrodnictwa – PIB; cyt. za Treder 2022)

- Dla podniesienia pojemności wodnej wierzchniej warstwy gleby o wartość średniej dziennej ewapotranspiracji z okresu lata (np. 3,4 mm), na każdy 1 m² gleby trzeba zastosować 1 kg bentonitu (czyli 10 ton na 1 ha)*.
- Zatem, dawka 30 t·ha⁻¹ może podnieść pojemność wodną gleby o ok. 10 mm (100 m³/ha)
- **Dodatkowa ilość wody w gruntach ornym (GO) w powiecie sępoleńskim (przy założeniu, że areal GO = 45 087 ha i stosujemy dawkę 30 t·ha⁻¹) może wynieść 4 508 700 m³.**

*- w literaturze można znaleźć opisy pozytywnych efektów stosowania bentonitu w dawkach od 20 aż do nawet 120 ton/ha.

Podsumowanie i rekomendacje praktyczne w odniesieniu do lokalnych warunków powiatu sępoleńskiego

Powiat sępoleński charakteryzuje się średnią wieloletnią sumą opadów atmosferycznych na poziomie 545 mm rocznie, z czego 327 mm przypada na półrocze letnie (IV-IX). Należy do obszarów nizinnych o stosunkowo lekkich glebach, gdzie dużą rolę gospodarczą odgrywa rolnictwo, co zwiększa zagrożenie suszą hydrologiczną.

Klimatyczny bilans wodny (KBW): W powiecie występuje ujemny KBW. W okresie referencyjnym (1966-1995) KBW wyniósł średnio -152 mm. Prognozy przewidują, że w drugiej połowie stulecia deficyt może osiągnąć wartość -171 mm (w dekadzie 2091–2100, scenariusz RCP 8.5). KBW wskazuje na małą potencjalną potrzebę rozwoju melioracji nawadniających w perspektywie krótkiej i średniej, a na umiarkowaną w okresie lat 2071-2100 (wartość KBW w zakresie -150 mm do -200 mm).

Uwarunkowania siedliskowe: powiat sępoleński zajmuje 791 km².

Użytki rolne (UR): 65% ogólnej powierzchni, z czego grunty orne (GO) stanowią 45 087 ha (około 57% powierzchni powiatu).

Grunty leśne, zadrzewione i zakrzewione: lesistość jest znaczna i wynosi 24,2%.

Kluczowe priorytety działania:

1. Retencja glebowa (agromelioracja): poprawa pojemności wodnej i struktury gleb orných (65% powierzchni), ze szczególnym naciskiem na gleby lekkie.
2. Retencja leśna i krajobrazowa: wykorzystanie i wzmocnienie dużego potencjału retencyjnego lasów i zadrzewień (24,2% powierzchni).
3. Minimalizacja parowania: Ograniczanie strat wody z powierzchni gleby (ewaporacji).

Działania na rzecz zwiększenia retencji w rolnictwie (agromelioracja)

Ponieważ gleba jest naturalnym zbiornikiem dla wód opadowych, kluczowe jest poprawienie jej właściwości retencyjnych.

A. Zwiększanie zawartości glebowej materii organicznej (próchnicy)

Próchnica jest najważniejszym czynnikiem decydującym o retencji w glebach piaszczystych, ponieważ wiąże **około 5 razy więcej wody** w stosunku do swojej masy.

Metoda Działania	Opis	Potencjał retencyjny
Zwiększanie zawartości próchnicy	Stosowanie właściwego płodozmianu (unikanie monokultur), nawożenie organiczne (obornik, komposty), uprawa poplonów/międzyplonów, oraz regulowanie odczynu gleb.	Wzrost GO o 1% zatrzymuje dodatkowo od 90 do 150 t H ₂ O/ha. Potencjał dla GO powiatu (45 087 ha) przy wzroście o 1% w warstwie 0–25 cm wynosi 3 832 395 m ³ .
Płodozmian wzbogacający GO	Wprowadzanie roślin bobowatych i wieloletnich roślin pastewnych, które mają dodatni współczynnik reprodukcji substancji organicznej.	Rośliny bobowate dzięki głębokiemu i silnie rozbudowanemu systemowi korzeniowemu poprawiają strukturę gleby.
Uprawa Międzyplonów	Utrzymywanie gleby pod okrywami roślinnymi (mulczem) ogranicza parowanie.	Mulcz chroni glebę przed erozją wodną i wietrzną.

B. Konserwująca uprawa roli i zabiegi agromelioracyjne

Uprawa konserwująca (bezorkowa, pasowa) minimalizuje straty wody i degradację gleby.

Charakterystyka i metoda działania	Opis	Potencjał retencyjny
Głęboszowanie (agromelioracja)	Mechaniczne spulchnienie zagęszczonej warstwy podornej (podeszwy płużnej), co zwiększa porowatość gleb i zdolność retencyjną.	Zwiększenie retencji użytecznej o 30–50 mm (300–500 m ³ ha ⁻¹). Maksymalny potencjał dla GO powiatu (45 087 ha) to 22 543 500 m ³ wody.
Uprawa konserwująca	Zastępowanie pługa narzędziami nieodwracającymi roli, utrzymywanie min. 30% resztek poźniwnych (mulczu) na powierzchni gleby.	Mulcz minimalizuje parowanie wody (ewaporację). Redukuje straty wody w porównaniu do uprawy płużnej.
Dodatki mineralne	Aplikacja bentonitu lub bazaltów (skały wulkaniczne) w celu zwiększenia porowatości i pojemności sorpcyjnej gleby.	Dawka 30 t·ha ⁻¹ bentonitu podnosi pojemność wodną gleby o ok. 10 mm (100 m ³ ha ⁻¹). Potencjał dla GO powiatu to 4 508 700 m ³ .

C. Dobór roślin

- Rośliny C4: należy zwiększać areale upraw roślin o typie fotosyntezy C4 (np. proso, sorgo, kukurydza), które zużywają tylko 200–400 l wody na 1 kg suchej masy, w porównaniu do pszenicy (500–600 l).
- Preferowanie ozimin: odmiany ozime (pszenica, rzepak) są preferowane nad jarymi, ponieważ lepiej wykorzystują zapasy wody pozimowej. Można stosować też odmiany przewódkowe zbóż jarych (np. pszenica jara: Arabella, Mandaryna; żyto jare: Bojko) wysiewane późną jesienią, aby wykorzystać zapasy wody zimowej i wczesnowiosennej.
- Nawożenie optymalne: optymalne zaopatrzenie w fosfor (P) (rozwój korzeni) i potas (K) (regulacja aparatów szparkowych) umożliwi mniejsze zużycie wody na jednostkę plonu i zwiększa odporność roślin na suszę.

Działania na rzecz retencji leśnej i krajobrazowej

Grunty leśne i zadrzewione zajmują **24,2%** powierzchni powiatu. Lasy wpływają pozytywnie na zasilanie wód opadowych i zwiększają infiltrację.

Działanie/Charakterystyka	Opis	Korzyści ilościowe i środowiskowe	Miejsca potencjalnej lokalizacji
Retencja leśna bierna	Ochrona ściółki leśnej i utrzymanie odpowiedniej struktury gleby leśnej.	Gleba leśna (1m miąższości) może zmagazynować 2 300 m ³ /ha wody. Ściółka leśna może przyjąć maksymalnie prawie 12 mm wody.	Na obszarach leśnych (24,2% powierzchni)
Mała retencja techniczna	Budowa budowli piętrzących na ciekach (zastawki, progi, stopnie) w rowach melioracyjnych. Renaturyzacja obszarów podmokłych i zatykanie drenów.	Kontrolowane zatrzymywanie wody w rowach, podnoszenie poziomu wód gruntowych na sąsiadujących terenach. Ochrona torfowisk przed murszeniem i emisją CO ₂ (sekwestracja węgla).	W rowach melioracyjnych i ciekach wodnych.
Zadrzewienia i pasy wiatrochronne	Tworzenie liniowych pasów drzew i krzewów orientowanych prostopadłe do kierunku dominujących wiatrów.	Redukcja ewapotranspiracji z powierzchni pola poprzez ograniczenie prędkości wiatru. Poprawa wilgotności gleby i powietrza w strefie osłoniętej.	Na otwartych gruntach ornych (57% powierzchni)
Pasy buforowe (ekotony)	Strefy roślinne zakładane wzdłuż cieków wodnych lub na granicy pól.	Wychwytywanie nadmiaru biogenów (azotu i fosforu) oraz spowalnianie spływu powierzchniowego.	Wzdłuż rowów, kanałów i cieków wodnych.

Dla powiatu sępoleńskiego, z uwagi na ujemny KBW (-152 mm), znaczną powierzchnię gruntów ornych (45 087 ha) i dużą lesistość (24,2%), kluczowe jest połączenie agromelioracji z retencją leśną i krajobrazową.

Działania o największym znaczeniu dla powiatu:

1. Agromelioracje (głęboszowanie): ma największy potencjał ilościowy do zwiększenia retencji użytecznej (do 22,54 mln m³ wody w GO). Jest to kluczowe w celu poprawy wsiąkania wody.
2. Gospodarka materią organiczną (GO) i uprawa konserwująca: Wzrost zawartości próchnicy jest fundamentem retencji, szczególnie na glebach piaszczystych (potencjał retencji z 1% wzrostu GO: 3,83 mln m³wody). Uprawa konserwująca (mulczowanie) jest niezbędna do minimalizacji ewaporacji, co jest kluczowe w warunkach suszy.
3. Retencja leśna i krajobrazowa: duża lesistość pozwala na intensywne wykorzystanie małej retencji technicznej (zastawki) oraz tworzenie pasów wiatrochronnych w krajobrazie rolniczym, aby zmniejszyć parowanie i erozję.

Ograniczenia: Zabiegi agrotechniczne jedynie częściowo łagodzą skutki suszy w warunkach mniejszego niedoboru wody. Przy prognozowanym pogłębianiu się KBW, w warunkach drastycznego niedoboru wody, jedynym w pełni skutecznym sposobem jest wprowadzanie nowoczesnych systemów nawodnieniowych.

6. Analiza wariantów i dobór optymalnych rozwiązań (dwa obiekty na terenie powiatu).

6.1. Przygotowanie wariantów rozwiązań w zależności od uwarunkowań terenowych i ekonomicznych.

Przygotowanie wariantów rozwiązań retencyjnych stanowi kluczowy etap opracowania, łączący część diagnostyczną z procesem wyboru inwestycji priorytetowych. Na bazie dostarczonej przez Lokalne Partnerstwo Wodne listy inwestycji priorytetowych przeprowadzono analizę wariantową. Celem wariantowania było wskazanie takich zestawów działań, które w warunkach terenowych analizowanego powiatu pozwolą na możliwie największą poprawę bilansu wodnego, przy jednoczesnym

zachowaniu racjonalności ekonomicznej oraz realnych możliwości wdrożeniowych na poziomie gmin i lokalnych partnerstw wodnych. Proces ten uwzględniał zarówno specyfikę środowiskową obszaru, jak i ograniczenia organizacyjne oraz finansowe jednostek samorządu terytorialnego.

Punktem wyjścia do przygotowania wariantów była analiza uwarunkowań terenowych przedstawiona w powyższych rozdziałach, które w istotny sposób determinują efektywność potencjalnych działań retencyjnych.

Równolegle uwzględniono uwarunkowania ekonomiczne i organizacyjne, które w praktyce decydują o możliwości realizacji inwestycji. Szczególną uwagę zwrócono na koszty jednostkowe uzyskiwanej retencji, zakres ingerencji w strukturę własności gruntów, konieczność prowadzenia procedur administracyjnych oraz potencjalne koszty eksploatacyjne. Warianty projektowano w taki sposób, aby możliwe było ich etapowanie, a także dostosowanie skali realizacji do dostępnych środków finansowych i zdolności organizacyjnych gmin, spółek wodnych oraz właścicieli gruntów rolnych.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wyodrębniono dwie inwestycje związane z budową lub odbudową obiektów technicznych w miejscach o największym potencjale retencyjnym na obszarach wiejskich. Dla każdej z inwestycji określono warunki techniczne, oparte głównie na budowie i renowacji małych zbiorników retencyjnych, zastosowaniu obiektów piętrzących w ciekach i rowach melioracyjnych, mikroretencja śródpolna, spowalnianie odpływu w rowach, renaturyzacja niewielkich cieków oraz odbudowa naturalnych zdolności retencyjnych gleb. Działania techniczne charakteryzować się mają wysoką skutecznością lokalną, szczególnie w zakresie magazynowania wody i stabilizacji przepływów, umożliwiającą zarówno szybkie efekty lokalne, jak i długofalową poprawę funkcjonowania systemu wodnego, przy uwzględnieniu realności nakładów inwestycyjnych, możliwości ingerencji w środowisko i własność gruntów dużą elastycznością przestrzenną oraz możliwością realizacji przy aktywnym udziale lokalnych użytkowników gruntów.

6.2. Ocena efektywności poszczególnych rozwiązań na podstawie symulacji hydrologicznych (zmiany przepływów, retencja).

Ocena efektywności zaproponowanych wariantów została przeprowadzona w oparciu o analizy hydrologiczne, których celem było ilościowe określenie wpływu poszczególnych rozwiązań na funkcjonowanie systemu wodnego. Analizy te

koncentrowały się przede wszystkim na zmianach wielkości i dynamiki odpływu, zdolności retencyjnej zlewni oraz dostępności wody w okresach deficytowych, kluczowych z punktu widzenia rolnictwa i bezpieczeństwa wodnego. Symulacje wykonano w odniesieniu do reprezentatywnych zlewni cząstkowych i mikrozlewni, odzwierciedlających zróżnicowane warunki hydrologiczne i użytkowanie terenu występujące na obszarze powiatu. Dla każdego wariantu rozważono scenariusz stanu istniejącego, scenariusz wdrożenia działań w skali minimalnej oraz scenariusz realizacji pełnego zakresu rozwiązań. Pozwoliło to na ocenę zarówno efektów początkowych, jak i potencjalnych korzyści wynikających z konsekwentnej, długofalowej realizacji programu retencyjnego.

Wyniki symulacji wskazują, że wybrane dwa warianty techniczne prowadzić będą do wyraźnego zwiększenia objętości retencjonowanej wody na obszarze powiatu. Efekty te mają jednak charakter punktowy i w ograniczonym stopniu przekładają się na poprawę bilansu wodnego w skali całych zlewni cząstkowych. Symulacje wskazują, że wybrane warianty inwestycji redukcją kulminacji odpływu w okresach intensywnych opadów, jak i zwiększenie dostępności wody w okresach wegetacyjnych. Wskaźniki efektywności ekonomicznej, odnoszące koszty inwestycji do uzyskanej objętości retencji, plasują ten wybrane warianty jako najbardziej optymalny z punktu widzenia długoterminowej strategii gospodarowania wodą.

Przeprowadzona ocena potwierdza, że skuteczna poprawa bilansu wodnego w analizowanym powiecie wymaga odejścia od rozwiązań jednowymiarowych na rzecz zintegrowanego systemu retencji. Wyniki symulacji stanowią bezpośrednią podstawę do dalszej priorytetyzacji inwestycji oraz wskazania obszarów, w których wdrażanie działań przyniesie największe korzyści hydrologiczne, środowiskowe i gospodarcze.

6.3. Analiza kosztów inwestycyjnych i utrzymaniowych oraz korzyści społeczno-ekonomicznych (poprawa warunków rolniczych, zmniejszenie strat powodziowych, poprawa jakości środowiska).

Melioracje wodne mogą być określone jako zespół działań podejmowanych w celu poprawy stosunków powietrzno-wodnych w przy powierzchniowej warstwie ziemi – głównie w glebie i podglebiu. Związane są przede wszystkim z rolnictwem, jednak ze względu na rozwój pozarolniczej działalności gospodarczej na obszarach wiejskich ich właściwe funkcjonowanie ma coraz częściej znaczenie dla całej gospodarki (Bukowski i in. 2014).

Ze względu na długookresowy charakter, przedsięwzięcia związane z melioracjami wodnymi, z ekonomicznego punktu widzenia, mają charakter inwestycji.

W celu określenia efektywności ekonomicznej planowanych inwestycji w powiatach województwa kujawsko-pomorskiego posłużono się kilkoma wskaźnikami ekonomicznymi ogólnie stosowanymi w celach oceny efektywności inwestycji.

I. Nakłady inwestycyjne (ang. Capital Expenditures, CAPEX) – koszty związane z nabyciem lub ulepszeniem aktywów trwałych, takich jak nieruchomości, maszyny, sprzęt, inwestycje długoterminowe, budowa nowych obiektów.

II. Koszty operacyjne / wydatki inwestycyjne (ang. Operating Expenses, OPEX) – wydatki ponoszone na bieżące funkcjonowanie i utrzymanie firmy, takie jak wynagrodzenia, czynsze, media (prąd, internet), marketing czy materiały eksploatacyjne, które są księgowane w rachunku zysków i strat w okresie ich poniesienia i nie wpływają na wartość długoterminowych aktywów.

III. Czas zwrotu inwestycji (ang. Payback Period, PP) to wskaźnik określający, jak długo (w miesiącach/latach) potrzeba na odzyskanie początkowych nakładów finansowych z generowanych przez projekt przepływów pieniężnych, liczy się go, dzieląc inwestycję przez roczne przepływy, i jest prostym narzędziem do oceny ryzyka i szybkości odzyskania kapitału, choć nie uwzględnia wartości pieniądza w czasie ani zysków po okresie zwrotu.

IV. Analiza kosztów i korzyści (ang. Cost Benefit Analysis, CBA) – metoda kosztów i korzyści jest jedną z kilku metod stosowanych do ewaluacji różnego typu projektów inwestycyjnych. CBA jest narzędziem analitycznym służącym do oceny korzyści lub wad ekonomicznych decyzji inwestycyjnej poprzez ilościowe określenie zmian dobrobytu, które można przypisać jej realizacji. Ma na celu ilościowe określenie wszystkich korzyści i kosztów dla społeczeństwa w kategoriach pieniężnych. Są to oddziaływania ekonomiczne, społeczne i środowiskowe. Polega ona na porównaniu wszystkich możliwych korzyści społecznych wynikających z realizacji projektu z kosztami generowanymi przez ten projekt. Gdy zdyskontowana wartość wszystkich zidentyfikowanych korzyści jest większa od sumy zdyskontowanych kosztów, projekt jest efektywny ekonomicznie. Stosowanie metody CBA pozwala nie tylko na wytypowanie tych projektów, które są społecznie pożądane, ale również umożliwia wskazanie tego z rozważanych wariantów danego projektu, którego efektywność ekonomiczna jest największa. Społeczno-ekonomiczna analiza kosztów i korzyści powinna uwzględniać nie tylko finansowe koszty i korzyści wyrażane przepływami

pieniężnymi, ale również dostarczać informacji o tych aspektach oddziaływania przedsięwzięcia, które nie są przedmiotem transakcji rynkowych (KE 2021).

Zgodnie z tą metodą oszacowane koszty i korzyści należy przedstawić za pomocą wskaźnika określającego zasadność przeprowadzanego przedsięwzięcia:

$$NPV = \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto przedsięwzięcia (ang. net present value);

B_t – korzyści przedsięwzięcia w okresie t ;

C_t – koszty przedsięwzięcia w okresie t ;

r – stopa dyskontowa.

Liczbę lat (jeśli rachunek prowadzi się w okresach rocznych), po której wskaźnik **NPV** zmienia swą wartość z ujemnej na dodatnią, określa się jako okres zwrotu kapitału zaangażowanego w inwestycję. Wyznacza ona czas, po jakim efekty uzyskane z prowadzonej działalności pokryją w pełni poniesione do tego momentu nakłady, w tym także nakłady inwestycyjne (Dynus 2007).

V. Wskaźnik Korzyści do Kosztów (ang. Benefit-Cost Ratio - B/C) – wskazuje, jaką wartość przychodów generuje każda jednostka kosztów):

$$B/C = \frac{\text{Suma zdyskontowanych korzyści}}{\text{Suma zdyskontowanych kosztów}}$$

Interpretacja: Jeśli $B/C > 1$, korzyści przewyższają koszty. Jest to przydatne do rankingu alternatywnych projektów.

