

Wody województwa podlaskiego

suggested citation: Górniak, A. 2025. Freshwaters of Podlaskie Voivodeship. Białystok University Press, Białystok. 432 pp.

Andrzej Górniak

Wody województwa podlaskiego



Białystok 2025

Recenzenci:
prof. dr hab. Józefa Wiater (PB)
dr hab. Mateusz Grygoruk, prof SGGW

Opracowanie graficzne:
Marta Pogorzały

Redakcja językowa:
Urszula Tatur

Redakcja techniczna i skład:
Zbigniew Łaszczyński

Zdjęcie na okładce: Piotr Michałus – Flydrone,
Jezioro Płaskie koło Mikaszówki, a w tle jeziora Krejwelanek i Brożane
Autorzy pozostałych zdjęć: Andrzej Górniak, Piotr Tatała,
Piotr Michałus, Małgorzata Kłonowska-Olejnik

© Copyright by Uniwersytet w Białymstoku
Białystok 2025

DOI: 10.15290/www.2025

ISBN 978-83-7431-834-1

Publikacja powstała w ramach projektu dofinansowanego ze środków
NFOŚiGW z Programu Regionalnego Wsparcia Edukacji Ekologicznej

Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku
ul. Ciołkowskiego 1M, 15-245 Białystok
tel. 85 745 71 20, 85 745 70 59
wydawnictwo@uwb.edu.pl
wydawnictwo.uwb.edu.pl

Druk i oprawa: TOTEM.COM.PL

Spis treści

Wstęp i zakres opracowania	9
----------------------------------	---

Rozdział I. Regionalne uwarunkowania obiegu wody

1. Uwarunkowania przyrodnicze	13
1.1. Geologiczne aspekty obiegu wody	13
1.2. Klimat	18
1.3. Uwarunkowania glebowe	25
2. Uwarunkowania historyczne, gospodarcze i społeczne	27
2.1. Uwarunkowania historyczne	27
2.2. Gospodarka i ludność	34

Rozdział II. Wody podziemne i ich źródła

3. Wody podziemne	41
4. Źródła wód podziemnych	55

Rozdział III. Rzeki

5. Hydrografia województwa	65
5.1. Hydrografia województwa w ujęciu statystycznym	65
5.2. Hydrografia województwa w ujęciu przyrodniczym	67
5.3. Sieć rzeczna województwa	70
5.4. Morfologia koryt i typy abiotyczne rzek	79
5.5. Hydrologia	87
5.6. Wezbrania i powodzie	104
5.7. Susza hydrologiczna	109
5.8. Termika wód rzecznych	113
5.9. Tlen rozpuszczony w wodach rzecznych	119
5.10. Związki węgla organicznego wód rzecznych	123
5.11. Skład chemiczny wód rzecznych	129
5.11.1. Zróźnicowanie przestrzenne i sezonowe	129
5.11.2. Wieloletnie zmiany hydrochemiczne rzek	141

Rozdział IV. Jeziora naturalne

6. Jeziora	157
6.1. Geneza jezior i ich ewolucja	157
6.2. Cechy morfometryczne jezior	165

6.3. Hydrologia jezior	167
6.4. Fizyczne i chemiczne różnicowanie właściwości wód jeziornych	175
6.4.1. Termika	175
6.4.2. Przezroczystość wody	181
6.4.3. Tlen rozpuszczony w wodach jezior	184
6.4.4. Chemiczne cechy wód jezior harmonijnych	186
6.5. Żyzność wód jezior harmonijnych	189
6.6. Jeziora dystroficzne	192

Rozdział V. Sztuczne zbiorniki wodne i kanały

7.1. Zbiorniki retencyjne	209
7.2. Zbiornik zaporowy Siemianówka	220
7.3. Kanał Augustowski	229

Rozdział VI. Gospodarka wodna

8.1. Zasoby odnawialne wody	239
8.2. Wodociągi i kanalizacja	241
8.3. Gospodarka ściekami	251
8.4. Melioracje	258
8.5. Zabudowa techniczna wód powierzchniowych	267
8.6. Młyny wodne i elektrownie	269
8.7. Drogi wodne	273

Rozdział VII. Flora i fauna wód powierzchniowych i ich stan przyrodniczy

9.1. Fitoplankton	277
9.1.1. Fitoplankton rzek	277
9.1.2. Fitoplankton jezior	281
9.2. Makrofity	289
9.2.1. Makrofity rzeczne	289
9.2.2. Makrofity jezior	294
9.3. Bentos	299
9.3.1. Fauna bentosowa strumieni i rzek	300
9.3.2. Fauna bentosowa jezior	307
9.4. Ichtiofauna	315
9.4.1. Ichtiofauna rzek	315
9.4.2. Ichtiofauna jezior	321

9.5. Przyrodnicza ocena stanu ekosystemów wodnych województwa.....	328
9.6. Eutrofizacja wód	331
Rozdział VIII. Perspektywy i zagrożenia	336
Rozdział IX. Działania związane z poprawą stanu wód w województwie podlaskim.....	343
Literatura	348
Załączniki.....	364
Mapy	409
Spis rysunków, map i schematów	417
Spis tabel.....	424
Spis map w załącznikach	432

Wstęp i zakres opracowania

Woda jest źródłem życia – to jedna z zasad filozofii przyrody głoszona przez Talesa z Miletu w starożytnej Grecji. Współcześnie staje się jednak jednym z istotnych, globalnych wyzwań dla cywilizacji. Coraz większe połacie lądów i rosnąca populacja ludzka stają przed wyzwaniem ograniczeń ilościowych i jakościowych w dostępie do wody do celów konsumpcyjnych, komunalnych i gospodarczych. Jest to skutek nieracjonalnej gospodarki środowiskiem i jego zasobami, a także rezultatem dominującego przekonania człowieka, iż jest to tzw. „dobro wolne” i nigdy jego nie zabraknie.

Wielorakość funkcji, jakie pełni woda w środowisku przyrodniczym, a także w życiu gospodarczym i politycznym, sprawia, że ludzkość z coraz większą troską traktuje jej zasoby ilościowe i jakościowe. Podejmując różnego rodzaju akcje, programy i działania praktyczne, społeczeństwa starają się ograniczać jej zużycie, efektywnie nią gospodarować i poprawiać jej jakość. Aby zwiększyć skuteczność realizowanych projektów, rozwijane są różnorodne formy edukacji, bowiem powszechna, wieloaspektowa edukacja stwarza nadzieję na głębsze zrozumienie funkcji wody w życiu człowieka oraz budowanie wobec niej większego respektu. Wszystkie religie świata traktują wodę z wielkim szacunkiem, a osiągnięcia wielu nauk podstawowych i stosowanych stale odkrywają jej unikalne właściwości. Edukacja wodna to nie tylko domena geografii, hydrologii czyli hydrobiologii/limnologii, lecz obejmuje również zagadnienia inżynierskie, ekonomiczne, związane z planowaniem przestrzennym, problemami politycznymi, a nawet kwestiami bezpieczeństwa narodowego. Wychodząc naprzeciw licznym wnioskom nauczycieli i edukatorów o zwiększenie zasobów edukacyjnych w zakresie edukacji wodnej, podjęto próbę syntezy wiedzy o wodach w obecnych granicach administracyjnych województwa podlaskiego. Jest to jeden z głównych elementów projektu edukacyjnego realizowanego przez Wydział Biologii Uniwersytetu w Białymstoku w latach 2023-2025, zatytułowanego „Akademia wody i utworzenie laboratorium edukacyjnego AQUA”. Projekt został dofinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) i Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW) w Białymstoku z Programu Regionalnego Wsparcia Edukacji Ekologicznej.

Choć ilość zgromadzonej dokumentacji, materiałów źródłowych i opracowań o wodach w północno-wschodniej Polsce jest ogromna, nadal brakuje spójnego źródła informacji. W kształtowaniu krajobrazu regionu – zarówno dawniej, jak i współcześnie – wody odgrywają istotną rolę, a zagrożenia hydrosfery, wynikające zarówno z działalności człowieka, jak i ze zmian klimatycznych, stają się wyzwaniem dla przyrodników, planistów oraz przedsiębiorców. Powyższe przesłanki zdecydowały o formie i zakresie niniejszego opracowania, w którym przedstawiono specyfikę regionu, problemy wodne, odróżniające je od podobnych w skali kraju czy kontynentu, oraz jego uwarunkowania historyczno-gospodarcze. W tym interdyscyplinarnym opracowaniu zaprezentowano zagadnienia hydrologiczne, hydrogeologiczne, biologiczne, problemy gospodarki wodnej, a także aktualny stan środowiska wodnego na początku trzeciej dekady XXI w. Od 1990 r. Polska przeszła historyczne przemiany ustrojowe i gospodarcze, które radykalnie zmieniły postawę społeczeństwa w stosunku do środowiska.

Niniejsze opracowanie jest *de facto* efektem ponad 35-letnich własnych obserwacji terenowych, badań, pomiarów i analiz, wykonywanych indywidualnie, jak i we współpracy z pracownikami i studentami Zakładu Hydrobiologii oraz obecnej Katedry Ekologii Wód Wydziału Biologii Uniwersytetu w Białymstoku. Za wszelką udzielaną mi pomoc, wsparcie techniczne oraz zaangażowanie w wymagające „mokre” prace terenowe wszystkim Państwu bardzo dziękuję. Szczególne podziękowania kieruję do recenzentów opracowania, prof. dr hab. Józefy Wiater oraz prof. SGGW dr hab. Mateusza Grygoruka – za życzliwe, cenne i twórcze uwagi do pierwszego maszynopisu książki, które zostały uwzględnione.

Prezentowane wydawnictwo niech utwierdza w przekonaniu mieszkańców i gości regionu, że zasoby i różnorodność wód województwa podlaskiego są wyjątkowo cenne, a w wielu aspektach mają znaczenie na skalę europejską. Dzięki specyficznemu położeniu geograficznemu oraz wielowiekowemu współlistnieniu wielu narodowości gospodarujących na tym terenie, przyrodnicze bogactwo „niebieskiej wstęgi” w krajobrazie województwa podlaskiego, jakim są wody, ma charakter unikalny. Dziś wymaga ono szczególnej troski, by mogło zostać zachowane i przekazane kolejnym pokoleniom w stanie lepszym niż obecnie.



Rozdział I

Regionalne uwarunkowania obiegu wody

1. Uwarunkowania przyrodnicze województwa

W granicach województwa podlaskiego znajduje się obszar Polski o powierzchni 20187 km². Rozciągłość południkowa województwa wynosi 274 km, a równoleżnikowa 159 km. Północna i wschodnia granica województwa jest jednocześnie granicą państwową, ustaloną po II wojnie światowej z Litwą i z Białorusią. Najbardziej na zachód wysunięty punkt graniczny z Litwą jest miejscem tzw. trójstyku granic Polski, Litwy i Rosji (Obwód Królewiecki). Zachodnia granica województwa, oddzielająca je obecnie od województwa warmińsko-mazurskiego, jest linią o znaczeniu historycznym. Została wyznaczona już w 1492 r. jako granica między Polską a Prusami. Południowa granica z województwem mazowieckim przebiega częściowo doliną Bugu, a dalej – sztucznie wytyczoną, dość urozmaiconą linią administracyjną. Najbardziej wysunięta, południowo-zachodnia część granicy województwa przebiega dolnym odcinkiem rzeki Szkwa oraz ok. dwukilometrowym odcinkiem doliny Narwi. Należy dodać, że oprócz rzeki Bug, rzekami granicznymi jest rzeka Świsłocz i jej dopływ – Istoczanica, leżące w dorzeczu Niemna. Na krótkich odcinkach granicznych z Białorusią przepływają również rzeki Marycha, Wołkuszanka i Czarna Hańcza. Na wschodniej granicy województwa, w obrębie Puszczy Białowieskiej, na kilkukilometrowym odcinku granicznym płynie Podcerkówka (w dorzeczu Bugu). Granica państwowa przebiega także na jeziorach: Ingiel, Dunajewo i Gaładuś (z Litwą) oraz Bałędz, Wiązowiec i Szlamy (z Białorusią). Na granicy województwa (blisko 940 km), ok. 190 km przebiega na rzekach i jeziorach, co stanowi 20% jej długości. Najwyżej położony punkt województwa ma wysokość bezwzględną 298,2 m n.p.m. (na północ od Góry Rowelskiej), natomiast najniższe położone miejsce to dno doliny Narwi – na wysokości 92 m n.p.m.

1.1. Geologiczne aspekty obiegu wody

Hydrosfera to dynamiczny w czasie i przestrzeni element środowiska, podlegający ewolucji wraz ze stale zmieniającymi się warunkami geologicznymi, klimatycznymi i rodzajem pokrycia roślinnego. Aby zrozumieć specyfikę wód północno-wschodniej Polski, należy w pierwszej kolejności odnieść się do genezy krajobrazu tego regionu oraz jego uwarunkowań geologicznych.

Ukształtowanie powierzchni województwa podlaskiego należy zawdzięczać ostatnim wydarzeniom geologicznym, które miały miejsce na półkuli północnej w ciągu ostatnich dwóch milionów lat (zał. M2). Był to okres kilkukrotnego rozwoju lądolodu (glacjałów), przedzielanych okresami ciepłymi zwanymi interglacjałami. W erze kenozoicznej takich okresów glacialnych w Polsce było kilka, nazywanych – od najstarszego – zlodowaceniem Narwi, Sanu, Warty i Wisły. Każdorazowo lądolód wkraczał od północy, a jego powiększająca się czasza modelowała istniejącą uprzednio powierzchnię lądu. Wszystkie zlodowacenia na terenie województwa podlaskiego pozostawiły po sobie kompleksy skał osadowych o zróżnicowanej miąższości i uziarnieniu, uzależnione od okresu ich powstania oraz czynników lokalnych. Województwo podlaskie, ze względu na swoje położenie geograficzne, charakteryzuje się największą w kraju miąższością osadów czwartorzędowych, miejscami przekraczającą 280 m (*Atlas* 1997).

Każde zlodowacenie wiązało się z mieszaniami i rozdrabnianiem skał podłoża, a następnie ich transportem i sedymentacją w postaci różnorodnych skał osadowych – głównie okruchowych – o zróżnicowanym uziarnieniu, obejmującym żwiry, piaski i gliny. Te z kolei w profilach geologicznych zawsze stanowią wyznacznik obecności okresów glacialnych. Szczególne znaczenie mają morenowe gliny pochodzące z dwóch najmłodszych zlodowaceń, które w wielu miejscach charakteryzują się specyficznym układem warstw. W okolicach Krynek, przy granicy z Białorusią, układ glin polodowcowych tworzy charakterystyczny subarteryjski układ wód podziemnych (Małecka 1997).

Po zimnych okresach glacjału następowały fazy ocieplenia oraz pojawiały się krótsze okresy interstadiałów i dłuższe trwające okresy interglacialne. Te ostatnie wiązały się z całkowitym topnieniem lądolodów i uwalnianiem olbrzymiej ilości wody, pojawiającej się w krajobrazie w postaci rzek, jezior i rozlicznych terenów podmokłych.

Wody wypływające z topniejących lądolodów stały się czynnikiem decydującym w kształtowaniu współczesnej sieci rzecznej. Powstała sieć wód powierzchniowych ulegała modyfikacjom w kolejnych okresach glacialnych, przy czym zmiany te zachodziły wyłącznie na terenach pozostających poza zasięgiem następnych zlodowaceń. W konsekwencji zmniejszającego się zasięgu kolejnych zlodowaceń, począwszy od zlodowacenia Sanu, układ postglacialnej sieci rzecznej w dużej mierze utrzymywał się w swoich głównych zarysach aż do następ-

nego okresu interglacjalnego. W rezultacie, współczesna sieć rzeczna terenów nizinnych Polski, w tym województwa podlaskiego, ukształtowana w wyniku zlodowaceń czwartorzędowych, ma charakter poligenetyczny. Na terenie województwa podlaskiego zaczęła ona powstawać po ustąpieniu zlodowacenia Warty, a jej charakter zależał przede wszystkim od typu deglacacji. Proces ten mógł mieć charakter aeralny (jak w przypadku zlodowacenia Warty) lub frontalny (zlodowacenie Wisły). W pierwszym przypadku lokalnie tworzące się wytopiska łączyły się za pomocą przełomowych dolin. Z tego powodu doliny większych rzek regionu, takich jak Supraśl czy Narew, mają znacznie zróżnicowaną szerokość i nie wykazują typowego zwiększania się ich rozległości wraz z przyrostem dorzecza. Drobne rzeki zasilające wytopiska, najczęściej wypływające z kemów, tworzyły lokalnie sieci o układzie promienistym. Arealny charakter deglacacji lądolodu warciańskiego przyczynił się do powstania licznych jezior i rozlewisk w interglacjalnym krajobrazie Podlasia. W efekcie, we współczesnych obniżeniach i równinach wysoczyzn, zidentyfikowano ponad 80 dawnych gytiowisk i torfowisk pojeziernych (Kupryjanowicz 2007).

Podczas frontalnej deglacacji lądolodu wiślańskiego, przebiegającego wzdłuż ciągów form marginalnych, kształtująca się sieć rzeczna miała charakter nieuporządkowany, z przewagą koryt o przebiegu południkowym lub NW-SE i mniejszym udziałem rzek o przebiegu równoleżnikowym. W omawianym regionie pojawia się inny – niespotykany w innych częściach Polski objętych zlodowaceniem Wisły – czynnik strukturotwórczy, wpływający na sieć hydrograficzną. Dotyczy on zarówno rzek, jak i jezior, i ma silny związek z relatywnie płytkim zagłębieniem podłoża krystalicznego, z zaawansowaną neotektoniką czwartorzędową regionu. Liczne opracowania A. Bera z końca XX w. wskazują jednoznacznie na aktywność uskoków w krystalicznym masywie prekambryjskim (Ber 2000). Tym samym przyczyniały się do pojawiania się rozpadlin i stref pęknięć w czaszy lądolodu, co miało znaczący wpływ na kierunek przepływu wód inglacjalnych oraz na przebieg ciągów jezior rynnowych. Ponadto, na Suwalszczyźnie stwierdzono liczne pionowe przesunięcia wcześniejszych osadów polodowcowych, które doprowadziły do powstania tzw. kasetowego układu wód podziemnych w skałach osadowych okrukowych (Mitrega i in. 1993). Zjawiska te są bezpośrednim skutkiem zjawisk neotektonicznych, zarówno w czasie, jak i po ustąpieniu lądolodu (także współcześnie) – i zostaną szerzej omówione w rozdziale poświęconym wodom podziemnym.

Środowisko glacialne, panujące w północno-wschodniej Polsce podczas zlodowacenia Wisły, wraz z charakterystycznym regionalnym ukształtowaniem osadów polodowcowych, doprowadziło do powstania Pradoliny Biebrzy – łukowego obniżenia o przebiegu z północnego wschodu na południe, tworzącego osobną jednostkę fizycznogeograficzną – Kotlinę Biebrzańską. Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, formowanie się tego obszaru należy wiązać ze zjawiskami megapowodzi (Marren 2005), tworzących się podczas nagłego uwalniania olbrzymiej masy wód z tuneli i jeziorzysk gromadzonych w strefie frontalnej lądolodu. We wschodniej części strefy marginalnej zlodowacenia Wisły miały miejsce dwa takie katastroficzne zjawiska (Weckwerth i in. 2019), datowane na 19 tys. i 16 tys. lat temu. Pierwsza z powodzi związana była z uwolnieniem wód z dawnego Jeziora Skidel, zlokalizowanego w dolinie Niemna na terenie Białorusi (Marks 2012). Wówczas wody powodziowe dotarły do obecnej doliny Biebrzy z kierunku wschodniego, płynąc ku Narwi. Druga megapowódź to efekt rozpadu części lądolodu w rejonie jezior Hańcza i Szelmęt, o maksymalnym przepływie $2,2 \text{ mln m}^3\text{s}^{-1}$, która obecną doliną Czarnej Hańczy powyżej Suwałk przemieszczała się na południe (Weckwerth i in. 2019). Dla porównania, obecnie rzeka ta prowadzi wody o średnim rocznym przepływie nieprzekraczającym $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Autorzy badań oszacowali prędkość wód powodziowych na $15\text{--}17 \text{ ms}^{-1}$, a głębokość wody na 19 m. Wielkie lodowcowe powodzie spowodowały znaczące zmiany w ukształtowaniu sandru augustowskiego, a także w dolinie Biebrzy. Prawdopodobnie przyczyniły się także do powstania łomżyńskiego przełomu Narwi. Nie można wykluczyć, że przy maksymalnym przepływie wód dochodziło do przełania się nadmiaru wód z Kotliny Biebrzańskiej i doliny górnej Narwi w kierunku doliny Bugu – przez niewielkie, południkowo ukształtowane obniżenia terenu. Formy te są obecne we współczesnej rzeźbie terenu i mogły częściowo stanowić inspirację dla prof. H. Banaszuka przy interpretacji wyników datowań termoluminescencyjnych (TL) osadów z obszaru Niziny Północnopodlaskiej (Banaszuk, Banaszuk 2010). Dyskusja na temat południowego zasięgu zlodowacenia Wisły w północno-wschodniej Polsce pozostaje wciąż otwarta.

W analizie konsekwencji glacialnych przekształceń ukształtowania terenu województwa podlaskiego należy również wskazać na wyspowe występowanie pokrywy utworów pylastych, o miąższości do 0,8-1 m, w centralnej części województwa. Zdaniem autora, osady położone na Wzgórzach Sokólskich i w bez-

pośrednim sąsiedztwie doliny Biebrzy oraz w południowej części Wysoczyzny Kolneńskiej należy wiązać z peryglacjalnymi procesami eolicznymi, zachodzącymi po dwóch megapowodziach w dolinie Biebrzy. Utwory pylaste w małych dolinkach okolic Dąbrowy Białostockiej były deponowane jeszcze przed okresem późnowistuliańskim (12-13 tys. lat temu) (Woronko i in. 2017), który zapoczątkował powstawanie wydym w Kotlinie Biebrzańskiej (Żurek 1975, Banaszuk 2010).

W północno-wschodniej Polsce procesy wydymotwórcze wykazują dużą zgodność z generalnymi fazami wydzielanymi w Polsce (Nowaczyk 1986), jak i rozwojem pobliskiego pola wydymowego na wododziale Narwi i Biebrzy. Klimatycznie uwarunkowane fazy wzmożonej aktywności eolicznej miały miejsce w okresach starszego i młodszego dryasu, natomiast fazy wywołane działalnością antropogeniczną przypadają na okres subborealny (ok. 4000-1600 p.n.e.) oraz subatlantycki – z dwiema wyraźnymi fazami: 1200-1600 n.e. i po 1800 r. (Grzybowski 1981).

Oprócz skał polodowcowych znaczącą rolę w obiegu wody odgrywają osady holoceneskie, związane z funkcjonowaniem krajobrazu w zmieniających się warunkach klimatycznych i roślinnych. Dotyczy to przede wszystkim wypełnień dolin oraz zagłębień terenowych, w których gromadzą się torfy, namuły i osady pochodzące z zarastających zbiorników wodnych.

Przy omawianiu zagadnień hydrosfery północno-wschodniej Polski, niezbędne jest wskazanie specyfiki jej budowy wglębnej. Anortyzytowy masyw prekambryjski, jako peryferyjny element krystalicznej platformy wschodnioeuropejskiej, datowany jest na 1,3-1,5 mld lat; otoczony jest kompleksami gabbro-nortytów i diorytów (Znosko 1993). W porównaniu z innymi terenami Polski, obszar ten cechuje się stosunkowo cienką pokrywą skał osadowych oraz brakiem osadów triasowych. Płytkie występowanie podłoża krystalicznego, w połączeniu z pionowymi ruchami izostatycznymi, sprzyja występowaniu trzęsień ziemi w północno-wschodniej Polsce. Od XIX w. odnotowano trzy takie zjawiska (w latach 1803, 1994 oraz 2004), z czego ostatnie spowodowało szczególnie liczne zniszczenia (Hołny-Kołoś 2008).

Od Suwalszczyzny w kierunku południowo-zachodnim miąższość skał paleozoicznych i mezozoicznych szybko przyrasta, a na granicy skał kredowych i czwartorzędowych istnieje nieciągła seria utworów neogenu, opadająca w kierunku Kotliny Warszawskiej. W stropowej części pokrywy paleozoicznych regionu

suwalskiego, na początku XXI w., udokumentowano obecność pozostałości plejstoczeńskiej wieloletniej zmarzliny. W otworze PIG-Udryń, na głębokości ok. 350 m, do dziś istnieje wyspa „paleozmarzliny”, która jest ewenementem w skali Europy. Jest to najbardziej na południe wysunięte miejsce, gdzie plejstoczeńskie podziemne zlodowacenie jeszcze nie ustąpiło (Honczaruk, Śliwiński 2011).

Przedstawione powyżej uwarunkowania geologiczne wskazują, że w województwie podlaskim wyróżniają się trzy zasadnicze typy krajobrazu: na północy i miejscami na zachodzie – rzeźba młodoglacjalna, w części centralnej – Kotlina Biebrzańska wraz z wysoczyznami peryglacjalnymi, natomiast na południowym obrzeżu województwa – wąski pas Doliny Bugu. W każdym z krajobrazów występuje specyficzna struktura hydrosfery, a pozostałe elementy środowiska stają się wypadkową tych relacji. Procesy postglacjalne doprowadziły do akumulacji osadów organicznych i fluwialnych (Żurek 1975), a rozległe nadrzeczne piaszczyste terasy zostały miejscami przekształcone przez zjawiska eoliczne. Zjawiska te miały charakter periodyczny i były częściowo uruchamiane jako efekt antropogenicznego wylesiania (Grzybowski 1981). Holoczeńskie procesy fluwialne były przyczyną powstawania licznych jezior rzecznych, które stopniowo ulegały zarastaniu i wypełnianiu się aluwiami rzecznyymi oraz detrytusem. Jeszcze w pierwszej połowie XVIII w. jeziora te były notowane w dolinach Narwi i Biebrzy (Wernerowa 1990) jako miejsca połowu ryb rybaków tykocińskich na potrzeby dworu Branickich w Białymstoku (Sztachelska-Kokoczek 2006).

1.2. Klimat

Współczesny obieg wody pozostaje pod stałym wpływem sezonowych i wieloletnich cykli termiczno-wilgotnościowych zachodzących w atmosferze. W strefie klimatu umiarkowanego, w której znajduje się Polska, charakterystyczna jest zmienność parametrów pogodowych z roku na rok. Jej źródłem jest cyrkulacja mas powietrza nad oceanami, z dwoma dominującymi kierunkami – zachodnim i południowym (Niedzwiedź, Ustrnul 2021). Z jednej strony cyrkulacja mas powietrza z zachodu (strefowa) nasila się w ostatnich latach, co jest szczególnie widoczne w wartościach wskaźnika Lityńskiego oraz indeksu NAO (Oscylacji Północnoatlantyckiej) w okresie zimowym. Największe natężenie cyrkulacji zachodnich mas powietrza obserwowano w 1990 i 2015 r., a najmniejsze w 1963 i 2010 r. Południowy napływ powietrza na teren Polski wzrasta przeważnie w cie-

plejszych porach roku, jednak jego oddziaływanie w północno-wschodniej Polsce jest osłabione w porównaniu z południowo-zachodnimi krańcami kraju. Układy cyklonalne w północno-wschodniej Polsce docierają dodatkowo z rejonu Bałtyku w okresach przejściowych, takich jak wiosna i jesień. Analizy prowadzone przez autora wskazują także, że od początku XXI w. zwiększa się częstość śródziemnomorskich układów cyklonalnych przemieszczających się tzw. szlakiem karpackim. Po dotarciu do Niżu Wschodnioeuropejskiego i zablokowaniu dalszej drogi na północ, skręcają na północny zachód, ocierając się o wschodnie obszary województwa podlaskiego (Górniak 2022). Zjawisku temu towarzyszy wieloletnia tendencja wzrostu obecności silnej cyrkulacji niżów, co skutkuje większą dynamiką warunków pogodowych.

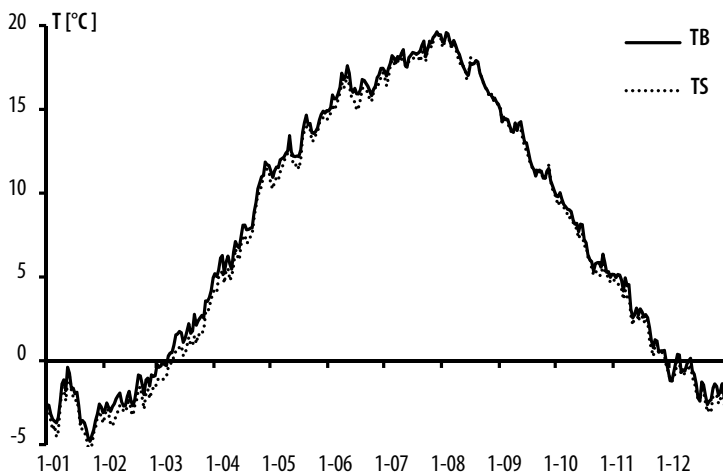
Tabela 1.2.1. Średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 1991-2020 na stacjach synoptycznych i klimatycznych IMGW-PIB w województwie podlaskim

Miesiące	1991-2020							1961-1990
	Białystok	Suwałki	Róża- nystok	Biebrza	Szepie- towo	Biało- wieża	Średnia	
styczeń	-2,9	-3,3	-3,2	-3,0	-2,9	-3,2	-3,1	-5,0
luty	-2,0	-2,6	-2,5	-2,3	-2,1	-2,3	-2,3	-4,0
marzec	1,7	0,9	1,2	1,1	1,8	1,4	1,4	0,1
kwiecień	7,8	7,3	7,7	7,3	8,2	7,7	7,7	6,4
maj	13,0	12,6	13,1	12,7	13,5	13,2	13,0	12,6
czerwiec	16,4	15,9	16,5	16,3	16,8	16,7	16,4	15,8
lipiec	18,4	18,1	18,6	18,3	18,9	18,6	18,5	16,9
sierpień	17,5	17,4	17,8	17,1	18,1	17,5	17,6	16,2
wrzesień	12,6	12,5	12,6	12,1	12,9	12,2	12,5	11,9
październik	7,3	7,0	7,2	6,8	7,4	7,0	7,1	7,1
listopad	2,7	2,3	2,4	2,5	2,6	2,5	2,5	2,0
grudzień	-1,3	-1,6	-1,5	-1,4	-1,4	-1,5	-1,4	-2,3
rok	7,6	7,2	7,5	7,3	7,8	7,5	7,5	6,5

W północno-wschodniej Polsce panują umiarkowane warunki termiczne, ze średnią roczną temperaturą powietrza w zakresie 7,2-7,8 °C. Na zachód od województwa podlaskiego izotermy roczne mają przebieg południkowy, na wschód – przebieg równoleżnikowy (Kejna, Rudzki 2021), natomiast na wschód

od Pojezierza Mazurskiego – zmieniają swój układ na bardziej równoleżnikowy. Wskazuje to na zmianę dominującego czynnika regulującego termikę masy powietrza: mniejsza się znaczenie napływających z zachodu mas oceanicznych na korzyść cyrkulacji południkowej, rośnie też bilans promieniowania słonecznego. Szczególnie widoczne jest mniejsze zróżnicowanie termiczne regionu w chłodnej porze roku (od listopada do stycznia), przy zdecydowanie większym zróżnicowaniu w sezonie letnim (tab.1.2.1).

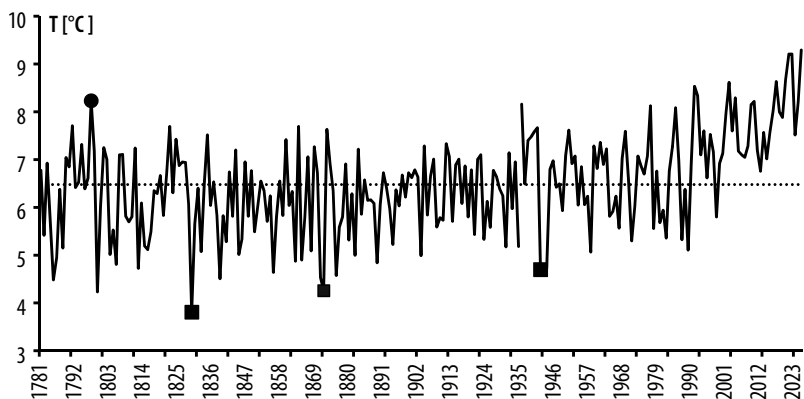
Rysunek 1.2.1 ilustruje regionalną specyfikę rocznego cyklu temperatury powietrza – z pulsacyjnym wzrostem temperatur wiosną oraz „schodkowym” ochładzaniem jesienią. Okres wiosennego wzrostu temperatury jest hamowany wychłodzeniem w okresie tzw. „zimnych ogrodników” i „zimnej Zośki” (15 maja). Jest to zwykle okres występowania ostatnich przymrozków radiacyjnych. W połowie czerwca obserwuje się adwekcję chłodnych i wilgotnych mas powietrza znad Atlantyku, określaną mianem monsunu europejskiego, która utrzymuje się przeciętnie przez ok. miesiąc.



Rys. 1.2.1. Roczny przebieg średniej dobowej temperatury powietrza w Białymstoku (TB) i w Suwałkach (TS) w latach 1991-2020; według danych IMGW – obliczenia własne

Najwyższa dobową temperaturą powietrza w roku, w ostatnim trzydziestolecu, występowała na przełomie lipca i sierpnia (28.07-2.08) i wyniosła 19,6°C w Suwałkach oraz w Białymstoku. Podobnie jak w innych regionach Polski i Euro-

py, obserwowany jest stopniowy wzrost średniej rocznej temperatury powietrza (Górnjak 2021). W porównaniu z wcześniejszym okresem referencyjnym (1961-1990) nastąpił wzrost wartości średniej o 1°C (tab. 1.2.1), a dla miesięcy zimowych był jeszcze większy (rys. 1.2.2).



Rys. 1.2.2. Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w Białymstoku w latach 1781-2020. Dane do 1872 r. – według www.meteomodel.pl, późniejsze – według pomiarów bezpośrednich

Należy podkreślić, że współczesna termika powietrza wykazuje specyficzne cechy regionalne. Wraz ze wzrostem szerokości geograficznej zmiany wieloletnie stają się większe, przy jednoczesnym zmniejszaniu się regionalnej amplitudy pola termicznego. Szczególną odmiennością sezonową w porównaniu z otaczającymi ją obszarami charakteryzuje się zabagniona Kotlina Biebrzańska. Zimą powietrze jest tam nieco cieplejsze, a latem chłodniejsze, a przygruntowe przymrozki mogą występować w każdym z letnich miesięcy. Dane ze stacji IMGW w Biebrzy z lat 1991-2020 wskazują, że okres bezprzymrozkowy trwał tam zaledwie ok. dwóch tygodni – od 19 lipca do 1 sierpnia.