VI. Wewnętrzna stopa zwrotu (ang. Internal Rate of Return, IRR) – kolejny wskaźnik stosowany w ocenie efektywności inwestycji. Jest to taka stopa dyskonta, przy której obecna wartość netto NPV, obliczona dla całego okresu działalności, jest równa zero. Inwestycja jest efektywna ekonomicznie tylko wtedy, gdy wewnętrzna stopa zwrotu jest co najmniej równa wielkości przyjętej stopy dyskonta ($IRR \geq r$) (Bukowski 2012). Zastosowana w obliczeniach stopa dyskonta r powinna odzwierciedlać alternatywny koszt kapitału dla inwestora. W analizie do wyznaczenia społecznej stopy dyskontowej przyjęto obliczenia zaprezentowane przez Generalną Dyрекcję ds. Rozwoju

Regionalnego KE (KE 2008). Według tych szacunków stopa wzrostu wydatków publicznych w Polsce wynosi 3,8%, elastyczność krańcowego dobrobytu społecznego (jako odpowiednik krańcowej użyteczności konsumpcji) w odniesieniu do wydatków publicznych jest równa 1,12%, a stopa czystej preferencji czasowej wynosi 1,0%. Obliczona na tej podstawie realna **społeczna stopa dyskontowa (ang. Social Discount Rate, SDR)** przyjmuje wartość 5,26%.

Do oceny efektywności ekonomicznej priorytetowych przedsięwzięć inwestycyjnych w poszczególnych Powiatowych Lokalnych Partnerstwach Wodnych przyjęto następujące założenia oraz podział do wyceny ich społecznych efektów.

1. Inwestycje z kategorii melioracji szczegółowych:

- Remont i budowa to inwestycje o tym samym charakterze. Zły stan urządzeń wymuszający prace remontowe, był spowodowany brakiem prac konserwatorskich w wystarczającym zakresie, a dotychczasowe koszty eksploatacyjne w przybliżeniu są równe 0. W związku z tym, urządzenia te nie funkcjonowały w odpowiedni sposób, a więc wartość efektów wynikających z ich dotychczasowego istnienia także w przybliżeniu jest równa 0.
- Obszar oddziaływania urządzeń melioracji szczegółowych jest zgodny z danymi udostępnionymi przez MRiRW.
- Efektem wynikającym z nowych inwestycji i remontów jest coroczny przyrost plonów na obszarze objętym oddziaływaniem urządzeń. Wartość tego efektu obliczono zakładając 17% przyrost plonów zbóż, rzepaku i trwałych użytków zielonych oraz 12% wzrost plonów buraków cukrowych i ziemniaków (Manteuffel Szoega 2002);
- Struktura zasiewu i wielkość plonów jest taka sama jak średnia dla obszaru całego kraju z lat 2020–2023, zaś ceny skupu plonów – takie jak w 2024 r. (GUS 2024).
- Urządzenia melioracji szczegółowych eliminują straty spowodowane podtopieniami gruntów ornych w latach mokrych. Średnia wartość szkód spowodowanych podtopieniami została przyjęta na podstawie programów pomocy finansowej Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR) dla rolników poszkodowanych przez niekorzystne zjawiska pogodowe (w tym deszcz nawalny lub powódź/podtopienia) i została ona oszacowana średnio na 3000 zł ha⁻¹ (ARiMR 2024).

2. Inwestycje związane z budową lub remontem budowli piętrzących:

- W przypadku budowy (remontu) piętrzenia na ciekach efekt społeczny wynika z wyeliminowania kosztów związanych z koniecznością retencjonowania takiej samej ilości wody w dużych zbiornikach, których budowa i eksploatacja jest droższa. Jednostkowa wartość korzyści z tego tytułu w bieżącym poziomie cen wynosi 3,99 zł na każdy m³ zretencjonowanej wody (Kowalewski 2003).
- W przypadku budowy (remontu) piętrzenia na istniejących zbiornikach wodnych (jeziora, stawy itp.) wartość korzyści społecznych wynika z ograniczenia strat w produkcji roślinnej wywołanych suszą. Przyjęto za Łabędzkiem (2006) częstotliwość występowania susz na poziomie 22% oraz wartość strat w produkcji roślinnej równą 25% dla ziemiopłodów i 27% w przypadku trwałych użytków zielonych.
- Średnia ilość wody zmagazynowanej dzięki piętrzeniu na ciekach wynosi 10,88 tys. m³, zaś na zbiornikach – 317,3 tys. m³ (GUS 2025).
- Struktura zasiewu, wielkość plonów oraz ceny skupu plonów potrzebne do określenia wartości ograniczonych strat spowodowanych suszami określono w ten sam sposób, jak w przypadku melioracji szczegółowych.

Ponadto przyjęto, że realizacja inwestycji będzie generować dodatkowe koszty eksploatacyjne związane z koniecznością utrzymania nowo powstałych urządzeń. Wielkość dodatkowych kosztów eksploatacyjnych, w przypadku wszystkich kategorii inwestycji, określono na podstawie pracy Kacy (2011).

Występowanie znacznych dodatnich efektów w postaci korzyści społecznych (zwiększenia bezpieczeństwa przeciwpowodziowego, poprawy stosunków powietrzno-wodnych w glebie, zwiększenia ilości retencjonowanej wody) uzasadnia jednak wspieranie tego rodzaju projektów ze środków publicznych, które mogą mieć różne źródła. Z obliczonych wartości wskaźników jednoznacznie wynika, że inwestycje wodno-melioracyjne mogą być finansowane ze środków publicznych. Inwestorzy prywatni, którzy w swej działalności gospodarczej dążą do maksymalizacji osiąganego zysku, nie byłoby zainteresowani tego typu przedsięwzięciami z powodu zbyt małej ich efektywności ekonomicznej.

VII. Koszty inwestycyjne i utrzymaniowe zostały przyjęte na podstawie informacji i wytycznych z ARiMR dotyczących inwestycji melioracyjnych.

W niniejszym podrozdziale przedstawiono analizę kosztów inwestycyjnych oraz kosztów utrzymaniowych dla dwóch inwestycji wskazanych przez Lokalne Partnerstwo Wodne (LPW) do realizacji na terenie powiatu radziejowskiego.

Inwestycja I

Koncepcja hydrologiczna budowy zbiornika retencyjnego oraz usprawnienia systemu melioracyjnego w miejscowości Sypniewo

Wprowadzenie i cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest przygotowanie koncepcji hydrologicznej obejmującej:

- budowę zbiornika retencyjnego na działce 332/13,
- modernizację i usprawnienie funkcjonowania rowu melioracyjnego R2-7,
- dwufunkcyjne gospodarowanie wodą: spowolnienie odpływu i okresowe nawodnienia,
- zwiększenie retencji krajobrazowej na terenach rolnych,
- zwiększenie bioróżnorodności i stabilizacji hydrologicznej terenów łąkowych i leśnych.

Celem inwestycji jest:

- zwiększenie retencji w zlewni,
- ograniczenie podtopień,
- poprawa pracy systemu melioracyjnego,
- poprawa warunków wilgotnościowych w obrębie gruntów rolnych i terenów Lasów Państwowych.

Lp.	Zakres proponowanych działań inwestycyjnych i utrzymaniowych	Szacunkowy koszt (zł)
1.	Budowa zbiornika retencyjnego na działce 332/13 - 13 619,50 m ³ , gł. 3 m.	408 585
2.	Budowa odcinka rurociągu (DN 160–200 mm), przedłużenie rowu w formie rury aż do granicy działek 14 i 15, wykonanie studni rewizyjnych na granicach wszystkich działek dla kontroli przepływu	50 000
3.	Instalacja sączków na każdej działce sączki z rur PVC Ø10 cm, wpięte do głównego rurociągu, umożliwiające zarówno odbiór, jak i zatrzymywanie wody (melioracja dwufunkcyjna).	15 000
4.	Przebudowa przepustów przepust na działce 289/2-LP (Las Państwowe) – do pogłębienia, przepust na działce 336/1 (droga) montaż dwóch zastawek	30 000 60 000
5.	Oczyszczenie i wzmocnienie rowu Na działkach 289/2-LP i 331 – odcinki rowu zostaną oczyszczone, odmulone i wzmocnione	15 000
6.	Prace utrzymaniowe i konserwacja istniejących urządzeń	20 000
Suma		583 585*

***Koszty szacunkowe mogą być inne w zależności od różnych czynników np. rodzaju gleby, regionu, wykonawcy itp.**

Analiza inwestycji I: Budowa zbiornika i usprawnienie systemu melioracyjnego - Sypniewo

Założenia:

Moment przeprowadzenia analizy: grudzień 2025 r.

Horyzont czasowy: 30 lat

Spółeczna stopa dyskonta (SDR): $r = 5,26\%$

1. Koszty (CAPEX i OPEX) - C_t

Inwestycja dotyczy budowy nowego, dużego zbiornika retencyjnego (pojemność ok. 13 620 m³), instalacji sączków do melioracji dwufunkcyjnej oraz przebudowy przepustów.

Pozycja	Wartość (PLN)	Szczegóły
CAPEX	568 585	Suma pozycji 1-4. Dominują: budowa zbiornika (408 585 PLN) oraz rurociąg, studnie i przepusty (125 000 PLN).
OPEX	20 000 / rok	Prace utrzymaniowe i konserwacja istniejących urządzeń (poz. 5).

2. Roczne korzyści B_t

Roczne korzyści (B_t) monetarne są szacowane na podstawie danych z opisu inwestycji, bazując na obszarze oddziaływania (ok. 30 ha upraw).

Rodzaj korzyści	Obliczenie i założenie	Wartość (PLN)
Rolnicze (przyrost plonów)	30 ha* 4 000 PLN/ha*5%	6 000
Uniknięte straty powodziowe	Normalizacja (200 000 PLN / 10 lat)	20 000
Usługi ekosystemowe	Bioróżnorodność, jakość wody, walory krajobrazowe	15 000
Suma		41 000 PLN/rok

3. Czas zwrotu inwestycji (Payback Period)

$$\text{Prosty Okres Zwrotu} = \frac{\text{CAPEX}}{\text{Roczne Korzyści Netto}} = \frac{\text{CAPEX}}{B_t - \text{OPEX}}$$

Roczne korzyści netto = 41 000 PLN/rok – 20 000 PLN/rok = 21 000 PLN/rok

$$\text{Prosty okres zwrotu} = \frac{568\,585 \text{ PLN}}{21\,000 \text{ PLN/rok}} \approx 26,84 \text{ roku}$$

Długi okres zwrotu, zbliżony do horyzontu analizy.

4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej (CBA)

Wskaźnik	Wartość (SDR): $r = 5,26\%$	Komentarz
PV kosztów	865 185 PLN	Bieżąca wartość $B_t = \text{CAPEX} + \sum_{t=1}^{30} \frac{\text{OPEX}}{(1+0,0526)^t}$
PV korzyści	607 000 PLN	Bieżąca wartość $C_t = \sum_{t=1}^{30} \frac{B_t}{(1+0,0526)^t}$
NPV	-258 185 PLN	$\text{NPV} < 0$ Projekt nie jest efektywny ekonomicznie przy obecnej monetaryzacji korzyści.
B/C Ratio	0,7	$B/C < 1$ Korzyści pokrywają tylko 70% zdyskontowanych kosztów.
IRR	2,3%	$\text{IRR} < 5,26\% \text{ SDR}$. Inwestycja nie jest efektywna ekonomicznie.

Inwestycja II

Zwiększenie odporności ekosystemu leśnego w północnej części Rynny Jeziora Będowskiego na niedobór wody

Celem opracowania jest przedstawienie:

- koncepcji zwiększenia retencji wód powierzchniowych w zlewni bezpośredniej Jeziora Leśnego II,
- oceny możliwości podpiętrzenia wód w rowach melioracyjnych i przy wypływach z jezior Leśne I–III,
- zaproponowania typów budowli piętrzących (do wysokości 50 cm) możliwych do zastosowania w środowisku leśnym,
- analizy efektu hydrologicznego wykonanych w modelu spływu powierzchniowego 2D,
- oceny potencjału zwiększenia bioróżnorodności w obrębie terenów podmokłych i leśnych.

Lp.	Zakres proponowanych działań inwestycyjnych i utrzymaniowych	Szacunkowy koszt (zł)
1	Zastawki drewniane (szandorowe) – 7 szt.	161 000
2	Przepust z klapą wahadłową	12 000
3	Prace utrzymaniowe i konserwacja istniejących urządzeń	20 000
Suma		193 000*

***Koszty szacunkowe mogą być inne w zależności od różnych czynników np. rodzaju gleby, regionu, wykonawcy itp.**

Analiza inwestycji II: Zwiększenie odporności ekosystemu leśnego - Jezioro

Będgowskie

Inwestycja dotyczy podpiętrzenia wód w rowach melioracyjnych i przy wypływach z jezior poprzez budowę 7 zastawek drewnianych i instalację przepustu z klapą wahadłową.

1. Koszty (CAPEX i OPEX) - C_t

Pozycja	Wartość (PLN)	Szczegóły
CAPEX	173 000	Suma pozycji 1-2. Głównie: budowa 7 zastawek drewnianych (161 000 PLN).
OPEX	20 000 / rok	Prace utrzymaniowe i konserwacja istniejących urządzeń (poz. 3).

2. Roczne korzyści B_t

Przyjęto identyczne, ostrożne założenia monetarne co w inwestycji I, ze względu na podobny zakres korzyści środowiskowych i rolniczych (poprawa retencji, zmniejszenie strat powodziowych): 41 000 PLN/rok.

Rodzaj korzyści	Obliczenie i założenie	Wartość (PLN)
Rolnicze (przyrost plonów)	30 ha* 4 000 PLN/ha*5%	6 000
Uniknięte straty powodziowe	Normalizacja (200 000 PLN / 10 lat)	20 000
Usługi ekosystemowe	Poprawa jakości wody, bioróżnorodność, krajobraz	15 000
Suma		41 000 PLN/rok

3. Czas zwrotu inwestycji (Payback Period)

$$\text{Prosty Okres Zwrotu} = \frac{\text{CAPEX}}{\text{Roczne Korzyści Netto}} = \frac{\text{CAPEX}}{B_t - \text{OPEX}}$$

$$\text{Roczne korzyści netto} = 41\,000 \text{ PLN/rok} - 20\,000 \text{ PLN/rok} = 21\,000 \text{ PLN/rok}$$

$$\text{Prosty okres zwrotu} = \frac{173\,000 \text{ PLN}}{21\,000 \text{ PLN/rok}} \approx 8,24 \text{ roku}$$

Umiarkowany czas odzysku kapitału – około 8 lat i 3 miesięcy.

4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej (CBA)

Wskaźnik	Wartość (SDR): $r = 5,26\%$	Komentarz
PV kosztów	470 000 PLN	Bieżąca wartość $B_t = CAPEX + \sum_{t=1}^{30} \frac{OPEX}{(1+0,0526)^t}$
PV korzyści	607 000 PLN	Bieżąca wartość $C_t = \sum_{t=1}^{30} \frac{B_t}{(1+0,0526)^t}$
NPV	137 000 PLN	NPV > 0 Projekt jest efektywny ekonomicznie.
B/C Ratio	1,29	B/C > 1 Korzyści przewyższają koszty.
IRR	10,2%	IRR > 5,26% SDR Inwestycja jest rentowna ekonomicznie.

Wnioski

Inwestycja II (Jezioro Będgowskie) jest efektywna ekonomicznie i jest projektem uzasadnionym do realizacji ze środków publicznych. Jej wskaźniki są wynikiem relatywnie niskiego CAPEX w połączeniu z generowanymi korzyściami. Inwestycja I (Sypniewo) nie jest efektywna ekonomicznie. Ekstremalnie wysoki koszt budowy dużego zbiornika sprawia, że zdyskontowana suma kosztów znacząco przewyższa korzyści. Rekomenduje się priorytetową realizację inwestycji II (Jezioro Będgowskie) jako optymalnej alokacji środków publicznych w powiecie sępoleńskim. Realizacja inwestycji I (Sypniewo) powinna zostać wstrzymana do czasu radykalnej rewizji kosztorysu inwestycyjnego lub pozyskania wysokiego dofinansowania, które obniży efektywny CAPEX.

Ocena opłacalności ekonomicznej - zestawienie

Wskaźnik	Inwestycja I (Sypniewo)	Inwestycja II (Jez. Będzowskie)	Komentarz
CAPEX (PLN)	563 585 PLN	173 000 PLN	II jest niemal 3-krotnie tańsza inwestycyjnie.
NPV (SDR): $r = 5,26\%$	-258 185 PLN	137 000 PLN	II jest efektywna w przeciwieństwie do I.
B/C Ratio	0,7	1,29	II jest efektywna; I nie osiąga progu opłacalności.
IRR	2,3%	10,2%	IRR w II jest wyższe niż SDR.
Prosty okres zwrotu (PP)	26,84 roku	8,24 roku	II oferuje znacznie szybszy odzysk kapitału.

Należy podkreślić, iż obie inwestycje spowodują wzrost korzyści społeczno-ekonomicznych poprzez:

1. Poprawę warunków rolniczych:
 - polepszenie zdolności produkcyjnej gleby (+5-15%). Zbiorniki wpływają pozytywnie na okoliczne gleby i rolnictwo w obszarze oddziaływania ~30 ha upraw (retencja lokalna, podwyższenie poziomu wód gruntowych w sezonie wegetacyjnym).
 - średniego przychodu rolniczego na 1 ha: 4 000 PLN/rok (przyjęto dla gospodarstw mieszanych)
 - przyrost plonów/zmniejszenie strat z powodu suszy: +5%.
 - zwiększenie wartości gruntów: grunty z dobrze utrzymanymi urządzeniami melioracyjnymi stają się bardziej atrakcyjne dla rolników i inwestorów, co prowadzi do wzrostu ich wartości rynkowej
2. Zmniejszenie strat powodziowych:
 - systemy odprowadzania i retencjonowania wody minimalizują ryzyko klęsk żywiołowych, takich jak powódzie i długotrwałe susze, chroniąc tym samym mienie,

infrastrukturę i uprawy przed kosztownymi zniszczeniami np. uniknięcie strat powodziowych: oceniamy jedną mniejszą szkodę co ~10 lat rzędu 200 000 PLN (rocznie znormalizowane 20 000 PLN).

3. Poprawa jakości środowiska związana głównie z ochroną zasobów wodnych poprzez:
- gromadzenie wody (retencja): budowa zbiorników retencyjnych i poprawa zdolności retencyjnej terenów (np. mokradeł) jest kluczowa w obliczu zmian klimatu. Zgromadzona woda może być wykorzystywana w okresach niedoboru, co jest ważne dla rolnictwa, przemysłu i zaopatrzenia ludności.
 - zwiększenie bioróżnorodności, głównie dzięki odbudowie siedlisk: projekty rekultywacyjne i melioracyjne mogą być realizowane w sposób, który przywraca utracone siedliska, sprzyjając bioróżnorodności i tworząc lepsze warunki dla dzikiej fauny i flory np. wartość usług ekosystemowych (poprawa jakości wody, bioróżnorodność, walory krajobrazowe): 15 000 PLN/rok.

W powiecie sępoleńskim dalsze działania strategicznego rozwoju oraz działania inwestycyjne powinny dotyczyć głównie prac związanych z powiększaniem retencji wód opadowych poprzez:

- inwestycje – budowa nowych urządzeń
- prace remontowe – utrzymanie i konserwacja istniejących urządzeń ,
- zakupy i remonty sprzętu i wyposażenia (koparki,
- wykaszarki itp.)

Analiza dwóch priorytetowych inwestycji wodno-melioracyjnych dowiodła, iż

Inwestycja II (Jezioro Będgowskie) jest efektywna ekonomicznie i uzasadnione jest jej finansowanie ze środków publicznych. Z dużym prawdopodobieństwem można zakładać, że kolejne inwestycje o podobnym charakterze, które są na liście LPW powiatu sępoleńskiego mogą mieć uzasadnienie ekonomiczne do ich przeprowadzenia.

Trzeba zaznaczyć, iż przeprowadzone analizy ekonomiczne bazują na wstępnych założeniach prac inwestycyjnych i kosztach. W kolejnym kroku rekomenduje się przeprowadzenie tych samych analiz ekonomicznych bazujących na kosztach inwestycyjnych określonych na podstawie projektu technicznego inwestycji.

Aktualnie przedstawiona analiza ekonomiczna dwóch inwestycji w powiecie sępoleńskim powinna stanowić pomoc w podjęciu decyzji o ich wykonaniu.

6.4. Wytypowanie wariantu rekomendowanego do dalszego wdrożenia.

Poniżej przedstawiono założenia inwestycyjne dla dwóch rekomendowanych przez Lokalne Partnerstwa Wodne inwestycji do realizacji w powiecie sępoleńskim.