Jest to dowód na to, że zwiększona retencja wodna krajobrazu (torfowiska, rozlewiska, jeziora, oczka śródpolne) istotnie ogranicza tempo i skalę aktualnego ogrzewania się atmosfery, co w okresie globalnego ocieplenia nabiera szczególnego znaczenia. Zwiększająca się ilość energii słonecznej zużywana jest na ewapotranspirację (parowanie z gleb i transpirację roślin), co wpływa na zmiany w zachmurzeniu, rozkładzie opadów oraz wilgotności powietrza. Ten fakt wyjaśnia istniejące w województwie podlaskim przestrzenne zróżnicowanie

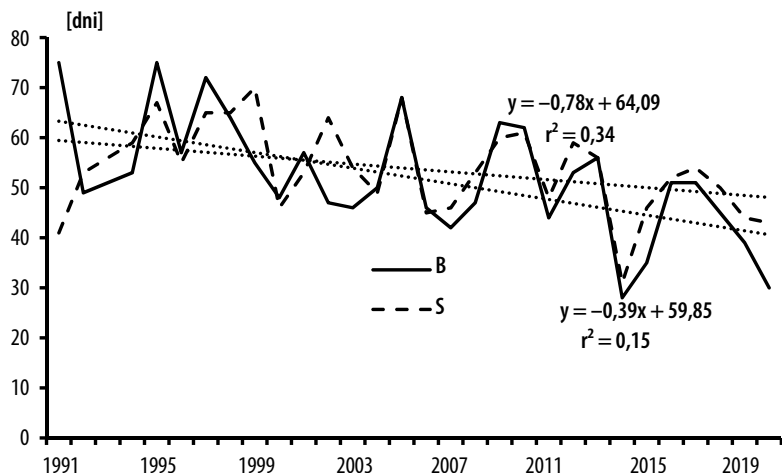
ilości opadów (zał. M3). W dotychczasowych opracowaniach (opartych jedynie na danych ze stacji synoptycznych) wskazywano na stopniowy ich wzrost z południa na północ (Łupikasa, Małarzewski 2021). Bardziej szczegółowa analiza, uwzględniająca dane z 38 lokalizacji pomiarowych IMGW-PIB, ukazuje jednak bardziej złożony obraz przestrzennego pola opadów (Górnika 2021). Średnia roczna suma opadów w województwie podlaskim w latach 1991-2020 wynosiła 606 mm, przy wartościach od 549 mm w Szepietowie do 698 mm w Nurcu-Stacji. Znaczna, centralna część województwa, od Szepietowa po dolinę Szeszupy charakteryzuje się roczną sumą opadów mniejszą niż 600 mm (rys. 1.2.2). Natomiast najwyższe wartości, przekraczające 640 mm, notuje się we wschodniej części województwa – od Wzgórz Sokólskich przez wschodnią część Wysoczyzny Drohiczyńskiej po północno-zachodnie Pojezierze Suwalskie. Są to więc obszary mające istotny wpływ na bilans wodny regionu. Warto podkreślić, że w analizowanym wieloleciu nie zaobserwowano statystycznie istotnych trendów zmian sumy opadów rocznych.

Tabela 1.2.2. Średnie miesięczne opady [mm] w latach 1991-2020 na stacjach synoptycznych i klimatycznych IMGW-PIB w województwie podlaskim

Miesiące	1991-2020							1961-1990
	Białystok	Suwałki	Róża- nystok	Biebrza	Szepie- towo	Biało- wieża	Średnia	
styczeń	33,8	38,1	33,7	30,4	29,1	41,5	34,4	30,3
luty	31,4	31,5	30,0	27,5	28,2	36,5	30,8	22,8
marzec	34,6	36,8	33,0	31,5	30,3	38,3	34,1	29,7
kwiecień	37,7	34,8	37,9	34,6	36,6	40,1	36,9	36,2
maj	69,1	53,8	60,7	52,9	61,7	61,6	60,0	58,0
czerwiec	65,4	66,9	64,8	63,4	64,6	71,5	66,1	74,1
lipiec	86,5	85,6	84,0	80,6	72,3	85,2	82,4	74,9
sierpień	69,4	70,9	67,0	64,7	64,8	65,1	67,0	69,2
wrzesień	56,0	52,3	55,9	51,5	53,9	58,8	54,7	52,0
październik	47,2	52,4	48,9	43,1	38,7	44,2	45,7	45,2
listopad	39,2	42,8	40,6	39,8	35,7	42,2	40,1	46,6
grudzień	39,9	41,0	37,7	37,1	33,6	43,6	38,8	37,7
rok	610	607	594	557	549	628	591	577

W skali roku najmniejsze średnie miesięczne sumy opadów notuje się w lutym (31 mm), a największe w lipcu (82 mm), które generalnie dla pory ciepłej niemal dwukrotnie przekraczają wartości z pory chłodnej. W cyklu rocznym letnie opady charakteryzują się również mniejszym zróżnicowaniem przestrzennym niż zimowe. Potwierdza to współczynnik zmienności, który dla stycznia był niemal trzykrotnie większy od wyliczonego dla lipca, odpowiednio 14,7% i 5,7%. Oznacza to, że w bilansie wodnym zasilanie terenu w okresie zimowym może stanowić czynnik ograniczający ilość zasobów regionu.

W latach 1991-2020 udział opadów śniegu w całkowitej sumie opadów rocznych średnio nie przekraczał 19% (rys. 1.2.3). W kontekście obserwowanej i statystycznie istotnej tendencji spadkowej opadów zimowych w postaci śniegu, czynnik ten należy uznać za kluczowy w analizach bilansu wodnego regionu.



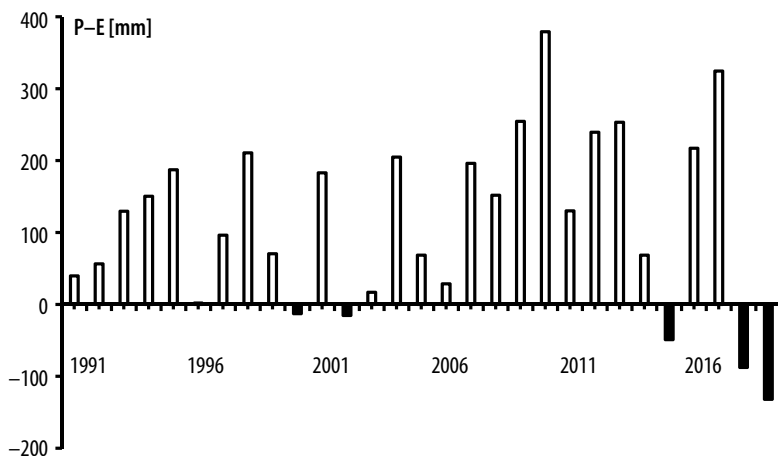
Rys. 1.2.3. Wieloletnie zmiany liczby dni z opadem śniegu w Białymstoku (B) i Suwałkach (S) w latach 1991-2020; według danych IMGW-PIB

Zimowe opady śniegu cechują się na ogół mniejszą średnią obfitością w porównaniu z opadami deszczu, głównie ze względu na lokalny charakter intensywnych opadów deszczowych, potocznie nazywanych „oberwaniem chmury”. Największe dobowe sumy opadów zarejestrowane w województwie podlaskim przekraczały 120 mm, a maksymalna odnotowana wartość wyniosła 160 mm (3 sierpnia 1972 r., Zabłudów).

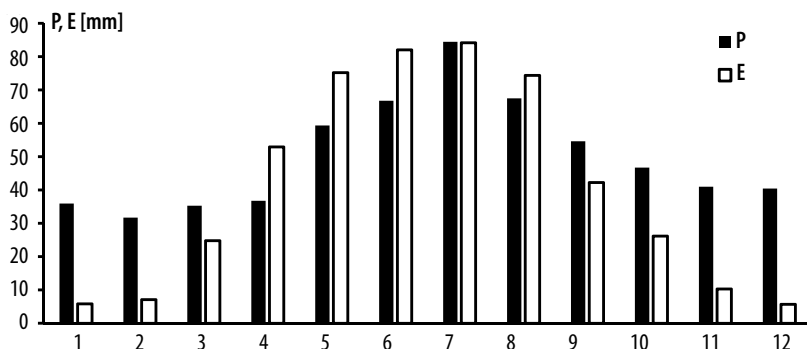
Wzrost temperatury powietrza prowadzi do zwiększenia ilości wody w obiegu na lądach, co skutkuje intensyfikacją parowania, a w konsekwencji zmniejszanie się ilości wody odpływającej ze zlewni. To zjawisko natury klimatycznej jest powszechne, co potwierdzają obliczenia wykonane dla wybranych stacji klimatycznych w analizowanym regionie (tab. 1.2.3). W ostatnim trzydziestoleciu średnia wartość klimatycznego bilansu wodnego (opady – parowanie terenowe, P-E) w północno-wschodniej Polsce zmniejszyła się o niemal 30% w stosunku do poprzedniego okresu (1961-1990).

Tabela 1.2.3. Średni udział opadów śniegu w rocznej sumie opadów oraz elementy bilansu wodnego na wybranych stacjach pomiarowych IMGW w latach 1991-2020 i średnie wartości P-E dla okresu 1961-1990

Stacja pomiarowa	% śniegu w opadach	P [mm]	E [mm]	P-E [mm]	Średnia P-E [mm]	
					1991-2020	1961-1990
Białystok	18,7	610	516	94	94	135
Suwałki	21,4	607	497	110	110	156
Białowieża	19,1	628	485	143	143	171
Biebrza	15,5	557	465	92	92	114
średnia	18,7	601	491	110	110	144



Rys. 1.2.4. Klimatyczny bilans wód w województwie podlaskim w trzydziestoleciu 1991-2020



Rys. 1.2.5. Średnie miesięczne opady (P) i parowanie terenowe (E) w województwie podlaskim w latach 1991-2020

Ujemny bilans wodny w Polsce pojawiał się wielokrotnie po 1945 r., jednak po roku 2010 zwiększyła się zarówno jego częstość, jak i skala niedoborów wody (rys. 1.2.4). W 2024 r. w Białymstoku parowanie terenowe przewyższało sumę opadów aż o 270 mm. Zauważono, że ujemny bilans wodny pojawia się wówczas, gdy roczna suma opadów jest mniejsza niż 570-580 mm. Relacja średnich miesięcznych wielkości opadów i parowania na terenie województwa podlaskiego jest typowa dla strefy klimatu umiarkowanego. Okres chłodny (wrzesień-marzec) to czas największej alimentacji wód w zlewni, gdzie opady (P) przewyższają parowanie (E). Z kolei w sezonie ciepłym (kwiecień-sierpień) obserwuje się przewagę parowania nad opadami (rys. 1.2.5). Zbyt niskie opady śniegu zimą lub zwiększone, termicznie uwarunkowane parowanie latem stanowią główną przyczynę problemów wodnych w regionie.

Postępujące globalne zmiany klimatyczne istotnie wpływają na charakter obiegu wody, zwiększając międzyroczną zmienność zasobów wodnych oraz częstotliwość występowania ekstremalnych, zwykle lokalnych, zjawisk pogodowych (Górniak 2021).

1.3. Uwarunkowania glebowe

Pokrywa glebowa oraz naturalne zbiorowiska roślinne odgrywają istotną rolę w dystrybucji zasilania atmosferycznego, szczególnie w regulacji objętości wody infiltrującej do wód podziemnych i spływającej po powierzchni terenu (Bednarek

i in. 2004). Syntetyczny i uproszczony obraz rozmieszczenia gleb prezentuje załącznik M4, opracowany z uwzględnieniem najnowszej klasyfikacji gleb z 2019 r.

Glacialna przeszłość regionu i aktywność procesów denudacyjnych doprowadziły do powstania mozaiki skał powierzchniowych o zróżnicowanym udziale części szkieletowych ($>2\text{mm}$) oraz ilu koloidalnego ($<0,002\text{ mm}$), przy dominacji frakcji piasku (od $0,05$ do 2 mm). Zwiększona obecność frakcji szkieletowej cechuje gleby pojezierzy, natomiast na wysoczyznach dominują utwory piaszczyste. Niezależnie od typu krajobrazu, gleby powstałe z piasków naglinowych tworzą profile gleb płowych, powstałe w wyniku dyfrencjacji uziarnienia pod wpływem zjawisk mrozowych strefy peryglacialnej zlodowacenia Wisły – podobnie jak odnotowano to wcześniej na wyżynach lessowych (Górniak 1992). Silną eluwiację wierzchnich, naglinowych poziomów warciańskich gleb płowych z okresu zlodowacenia warciańskiego udokumentowali Dzierżek i Stańczuk (2006) w rejonie Siemiatycz. Ten typ gleb występuje także na pokrywowych utworach pylastych Wzgórz Sokólskich, na Wysoczyźnie Kolneńskiej oraz płatami w zachodniej części Łomżyńskiego Przełomu Narwi. Strzemiński (1957) uznawał je za pyły wodnego pochodzenia, wskazując przy tym na ich wysoką wartość rolniczą. Natomiast bardziej miękkie pokrywy piasków stanowią skałę macierzystą powszechnie występujących gleb rdzawych, które tworzą borowe siedliska leśne. Występują one najczęściej na terenach zwydmionych Kotliny Biebrzańskiej, Sandru Kurpiowskiego i na terasach doliny Narwi. W zagłębieniach terenowych na obszarach leśnych mogą sporadycznie i lokalnie pojawiać się gleby bielcowe, lecz mają one charakter akcesoryczny i nie stanowią typów dominujących. Materiał piaszczysty utworów fluwioglacialnych wysoczyzn z okresu zlodowacenia Warty, lekko wzbogacony zwietrzeliną głazów i żwirów pozbawionych domieszek węglanowych, dał podstawę do rozwoju gleb rdzawych. Natomiast utwory piaszczyste, wzbogacone okruskami wapieni i dolomitów, stanowią skałę macierzystą gleb rdzawo-brunatnych, a lokalnie też brunatnych (Czerwiński 1995). Gleby te są typowe dla leśnych siedlisk grądowych Puszczy Knyszyńskiej.

Zdecydowanie mniejsze powierzchnie w województwie podlaskim zajmuje kompleks gleb organicznych i hydrogenicznych, czyli gleb torfowych, murszowych, gruntowo-glejowych. Mady rzeczne występują przede wszystkim w dolinie Narwi poniżej ujścia Biebrzy, w dolinie Bugu oraz w dolnym biegu Nurca. Powierzchnia zajmowana przez mady jest rzędu wielkości mniejsza od powierzchni

gleb torfowych i murszowych. Warto także wspomnieć o pobagiennych czarnych ziemiach (niesłusznie w języku potocznym nazywanych czarnoziemem), które najczęściej spotyka się w obniżeniach dolinnych, na kilkuhektarowych powierzchniach, rozmieszczonych równolegle do osi dolin, pomiędzy glebami organicznymi a glebami mineralnymi wysoczyzn. Na podstawie danych z pierwszych badań gleboznawczych Strzemskiego (1957), przeliczeń dotyczących obszaru w granicach województwa podlaskiego oraz z uwzględnieniem najnowszej systematyki gleb Polski (2019), udział poszczególnych typów gleb przedstawia się następująco: dominującym typem są gleby płowe (43%), gleby rdzawe stanowią 38% powierzchni gleb, a gleby bagienne (torfowe, mułowo-torfowe, murszowe) ok. 17%. Mady pokrywają jedynie 0,9% powierzchni województwa, a czarne ziemie – 0,6%. Zróżnicowanie typologiczne gleb przekłada się na zróżnicowanie sposobów uprawy i intensywności nawożenia, co ma na celu uzyskanie optymalnej produktywności gospodarstw rolnych. Specyficzny charakter przestrzeni rolniczej województwa podlaskiego ma także swoje uwarunkowania historyczne – najnowsze systemy upraw wprowadzano tu stosunkowo późno w porównaniu z innymi częściami kraju. Jeszcze w latach powojennych, głównie we wschodniej części województwa, powszechnie stosowano trójpółówkę (Biegajło, Tobiasz 1957).

2. Uwarunkowania historyczne, gospodarcze i społeczne

2.1. Uwarunkowania historyczne

Położenie geograficzne i ukształtowanie terenu północno-wschodniej Polski było czynnikiem determinującym tempo i natężenie procesu osadniczego tej części kraju. Nieliczne ślady osadnictwa paleolitycznego świadczą o istnieniu tzw. pustki osadniczej. Na terenach obecnego Podlasia, między 10,6 a 9,6 tys. lat p.n.e., pojawiały się ślady plemion z tzw. kultury świderskiej, m.in. nad rzeką Nurzec (Romaniuk 2021). Dopiero w epoce żelaza, przy zwiększonym ruchu osadniczym, liczba osad lokalizowanych nad rzekami i jeziorami zaczęła wzrastać. W miejscach występowania pokładów surowca krzemienno- lub dostępnych pokładów torfowiskowych rud darniowych powstawały większe skupiska ludności, którym towarzyszyło wylesianie okolic. Głównym czynnikiem lokalizacji tych osad był łatwy dostęp do wód powierzchniowych, niezbędnych zarówno do wydobycia, jak i przeróbki pozyskiwanych surowców. Z działalnością człowieka

w tym okresie wiążą się również pierwsze przekształcenia hydrosfery, m.in. poprzez zwiększanie powierzchni źródeł. Przykładem jest zespół wydajnych źródeł w dolinie Krzemianki, zlokalizowanych tuż przy odkrytych śladach kopalni krzemienia w pobliżu Rybnik (obecny rezerwat Krzemianka, gm. Wasilków). Co ciekawe, w Polsce – zarówno na wyżynach, jak i na nizinach – wokół wydajnych źródeł wodnych zlokalizowano szereg stanowisk archeologicznych, świadczących o wielowiekowej obecności osadnictwa w tych miejscach (Górniak, Pietryczuk 2015).

Kolejny etap intensyfikacji osadnictwa na terenie północno-wschodniej Polski przypada na początek tysiąclecia. Rozwijał się on w trzech głównych kierunkach: od północy postępowała kolonizacja Jaćwieska, obejmująca jedynie pojezierza; drugi kierunek, od wschodu, był związany z rozwojem Księstwa Litewskiego oraz osadnictwem ruskim, którego centrum znajdowało się w okolicach Grodna; trzeci wektor osadniczy wiązał się z napływem ludności polskiej z Mazowsza, postępującym od południowego zachodu – z doliny dolnej Narwi (Ościłowski 2021). W tym okresie powstawały liczne grody, m.in. Wizna, która funkcjonowała już przed rokiem 1145. Rozwój osadnictwa odbywał się kosztem powierzchni leśnych. Ślaski (1965) szacował, że w średniowieczu lesistość Podlasia wynosiła 65-70%. W XVI w. tereny dwóch największych kompleksów leśnych: Puszczy Grodzieńskiej i Bielskiej – uległy redukcji i podziałowi. Puszcza Bielska niemal całkowicie zanikła do końca XVIII w. (Panecki 2021). Obecnie zalesienie województwa podlaskiego wynosi 34% (GUS, 2022).

Oprócz kolejnych wylesień, już we wczesnym średniowieczu zaczęły pojawiać się pierwsze – częściowo zachowane do dziś – istotne przekształcenia hydrograficzne. Na pojezierzach polegały na łączeniu jezior przekopami. Istnieją też dowody na budowę pierwszych drewniano-ziemnych urządzeń hydrotechnicznych nad jeziorami, które zmieniały zasięg jeziora, a jednocześnie służyły jako fosy wokół obiektów warownych (jaćwieska osada Szurpiły). Osadnictwo wczesnośredniowieczne rozwijało się także na wybranych wyspach jezior lub wyniesieniach mineralnych w obrębie rozległych dolin Narwi i Biebrzy. W późniejszym czasie ludność regionu skupiała się w osadach zlokalizowanych głównie nad rzekami, podobnie jak najstarsze ośrodki miejskie województwa: Nowogród i Drohiczyn (tab. 2.1.1). Jeszcze w połowie XIX w. szacowano, że ponad 70% ludności Guberni Grodzieńskiej mieszka bezpośrednio nad rzekami – Narwią, Niemnem

i Bugiem (Bobrovskij 1852). Wynikało to z dominacji rozległych, trudnodostępnych i nieprzejezdnych przez większość część roku bagien i lasów.

Tabela 2.1.1. Pierwsze lokacje miast obecnie położonych w województwie podlaskim (według dostępnych źródeł)

Miasta	Rok lokacji	Miasta	Rok lokacji
Łomża	1418	Wizna	1435
Tykocin	1425	Kolno	1434
Nowogród	1427	Mielnik	1440
Ciechanowiec	1429	Brańsk	1440
Drohiczyn	1429	Suraż	1445
Zambrów	przed 1430		

Przez kolejne dwa, trzy wieki, na obszarach pustek osadniczych międzyrzecza Bugu, Biebrzy i Niemna, odradzały się rozległe puszcze. Istnieniu rozległych terenów leśnych sprzyjało także specyficzne położenie tych ziem pograniczu Litwy, Prus i Polski, a później także Rosji, które aż do połowy XX w. pozostawały obszarem o zmiennym statusie politycznym i administracyjnym. Pograniczny charakter regionu skutkował słabym rozwojem gospodarczym, niestabilnością polityczną, brakiem rozwiniętych szlaków komunikacyjnych oraz wielonarodowościową strukturą ludności.

W tej części ziem polskich granice państwowe i podziały administracji kościelnej ulegały częstym zmianom, co nie sprzyjało konsolidacji gospodarczej ani społecznej regionu. Po zawarciu Unii Polsko-Litewskiej nastąpiła silna ekspansja osadnicza ludności polskiej. W XVI w. do ludności autochtonicznej dołączyła ludność żydowska. Po utracie niepodległości, w XIX w., zwiększyła się obecność ludności rosyjskiej, a także niemieckiej, holenderskiej i szkockiej.

Bez względu na typ osadnictwa, narodowość czy przynależność państwową, ludność regionu stopniowo podejmowała szereg aktywności związanych z wykorzystaniem zasobów wodnych. Już w końcu XV w. rozpoczęto budowę stawów wodnych, zarówno w celu hodowli ryb, jak i dla zwiększenia dostępności produktów żywnościowych oraz uzyskania korzyści ekonomicznych. Na terenie obecnego województwa podlaskiego pierwsza zgoda na budowę stawów została wydana już 1492 r. dla lokalizacji w dolinie Rospudy (Pytasz-Kołodziejczyk 2012). Innym znaczącym faktem było powstanie przed rokiem 1559 wielkiego stawu

w okolicach Knyszyna, znanego dziś jako Jezioro Zygmunta Augusta. Jest to drugi najstarszy zachowany obiekt tego typu w Polsce – po Stawach Milickich – który funkcjonuje do dnia dzisiejszego. Wraz z budową grobli stawowych pojawiły się również możliwości skracania tras komunikacyjnych w regionie, a dla właścicieli ziemskich powstawały dodatkowe korzyści finansowe, gdyż korzystający z nich musieli płacić „myto”, podobnie jak w przypadku mostów czy promów.

Budowa stawów, towarzysząca powstawaniu młynów wodnych, była kolejnym przejawem znaczącej ingerencji człowieka w hydrosferę regionu. Budowa młynów wodnych, zapoczątkowana na Podlasiu już w XV w., była oznaką rozwoju gospodarczego i wiązała się z powstawaniem najważniejszych wówczas zakładów przemysłowych w dobrach ziemskich (Maroszek 2013). Inwestycje te zmieniły warunki obiegu wody w dorzeczach mniejszych rzek, wpływając lokalnie na kierunki i dynamikę przepływu. Znamy jednak liczne przykłady funkcjonowania młynów wodnych z regionu przy większych rzekach, takich jak Narew, Bug czy Niemen. Istniały również „pływające” młyny, znane już w XVIII w. – te pływające drewniane konstrukcje działały m.in. w Tykocinie, Brześciu i w Grodnie. Liczba działających młynów wodnych w północno-wschodniej Polsce do końca tego wieku stopniowo wzrastała (Balińska, Baliński 2003). W późniejszym okresie ich znaczenie zaczęło stopniowo maleć wraz z rozwojem elektryczności i nowych technologii energetycznych (tab. 2.1.2) (więcej o młynach w rozdz. VI).

Tabela 2.1.2. Pierwsze lokalizacje młynów wodnych województwa podlaskiego (Balińska, Baliński 2003)

Rzeka – miejscowość	Pierwsze dane o młynach
Łomżyca (Łomżyczka)	1415
Wissa – Wąsosz	1430
Narew	1434
Ruż	1437
Gać – Zbrzeźnica, Sokola Łąka	1443
Jabłonka – Zambrów	1437
Jura	1468

Budowane młyny wodne często korzystały z naturalnych różnic poziomów wód między sąsiadującymi jeziorami, co umożliwiało wytwarzanie energii przy niewielkim przepływie, lecz ze zwiększonym spadkiem.

Tego rodzaju warunki były wykorzystywane w XVII i XVIII w. w hutach stali, zwanych potocznie „rudami”. Świadczą o tym zarówno źródła historyczne, jak i pozostałe nazwy miejscowe, np. Gawrych Ruda k. Suwałk. Wcześniej, w XV i XVI w., rudnictwo rozwijało się w różnych częściach Podlasia, jednak do końca XVI w. zanikło, głównie ze względu na brak surowca – lokalnych złóż rud darniowych – oraz drewna niezbędnego do wytopu żelaza. Warto dodać, że region augustowsko-suwański był w tym czasie jednym z ważniejszych producentów kul armatnich dla polskiego wojska. Kolejny wzrost liczby młynów wodnych oraz sztucznych zbiorników nastąpił w XIX w., w związku z rozwojem przemysłu włókienniczego w regionie białostockim. Po II wojnie światowej, w wyniku ideologicznej walki z tzw. kułactwem na terenie Polski, niemal wszystkie młyny wodne w Polsce zostały zlikwidowane – także na Podlasiu, gdzie przez wieki stanowiły ważny element lokalnej infrastruktury gospodarczej.

Mniejsze stawy i oczka wodne, sztucznie wzbogacające ilość wód powierzchniowych, od najdawniejszych czasów były ważnym elementem architektonicznym wielu miejscowości. Pierwsze takie elementy znane są w kontekście powstawania wsi o układzie okrężnym, tzw. okrężnic. W ich centrum znajdował się staw lub niewielkie jezioro, wokół którego rozmieszczano zabudowę i przebiegały drogi. Znacznie bardziej wyeksponowaną rolę pełniły stawy przy dużych realizacjach architektonicznych, takich jak dwory i pałace. Od początku istnienia barokowego pałacu Branickich w Białymstoku przed jego frontem funkcjonował zespół stawów, stanowiący integralną część założenia architektoniczno-krajobrazowego. W pałacowych ogrodach stawy pełniły nie tylko funkcję estetyczną, ale były również atrakcją dla gości magnackich. Dodatkowo, dzięki pracy francuskich inżynierów i budowniczych, powstał także unikalny system fontann, w którym niezbędne ciśnienie hydrostatyczne wody uzyskiwano dzięki pracy wysokiego, drewnianego koła oraz czerpaków wykonanych ze skóry zwierzęcej (Wróbel 2015). Późniejsze historyczne rezydencje, zarówno w Białymstoku, jak i regionie, również wzbogacano o stawy parkowe, które są także obecne we współczesnej organizacji przestrzeni terenów zurbanizowanych.

Tradycja budowy przydomowych stawów lub oczek wodnych ożyła na początku XXI w. Obiekty te mają one różną wielkość i charakter (więcej informacji w rozdz. *Gospodarka wodna*).

Obecność w regionie kilku dużych rzek sprawiła, że w historii rozwoju Podlasia stanowiły one transportowe „okno na świat”. Narew, Bug i Biebrza już we wczesnych wiekach historycznych służyły jako naturalne szlaki transportowe, wykorzystywane przede wszystkim do spławu drewna – zarówno do centralnej Polski, jak i dalej, do portów nad Bałtykiem, zwłaszcza w Gdańsku.

Jak podaje Maroszek (1976), dzięki tykocińskim przedsiębiorcom i funduszom kupców gdańskich, już w XV w. dorodne sosny i świerki rosnące w dolinach Narwi i Supraśli były cenionym budulcem polskich statków morskich. Tradycja spławu drewna Narwią, trwająca przez stulecia, na trwałe wpisała się w kulturowe dziedzictwo regionu i stanowi jeden z ważniejszych elementów jego tożsamości.

W XVIII w., wraz z powstaniem na Podlasiu większych dóbr ziemskich rodu Branickich, rozwojem administracji oraz organizacją rynków zbytu, corocznie, w okresie późnowiosennym, odbywał się regularny transport drewna, zboża i innych produktów rolnych do gdańskiego portu. W tym celu stworzono porty i stocznie w Tykocinie, gdzie funkcjonował kapitanat portu, tartaki, a przy narwiańskiej drodze wodnej znajdowały się miejscowości świadczące usługi aprowizacyjne i techniczne dla statków (Sztachelska-Kokoczka 2006). Porty rzeczne istniały też w Drohiczynie nad Bugiem, Brańsku nad Nurcem (Romaniuk 2021) i niedaleko ujścia Supraśli do Narwi. Za czasów Branickich Narwią i Wisłą nad Bałtyk stałe kursowała flota składająca się z kilku statków, wyposażonych m.in. w kuchnię oraz obsługę – z pilotem, który prowadził jednostkę przez trudne technicznie koryto rzeki, narażone na mielizny i zatory drzewne.

Transport towarów z dóbr Branickich do Gdańska, załadowanych w Tykocinie trwał ok. dwóch miesięcy, a ich powrót był o blisko miesiąc krótszy (Sztachelska-Kokoczka 2006). Z zachowanych dokumentów wynika, że powracającym statkom nie zawsze udawało się dotrzeć do macierzystego portu z powodu letnich suszy i zbyt niskiego poziomu wody w rzekach.

W województwie podlaskim znajduje się wyjątkowa inwestycja hydrotechniczna o znaczeniu historycznym – Kanał Augustowski, wybudowany w latach 1819-1839 jako jedna z nielicznych polskich dróg wodnych. Jego powstanie stanowi świadectwo politycznych i międzynarodowych uwarunkowań Polski,

a zarazem jest pomnikiem polskiej inżynierii wodnej. Dziś Kanał Augustowski jest kandydatem do wpisu na listę światowego dziedzictwa UNESCO; dowodzi możliwości harmonijnego wkomponowania elementów antropogenicznych w naturalny krajobraz, bez istotnego uszczerbku na jego wartości przyrodniczej. W trakcie budowy całego systemu wodnego Kanału Augustowskiego dokonano wielu przekształceń w sieci hydrograficznej regionu. Zmieniono kierunek biegu rzeki Blizny, udrożniono jej odpływ do Rospudy (Netty). W tym i kilku innych przypadkach zlikwidowano wcześniej istniejące obszary bezodpływowe. Zwiększony odpływ wody Netty i Kanałem Augustowskim po jego uruchomieniu, jak również zwiększenie wilgotności klimatu w połowie XIX w., doprowadziły do silnego uwodnienia środkowej części Kotliny Biebrzańskiej. W odpowiedzi na te zmiany rozpoczęto prace regulacyjne na dolnym odcinku rzeki Elk oraz Jegrzni. Ich efektem był powstający sukcesywnie system kanałów odwadniających, rozbudowywany później o kolejne elementy sieci hydrotechnicznej, który funkcjonuje do dziś.

W okresie międzywojennym na terenie dzisiejszego województwa podlaskiego podjęto lokalne próby regulacji stosunków wodnych oraz melioracji. Prace te prowadzone były m.in. w rejonie Gródka, Michałowa, w dolinie Nurca oraz na obszarze Sandru Kurpiowskiego.

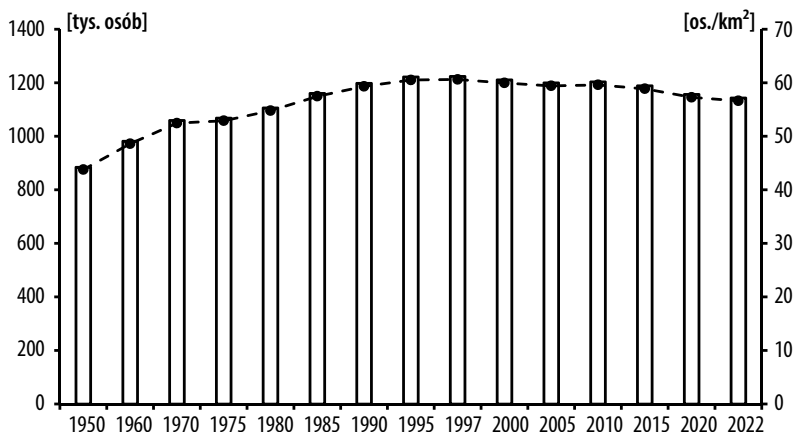
W strukturze systemu hydrograficznego regionu zapisała się również historia ideologicznego podejścia władz Polski Ludowej do środowiska przyrodniczego. System polityczny, który dominował w Polsce – po zakończeniu II wojny światowej do 1989 r. – traktował wodę jako „dobro wolne”, co uzasadniało daleko idące ingerencje w zasoby naturalne. Celem tych działań było przede wszystkim zaspokojenie bieżących potrzeb społeczeństwa – w tym tzw. „głodu ziemi”, czyli konieczności pozyskania nowych gruntów rolnych na potrzeby produkcji żywności oraz wyrównania „krzywd własnościowych” poniesionych przez ludność wiejską w poprzednich systemach ustrojowych. W rezultacie prowadzono planowe osuszanie rozległych terenów bagiennych, które w północno-wschodniej Polsce stanowiły znaczną część krajobrazu. Szeroki zakres podejmowanych w tym zakresie działań doprowadził do znacznego zwiększenia powierzchniowej sieci odpływu wód. Jednak stopniowa dekapitalizacja urządzeń wodnych oraz dezorganizacja systemu gospodarowania wodą w przestrzeni rolniczej po 1980 r. spowodowały znaczące zmiany w zasobach wodnych regionu. W ostatnich latach podejmowane są działania prawne i organizacyjne, które, przy wsparciu Państwowego

Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie, mogą poprawić efektywność systemów melioracyjnych. Warto jednak zauważyć, że choć sama etymologia terminu „melioracja” oznacza „ulepszenie” lub „regulację”, to w dotychczasowej praktyce działania te sprowadzały się głównie do odwadniania gruntów.

2.2. Gospodarka i ludność

Gospodarowanie wodą północno-wschodniej Polsce odbywało się w warunkach często zmieniających się granic jednostek administracyjnych. Od zakończenia II wojny światowej do 1975 r. istniało województwo białostockie, które obejmowało także powiaty etcki, olecki i gołdapski. Po reformie administracyjnej i zwiększeniu liczby województw do 49, oprócz województwa białostockiego utworzono również województwa łomżyńskie i suwalskie. Obecny podział administracyjny obowiązuje od 1996 r., a powierzchnia województwa podlaskiego wynosi 20 187 km². Dlatego w prezentowanym opracowaniu wszystkie dane dotyczące wieloletnich zmian w województwie zostały przeliczone dla aktualnego zasięgu województwa podlaskiego. Przykładem jest wykres prezentujący zmianę liczby ludności i gęstości zaludnienia (rys. 2.2.1). W okresie powojennym liczba mieszkańców regionu nie przekraczała 900 tys. mieszkańców, a gęstość zaludnienia wynosiła 43,8 os./km², stopniowo wzrastając do 1970 r. W pierwszej połowie lat 70. XX w. nastąpiła zwiększona zewnętrzna migracja ludności, głównie na Górny i Dolny Śląsk. Lata 80. i 90. przyniosły ponowny wzrost liczby ludności, osiągając w 1997 r. maksimum – nieco ponad 1,2 mln mieszkańców (GUS 2008). Od tego momentu liczba ludności województwa podlaskiego zaczęła stopniowo maleć, co wynika zarówno z migracji zagranicznych, jak i z ujemnego przyrostu naturalnego. Aktualnie średnia gęstość zaludnienia województwa utrzymuje się na poziomie 55-60 os./km², czyli niemal dwukrotnie mniej niż średnia krajowa. Regionalne uwarunkowania historyczne i środowiskowe ukształtowały przestrzenne zróżnicowanie rozmieszczenia ludności na terenie województwa. W ujęciu hydrograficznym najniższą gęstość zaludnienia odnotowuje się w zlewniach Biebrzy i Nurca (poniżej 30 os./km²), a największe (blisko dziewięć razy większe) w zlewni Supraśli (tab. 2.2.1). W latach 1995-2020 najmniej zaludnione zlewnie wykazywały dalszą tendencję depopulacyjną, natomiast w zlewniach o zwiększonym zaludnieniu (Supraśl, Czarna Hańcza, Marycha) – liczba ludności nadal wzrasta. Od 1984 r. większość mieszkańców województwa podlaskiego

zamieszkuje tereny zurbanizowane – liczba ludności miast przewyższa liczbę ludności wiejskiej (rys. 2.2.2).