6.4.1. Koncepcja hydrologiczna budowy zbiornika retencyjnego oraz usprawnienia systemu melioracyjnego w miejscowości Sypniewo

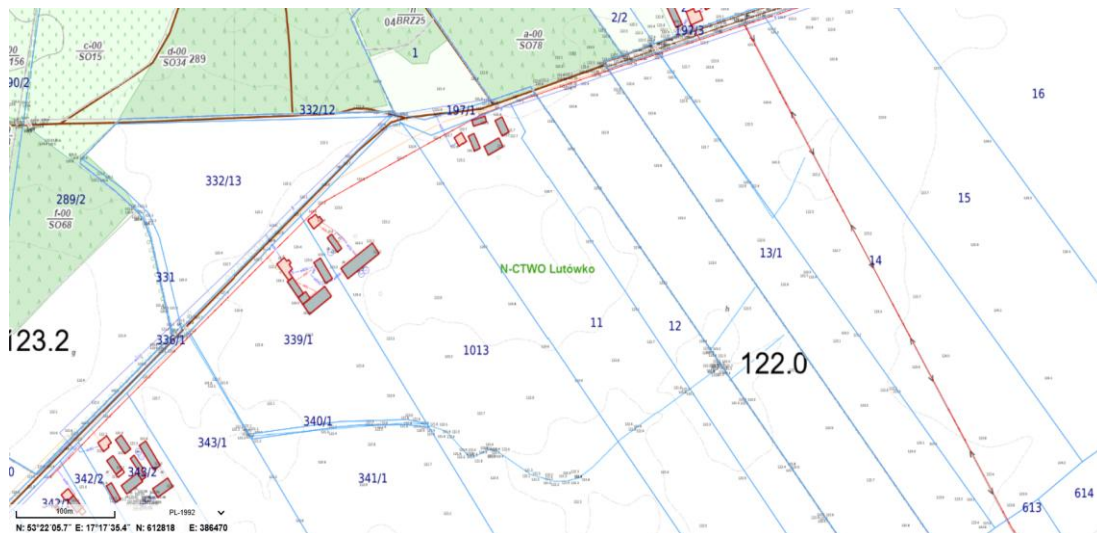
6.4.1.1. Wprowadzenie i cel działań

Celem działań jest przedstawienie koncepcji hydrologicznej obejmującej budowę zbiornika retencyjnego na działce nr 332/13 oraz usprawnienie funkcjonowania systemu melioracyjnego rowu R2-7 w miejscowości Sypniewo. Planowane działania mają na celu zwiększenie retencji wód powierzchniowych, ograniczenie lokalnych podtopień oraz poprawę warunków wilgotnościowych gruntów rolnych i terenów Lasów Państwowych. System melioracyjny R2-7 obsługuje część zlewni o powierzchni 2,79 km² (279 ha). W rejonie działek nr 11 i 12 obserwowane są częste podtopienia, które utrudniają użytkowanie rolnicze i obniżają efektywność produkcji. Koncepcja zakłada odejście od wyłącznie odwadniającej funkcji rowu na rzecz melioracji dwufunkcyjnej, umożliwiającej zarówno szybki odpływ wód nadmiarowych, jak i ich okresowe zatrzymywanie w krajobrazie.

6.4.1.2. Lokalizacja i charakterystyka obszaru

Rów melioracyjny R2-7 przebiega przez działki nr 343, 339/1, 340/1, 338/1A, 11, 12, 13/1, 14, 15, 341/1, 331, 336/1, a następnie wchodzi na teren Lasów Państwowych na działce nr 289/2. Jest to rów otwarty odwadniający tereny rolnicze, który w części leśnej tworzy naturalne rozlewisko, pełniące istotną funkcję przyrodniczą.

Planowany zbiornik retencyjny zlokalizowany jest na działce nr 332/13. Wody z rowu R2-7 spływają dalej na teren Lasów Państwowych, gdzie zasilają siedliska wilgotne o wysokiej wartości ekologicznej



Ryc. 6.4.1.1. Lokalizacja rowu R2-7 na terenie działek 343, 339/1, 340/1, 338/1-a, 11, 12, 13/1, 14, 15, 341/1, 331, 336/1 i 289/2LP obręb 0014 Sypniewo na tle mapy topograficznej i ewidencyjnej (<https://sepolenski.e-mapa.net/>).



Ryc. 6.4.1.2. Przebieg istniejącego rowu R2-7 na tle mapy ewidencyjnej (Raport...2019).



Fot. 6.4.1.1. Widok na teren inwestycji, 2025 (źródło: Google Street View).



Fot. 6.4.1.2. Przebieg rowu melioracyjnego na działkach o nr ewid. nr 341/1, 338/1-a, 12 (Raport...2019, fot. 18.02.2019 r.).



Fot. 6.4.1.3. Widok na rów w części należącej do Lasów Państwowych na działce o nr ewid. 289/2 LP (Raport... 2019, 18.02.2019 r.).



Fot. 6.4.1.4. Rów R2-7 biegnący przez tereny uprawne.



Fot. 6.4.1.3. Przepust na rowie R2-7 biegnący przez tereny uprawne.



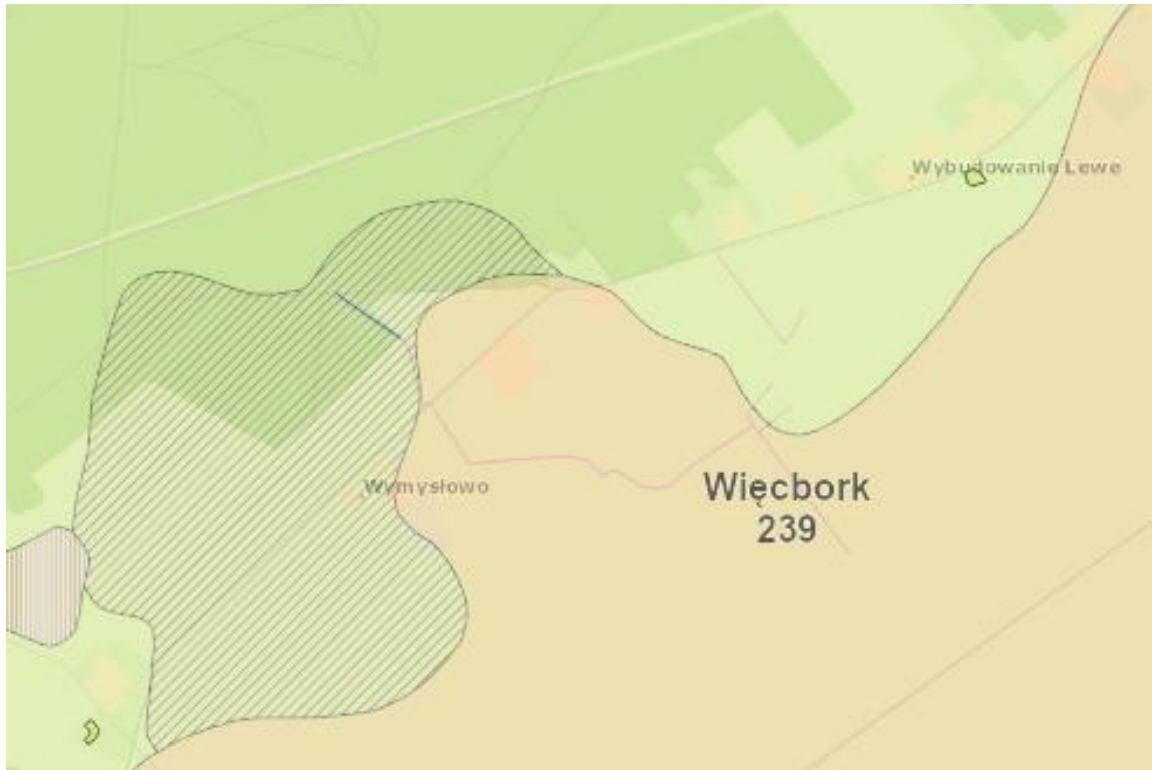
Fot. 6.4.1.1. Naturalne obniżenie terenu na terenie Lasów Państwowych typowane do odbioru nadmiaru wody z rowu.



Fot. 6.4.1.3. Przepust i rów w części należącej do Lasów Państwowych na działce o nr 289/2.

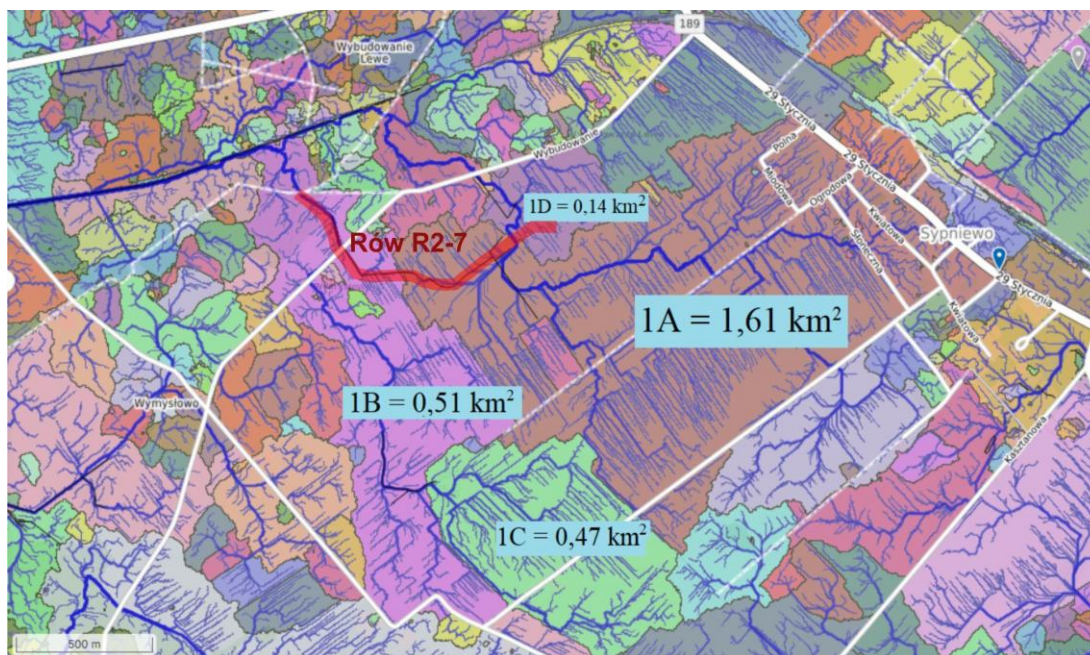
6.4.1.3. Warunki geologiczne i hydrologiczne

Zgodnie z danymi Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (SMGP 1:50 000) na analizowanym obszarze dominują gliny zwałowe i piaski gliniaste. Działka nr 332/13, przewidziana pod budowę zbiornika, posiada podłoże piaszczyste, co sprzyja prowadzeniu robót ziemnych i formowaniu skarp.



Ryc. 6.4.1.3. Lokalizacja rowu R2-7 na tle Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski.

Do rowu R2-7 odprowadzane są wody z czterech zlewni cząstkowych o łącznej powierzchni 2,79 km². Podczas intensywnych opadów wody kumulują się na powierzchni terenu, szczególnie na działkach nr 10, 13, 11 i 12, ograniczając możliwość wjazdu sprzętu rolniczego. W obecnym stanie rów nie pełni skutecznie funkcji regulacji odpływu ani retencji wody.



Ryc. 6.4.1.4 Podział obszaru na zlewnie topograficzne.

6.4.1.4. Diagnoza problemu hydrologicznego

Głównym problemem hydrologicznym jest niewystarczająca zdolność systemu R2-7 do sterowania odpływem wód opadowych i roztopowych. Rów pełni funkcję wyłącznie odwadniająca, co prowadzi do szybkiego odpływu wód w okresach mokrych oraz przesuszania gleb w okresach letnich. Brak rozwiązań retencyjnych powoduje zarówno lokalne podtopienia, jak i obniżenie wilgotności gleb w sezonie wegetacyjnym.

6.4.1.5. Koncepcja

A/ Koncepcja usprawnienia systemu melioracyjnego R2-7

Koncepcja przewiduje działania zmierzające do przekształcenia rowu R2-7 w system melioracji dwufunkcyjnej. Zakres planowanych prac obejmuje:

- budowę odcinka rurociągu o średnicy DN 160–200 mm, stanowiącego przedłużenie rowu do granicy działek nr 14 i 15,
- wykonanie studni rewizyjnych na granicach wszystkich działek w celu kontroli przepływu,
- instalację sączków na każdej działce, wykonanych z rur PVC o średnicy około 10 cm, wpiętych do głównego rurociągu, umożliwiających zarówno odbiór, jak i zatrzymanie wody,

- przebudowę przepustów, w tym pogłębienie przepustu na działce nr 289/2 (Lasy Państwowe) oraz regulację rzędnej przepustu na działce nr 336/1 w celu umożliwienia montażu zastawki,
- oczyszczenie, odmulenie i wzmocnienie odcinków rowu na działkach nr 289/2 i 331.



Ryc. 6.4.1.5. Zakres opracowania na tle kopii mapy ewidencyjnej. Możliwy przebieg rowu/rurociągu i lokalizacja studni rewizyjnych: Legenda: 1 – przepust; 2 – przepust; A - zbiornik retencyjny

B/ Koncepcja budowy zbiornika retencyjnego na działce nr 332/13

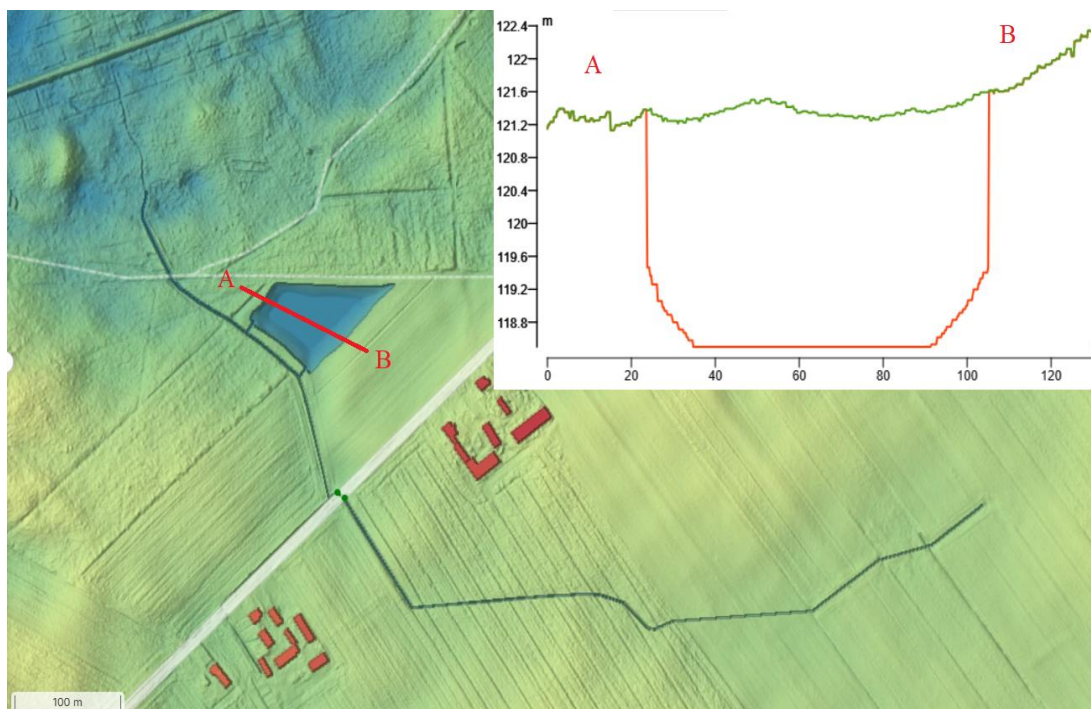
Zbiornik retencyjny zostanie wykonany w oparciu o modelowanie spływu powierzchniowego, z uwzględnieniem infiltracji wód opadowych do środowiska glebowego. Praca systemu podziemnych sączków melioracyjnych nie była uwzględniona w modelu.

Podstawowe parametry projektowanego zbiornika:

- pojemność całkowita: 13 619,50 m³,
- głębokość maksymalna: 2,99 m,
- szerokość maksymalna: 110 m,

- szerokość minimalna: 40 m,
- długość: około 150–170 m,
- spadek rowu R2-7 w rejonie zbiornika: 2‰ (ok. 20 cm na 100 m),
- rzędna wlotu wód z rowu: 119,96 m n.p.m.,
- rzędna wylotu do rowu: 119,63 m n.p.m.

Zbiornik zostanie połączony z rowem R2-7 za pomocą przepustów lub rowów otwartych, wyposażonych w niezależne zastawki na wlocie i wylocie. Rozwiązanie to umożliwi kontrolę piętrzenia, zatrzymywanie wody w zbiorniku oraz regulację odpływu w zależności od warunków hydrologicznych.



Ryc. 6.4.1.5. Koncepcja hydrologiczna budowy zbiornika połączonego z rowem R2-7.

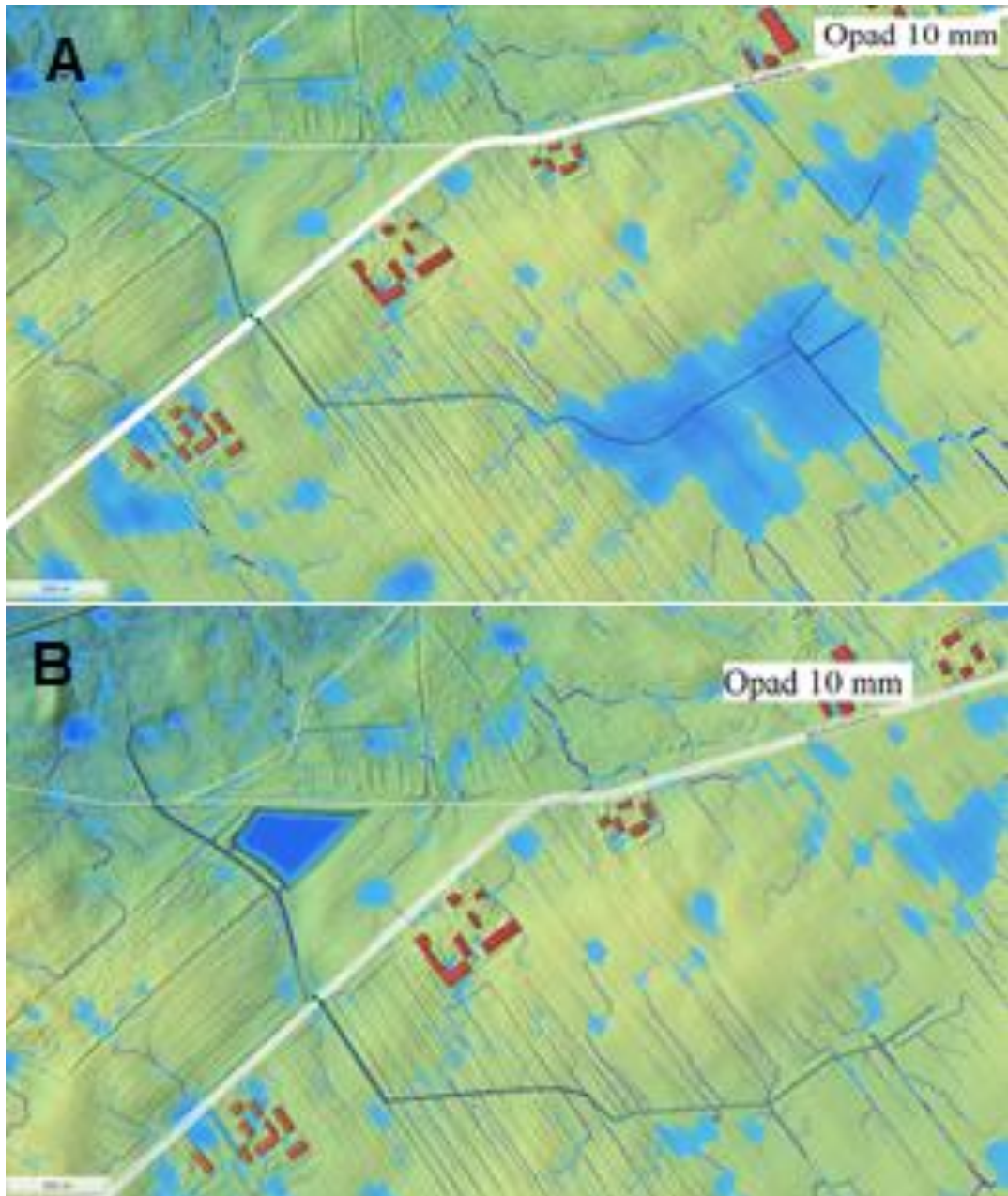
6.4.1.6. Funkcja zbiornika i efekty hydrologiczne

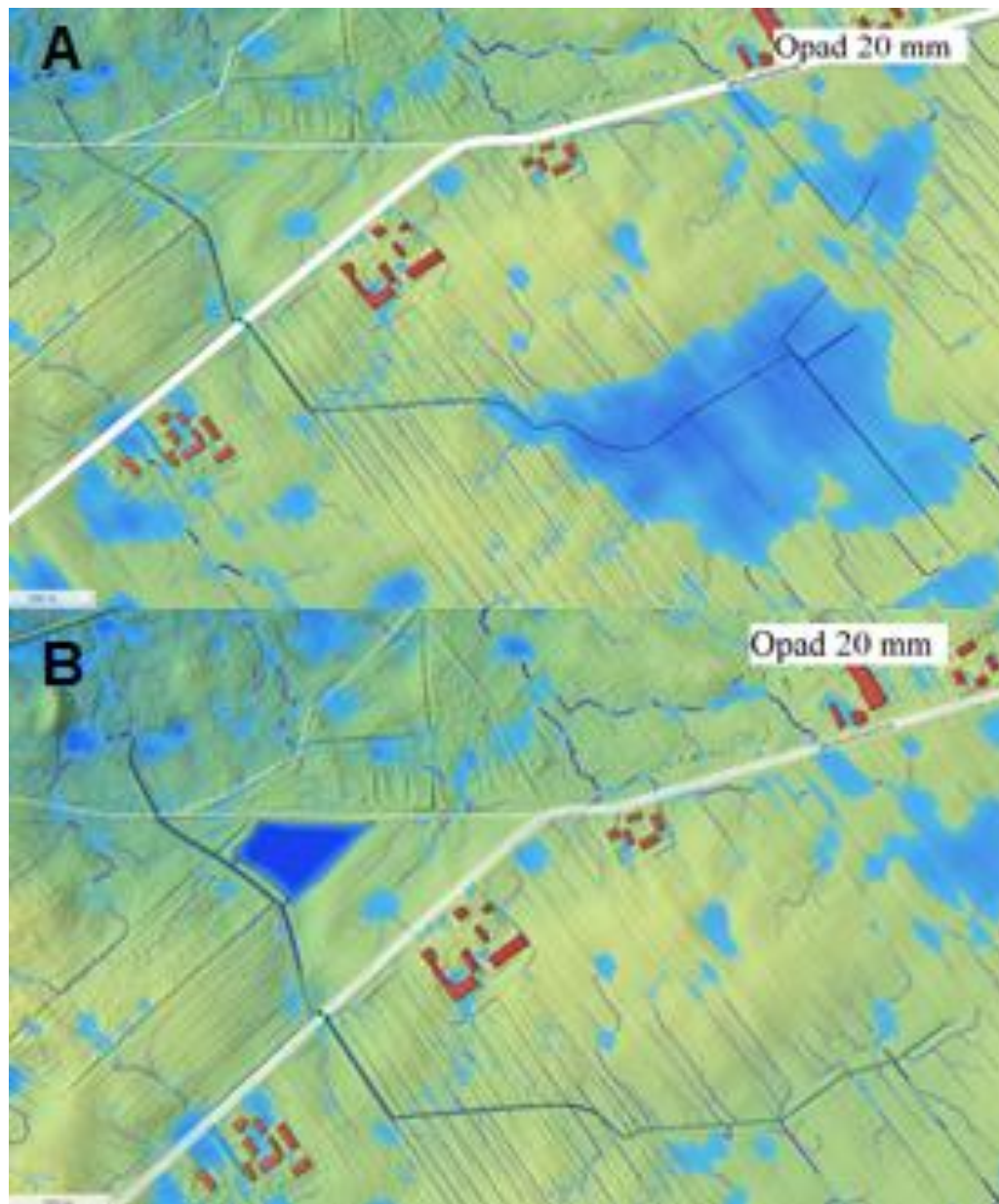
Projektowany zbiornik pełnić będzie funkcję retencji przeciwpowodziowej, przejmując nadmiar wód opadowych i roztopowych, a także funkcję retencji krajobrazowej, spowalniając odpływ i zwiększając infiltrację. Dodatkowo zbiornik stworzy warunki do rozwoju siedlisk wodnych i błotnych.

Efekty hydrologiczne obejmują:

- zwiększenie retencji o 13 619,5 m³,

- ograniczenie podtopień na działkach nr 11 i 12,
- zmniejszenie gwałtownych przepływów w rowie R2-7,
- bardziej równomierny odpływ wód w kierunku terenów Lasów Państwowych,
- poprawę wilgotności gleb w obrębie gruntów rolnych.





Ryc. 6.4.1.6. Porównanie zasięgu podtopień przed (A) i po (B) przeprowadzeniu prac konserwacyjnych rowu oraz budowie zbiornika retencyjnego dla opadu 10 mm i 20 mm. Porównanie wskazuje na znaczącą poprawę sytuacji hydrologicznej po wykonaniu prac.

Tabela 1. Elementy retencji w zlewni R2-7 – stan przed i po inwestycji

Element retencji	Jednostka	Stan przed inwestycją	Stan po inwestycji	Uwagi
Retencja zbiornikowa (zbiornik na 332/13)	m ³	0	13 619,5	Pojemność całkowita zbiornika; retencja czynna zależy od przyjętego NPP
Retencja w korycie rowu R2-7	m ³	niewielka, brak danych liczbowych	zbliżona, możliwe lokalne zwiększenie	Oczyszczenie / regulacja – efekt jakościowy
Retencja w rozlewiskach na działkach 11,12	m ³	zmienna, niekontrolowana	mniejsza (woda przejmowana przez zbiornik)	Rozlewiska przekształcone w kontrolowaną retencję w zbiorniku
Retencja glebowa (gleby, łąki, pola)	m ³	istotna, ale nieoszacowana	podobna lub nieco większa	Podniesienie zwierciadła wód gruntowych w strefie oddziaływania zbiornika / sączków
Łączna retencja „pewna” (zbiornikowa)	m ³	0	13 619,5	Twardy przyrost pojemności systemu

Tabela 2. Zestawienie przyrostu stałej pojemności retencyjnej

Wyszczególnienie	Jednostka	Przed inwestycją	Po inwestycji	Zmiana (Δ)
Stała pojemność retencyjna zbiornika	m ³	0	13 619,5	+13 619,5 m³
Charakter podtopień na działkach 11 i 12	–	częste, niekontrolowane	sporadyczne, kontrolowane	–

Możliwość sterowania odpływem z R2-7	–	brak	tak (zastawki / przepusty)	jakościowa poprawa
Możliwość retencyjnego nawadniania pól	–	praktycznie brak	tak (melioracja dwufunkcyjna)	jakościowa poprawa

6.4.1.7. Efekty środowiskowe

- odbudowa siedlisk łąk wilgotnych i roślinności szuwarowej, wspierająca naturalne procesy retencji i filtracji zgodnie z zasadami NBS,
- poprawa warunków bytowania organizmów związanych ze środowiskami wodno-błotnymi dzięki zwiększeniu dostępności siedlisk i stabilizacji poziomu wody,
- zwiększenie odporności lokalnego ekosystemu na suszę poprzez spowolnienie odpływu, zwiększenie infiltracji i rozwój retencji krajobrazowej,
- poprawa funkcjonowania systemu leśnego na działce 289/2-LP dzięki stabilnemu zasilaniu wodą i utrzymaniu korzystnych warunków glebowo-wilgotnościowych.
-

Tabela 3. Efekt ekologiczny inwestycji – retencja wód

Parametr	Jednostka	Wartość
Przyrost stałej pojemności retencyjnej	m ³	13 619,5
Powierzchnia zlewni objęta oddziaływaniem	ha	279
Typ retencji	–	mała retencja nizinno-rolna

Efekty rolnicze

- lepsze warunki do prowadzenia upraw,
 - możliwość wcześniejszego wjazdu maszyn na pola,
 - ograniczenie szkód wodnych i utraty plonów.
1. Budowa zbiornika retencyjnego o pojemności całkowitej 13 619,50 m³ jest hydrologicznie uzasadniona i odpowiada na problemy odwodnienia i podtopień w całym układzie działek.
 2. Modernizacja rowu R2-7, montaż rurociągów, studni i sączków stworzy system melioracji dwufunkcyjnej (odwadnianie + nawadnianie).

3. Przebudowa przepustów i instalacja zastawki na działce drogowej 336/1 zapewni kontrolę odpływu w kierunku Lasów Państwowych.
4. Zbiornik ograniczy podtopienia i poprawi warunki glebowe oraz wodne w rolnictwie.
5. Inwestycja znacząco zwiększy bioróżnorodność krajobrazu rolniczego i odporność lokalnej zlewni na susze.
6. Prace są zgodne z kierunkami działań melioracyjnych wskazanymi w raporcie OOS z 2019 r.
7. Rekomenduje się realizację inwestycji z zastosowaniem rozwiązań bliskich naturze (NBS) oraz przy maksymalnej minimalizacji ingerencji w środowisko, poprzez zachowanie naturalnych form korytowych, ograniczenie prac ziemnych do niezbędnego zakresu, wykorzystanie roślinności stabilizującej brzegi oraz integrację obiektów hydrotechnicznych z otoczeniem. Takie podejście wzmacnia procesy infiltracji, retencji i samooczyszczania, podnosi bioróżnorodność oraz zapewnia długotrwałą stabilność ekosystemu przy niskiej presji technicznej.

6.4.1.8. Wnioski

Realizacja koncepcji budowy zbiornika retencyjnego oraz usprawnienia systemu melioracyjnego R2-7 w miejscowości Sypniewo jest uzasadniona hydrologicznie. Zaproponowane działania pozwolą na ograniczenie lokalnych podtopień, poprawę bilansu wodnego oraz zwiększenie odporności obszaru na okresy suszy, przy jednoczesnym zachowaniu i wzmocnieniu funkcji przyrodniczych terenów leśnych.

Zakres dalszych działań projektowych i wykonawczych – brak danych.

Inwestor powinien dokonać uzgodnień zakresu inwestycji w PGW Wody Polskie Zarządzie Zlewni w Inowrocławiu, w tym potwierdzić interpretację w zakresie wymagań wynikających z ustawy Prawo Wodne.

Rekomenduje się wykonanie dokumentacji:

- plan sytuacyjno-wysokościowy z lokalizacją urządzeń,
- KIP
- operatu wodnoprawnego

Planowane działania wpisują się ramy finansowe przyszłego konkursu Urzędu Marszałkowskiego, działanie FEKP.02.09 MAŁA RETENCJA I ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU W REGIONIE

6.4.2. Zwiększenie odporności ekosystemu leśnego w północnej części Rynny Jeziora Będowskiego na niedobór wody

6.4.2.1. Wprowadzenie i cel działań

Celem prowadzonych działań jest przedstawienie koncepcji zwiększenia retencji wód powierzchniowych w zlewni bezpośredniej Jeziora Leśnego II, ze szczególnym uwzględnieniem uwarunkowań hydrologicznych i środowiskowych obszaru leśnego. Opracowanie obejmuje ocenę możliwości podpiętrzenia wód w istniejących rowach melioracyjnych oraz w strefach wypływu z jezior Leśne I–III, z zachowaniem naturalnego charakteru systemu wodnego.

Istotnym elementem analizy jest zaproponowanie typów niewielkich budowli piętrzących, o wysokości piętrzenia do 50 cm, możliwych do zastosowania w środowisku leśnym, przy minimalnej ingerencji w rzeźbę terenu i funkcjonowanie ekosystemów. Działania te zostały poddane analizie pod kątem efektu hydrologicznego, określonego na podstawie wyników modelowania spływu powierzchniowego w modelu dwuwymiarowym (2D).

Równolegle przeprowadzono ocenę potencjału zwiększenia bioróżnorodności na obszarach podmokłych i leśnych, wynikającego z wydłużenia czasu retencji wód, stabilizacji warunków wilgotnościowych oraz poprawy funkcjonowania siedlisk wodno-błotnych.

6.4.2.2. Charakterystyka obszaru i zlewni

W północnej części rynny Będowskiej znajdują się trzy powiązane hydrologicznie zbiorniki:

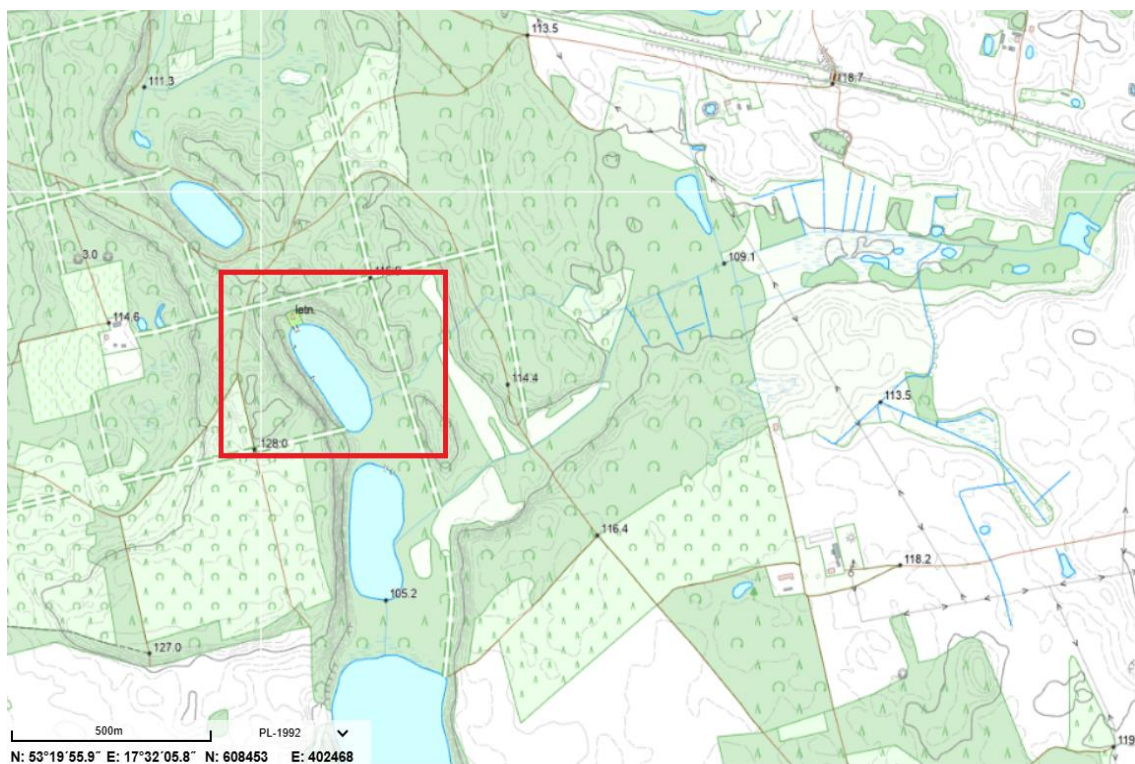
1. Jezioro Leśne I – najwyżej położone,
2. Jezioro Leśne II – centralne, analizowane w niniejszym opracowaniu,
3. Jezioro Leśne III – najniżej położone, otwarte hydrologicznie z ciekami Rokitka.

Analizowany zbiornik o nazwie Jezioro Leśne II, zlokalizowany jest na działce nr 99 w obrębie Śmiłowo, gmina Więcbork, pow. Sępoleński. Z dostępnych danych wynika, że historyczna rzędna zwierciadła wody Jeziora Leśnego II, utrzymująca się w latach 80. XX wieku, wynosiła około 106,5 m n.p.m. Obecnie rzędna zwierciadła wody jest obniżona i kształtuje się na poziomie około 105,5 m n.p.m., co świadczy o utracie części

zdolności retencyjnych zbiornika. Rzędna dna rowu odprowadzającego wody z Jeziora Leśnego II wynosi 105,63 m n.p.m., co sprzyja szybkiemu odpływowi wody i utrudnia utrzymanie wyższego poziomu piętrzenia. Powierzchnia zlewni bezpośredniej jeziora wynosi około 34 ha, co wskazuje na istotny potencjał zasilania zbiornika wodami opadowymi i roztopowymi.



Ryc. 6.4.2.1. Analizowane zbiorniki na tle ortofotomapy.



Ryc. 6.4.2.2. Analizowany zbiornik tzw. Jezioro Leśne II na działce nr 99 obręb Śmiłowo na tle mapy topograficznej.



Fot. 6.4.2.1. Jezioro Leśne II - widok od strony wiaty turystycznej (źródło: Nadleśnictwo Runowo).



Fot. 6.4.2.3. Zastawka i rów na odpływie z jeziora Leśnego II.



Fot. 6.4.2.4. Rów odprowadzający wody z Jeziora Leśnego II. Po prawej stronie widoczny wlot przepustu częściowo zamulony i zablokowany materiałem organicznym (liście, osady), powodujący ograniczenie drożności odpływu i lokalne piętrzenie wody.

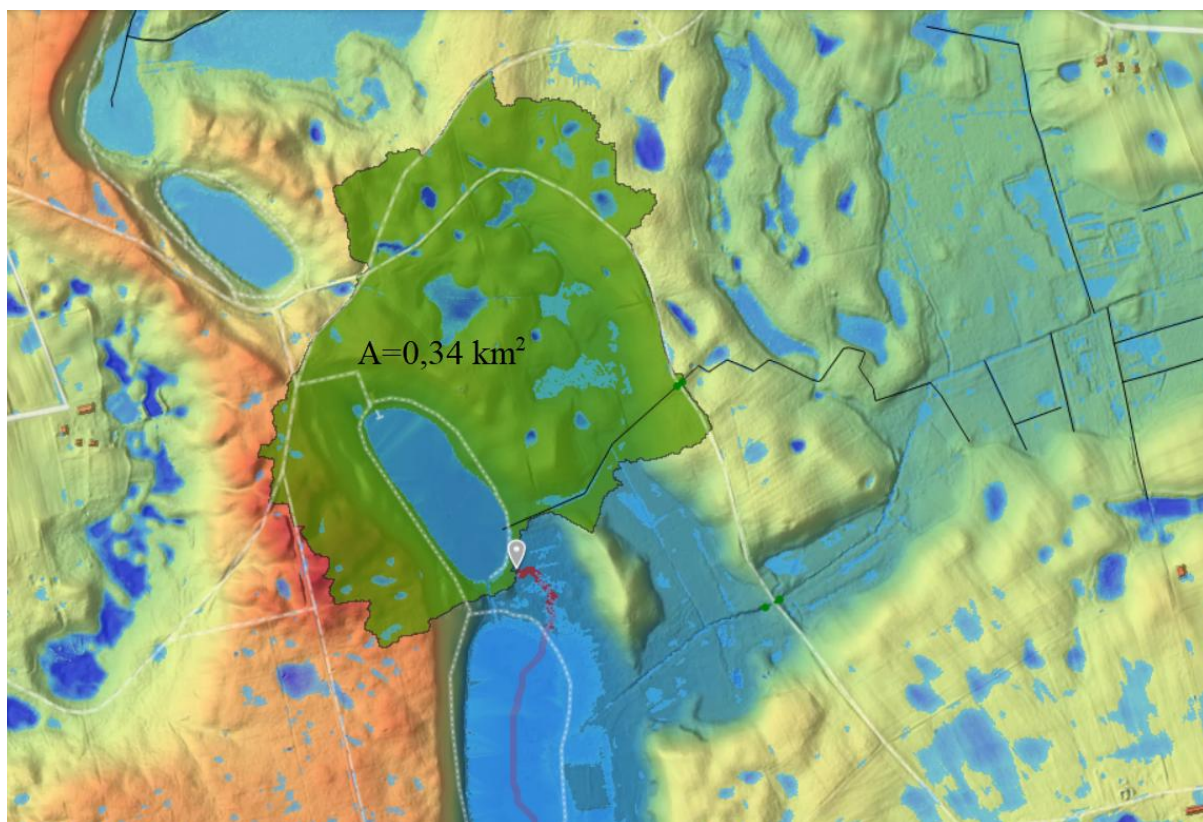


Fot. 6.4.2.5. Strefa kontaktu lasu z terenami otwartymi w zlewni Jeziora Leśnego II. Widoczna granica siedlisk wilgotnych i świeżych, z lokalnymi obniżeniami terenu sprzyjającymi okresowemu zaleganiu wód oraz spowolnieniu spływu powierzchniowego.