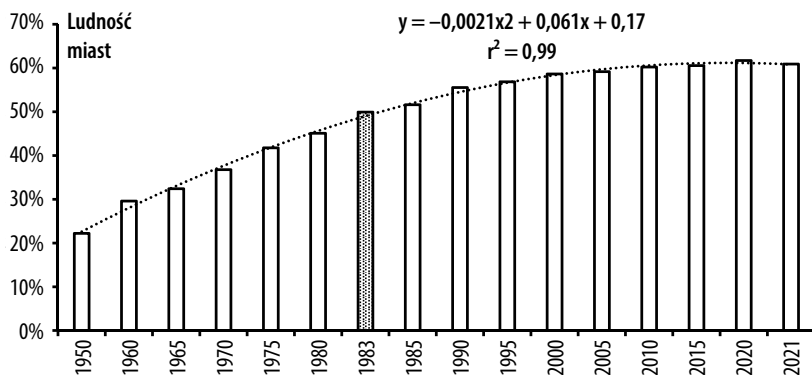
Rys. 2.2.1. Zmiany liczby i gęstości zaludnienia województwa podlaskiego w latach 1950-2022; dane według GUS dla powierzchni w granicach województwa z 1996 r.

Tabela 2.2.1. Zmiany gęstości zaludnienia wybranych zlewni rzek w granicach województwa podlaskiego

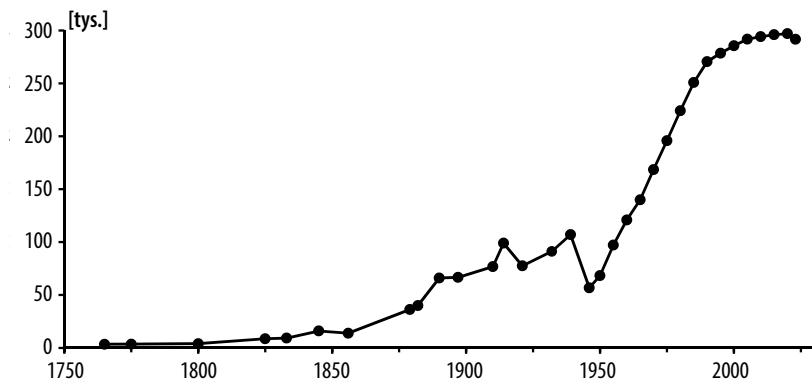
Rzeka	Zaludnienie [os./km ²]	
	1995	2020
Szeszupa	41	36
Marycha i Zoopsia	37	42
Czarna Hańcza	76	79
Biebrza	29	26
Netta	44	42
Supraśl	199	214
Sidra	37	23
Brzozówka	36	29
Nurzec	28	23
górna Narew (po Babino)	44	29

Warto zauważyć, że wieloletnia dynamika udziału ludności miejskiej województwa podlaskiego wykazuje bardzo dobre dopasowanie do przebiegu funkcji kwadratowej, co odzwierciedla zjawisko deglomeracji, czyli stopniowego

rozpraszania się ludności z większych miast na obszary podmiejskie i wiejskie, co jest charakterystyczne dla społeczeństw o rosnącym poziomie zamożności (rys. 2.2.3). Można przypuszczać, że proces ten będzie się nasilał w najbliższych latach, dlatego powinien być uwzględniony w planowaniu zagospodarowania zasobami wodnymi.



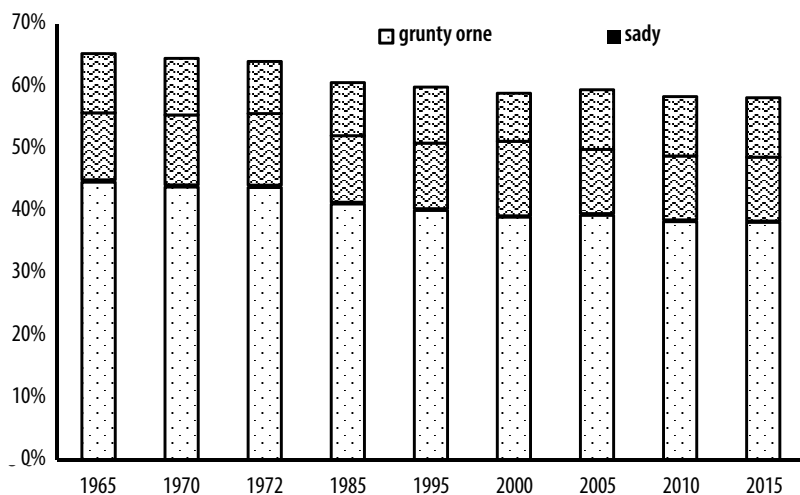
Rys. 2.2.2. Wieloletnie zmiany ludności miast w aktualnych granicach województwa podlaskiego; według danych US w Białymstoku



Rys. 2.2.3. Dynamika liczby ludności zamieszkującej Białystok; według dostępnych źródeł

Oprócz zmian demograficznych, w analizowanym województwie stopniowo zmienia się struktura użytkowania gruntów, przekładająca się na charakter obie-

gu wody w zlewniach. Przede wszystkim zmniejsza się udział użytków rolnych, a szczególnie gruntów ornych, których w latach 1965-2015 ubyło o 6,4% (obszar blisko 1300 km²). Jednocześnie w tym samym okresie wzrosła o 4% lesistość województwa, a także zwiększyła się powierzchnia terenów zurbanizowanych (rys. 2.2.4). Zmiany te – choć często o lokalnym charakterze – radykalnie zmieniają charakter dystrybucji opadów atmosferycznych, zwłaszcza w warunkach opadów ekstremalnych. W konsekwencji dochodzi do powstawania tzw. powodzi błyskawicznych (ang. *city flood*), które powodują znaczne straty gospodarcze, szczególnie w infrastrukturze komunalnej na terenach o największym zaludnieniu (Jokiel, Bartnik 2017).



Rys. 2.2.4. Zmiany struktury użytkowania powierzchni województwa podlaskiego (w obecnych granicach) w latach 1965-2015; według danych GUS (w % powierzchni całkowitej województwa)



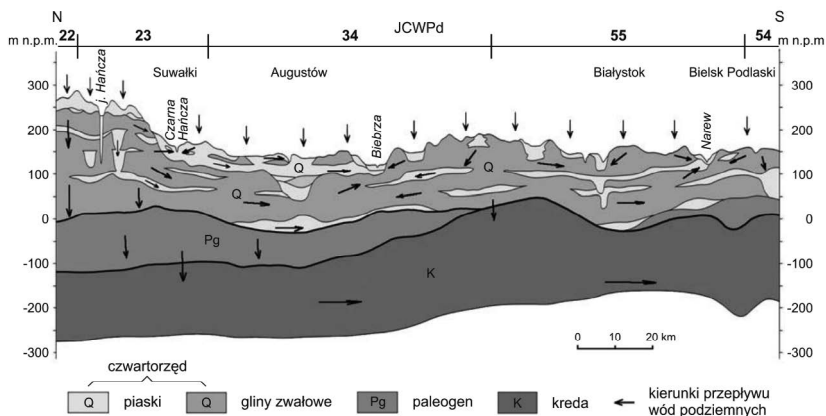
Rozdział II

Wody podziemne i ich źródła

3. Wody podziemne

Województwo podlaskie charakteryzuje się stosunkowo niewielkim zróżnicowaniem środowiska skalnego, w którym istnieją warunki do tworzenia zwiększonych zasobów wód o znaczeniu gospodarczym. Szacunki prowadzone przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) wskazują na mało zmienne w czasie zasoby eksploatacyjne wód podziemnych województwa, rzędu 650-690 hm³ (*Rocznik GUS 2020, 2022*). Ze względu na regionalne uwarunkowania geologiczne, 95% zasobów wodnych województwa znajduje się w skałach czwartorzędowych, a jedynie niewielka część w skałach trzeciorzędowych i zbiornikach jurajsko-kredowych. Wody w skałach czwartorzędowych i trzeciorzędowych występują w ośrodku porowym, natomiast w głębszych warstwach – w systemie szczelinowym litych skał mezozoicznych. Poziomy wodonośne tego piętra występują na głębokości 500-300 m ppt, a zwierciadło wód generalnie nachylone jest w kierunku południowym (rys. 3.1). W nielicznych miejscach południowej części województwa poziom ten wykorzystywany jest do celów gospodarczych. Zbiornik wód trzeciorzędowych nie ma ciągłego zasięgu na obszarze województwa podlaskiego, jego występowanie notuje się w północnej i południowej części regionu, przy jego braku w środkowej części Wysoczyzny Białostockiej. Strop tego poziomu leży na wysokości od -50 do 50 m n.p.m. (rys. 3.1). Zasadniczo ma on charakter wód tranzytowych między piętrem czwartorzędowym a mezozoicznym, bez wyraźnie określonego, dominującego, poziomego kierunku przepływu wód. Z punktu widzenia gospodarki wodnej poziom ten nie odgrywa istotnej roli w skali regionu, choć lokalnie może stanowić ważne uzupełnienie zasobów wodnych. Dominujący, czwartorzędowy zbiornik wód podziemnych składa się z kilku poziomów wodonośnych, zlokalizowanych na różnej głębokości poniżej powierzchni terenu. Pierwszy z nich jest najczęściej współkształtny z powierzchnią topograficzną (Stuczyński 2006) (zał. M5). Szacuje się, że na ok. 20% powierzchni województwa wody podziemne (w pierwszym poziomie) występują bardzo płytko, nie głębiej niż 1 m. Natomiast głębokie (jak na warunki województwa) występowanie pierwszego poziomu wód podziemnych, sięgające ponad 20 m, cechuje lokalne wyniesienia w części pojeziernej regionu oraz lokalnie na Wzgórzach Sokólskich (m.in. we wschodniej części gminy Sidra i w okolicach Szudziałowa), a także w rejonie Czerwonego Boru (na południe od Łomży).

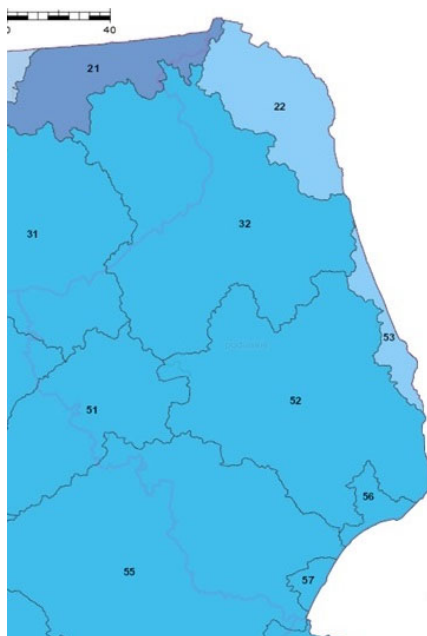
Obszary te stanowią jednak nie więcej niż 5% powierzchni województwa. Najczęściej, bo na ponad 75% powierzchni województwa, zwierciadło pierwszego poziomu wodonośnego zalega na głębokości od 5 do 15 m. Podziemny system wód posiada główne strefy drenażowe, którymi są doliny głównych rzek oraz głęboko położonych jezior. Zarówno w obszarach młodoglacjalnych, jak i na wysoczyznach peryglacjalnych, obserwuje się nieciągłość tego poziomu wód podziemnych, a także występowanie regionalnych rozbieżności pomiędzy powierzchnionymi i podziemnymi działami wodnymi.



Rys. 3.1. Schematyczny układ hydrogeologiczny województwa podlaskiego (według Paczyński, Sadurski 2007)

Czwartorzędowe, kopalne i postwistuliańskie glacyofluwalne rynny erozyjne znacząco skomplikowały regionalny obieg wód podziemnych. Do podobnych lokalnych zaburzeń ciągłości poziomów wodonośnych terenów pojezierzy przyczyniła się również aktywność neotektoniczna obserwowana m.in. na Suwalszczyźnie oraz w strefach marginalnych moren spiętrzonych. W południowej części Wzgórz Sokólskich, specyficzne warunki sedymentacji osadów ze zlodowacenia Warty wytworzyły lokalny podziemny basen wód subartezyjskich. W efekcie zróżnicowane uwarunkowania geologiczne województwa podlaskiego doprowadziły do wyodrębnienia kilku subregionów o podobnych cechach obiegu wód podziemnych oraz wielkości zasobów przydatnych dla gospodarki i życia codziennego człowieka.

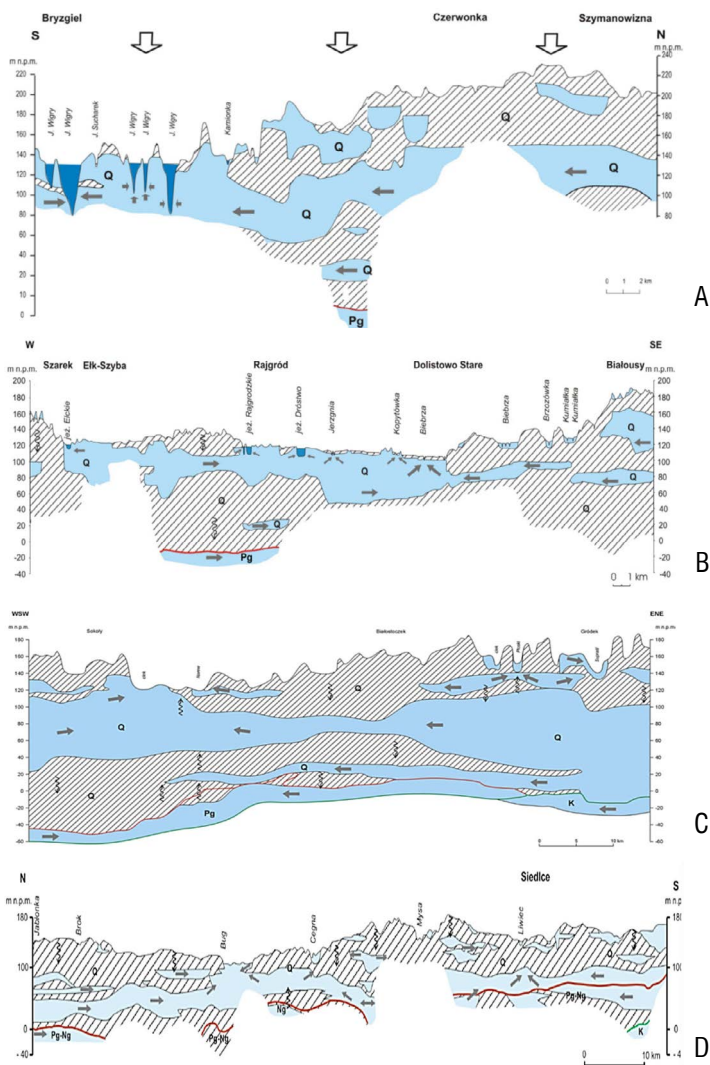
W granicach województwa podlaskiego wydzielono 11 jednolitych części wód podziemnych. Cztery z nich znajdują się w całości na obszarze województwa, natomiast pozostałe obejmują jedynie jego fragmenty (rys. 3.2, tab. 3.1). Rozpoznane zasoby wód podziemnych, w zależności od obszaru, obejmują od jednego do czterech pięter wodonośnych oraz od jednego do sześciu poziomów wodonośnych, przy czym najczęściej spotykana jest struktura czteropoziomowa. Głównym rezerwuarem wód podziemnych jest piętro wód czwartorzędowych. W południowej i południowo-wschodniej części województwa najgłębsze poziomy wodonośne znajdują się w utworach neogenu i kredy (rys. 3.3). Największe zasoby wód podziemnych rozmieszczone są w południowej i centralnej części województwa, a najmniejsze – w jego północnej części.



Rys. 3.2. Rozmieszczenie jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) województwa podlaskiego w trzecim cyklu planowania w latach 2022-2027 (według ISOK)

Tabela 3.1. Charakterystyka jednolitych części wód podziemnych województwa podlaskiego, według ISOK; sw – zwierciadło swobodne, np – napięte, cn – częściowo napięte

JCWPd		Liczba		Charakter zwierciadła wody	% zasilania podziemnego rzek	Zasoby	
nr	nazwa	pięter wodonośnych	poziomów			[tys. m³ d ⁻¹]	% wykorzystania
Główne jednostki części wód podziemnych							
22	Niemen N	3	6 (Q1-Q4, K, J)	sw, np	38	242,9	7,5
32	Biebrza	3	5 (Q1-Q4, Ng/J)	cn, np	48	643,0	7,1
52	Narew	4	4 (Q1-Q2, Q3/Pg, K)	sw, np	45	759,2	5,6
53	Łosośna/Świsłocz	4	5 (Q1-Q2,Q3/M-O, K, J)	sw, cn, np	42	71,8	1,5
55	Bug	2	4 (Q1-Q3, Pg/Ng)	sw, cn, np	47	852,4	10,4
56	Leśna	2	4 (Q1-Q3, Pg/Ng)	cn, np	42	16,0	27,2
57	Pulwa	2	4 (Q1-Q3, Pg/Ng)	sw, cn, np	42	9,9	1,2
Jednostki tylko w części w woj. podlaskim							
21	Pregoła	1	4 (Q1-Q4)	cn	42	314,5	3,1
31	WJM	2	4 (Q1-Q3, Pg/Ng)	cn, np	60	698,7	3,7
50	Orzyc, Omulew	2	4 (Q1-Q3, Pg/Ng)	sw, cn, np	61	925,0	4,2
51	Dolna Narew	2	5 (Q1-Q4, Pg/Ng)	sw, np	59	466,0	9,0



Rys. 3.3. Charakterystyczne układy hydrogeologiczne w wybranych regionach fizjograficznych województwa podlaskiego; według kart opisu JCWPd na stronie Hydroportal (wody.isok.gov.pl, dostęp 11.07.2025)

Dorzecze Biebrzy (JCWPd-32) odgrywa istotną rolę w kształtowaniu zasobów wód podziemnych województwa podlaskiego. Obszar ten charakteryzuje się przeważnie napiętym zwierciadłem wody, co jest wynikiem jego zagłębienia oraz zasilania wodami pochodzącymi zarówno z terenów pojezierzy, jak i otaczających wysoczyzn. W systemie hydrogeologicznym dorzecza Biebrzy wyróżnia się pięć poziomów wodonośnych należących do trzech pięter – głównie w piaszczystych osadach. Wody te przemieszczają się w kierunku osi doliny Biebrzy, a poniżej Netty kierunek przepływu zmienia się na południowo-zachodni. Sama dolina rzeki Biebrzy cechuje się silnym uwodnieniem niemal od samej powierzchni terenu, zasilana zarówno przez lateralny dopływ z wysoczyzn, jak i głębsze poziomy wodonośne Q2 i Q3 (rys. 3.3B). Tak złożony układ zasilania podziemnego, uwzględniający również infiltrację wód atmosferycznych z okresowych zalewów rzeki, powoduje trwałe uwodnienie centralnej części Kotliny Biebrzańskiej oraz wschodniej części dolnego Basenu Biebrzy (Filar i in. 2020). Ma to bezpośredni wpływ na stosunki wilgotnościowe gleb oraz charakterystyczną strefowość zbiorowisk roślinnych doliny (Wassen 1995; Mioduszewski i in. 2004). W omawianym regionie zidentyfikowano obszar o powierzchni blisko 1200 km², cechujący się znaczną wydajnością zasobów (tab. 3.2), który został zaliczony do grupy głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce (Mikołajków, Sadurski (red.) 2017).

Tabela 3.2. Główne zbiorniki wód podziemnych województwa podlaskiego; według Mikołajków, Sadurski (red.)

Parametry	Pradolina rzeki Biebrza	Pradolina rzeki Supraśli
numer zbiornika	217	218
powierzchnia zbiornika (km ²)	1195	86,4
wodoprzewodność (m ² /d)	250-500	312-480
moduł jednostkowy zasobów dyspozycyjnych (m ³ /d×km ²)	97,13	661,2
szacunkowe zasoby dyspozycyjne (m ³ /d)	13 150	57 120

Dorzecze górnej Narwi stanowi odrębny region wód podziemnych województwa (JCWPd-52) (tab. 3.2). Dominującym piętrem wodonośnym są tu utwory czwartorzędowe, choć lokalnie występują również wody z piętra kredowego – głównie tam, gdzie skały kredowe zalegają bezpośrednio pod nieciągłą warstwą osadów (Paczyński, Sadurski 2007). Zasoby wód podziemnych powstają

w przede wszystkim w wododziałowych strefach infiltracji opadów atmosferycznych i dalej. W wyniku przesączania przez kilka warstw glin o zróżnicowanej przepuszczalności, przemieszczają się w kierunku dolin Narwi i Supraśli (rys. 3.3C). W tych dorzeczach, ze względu na występowanie okien hydrologicznych nawiązujących do arealnego charakteru warciańskiej deglacjacji, pojawiają się lokalne strefy infiltracji lub drenażu (Małecki 1998). Powoduje to w przestrzeni mozaikę zasobności wód podziemnych, która przejawia się w postaci małych zlewni lub fragmentów większych dolin o odmiennej zasobności. Sytuacja tego typu występuje w dolnej części dorzecza Supraśli, gdzie na powierzchni ok. 90 km² stwierdzono bardzo dużą dostępność oraz zasobność wód podziemnych, dlatego teren ten został zaliczony do grupy głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce (Mikołajków, Sadurski 2017).

Południowa część województwa wykazuje podobny układ hydrogeologiczny do dorzecza górnej Narwi, a rozpoznane zasoby wód podziemnych sięgają tu tylko piętra neogenu (rys. 3.3D). Główny zbiornik wód użytkowych znajduje się w drugim poziomie wodonośnym (Q2), leżącym zdecydowanie głębiej niż w dorzeczu Narwi. Płycej położone zbiorniki mają mniejszy zasięg i wydajność – w niewielkim stopniu zasilają dolinę Nurca, a bardziej intensywnie dolinę Bugu. Zmiany zasobów wód podziemnych, zwłaszcza w poziomach położonych płycej, są silnie uzależnione od sezonowych i wieloletnich wahań ilości opadów atmosferycznych. Zjawiska te mają istotny wpływ na dynamikę wód podziemnych oraz przepływy w rzekach regionu.

Wschodnia, przygraniczna część województwa jest bardzo różnorodna pod względem układu wód podziemnych, co znalazło odzwierciedlenie w wydzieleniu kilku niewielkich jednostek części wód podziemnych. W dorzeczu Niemna występuje unikalny basen subartezyjskich wód w osadach czwartorzędowych, o umiarkowanej wydajności zasobów, wykorzystywanych w ograniczonym stopniu do celów gospodarczych. Dwie inne jednostki, o małym zasięgu i niewielkich zasobach wodnych w skali województwa, cechują się występowaniem płytkiego poziomu wód podziemnych, z licznymi mokradłami utrzymującymi się na cienkich przewarstwieniach gliniastych w strefie przypowierzchniowej. Zasobniejsze zbiorniki wodne zlokalizowane są głębiej – najczęściej poniżej 40-60 m – i mają ograniczony zasięg. Często charakteryzują się one napiętym zwierciadłem wody,

choć miejscami odnotowuje się także głęboką infiltrację opadów (Mikołajków, Sadowski 2017).

Tabela 3.3. Stacje pomiarów wód podziemnych Państwowego Instytutu Geologicznego (PIB) o najdłuższym okresie badawczym na terenie województwa podlaskiego

Lp	Miejscowość	Gmina	Numer punktu monitorin-gowego	Cha-rakter zwier-ciadła	Rzędna terenu [m n.p.m.]	Straty-grafia	Lito-logia	Typ ośrod-ka	JCWPd
1	Sidorów-ka 1	Jeleniewo	I/311/1	napięte	210,87	Q	p+ż	porowy	22
2	Sidorów-ka 3	Jeleniewo	I/311/3	swobod-ne	210,61	Q	p+ż	porowy	22
3	Sidorów-ka 9	Jeleniewo	I/311/9	napięte	211,02	J3	w	szcze-linowo-kraso-wy	22
4	Suwałki	m. Su-wałki	II/234/1	napięte	184,11	Q	p	porowy	22
5	Sieru-ciwce	Nowy Dwór	II/130/1	napięte	140,00	Q	p+ż	porowy	32
6	Raczki	Raczki	II/322/1	napięte	165,00	Q	p	porowy	32
7	Mońki	Mońki	II/235/1	napięte	175,90	Q	ż	porowy	32
8	Kobylin-Kuleszki	Kobylin-Borzymy	II/236/1	napięte	124,40	Q	p	porowy	52
9	Zabłudów	Zabłudów	II/85/1	napięte	158,00	Q	p	porowy	52
10	Husaki	Bielsk Podlaski	II/260/2	napięte	135,10	J3+Cr3	p+w	poro-wo-szcze-linowy	52
11	Ostrówek	Szudzia-łowo	II/239/1	swobod-ne	172,70	Q	p	porowy	53

Współczesna dynamika zasobów wód podziemnych w granicach województwa podlaskiego jest systematycznie monitorowana przez system pomiarowy Służby Hydrologicznej Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB. Na podstawie danych z jedenastu wybranych stacji pomiarowych – posiadających najdłuższe serie ciągłych obserwacji (lub z minimalnymi przerwami) – przeanalizowano podstawowe cechy wieloletnich zmian poziomu wód podziemnych (tab. 3.3).

Wieloletnie obserwacje wskazują na dużą stabilność poziomu wód podziemnych w regionie. Jedynie w jednej na jedenaście z analizowanych stacji pomiarowych odnotowano istotny statystycznie trend spadkowy (na Pojezierzu Suwalskim – Sidorówka 1) (rys. 3.4). Obserwuje się także, że wraz ze wzrostem głębokości zalegania poziomu wodonośnego oraz grubości strefy aeracji, zmniejsza się roczna amplituda wahań (rys. 3.4; 3.5). W większości lokalizacji wartość ta mieści się w wąskim zakresie 1-2 m, natomiast w przypadku silnie napiętego zwierciadła wód w piętrze kredowym lub jurajskim (Husaki, Sidorówka 9) amplituda wieloletnich zmian nie przekracza 0,8 m (tab. 3.4). Świadczy to o dużej i stabilnej zasobności największych zbiorników wód podziemnych województwa.

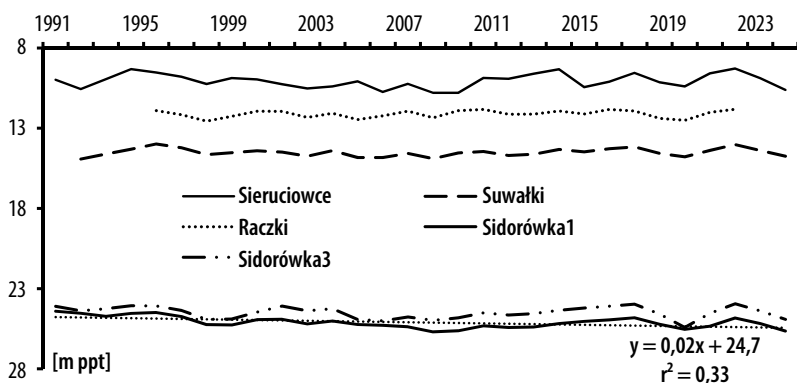
Tabela 3.4. Charakterystyka dynamiki wód podziemnych na stacjach pomiarowych PIG – PIB w województwie podlaskim według danych zawartych w Rocznikach hydrogeologicznych i archiwach PIG – PIB w Warszawie

Lp	Miejscowość	Okres pomiarów	Okres bez pomiarów	Średnia głębokość m ppt	Amplituda średnich miesięcy [m]	Amplituda średnich rocznych [m]	Max. średnia miesięczna	Min. średnia miesięczna
1	Sidorówka 1	1991-2020		25,10	0,16	1,29	czerwiec	grudzień
2	Sidorówka 3	1991-2020		24,49	0,17	1,47	czerwiec	grudzień
3	Sidorówka 9	1991-2020	1999	66,55	0,06	0,72	luty	sierpień
4	Suwałki	1977-2020	1994-1995	14,38	0,22	1,38	czerwiec	grudzień
5	Sieruściowce	1978-2020		9,95	0,23	1,78	maj	listopad
6	Raczki	1978-2020	1992-1994	12,10	0,20	1,37	maj	grudzień
7	Mońki	1976-2020	1991-1992	4,19	0,27	1,98	czerwiec	styczeń
8	Kobylin-Kuleszki	1977-2020	2003-2008	9,00	0,15	1,18	maj	grudzień
9	Zabludów	1976-2017	1991-1994	10,16	0,68	6,20	maj	sierpień
10	Husaki	1978-2020		3,14	0,07	0,40	czerwiec	grudzień
11	Ostrówek	1977-2020	1991-1993	12,70	0,07	1,74	wrzesień	marzec

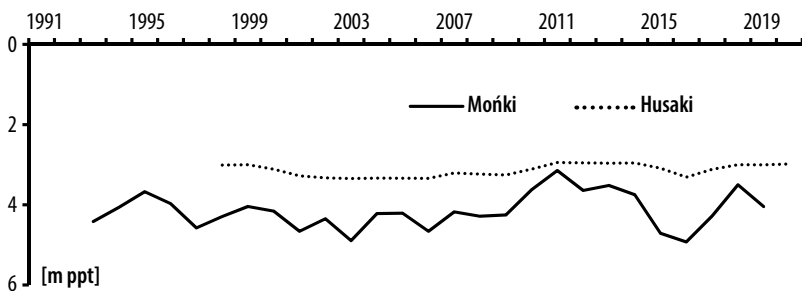
Przy napiętym zwierciadle wody podziemnej, dominującym na terenie województwa podlaskiego, zmienność zakresu wahań wartości średniej miesięcznej głębokości do wody nie przekracza 10 cm. W pozostałych przypadkach wahania te są również stosunkowo niewielkie i rzadko przekraczają 30 cm. Jedynie w Zabłudowie, w latach 2007-2009, odnotowano gwałtowny wzrost poziomu wód o ponad 5 m, który latem 2009 powrócił do średniego stanu z poprzednich lat. Dowodzi to możliwości lokalnych i okresowych zmian zasobności małych zbiorników wód podziemnych, które mogą istotnie wpływać na wieloletnią sezonowość. Zjawisko to ilustruje rysunek 3.1.7, gdzie dane dla stacji Zabłudów znacząco odbiegają swoim charakterem od pozostałych analizowanych lokalizacji. W wieloletniej dynamice na stacji Ostrówek (lata 1975-2023), znajdującej się w pobliżu głównego działu wodnego Wisły i Niemna, na obrzeżu basenu subartezyjskiego Krynek, można dostrzec powtarzalne cykle zmian trwające 15-16 lat.

W cyklu rocznym najwyższy średni miesięczny poziom wód podziemnych na obszarze województwa podlaskiego przypada zwykle na maj lub czerwiec (tab. 3.4), natomiast najniższy poziom notowany jest zazwyczaj w listopadzie lub grudniu (rys. 3.7).

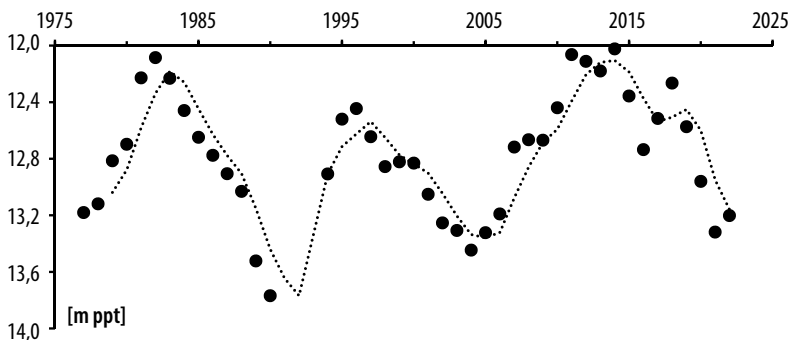
Wyjątek stanowi stacja Ostrówek (gm. Szudziałowo), gdzie maksimum poziomu wód przypada dopiero na sierpień, a minimum – na marzec, co oznacza przesunięcie sezonowego rytmu o ok. trzy miesiące względem typowego przebiegu rocznego.



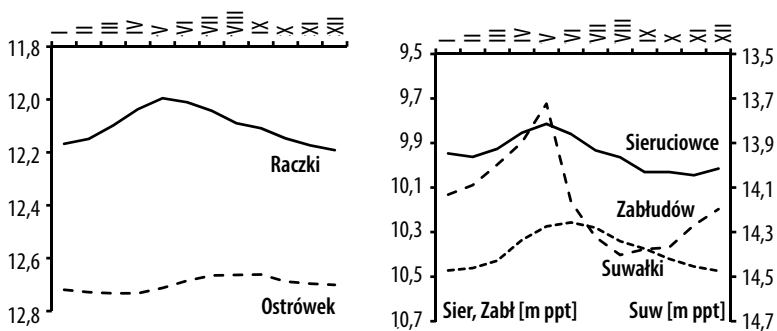
Rys. 3.4. Wieloletnia zmienność średniej rocznej (styczeń – grudzień) głębokości zwierciadła wód podziemnych na wybranych stacjach pomiarowych PIB – PIB



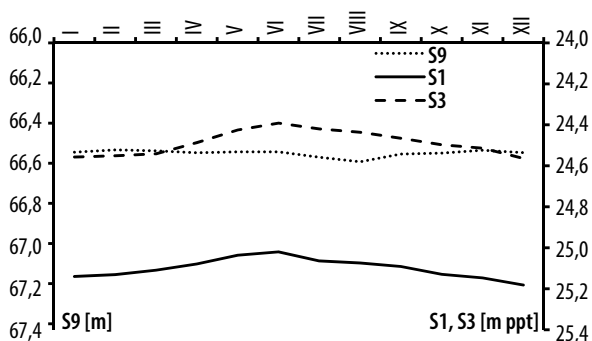
Rys. 3.5. Wieloletnie zmiany średniej rocznej głębokości zwierciadła wód podziemnych na wybranych stacjach pomiarowych PIG – PIB



Rys. 3.6. Wieloletnie zmiany średniej rocznej głębokości zwierciadła wód podziemnych – stacja Ostrówek w latach 1975- 2023; według danych IMGW i PIG – PIB



Rys. 3.7. Dynamika roczna średniej głębokości zwierciadła wód podziemnych na wybranych stacjach pomiarowych PIG – PIB



Rys. 3.8. Średni miesięczny poziom zwierciadła wód podziemnych na stacji PIG – Sidorówka (gm. Jeleniewo) obserwowany w trzech poziomach wodonośnych; numeracja zgodnie z opisem w tabeli 3.1.4

Wody podziemne województwa podlaskiego charakteryzują się umiarkowaną zawartością rozpuszczonych substancji mineralnych, przy czym wody pojezierzy są generalnie bardziej zmineralizowane niż na wysoczyznach w środkowej i południowej części regionu (tab. 3.5). Zjawisko to dotyczy zarówno płytkich, jak i głębiej zalegających zbiorników wodonośnych.