Fot. 6.4.2.6. Wnętrze kompleksu leśnego w zlewni Jeziora Leśnego II.

Zlewnia bezpośrednia akwenu Jeziora Leśne II odwadnia obszar o powierzchni około 34 ha i obejmuje niemal wyłącznie tereny leśne, z wyraźną dominacją siedlisk wilgotnych i podmokłych. W obrębie zlewni występują liczne formy naturalnej retencji, w tym martwe koryta cieków, starorzecza oraz lokalne obniżenia terenu o charakterze bagiennym. Istotnym elementem systemu odwadniającego są również rowy melioracyjne o zróżnicowanym stopniu drożności, które w sposób nierównomierny kształtują odpływ wód powierzchniowych. Po wschodniej stronie Jeziora Leśnego II zachowały się naturalne terasy bagienne, pełniące funkcję stref buforowych i magazynujących wodę, co wskazuje na wysoki potencjał retencyjny całego obszaru.



Ryc. 6.4.2.3. Zlewnia bezpośrednia akwenu odwadnia obszar 34 ha

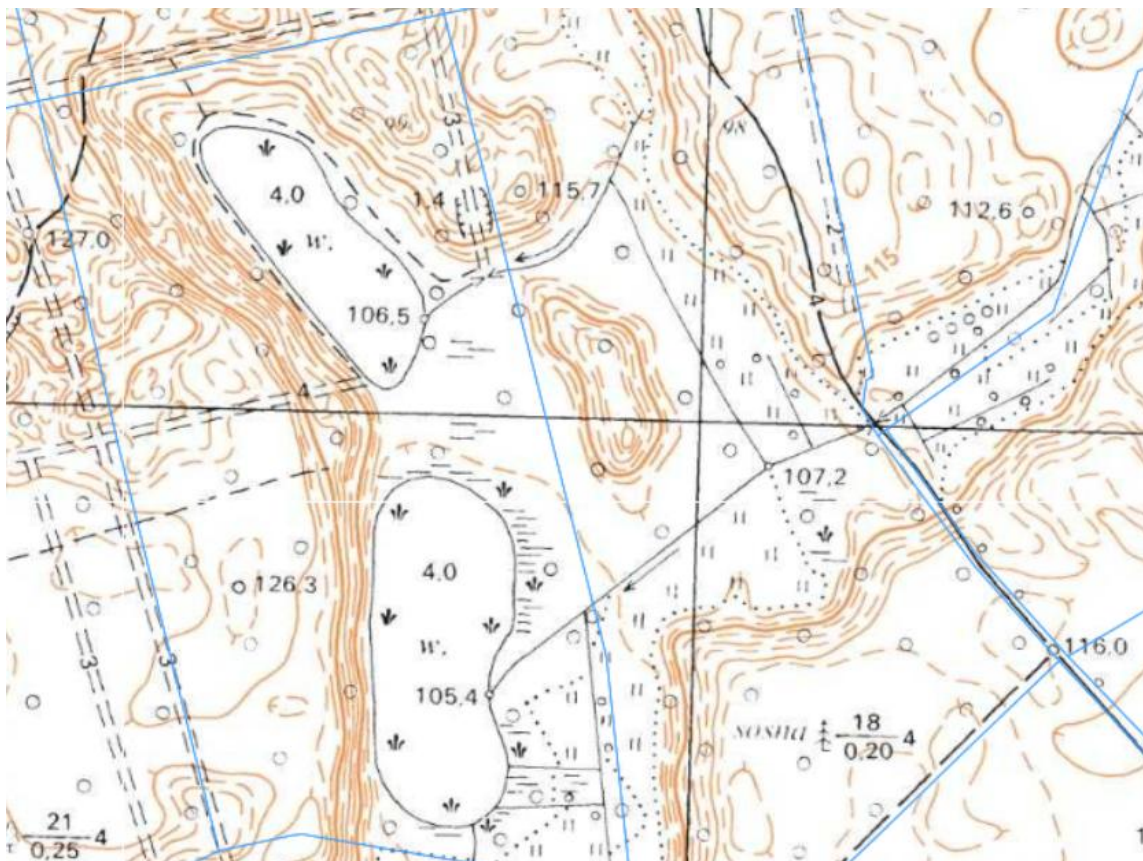


Ryc. 6.4.2.4. Podział obszaru na zlewnie cząstkowe wraz z siecią drenażu wód opadowych (ścieżki spływu).

Problemy hydrologiczne obszaru

Na analizowanym obszarze stwierdza się wyraźne problemy hydrologiczne, których skala narastała w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. W szczególności odnotowano obniżenie poziomu wody w Jeziorze Leśnym II o około 1,0 m na przestrzeni ostatnich 40 lat, co świadczy o systematycznej utracie zdolności retencyjnych akwenu. Proces ten skutkuje postępującym wysuszeniem siedlisk bagiennych w obrębie kompleksu leśnego, prowadząc do degradacji ekosystemów wilgotnych oraz zaniku charakterystycznej roślinności hydrofilnej.

Dodatkowym problemem jest zbyt szybki odpływ wód powierzchniowych z obszaru zlewni do ciek Rokitka, co ogranicza czas przetrzymywania wód opadowych i roztopowych w krajobrazie. W efekcie obserwuje się niedostateczną retencję wód opadowych i roztopowych, co pogłębia deficyt wodny w okresach bezopadowych i zwiększa podatność ekosystemów leśnych na skutki suszy.



Ryc. 6.4.2.5 Analizowane zbiorniki na tle archiwalnej mapy topograficznej.

6.4.2.3. Koncepcja zwiększenia retencji

Na podstawie analizy spływu powierzchniowego oraz przeprowadzonych obserwacji terenowych opracowano koncepcję zwiększenia retencji wód powierzchniowych w zlewni bezpośredniej Jeziora Leśnego II. Koncepcja zakłada zastosowanie systemu siedmiu zastawek piętrzących, zlokalizowanych w kluczowych punktach układu rowów melioracyjnych oraz w strefach wypływu wód z Jeziora Leśnego II.

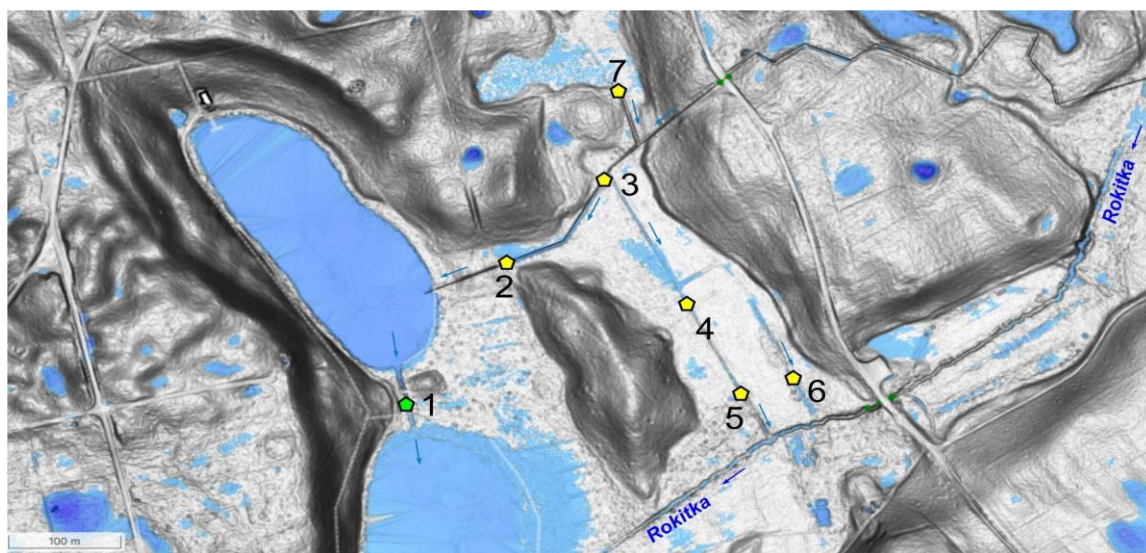
Przewiduje się podpiętrzenie wód w rowach na wysokość od 15 do 43 cm, co pozwoli na wydłużenie czasu retencji i ograniczenie szybkiego odpływu wód powierzchniowych. Działania te umożliwią zwiększenie retencji w strefie pomiędzy jeziorami a ich zlewnią bezpośrednią oraz stopniowe podniesienie poziomu wody w Jeziorze Leśnym II do rzędnej 105,63 m n.p.m., co odpowiada wzrostowi o niespełna 40–50 cm w stosunku do stanu obecnego. Efektem będzie również częściowe przywrócenie historycznej linii brzegowej jeziora, widocznej na materiałach archiwalnych.

Szczegółowe parametry lokalizacji zastawek oraz maksymalnych rzędnych piętrzenia zostały zestawione w Tabeli 1.

Tabela 1. Parametry zastawek piętrzących – dane źródłowe

Nr	Lokalizacja (PUWG 1992)	Rzędna dna [m n.p.m.]	Maks. rzędna piętrzenia [m n.p.m.]	Wysokość piętrzenia [cm]
1	400996, 608261	105,20	105,63	43
2	401076, 608398	106,19	106,60	41
3	401174, 608489	106,45	106,70	15
4	401245, 608365	106,30	106,55	25
5	401295, 608272	106,34	106,70	26
6	401342, 608283	106,50	106,80	30
7	401184, 608583	107,23	107,50	27

Projektowane budowle zostały zaplanowane w taki sposób, aby wysokość piętrzenia mieściła się w przedziale 15–43 cm, bez ryzyka nadmiernego zalewu terenów leśnych oraz bez negatywnego wpływu na drożność cieku Rokitka.



Ryc. 6.4.2.6. Koncepcja lokalizacji 7 zastawek podpiętrżających wodę w zlewni bezpośredniej Jeziora Leśnego II oraz otaczających terenach podmokłych.



Fot. 6.4.2.7. Proponowana lokalizacja pierwszej zastawki piętrzącej na wypływie z Jeziora Leśnego III.. Rzędna lustra wody w miejscu planowanej budowy wynosi 105,308 m n.p.m. Lokalizacja: 53°19'35,5486" N, 17°30'50,0337" E.



Fot. 6.4.2.8. Proponowana lokalizacja drugiej zastawki piętrzącej w systemie odpływu z jezior leśnych. Dno rowu o rzędnej 104,672 m n.p.m. oraz lustro wody na poziomie 105,186 m n.p.m., co wskazuje na istniejący potencjał podpiętrzenia. Lokalizacja: 53°19'36,2684" N, 17°30'57,1363" E.

Proponowane typy budowli piętrzących do 50 cm:

Zaproponowane rozwiązania spełniają kryteria łatwego utrzymania, możliwości ręcznej obsługi, niskiej ingerencji w środowisko oraz braku konieczności trwałego fundamentowania.

a/ Zastawki drewniane (szandorowe)

Są to tradycyjne zastawki skrzynkowe z wymiennymi szandorami, wykonane z drewna modrzewiowego lub dębowego, odpowiednio impregnowanego. Umożliwiają piętrzenie wody do wysokości 50 cm i mogą być stosowane w rowach melioracyjnych na terenach leśnych, w miejscach łatwo dostępnych dla służb leśnych, a także w strefach regulacji poziomu wody przy jeziorze. Ich zaletą jest prostota konstrukcji, łatwość eksploatacji oraz niski koszt wykonania.

b/ Zastawki z profili stalowych z szandorami z płyt PEHD

Rozwiązanie to obejmuje zastosowanie stalowych profili typu U oraz zdejmowanych płyt z tworzywa PEHD. Umożliwia piętrzenie wody w zakresie 30–50 cm i jest przeznaczone do rowów o większej szerokości dna oraz w miejscach narażonych na intensywniejszą

erozję. Zaletą jest wysoka trwałość oraz odporność na degradację w środowisku wilgotnym.

c/ Progi z koszy gabionowych

Niskie progi o wysokości 15–40 cm, wykonane z kamienia umieszczonego w koszach gabionowych, mogą być stosowane w rowach o bardziej naturalnym charakterze. Rozwiązanie to spowalnia przepływ wody i sprzyja lokalnej retencji. Progi gabionowe dobrze wpisują się w krajobraz leśny i umożliwiają zatrzymywanie rumoszu oraz materii organicznej.

d/ Zastawki ziemne z rdzeniem gliniastym (małe groble leśne)

Są to niewielkie budowle ziemne z przesłoną przeciwfiltracyjną wykonaną z gliny i koroną ziemną. Umożliwiają piętrzenie wody w zakresie 20–50 cm i znajdują zastosowanie w szerszych ciekach melioracyjnych oraz w strefach podmokłych. Ich zaletą jest wykorzystanie materiału lokalnego oraz brak elementów mechanicznych.

e/ Małe tamy drewniano-ziemne typu „Beaver Dam Analogue” (BDA)

Tamy analogowe, stylizowane na naturalne tamy bobrowe, pozwalają na piętrzenie wody na wysokość 20–40 cm. Przeznaczone są do obszarów leśnych oddalonych od infrastruktury drogowej i stosowane w działaniach renaturyzacyjnych. Charakteryzują się wysoką skutecznością retencyjną oraz szybkim odtwarzaniem siedlisk bagiennych.

f/ Kłapy zwrotne typu „beaver deceiver”

Rozwiązanie to polega na zastosowaniu przepustu z klapą wahadłową w miejscach, gdzie cieki są hydraulicznie powiązane z Rokitką. Zapewnia pełną separację hydrauliczną i zapobiega cofce wód z cieku głównego, przy jednoczesnym zachowaniu drożności odpływu.

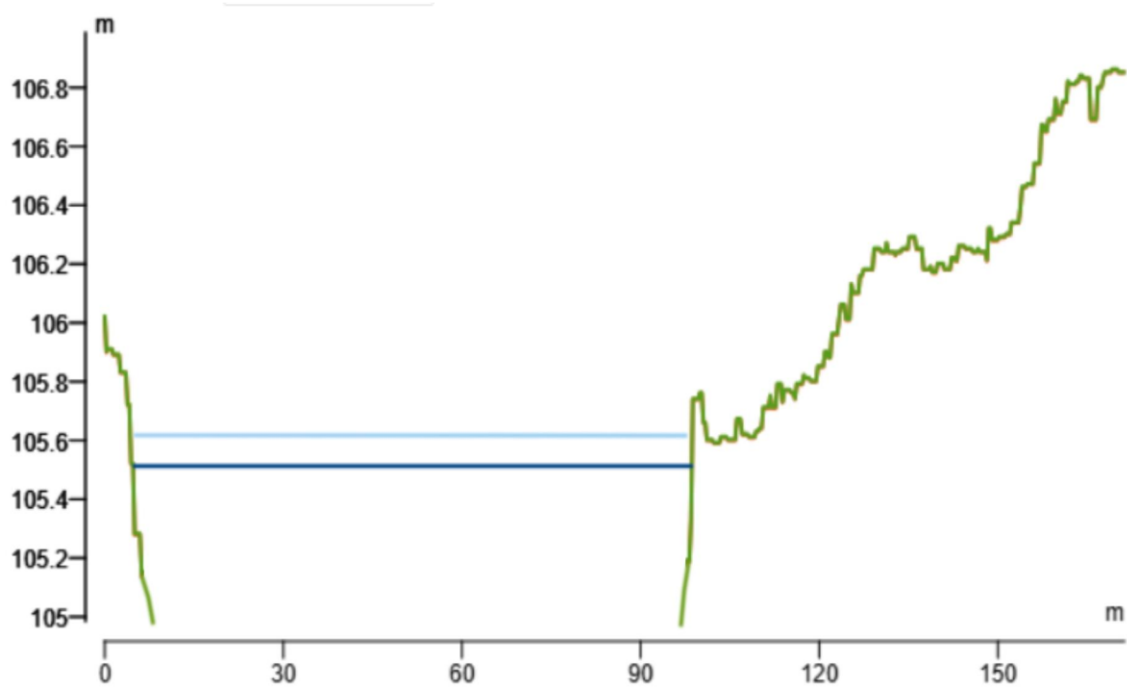
g/ Próg z bali drewnianych (tzw. drewniany próg klatkowy)

Budowla wykonywana z bali drewnianych łączonych w konstrukcję kratownicową i zasypywanych kamieniem. Umożliwia piętrzenie wody na wysokość 20–50 cm i przeznaczona jest do rowów o większym spadku, gdzie konieczne jest ograniczenie erozji dna.

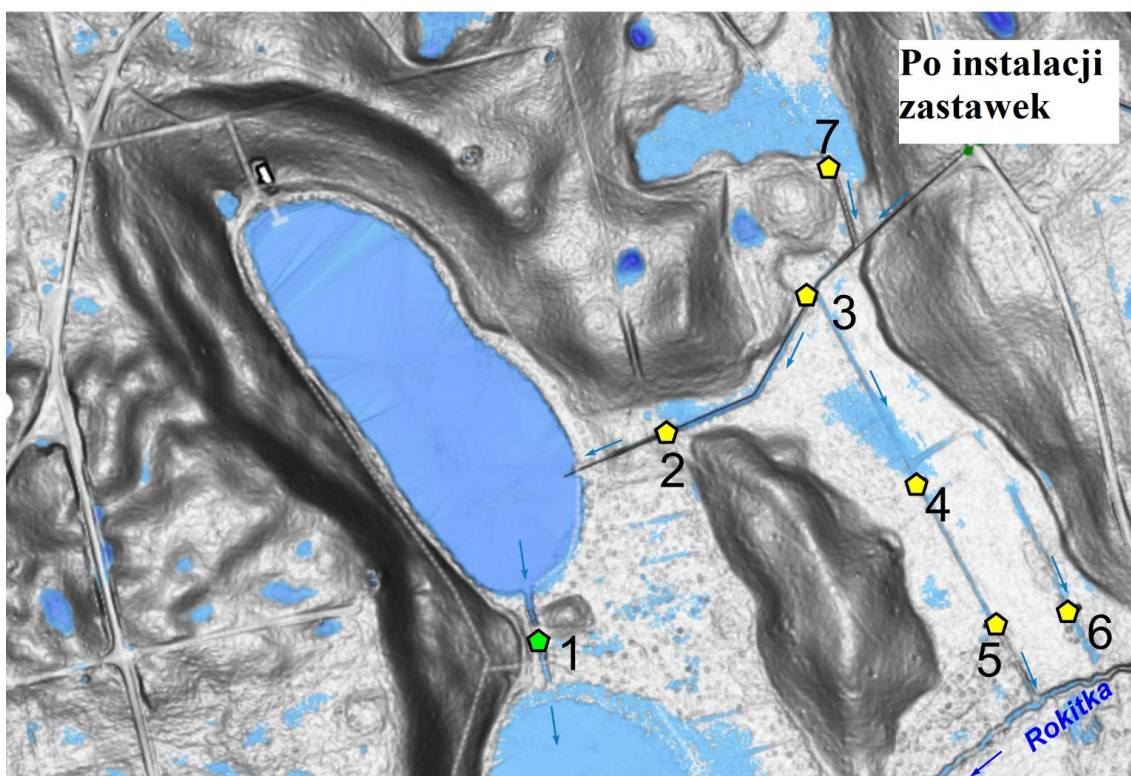
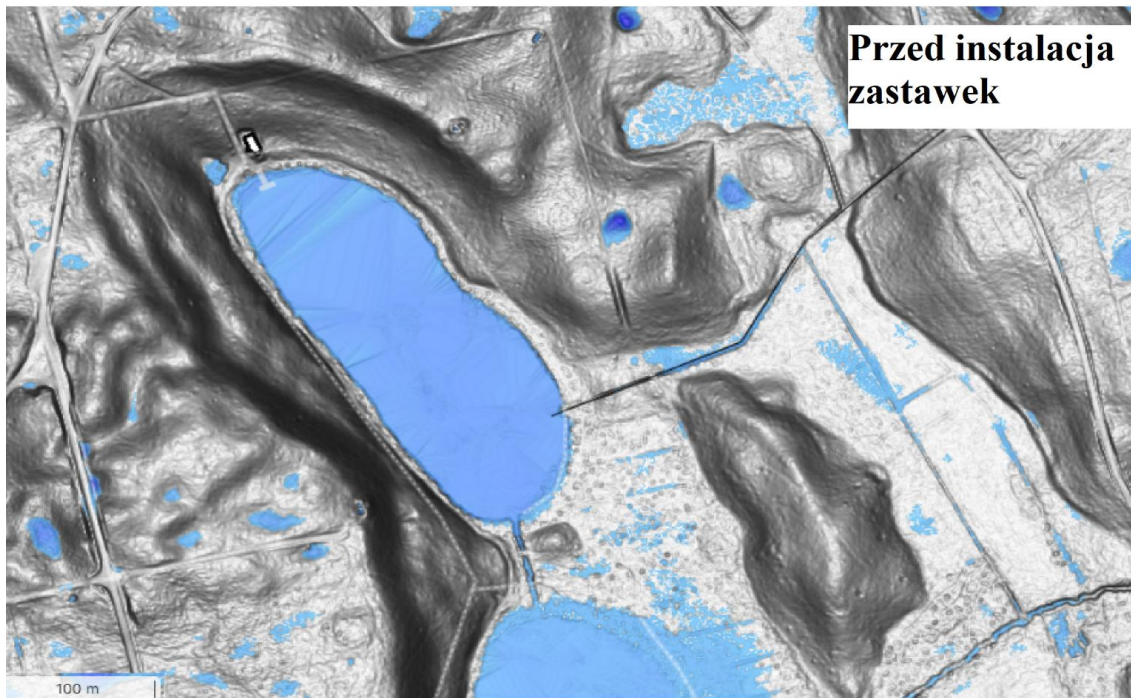
6.4.2.4. Efekty hydrologiczne zastosowania siedmiu zastawek

Zgodnie z wynikami modelowania spływu powierzchniowego dla opadu o wysokości 20 mm, zastosowanie systemu siedmiu zastawek prowadzi do istotnych zmian w funkcjonowaniu hydrologicznym zlewni. W szczególności stwierdzono znaczący wzrost powierzchni retencjonowanej wody w rejonie zastawek nr 1, 2, 4 i 7. Model wskazuje na podniesienie poziomu wody w Jeziorze Leśnym II o około 43 cm, z rzędnej 105,20 do 105,63 m n.p.m., co odpowiada retencji rzędu około 12 tys. m³ wody.

Dodatkowo przewidywane jest częściowe odtworzenie dawnej linii brzegowej jeziora, widocznej na archiwalnych mapach, zwiększenie retencji w całej zlewni o powierzchni 34 ha oraz wyraźne ograniczenie szybkiego odpływu wód do ciek Rokitka.



Ryc. 6.4.2.7. Przekrój poprzeczny przez czaszę Jeziora Leśnego II z liniami odpowiadającymi za obecny poziom wody (105,2 m - granatowa linia) i prognozowany po zastosowaniu piętrzenia (105,63 m - błękitna linia).



Ryc. 6.4.2.8. Zmiany zasięgu podtopień po zamodelowaniu zastawek. Model sływu dla opadu 20 mm wskazał wyraźnie na korzystny efekt pracy zastawek, najwyraźniej dla zastawki nr 1 (wzrost poziomu wody o 43 cm i zasięgu linii brzegowej), nr 2, nr 4 i nr 7.

6.4.2.5. Efekty środowiskowe

Realizacja zaproponowanych działań retencyjnych przyczyni się do odtworzenia naturalnych stref szuwarowych w obrębie jeziora oraz wzdłuż rowów melioracyjnych, co stworzy dogodne warunki dla rozwoju roślinności hydrofitowej i szuwarowej. W wyniku podpiętrzenia wód nastąpi zwiększenie powierzchni siedlisk bagiennych, które pełnią kluczową rolę w funkcjonowaniu ekosystemów leśnych i wodno-błotnych.

Poprawie ulegną warunki wilgotnościowe w kompleksach leśnych, co będzie sprzyjało stabilizacji siedlisk wilgotnych i ograniczeniu ich dalszej degradacji w okresach niedoboru opadów. Zatrzymanie materiału organicznego w rowach melioracyjnych pozwoli na spowolnienie obiegu materii, ograniczenie jej transportu do cieków niższego rzędu oraz wsparcie procesów biogeochemicznych zachodzących w strefach podmokłych.

Dodatkowo zwiększenie mikroretencji i infiltracji wód opadowych i roztopowych przyczyni się do poprawy lokalnego bilansu wodnego oraz wzmocnienia odporności ekosystemów leśnych na skutki zmian klimatu

Efektem środowiskowym będzie również poprawa warunków siedliskowych dla ptaków wodnych, płazów oraz bezkręgowców związanych z ekosystemami wodno-błotnymi.

6.4.2.6. Wnioski

Przeprowadzona analiza hydrologiczna i środowiskowa wskazuje, że zastosowanie siedmiu zastawek piętrzących jest rozwiązaniem w pełni uzasadnionym zarówno z punktu widzenia hydrologii, jak i funkcjonowania ekosystemów leśnych. Przyjęta wysokość piętrzenia, nieprzekraczająca 50 cm, jest wystarczająca do podniesienia poziomu wody w Jeziorze Leśnym II oraz do skutecznej retencji wód w systemie rowów melioracyjnych, bez ryzyka nadmiernego zalewu terenów leśnych.

Największy efekt hydrologiczny uzyskano w przypadku zastawek nr 1, 2, 4 i 7, które w istotny sposób wpływają na zwiększenie powierzchni i objętości retencjonowanej wody oraz na spowolnienie odpływu ze zlewni. Zaproponowane typy budowli piętrzących są dostosowane do warunków środowiska leśnego, charakteryzują się prostą konstrukcją, łatwością utrzymania i eksploatacji oraz niską ingerencją w naturalne procesy przyrodnicze.

Realizacja koncepcji przyczyni się do poprawy warunków wilgotnościowych siedlisk leśnych i podmokłych, a tym samym do zwiększenia odporności lokalnego ekosystemu

na okresy suszy. Działania te mogą być realizowane przez Nadleśnictwo Runowo, z wyłączeniem odcinków związanych z wodami publicznymi ciek Rokitka, które pozostają we właściwości PGW Wody Polskie.

Budowa systemu siedmiu niskich budowli piętrzących w rynn timer Jeziora Będowskiego stanowi spójną, ekologiczną i relatywnie niskokosztową strategię zwiększenia retencji w obszarach leśnych. Projekt przyczynia się do przywrócenia bardziej naturalnych warunków hydrologicznych jezior, zwiększenia wilgotności gleb oraz wsparcia bioróżnorodności, a także umożliwia retencjonowanie wód w objętości przekraczającej 12 tys. m³.

Inwestor powinien dokonać uzgodnień zakresu inwestycji w PGW Wody Polskie Zarządzie Zlewni w Inowrocławiu, w tym potwierdzić interpretację w zakresie wymagań wynikających z ustawy Prawo Wodne.

Rekomenduje się wykonanie dokumentacji:

- plan sytuacyjno-wysokościowy z lokalizacją urządzeń,
- KIP
- operatu wodnoprawnego

Planowane działania wpisują się ramy finansowe przyszłego konkursu Urzędu Marszałkowskiego, działanie FEKP.02.09 MAŁA RETENCJA I ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU W REGIONIE

7. Harmonogram wdrażania i ramy organizacyjne.

7.1. Etapowanie prac (krótko-, średnio- i długoterminowe działania).

Inwestycje związane z małą retencją i gospodarowaniem wodami na poziomie powiatu są złożone pod względem środowiskowym, technicznym, finansowym i społecznym. Efekty retencyjne, takie jak magazynowanie wód opadowych, poprawa stosunków wodno-glebowych czy zwiększenie poziomu wód gruntowych, ujawniają się w różnym czasie i są zależne od charakteru obiektów wodnych, warunków glebowych oraz sposobu użytkowania gruntów.

Wdrażanie działań retencyjnych etapami pozwala:

- stopniowo zwiększać retencję lokalną i regionalną,
- minimalizować ryzyko finansowe i organizacyjne,
- weryfikować efekty pilotażowe przed realizacją inwestycji większych i bardziej kosztownych,
- angażować lokalne społeczności,
- zsynchronizować inwestycje z cyklem finansowania JST, środkami krajowymi i unijnymi.

Podejście etapowe do wdrażania działań i rozwiązań retencji wodnej na określonym obszarze stanowi punkt wyjścia – podstawę, do podejmowania decyzji kształtujących stan zasobów wodnych i reguły zarządzania nimi w przyszłości. Takie podejście jest zgodne, zarówno z krajowymi dokumentami strategicznymi, m.in. Plany Gospodarowania Wodami (PGW), Plany Zarządzania Ryzykiem Powodziowym, Program Rozwoju Obszarów Wiejskich, jak i europejskimi wytycznymi (Water Framework Directive, EU Biodiversity Strategy, EU Climate Adaptation Strategy).

Działania inwestycyjne w systemie małej retencji powiatu można podzielić na trzy horyzonty czasowe: krótko-, średnio- i długoterminowe. Podział ten opiera się na kryteriach: a) środowiskowo-hydrologicznych (czas osiągnięcia efektów), technicznych (poziom złożoności inwestycji), finansowych (dostępność funduszy), społecznych (stan akceptacji działań przez rolników i mieszkańców, otwartość na tworzenie partnerstw, trwałość współpracy różnych podmiotów).

Działania krótkoterminowe, obejmujące okres 1–2 lata, charakteryzują się szybkim wdrożeniem, niskim kosztem inwestycji i minimalnymi wymaganiami formalnymi. Obejmują:

- a) działania agrotechniczne na polach uprawnych;
- b) utrzymanie i odtworzenie istniejących rowów odwadniających z funkcją spowalniania odpływu;
- c) budowa zastawek, progów piętrzących;
- d) budowa małych zbiorników wodnych i odtwarzanie małych oczek wodnych;
- e) zagospodarowanie wód opadowych na terenie gospodarstwa (np. studnie chłonne, systemy rozsączające);
- f) działania społeczne i edukacyjne dla mieszkańców i rolników w zakresie praktyk retencyjnych.

Działania krótkookresowe przynoszą najczęściej efekty w postaci szybkiego zwiększenia retencji lokalnej, zdobycia danych do dalszego planowania inwestycji i wzrost akceptacji społecznej.

Działania średniookresowe, obejmujące okres 3–6 lat, koncentrują się na budowie infrastruktury retencyjnej o większej skali oraz renaturyzacji cieków i terenów wodnych. Działania obejmują:

- a) inwestycje techniczne, w tym m.in. budowa zbiorników retencyjnych (200 m³ – kilka tys. m³), modernizacja urządzeń w systemach melioracyjnych – zmiana funkcji odwadniającej na dwukierunkową (odwadniająco-nawadniającą);
- b) renaturyzację i retencję krajobrazową (przywracanie naturalnych korytarzy rzecznych i mokradeł; zadrzewienia śródpolne i wzdłuż cieków, utrzymanie sezonowych podtopień na łąkach);
- c) zarządzanie strategiczne, poprzez tworzenie i rozwijanie Lokalnych Partnerstw Wodnych, opracowanie wieloletnich harmonogramów inwestycyjnych dla gmin i powiatu.

Efekty średniookresowe wpływają na poprawę stabilności wód powierzchniowych i gruntowych, ograniczenie odpływu powierzchniowego, wzrost retencji glebowej i odporności rolnictwa.

Działania długoterminowe, w perspektywie 7–15 lat. Są to przeważnie inwestycje złożone, kosztowne i wymagają wieloletniego planowania, koordynacji i często zmian w zagospodarowaniu przestrzennym. Wśród działań długookresowych wyróżniamy:

- a) duże programy renaturyzacji cieków i dolin rzecznych;
- b) odtwarzanie kompleksowych systemów mokradeł na obszarach rolnych;
- c) budowa lub przebudowa rozległych systemów małej retencji w lasach i na terenach rolniczych;
- d) odbudowa naturalnych zbiorników polderowych;
- e) duże, zintegrowane programy przeciwdziałania skutkom suszy na poziomie regionu;
- f) zmiana struktury krajobrazu sprzyjająca retencji (np. zadrzewienia śródpolne, pasy wiatrochronne, korekty użytków zielonych).

Realizacja tych zadań zapewnia utrzymanie efektów oraz adaptację do zmian klimatu w długiej perspektywie, obejmując m. in. trwałą poprawę bilansu wodnego w powiecie, na poziomie całych zlewni. Obserwować można zwiększoną odporność rolnictwa na suszę, ochrona ekosystemów i trwałość infrastruktury retencyjnej.

7.2. Propozycje koordynacji między jednostkami samorządowymi, zarządcami wód, rolnikami, leśnikami, społecznościami lokalnymi.

Podczas realizacji inwestycji retencyjnych proces koordynacji działań pomiędzy wszystkimi zaangażowanymi w proces podmiotami powinien przebiegać według ujednoliconego schematu operacyjnego opartego na podziale ról (inicjator, projektant, podmiot finansujący, podmiot utrzymujący) i powinien być dostosowywany inwestycyjnie i lokalnie dla LPW w powiatach.

Prawidłowa koordynacja działań stanowi istotny element skutecznego gospodarowania zasobami wodnymi na poziomie lokalnym i regionalnym. W literaturze przedmiotu oraz krajowych i unijnych dokumentach strategicznych dotyczących zarządzania wodami i adaptacji do zmian klimatu wskazuje się, że efektywne działania inwestycyjne, planistyczne i środowiskowe przynoszą najlepsze rezultaty wtedy, gdy prowadzone są w sposób zintegrowany, zarówno przestrzennie, jak i instytucjonalnie.

Dobrze skoordynowane działania inwestycji wodnych prowadzą do:

- optymalnego wykorzystania przestrzeni i istniejącej infrastruktury,
- zmniejszenia ryzyka powodzi, podtopień oraz skutków suszy,
- poprawy stabilności hydrologicznej i retencji krajobrazowej,
- ograniczenia kosztów poprzez eliminację działań powielających się lub wykluczających,
- spójności działań rolniczych, leśnych, ochronnych i komunalnych,
- zapewnienia transparentności i trwałości efektów inwestycji.

Wspólne planowanie lokalnych działań inwestycyjnych, powoduje, że takie przedsięwzięcia przynoszą długoterminową poprawę zarówno bilansu wodnego, stanu środowiska glebowego, jak i biologicznego.

Skuteczne wdrażanie działań retencyjnych wymaga konsolidacji podstawowych grup interesariuszy:

1. **jednostki samorządu terytorialnego (gminy, powiaty)** – odpowiadające za planowanie przestrzenne, rozwój lokalny, drobną infrastrukturę wodną,
2. **zarządcy wód i cieków** – prowadzący działania eksploatacyjne, utrzymaniowe i inwestycyjne,
3. **rolnicy i organizacje rolnicze** – użytkownicy gruntów zależnych od stabilnych warunków wodnych,

4. **leśnicy i jednostki zarządzające lasami** – mające wpływ na retencję terenową i stan cieków leśnych,
5. **społeczności lokalne i organizacje społeczne** – odbiorcy efektów środowiskowych, użytkownicy zasobów przyrodniczych.

W wyniku współpracy możliwe jest odpowiednie lokalizowanie inwestycji, zabezpieczanie zlewni przed nadmiernym odpływem wód, przywracanie naturalnych procesów hydrologicznych oraz tworzenie systemu retencji rozproszonej.

Prawidłowa współpraca i koordynacja działań w zakresie gospodarowania wodami oraz prac inwestycyjnych powinna opierać się w pierwszej kolejności na wspólnie opracowanym planie inwestycyjnym oraz wymianie informacji i danych dla potrzeb inwestycji w danym obszarze. Koordynacja prac to również umiejętność połączenia różnych działań inwestycyjnych, które wzajemnie się uzupełniają i tworzą spójny, zintegrowany ciąg retencji (np. stawy – rowy – mokradła – tereny zalewowe).

W dobrze zaprojektowanym planie współpracy, poszczególne podmioty powinny wzajemnie się informować o planowanych pracach melioracyjnych lub zmianach sposobu utrzymania cieków; prowadzić działania doradcze np. dla rolników w zakresie działań agrotechnicznych (mulczowania, pasów buforowych, zabiegów przeciwerozojnych) oraz organizować spotkania konsultacyjne np. z zakresu inwestycji hydrotechnicznych.

Dobłą praktyką byłoby także wspólne uzgadnianie procedur utrzymaniowych, tworzenie harmonogramów konserwacji rowów i obiektów wodnych, prowadzenie kontroli drożności rowów w okresach krytycznych pod kątem suszy i podtopień.

W całym procesie koordynowania działań nie należy pomijać kwestii edukacji (broszury, portale informacyjne, szkoła) i udziału mieszkańców w konsultacjach z zakresu retencji wodnej.

Na podstawie analiz dostępnych dokumentów (m.in. Powiatowych Planów Wodnych dla poszczególnych powiatów) można utworzyć/wskazać uniwersalny zakres działań koordynacyjnych, który obejmuje:

1. **Utworzenie Lokalnych Partnerstw Wodnych (LPW) lub wzmocnienie istniejących.** Partnerstwo powinno być stałą platformą współpracy na linii powiat–gminy–spółki wodne–rolnicy–leśnicy–Wody Polskie–organizacje pozarządowe. LPW powinno nadzorować listy zadań, wnioski o finansowanie i działania edukacyjne.
2. **Podział ról i odpowiedzialności:**

- *Powiat*: koordynacja strategiczna, łączenie programów gminnych, pozyskiwanie i alokacja środków na zadania ponadgminne.
 - *Gmina*: bieżące utrzymanie rowów przydrożnych, współpraca ze spółkami wodnymi, lokalne planowanie przestrzenne.
 - *Wody Polskie / RZGW*: zarządzanie głównymi ciekami, zatwierdzanie większych inwestycji, nadzór hydrologiczny.
 - *Spółki wodne / rolnicy*: konserwacja urządzeń melioracyjnych na gruntach rolnych, zgłaszanie awarii, realizacja małych inwestycji retencyjnych.
3. **Standardy dokumentacji i wymiana informacji:** jednolite formularze zgłoszeń zadań do PPW (wzory załączników występują w niektórych PPW), baza zgłoszeń online, katalog inwestycji priorytetowych.
 4. **Mechanizmy finansowo-prawne:** model współfinansowania interwencji (np. budżet powiatowy + udział gminy + dotacja wojewódzka/środki zewnętrzne) oraz proste regulacje dot. korzystania z funduszy (umowy o dofinansowanie z jasnymi warunkami).
 5. **Harmonogramy przeglądów i raportowania:** cykliczne spotkania operacyjne (np. co kwartał) i strategiczne (np. co rok), raportowanie efektów do Zarządu Powiatu i publikacja raportu dla mieszkańców.

Bieżąca współpraca pomiędzy podmiotami powinna być oparta o szereg praktycznych narzędzi, w tym:

- a) Zespoły robocze tematyczne: np. ds. małej retencji, ds. melioracji, ds. komunikacji i edukacji, ds. finansowania.
- b) Platforma danych GIS oraz dostępny rejestr zadań: współdzielona mapa interwencji, harmonogramów i wykonanych prac.
- c) Umowy partnerskie (porozumienia gmin-powiat-spółki): wzory porozumień określające zakres prac, częstotliwość utrzymania, tryb refinansowania.
- d) Program wsparcia technicznego dla spółek wodnych: doradztwo KPODR / powiatu przy przygotowaniu dokumentacji, wniosków o dotacje i nadzorce prac.

7.3. Wskazanie możliwych źródeł finansowania (środki własne samorządu, fundusze unijne, dotacje krajowe, partnerstwa publiczno-prywatne).

Realizacja inwestycji związanych z retencjonowaniem wody oraz jej gospodarowaniem niejednokrotnie wymaga znacznych nakładów kosztowych, które przewyższają możliwości finansowe rolników czy budżety jednostek samorządowych. W wielu przypadkach konieczne jest pozyskanie zewnętrznych źródeł finansowego wsparcia zadań inwestycyjnych, programów związanych z małą retencją oraz inwestycjami wodnymi. Odpowiednie wsparcie finansowe stanowi podstawę skutecznej realizacji zaplanowanych działań i usług.

Źródła finansowania wszelkich wodnych inicjatyw będą zróżnicowane, w zależności od rodzaju i okresu przewidywanego działania, a przede wszystkim od możliwości stosowania instrumentów finansowo-ekonomicznych, zapewnionych na poziomie krajowym, regionalnym i lokalnym.

Najczęstszym sposobem finansowania przedsięwzięć inwestycyjnych związanych z małą retencją, z ochroną środowiska i adaptacją do zmian klimatu są:

- dotacje państwowe z funduszy krajowych i zagranicznych;
- kredyty i pożyczki udzielane w bankach komercyjnych,
- kredyty i pożyczki preferencyjne udzielane przez instytucje wspierające rozwój gmin,
- środki własne inwestorów.