Średnia przewodność właściwa (EC), będąca najlepszym wskaźnikiem zasobności wód w rozpuszczone składniki mineralne, mieści się w zakresie $400\text{--}550\text{ }\mu\text{Scm}^{-1}$, a jedynie na płaskich, piaszczystych równinach okolic Kleszczel nie przekracza $300\text{ }\mu\text{Scm}^{-1}$. W porównaniu z większością obszarów nizinnych i wyżynnych Polski, wody podziemne regionu wyróżniają się niskim stężeniem jonów. Większość analizowanych wód podziemnych należy do tryjonowego typu hydrochemicznego (według klasyfikacji Prikońskiego: wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego). Jedynie w pasie od Białegostoku poprzez Bielsk Podlaski po tereny przygraniczne w okolicach Kleszczel występują wody o dwujonowym typie (wodorowęglanowo-wapniowe). Oprócz umiarkowanej twardości, zbiorniki wód podziemnych regionu cechuje zwiększone stężenie żelaza i manganu, a w niektórych przypadkach również związków organicznych węgla (TOC). Takie naturalne wzbogacenie wód jest pochodzenia naturalnego ze względu na liczne tereny podmokłe oraz płytkie ich zaleganie, niejednokrotnie w dolnych częściach profili gleb hydrogeniczych. W warunkach zmiennego w czasie zasięgu strefy aeracji, przy udziale okrywy roślinnej i mikroorganizmów, następuje uwalnianie do środowiska

wodnego jonów żelaza, manganu oraz związków organicznych węgla. Może również następować ich koagulacja w formie kompleksów mineralno-organicznych, co prowadzi do tworzenia się rud darniowych. Jak wspomniano wcześniej, ich regionalne zasoby były znaczne, i już od czasów prehistorycznych stanowiły surowiec wykorzystywany przez liczne lokalne rudnie. Powszechna obecność wód podziemnych zasobnych w żelazo i mangan ogranicza ich szersze wykorzystanie i wymusza stosowanie dodatkowych technologii uzdatniania, co podnosi koszty eksploatacji, aby spełnić normy jakościowe wód użytkowych. O wiele większym jednak problemem dla użytkowników wód są podwyższone stężenia azotanów, które – podobnie jak w innych częściach Unii Europejskiej – wynikają przede wszystkim z ich powszechnego zastosowania w rolnictwie, ale także z innych źródeł antropogenicznych.

W przeciwieństwie do form kationowych azotu, jony azotanowe nie podlegają sorpcji chemicznej ani wymiennej w występujących w Polsce glebach. W efekcie szybko przemieszczają się do wód gruntowych, a następnie do głębszych zbiorników wód podziemnych. Średnie wartości stężeń azotanów, notowane w punktach monitoringu krajowego wód podziemnych, są w nieznacznie podwyższone (tab. 3.5), jednak lokalnie w granicach województwa odnotowano wartości przekraczające 10-15 mg N-NO₃ na litr. Może to świadczyć o pojawieniu się zbiorników wód zanieczyszczonych azotanami. Proces użyźniania wód podziemnych obejmuje głównie wody w zbiornikach przypowierzchniowych, które monitorowane są za pomocą piezometrów badawczych Państwowego Instytutu Geologicznego. Dane z 2022 r. potwierdzają, że najwyższe stężenia azotanów występują pod terenami zabudowy wiejskiej, gruntami ornymi oraz łąkami. Na tle kraju województwo podlaskie cechuje się stosunkowo niewielką skalą zanieczyszczenia wód podziemnych azotanami. W większości przypadków wody te zachowują dobrą jakość (tab. 3.6).

Reasumując, można stwierdzić, iż w skali wielolecia główne zasoby użytkowe wód podziemnych województwa podlaskiego charakteryzują się stabilnością. Jedyne najpłycej zalegające poziomy wodonośne wykazują silne wahania, uzależnione przede wszystkim od zasilania atmosferycznego.

Tabela 3.5. Skład chemiczny wód podziemnych województwa podlaskiego w 2022 r. według danych Państwowego Monitoringu Wód Podziemnych; A – pojezierza, B – wysoczyzny staroglacjalne i Kotliny Biebrzańskie

Parametry	Jednostka	Wody płytkie		Wody głębokie		Pojezierza (A)		Wysoczyzny (B)	
		<2m		>90m					
		A	B	A	B	średnia	max.	średnia	max.
liczba analizowanych studni		3	6	4	4	19		52	
EC 20°C – lab	$\mu\text{S cm}^{-1}$	511	411	584	416	543	749	444	714
odczyn pH -lab		7,31	7,15	7,37	7,15	7,32	7,58	7,30	7,67
TOC	mgC dm^{-3}	1,20	10,74	<1,0	2,00	1,6	3,2	4,8	39,0
azot amonowy	$\text{mg N-NH}_4 \text{ dm}^{-3}$	0,29	1,17	0,90	1,41	0,60	1,37	0,89	2,88
azot azotanowy V	$\text{mg N-NO}_3 \text{ dm}^{-3}$	0,05	0,29	0,03	0,04	0,27	11,44	2,39	17,13
wapń	mg dm^{-3}	91,0	73,5	89,5	68,6	90,8	119,1	74,1	111,6
magnez		14,63	9,10	21,13	9,60	17,9	26,6	12,4	27,6
sód		4,70	4,87	14,15	11,53	7,77	28,60	7,79	33,70
potas		1,27	3,02	6,40	2,35	2,54	16,50	2,40	13,40
wodorowęglany		354	228	414	286	342	538	265	503
siarczany		10,7	37,3	6,6	3,2	24,66	56,30	21,50	84,70
chlorki		5,16	7,20	9,18	4,93	12,09	41,30	9,50	58,60
żelazo		7,54	3,59	3,40	1,19	3,20	9,44	1,87	7,61
mangan		0,30	0,37	0,09	0,07	0,13	0,46	0,13	0,89
bar		0,07	0,04	0,06	0,06	0,07	0,20	0,04	0,14
miedź	$\mu\text{g dm}^{-3}$	0,19	0,89	0,41	0,18	0,46	1,14	0,46	2,56
molibden		0,76	0,68	0,60	0,21	0,79	2,08	0,71	3,94

Tabela 3.6. Zróżnicowanie średnich stężeń azotu azotanowego V (N-NO_3) w wodach piezometrów i studni wierconych o różnym sposobie użytkowania na terenie województwa podlaskiego w 2022 r.; dane Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB (Państwowy Monitoring Wód Podziemnych)

Użytkowanie	n	Średnia	Odch. stand.
zabudowa miejska zwarta	2	0,28	0,05
zabudowa miejska luźna	8	1,21	1,95
zabudowa wiejska	25	13,74	20,84
grunty orne	11	13,47	21,07
łąki i pastwiska	7	11,06	18,44
las	8	8,43	18,55
roślinność drzewiasta i krzewiasta	6	0,26	0,09

4. Źródła wód podziemnych

Miejsca, w których wody podziemne stale wypływają na powierzchnię terenu, nazywamy źródłami. W województwie podlaskim występuje ich wyjątkowo dużo. W świetle unijnej Dyrektywy Wodnej są one klasyfikowane jako naturalne ekosystemy zależne od wód podziemnych, jednak w polskim prawodawstwie wciąż są pomijane. Pełna inwentaryzacja źródeł na obszarze województwa podlaskiego nie została dotąd przeprowadzona, podobnie jak nie istnieje pełne pokrycie regionu zdjęciem hydrograficznym w ramach Mapy Hydrograficznej Polski w skali 1:50 000. Najlepiej rozpoznany w tym względzie obszarem jest Park Krajobrazowy Puszczy Knyszyńskiej oraz teren Białegostoku (Łoszewski 1984; Górniak, Jekatierynczyk-Rudczyk 1997, 1999; Jekatierynczyk-Rudczyk i in. 2021, 2022). Wstępną mapę ich rozmieszczenia prezentuje zał. M6. Źródła występują we wszystkich regionach fizjograficznych północno-wschodniej Polski, najczęściej w skupiskach, i wszystkie są zasilane wodami porowymi, a nie szczelinowymi, jak ma to miejsce np. w regionach krasowych. Położone są w różnych częściach stoku, ale najczęściej w obrębie terasów i dnach dolin rzecznych. Naturalne wpływy wód podziemnych występują także w korytach rzek (np. Błędzianka) oraz litoralu jezior (np. Jezioro Rospuda Filipowska). W rejonie Jeziora Jaczno koło Smolnik liczne źródła związane są z występującym tam osuwiskiem. Natomiast dwa niewielkie, mało wydajne źródła Suwalszczyzny w okolicach Sikorowizny

(gmina Rutka Tartak), o charakterze ascezyjnym, wiąże się z obecnością spiętrzonych osadów polodowcowych. Na Suwalszczyźnie wiele źródeł występuje w lokalnych, liniowych strefach intensywnego uwodnienia osadów gliniastych, które są efektem zjawisk neotektonicznych związanych z polodowcowymi, plejstoceniowymi osadami (Ber 2000). Jedną z takich stref dość wydajnych źródeł znajduje się m.in. na zachodnim skrzydle doliny dolnej Szeszupy – od Potopów do miejscowości Postawe – i jest ona dawno udokumentowana na mapach hydrogeologicznych (Nowakowski 1976, 1977).

Większość rozpoznanych źródeł województwa podlaskiego – wbrew wcześniejszym doniesieniom – to źródła stałe, które w różnym stopniu reagują na zasilanie atmosferyczne, zależnie od lokalizacji. Wieloletnia zmienność ich wydajności nie przekracza 30% (Jekatierynczyk-Rudczyk i in. 2020), co jest wartością większą od obserwowanej na Wyżynie Lubelskiej, Krakowsko-Częstochowskiej czy w okolicach Łodzi (Jokiel, Michałczyk 2019). Choć przeważają źródła o niewielkiej wydajności – zwykle do 2 dm³/s (Jekatierynczyk-Rudczyk i in. 2022) – zdarzają się też pojedyncze, bardziej zasobne wypływy, przekraczające 5 dm³/s. Największe z nich znajdują się w Pieszczykach (obecnie staw), Krzemianach (rezerwat) i Postawach.

Źródła Suwalszczyzny, w porównaniu z tymi występującymi na Wysoczyźnie Białostockiej, cechuje niewielki obszar silnego uwodnienia gruntu wokół wypływu, następnie odwadniany wąskim strumykiem wody (Jekatierynczyk-Rudczyk 1999, 2010). Podlaskie źródła, często w formie źródlisk, mają rozległą, silnie uwodnioną strefę wypływu, z której formuje się szeroki, ale płytki i wolno płynący strumień wody. Niejednokrotnie na źródliskach Podlasia powstawały limnokreny, a współcześnie wszelkie oznaki zwiększonego zasilania podziemnego wykorzystywane są jako podstawowe źródło wody dla małych, kopanych stawów w posesjach prywatnych. Rozmieszczenie większych źródeł wodnych między Biebrzą a Bugiem wskazuje na ich silne powiązania zarówno z prehistorycznym, jak i współczesnym osadnictwem, wskazując na ich dominującą antropogeniczną genezę – podobnie jak stwierdzono to np. na Pojezierzu Pomorskim (Górniak, Pietryczuk 2015). Wiele z wydajniejszych źródeł zostało uznanych przez okoliczną ludność za święte (Jekatierynczyk-Rudczyk 2022). Część z nich, w wyniku obniżania się poziomu wód gruntowych, przekształca się w studnie, podobnie jak w innych częściach Polski, gdzie dawne źródła funkcjonują obecnie jako „święte

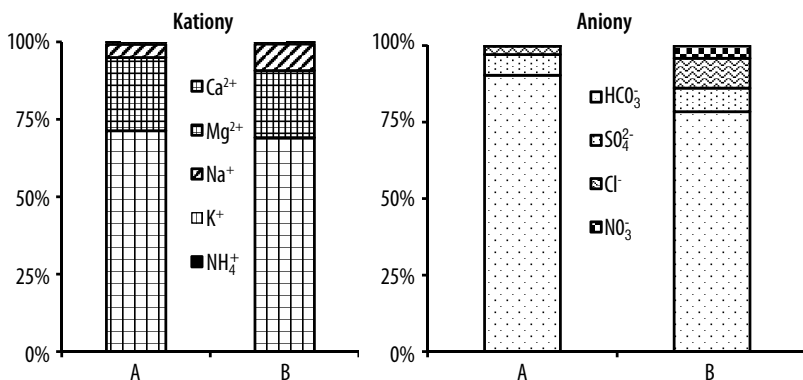
studzienki". W warunkach naturalnej ewolucji krajobrazu nizinnego, bez aktywnego udziału człowieka, mniejsze źródła czwartorzędowe najprawdopodobniej nie byłyby w stanie utrzymać się w sposób trwały.

Intensywne wykorzystanie źródeł na terenie województwa podlaskiego jako źródeł wody pitnej lub przeznaczonej dla gospodarstw indywidualnych świadczy o ich zadawalającej jakości. Skład chemiczny wód czwartorzędowych źródeł jest typowy dla pierwszego poziomu wód podziemnych i przyjmuje najczęściej charakter dwu- lub trzyjonowych (rys. 19). Występują jednak istotne statystyczne różnice w średnich stężeniach wielu parametrów między regionem suwalskim i podlaskim (tab. 4.1). Wody źródłane regionu suwalskiego charakteryzują się większą barwą oraz wyższą zawartością jonów potasu i amonowych. Z kolei źródła regionu podlaskiego są wyraźnie bardziej wzbogacone w jony sodu, siarczankowe, chlorkowe oraz rozpuszczone formy żelaza, co może świadczyć o większym stopniu antropogenizacji hydrosfery. Większe zróżnicowanie chemiczne między regionami obserwuje się w zakresie składu anionowego wód niż w strukturze kationowej (rys. 4.1). Jeszcze większe zróżnicowanie regionalne wód źródłanych dotyczy zawartości azotu i jego form, co wynika zarówno ze skali przekształceń antropogenicznych, jak i z odmiennych właściwości hydrologicznych zlewni podziemnych. Na pojezierzach źródła drenują przypowierzchniowy poziom wód gruntowych w strefach silnie uwilgotnionych, występujących w zlewniach gliniasto-piaszczystych wypełnionych „młodymi” osadami organicznymi. Rozkład zawartej w nich materii organicznej prowadzi do uwalniania jonów amonowych i innych form azotu organicznego (tab. 4.2). O niewielkim stopniu przekształcenia tej materii w drenowanych zlewniach Suwalszczyzny świadczy niska wartość parametru SUVA i zdecydowanie wysoki stosunek węgla do azotu (C/N). W regionie podlaskim natomiast dominującą formą azotu w wodach źródeł są azotany. Jego formy organiczne powstają głównie w wyniku rozkładu materii organicznej zawartej w glebach mineralnych, gdzie warunki fizykochemiczne i mikrobiologiczne są zdecydowanie odmienne niż w aktywnych mokradłach (Bednarek i in. 2004).

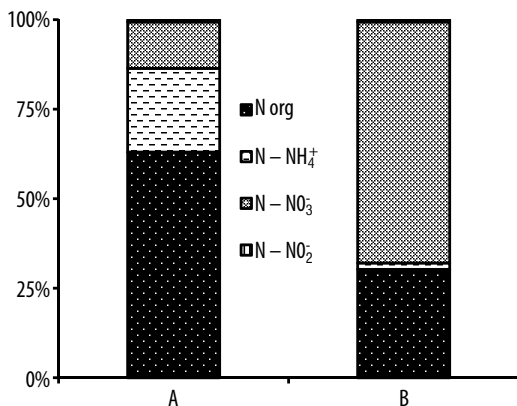
Tabela 4.1. Charakterystyka wybranych wód źródlanych województwa podlaskiego pobranych w sierpniu 2022 r. (Górniki, Więcko – dane niepublikowane)

Parametr	Jednostka	Źródła				Statystyczna istotność różnicy (p < 0,02)
		Suwalskie		Podlasie		
		średnia	SD	średnia	SD	
n		11		6		
temp. wody	[°C]	8,7	0,6	11,0	1,2	*
barwa	[mgPt dm ⁻³]	23,5	23,1	13,1	4,8	*
EC	[uS cm ⁻¹]	544	50	537	209	
pH		7,9	0,3	7,6	0,3	
tlen	[mgO ₂ /dm ⁻³]	6,01	3,68	4,66	3,50	
SWT	%	51,5	34,2	46,2	32,0	
Ca ²⁺	[mg dm ⁻³]	93,3	5,8	80,2	18,4	
Mg ²⁺		18,8	3,0	15,2	5,4	
Na ⁺		6,3	2,8	11,4	8,4	*
K ⁺		1,95	0,27	1,49	0,35	*
NH ₄ ⁺		0,10	0,08	0,06	0,05	*
SiO ₄ ²⁻		3,84	0,86	3,68	1,78	
DRFe		0,05	0,04	0,42	0,26	*
HCO ₃		203,8	20,9	224,0	48,7	
SO ₄ ²⁻		12,0	9,0	17,4	15,5	*
Cl ⁻		3,6	1,9	16,2	26,0	*
NO ₃		0,31	0,4	11,95	20,4	
F ⁻	[mg dm ⁻³]	0,29	0,05	0,25	0,17	
Li ⁺		0,005	0,00	0,002	0,00	
TN	[mg N dm ⁻³]	0,53	0,17	4,01	6,43	*
N org		0,34		1,21		*
N-NH ₄ ⁺		0,12	0,10	0,07	0,07	*
N-NO ₃		0,07	0,08	2,70	4,60	*
N-NO ₂		0,003	0,005	0,024	0,050	
PO ₄ ³⁻	[mg P dm ⁻³]	0,002	0,003	0,054	0,079	*
TP		0,151	0,05	0,141	0,03	

Parametr	Jednostka	Źródła				Statystyczna istotność różnicy (p < 0,02)
		Suwalskie		Podlasie		
		średnia	SD	średnia	SD	
TIC	[mg C dm ⁻³]	80,14	8,20	79,42	9,52	
TOC		2,09	0,38	2,10	0,35	
SUVA		1,37	0,59	2,11	1,14	*
C/N		6,20		1,73		*



Rys. 4.1. Struktura kationów i anionów analizowanych wód źródlanych województwa podlaskiego; A – region suwalski, B – Podlasie



Rys. 4.2. Struktura związków azotu w wodach źródlanych województwa podlaskiego; A – region suwalski, B – Podlasie

Stała obecność chłodnych wód oraz często znaczna rozległość silnie uwilgotnionej gleby tworzą dogodne warunki dla bytowania wielu gatunków roślin, mikroorganizmów i zwierząt. Źródła stanowią specyficzny układ ekotonu, gdzie występują organizmy charakterystyczne dla wód podziemnych (stygobionty), wąsko wyspecjalizowane krenofile oraz szeroka gama gatunków wilgociolubnych (Cantonati i in. 2012).

Tabela 4.2. Porównanie wybranych parametrów wód źródłanych województwa podlaskiego i Wyżyny Lubelskiej oraz Roztocza (sierpień 2022)

Parametry	Jednostki	Regiony Polski			
		Roztocze	Wyżyna Lubelska	Podlasie	Suwalskie
n		11	11	6	11
temp.	[°C]	9,9	10,2	11,0	8,7
EC	[uS cm ⁻¹]	441	582	537	544
pH		7,34	7,89	7,62	7,9
tlen	[mgO ₂ dm ⁻³]	6,34	8,19	4,66	6,0
SWT	[%]	65,3	81,1	46,22	51,5
Si-SiO ₂	[mg dm ⁻³]	5,62	4,34	3,68	3,84
DRFe		0,048	0,011	0,42	0,04
Ca ²⁺		84,3	119,4	80,20	93,3
Mg ²⁺		6,2	13,7	15,24	18,8
Na ⁺		4,4	4,4	11,37	6,3
K ⁺		2,2	1,2	1,49	1,9
NH ₄ ⁺		0,004	0,001	0,06	0,10
SO ₄ ²⁻		25,5	37,8	17,4	12,0
Cl ⁻		10,1	26,8	16,2	3,6
NO ₃		0,4	0,1	11,9	0,3
HCO ₃		199,0	214,3	224,0	203,8

Zespół prof. E. Jekatierynczyk-Rudczyk z Katedry Ekologii Wód, jako jedyny z nielicznych w Polsce grup badawczych, znacząco powiększył wiedzę na temat krenobiontów. Dzięki ich badaniom wiemy, że w źródłach Podlasia występuje ponad 40 gatunków roślin naczyniowych (Puczeko i in. 2018). W źródłach osuwiska nad Jeziorem Jaczno dogodne warunki znalazł m.in. skrzyp wysoki (*Equis-*

tum telmateia Ehrh) – rzadki gatunek, preferujący alkaliczne siedlisko zasobne w pierwiastki alkaliczne, a więc odmienne od preferowanych przez większość skrzypów (Pirożnikow, Siwak 2002).

Flora mszaków i wątrobowców stref źródliskowych jest niemal tak samo liczna jak roślin naczyniowych. Puczek i in. (2018) wykazali obecność 45 gatunków bryofitów, spośród których kilka wykazuje cechy bioindykatorów, sygnalizujących oznaki degradacji jakości wód podziemnych zasilających źródła, szczególnie na terenach zurbanizowanych.

Złożony, wielowektorowy układ ekosystemów źródliskowych znacząco zwiększa bioróżnorodność siedlisk lądowych, czego dowodzą wyniki badań fykologicznych, dokumentujące występowanie rzadkich taksonów glonów. Przykładem może być gatunek *Diploneis alpina* (Meister 1912), stwierdzony po raz pierwszy w Polsce w źródle zlokalizowanym w dolinie Jałówki (Grabowska i in. 2017).

Źródła Puszczy Knyszyńskiej tworzą wyjątkowo cenne siedliska przyrodnicze dla ponad 100 gatunków wrotków (*Rotifera*), często rzadkich, których struktura zespołów zależy od typu źródła i dominującego rodzaju podłoża (Jekatierynczyk-Rudczyk, Ejsmont-Karabin 2023).

W wodach tych źródeł odnotowano obecność ponad 20 gatunków skorupiaków, szczególnie zaś interesujące było stwierdzenie po raz pierwszy w Polsce dwóch gatunków widłonogów (*Copepoda*): *Elaphoidella elaphoides* (Chappuis 1923) oraz *Bryocamptus* (*Rheocamptus*) *spinulosus* (Borutsky 1934) (Karpowicz, Jekatierynczyk-Rudczyk 2017).

Z przyrodniczego punktu widzenia nizinne źródła (źródłiska) województwa podlaskiego stanowią wyjątkowe *hot spots* bioróżnorodności – zarówno na obszarach leśnych, wiejskich, jak i zurbanizowanych – i powinny zostać objęte szczególną ochroną prawną. Tymczasem jedno źródło (okolice Nowogrodu) posiada status pomnika przyrody, a kilka znajduje się w granicach rezerwatów Puszczy Knyszyńskiej. Większość jednak nie ma formalnej ochrony i wymaga pilnych działań zabezpieczających. Obserwuje się tam obecność odpadów komunalnych oraz przekształcanie źródlisk i stałych młak w sztuczne stawy, co prowadzi do wyraźnego spadku lokalnej bioróżnorodności.



Rozdział III

Hydrografia i rzeki województwa

5. Hydrografia województwa

5.1. Hydrografia województwa w ujęciu statystycznym

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego, wody powierzchniowe stanowią 1,4% powierzchni województwa podlaskiego (tab. 5.1.1), przy czym ich rozmieszczenie jest nierównomierne. Biorąc pod uwagę granice jednostek terytorialnych, największy odsetek wód powierzchniowych (ponad 3%) występuje w powiatach suwalskim, sejneńskim i augustowskim (tab. 5.1.2). Dodając do tego powiat białostocki, okazuje się, że aż 70% wszystkich wód powierzchniowych województwa znajduje się na obszarze stanowiącym zaledwie 34% jego całkowitej powierzchni. Według państwowych statystyk (zgodnie z Prawem Wodnym z 2017 r.) w województwie podlaskim zdecydowaną przewagę mają wody płynące – stanowią one 94% powierzchni wszystkich wód, podczas gdy wody stojące zaledwie 6% (Ewidencja Gruntów i Budynków, 2024). Właśność wód powierzchniowych również nie jest równomierna: prawie 80% ich powierzchni należy do Skarbu Państwa, choć w przypadku wód stojących udział ten jest mniejszy – mniej niż połowa faktycznie pozostaje w zasobach państwowych. Na terenach wiejskich, znaczna powierzchnia wód znajduje się w wieczystym użytkowaniu osób prywatnych, samorządów terytorialnych, a także instytucji kościelnych i związków wyznaniowych.

Tabela 5.1.1. Struktura użytkowania województwa podlaskiego (stan z 1.1.2024) GUS

Użytkowanie	[km²]	[%]
powierzchnia ogólna	20187	100,0
użytki rolne	12130	60,1
grunty leśne, zadrzewione i zakrzewione	6437	31,9
grunty pod wodami powierzchniowymi	289	1,4
grunty zabudowane i zurbanizowane	813	4,0
nieużytki	499	2,5

W 2024 r. grunty zajęte pod stawy w województwie podlaskim zajmowały powierzchnię 23,5 km², warto jednak zaznaczyć, że ich wielkość zmienia się w zależności od warunków hydrologicznych w danym roku. Dla porównania, w 2022 r. całkowita powierzchnia tych gruntów była niemal o 1/3 mniejsza,

co najprawdopodobniej wynikało ze zmniejszonego zasilania atmosferycznego. Blisko 1/3 powierzchni stawów (sypanych i kopanych) województwa podlaskiego znajduje się w powiecie białostockim, zaś ponad 200 ha stawów odnotowuje się w powiatach grajewskim, monieckim i zambrowskim. Ich funkcjonowaniu od kilku wieków sprzyjają naturalne uwarunkowania regionu, zwłaszcza płaskie, szerokie doliny rzek – dopływów środkowej Narwi, takich jak Nereśl, Gać, Liza, Awissa, Jaskranka i Ślina.

Tabela 5.1.2. Wody powierzchniowe [ha] w strukturze użytkowania województwa podlaskiego w 2022 r.; według danych GUS

Powiat	Powierzchnia geodezyjna	Grunty pod wodami			% po- wierzchni	Grunty pod stawami
		płynące	stojące	razem		
augustowski	165937	5771	37	5808	3,5%	14
białostocki	297656	3875	222	4097	1,4%	840
bielski	138506	426	3	429	0,3%	113
grajewski	96749	1675	49	1724	1,8%	223
hajnowski	162353	1127	15	1142	0,7%	112
kolneński	94012	341	33	374	0,4%	39
łomżyński	135456	1204	57	1261	0,9%	100
moniecki	138180	796	483	1279	0,9%	316
sejneński	85516	3499	243	3742	4,4%	34
siemiatycki	145949	1074	6	1080	0,7%	144
sokółski	205442	451	37	488	0,2%	104
suwalski	130697	6316	500	6816	5,2%	47
wysokomazowiecki	128891	432	70	502	0,4%	13
zambrowski	73310	137	22	159	0,2%	239
M. Białystok	10213	40	45	85	0,8%	6
M. Łomża	3267	33	0	33	1,0%	1
M. Suwałki	6551	16	61	77	1,2%	10
województwo	2018685	27213	1883	29096	1,4%	2355

5.2. Hydrografia województwa w ujęciu przyrodniczym

Prezentowane powyżej dane hydrograficzne nie obrazują w pełni specyficzne cechy wód w krajobrazie północno-wschodniej Polski. Co więcej, dostępna dokumentacja dotycząca różnorodnych form wód nadal pozostaje niekompletna i wymaga dalszego uzupełnienia. Dlatego też, specjalnie na potrzeby niniejszego opracowania, podjęto własne działania dokumentacyjne i metodyczne, mające na celu pełniejsze zaprezentowanie aktualnego systemu hydrograficznego województwa podlaskiego, wykorzystując istniejącą Mapę Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10000, dane tabelaryczne udostępnione przez Państwowe Gospodarstwo Wodne „Wody Polskie”, dane zebrane od użytkowników wód, a także własne pomiary wykonane na podstawie map i zdjęć lotniczych. W tabeli 5.2.1 zestawiono *de novo* rodzaje wód powierzchniowych w analizowanym regionie oraz ich powierzchnie. Wielkość średniej powierzchni wód rzecznych oszacowano zgodnie z metodą Downinga i in. (2012), stosując klasyfikację rzędowości rzek według Strahlera. Powierzchnię wód jezior, rzek, zbiorników wyliczono w oparciu o własną bazę danych.

Zebrane dane wskazują, że powierzchnia wód powierzchniowych województwa przekracza 370 km², co stanowi blisko 1,9% powierzchni (tab. 5.2.1). Wartości te są o blisko 30% większe niż dane oficjalne publikowane przez GUS. Istotne różnice dotyczą również wzajemnych proporcji poszczególnych typów wód. Wbrew powszechnemu przekonaniu, zgodnie z którym dominującą formą wód powierzchniowych są rzeki, analizy wykazują, że aż 90% ich powierzchni stanowią wody jezior, zbiorników i stawów, zaliczane do kategorii wód stojących.

Tabela 5.2.1. Charakterystyka wód powierzchniowych województwa podlaskiego (oryg.)

Typ wód	km ²	Udział %	
		wody powierzchniowe	województwo
rzeki	32,1	8,6%	0,16%
Kanał Augustowski ¹	0,3	0,1%	0,001%
rowy melioracyjne	7,1	1,9%	0,04%
jeziora	185,7	49,6%	0,92%
zbiorniki ²	126,7	33,6%	0,62%
stawy	23,5	6,3%	0,12%
województwo	374,4	100%	1,9%

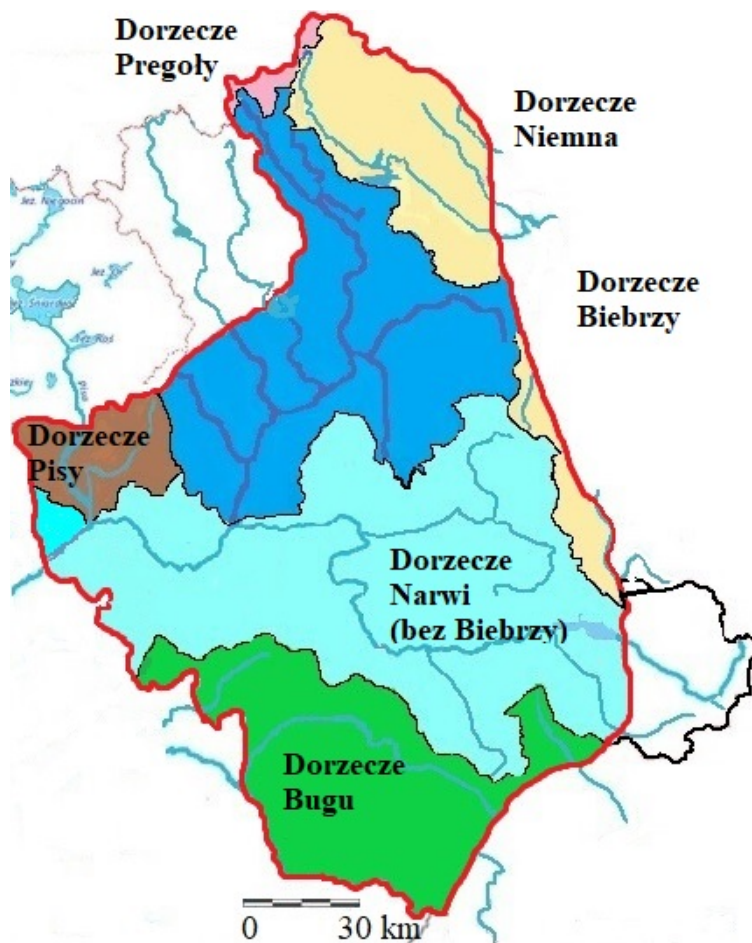
Tabela 5.2.2. Struktura wód powierzchniowych województwa podlaskiego w ujęciu zlewniowym; uwzględniono zbiorniki retencyjne, leśne i drogowe o uszczelnionym dnie

Typ wód	Dorzecze				Razem
	Narwi	Bugu	Pregoły	Niemna	
liczebność					
rzeki	205	53	5	54	317
dopływy bez nazwy	327	128	4	57	516
kanałowe odcinki	19			1	20
jeziora	49		21	239	309
zbiorniki wodne	282	37		95	414
długość [km]					
rzeki	3329	866	34	711	4940
kanały	178			16	194
dopływy bez nazwy	1804	639	13	247	2704
siec melioracyjna	8824	4219	19	1206	14269
powierzchnia [km²]					
jeziora	83,5	0	7,2	95,0	185,7
zbiorniki wodne	41,8	47,5	0	12,3	126,5

Pod względem hydrograficznym województwo podlaskie znajduje się niemal w całości w zlewisku Morza Bałtyckiego. Jedynie 13,4% jego powierzchni leży poza dorzeczem Wisły (w zlewniach rzek Pregoły i Niemna). Powierzchnia należąca do dorzecza Bugu jest 3,5-krotnie mniejsza od zlewni Narwi (liczonej bez Bugu).

W skład wód powierzchniowych omawianego województwa wchodzi 317 rzek posiadających własne nazwy. Ich nazewnictwo sugeruje stały charakter przepływu oraz zakorzenienie w lokalnej tradycji i tożsamości geograficznej. W strukturze wód płynących wyróżnia się również 516 rzek bezimiennych, które na Mapie Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000 oznaczane są jako „dopływ z” określonej miejscowości. Są to nazwy katalogowe, nadane na potrzeby kartograficzne. Rzeki te to zazwyczaj kilkukilometrowe, prostoliniowe odcinki rzek okresowo płynących, przeważnie ze sztucznie udrożnionym odpływem, powstałe w wyniku prac regulacyjnych i melioracyjnych prowadzonych na terenie

województwa. Część z nich przebiega po peryferiach rozległych dolin największych rzek regionu: Narwi, Biebrzy, Nurca i Supraśli, zgodnie z naturalnym kierunkiem odpływu rzecznego. Często korzystają one ze wzmocnionego zasilania podziemnego, płynącego z przyległych wysoczyzn. Niejednokrotnie są naturalnym lub sztucznym połączeniem starorzeczy, które pozostają stale wypełnione wodą.



Rys. 5.2.1. Podział hydrograficzny województwa podlaskiego

Wody powierzchniowe województwa podlaskiego zostały wzbogacone o kanał transportowy – Kanał Augustowski – i 18 kanałów melioracyjnych o łącznej długości 194 km. Natomiast sieć melioracyjna, odnotowana w ewidencji Państwowego Gospodarstwa Wodnego „Wody Polskie”, ma długość prawie 14 300 km, co oznacza, że jest niemal trzykrotnie dłuższa niż naturalna sieć odpływu rzecznego.

W granicach województwa znajduje się 309 jezior oraz 414 sztucznych zbiorników wodnych, których powierzchnia jest bardzo zróżnicowana od kilkuset m² do kilkudziesięciu km². Wskazana liczba naturalnych jezior jest wyższa od wartości podawanych m.in. przez „National Geographic Polska” z 2021 r.

5.3. Sieć rzeczna województwa

Współczesny układ sieci rzecznej województwa podlaskiego odzwierciedla w głównych zarysach efekty dwóch zlodowaceń czwartorzędowych oraz poligenetyczny system drenażu wód. Po ustąpieniu czasy lądolodu w dolinach rzecznych rozpoczął się proces biogenicznej akumulacji osadów limnicznych i torfów. Począwszy od XIV do XV w. nasilające się wylesianie oraz rozwój osadnictwa zaczęły wpływać na procesy fluwialne w dolinach, prowadząc do stopniowej modyfikacji sieci rzecznej. Od XVII w. odnotowuje się zmiany w przebiegu koryt rzek Puszczy Białowieskiej, a w XIX w. modyfikację sieci w Kotlinie Biebrzańskiej. Największe zmiany przyniosły jednak szeroko zakrojone prace melioracyjne realizowane w drugiej połowie XX w., które znacząco wpłynęły na strukturę wód płynących. Obraz wód płynących, widoczny na współczesnych mapach, jest zatem wypadkową zarówno procesów naturalnych, jak i wielowiekowej działalności człowieka. Interpretacja tego układu nie jest łatwa, dlatego w niniejszym opracowaniu przyjęto podział wód płynących według kryterium istnienia lub braku nazwy własnej rzeki.

W województwie podlaskim zidentyfikowano 317 rzek o łącznej długości 5281 km, ponadto ponad 517 rzek okresowych, czyli cieków pozbawionych własnej nazwy, których łączna długość jest niemal dwukrotnie mniejsza (tab. 5.3.1). Uwzględniając również sztuczne kanały, średnia gęstość wszystkich wód płynących w regionie wynosi 0,41 km·km⁻². Wartość ta mieści się w szerokim zakresie (0,2-1,1 km·km⁻²) podanym przez Fac-Benedę (2017) dla nizinnej części Polski i wskazuje na zwiększoną przepuszczalność wodną skał w zlewni. Północna, pojezierna część województwa cechuje się większą gęstością sieci rzecznej

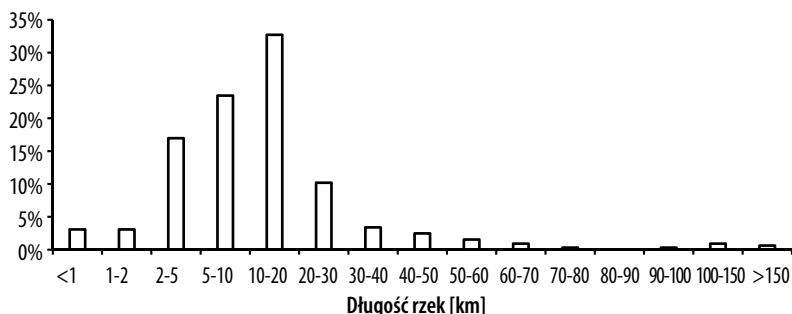
(0,51 km·km⁻²) niż część wysoczyznowa. Lokalnie w dolinach Narwi i Biebrzy, przy występowaniu rzek wielokorytowych, gęstość koryt przekracza 2 km·km⁻².

Tabela 5.3.1. Sieć rzeczna województwa podlaskiego według Mapy Hydrograficznej Polski i systemu informatycznego PP Wody Polskie

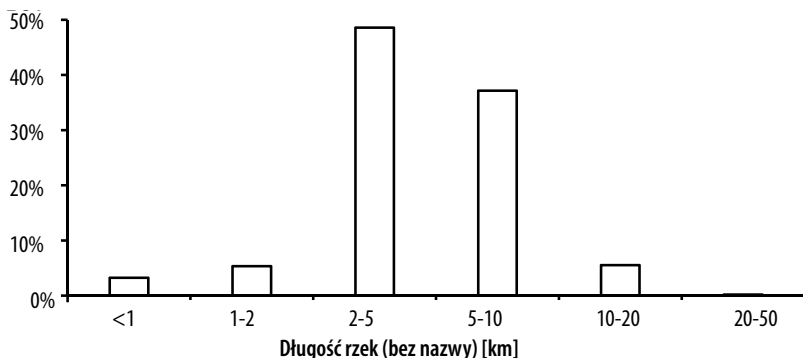
Rodzaj wód płynących	Liczba rzek i cieków	Całkowita długość [km]	Województwo podlaskie [km]
rzeki z nazwą własną	317	7536	4940
sztuczne kanały	19	225	194
rzeki bez nazwy własnej	516	2803	2704
razem	852	10564	7838

Uwzględniając aktualny podział administracyjny, największą liczbę rzek posiadających własne nazwy odnotowuje się na terenie gmin: Gródek (16 rzek), Białowieża (12 rzek) oraz Michałowo (11 rzek). Dla porównania w gminach Czyże, Grodzisk i Perlejewo występuje tylko jedna nazwana rzeka.

Najdłuższą rzeką województwa podlaskiego jest Narew, której przebieg w granicach regionu liczy 292,5 km; kolejne cztery rzeki – Biebrza, Czarna Hańcza, Netta i Supraśl – przekraczają długość 100 km. Większość rzek posiadających własne nazwy ma długość od 10 do 20 km (rys. 5.3.1), zaś najliczniejszą grupę bez nazwy stanowią małe, najczęściej okresowe strumienie o długości od 2 do 5 km (rys. 5.3.2). Spis największych rzek, wraz z charakterystyką cech ich dorzeczy, znajduje się w załączniku IZ, natomiast pełny spis rzek województwa wraz z ich lokalizacją zamieszczono w załączniku IIz.

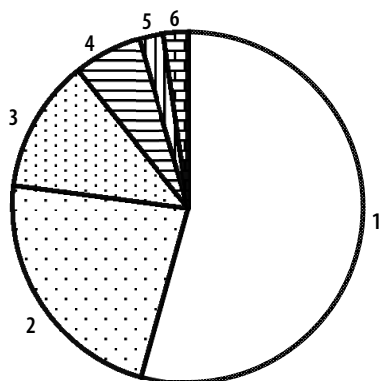


Rys. 5.3.1. Histogram długości stałych rzek województwa podlaskiego (dotyczy rzek z nazwą własną); według danych PG Wody Polskie

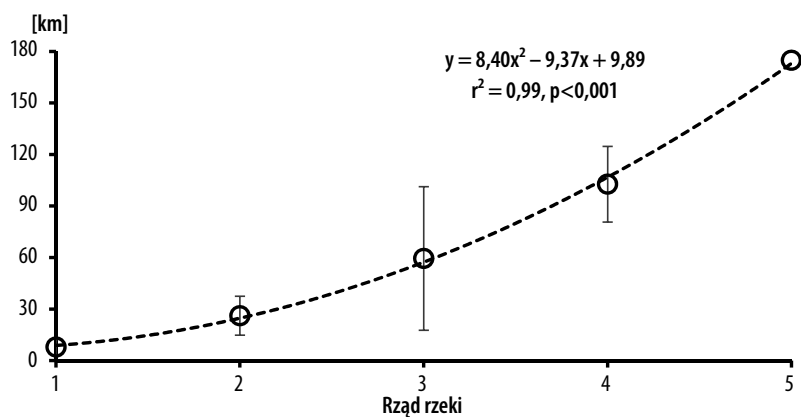


Rys. 5.3.2. Histogram długości rzek okresowych województwa podlaskiego (dotyczy rzek bez własnej nazwy); według danych PG Wody Polskie

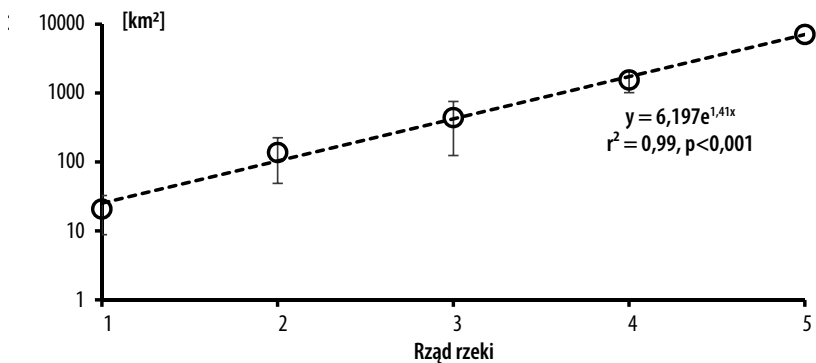
Rzeki województwa podlaskiego, zgodnie ze schematem Hortona-Strahlera, należą do rzędu od I do VI (Narew), co plasuje je w dolnej części hierarchicznego układu hydrograficznego lądów w (zał. M7, tab. 5.3.2). Sieć rzeczna regionu i jej organizacja – do V rzędu włącznie – pozostaje w pełni zgodna z prawidłowościami opisanymi w ramach teorii Hortona, co znajduje potwierdzenie także w innych częściach Polski (Bajkiewicz-Grabowska 2009; Fac-Beneda 2017). Potwierdzają to wysokie istotności statystyczne zależności dotyczące relacji między rzędowością rzek a ich długością oraz powierzchnią dorzeczy. Rzeki VI rzędu, których powierzchnie zlewni znacznie przekraczają wielkość omawianego województwa, mają charakter rzek tranzytowych. Wraz ze wzrostem rzędowości maleje liczba rzek (rys. 5.3.3), rośnie natomiast długość i powierzchnia ich dorzeczy (rys. 5.3.4; 5.3.5; 5.3.6). Analizując zmieniającą się rzędowość głównych rzek (rzędy II-IV) zauważa się, że dolny odcinek rzek o najwyższej rzędowości stanowi zawsze najdłuższą część ich biegu – przekracza on 40% całkowitej długości. Stwierdzono także istotną statystycznie zależność między długością rzeki głównej a długością jej dopływów (rys. 5.3.7).



Rys. 5.3.3. Struktura długości sieci rzecznej województwa podlaskiego według ich rzędowości; cyfry oznaczają rzędowość rzek



Rys. 5.3.4. Zależność między rzędowością a średnią długością ($\pm$ odch. stand.) rzek województwa podlaskiego



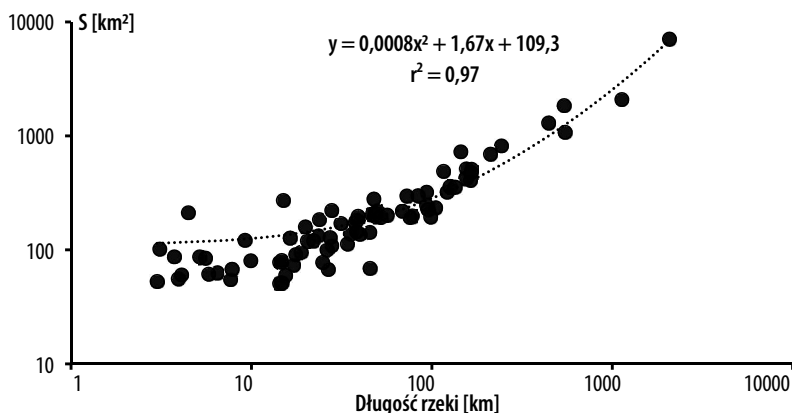
Rys. 5.3.5. Zmienność średniej powierzchni dorzeczy ($\pm$ odch. stand.) w zależności od ich rzędowości

Tabela 5.3.2. Udział procentowy długości sieci rzecznej według rzędowości w największych dorzeczach województwa podlaskiego; ¹ – dotyczy zlewni do ujścia Błizny, ² – dotyczy sieci rzecznej w granicach administracyjnych województwa podlaskiego

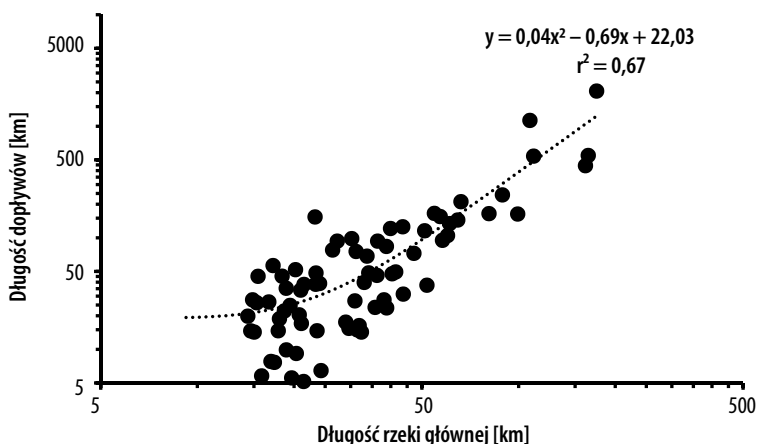
Dorzecza rzek	Rzędowość rzek					
	1	2	3	4	5	6
Narewka	65,9%	16,7%	17,4%			
Orlanka	65,9%	14,3%	19,8%			
Sokołda	55,6%	15,2%	29,2%			
Supraśl	54,7%	19,4%	16,6%	9,3%		
Nurzec	62,4%	22,3%	7,7%	7,6%		
Brzozówka	53,2%	21,1%	13,5%	12,2%		
Wissa	54,6%	21,8%	18,6%	4,9%		
Biebrza	53,5%	20,9%	12,0%	9,5%	4,1%	
Czarna Hańcza	51,7%	29,9%	6,6%	11,8%		
Szeszupa	71,0%	21,7%	7,3%			
Rospuda ¹	65,8%	4,9%	29,3%			
Marycha	53,4%	13,6%	33,0%			
Bug ²	61,7%	19,2%	9,9%	3,7%	0,0%	5,5%
Narew ²	52,1%	23,0%	12,2%	7,6%	3,4%	1,7%
Niemen ²	53,4%	25,6%	16,4%	4,6%		

Zróznicowanie długości rzek, które maleje wraz ze wzrostem ich rzędowości, wynika z poligenetycznego charakteru rzeźby terenu, jak i samej sieci rzecznej.

Dodatkowo jest ono także rezultatem prac melioracyjnych oraz modyfikacji sieci wodnej, przeprowadzonych w różnych okresach historycznych (tab. 5.3.2). Już w XVI w. na terenie Puszczy Białowieskiej funkcjonowało 17 jazów na śródleśnych rzekach puszczańskich (Samojlik, Jędrzejewska 2004). Pojawienie się nowych koryt rzecznych na terenach dawnych obszarów podmokłych doprowadziło do sztucznego podwyższenia rzędowości, szczególnie wyraźnego na wysoczyznach staroglacjalnych.



Rys. 5.3.6. Zależność między długością rzek województwa podlaskiego a powierzchnią jej zlewni; według danych PG Wody Polskie



Rys. 5.3.7. Zależność statystyczna między długością rzek województwa podlaskiego a długością ich dopływów

Zwiększone zróżnicowanie rzek o długości w przedziale 10-20 km jest wynikiem zarówno powojennego frontu działań melioracyjnych, jak i „historycznych” prac udrażniania cieków wodnych w ramach ambitnego planu Tyzenhause-na z XVII w. w dorzeczu Narwi i Niemna (Hedemann 1939).

Analiza struktury sieci rzecznej województwa wskazuje na stopniowy przyrost powierzchni zlewni odwadnianej przez pojedynczą rzekę, co ma istotne znaczenie przy interpretacji wielkości ładunków materii mineralnej i organicznej wprowadzanych do rzek w sposób ciągły. Jednocześnie pozwala to ocenić potencjalne zagrożenia dla rzek wynikające z obecności substancji pochodzenia antropogenicznego. Rzeki pojezierne cechuje mniejsza powierzchnia zlewni przypadająca na jednostkę długości niż rzeki wysoczyznowe (tab. 5.3.3). Zgodnie z teorią ciągłości rzek (Vanotte i in. 1980), rzeki powyżej III rzędu wykazują zdecydowanie większe potencjalne obciążenie zlewniowe koryta rzeczne, co potwierdzają wyniki analiz przeprowadzonych dla rzek północno-wschodniej Polski.

Tabela 5.3.3. Średnia powierzchnia zlewni ($\pm$ odchylenie standardowe) [km²] odwadniana przez 1 km rzeki, z podziałem na grupy rzek o tej samej rzędowości w województwie podlaskim

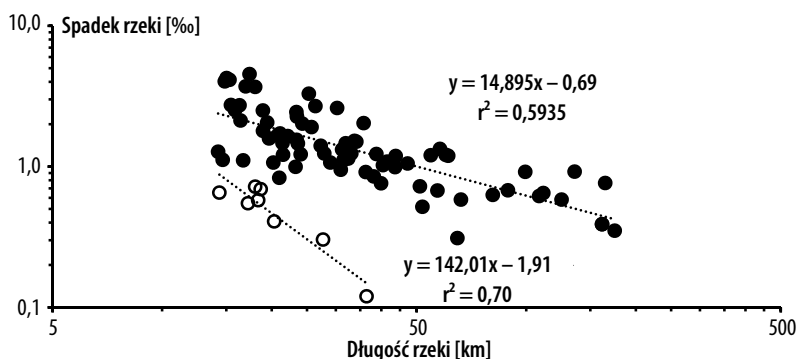
Rzędowość rzek	Powierzchnia zlewni przypadająca na 1 km rzeki			
	Rzeki województwa	Rzeki pojezierne	Dorzecze Narwi	Dorzecze Bugu
1	3,62 $\pm$ 0,83		3,70	3,33
2	5,33 $\pm$ 2,08	4,89	5,32	4,88
3	7,94 $\pm$ 3,14	5,95	8,46	8,25
4	13,4 $\pm$ 11,1	12,5	13,33	20,0
5	40,6			

Naturalne uwarunkowania środowiskowe, a także przeprowadzone prace melioracyjne, doprowadziły do przestrzennego zróżnicowania średniego spadku koryt rzecznych.

W granicach województwa podlaskiego analizowane główne rzeki posiadają spadki od 0,12‰ do blisko 5‰, z dominacją w przedziale 0,5-1,5 ‰ (tab. 5.3.4). Największy średni spadek odnotowano dla rzek: Kamienna (dopływ Biebrzy), Horodnianka (dopływ Narwi) oraz Penza. Najmniejszym spadkiem charakteryzują się rzeki Leśna Prawa, Biebrza i Narewka.

Tabela 5.3.4. Częstość występowania rzek województwa podlaskiego w wydzielonych klasach spadku ich koryta (n = 87)

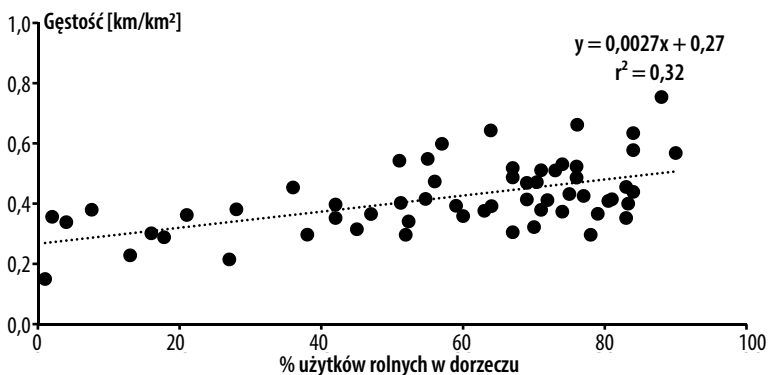
Spadek rzeki [‰]	n	% liczby rzek
<0,5	7	8,0
0,5-0,99	22	25,3
1,0-1,49	28	32,2
1,5-1,99	9	10,3
2,0-2,49	6	6,9
2,5-2,99	5	5,7
3-4	5	5,7
>4	5	5,7



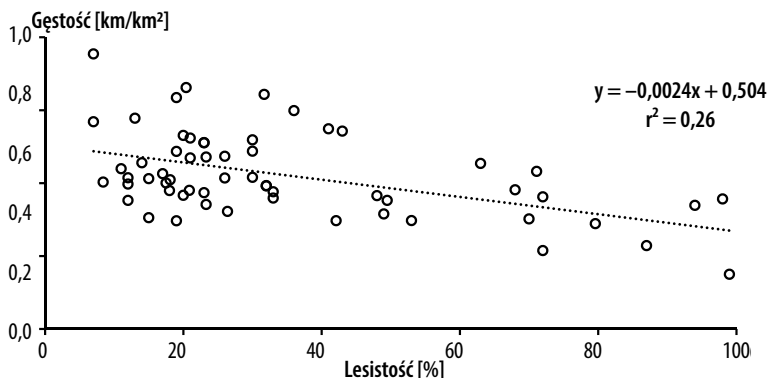
Rys. 5.3.8. Zależność między długością a średnim spadkiem największych rzek województwa podlaskiego; długość rzek według PG Wody Polskie, wartość spadku rzeki według obliczeń własnych

Zdecydowana większość rzek województwa wykazuje istotną statystycznie zależność między długością rzeki a średnim spadkiem koryta, ale blisko 10% z nich to wyjątek od tej reguły wynikający z przeprowadzonych prac regulacyjnych. Zmiany te, polegające na obniżeniu spadku rzek, wynikają ze zmniejszenia różnicy rzędnych źródeł i ujścia, które najczęściej powstają na skutek sztucznego obniżenia ich rzędnych. Przy zmniejszającym się zasilaniu atmosferycznym oraz w warunkach przyspieszonego drenażu spowodowanego ingerencją hydrotechniczną, spadek wielu rzek uległ dalszemu zmniejszeniu. Do rzek o sztucznie obniżonym spadku zaliczyć należy: Narewkę, Hwoźnię, Lutownię, Leśną Prawą

oraz Pulwę położone na terenie Puszczy Białowieskiej. W tej grupie znajdują się też rzeki pojezierne: Blizna i Gremzdówka oraz Awissa i Lebedzianka, których koryta zostały przekształcone podczas powojennych melioracji torfowisk. W konsekwencji tych działań, na użytkach rolnych województwa sztucznie zwiększyła się gęstość sieci rzecznej (rys. 5.3.9). Obszary leśne były w mniejszym stopniu narażone na modyfikacje sieci rzecznej, dlatego charakteryzują się niższą jej gęstością (rys. 5.3.10). Ponadto, większe kompleksy leśne regionu zlokalizowane są głównie na rozległych sandrach (m.in. kurpiowskim i augustowskim) oraz na mało urodzajnych glebach piaszczystych, nieprzydatnych rolniczo. W efekcie, sieć rzeczna tych obszarów jest bardzo słabo rozwinięta.



Rys. 5.3.9. Zależność udziału użytków rolnych od aktualnej gęstości sieci rzecznej w analizowanych dorzeczach województwa podlaskiego



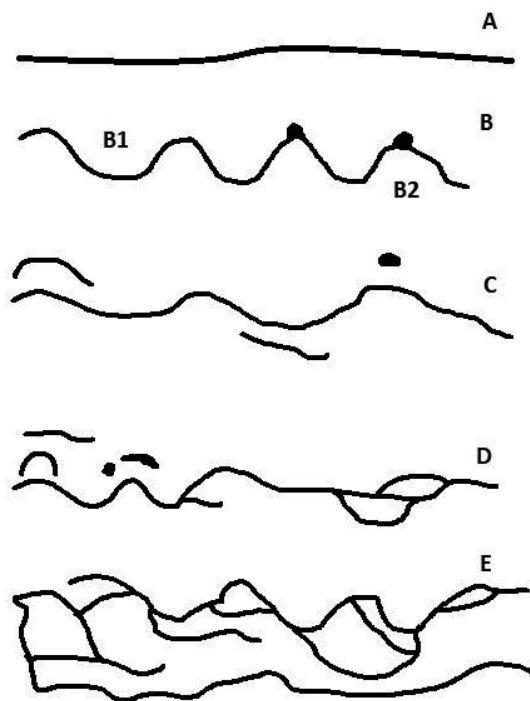
Rys. 5.3.10. Zależność między lesistością dorzeczy województwa podlaskiego a gęstością sieci rzecznej

5.4. Morfologia koryt i typy abiotyczne rzek

Sieć rzeczna województwa podlaskiego obejmuje trzy generacje koryt rzecznych, powiązane z dwoma głównymi etapami rozwoju rzeźby plejstocenijskiej oraz form fluwialnych cyklu holocenijskiego. Koryta rzek występujących na tym obszarze przebiegają zróżnicowany charakter (rys. 5.4.1). Koryta prostoliniowe to sztucznie uformowane cieki jednokorytowe, powstałe po zabiegach regulacyjnych, głównie podczas prowadzonych melioracji (A), typowe dla rzek I rzędu oraz rzek rzędów IV-V. Pozostałe typy koryt rzecznych (oznaczonych jako B-E) mają charakter naturalny – zarówno jedno-, jak i wielokorytowe – z różnym stopniem krętości (tab. 5.4.1) oraz zróżnicowanymi elementami morfologicznymi w obrębie koryta i doliny rzecznej. Interesujące i rzadko omawiane w geomorfologii fluwialnej są koryta typu (B2), w których występuje 2-3-krotnie poszerzone, owalne zagłębienie (tzw. kociołek) zlokalizowane na przegięciu łuku meandra. Należy przypuszczać, że obecność takiej formy wiąże się z lokalnym, silnym uwodnieniem osadów organicznych wodami gruntowymi pochodzącymi z zasilania zlewniowego. W warunkach zwiększonych przepływów wezbraniowych strefa ta ulega rozmyciu i erozji bocznej, tworząc w korycie „kociołek” o silnie zawirowanym przepływie wody.

Mimo podobnej, polodowcowej genezy, rzeki w krajobrazie młodoglacjalnych pojezierzy wykazują pewne odmienności w stosunku do sieci rzecznej charakterystycznej dla wysoczyzn staroglacjalnych. W dolinach rzecznych pojezierzy, zazwyczaj wąskich, koryta rzek wypełnione są osadami piaszczystymi lub żwirowo-piaszczystymi. Terasy zalewowe na obszarach pojezierzy są słabo wykształcone. Wynika to z mało zmiennego przepływu rzek, stabilizowanego przez obecność jezior, a także ze stosunkowo większych spadków rzek w porównaniu z obszarami wysoczyzn staroglacjalnych. Prędkość przepływu wód w rzekach pojezierzy wynosi od 0,1 do 0,4 m s⁻¹, w przypadku strumieni osiąga wartości bliższe dolnej części podanego zakresu, zaś w rzekach wynosi ok. 0,4 m s⁻¹ lub więcej. Starorzecza pojawiają się wyłącznie w rzekach IV rzędu lub wyższych, jednak należą do rzadkości. Rzeki pojezierzy najczęściej reprezentują koryto typu B1. Natomiast w strefie wysoczyzn peryglacjalnych, gdzie brak naturalnych jezior, poligenetyczny charakter sieci rzecznej – okresowo odprowadzającej zwiększone ilości wód po opadach atmosferycznych – w połączeniu z nieregularnością przepływu sprzyjał powstawaniu rozległych, bagiennych teras zalewowych. Mimo

przeprowadzonych melioracji, dolinach Biebrzy, Narwi oraz kilku ich dopływów zachowały się do dziś liczne fragmenty dolin i koryt rzecznych o naturalnym charakterze.



Rys. 5.4.1. Typy koryt rzek w województwie podlaskim (oryg.); A – koryta prostoliniowe; B – koryta rzek meandrujących, bez starorzeczy; B2 – rzeki z poszerzeniami koryta; C – koryta rzek meandrujących z odizolowanymi starorzeczami; D – koryta rzek meandrujących z otwartymi hydrologicznie starorzeczami typu rękaw lub obejma; E – system wielokorytowy ze starorzeczami różnego typu

Częściowo zachowały się również fragmenty dolin z unikalnym systemem wielokorytowym (anastomozującym) odpowiadającym typowi koryta E (rys. 5.4.1) (Gradziński i in. 2000, Zielinski 2024). W dolinie Narwi taki typ koryta istnieje na odcinku od Suraża do Paniek, choć dawniej funkcjonował także w rejonie Siemianówki oraz w okolicach Tykocina.

Tabela 5.4.1. Wskaźnik krętości koryta wybranych rzek województwa podlaskiego (oryg.)

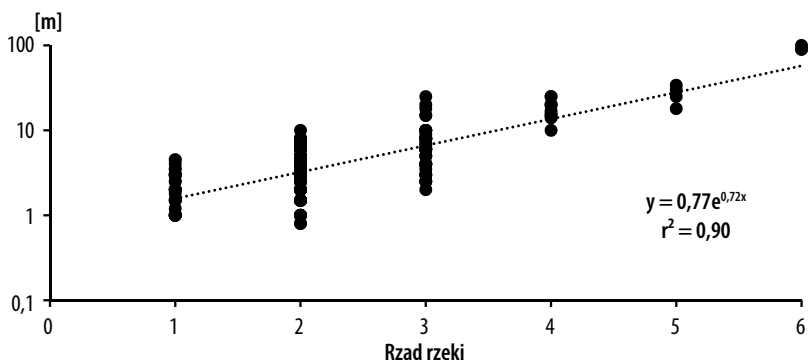
Rzeka	Lokalizacja	Długość analizowanego odcinka rzeki [km]	Wskaźnik krętości rzeki
Pisa	przed ujściem	4,73	1,79
Marycha	poniżej Sejn	2,48	1,48
Szeszupa	przed jez. Pobondzie	2,93	1,35
Siderka	przed ujściem	1,93	1,44
Sokołda	ok. Miedzyrzeczka	1,59	1,49
Czarna Hańcza	ok. Strękowizny	3,19	1,83
	ujście do jez. Wigry	2,04	1,67
Biebrza	ujście Lebedzianki	2,59	1,77
	na zach. od Lipska	4,16	1,98
	poniżej Siderki	6,63	3,28
Narew	przy Koziołku	2,49	1,51
Supraśl	przed Supraślem	4,47	1,53

System anastomozujący składa się z koryt różnej wielkości, krętości oraz spadku dna, z licznymi starorzeczami (typu: obejma, rękaw, starorzeczka poprzeczne), znajdującymi się na różnych etapach sukcesji roślinności wodnej. Charakterystyczną cechą aktywnych koryt rzecznych jest ich stosunkowo duża głębokość w porównaniu z szerokością oraz przeważnie „kanałowy” kształt przekroju poprzecznego, utrzymywany przez system korzeniowy makrofity. Obszary zabagnione (z trzcinowiskami i turzycowiskami) zbudowane są z silnie zapiaszczonych torfów (limnowych i hemowych) o miąższości 1-2 m, miejscami dochodzącej do 4 m. Dno aktywnych koryt wypełniają osady piaszczyste, głównie średnio- i gruboziarniste. Rozwój systemu anastomozującego Narwi związany jest m.in. z ogólnymi warunkami agradacyjnymi, rozwojem pokrywy roślinności torfotwórczej oraz wielokrotnie zachodzącą awulsją (Kamocki 2016). Bezpośrednimi przyczynami awulsji są przede wszystkim zatory roślinne, ale również wiosenne zatory lodowe. W powstawaniu licznych anastomoz nie można wykluczyć również udziału człowieka, który budował sztuczne „zahaty”, niewielkie jazy do połowu ryb (fot. 1 w załącznikach). W XXI w., w wyniku częściej występujących n iżówek oraz zmianach reżimu hydrologicznego Narwi po uruchomieniu Zbiornika

Siemianówka, obserwuje się lokalny zanik wielokorytowości rzeki, m.in. w okolicach Waniewa i Izbiuszcz.

Dane monitoringowe dotyczące siedlisk ryb rzecznych wskazują, że wraz ze wzrostem rzędowości rzek województwa zwiększa się średnia szerokość koryta. Stwierdzona zależność statystyczna, o wysokim poziomie istotności, może znaleźć zastosowanie w projektowaniu inwestycji hydrotechnicznych oraz w analizach środowiskowych (rys. 3.2.2).

Charakteryzując rzeki województwa podlaskiego, trzeba wskazać na zróżnicowanie osadów dennych, pełniących istotne funkcje siedliskowe w ekosystemach rzecznych. Generalnie, w miarę biegu rzeki i wzrostu jej rzędowości, osady denne stają się coraz drobniejsze, co wynika ze zmniejszającego się spadku koryta oraz ograniczonej zdolności rzek do transportu materiału skalnego. Zjawisko to znajduje wyraźne potwierdzenie w rosnącej częstości występowania osadów piaszczystych (tab. 3.2.2). Szczegółowa analiza sieci rzecznej wskazuje na liczne zmiany charakteru zarówno koryta, jak i osadów dennych wzdłuż biegu rzek. Strumienie i rzeki pojezierzy w granicach województwa charakteryzują się głównie dnem żwirowo-kamienistym lub piaszczystym (tab. 3.2.2). Natomiast w rzekach wysoczyzn z większą częstością występują osady gliniaste i mułowe, które – wraz ze wzrostem rzędowości oraz średniego przepływu – ustępują miejsca osadom piaszczystym. Na uwagę zasługuje zróżnicowanie osadów rzek przepływających dolinami wypełnionymi glebami organicznymi, głównie torfowymi. Najmniejsze potoki określane jako „organiczne”, wyjątkowo rzadko mają dno o charakterze organicznym, a osady tego typu jedynie sporadycznie pojawiają się w korytach większych rzek zaliczanych do tej kategorii (tab. 5.4.3). Przyczyną tego zjawiska jest niewielka miąższość gleb torfowych w dolinach mniejszych rzek. Z własnych doświadczeń terenowych wiadomo, że współczesne koryta Supraśli, Biebrzy czy Narwi miejscami przebiegają przez torfowiska o większej miąższości, a ich dna przyjmują wówczas charakter organiczny. Powoduje to przestrzenne zróżnicowanie warunków siedliskowych, mające istotny wpływ na występowanie i rozmieszczenie fauny bentosowej, ryb oraz makrofity.



Rys. 5.4.2. Zależność przeciętnej szerokości koryta od rzędowości rzek w województwie podlaskim; według danych GIOŚ

Tabela 5.4.2. Częstość występowania rodzajów osadów dennych w rzekach w zależności od ich typu abiotycznego (na podstawie opisu siedlisk monitoringu ryb prowadzonego przez GIOŚ)

Typ rzek	Liczba stanowisk	Typ osadów dennych			
		żwirowo-kamieniste	piaszczyste	gliniaste	organiczne
P_org	42	0%	31%	69%	0%
P_poj	20	45%	35%	20%	0%
PNp	68	13%	56%	31%	0%
Rz_org	19	5%	79%	11%	5%
R_poj	9	44%	44%	11%	0%
RzN	11	18%	73%	0%	9%
WRzN	3	0%	100%	0%	0%

Wszystkie wody płynące województwa podlaskiego na trzy grupy: strumienie (o powierzchni zlewni $<100 \text{ km}^2$), rzeki nizinne i pojezierne oraz wielkie rzeki (Bug i Narew). Taki podział oparty jest na systemie klasyfikacji abiotycznej rzek, stosowanym w Polsce zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej RP z dnia 11 października 2019 r. (Dz.U.1919 r. poz. 2149).

Dla województwa podlaskiego zestawienie typów abiotycznych rzek przedstawiono w tabeli 5.4.3, gdzie zauważalny jest wysoki odsetek koryt rzecznych

z dominującym udziałem gleb organicznych w ich otoczeniu, co istotnie wpływa na wiele cech fizykochemicznych wód rzecznych regionu.