Fundusze i programy krajowe:

1. Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko (NFOŚiGW):

1) FEnIKS – Gospodarka wodno-ściekowa, Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko

Nabór: od 01.12.2025 r. do 31.03.2026 r.

Zakres wsparcia: przedsięwzięcia związane z budową nowej infrastruktury komunalnej do zbierania ścieków komunalnych oraz budową, przebudową, rozbudową i remontem istniejącej infrastruktury komunalnej do ich oczyszczania, w aglomeracjach o wielkości co najmniej 15 000 RLM.

Beneficjenci: jednostki realizujące zadania związane z gospodarką wodno-ściekową na terenie aglomeracji; jednostki samorządu terytorialnego i ich związki, przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne (w rozumieniu art. 2 pkt 4 ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków) oraz spółki wodne (w rozumieniu art. 441 ustawy Prawo wodne) i ich związki

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 70% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 720 mln PLN

2) 2.4 FEnIKS – Adaptacja do zmian klimatu, zapobieganie klęskom i katastrofom. Systemy gospodarowania wodami opadowymi, Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko

Nabór: od 30.09.2025 r. do 30.04.2026 r.

Zakres wsparcia:

- zrównoważone systemy gospodarowania wodami opadowymi z udziałem zieleni, zielono-niebieskiej infrastruktury i rozwiązań opartych na przyrodzie;
- wdrożenia inwestycji określonych w miejskich planach adaptacji do zmian klimatu, obejmujących m.in. zrównoważone i zaadaptowane do zmian klimatu systemy gospodarowania wodami opadowymi oraz rozwój zielono-niebieskiej infrastruktury;
- systemy w zakresie gospodarowania wodami opadowymi mające za zadanie zapobieganie podtopieniom i zalaniom oraz ograniczanie skutków tych zjawisk, zwiększenie odporności na ekstremalne zjawiska pogodowe (ulewy oraz powodzie błyskawiczne), spowolnienie odpływu wód opadowych oraz retencjonowanie wody w zlewniach lokalnych wraz z systemami jej dystrybucji na okres suszy.

Projekty takie będą łączone z projektami dotyczącymi zielononiebieskiej infrastruktury. Wspierane inwestycje dotyczyć będą m.in.:

- a) budowy, rozbudowy lub remontu sieci kanalizacji deszczowej oraz infrastruktury towarzyszącej, w tym urządzeń wodnych i zieleni (w wyniku realizacji inwestycji musi wzrosnąć powierzchnia obszarów zieleni w projekcie spełniających funkcje ekologiczne, w tym powierzchni biologicznie czynnej), która przyczynia się do odprowadzania, zatrzymania, retencjonowania, wykorzystania wód opadowych lub oczyszczania (w razie potrzeby) wód opadowych, przy czym dla tej infrastruktury preferowane będzie użycie metod naturalnych lub bazujących na naturalnych (rozwiązania oparte na przyrodzie), w tym wiążących się z zasilaniem wód gruntowych i podziemnych oraz rozwojem zieleni. Metody naturalne lub bazujące na

naturalnych to działania, wykorzystujące naturalną zdolność retencji, zagospodarowania, samooczyszczania oraz odprowadzania wód opadowych z danego terenu np. rowy odwadniające, muldy, zbiorniki odparowujące, obsadzone roślinnością stawy sedimentacyjne, obiekty hydrofitowe oczyszczania wód opadowych, ogrody deszczowe, mikromokradła, niecki bioretencyjne i infiltracyjne;

- b) zazielenienia zbiorników wodnych lub ich renaturyzacji w lokalnych zlewniach miejskich;
 - c) budowy, rozbudowy lub remontu zbiorników wód opadowych wraz z infrastrukturą towarzyszącą (w tym m.in. urządzenia podczyszczające i instalacje rozprowadzania zebranej wody);
 - d) likwidacji zasklepienia lub uszczelnienia gruntu poprzez stosowanie wzmocnień przepuszczalnych dla wody np.: ażurowych lub żwirowych, jak również poprzez stosowanie rozwiązań opartych na przyrodzie, w tym zakładających przywrócenie do stanu pierwotnego;
- Zieleń stosowana w projektach powinna składać się z gatunków rodzimych, zaś działania adaptacyjne nie powinny przyczyniać się do spadku różnorodności biologicznej, lecz jej zachowania lub wzrostu.
 - Dopuszczalne jest sfinansowanie również następujących elementów dodatkowych: infrastruktury dla udostępniania zieleni oraz zielono-niebieskiej i niebieskiej infrastruktury (np. ciągi pieszo-rowerowe, stojaki na rowery, ścieżki, ławeczki, kosze na śmieci, infrastruktura oświetleniowa, toalety publiczne, obiekty małej architektury, place zabaw dla dzieci, siłownie plenerowe) oraz niewielkich działań rekultywacyjnych i remediacyjnych terenu znajdującego się w granicach projektu zieleni lub zielono-niebieskiej i niebieskiej infrastruktury. Wskazany katalog potencjalnych inwestycji nie ma charakteru zamkniętego. Wartość ww. elementów nie może wynieść więcej niż 20 % kosztów kwalifikowalnych projektu. W przypadku, gdy konieczność wykonania dodatkowych elementów wynika z zaleceń konserwatora zabytków wartość tych elementów nie może przekroczyć 25% kosztów kwalifikowalnych projektu.
 - W ramach projektów nie będą finansowane prace pielęgnacyjne takie jak sezonowe koszenie trawników i poboczy dróg, przycinanie żywopłotów, gałęzi, obsadzanie i

pielęgnacja istniejących kwietników i rabat kwiatowych, jesienne sprzątanie liści itp.

- Dodatkowo, punktowane będą projekty zakładające rozszczelnienie i odsklepanie terenu, w tym odbetonowanie, w ramach projektów oraz zwiększające ogólny udział zieleni i niebieskiej infrastruktury na obszarach miejskich.
- W ramach działań adaptacyjnych dodatkowo wspierane będą również projekty dotyczące gospodarowania i zarządzania wodą przeznaczoną do spożycia (z wyjątkiem uzdatniania i dystrybucji wody do odbiorców) w zakresie, w jakim wynika to z konieczności dostosowania do ekstremalnych zjawisk pogodowych (adaptacji do zmian klimatu).

Beneficjenci: jednostki samorządu terytorialnego, jednostki organizacyjne działające w imieniu jednostek samorządu terytorialnego, podmioty świadczące usługi publiczne w ramach realizacji obowiązków własnych jednostek samorządu terytorialnego. Zgodnie z Regulaminem wyboru projektów (§ 4 ust. 7) o dofinansowanie w ramach działania mogą ubiegać się miasta powyżej 20 tys. mieszkańców oraz miasta z przedziału 15-20 tys. mieszkańców, które są stolicami powiatów, za wyjątkiem: miast podlegających wsparciu w ramach Działania 01.02 (których lista stanowi załącznik nr 10 do Regulaminu).

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 79,71% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 500 mln PLN; Minimalna kwota dofinansowania projektu wynosi 500 tys. PLN.

3) **2.4 FEnIKS – Adaptacja do zmian klimatu, zapobieganie klęskom i katastrofom. Systemy gospodarowania wodami opadowymi, Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko**

Typ FENX.02.04.10 Edukacja w zakresie kwestii klimatycznych, adaptacji do zmian klimatu oraz ochrony zasobów wodnych

Podtyp I: Projekty edukacyjne realizowane w szkołach z elementami infrastrukturalnymi - kompleksowe projekty dotyczące podnoszenia świadomości nt. zmian klimatu i adaptacji do nich poprzez wdrażanie działań edukacyjno-informacyjnych równoległe z powiązаныmi działaniami adaptacyjnymi w zakresie zielononiebieskiej infrastruktury.

Nabór: od 29.08.2025 r. do 30.01.2026 r.

Zakres wsparcia:

- projekty dotyczące edukacji ekologicznej spełniające łącznie następujące warunki: a) są realizowane w szkołach i zawierają elementy infrastrukturalne; b) dotyczą podnoszenia świadomości nt. zmian klimatu i adaptacji do nich poprzez wdrażanie działań edukacyjno-informacyjnych równoległe z powiązаныmi działaniami adaptacyjnymi w zakresie zielononiebieskiej infrastruktury.

Beneficjenci: jednostki samorządu terytorialnego i ich związki, pozarządowe organizacje ekologiczne, partnerstwa podmiotów wyżej wymienionych.

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 79,71% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 30 mln PLN

2. Dopłaty do Ekoschematów w ramach WPR 2021-2027 – Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa

Nabór: co roku, do 2027

Zakres wsparcia: Ekoschematy – rodzaj interwencji w formie płatności bezpośrednich, w ramach których za realizację praktyk korzystnych dla środowiska i klimatu, rolnik może otrzymać dodatkowe płatności. Wśród ekoschematów o największym wpływie na retencję wodną, do których rolnik może otrzymać dodatkową płatność są:

- 1) Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi, które obejmuje m.in. takie praktyki rolnicze jak:
 - Ekstensywne użytkowanie trwałych użytków zielonych (TUZ) z obsadą zwierząt,
 - Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe,
 - Wymieszanie obornika na gruntach ornych w terminie 12 godzin od jego aplikacji,
 - Stosowanie nawozów naturalnych płynnych innymi metodami niż rozbryzgowo,
 - Uproszczone systemy uprawy,
 - Wymieszanie słomy z glebą.
- 2) Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych.

Płatności w ramach ekoschematów, z wyłączeniem ekoschematu *Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych* są przyznawane do łącznej powierzchni gruntów nie większej niż 300 ha, przy czym:

1. do tej powierzchni nie wlicza się powierzchni gruntów ornych, na których rolnik zastosował materiał siewny kategorii elitarny lub materiał siewny kategorii kwalifikowany, na której jest realizowany dodatkowo ekoschemat *Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi* albo ekoschemat *Biologiczna uprawa*;
2. w przypadku płatności do rolnictwa węglowego i zarządzania składnikami odżywczymi, do tej powierzchni wlicza się powierzchnię gruntów ustaloną w wyniku przeliczenia liczby punktów za realizację praktyk w ramach tej płatności.

W przypadku gdy o przyznanie płatności w ramach ekoschematów obszarowych, z wyłączeniem ekoschematu *Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych*, ubiega się spółdzielnia produkcji rolnej albo spółdzielnia rolników, przy przyznawaniu tych płatności danej spółdzielni maksymalny limit 300 ha ustala się, na jej wniosek, jako iloczyn tego limitu oraz liczby członków danej spółdzielni, jeżeli spółdzielnia ta poddała się lustracyjnemu badaniu w ciągu ostatnich trzech lat poprzedzających rok złożenia wniosku o przyznanie tych płatności.

Spółdzielnia we wniosku o przyznanie płatności zawiera oświadczenie, że ubiega się o przyznanie tych płatności jako spółdzielnia produkcji rolnej albo spółdzielnia rolników i wnosi o ich przyznanie z uwzględnieniem liczby członków danej spółdzielni.

Do tej samej powierzchni w tym samym roku mogą być przyznane płatności w ramach nie więcej niż dwóch ekoschematów lub praktyk, lub wariantów.

Beneficjenci: rolnicy, spółdzielnie rolników

Poziom dofinansowania ekoschematu: projektowane stawki płatności w ramach ekoschematów obszarowych w 2025 r.:

Tab. 7.3.1. Wysokości stawki płatności w ramach wybranych ekoschematów obszarowych w 2025 r.

Ekoschemat obszarowy / praktyka / wariant		Projektowana wysokość stawki - 2025 r.
		[zł/ha]
Rolnictwo węgłowe i zarządzanie składnikami odżywczymi, w tym praktyki:	Ekstensywne użytkowanie trwałych użytków zielonych z obsadą zwierząt	437,60
	Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe	437,60
	Zróznicowana struktura upraw	233,13
	Wymieszanie obornika na gruntach ornych w terminie 12 godzin od jego aplikacji	175,05
	Stosowanie nawozów naturalnych płynnych innymi metodami niż rozbryzgowo	262,56
	Uproszczone systemy uprawy	262,56
	Wymieszanie słomy z glebą	87,52
Retencjonowanie wody na trwałych użytkach zielonych		245,98
Materiał siewny kategorii elitarny lub materiał siewny kategorii kwalifikowany w tym:	zboża	104,15
	rośliny strączkowe	168,93
	ziemniaki	436,76

(źródło: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/projektowane-stawki-płatności-bezpośrednich-za-2025-r>)

W przypadku płatności dla małych gospodarstw w ustawie o Planie Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027 określona została stała kwota wsparcia, wynosząca 225 EUR/ha. Równowartość tej kwoty w złotych, po przeliczeniu z zastosowaniem podanego kursu to 960,70 zł.

Fundusze regionalne

1. Program Regionalny Fundusze Europejskie dla Kujaw i Pomorza na lata 2021-2027 Departament Rozwoju Obszarów Wiejskich UMWK-P

Działanie 2.9 Mała retencja i adaptacja do zmian klimatu w regionie,

Nabór: III/IV kw. 2026 r. (na I i II kw. 2026r. planowane jest przygotowywanie procedur i dokumentacji do naboru dla Grantobiorców. Ogłoszenie naboru dla Grantobiorców zostanie poprzedzone konferencją otwierającą).

Zakres wsparcia:

- budowa mikro i małych zbiorników wodnych, sztucznych stawów, podpiętrzeń jezior;
- budowa stopni i jazów dla podwyższenia poziomu w rzece;
- regulacja odpływów z systemów odwadniających;
- budowa stawów i rowów infiltracyjnych;
- renaturyzacja rzek, odtwarzanie dolin rzecznych;
- budowa lub remont urządzeń służących do retencjonowania wód (np. jazy, zastawki);
- zwiększenie powierzchni i ilości zadrzewień śródpolnych.

Beneficjenci: jednostki samorządu terytorialnego, osoba fizyczna, kościół / związek wyznaniowy, stowarzyszenie, spółdzielnia, spółka wodna, inna osoba prawna;

Poziom dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: 100% wartości wydatków kwalifikowanych

Pula środków na nabór wniosków: 59,9 mln PLN; max 200 tys. Euro / Grantobiorcę

2. Program Priorytetowy - WFOŚiGW w Toruniu.**1) Program Priorytetowy EKO-KLIMAT – woda, powietrze, ziemia – preferencyjny program pożyczkowy**

Nabór: nieoficjalnie 2026 r. Poniższe informacje odnoszą się do dotychczasowych zasad.

Zakres wsparcia: przedsięwzięcia proekologiczne realizowane na terenie woj. kujawsko-pomorskiego w zakresie:

a) Poprawa gospodarki wodno-ściekowej:

- budowa systemów oczyszczania ścieków, w tym oczyszczalni ścieków i sieci kanalizacyjnych;
- zakup specjalistycznego sprzętu do utrzymania i konserwacji urządzeń kanalizacyjnych oraz pojazdów asenizacyjnych;
- budowa i modernizacja ujęć wody, stacji uzdatniania wody oraz sieci wodociągowych.

b) Adaptacja do zmian klimatu:

- realizacje zielono-błękitnej infrastruktury na terenach zabudowanych;

- modernizację kanalizacji deszczowej, umożliwiające lokalną retencję, w tym budowę polderów zalewowych i systemów infiltracji wód deszczowych do gruntu;

c) Edukacja ekologiczna:

- budowa, przebudowa i modernizacja obiektów budowlanych lub ich części przeznaczonych do prowadzenia edukacji ekologicznej.

Beneficjenci: osoba fizyczna, osoba prawna, jednostki organizacyjne nieposiadające osobowości prawnej;

Okres wdrażania: Program realizowany jest od 2020 r. do 2029 r. w tym:

- a) podpisywanie umów podejmowane będzie do końca 2027 roku,
- b) środki w formie pożyczek wypłacane będą Beneficjentom do końca 2029 roku.

Forma dofinansowania projektu/przedsięwzięcia: preferencyjna pożyczka do 100% kosztów kwalifikowanych. Okres kwalifikowalności kosztów obejmuje wydatki poniesione przez Beneficjenta od 01.05.2020 roku do 30.06.2029 roku. Wydatki poniesione przez Beneficjenta w okresie kwalifikowalności kosztów mogą być uznane do refundacji przy ustalaniu kwoty dofinansowania, jeśli zostały poniesione przez Wnioskodawcę w okresie nie dłuższym niż 1 rok przed złożeniem wniosku o dofinansowanie.

Minimalna kwota pożyczki: 80 tys. PLN.

Oprocentowanie: Oprocentowanie pożyczek jest zmienne i określane na podstawie stopy redyskonta weksli, ustalonej przez Radę Polityki Pieniężnej, ogłaszanej obwieszczeniem Prezesa NBP obowiązującej w dniu zawarcia umowy pożyczki. Oprocentowanie pożyczek wynosi:

- pożyczka z opcją umorzenia – 0,80 stopy redyskonta weksli, jednak nie mniej niż 2,25% w skali roku. Aktualne oprocentowanie: 3,24% od dnia 04.12.2025 r.
- pożyczka bez umorzenia – 0,70 stopy redyskonta weksli, jednak nie mniej niż 2,00% w skali roku. Aktualne oprocentowanie: 2,84% od dnia 04.12.2025 r.

W przypadku przedsięwzięć podlegających przepisom pomocy publicznej, Wojewódzki Fundusz może ustalić na wniosek Wnioskodawcy wyższe oprocentowanie (tzw. rynkowe), nie niższe niż stopa bazowa¹ obowiązująca w dniu zawarcia umowy, powiększone o marżę. Oprocentowanie aktualizowane jest w okresach kwartalnych, na podstawie wysokości stopy redyskonta weksli z ostatniego dnia roboczego poprzedniego kwartału.

Minimalny okres spłaty pożyczki uzależniony jest od wariantu pożyczki:

- od 5 do 15 lat dla pożyczek z umorzeniem
- od 2 do 15 lat dla pożyczek bez umorzenia

Maksymalny okres spłaty pożyczki uzależniony jest od specyfiki przedsięwzięcia, oceny ryzyka niespłacenia pożyczki oraz form jej zabezpieczenia i wynosi do 15 lat. Okres ten jest liczony od określonej w umowie daty wypłaty pierwszej transzy pożyczki do dnia określonej w umowie spłaty ostatniej raty.

Karencja: nie dłużej niż 36 miesięcy

Udzielenie dofinansowania i umorzenia:

- następuje z uwzględnieniem przepisów regulujących dopuszczalną pomoc publiczną;
- udzielenie umorzenia w ramach Programu następuje bez względu na inne źródła finansowania przedsięwzięcia, w tym także bezzwrotne, z wyłączeniem przedsięwzięć współfinansowanych z udziałem dotacji lub pożyczek ze środków NFOŚiGW oraz innych środków publicznych, także zagranicznych, których zasady wyłączają możliwość bezzwrotnego dofinansowania w części wymaganego od Beneficjenta udziału własnego;
- w przypadku pożyczki z umorzeniem, pożyczka jest częściowo umarzana na wniosek Pożyczkobiorcy, jeśli łącznie zostaną spełnione warunki określone w § 14 ust. 5 Zasad;
- maksymalna wartość umorzenia nie może przekraczać 15 % wypłaconej kwoty pożyczki i nie może być wyższa niż 500 000,00 zł.

Wartość umorzenia uzależniona jest od okresu spłaty pożyczki i narasta po upływie każdego roku od dnia jej zawarcia o jeden punkt procentowy, począwszy od piątego roku, wg schematu: od 5% do 15% wypłaconej kwoty pożyczki, naliczana wg schematu: 5 lat – 5%, 6 lat – 6%... 15 lat – 15% - dotyczy pożyczek z opcją umorzenia.

Minimalny okres zachowania trwałości przedsięwzięcia uzależniony jest od specyfiki przedsięwzięcia i nie powinien być krótszy niż 5 lat od daty jego zakończenia.

Gdy wartość wnioskowanej pożyczki przekracza 5 mln PLN, oprocentowanie pożyczki oraz warunki częściowego jej umorzenia, z wyjątkiem maksymalnej kwoty

umorzenia, mogą zostać ustalone przez Zarząd WFOŚiGW w drodze negocjacji z Wnioskodawcą.

- 2) **Program „Moja Woda” – WFOŚiGW w Toruniu.** Planowane jest wdrożenie kolejnej edycji „Moja Woda” (regulamin, formularze, tryb naboru na poziomie województwa).