Tabela 5.4.3. Udział typów abiotycznych rzek województwa podlaskiego wydzielonych w ramach JCWP, w tym cieków bezimiennych; ¹ – w tym rzeki łososiowe. Dane według GIOŚ, z aktualizacją autora

Typy abiotyczne rzek	Liczba JCWP	%
strumienie	187	
– nizinny	10	5,3%
– nizinny piaszczysty	131	70,1%
– o zlewni z dominacją gleb organicznych	29	15,5%
– pojezierny	17	9,1%
rzeki	46	
– o zlewni z dominacją gleb organicznych	19	41,3%
– nizinne	12	26,1%
– pojezierne ¹	15	32,6%
wielkie rzeki	2	

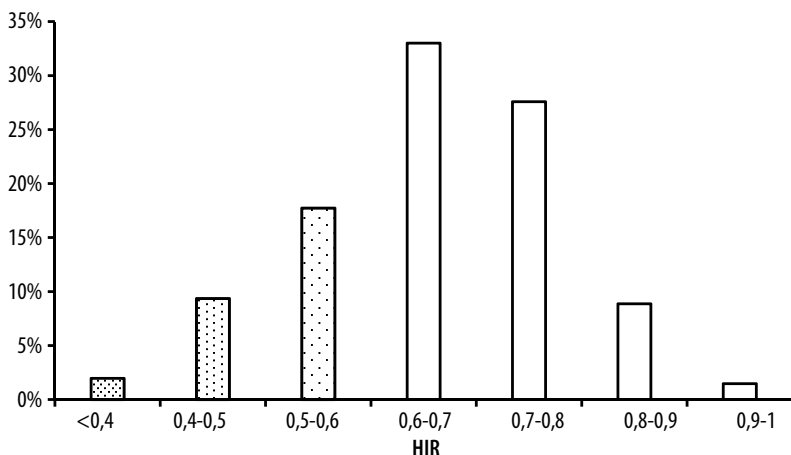
Tabela 5.4.4. Struktura rzek województwa podlaskiego z nazwami własnymi i bezimiennymi, wydzielone jak JCWP, w układzie krajobrazowo-geochemicznym. Dane podstawowe według GIOŚ, zaktualizowane przez autora

Typ krajobrazowo-geochemiczny	Liczba JCWP	%
strumienie i potoki pojezierne	32	13,6%
strumienie i potoki nizin	153	65,1%
strumienie i potoki terenów gleb organicznych	48	20,4%
wielkie rzeki	2	0,9%

Pierwotny układ sieci rzecznej regionu uległ istotnym zmianom w wyniku szeroko zakrojonych prac melioracyjnych prowadzonych na terenach podmokłych. Świadectwem tych przekształceń jest liczna obecność sztucznych, prostoliniowych odcinków koryt rzecznych oraz towarzyszących im budowli hydrotechnicznych, które zakłócają naturalną ciągłość przepływu wody. Trwałe zmiany koryt rzek takich jak Narew, Biebrza, Pisa, a także – na krótkim odcinku – Czarnej

Hańcza, miały miejsce w związku z realizacją projektów budowy dróg wodnych, zapoczątkowanych już w XIX w.

Prezentując charakterystykę rzek nie należy pomijać fizycznych właściwości koryt i dolin rzecznych, które Dyrektywa Wodna Unii Europejskiej uznaje za równie ważny czynnik utrzymania bioróżnorodności i kształtowania odporności ekosystemów wodnych na stres środowiskowy. Poddając ewaluacji poszczególne typy wód powierzchniowych określa się stopień naturalności rzek oraz skalę ich przekształcenia (Rosgen 1996; Raven i in. 1997; LAWA 2000). W Polsce opracowano Hydromorfologiczny Indeks Rzeczny (HIR) (Szoszkiewicz i in. 1997), będący liczbowym wskaźnikiem i stopnia przekształcenia koryt rzecznych. Znalazł on praktyczne zastosowanie w Państwowym Monitoringu Wód Powierzchniowych. Na podstawie danych z 203 stanowisk pomiarowych, zebranych w latach 2019-2021 na terenie województwa podlaskiego, średnia wartość tego wskaźnika wynosiła 0,66, czyli nieco powyżej progu ($HIR = 0,6$) uznawanego za stan zadawalający. Wartości notowane dla poszczególnych rzek województwa mieściły się w szerokim zakresie – od 0,34 do 1, przy czym wartość maksymalna odpowiada stanowi zbliżonemu do naturalnego. Najwyższe wartości wskaźnika HIR odnotowano dla Narwi w Płoskach, rzeki Silnej (dopływ Bugu), Rospudy (w Kotowinie) oraz Czarnej Hańczy (w rejonie Starego Bródu). Histogram uzyskanych wartości HIR wskazuje na rozkład normalny, lekko skośny w lewą stronę (rys. 5.4.3). Na 29% analizowanych stanowisk stwierdzono znaczący stopień przekształcenia koryt rzecznych ($HIR < 0,6$), wpływający niekorzystnie na funkcjonowanie ekosystemów rzecznych. Zjawisko to dotyczy to przede wszystkim strumieni zlokalizowanych na terenach rolniczych, a także rzek przepływających przez tereny zurbanizowane (Zieliński i in. 2012). Ponadto sześć z dwudziestu głównych rzek województwa, wymienionych w tabeli 5.4.5, charakteryzuje się wartościami HIR niższymi od średniej dla regionu.



Rys. 5.4.3. Histogram wartości HIR w rzekach województwa podlaskiego na podstawie danych GIOŚ z lat 2019–2021; przedziały wartości HIR lewostronnie domknięte

Tabela 5.4.5. Średnia wartość wskaźnika przekształceń hydromorfologicznych (HIR) dla największych rzek województwa podlaskiego według danych GIOŚ z lat 2019-2021; ¹ – Rospuda/Netta do Jeziora Augustowskiego, ² – Netta od Jeziora Augustowskiego do ujścia

Rzeka	Liczba stanowisk	Średnia	Rzeka	Liczba stanowisk	Średnia
Narew	6	0,76	Jędrznia	2	0,75
Bug	3	0,67	Etka	1	0,70
Narewka	2	0,73	Brzozówka	2	0,63
Biebrza	4	0,69	Supraśl	4	0,64
Pisa	2	0,75	Orlanka	2	0,55
Czarna Hańcza	3	0,71	Nereśl	2	0,60
Marycha	3	0,80	Łojewek	2	0,58
Szeszupa	2	0,69	Nurzec	3	0,70
Rospuda ¹	2	0,92	Nietupa	1	0,73
Netta ²	1	0,60	Świstocz	1	0,76

Dopływy rzek przebiegające przez tereny o zwiększonym zalesieniu, typu Supraśl czy Narewka, cechuje mniejszy stopień przekształceń hydromorfologicz-

nych w porównaniu do rzek, do których uchodzą. Odwrotna sytuacja obserwowana jest w przypadku Narwi, Brzozówki czy Biebrzy, gdzie koryta dopływów zostały w większym stopniu przekształcone niż główny recypient (np. rzeka główna). Najczęściej było to skutkiem prac regulacyjnych, prowadzonych w ramach melioracji rozległych użytków zielonych.

Powyższa analiza stopnia przekształceń rzek powinna stanowić podstawę dla przyszłego, aktywnego wdrażania działań rewitalizacyjnych w zakresie ekosystemów wód płynących (zob. rozdz. IX).

5.5. Hydrologia rzek

Charakterystykę hydrologiczną rzek województwa podlaskiego oparto na danych pomiarowych z 36 profili hydrometrycznych IMGW-PIB (rys. 5.5.1; tab. 5.5.1). Największe rzeki regionu, czyli Bug i Narew, osiągały średni roczny przepływ na poziomie ok. 100 m³/s. Ich największe dopływy, takie jak Biebrza i Pisa, notowały średni przepływ w granicach 20-30 m³/s każda. Dla pozostałych rzek, w ich dolnych odcinkach, średni roczny przepływ mieścił się w przedziale 1-10 m³/s, natomiast rzeki o najmniejszej powierzchni zlewni (49 km²) nie przekraczały wartości 0,5 m³/s.

Ze względu na zmienne w czasie zasilanie atmosferyczne dorzeczy oraz postępującą antropogenizację, rzeki regionu charakteryzują się wieloletnią zmiennością. Dotychczasowe opracowania hydrologiczne dla Polski wskazują na przeciętną zmienność przepływów rzek pojeziernych oraz wysoką zmienność przepływów w rzekach wysoczyznowych (Choiński 1988). Dane z lat 1991-2020 potwierdzają dużą bezwładność hydrologiczną takich rzek jak Szeszupa, Czarna Hańcza, Rospuda, Netta i Pisa, które wykazują ograniczoną reakcję na zmienne sumy opadów w kolejnych latach. W XX w. na terenie Polski nie odnotowano istotnych różnic w częstotliwości ani czasie trwania okresów suchych i mokrych (Michalczyk 2017). Szczególnie suche były lata 1932-1937, a także okres 1989-1993 w drugiej połowie stulecia. Z kolei wzmożony przepływ rzek występował na przełomie wieków oraz w latach 70. XX w. Podobne tendencje zaobserwowano również w rzekach województwa podlaskiego (rys. 5.5.2). Mimo zbliżonych warunków klimatycznych w zlewniach Biebrzy i Narwi (Strękowa Góra), wartości współczynników rocznych przepływów w poszczególnych latach były istotnie zróżnicowane. Odminną reakcję hydrologiczną

88

Jeziora obecne na profilu podłużnym rzeki wpływają na wzrost retencji wody w zlewni, ale także modyfikują zmienność wieloletnią przepływu rzeki. Zmiany te mogą mieć charakter wielokierunkowy. Ponadto, w przypadku środkowego odcinka tej rzeki, od końca lat 70. XX w. obserwuje się intensyfikację urbanizacji zlewni, wzrost gęstości zaludnienia oraz związany z tym wzrost produkcji ścieków i zmiany w obiegu wody. Toteż od początku lat 80. ubiegłego wieku widoczna jest odmienna relacja w przebiegu współczynnika przepływu rzeki (rys. 5.5.2), który wyliczany jest jako stosunek wielkości rocznego przepływu do średniej wartości z wielolecia.

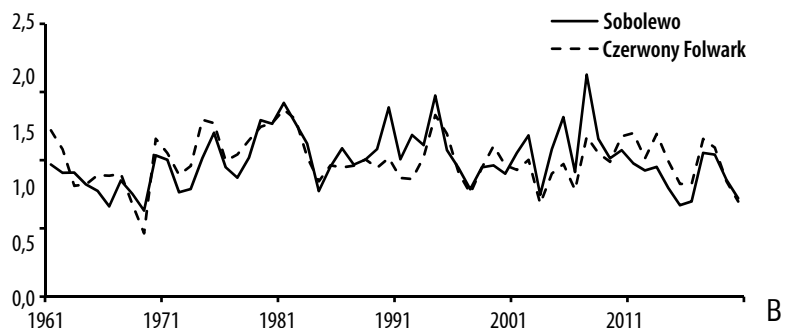
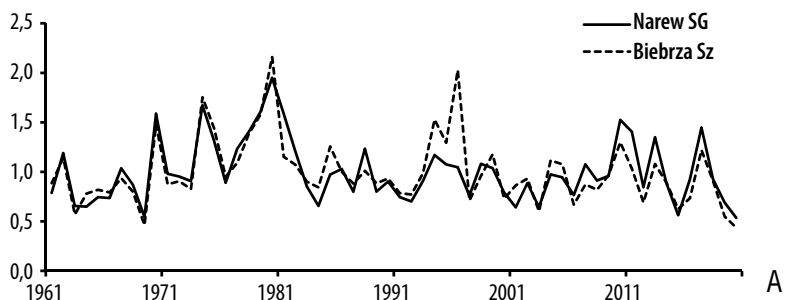
Ponadregionalne tendencje w wieloletniej zmienności przepływów znajdują wyraźne odzwierciedlenie w hydrologii rzek województwa podlaskiego. Większe zróżnicowanie dotyczy natomiast sezonowości odpływu, na którą – oprócz czynników klimatycznych – wpływają uwarunkowania regionalne, takie jak: rzeźba terenu, budowa geologiczna czy sposób użytkowania ziemi. W konsekwencji pojawiają się istotne różnice zarówno w wielkości odpływu ze zlewni poszczególnych rzek (parametr H w tab. 5.5.1), jak i w jego sezonowości. W północnej części województwa, rzeki odprowadzają z jednostki powierzchni zlewni większe ilości wody niż rzeki wysoczyzn środkowej i południowej części regionu.

Średnia wysokość warstwy wynoszonej wody w ciągu roku z terenu pojezierzy osiąga maksymalną wartość ponad 280 mm i generalnie przekracza 200 mm. Wraz z przesuwaniem się na południe regionu – od doliny Górnej Biebrzy po dolinę Bugu – wskaźnik odpływu systematycznie maleje: do 150-160 mm na Wzgórzach Sokólskich, a w zlewniach Nurca i rzeki Brok spada poniżej 130 (tab. 3.3.1, rys. 3.3.2). Najniższą wodnością w województwie charakteryzuje się zlewnia rzeki Szczeberki (zwanej także Blizną), gdzie wskaźnik H dla wielolecia wynosi poniżej 110 mm, podczas gdy w sąsiednich zlewniach osiąga on wartości nawet dwukrotnie wyższe. Taka sytuacja wynika z dwóch głównych przyczyn. Po pierwsze – ze sztucznie zmienionego zasięgu zlewni poprzez połączenie dwóch zlewni: jeziornej, zlokalizowanej na sandrze augustowskim, oraz zlewni Szczeberki, odwadniającej sztucznymi rowami ciąg silnie uwodnionych obniżeń położonych w obrębie gliniastego wytopiska. Po drugie – z sezonowego charakteru drenażu płytkich wód gruntowych i braku istotniejszego dopływu wód podziemnych, co bezpośrednio przekłada się na wyjątkowo niską wartość odpływu całkowitego z tego obszaru.

Tabela 5.5.1. Średni przepływ (SQ) i odpływ wody rzekami województwa podlaskiego w latach 1991-2020 według danych pomiarowych IMGW-PIB; q – odpływ jednostkowy, H – warstwa odpływu, a – dane z lat 1994-2020, b- lata 1992-2020

Lp	Rzeka	Miejscowość	S	SQ	C_v	q	H
			[km ²]	[m ³ s ⁻¹]		[l·s ⁻¹ ·km ⁻²]	[mm]
1	Narew	Bondary	1087	3,90	0,29	3,59	113
2		Narew	1983	8,31	0,27	4,19	132
3		Suraż	3425	14,1	0,27	4,12	130
4		Strękowa Góra	7205	30,7	0,26	4,26	134
5		Wizna	14389	66,4	0,25	4,61	146
6		Nowogród	20169	94,4	0,23	4,68	148
7	Rudnia	Trześcianka	49	0,36	0,33	7,34	232
8	Narewka	Narewka	608	2,55	0,31	4,19	132
9	Supraśl	Gródek	225	0,81	0,27	3,59	113
10		Fasty	1824	8,96	0,17	4,91	155
11	Sokołda	Podsokołda	464	2,10	0,21	4,53	143
12	Czarna d. Supr.	Sochonie	189	0,83	0,13	4,40	139
13	Brzozówka	Karpowicze	654	2,95	0,23	4,52	143
14	Sidra	Harasimowicze	263	1,25	0,23	4,76	150
15	Biebrza	Sztabin	853	4,34	0,32	5,09	161
16		Osowiec	4369	21,7	0,27	4,97	157
17		Burzyn	6929	35,8	0,30	5,17	163
18	Czarna Hańcza	Bród Stary ^a	136	0,88	0,20	6,44	203
19		Sobolewo	194	1,35	0,20	6,95	219
20		Czerw. Folwark	488	3,59	0,16	7,35	232
21		Jałowy Róg	825	5,48	0,15	6,64	210
22	Marycha	Zelwa	353	1,75	0,34	4,95	156
23	Netta (Rospuda)	Raczki	299	2,39	0,21	8,00	253
24	Netta	Białobrzegi	965	5,57	0,19	5,77	182
25	Elk	Prostki	1156	7,65	0,28	6,62	209
26		Przechody	1453	9,94	0,28	6,84	216
27	Jegrznia	Woźnawieś	852	3,87	0,31	4,54	143

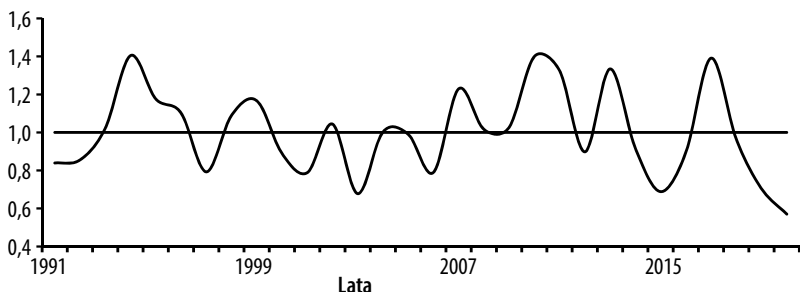
Lp	Rzeka	Miejscowość	S	SQ	C_v	q	H
			[km ²]	[m ³ s ⁻¹]		[l·s ⁻¹ ·km ⁻²]	[mm]
28	Wissa	Czachy	485	2,53	0,29	5,22	165
29	Pisa	Dobrylas	4049	21,6	0,20	5,33	168
30	Szeszupa	Kleszczówek	49	0,44	0,11	9,13	288
31		Poszeszupie	186	1,56	0,13	8,40	265
32	Szczeberka	Szczebra	348	1,20	0,31	3,44	109
33	Bug	Frankopol	30637	114,7	0,29	3,74	118
34	Nurzec	Boćki	535	2,10	0,21	3,93	124
35		Brańsk	1210	4,37	0,28	3,61	114
36	Brok	Nowe Kaczkowo ^b	738	2,87	0,44	3,89	123



Rys. 5.5.2. Wieloletnie zmiany współczynnika przepływu największych rzek województwa podlaskiego w latach (kalendarzowych) 1961-2020; A – Narew w Strękowej Górze i Biebrza w Sztabinie, B – Czarna Hańcza w Sobolewie i Czerwonym Folwarku

Na uwagę zasługują także wyliczenia uzyskane dla niewielkiego strumienia o nazwie Rudnia (prawobrzeżnego dopływu Narwi, poniżej Zbiornika Siemianówka). Wskaźnik odpływu dla tej zlewni osiąga bardzo wysoką wartość (ponad 230 mm), charakterystyczną raczej dla zlewni pojezierzy niż wysoczyzn peryglacjalnych. Jest to efekt niewłaściwej gospodarki wodnej w silnie zmeliorowanej zlewni o znacznym udziale łąk i pastwisk – przykładów tego typu jest na Podlasiu wiele. Nadmierne odprowadzanie wody, głównie w okresie wiosennym, działa degradująco na gleby hydrogeniczne, obniżając ich wartość produkcyjną. Z hydrologicznego punktu widzenia, masowe odwodnienie gleb organicznych zmniejsza retencję wodną i prowadzi do szybkiego ubytku węgla organicznego z tych terenów.

W analizowanym okresie (1991-2020) zmienność średniego rocznego przepływu rzek województwa była umiarkowana – współczynnik przepływu kształtował się w przedziale od 0,6 do 1,4 (rys. 5.5.3). Największe średnie roczne przepływy odnotowano w latach 1994, 2010 i 2017, najmniejsze zaś w latach 2020, 2003 i 2015, co wiązało się z wielkością zasilania atmosferycznego. Zróżnicowanie przepływu poszczególnych rzek w trzydziestolecie 1991-2020 uzależnione było przede wszystkim od wielkości ich zlewni (rys. 5.5.4) – zmienność ta malała wraz ze wzrostem ich powierzchni.

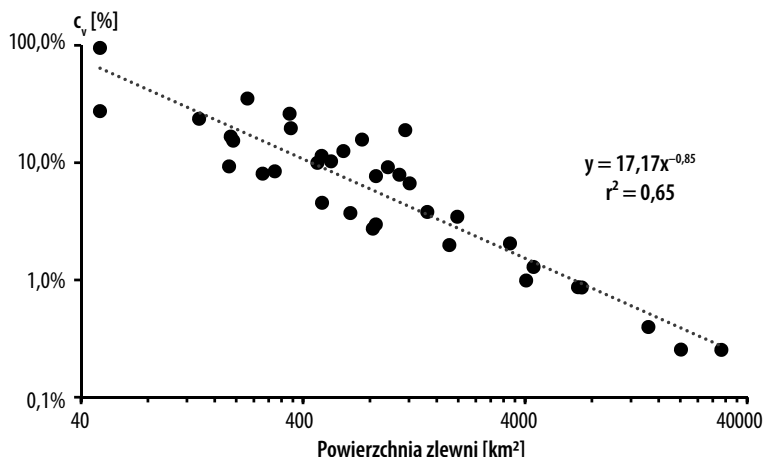


Rys. 5.5.3. Średni roczny współczynnik przepływu rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020

Sezonowość odpływu ze zlewni rzecznych najlepiej obrazuje roczny przebieg miesięcznych współczynników przepływu (Pardé'a), który często był stosowany do klasyfikacji ustrojów (reżimu) rzecznych (Pardé 1957, Dynowska 1971). Wartość współczynnika dla każdego miesiąca wylicza się jako iloraz średniego miesięcznego i średniego rocznego przepływu z wielolecia. Na rys. 5.5.5 przed-

stawiono średnie wartości dla sześciu grup rzek województwa podlaskiego o typowych fizjograficznie zlewniach, budowie geologicznej, uwarunkowaniach klimatycznych oraz sposobach użytkowania terenu.

W nawiązaniu do klasyfikacji Dynowskiej (1971) większość rzek regionu wykazuje ustrój wybitnie śnieżno-pluwialny – z jednym maksimum odpływu wiosennego, przekraczającym 80% wartości średniorocznej (grupy A, B i E na rys. 5.5.5). Pozostałe rzeki charakteryzują się ustrojem umiarkowanie śnieżno-pluwialnym. W przypadku dużych rzek maksimum przepływu przypada w kwietniu, czyli miesiąc później niż obserwuje się to w mniejszych rzekach i strumieniach.

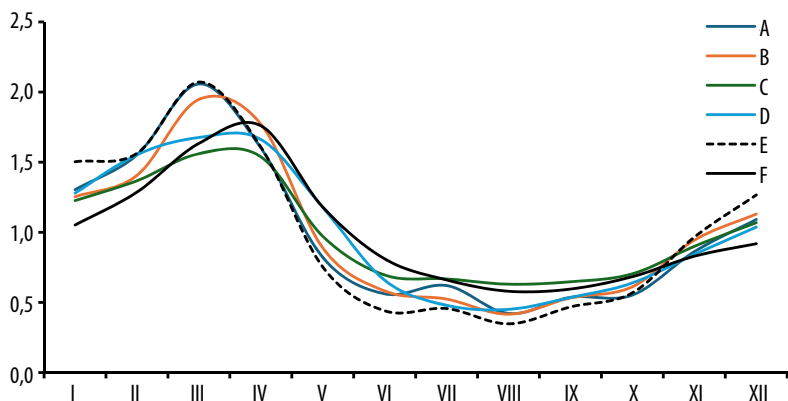


Rys. 5.5.4. Wpływ wielkości zlewni na zmienność średnich rocznych przepływów analizowanych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020

Jedynie małe strumienie i rzeki Wysoczyzny Podlaskiej (grupa A i C na rys. 5.5.5) wykazują nieco zwiększony odpływ po wczesnoletnich opadach czerwcowych. W przypadku pozostałych rzek regionu taka reakcja nie występuje. Obecnie ustrój rzek województwa podlaskiego coraz wyraźniej przyjmuje cechy kontynentalne, co wiąże się z przewagą wpływów klimatu kontynentalnego.

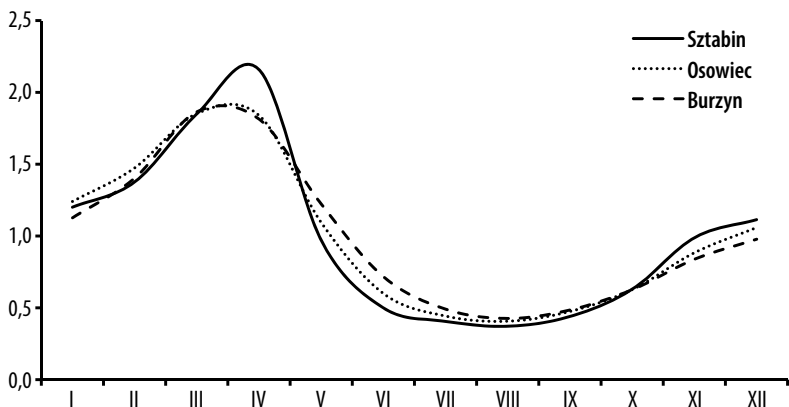
Tabela 5.5.2. Charakterystyka ekstremalnie wysokich i niskich przepływów rzek województwa według pomiarów IMGW-PIB do 2023 r. (dane IMGW-PIB)

Rzeka	Miejscowość	WWQ		NNQ		WWQ / NNQ
		[m ³ s ⁻¹]	rok	[m ³ s ⁻¹]	rok	
Narew	Bondary	85,9	1979	0,27	1964	318,1
	Suraż	250		2,96	1983	84,5
	Strękowa Góra	524		8,88	1999	59,0
	Nowogród	1290		20,5	2015	62,9
Biebrza	Sztabin	78,6	1958	0,5	2023	157,2
	Osowiec	360	1979	3,15	1969	114,3
	Burzyn	517	1979	4,33	1969	119,4
Nereśl	Kulesze Chrobotki	28	1979	0,06	1969	466,7
Brzozówka	Karpowicze	97,9	1996	0,08	2002	1223,8
Orlanka	Chraboty	94,8	1979	0,17	2021	557,6
Nurzec	Boćki	87,4	1953	0,2	1964	437,0
	Brańsk	133	1947	0,04	2013	3800,0
Supraśl	Gródek	25,1	1979	0,13	1982	193,1
	Fasty	123	1979	1,62	2015	75,9
Sokołda	Sokołda	34	1996	0,89	1979	38,2
Czarna	Sochonie	6,23	2013	0,56	1987	11,1
Sidra	Harasimowicze	47,6	2013	0,5	1977	95,2
Wissa	Czachy	58,6	1979	0,7	2014	83,7
Elk	Prostki	23,6	1971	1,98	1971	11,9
Pisa	Dobrylas	94,6	1979	7,68	2006	12,3
Jęgrznia	Woźnawieś	37,2	1979	0,56	2019	66,4
Rospuda	Raczki	25,7	1979	0,65	1954	39,5
Czarna Hańcza	Czerwony Folwark	14,4	1958	0,54	1969	26,7
	Jałowy Róg	8,73	2007	3,1	1977	2,8
Szeszupa	Poszeszupie	18,6	1970	0,94	2023	19,8
Marycha	Zelwa	13,2	1976	0,48	2015	27,5



Rys. 5.5.5. Średnie miesięczne współczynniki przepływu grupami wybranych rzek województwa podlaskiego w latach (kalendarzowych) 1991-2020; A – średnie rzeki południa i południowo-zachodniej części województwa (Nurzec, Brok, Wissa), B – rzeki Wysoczyzny Podlaskiej (Brzozówka, Sidra, Narewka), C – mniejsze rzeki pojezierzy (Rospuda, Szeszupa, Marycha), D – większe rzeki pojezierza (Elk, Jęgrznia), E – strumienie zmeliorowanych dolin rzecznych (Górna Supraśl, Rudnia), F – duże rzeki (Narew w Nowogrodzie, Bug we Frankopolu)

Wszystkie rzeki województwa cechuje 6-7-miesięczny okres zmniejszonych przepływów (współczynnik Parde'a < 1), przypadający na szczyt sezonu wegetacyjnego. Z wyjątkiem rzek Suwalszczyzny, środkowej Narwi i Przełomowej Doliny Bugu, letnie przepływy większości rzek nie przekraczają 50% średniej z wielolecia, co jest skutkiem częstszych i głębszych niżówek. Dane z lat 1991-2020 dla dorzecza Biebrzy wskazują na specyficzne warunki hydrologiczne jej górnego odcinka, przejawiające się niemal miesięcznym opóźnieniem wiosennego maksimum przepływu w stosunku do części środkowej i dolnej. Zjawisko to sprzyja powierzchniowemu i długo utrzymującemu się zalewowi doliny w dolnym basenie rzeki (na południe od Osowca) (rys. 5.5.5). Zbliżony przebieg roczny współczynnika przepływu w środkowym i dolnym biegu Biebrzy wskazuje na duże podobieństwo uwarunkowań hydrogeologicznych obu jej części (rys. 5.5.6). Dotyczy to zwłaszcza natężenia i zasięgu dopływu podziemnego do doliny rzeki, alimentowanego z sandru Elku oraz z wysoczyzn Kolneńskiej i Monieckiej.



Rys. 5.5.6. Różnicowanie średniego miesięcznego współczynnika przepływu rzeki Biebrzy w basenie górnym (Sztabin), środkowym (Osowiec) i dolnym (Burzyn) w latach 1991-2020; na podstawie danych IMGW-PIB

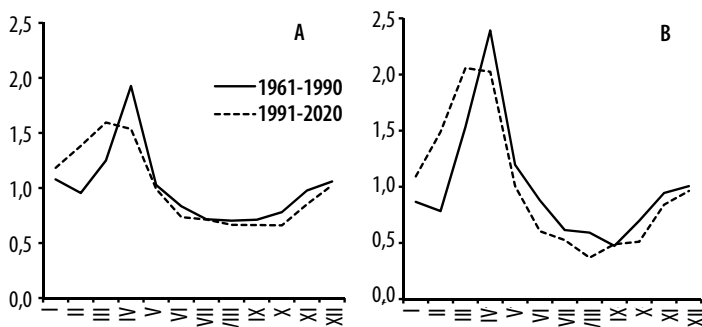
Przeprowadzone analizy dla lat 1991-2020 wskazują na postępujące zmiany w obiegu wody, będące skutkiem globalnych zmian klimatycznych. Największe zmiany dotknęły zlewnie rzeczne południowej części województwa podlaskiego (m.in. Narewki i Nurca), gdzie odpływ zmniejszył się o ponad 20% (tab. 5.5.3). Najmniejsze zmiany przepływu odnotowano na rzekach pojezierzy – poniżej 10%. W ostatnich latach, dzięki łagodnym ziomom i mniejszej miąższości pokrywy śnieżnej, wezbrania roztopowe rozpoczynały się średnio o miesiąc wcześniej – w lutym, a nie jak wcześniej w marcu. Potwierdzają to także analizy Stanisławczyka (2020) dla okresu 1951-2010, które wykazały statystycznie istotny trend wcześniejszego występowania koncentracji odpływu w dorzeczu Biebrzy.

W mniejszych rzekach maksimum wiosennych przepływów występuje obecnie w marcu, podczas gdy na środkowej Narwi oraz Bugu we Frankopolu – w kwietniu. W następstwie zmian klimatycznych zwiększa się przepływ w lutym, a zmniejsza się w kwietniu, co prowadzi do wcześniejszego ustępowania wiosennego wezbrania (tab. 5.5.3). Mniejsze wezbrania zimowe skutkują ograniczoną retencją wody w zlewniach, a przy jednoczesnym wzroście strat wodnych związanych z letnią ewapotranspiracją, przepływy rzek w sezonie letnim zmniejszają się o 15-22%. W efekcie późnoletnie niżówki ulegają pogłębieniu (rys. 5.5.7). Odpływ rzeczny w województwie podlaskim jest stale modyfikowany przez różnorodne formy aktywnej gospodarki wodnej prowadzone w zlewniach. Największe znaczenie wśród

tych przekształceń ma zmiana ustroju rzecznego największej rzeki regionu – Narwi – wynikająca z budowy zbiornika zaporowego Siemianówka.

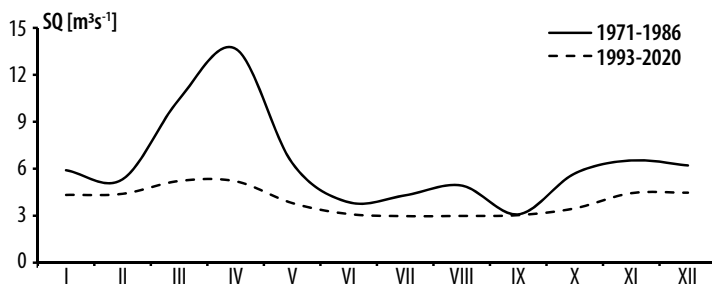
Tabela 5.5.3. Zmiany średniego rocznego przepływu wybranych rzek województwa podlaskiego w dwóch trzydziestoletnich okresach: 1961-1990 i 1991-2020; obliczenia na podstawie danych pomiarowych IMGW-PIB

Rzeka	Miejscowość	1961-1990	1991-2020	ΔSQ
		SQ [m^3s^{-1}]		[%]
Narew	Narew	10,30	8,31	-19,3
	Strękowa Góra	34,5	30,7	-11,2
	Wizna	70,5	66,4	-5,8
	Nowogród	102,0	94,4	-7,4
Narewka	Narewka	3,42	2,59	-24,3
Supraśl	Fasty	9,32	8,96	-3,8
Biebrza	Sztabin	4,83	4,34	-10,2
	Oswiec	23,6	21,7	-8,0
	Burzyn	35,0	35,8	2,3
Nurzec	Brańsk	5,51	4,37	-20,6
Bug	Frankopol	128,6	114,7	-10,8
Wissa	Czachy	2,57	2,51	-2,3
Czarna Hańcza	Czerwony Folwark	3,71	3,59	-3,3
Szczeberka	Szczebra	1,29	1,20	-6,9
Rospuda	Raczki	2,54	2,38	-6,4

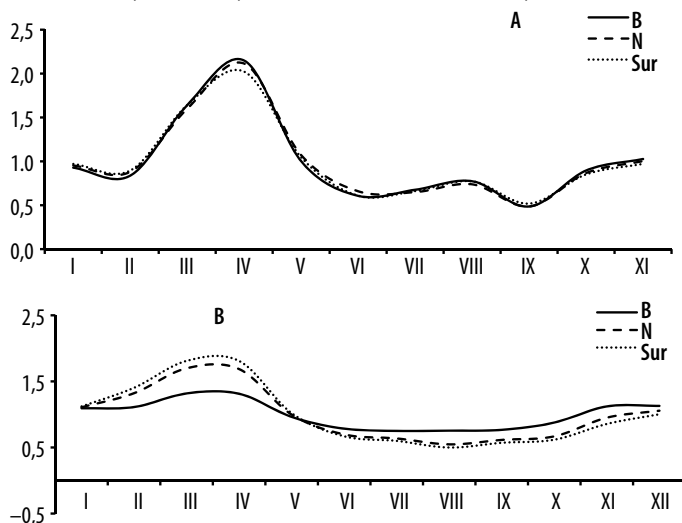


Rys. 5.5.7. Zmiana ustroju rzeki pojeziernej (A – Rospuda w Raczkach) i wysoczyzn peryglacialnych (B – Narewka w Narewce) w trakcie zmian klimatycznych; wyliczenia na podstawie danych IMGW-PIB

Budowa i eksploatacja zbiornika prowadzi do zwiększenia zasobów wodnych oraz wprowadza pewną elastyczność w zarządzaniu gospodarką wodną dorzecza. Jego obecność w górnej części zlewni przyczyniła się jednak do zmniejszenia przepływów wiosennych (rys. 5.5.8) oraz do wzrostu przestrzennej zmienności reżimu hydrologicznego rzeki (na odcinku ok. 100 km do Suraża), co wcześniej nie było obserwowane (rys. 5.5.9B). Szczególnie niekorzystnym skutkiem dla funkcjonowania ekosystemów dolin rzecznych jest ograniczenie wiosennych załewów i pogłębienie się letnich niżówek (Górniak, Piekarski 1999; Górniak 2006; Marcinkowski, Grygoruk 2017).



Rys. 5.5.8. Średni miesięczny przepływ Narwi w Bondarach przed budową Zbiornika Siemianówka (linia ciągła) i w czasie jego eksploatacji (linia przerywana)

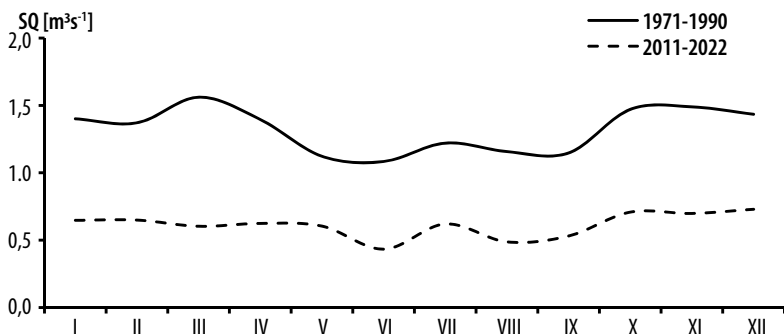


Rys. 5.5.9. Współczynnik przepływu Narwi w Bondarach, Narwi i Surażu w okresie poprzedzającym budowę zbiornika (A) i w latach 1993-2020 (B)

Ponadto obserwacje terenowe wskazują na postępującą erozję wgłębną w korycie rzeki Narew, poniżej Zbiornika Siemianówka, na odcinku do Suraza. Zmniejszenie częstości wezbrań skutkuje zmianami uziarnienia osadów i morfologii koryta. Ponadto zmiany hydrologiczne zachodzą także w rzekach, na których wybudowano inne mniejsze zbiorniki retencyjne, a ich skala jest trudna do określenia, gdyż większość z nich powstała na strumieniach poza siecią pomiarową IMGW-PIB.

Analiza sieci rzecznej doliny Biebrzy i jej przekształceń w ciągu ostatnich dwóch stuleci dowodzi ciągłych zmian, będących odpowiedzią na zdarzenia klimatyczno-hydrologiczne, a także konsekwencją przekształceń obiegu wody w rzekach do niej dopływających (Stachowicz i in. 2023). Oprócz pojawienia się nowych sztucznych kanałów (dodatkowe 43 km przy istniejących 296 km), zmieniła się również długość głównego koryta Biebrzy, postępował zanik starorzecza oraz obniżał się wskaźnik krętości jej dopływów. Ponadto, w ciągu ostatnich 100 lat dno rzeki obniżyło się o 30-40 cm, zwiększając tempo drenażu wód ze zlewni, szczególnie w okresach ich niskich stanów. Jednocześnie dopływy Biebrzy uległy zwężeniu i spłyceniu, co zmniejszyło ich pojemność koryt, a tym samym zwiększyło zasięg wiosennych zalewów. W samej dolinie Biebrzy nie obserwuje się jednak wyraźnej, długoterminowej tendencji zmian (Grygoruk i in. 2021).

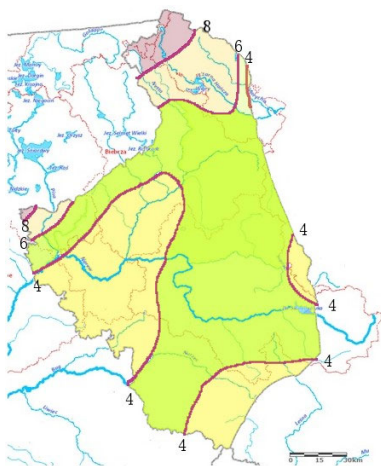
Inne zmiany hydrologiczne rzek regionu nastąpiły w wyniku przekształceń gospodarki ściekowej na terenach zurbanizowanych. Najlepszym przykładem jest radykalne zmniejszenie ilości wody w rzece Białej w Białymstoku (rys. 5.5.10). Po zakończeniu wielu inwestycji komunalnych na terenie miasta i okolic, średni roczny przepływ rzeki Białej zmniejszył się o więcej niż połowę, utrzymując sezonowy reżim przepływu.



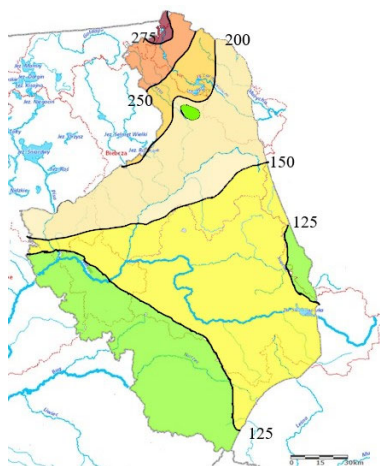
Rys. 5.5.10. Średni miesięczny przepływ rzeki Białej (Zawady) w okresie bezpośrednich zrzutów ścieków (1971-1990) oraz po wybudowaniu oczyszczalni ścieków w Białymstoku (2011-2022)

Bogata baza danych hydrologicznych IMGW-PIB umożliwia ilościowe oszacowanie wielkości powierzchniowego i podziemnego odpływu potamicznego w rzekach regionu w ostatnim trzydziestoleciu (1991-2020) (rys. 5.5.11; rys. 5.5.12). Do estymacji średniego rocznego odpływu podziemnego wykorzystano metodę tzw. „minimów lokalnych”, natomiast wielkość odpływu powierzchniowego wyliczono poprzez odjęcie odpływu podziemnego od odpływu całkowitego (Paszczyk 1975).

Rzeki centralnej części województwa, podobnie jak rzeki pojezierzy, charakteryzują się dominacją zasilania podziemnego (tab. 5.5.4), gdzie udział spływu powierzchniowego średnio w ciągu roku nie przekracza 30%. Rzeki takie jak Narewka i górna Supraśl wykazują zbliżony udział obu form zasilania koryt rzecznych. Z kolei rzeki Nurzec, Brok (w granicach województwa) oraz Rudnia odprowadzają ze zlewni więcej wód ze spływu powierzchniowego niż z zasilania podziemnego (tab. 5.5.4).



Rys. 5.5.11. Mapa odpływu jednostkowego w ciągu roku [$\text{dm}^3\text{s}^{-1}\text{rok}$] (lata 1991-2020)

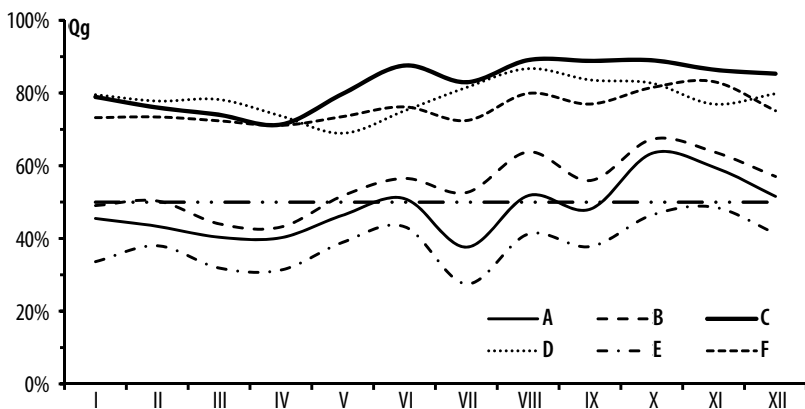


Rys. 5.5.12. Mapa średniego odpływu wody [mm] zlewni w ciągu roku (lata 1991-2020)

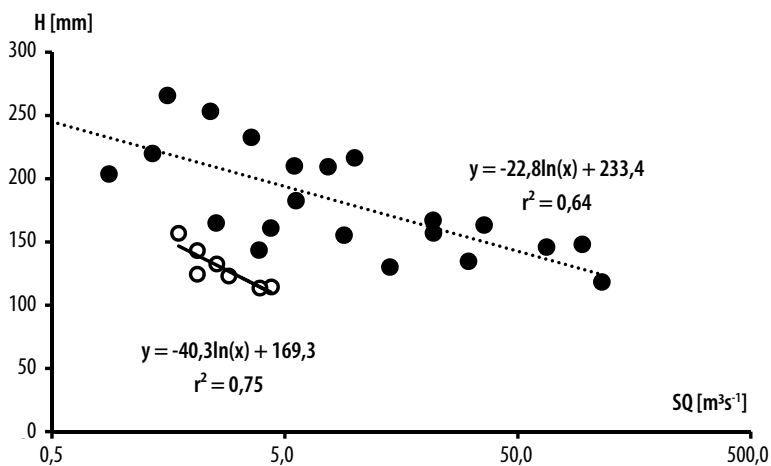
Tabela 5.5.4. Struktura odpływu wody ze zlewni rzecznych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020; H – średni roczny odpływ, Hg – odpływ podziemny, Hpow – odpływ powierzchniowy; odpływ podziemny wyliczono ze średnich niskich przepływów analizowanego wielolecia

Rzeka	Miejscowość	Odpływ [mm]			% odpływu	
		H	Hg	Hpow	Hg	Hpow
Narew	Nowogród	148,2	112,2	36,0	76	24
Narewka	Narewka	131,7	69,5	63,2	52	48
Supraśl	Gródek	113,6	60,8	52,8	54	46
Sokołda	Podsokołda	143,1	96,6	46,7	67	33
Czarna	Sochonie	139,1	96,0	43,1	69	31
Brzozówka	Karpowicze	143,0	76,7	66,3	54	46
Sidra	Harasimowicze	150,7	75,5	75,2	50	50
Bug	Frankopol	118,5	87,6	30,9	74	26
Wissa	Czachy	165,2	90,0	75,2	54	46
Nurzec	Brańsk	114,4	49,8	64,6	44	56
Brok	Nowe Kaczkowo	123,2	50,3	72,9	41	59
Biebrza	Sztabin	161,1	97,4	63,7	60	40
	Osowiec	157,2	114,6	42,6	73	27
	Burzyn	163,5	121,3	42,2	74	26
Czarna Hańcza	Jałowy Róg	210,2	182,7	27,5	87	13
Elk	Prostki	209,5	161,4	48,1	77	23
Jęgrznia	Woźnawieś	143,7	112,5	31,2	78	22
Rospuda	Raczki	253,3	192,7	60,6	76	24
Marycha	Zelwa	156,9	140,6	16,3	90	10
Szeszupa	Poszeszupie	265,9	203,0	62,9	76	24
Rudnia	Trześcianka	232,4	84,2	148,2	36	64
Szczeberka	Szczebra	109,0	57,7	51,3	53	47

Rzeka Rudnia cechuje się wyjątkową dominacją zasilania powierzchniowego, które przeważa przez cały rok (rys. 5.5.13), co jest bezpośrednim skutkiem funkcjonowania gęstej sieci melioracyjnej.



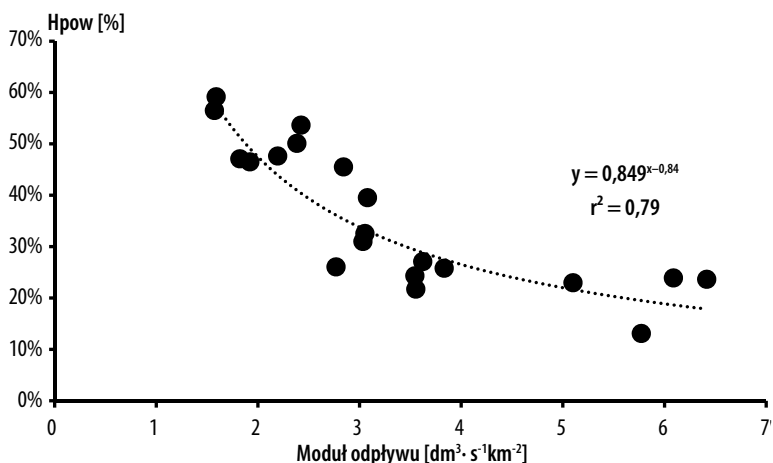
Rys. 5.5.13. Udział zasilania podziemnego w odpływie głównych typów rzek województwa podlaskiego. Oznaczenia jak na rys. 5.5.5



Rys. 5.5.14. Zależność wskaźnika odpływu od średniego rocznego przepływu rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020; brak wypełnienia znacznika dla rzek: Nurca (Boćki, Brańsk), Narewki w Narewce, Narwi w Bondarach, Sokołdy, Marychy, Brok

Tabela 5.5.5. Średni odpływ (H) ze zlewni i opad (P) w latach 1991-2020 województwa podlaskiego (dane źródłowe IMGW-PIB, obliczenia własne)

Rzeka	Miejscowość	H	P	H/P
		[mm]		
Szeszupa	Poszeszupie	265	638	0,42
Rospuda	Raczi	253	644	0,39
Czarna Hańcza	Jałowy Róg	210	643	0,33
Marycha	Zelwa	156	597	0,26
Jęgrznia	Woźnawieś	143	580	0,25
Narew	Suraż	130	610	0,21
Narewka	Narewka	132	634	0,21
Supraśl	Fasty	155	635	0,24
Sokołda	Podsokołda	143	601	0,24
Brzozówka	Karpowicze	143	611	0,23
Sidra	Harasimowicze	150	601	0,25
Biebrza	Sztabin	161	608	0,26
Wissa	Czachy	165	556	0,30
Nurzec	Brańsk	114	624	0,18
Brok	Nowe Kaczkowo	123	549	0,22



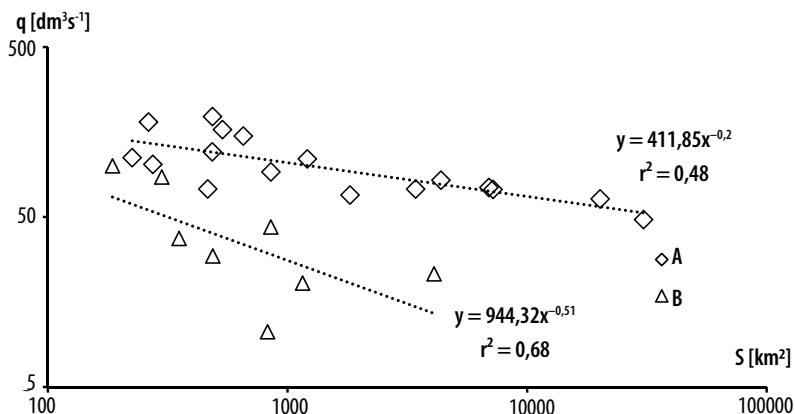
Rys. 5.5.15. Średni wskaźnik odpływu (H), opad atmosferyczny (P) i współczynnik odpływu rzeczny (H/P) z wybranych zlewni województwa podlaskiego w latach 1991-2020; wyliczony na podstawie danych IMGW-PIB

5.6. Wezbrania i powódzie

Przedstawione powyżej cechy hydrologiczne zlewni rzek województwa podlaskiego dotyczyły wartości średnich miesięcznych lub rocznych. W rzeczywistości jednak rzeka, reagując na zasilanie atmosferyczne lub topnienie śniegu, okresowo doświadcza zwiększonej ilości wody. Taki okres zwiększonego przepływu nazywamy wezbraniem, a każde wezbranie skutkujące stratami gospodarczymi uznaje się za powódź.

Wezbrania rzek w województwie podlaskim mogą występować w różnych porach roku, choć najrzadziej mają miejsce zimą, gdy występuje pokrywa lodowa. Należy jednak zauważyć, że ta prawidłowość uległa zmianie wraz z globalnym ociepleniem klimatu. Najczęstszym typem wezbrań w regionie są wiosenne wezbrania roztopowe, które na Narwi i Bugu miały zazwyczaj największą wysokość fali wezbraniowej oraz najdłuższy czas trwania. Wiele z nich miało charakter powodzi, szczególnie w latach 1927, 1942, 1971 i 1979. Część wiosennych powodzi była wywołana przez zatory lodowe na Narwi i Bugu. Powodzie spowodowane letnimi opadami deszczu występowały rzadziej i miały raczej charakter lokalny, np. w lipcu 2016 r. czy w maju 2017 r. na rzece Białej w Białymstoku. Mimo ograniczonego zasięgu, szkody materialne były dość wysokie. Według szacunków Urzędu Miasta Białystok (Biuro Zarządzania Kryzysowego), szkody wyrządzone podczas powodzi majowej w roku 2017 oszacowano na 1,2 mln zł (*Informacja...* 2017). Taki lokalny charakter powodzi *urban flood*, szczególnie na terenach miejskich, będzie w przyszłości ulegał nasileniu w związku ze zmianami klimatycznymi. Z kolei wezbrania wiosenne, które w przeszłości stanowiły dominujący typ powodzi, od okresu powojennego występują z mniejszą (Dobrowolski i in. 2004). Ogólnokrajowa analiza częstości i skali powodzi wskazuje, że województwo podlaskie należy do regionów najmniej zagrożonych tym zjawiskiem w Polsce, a obszar województwa narażony na powódzie jest stosunkowo niewielki, ograniczony do dolin Narwi i Biebrzy. Wskaźnik powodziowości Françou-Rodiera nie przekroczył wartości 3, a maksymalny odpływ jednostkowy w szczycie fali nie przekraczał $300 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ (Bartnik, Jokieli 2012). Analiza rozszerzona o większy zakres danych i liczbę posterunków hydrologicznych z terenu województwa (do roku 2023) potwierdziła te obserwacje (tab. 5.6.1). Przy maksymalnych przepływach zlewnie wysoczyznowe województwa odprowadzały większą ilość wody z jednostki powierzchni niż zlewnie pojezierne (rys. 5.6.1). Jest to zależność odwrotna niż ta

obserwowana przy analizach średnich przepływów z wielolecia. Zlewnie pojezierne, wraz ze wzrostem drenowanej powierzchni, w większym stopniu redukowały odpływ jednostkowy niż zlewnie wysoczyzn staroglacjalnych, co wynika z obecności jezior i związanej z nimi retencji wody.



Rys. 5.6.1. Zależność modułu odpływu rzecznego ze zlewni wysoczyznowych (A) i pojeziernych (B) przy najwyższych przepływach w granicach województwa podlaskiego; dane źródłowe – IMGW-PIB, obliczenia własne

Specyfiką wielu rzek nizinnych, także podlaskich, są wiosenne wezbrania, których poziom wody przekracza poziom tzw. wody korytovej. Przy znacznych szerokościach dolin rzecznych prowadzi to do rozległych i długotrwałych zalewów, sprzyjających powszechnemu zabagnieniu terenów przyrzecznych i rozwojowi torfowisk. Typowym przykładem jest Pradolina Biebrzy, która – jako jedna z nielicznych w regionie – nie została całkowicie zmeliorowana po II wojnie światowej, a jej mało zaburzony układ siedlisk wodno-błotnych zapewnia unikalny w skali Europy zespół roślinności oraz wysoką bioróżnorodność fauny, szczególnie ptaków. Pomimo zmieniających się uwarunkowań klimatycznych oraz postępującego, choć powolnego zagospodarowania zlewni, w środkowym i dolnym basenie doliny Biebrzy utrzymuje się coroczny rytm zalewów (Ignar i in. 2011). Brak jest wyraźnych i wieloletnich tendencji ich zaniku, które mogłyby zagrozić funkcjonowaniu tego cennego ekosystemu bagiennego (Berezowski i in. 2018; Grygoruk i in. 2021). Choć zalewy te pojawiają się coraz wcześniej i mają stopniowo mniejszy zasięg, to w dolnym basenie Biebrzy mogą się one utrzymywać nawet przez 6 miesięcy (Berezowski

i in. 2018). W pozostałych dolinach większych rzek, takich jak Supraśl, Nurzec, Wissa, Sokołda czy Skroda, dawniej powszechne wiosenne zalewy zanikły na skutek intensywnej melioracji użytków rolnych.

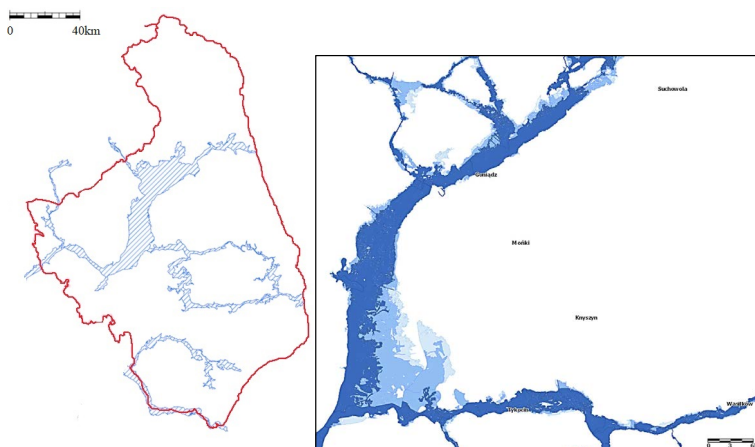
Wezbrania rzek, a szczególnie wysokość ich fali, zależą przede wszystkim od natężenia opadu, a wiosną – od ilości śniegu zakumulowanego w okresie zimowym. Czas pojawienia się maksimum przepływu uzależniony jest od cech hydrologicznych i morfologicznych zlewni. Dane zestawione w tabeli 5.6.1 wskazują, że czas przemieszczania się fali wezbraniowej na Narwi – od Bondar do Nowogrodu – wynosi średnio 15 dni, podobnie jak przepływ wody od źródeł Biebrzy do jej ujścia. W rzekach o powierzchni zlewni mniejszej niż 1000 km² czas ten skraca się przeciętnie do 5-6 dni, a w małych powierzchniowo zlewniach – do kilku lub kilkunastu godzin. Dla zobrazowania tego zjawiska w tabeli 5.6.1 i na rysunku 5.6.3 zaprezentowano hydrogramy wezbrań rzeki Białej w Białymstoku wraz z informacjami o zasilaniu atmosferycznym. Dla tego strumienia, o zlewni mniejszej niż 250 km² i silnie zurbanizowanego, reakcja rzeki na opad wynosi jedynie 2-3 godziny, a szczyt fali występuje po 14-18 godzinach od początku jego wystąpienia. Już przy opadzie o natężeniu ponad 6-7 mm h⁻¹ na terenie miasta mogą występować liczne podtopienia oraz zalania terenów przyrzecznych, powodujące straty materialne. W zalesionych lub rolniczych zlewniach, dominujących w województwie podlaskim, reakcja rzek na intensywne opady jest zdecydowanie łagodniejsza i zależy od natężenia opadów; wymaga to jednak dalszych badań hydrologicznych w celu jej dokładnego określenia.

Tabela 5.6.1. Zróżnicowanie średniego czasu pobytu wody w korycie rzek województwa podlaskiego; A – powierzchnia zlewni, SQ – średni roczny przepływ

Lp	Rzeka	Miejscowość	A	SQ	Teoretyczny czas pobytu wody w korycie
			[km ²]	[m ³ s ⁻¹]	[dni]
1	Narew	Bondary	1087	3,90	4,6
2		Narew	1983	8,31	6,2
3		Suraż	3425	14,1	8,1
4		Strękowa Góra	7205	30,7	11,7
5		Wizna	14389	66,4	16,4
6		Nowogród	20169	94,4	19,4
7	Rudnia	Trześcianka	49	0,36	0,9

Lp	Rzeka	Miejscowość	A	SQ	Teoretyczny czas po- bytu wody w korycie
			[km ²]	[m ³ s ⁻¹]	[dni]
8	Narewka	Narewka	608	2,55	3,4
9	Supraśl	Gródek	225	0,81	2,1
10		Fasty	1824	8,96	5,8
11	Sokołda	Podsokołda	464	2,10	3,0
12	Czarna d.Supr.	Sochonie	189	0,83	1,9
13	Brzozówka	Karpowicze	654	2,95	3,5
14	Sidra	Harasimowicze	263	1,25	2,2
15	Biebrza	Sztabin	853	4,34	4,0
16		Oswiec	4369	21,7	9,0
17		Burzyn	6929	35,8	11,3
18	Czarna Hańcza	Bród Stary	136	0,88	1,5
19		Sobolewo	194	1,35	1,8
20		Czerw. Folwark	488	3,59	2,9
21		Jałowy Róg	825	5,48	3,8
22	Marycha	Zelwa	353	1,75	2,6
23	Netta (Rospuda)	Raczki	299	2,39	2,2
24	Netta	Białobrzegi	965	5,57	4,2
25	Elk	Prostki	1156	7,65	4,5
26		Przechody	1453	9,94	5,0
27	Jegrznia	Woźnawieś	852	3,87	4,0
28	Wissa	Czachy	485	2,53	3,0
29	Pisa	Dobrylas	4049	21,6	8,6
30	Szeszupa	Kleszczówek	49	0,44	0,9
31		Poszeszupie	186	1,56	1,8
32	Szczeberka	Szczebra	348	1,20	2,6
33	Bug	Frankopol	30637	114,7	24,5
34	Nurzec	Boćki	535	2,10	3,2
35		Brańsk	1210	4,37	4,9
36	Brok	Nowe Kaczkowo	738	2,87	3,8

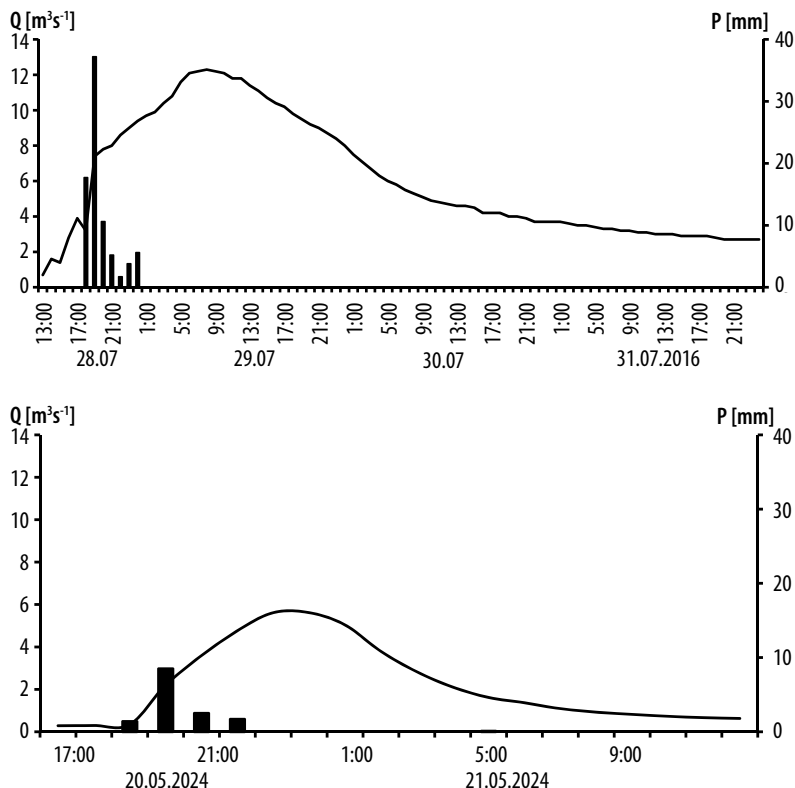
Na podstawie dotychczasowych bezpośrednich obserwacjach i pomiarów hydrologicznych wyznaczono obszary województwa o największym zagrożeniu powodziowym (rys. 5.6.2) Obejmują one przede wszystkim doliny rzek V i VI rzędu (Bug, Narew, Biebrza), a także rzeki Supraśl, Nurzec oraz dolne odcinki Pisy i Nurca.



Rys. 5.6.2. Mapa terenów województwa podlaskiego zagrożonych powodzią – rysunek lewy, rysunek prawy – zasięg wód powodziowych w Kotlinie Biebrzańskiej występujących raz na 10 lat, raz na 100 lat i raz na 500 lat (dane z domeny publicznej ISOK)

Tabela 5.6.2. Charakterystyka wybranych opadowych wezbrań rzeki Białej w profilu Zawady; obliczenia własne na podstawie danych pomiarowych IMGW-PIB

Parametry	Data		
	28.07.2016	07.05.2017	20.05.2024
	powódź	powódź	wezbranie
opad dobowy [mm]	87,7	44,3	14,2
max. natężenie opadu [mm h^{-1}]	37,2	18,2	8,5
objętość wody [mln m^3]	2,54	1,69	0,14
czas trwania wezbrania [h]	47	48	19
przepływ maksymalny [m^3s^{-1}]	16,9	12,3	5,6
spyły szybki	45%	56%	78%
odpływ podziemny	55%	44%	22%

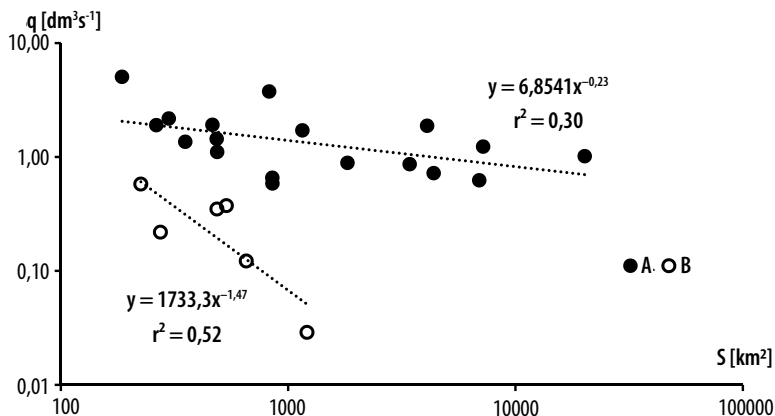


Rys. 5.6.3. Hieto-hydrogram wybranych dwóch wezbrzeń rzek Białej w profilu Zawady (Białystok); dane źródłowe IMGW-PIB

5.7. Susza hydrologiczna

Innym zjawiskiem hydrologicznym dotyczącym rzek jest susza hydrologiczna, która – ze względu na nasilające się zmiany w obiegu wody – coraz częściej występuje w północno-wschodniej Polsce. Jak wynika z badań klimatycznych, zjawisko suszy atmosferycznej, a następnie glebowej i hydrologicznej ma charakter narastający (Górnika 2021; Łupikasa, Małarzewski 2021). Od wiosny do jesieni okresy znacznego niedoboru zasilania atmosferycznego skutkują obniżeniem przepływów rzek poniżej wartości SNQ (średniej z najniższych rocznych

przepływów) obliczonej z wielolecia. Najniższe stany wód głównych rzek w czasie niżówek odpowiadały odpływowi jednostkowemu powyżej $0,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}\text{km}^{-2}$ (grupa A na rys. 5.7.1). Natomiast rzeki z rozwiniętym sztucznym drenażem gruntów rolnych odprowadzały w tym okresie niewielkie ilości wody (grupa B na rys. 5.7.1), a na niektórych odcinkach sieci rzecznej następował całkowity zanik przepływu, określany jako „głębokość niżówek”.



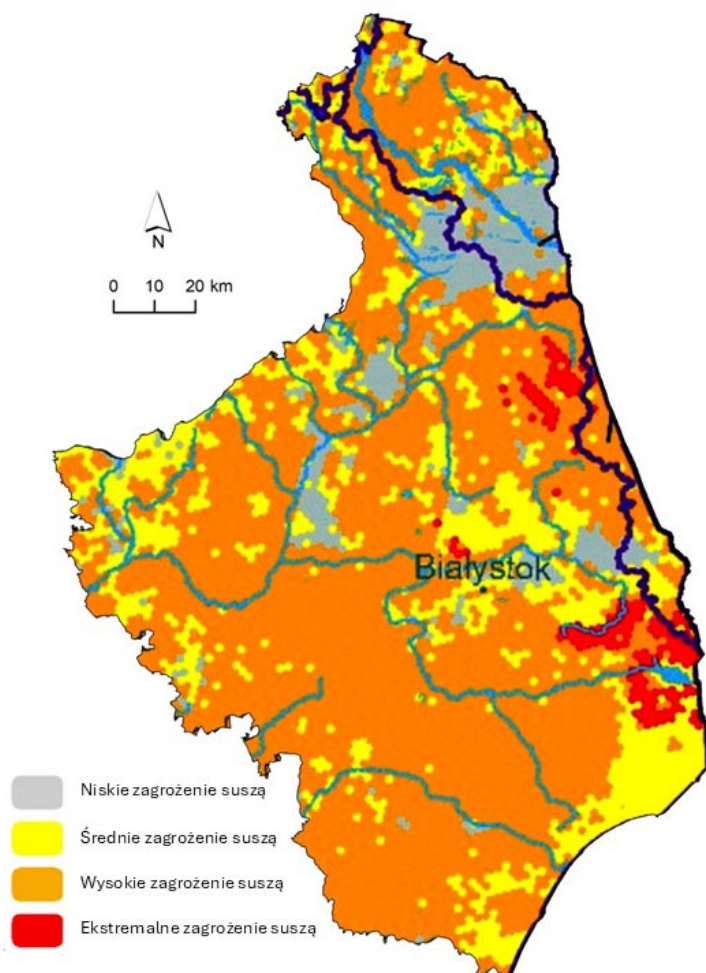
Rys. 5.7.1. Zależność między modułem odpływu przy najniższych przepływach w zależności od wielkości zlewni; A – główne rzeki, B – Nereśl, Brzozówka, Supraśl w Gródku, Nurzec (Boćki, Brańsk)

Niżówka rzeczna jest jednym z lepszych wskaźników rozwoju suszy hydrologicznej w zlewni, gdyż stanowi końcową fazę reakcji systemu rzecznego na niedobory zasilania (Tomaszewski 2012; Kozek-Połomska, Tomaszewski 2024). Procedury i analiza niżówek rzecznych są dużo bardziej precyzyjne w identyfikacji terminów początku i końca suszy. Choć regionalnych badań w tym zakresie dotąd nie prowadzono, wyniki najnowszych analiz Kozak-Połomskiej i Tomaszewskiego (2024) wskazują, że obecność bagiennych dolin rzecznych w części nizinnej Polski zmniejsza zarówno częstość niżówek, jak i zasięg suszy hydrologicznej. Dobrym przykładem jest dorzecze Biebrzy, wyróżniające się najkrótszym czasem ich trwania. W ostatnim trzydziestoleciu (1991-2020) najdłużej trwające niżówki (przekraczające 200 dni w roku) odnotowano w latach: 1996, 2015, 2016 i 2019, występujące w okresie od marca do lipca. Również rok 2025 zapisał się jako ekstremalnie suchy, bez corocznego zalewu doliny Biebrzy. Był to efekt zmniejszonej

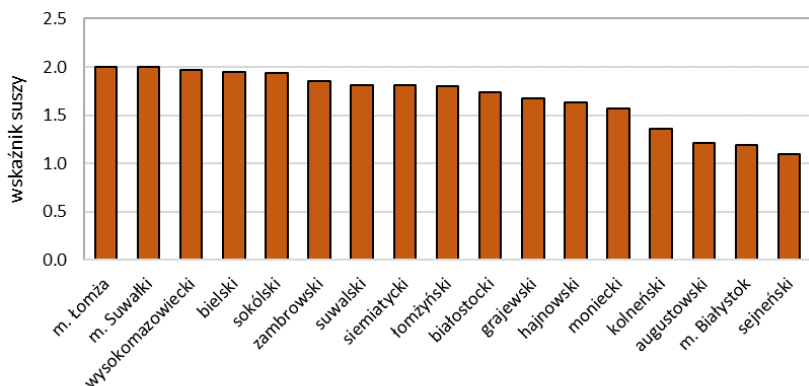
śnieżności okresu zimowego oraz częstego występowania stacjonarnej cyrkulacji antycyklonalnej w pełni wiosny. Takie warunki pogodowe, cyklicznie pojawiające się w pierwszej połowie roku, zwiększają niedobory wody w regionie, wywołane wcześniej przeprowadzonymi melioracjami terenów rolniczych i nie zawsze odpowiednim gospodarowaniem wodą na użytkach rolnych. Wiosną 2025 r. miała miejsce głęboka susza hydrologiczna, a brak wiosennego zalewu dolnej doliny Biebrzy był zjawiskiem rzadko spotykanym w skali ostatnich dekad.