Zakres programu: wsparcie małej retencji przydomowej: gromadzenie wód opadowych (np. zbiorniki szczelne, oczka wodne), retencjonowanie wody (np. drenaż, zielne dachy), wykorzystywanie zebranej deszczówki (np. pompy, filtry, zraszacze), zbieranie wód opadowych (np. łapacze, rury).

Beneficjenci: osoby fizyczne — właściciele/współwłaściciele / użytkownicy nieruchomości z budynkiem jednorodzinnym. Z dofinansowania nie mogą skorzystać osoby, którym już wcześniej udzielono dofinansowania z programu „Moja Woda”.

Termin składania wniosków: Oficjalnej daty nie ma. Z nieoficjalnych źródeł, po korespondencji z WFOŚiGW wynika, że harmonogram może zostać ujawniony na początku 2026 r. (orientacyjnie).

8. Wnioski i rekomendacje końcowe

8.1. Podsumowanie najważniejszych rezultatów koncepcji

1. Analiza warunków hydrologicznych, klimatycznych i glebowych powiatu sępoleńskiego potwierdziła występowanie silnych i trwałych deficytów wodnych, szczególnie w części rolniczej powiatu, przy jednoczesnej obecności cennych obszarów retencyjnych w krajobrazie leśnym i jeziornym. Zróżnicowanie przestrzenne zagrożenia suszą wskazuje obszary priorytetowe dla działań retencyjnych.
2. Ocena możliwości retencjonowania wód w obszarach rolnych i leśnych wykazała duży potencjał wdrażania rozproszonych form małej retencji, obejmujących budowę niewielkich zbiorników, modernizację rowów melioracyjnych, stosowanie obiektów piętrzących, renaturyzację cieków oraz aktywną ochronę mokradeł.
3. Opracowane obiekty pilotażowe — zbiornik retencyjny w Sypniewie oraz system zastawek piętrzących w rynnie jeziornej — potwierdziły skuteczność działań zwiększających retencję w skali lokalnej. W pierwszym przypadku uzyskano

możliwość ograniczenia podtopień i poprawy warunków rolniczych, w drugim zwiększenia wilgotności siedlisk i stabilizacji ekosystemu leśnego.

4. Wyniki modelowań hydrologicznych potwierdziły istotny wzrost pojemności retencyjnej, spowolnienie odpływu i poprawę warunków wodnych zarówno w zlewniach rolnych, jak i leśnych, co zapewnia większą odporność na suszę i poprawia funkcjonowanie ekosystemów.

8.2. Rekomendacje dla dalszych działań strategicznych i operacyjnych

1. Wskazane jest, aby na poziomie powiatu opracować i wdrożyć własny program retencji wodnej, koordynujący działania gmin, zarządców wód oraz LPW. Program ten powinien obejmować rozwój małej retencji, modernizację systemów melioracyjnych oraz ochronę terenów podmokłych jako istotny element adaptacji do zmian klimatu.
2. Należy wdrożyć zaprojektowane inwestycje pilotażowe i wykorzystać je jako wzorcowe rozwiązania dla dalszego zwiększania retencji na obszarach o podobnych uwarunkowaniach, zarówno rolnych, jak i leśnych.
3. Przy realizacji prac melioracyjnych rekomenduje się stosowanie systemów dwufunkcyjnych, umożliwiających zarówno odwadnianie, jak i okresowe nawadnianie oraz stosowanie obiektów piętrzących pozwalających na regulację poziomu wody i spowolnienie odpływu.
4. Zasadne jest wzmocnienie działań na rzecz renaturyzacji cieków oraz odtwarzania terenów podmokłych, co pozwoli zwiększyć retencję krajobrazową i poprawić stan ekologiczny dolin.
5. Należy włączyć działania retencyjne do lokalnych planów zagospodarowania przestrzennego, uwzględniając przestrzeń niezbędną do retencji i zapobiegania skutkom ekstremalnych zjawisk hydrologicznych.
6. Rekomenduje się rozwój współpracy między jednostkami samorządowymi, rolnikami i leśnikami oraz podnoszenie świadomości na temat roli retencji w ograniczaniu skutków suszy i poprawie warunków produkcji rolniczej.

8.3. Kierunki pogłębionych analiz i możliwości rozszerzenia działań na inne obszary

1. Konieczne jest wykonanie szczegółowych analiz hydrologicznych w kolejnych zlewniach powiatu, z oceną możliwości rozbudowy systemów retencyjnych, modernizacji rowów i renaturyzacji cieków, a także modelowania efektów wdrażanych działań.
2. Wskazane jest opracowanie mapy potencjału retencyjnego powiatu, uwzględniającej obszary najkorzystniejsze do budowy zbiorników, odtwarzania mokradeł oraz stosowania obiektów piętrzących w systemach melioracyjnych.
3. Niezbędne jest rozwinięcie monitoringu wodnego i przyrodniczego, w tym obserwacji poziomu wód gruntowych, funkcjonowania małych zbiorników i efektywności zastawek, co umożliwi ocenę trwałości efektów inwestycji.
4. Rekomenduje się stopniowe rozszerzanie systemu rozproszonej retencji na kolejne obszary powiatu, zarówno w krajobrazie rolniczym, jak i leśnym, z dostosowaniem projektów do lokalnych warunków geologicznych i przestrzennych.

9. Literatura

1. ARiMR 2024 – Wycena robót wodno-melioracyjnych.
2. Bąk B., Maszewski R. 2012. Typy cyrkulacji atmosfery w regionie bydgosko-toruńskim podczas długotrwałej suszy meteorologicznej w latach 1989–1998. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 4 (40) p. 17–29.
3. Bartczak, A., Krzemiński, M. & Araźny, A. Changes in evaporation patterns and their impact on Climatic Water Balance and river discharges in central Poland, 1961–2020. *Reg Environ Change* 24, 130 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10113-024-02296-3> <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-024-02296-3>
4. Bukowski M. 2012. Efektywność ekonomiczna produkcji energii w małych elektrowniach wodnych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 34. Falenty. Wydaw. ITP. ISBN 978-83-62416-49-3 ss. 196.
5. Bukowski M., Liziński T., Wróblewska A. 2014. Efektywność ekonomiczna inwestycji z zakresu melioracji wodnych na przykładzie PROW 2007–2013. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 14. Z. 2(46) s. 5–15.
6. Charakterystyka posterunków wodowskazowych IMGW – dane ogólnodostępne, hydro.imgw.pl.
7. Chełmicki W. 2001. *Woda - Zasoby, degradacja, ochrona*. PWN Warszawa, 1-305.
8. Corine Land Cover, 2018 – Inspekcja Ochrony Środowiska, format WMS.
9. Cyfrowe mapy pokrywy glebowej Polski z zasobów Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego.
10. Dane archiwalne Państwowego Monitoringu Środowiska – GIOŚ.
11. Główny Urząd Statystyczny. (2025). *Bank Danych Lokalnych*. <https://bdl.stat.gov.pl>
12. Główny Urząd Statystyczny. (2024). *Bank Danych Lokalnych*. <https://bdl.stat.gov.pl>
13. Internetowy Atlas Województwa Kujawsko-Pomorskiego. 2015. Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu. (mapy zarchiwizowane).
14. Komisja Europejska (KE) 2021. *Analiza ekonomiczna - Vademecum 2021-2027. Zasady ogólne i zastosowania w sektorach*.
15. Kowalewski Z. 2003. Wpływ retencjonowania wód powierzchniowych na bilans wodny małych zlewni rolniczych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. Rozprawy

- naukowe i monografie. Nr 6. Falenty. Wydaw. IMUZ. ISBN 83-88763-31-8 ss. 126.
16. L. Łabędzki. 2014. Klimatyczne uwarunkowania rozwoju melioracji, W: Kaca E. (red.). Uwarunkowania rozwoju melioracji w Polsce. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy i monografie . Nr 37. Wyd. ITP, Falenty, ss.195
 17. Łysoń P., Wawer R. (red.) 2020. Adaptacja gospodarki wodnej w rolnictwie do zmieniającego się klimatu. IUNG-PIB, 1-38.
 18. Manteuffel Szoega H. 2002. Elementy ekonomiki gospodarowania wodą w rolnictwie. Warszawa. Wydaw. SGGW. ISBN 8-372-44382-3 ss. 228.
 19. Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000 (MPHP10k) – Wody Polskie, format WMS.
 20. Mapa zagrożenia powodziowego – Wody Polskie, ISOK, format WMS.
 21. Miler A. 2009. Stan obecny małej retencji wodnej oraz perspektywy jej rozbudowy na przykładowych terenach leśnych w Wielkopolsce. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 4, 231-237.
 22. Ortofotomapa standardowa – GUGIK, portal WMS Plan Przeciwdziałania Skutkom Suszy. (PPSS) – Wody Polskie, ISOK, format WMS.
 23. Piechota T. 2021. Jak zatrzymać wodę na polu? Wpływ agrotechniki na gospodarkę wodną. W: Współczesne uwarunkowania i wyzwania gospodarowania wodą w rolniczej przestrzeni produkcyjnej Wielkopolski (Bykowski J. – red.). Wyd. UP Poznań, 37-57.
 24. Pociask-Karteczka J. (red.) 2006. Zlewnia – Właściwości i procesy. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego Kraków, 1-295
 25. Powiatowy Plan Wodny dla Powiatu Golubsko-Dobrzyńskiego (Plan rozwoju gospodarki wodą na terenach wiejskich na lata 2022 - 2030). 2021. Lokalne Partnerstwo Wodne Powiatu Golubsko-Dobrzyńskiego, KPODR Minikowo.
 26. Przybyła C., Sojka M., Mrozik R., Wróżyński R., Pyszny K. 2015. Metodyczne i praktyczne aspekty planowania małej retencji. Bogucki Wydawnictwo Naukowe Poznań, 1-204.
 27. Strona Internetowa: Główny Urząd Statystyczny, Bank danych lokalnych. <https://bdl.stat.gov.pl/bdl/start>
 28. Strona internetowa: Hydro IMGW-PIB, <https://hydro.imgw.pl>
 29. Strona Internetowa: Urząd Statystyczny w Bydgoszczy, <http://bydgoszcz.stat.gov.pl/dane-o-wojewodztwie/>

30. Strona internetowa: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Dane dotyczące stanu ekologicznego i chemicznego JCWP <https://wody.gios.gov.pl/pjwp/maps/>
31. Treder W. 2022. Kodeks dobrych praktyk wodnych w ogrodnictwie. Wyd. Instytut Ogrodnictwa -PIB Skierniewice, 1-153.
32. Wawer R., Kolasińska K. (red.) 2020. Kodeks dobrych praktyk wodnych w rolnictwie. Praca zbiorowa, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 1-214.
33. Wawrzyniak B.M. 2002. Monografia rolnictwa województwa kujawsko-pomorskiego. Wydawnictwo WTN Włocławek, 1-526.
34. Woś. A. Zarys klimatu Polski. 1996. Wyd. Nauk. UAM. s. 300 ISBN 83-232-0755-0
35. Żarski J., Dudek S. 2000. Charakterystyka warunków termicznych i opadowych województwa kujawsko-pomorskiego w aspekcie potrzeb ochrony środowiska. Zeszyty Naukowe WSHE Włocławek, Ochrona Środowiska VI, 85-98.

II. Część graficzna

1. Mapy przeglądowe obszaru powiatu.

1. Ryc. 1.2.1. Podział administracyjny powiatu sępoleńskiego
2. Ryc. 1.2.2. Sieć hydrograficzna powiatu sępoleńskiego
3. Ryc. 2.3.1. Pokrywa glebowa powiatu sępoleńskiego
4. Ryc. 3.1.1. Sieć hydrograficzna powiatu sępoleńskiego.
5. Ryc. 3.3.1. Mapa zagrożenia suszą atmosferyczną na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.
6. Ryc. 3.3.2. Mapa zagrożenia suszą rolniczą na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.
7. Ryc. 3.3.3. Mapa zagrożenia suszą hydrologiczną na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.
8. Ryc. 3.3.4. Mapa zagrożenia suszą hydrogeologiczną na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.
9. Ryc. 3.3.5. Ocena łącznego zagrożenia suszą na obszarze powiatu sępoleńskiego, zgodnie z PPSS.
10. Ryc. 3.3.6. Mapa obszaru zagrożenia powodziowego 0,2%, 1% oraz 10% dla powiatu sępoleńskiego, zgodnie z ISOK.

2. Mapy koncepcyjne rozwiązań.

3. Rysunki schematyczne i przekroje.

1. Ryc. 2.2.1. Przebieg sum opadów atmosferycznych i średniej temperatury powietrza w Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020: a) w przebiegu rocznym; b) w okresie wegetacyjnym.
2. Ryc. 2.2.2. Charakterystyki sezonu wegetacyjnego (IV-X) w Bydgoszczy w wieloleciu 1991-2020: a) sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej ETo (mm); b) wartości klimatycznego bilansu wodnego (KBW) (mm).
3. Ryc. 3.2.1. Łączna długość cieków sklasyfikowanych jako rzeki główne w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
4. Ryc. 3.2.2. Łączna długość wszystkich obiektów hydrograficznych w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
5. Ryc. 3.2.3. Ilość jezior w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
6. Ryc. 3.2.4. Powierzchnia jezior w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
7. Ryc. 3.2.5. Ilość zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
8. Ryc. 3.2.6. Powierzchnia zbiorników wodnych zakwalifikowanych jako mniejsze zbiorniki wodne w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
9. Ryc. 3.2.7. Sumaryczna powierzchnia wód powierzchniowych stojących w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
10. Ryc. 3.2.8. Jeziorność w powiecie sępoleńskim, na tle pozostałych powiatów województwa kujawsko-pomorskiego (z wyłączeniem powiatu żnińskiego).
11. Ryc. 4.2.1. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie wegetacyjnym (kwiecień–wrzesień) w powiecie sępoleńskim na tle powiatów

- woj. kujawsko-pomorskiego; źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014
12. Ryc. 4.2.2. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w okresie zimowym (październik–marzec) na tle powiatów woj. kujawsko-pomorskiego; źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014
 13. Ryc. 4.2.3. Przestrzenny rozkład klimatycznego bilansu wodnego KBW w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w powiatach woj. kujawsko-pomorskiego; źródło: opracowanie własne na podstawie Łabędzki, 2014.
 14. Ryc. 6.4.1.1. Lokalizacja rowu R2-7 na terenie działek 343, 339/1, 340/1, 338/1-a, 11, 12, 13/1, 14, 15, 341/1, 331, 336/1 i 289/2LP obręb 0014 Sypniewo na tle mapy topograficznej i ewidencyjnej (<https://sepolenski.e-mapa.net/>).
 15. Ryc. 6.4.1.2. Przebieg istniejącego rowu R2-7 na tle mapy ewidencyjnej (Raport...2019).
 16. Ryc. 6.4.1.3. Lokalizacja rowu R2-7 na tle Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski.
 17. Ryc. 6.4.1.4 Podział obszaru na zlewnie topograficzne.
 18. Ryc. 6.4.1.5. Zakres opracowania na tle kopii mapy ewidencyjnej. Możliwy przebieg rowu/rurociągu i lokalizacja studni rewizyjnych: Legenda: 1 – przepust; 2 – przepust; A - zbiornik retencyjny
 19. Ryc. 6.4.1.5. Koncepcja hydrologiczna budowy zbiornika połączonego z rowem R2-7.
 20. Ryc. 6.4.1.6. Porównanie zasięgu podtopień przed (A) i po (B) przeprowadzeniu prac konserwacyjnych rowu oraz budowie zbiornika retencyjnego dla opadu 10 mm i 20 mm. Porównanie wskazuje na znaczącą poprawę sytuacji hydrologicznej po wykonaniu prac.
 21. Fot. 6.4.1.1. Widok na teren inwestycji, 2025 (źródło: Google Street View).
 22. Fot. 6.4.1.2. Przebieg rowu melioracyjnego na działkach o nr ewid. nr 341/1, 338/1-a, 12 (Raport...2019, fot. 18.02.2019 r.).
 23. Fot. 6.4.1.3. Widok na rów w części należącej do Lasów Państwowych na działce o nr ewid. 289/2 LP (Raport... 2019, 18.02.2019 r.).
 24. Fot. 6.4.1.4. Rów R2-7 biegnący przez tereny uprawne.

25. Fot. 6.4.1.3. Przepust na rowie R2-7 biegnący przez tereny uprawne.
Fot. 6.4.1.1. Naturalne obniżenie terenu na terenie Lasów Państwowych typowane do odbioru nadmiaru wody z rowu.
26. Fot. 6.4.1.3. Przepust i rów w części należącej do Lasów Państwowych na działce o nr 289/2.
27. Ryc. 6.4.2.1. Analizowane zbiorniki na tle ortofotomapy.
28. Ryc. 6.4.2.2. Analizowany zbiornik tzw. Jezioro Leśne II na działce nr 99 obręb Śmiłowo na tle mapy topograficznej.
29. Ryc. 6.4.2.3. Zlewnia bezpośrednia akwenu odwadnia obszar 34 ha
30. Ryc. 6.4.2.4. Podział obszaru na zlewnie cząstkowe wraz z siecią drenażu wód opadowych (ścieżki spływu).
31. Ryc. 6.4.2.5 Analizowane zbiorniki na tle archiwalnej mapy topograficznej.
32. Ryc. 6.4.2.6. Koncepcja lokalizacji 7 zastawek podpiętrzających wodę w zlewni bezpośredniej Jeziora Leśnego II oraz otaczających terenach podmokłych.
33. Ryc. 6.4.2.7. Przekrój poprzeczny przez czaszę Jeziora Leśnego II z liniami odpowiadającymi za obecny poziom wody (105,2 m - granatowa linia) i prognozowany po zastosowaniu piętrzenia (105,63 m - błękitna linia).
34. Ryc. 6.4.2.8. Zmiany zasięgu podtopień po zamodelowaniu zastawek. Model spływu dla opadu 20 mm wskazał wyraźnie na korzystny efekt pracy zastawek, najwyraźniej dla zastawki nr 1 (wzrost poziomu wody o 43 cm i zasięgu linii brzegowej), nr 2, nr 4 i nr 7.
- 35.
36. Fot. 6.4.2.1. Jezioro Leśne II - widok od strony wiaty turystycznej (źródło: Nadleśnictwo Runowo).
37. Fot. 6.4.2.3. Zastawka i rów na odpływie z jeziora Leśnego II.
38. Fot. 6.4.2.4. Rów odprowadzający wody z Jeziora Leśnego II. Po prawej stronie widoczny wlot przepustu częściowo zamulony i zablokowany materiałem organicznym (liście, osady), powodujący ograniczenie drożności odpływu i lokalne piętrzenie wody.
39. Fot. 6.4.2.5. Strefa kontaktu lasu z terenami otwartymi w zlewni Jeziora Leśnego II. Widoczna granica siedlisk wilgotnych i świeżych, z lokalnymi obniżeniami terenu sprzyjającymi okresowemu zaleganiu wód oraz spowolnieniu spływu powierzchniowego.
40. Fot. 6.4.2.6. Wnętrze kompleksu leśnego w zlewni Jeziora Leśnego II.

41. Fot. 6.4.2.7. Proponowana lokalizacja pierwszej zastawki piętrzącej na wypływie z Jeziora Leśnego III.. Rzędna lustra wody w miejscu planowanej budowli wynosi 105,308 m n.p.m. Lokalizacja: 53°19'35,5486" N, 17°30'50,0337" E.
42. Fot. 6.4.2.8. Proponowana lokalizacja drugiej zastawki piętrzącej w systemie odpływu z jezior leśnych. Dno rowu o rzędnej 104,672 m n.p.m. oraz lustro wody na poziomie 105,186 m n.p.m., co wskazuje na istniejący potencjał podpiętrzenia. Lokalizacja: 53°19'36,2684" N, 17°30'57,1363" E.
- 43.
- 44.

4. Legendy i opisy map.

1. ET_0 – ewapotranspiracja potencjalna
2. ISOK – Informatyczny System Osłony Kraju
3. IMGW-PIB - Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy
4. ITP-PIB – Instytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy
5. IUNG-PIB – Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
6. KBW – Klimatyczny Bilans Wodny
7. KIP – Karta Informacyjna Przedsięwzięcia
8. LPW – Lokalne Partnerstwa Wodne
9. NBS – (ang. Natural Based Solution), rozwiązania oparte na naturze
10. PG Wody Polskie – Państwowe Gospodarstwo Wody Polskie
11. PPSS – Plany Przeciwdziałania Skutkom Suszy