Zagrożenie suszą województwa podlaskiego w XXI w. narasta, podobnie jak winnych regionach Polski; rys. 5.7.2. obrazuje jego aktualne rozmieszczenie (Plan... 2021). Ponad 70% powierzchni województwa jest zagrożone wysokim lub ekstremalnie wysokim natężeniem tego zjawiska, na równi z obszarami centralnej Wielkopolski czy pogranicza województw mazowieckiego i kujawsko-pomorskiego. Na tych terenach susze (rolnicze, hydrologiczne i hydrogeologiczne) o wysokim poziomie prawdopodobieństwa powtarzają się co 2-3 lata, stanowiąc istotny czynnik ograniczający rozwój gospodarczy regionu. Niosą również bezpośrednie zagrożenie niedoboru wody w produkcji roślinnej i rozwijającej się w ostatnim czasie hodowli.

W skali województwa wyliczony wskaźnik suszy osiąga największe wartości dla miast Łomża i Suwałki oraz dla powiatów: wysokomazowieckiego, bielskiego i sokólskiego, a najmniejsze – dla powiatów augustowskiego, sejneńskiego oraz miasta Białystok (rys. 5.7.3). Estymacja skali zagrożenia suszą powinna przekładać się na konkretne działania w zakresie gospodarki wodą (zob. rozdz. *Gospodarka wodna*).



Rys. 5.7.2. Zagrożenie suszą w województwie podlaskim. Źródło danych: Plan Przeciwdziałania Skutkom Suszy, 2021. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 lipca 2021 r. (Dz.U. poz.1615)



Rys. 5.7.3. Wskaźnik zagrożenia suszą w poszczególnych powiatach województwa podlaskiego. Źródło danych: Plan Przeciwdziałania Skutkom Suszy, 2021. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 lipca 2021 r. Wskaźnik suszy dla poszczególnych powiatów województwa podlaskiego obliczono na podstawie sumarycznego zagrożenia suszą podanego w Planie Przeciwdziałania Skutkom Suszy (2021), przypisując rangi 0, 1, 2 i 3 odpowiednio dla obszarów o niskim, średnim, wysokim i ekstremalnym narażeniu na suszę

5.8. Termika wód rzecznych

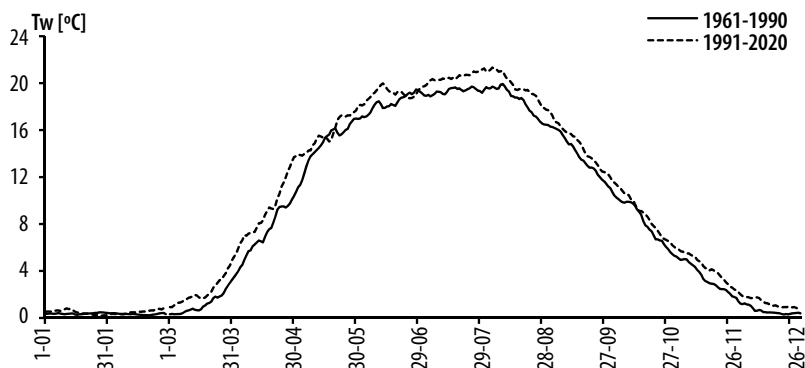
Obok systematycznych, codziennych pomiarów stanu wody w rzekach, na wybranych posterunkach hydrologicznych IMGW-PIB wykonywane są również pomiary temperatury wody o godz. 6.00 (czasu GMT), dawniej o godz. 7.00 czasu urzędowego. W granicach obecnego województwa podlaskiego funkcjonuje osiem stacji pomiarowych z dłuższymi seriami pomiarowymi. Średnio w ciągu roku temperatura wody w rzekach jest o ok. 2°C wyższa niż temperatura powietrza, a najbardziej ogrzany pozostaje odcinek środkowej Narwi, poniżej ujścia Supraśli (tab. 5.8.1). Termiczny reżim rzek północno-wschodniej Polski kwalifikuje je do wód zmiennocieplych (Maheu i in. 2015).

Tabela 5.8.1. Średnia miesięczna temperatura wody rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020 oraz temperatury powietrza w Białymstoku według danych IMGW-PIB

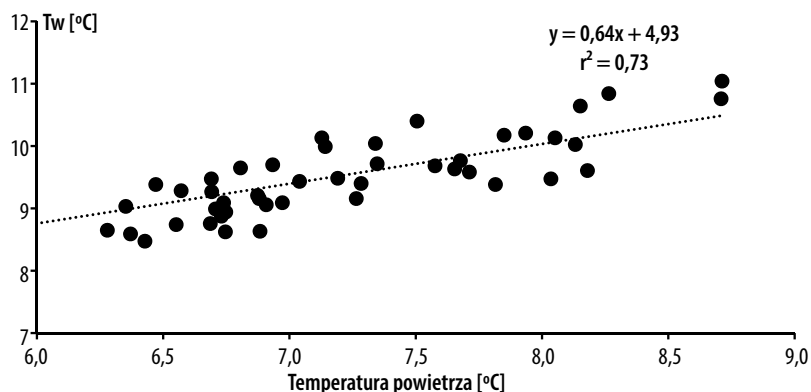
M-ce	Powietrze	Woda rzek							
	Białystok	Nurzec	Bug	Elk	Narew		Biebrza		Pisa
		Brańsk	Franko-pol	Prze-chody	Narew	Strękowa Góra	Szta-bin	Bu-rzyn	Ptaki
I	-2,9	0,8	0,6	1,0	0,9	0,8	0,5	0,5	0,9
II	-2,0	1,1	0,6	1,1	1,0	0,9	0,6	0,6	1,0
III	1,7	2,6	2,6	2,5	2,9	2,9	2,3	2,3	2,6
IV	7,8	9,2	7,7	7,2	8,2	9,1	8,6	8,9	7,2
V	13,0	14,8	14,6	14,2	14,4	15,6	15,2	15,7	14,0
VI	16,4	17,7	18,7	18,1	18,0	19,1	19,0	19,1	18,1
VII	18,4	19,2	20,2	19,8	19,4	20,5	20,3	20,5	19,8
VIII	17,5	18,5	19,5	18,9	18,8	19,6	19,3	19,7	19,5
IX	12,6	13,5	14,4	14,2	14,1	14,7	14,1	14,6	15,3
X	7,3	8,5	9,2	9,1	8,7	9,0	8,4	8,9	10,1
XI	2,7	4,7	4,7	5,0	4,4	4,6	3,9	4,3	5,4
XII	-1,3	2,0	1,7	2,0	1,5	1,8	1,2	1,3	2,1
rok	7,6	9,4	9,5	9,5	9,4	9,9	9,4	9,7	9,7

Naturalna dynamika roczna temperatury wody w rzekach nawiązuje przede wszystkim do sezonowych zmian temperatury powietrza, z minimum w styczniu i maksimum w lipcu (tab. 5.8.1). Dobowe wartości minima osiągają w lutym, zaś maksima w połowie lipca, co potwierdzają przykładowe dane dla Biebrzy w Burzynie (rys. 5.8.1). Obserwowane od lat 90. XX w. globalne ocieplenie powietrza zwiększa nie tylko średnią roczną wartość temperatury wód rzecznych, ale także jej amplitudę oraz liczbę dni z temperaturą wody większą niż 0°C. Charakterystyczne dla klimatu umiarkowanego „falowe” epizody ocieplania i ochładzania powietrza znajdują odzwierciedlenie w dobowej dynamice termiki rzek. Francuskie i amerykańskie analizy wykazały silny, nieliniowy (*S-shape*) związek korelacyjny między średnią tygodniową temperaturą powietrza a temperaturą wód rzecznych (Mohseni i in. 1998; Mohseni, Stefan 1999). Powyżej temperatury powietrza 22-23°C, ze względu na utratę energii podczas parowania wody, zmniejsza się tempo ogrzewania wód rzecznych. Dodatkowo, zmniejszony przepływ rzeczny,

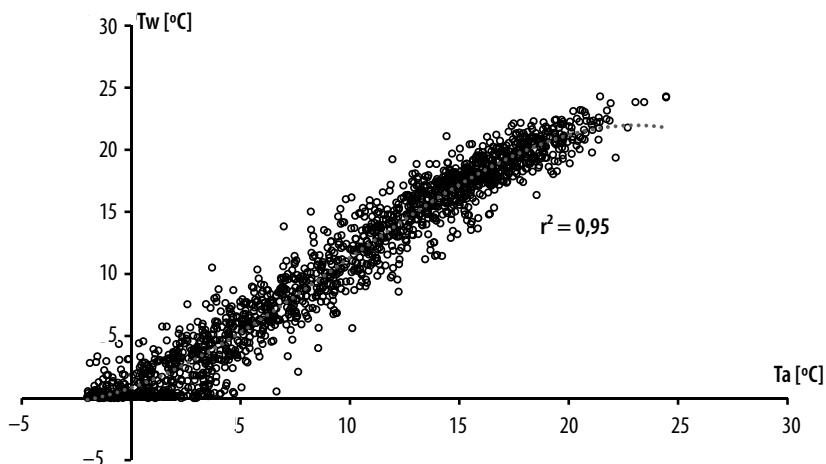
głównie z zasilania podziemnego o mniejszej temperaturze wody, ogranicza nadmierne ogrzewanie się wód (rys. 3.6.3). Analiza danych pomiarowych z ostatnich 60 lat wskazuje na postępujące ocieplenie wód rzecznych północno-wschodniej Polski, początkowo szacowane na blisko 0,2°C na dekadę (Marszałewski, Pius 2015), obecnie przekracza 0,3°C na dekadę. W drugiej dekadzie XXI w. maksymalne odnotowane wartości osiągnęły niemal 28°C (tab. 5.8.2.).



Rys. 5.8.1. Przebieg roczny średniej dobowej temperatury wody Biebrzy w Burzynie w dwóch okresach pomiarowych; dane źródłowe IMGW-PIB (obliczenia własne)



Rys. 5.8.2. Zależność statystyczna między średnią roczną temperaturą powietrza w stacji IMGW-PIB w Biebrzy a temperaturą wody Biebrzy w Burzynie w latach 1961-2020



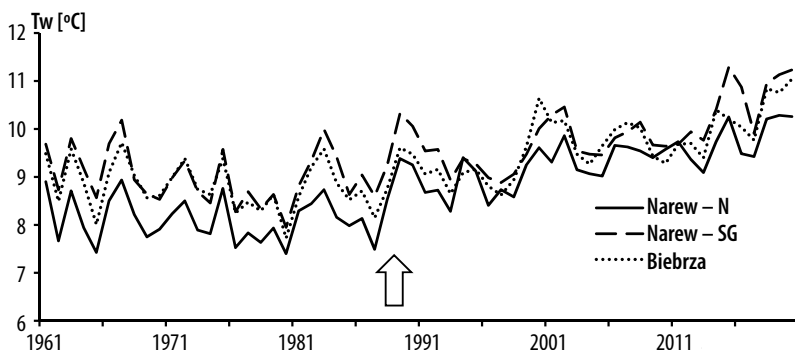
Rys. 5.8.3. Zależność między średnią tygodniową temperaturą powietrza (stacja Biebrza) a temperaturą wody Biebrzy w Burzynie w latach 1961-2000. Dane źródłowe według IMGW-PIB

Tabela 5.8.2. Zmiany średniej rocznej temperatury wód rzecznych w dwóch kolejnych trzydziestoletnich okresach pomiarowych według danych IMGW-PIB; ^{1,2} – pomiary do 2014 r., ³ – brak pomiarów w 2015 i 2016 r.

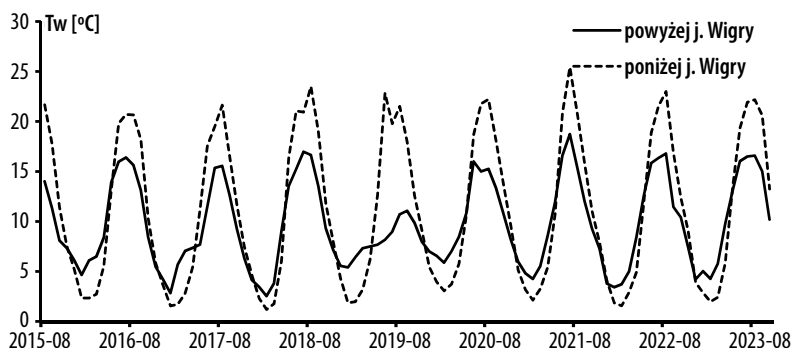
Rzeka	Stacja pomiarowa	Okres pomiarów		Tmax
		1961-1996	1997-2020	1961-2020
Biebrza	Sztabin	7,4	9,7	26,3
	Burzyn	8,9	9,9	27,8
Narew	Narew	8,3	9,5	25,0
Narew	Strękowa G.	9,1	10,0	25,9
Nurzec ¹	Brańsk	8,7	9,4	
Elk ²	Przechody	8,7	9,6	25,2
Bug ³	Frankopol	9,3	9,6	
Pisa	Ptaki		9,9	26,3

Gołek (1961), w pierwszej monografii poświęconej termice rzek Polski, wskazał także na inne czynniki wpływające na zmiany termiki wód rzecznych, takie jak uwarunkowania geologiczne i hydrograficzne, kształt koryta, obecność

roślinności wodnej i przykorytowej (zacienienie wód). Obecność stref z wysokimi makrofitami w zabagnionych dolinach rzecznych oraz pasów drzew ogranicza nagrzewanie się wód rzecznych, dlatego chronione tereny w podlaskich parkach narodowych pełnią ważną, usługową funkcję środowiskową, ograniczając efekty zmian klimatycznych. Większość „manipulacji” środowiskowych dokonywanych przez człowieka prowadzi do wzrostu temperatury wód powierzchniowych, czego przykładem są zbiorniki zaporowe. Po utworzeniu Zbiornika Siemianówka, obserwuje się podwyższenie temperatury wód Narwi (rys. 5.8.4) na dość długim odcinku poniżej zbiornika, co doprowadziło do zmniejszenia różnicy termicznej między wodami Narwi a dopływającej do niej Biebrzy. Podobny wpływ na stosunki termiczne rzek regionu wywierają mniejsze i coraz liczniejsze w województwie podlaskim zbiorniki małej retencji, które przyczyniają się do wzrostu temperatury wód płynących, modyfikując (nie zawsze korzystnie) rzeczne procesy biochemiczne. W krajobrazie młodoglacjalnym rola jezior w kształtowaniu bilansu energetycznego zlewni na stałe wpisana w strukturę układów jeziorno-rzecznych, a zespoły organizmów wodnych dostosowały się funkcjonalnie do zmiennych termicznie siedlisk. Jak bardzo zróżnicowane mogą być te warunki termiczne, ilustrują wyniki monitoringu Czarnej Hańcy prowadzone przez Pracownię Naukową i Edukacyjną Wigierskiego Parku Narodowego (rys. 5.8.5). Dane z roku 2019, sezonu o wyjątkowo wysokich opadach letnich, ukazują potęgający się efekt termiczny.

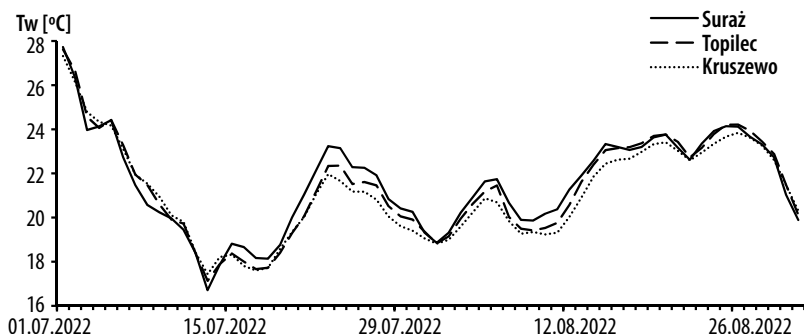


Rys. 5.8.4. Przebieg średniej rocznej temperatury wody: Narwi w Narwi (poniżej Zbiornika Siemianówka), w Strękowej Górze oraz Biebrzy w Burzynie w latach 1961-2020; strzałka wskazuje początek piętrzenia wody w zbiorniku. Dane źródłowe: IMGW-PIB



Rys. 5.8.5. Wpływ Jeziora Wigry na temperaturę wody Czarnej Hańczy w latach 2015-2023; dane udostępnione przez Pracownię Naukowo-Edukacyjną Wigierskiego Parku Narodowego

Pomiary temperatury wód rzecznych zarówno w Wigierskim Parku Narodowym, jak i w Narwiańskim Parku Narodowym (rys. 5.8.6), są prowadzone w trybie ciągłym, co pozwala na szczegółowe dokumentowanie specyfiki zmienności termiki wód płynących w różnych typach koryt rzecznych. Poniższy wykres ilustruje odmienny układ termiczny Narwi, wywołany obecnością zbiornika zaporowego, gdzie w czasie sezonu wegetacyjnego, inaczej niż w warunkach naturalnych, obserwuje się ochładzanie wód w miarę biegu rzeki.



Rys. 5.8.6. Przestrzenna zmienność średniej dobowej temperatury wody Narwi w Suraz, Topilecu i Kruszewie w lipcu i sierpniu 2022 r. na podstawie danych z automatycznych stacji pomiarowych Narwiańskiego Parku Narodowego

Postępujące ocieplenie powietrza oraz wód powierzchniowych ma swoje konsekwencje w reżimie zjawisk lodowych na rzekach. Na większych rzekach, np. Bugu, średni czas ich występowania zmniejszył się prawie o połowę (Bączyk, Suchożębski 2016). Analiza danych do 2020 r. wskazuje na jeszcze większą skalę redukcji czasu trwania pełnej pokrywy lodowej rzek województwa podlaskiego (tab. 5.8.3). Na większych rzekach pokrywa ta utrzymywała się dawniej przez 2-3 miesiące, obecnie zaś – przeważnie mniej niż miesiąc. W małych rzekach, takich jak Narewka czy Brzozówka, pełne zlodzenie niemal nie występuje – pojawia się jedynie krótkotrwale lód brzegowy lub spływ kry. Pokrywa lodowa ma również mniejszą grubość, co ogranicza ryzyko powstawania zatorów lodowych, będących jedną z przyczyn wiosennych powodzi. Tym samym lód odgrywa mniejszą rolę w kształtowaniu morfologii koryt rzecznych w porównaniu z ubiegłym stuleciem.

Tabela 5.8.3. Zmiany średniej liczby dni w kilku pentadach z lat 1966-2020 z pełnym zimowym zlodzeniem (listopad-kwiecień) na wybranych rzekach województwa podlaskiego; na podstawie danych IMGW i obliczeń własnych

Rzeka	Stanowisko	1966-1970	1986-1990	2001-2005	2016-2020
Narew	Suraż	104	51	60	23
	Strękowa Góra	73	30	47	24
	Nowogród	80	20	39	15
Biebrza	Burzyn	96	33	44	16
Pisa	Dobry Las	73	15	20	12
Szczeberka	Szczebra	83	37	32	9
Szeszupa	Poszeszupie	32	11	0	brak
Narewka	Narewka	41	11	3	brak
Brzozówka	Karpowicze	66	25	23	0,4

5.9. Tlen rozpuszczony w wodach rzecznych

Panuje powszechne przekonanie, że naturalne wody płynące na lądach zawsze są dobrze natlenione, a jedynie w przypadku dopływu wód zanieczyszczonych, w tym ścieków, pojawiają się deficyty tlenowe, powodujące „śnięcie ryb”. W świetle analiz chemicznych wód powierzchniowych, prowadzonych z różną częstotliwością przez służby ochrony środowiska (od 1959 r.) oraz badań Zakładu Hydrobiologii Uniwersytetu w Białymstoku, stężenia tlenu rozpuszczonego

w wodach mieszczą się przeważnie w zakresie stanu bardzo dobrego i dobrego. Średnie wartości dla roku wynoszą 8-10 mgO₂dm⁻³. Podczas monitoringu GIOŚ w większości JCWP (214 zlewni) województwa, wartość modalna średniego stężenia tlenu w roku w wodach rzek w latach 2019-2021 wynosiła 9,1 mgO₂dm⁻³, przy zakresie wartości od 3,1 do 12,2 mgO₂dm⁻³ (tab. 5.9.1).

Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic stężenia tlenu w rzekach w zależności od ich rzędowości. Istotne różnice występują natomiast między analizowanymi rzekami, co w większym stopniu odzwierciedla odmienność krajobrazową poszczególnych dorzeczy (tab. 5.9.2).

Rozwój techniki pomiarowej w badaniach wód umożliwia obecnie nie tylko szybkie oznaczenie w terenie gazów rozpuszczonych w wodzie, ale także śledzenie jego dynamiki, np. ilości tlenu w wodzie w ciągu doby. Latem, przy sprzyjających warunkach siedliskowych i stabilności przepływu, dobową amplitudę stężeń tlenu może przekraczać nawet kilka miligramów na litr, co stanowi do 20-30% wartości średniej dobowej. Przykład takich dobowych zmian ilustrują dane z pomiarów prowadzonych na Narwi na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego (rys. 5.9.1).

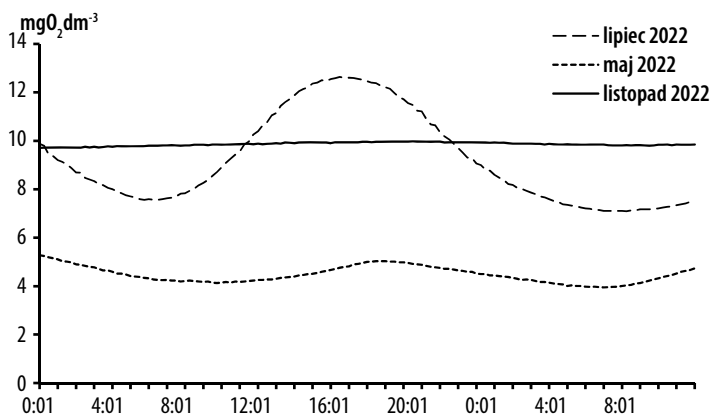
Tabela 5.9.1. Charakterystyka średniego rocznego stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie rzek odwadniających jednolite części wód powierzchniowych (JCWP) województwa podlaskiego w latach 2019-2021; źródło danych – GIOŚ

Przedziały średnich stężeń tlenu w wodach rzek	Liczba JCWP	%
<4,5	2	1%
4,5-5,5	2	1%
5,5-6,5	9	4%
6,5-7,5	25	12%
7,5- 8,5	36	17%
8,5-9,5	52	24%
9,5-10,5	66	31%
10,5-11,5	14	7%
11,5-12,5	8	4%
razem	214	100%

Zarówno pomiary ciągłe prowadzone w wybranych rzekach województwa w ostatnich latach, jak i dane archiwalne z comiesięcznych pomiarów, dawniej prowadzonych przez WIOŚ, a obecnie przez GIOŚ, wskazują na okresowe występowanie deficytów tlenowych w wodach rzek – także niezwiązanych bezpośrednio z incydentami zanieczyszczeń antropogenicznych.

Tabela 5.9.2. Średnie roczne stężenie tlenu w wodzie głównych rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2021; według danych GIOŚ

Rzeka	Liczba stanowisk	Średnia	Odch. stand.
Biebrza	4	8,7	1,16
Bug	3	12,1	0,19
Czarna Hańcza	3	8,2	1,38
Marycha	3	8,9	0,66
Nereśl	3	10,8	1,16
Narew	6	9,8	0,61
Nurzec	4	9,5	0,53
Supraśl	4	8,2	1,44
Orlanka	2	9,2	0,70
Łojewek	2	10,2	0,10
Brzozówka	2	9,7	0,15
Gać	2	8,9	0,50



Rys. 5.9.1. Przykładowy przebieg stężeń tlenu rozpuszczonego w wodzie Narwi na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego w ciągu doby (czas urzędowy)

Okresowe obniżenie stężenia tlenu w wodach rzek województwa podlaskiego w sezonie wegetacyjnym opisywał m.in. Górniak (1996, 2019) jako efekt zwiększonego eksportu naturalnej materii organicznej z zabagnionych dolin i zlewni torfowiskowych. Wraz z wiosennym wzrostem temperatury wód następuje intensywne namnażanie się bakterii, pierwotniaków i grzybów wodnych, co prowadzi do zwiększonego zużycia tlenu, często przewyższającego możliwości jego produkcji przez fitoplankton rzeczny oraz dyfuzji z atmosfery. Dlatego deficyty tlenu w rzekach północno-wschodniej Polski notowane są niejednokrotnie już w kwietniu lub maju, w momencie cofania się wód z teras zalewowych do koryta rzecznego, jeszcze przed pełnym rozwojem makrofytów. Drugim okresem możliwych deficytów w rzekach bogatych w rozpuszczoną naturalną materię organiczną (np. substancje humusowe) są letnie i głębokie niżówki. Wówczas, przy silnym ogrzaniu wód i osadów bogatych w detrytus, wzrasta intensywność procesów respiracyjnych ekosystemu, przewyższając produkcję tlenu przez autochtoniczny fitoplankton i roślinność zanurzoną. Trzeci okres występowania deficytów tlenowych w rzekach województwa przypada na końcową fazę długotrwałej pokrywy lodowej, bez śródzimowych odwilży. Takie zdarzenia notowano kilkakrotnie na Narwi w latach 60. i 70. XX w., gdy zjawiska lodowe na wodach powierzchniowych trwały ponad 120-140 dni (Górniak, Pękała 2001). Występowanie przyduchy może również mieć konsekwencje gospodarcze. Przykładowo, zjawisko przyduchy na Supraśli w 2020 r. spowodowało gwałtowny wzrost kosztów uzdatniania wody przez Wodociągi Białostockie na ujęciu w Jurowcach.

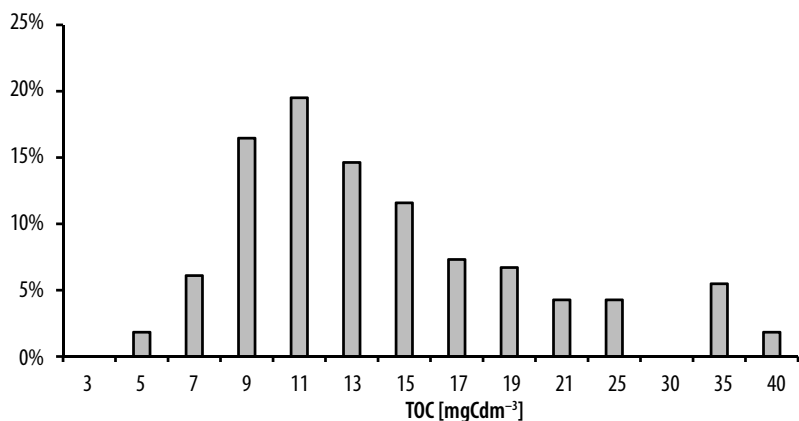
W województwie podlaskim zjawiska śnięcia ryb, związane z głębokimi deficytami tlenu, występowały w latach 1965-1990 co 2-3 lata, na odcinku od Surza aż po Nowogród, w okresie od czerwca do sierpnia. W kilku przypadkach analizy chemiczne potwierdziły całkowity brak tlenu w wodzie. Podobne, naturalne sytuacje występowały i mogą nadal występować w rzekach takich jak Biebrza, Nurzec, Surza czy Sokołda – czyli w rzekach wysoczyznowych, cechujących się stosunkowo wysokimi stężeniami TOC (całkowitego węgla organicznego). Zjawisk takich nie odnotowuje się w rzekach pojeziernych Suwalszczyzny, Pojezierza Etckiego ani w rzece Pisa. Preferowany przez GIOŚ, wraz z odpowiednimi rozporządzeniami, opis warunków tlenowych, oparty jedynie na podstawie średniego stężenia tlenu w wodach powierzchniowych Polski, jest niedoskonały. Prowadzone na jego podstawie klasyfikacje stanu ekologicznego są obciążone

wplywem temperatury wody na uzyskany wynik. Znacznie bardziej obiektywnym parametrem w tym względzie jest stopień wysycenia wody tlenem (%).

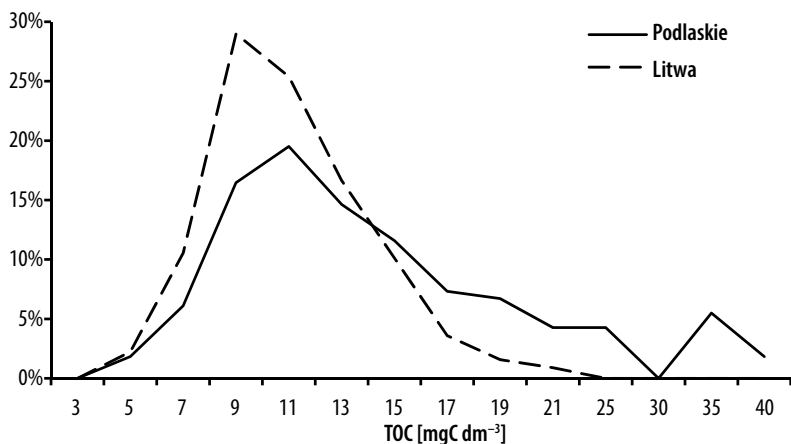
5.10. Związki węgla organicznego wód rzecznych

Ze względu na liczne występowanie gleb organicznych w dolinach rzecznych, wody płynące województwa podlaskiego charakteryzują się bardzo szerokim zakresem stężeń całkowitej zawartości związków węgla organicznego. W latach 2019-2021, w ramach monitoringu GIOŚ prowadzonego na wszystkich rzekach odwadniających jednolite części wód powierzchniowych, najmniejsze średnie roczne stężenia TOC stwierdzono w Usnarce ($4,14 \text{ mgCdm}^{-3}$), a największe w strumieniu Derazina ($39,9 \text{ mgCdm}^{-3}$). Już w pierwszym okresie pomiarów tego parametru, powszechnie analizowanego w Polsce dopiero od 2003-2004 r. w laboratoriach WIOŚ, wskazywano na jego szczególnie wysokie wartości w północno-wschodniej Polsce, w porównaniu do innych regionów kraju (Górniak 2017, 2019). W zlewniach torfowiskowych strumieni stężenie TOC może przekraczać 80 mgCdm^{-3} , czyli wartości porównywalne z odnotowywanymi w wodach gruntowych torfowisk (Górniak 1996). Potwierdza to histogram stężeń TOC w rzekach województwa. Wysokie stężenia TOC są zazwyczaj charakterystyczne dla ścieków i wód rzecznych silnie zanieczyszczonych, natomiast w analizowanym regionie stanowią one naturalną cechę wód płynących, wynikającą z właściwości środowiska i charakteru odwadnianych zlewni.

Zwiększona obecność naturalnej materii organicznej (NOM) w wodach płynących jest charakterystyczna głównie dla krajów skandynawskich, nadbałtyckich oraz Kanady (Gjessing 1976; Meybeck 1982). Występowanie zwiększonego stężenia TOC ma istotne znaczenie z punktu widzenia technologii uzdatniania wody, ponieważ wymaga dodatkowych procedur usuwania zabarwienia wody poprzez ozonowanie (Górniak 1996). Zastosowanie takiej metody wynika z obecności aromatycznych związków węgla organicznego, pochodzenia glebowego (substancji humusowych), które są trudno rozkładalne przez mikroorganizmy glebowe i wodne. Okazuje się, że zawartość TOC w rzekach województwa podlaskiego jest bardzo zbliżona do wartości stwierdzanych w rzekach Litwy (rys. 5.10.2), co wynika głównie z podobieństwa polodowcowego krajobrazu, w którym znaczną rolę odgrywają tereny torfowiskowe.



Rys. 5.10.1. Histogram średniego rocznego stężenia całkowitego węgla organicznego (TOC) w rzekach województwa podlaskiego w latach 2019-2021; dane według GIOŚ

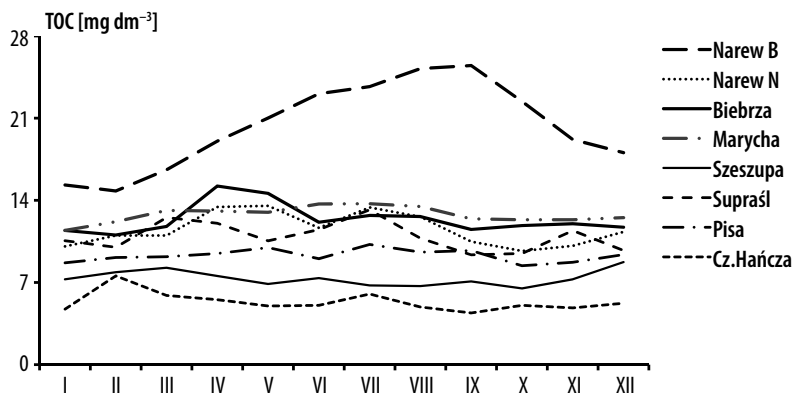


Rys. 5.10.2. Histogram stężeń TOC w rzekach województwa podlaskiego oraz na terenie Litwy; opracowano na podstawie danych Państwowego Monitoringu Rzek Litwy z lat 2009-2017 (Górniak, dane niepublikowane)

Zwiększona obecność materii organicznej w rzekach (TOC), zarówno w postaci rozpuszczonej (ang. DOC – *dissolved organic carbon*), jak i w zawiesinie (POC – *particular organic carbon*) utrzymuje się w podlaskich rzekach niemal przez cały rok, a relacja między DOC i POC wynosi przeciętnie 10:1 (Wetzel

2000; Górniak 1996). W większości rzek Polski wzrost stężeń TOC ogranicza się jedynie do czasu większych wezbrań rzecznych (rys. 5.10.3). Natomiast w północno-wschodniej części kraju maksimum stężenia przypada na koniec wiosny, a minimum na jesień, przy czym najmniejsze wartości TOC notuje się podczas przedłużających się okresów susz hydrologicznych (Zieliński i in. 2009). W rzekach województwa podlaskiego stężenie TOC jest dodatkowo podwyższone przez funkcjonowanie zbiorników retencyjnych, a ich wpływ jest zauważalny niemal przez cały rok (rys. 5.10.3). Rzeki pojezierne regionu (Czarna Hańcza, Pisa, Elk, Jędrzna) zawierają niemal dwukrotnie mniej TOC niż rzeki wysoczyzn starogalajalnych.

Uwzględniając aspekty hydrologiczne i biogeochemiczne, można stwierdzić, że zlewnie rzeczne województwa podlaskiego, należące do dorzecza Wiśły, są istotnym źródłem eksportu węgla organicznego do Morza Bałtyckiego (tab. 5.10.1). Poziom tego eksportu jednostkowego jest zbliżony do wartości notowanych w zlewniach skandynawskich (Górniak 2017, 2019). O tempie wynoszenia węgla organicznego ze zlewni, oprócz obecności gleb organicznych, decyduje przede wszystkim wielkość odpływu jednostkowego, która pozostaje wprost proporcjonalna do wielkości eksportu (rys. 5.10.4). Obecność jezior i zbiorników w systemie rzeczonym w różnym stopniu modyfikuje ten proces, co przekłada się na ich odmienną rolę w obiegu węgla organicznego.



Rys. 5.10.3. Średnie miesięczne stężenia ogólnego węgla organicznego (TOC) w rzekach województwa podlaskiego; według danych GIOŚ, z uzupełnieniem o dane własne

Znaczącą rolę w procesie wynoszenia TOC ze zlewni odgrywają tempo i charakter obiegu wody, gdyż dominujący udział w eksporcie węgla organicznego ma spływ powierzchniowy, a głównym jego źródłem jest pokrywa glebowa. W przypadku zasilania rzek głównie wodami podziemnymi – jak ma to miejsce w rzekach pojeziernych – wynoszenie TOC ze zlewni jest blisko dwukrotnie mniejsze. Różnice te dotyczą również wieloletniej zmienności eksportu oraz ubytku materii organicznej w wodach rzecznych podczas okresów suszy. Wpływają one istotnie na funkcjonowanie całego łańcucha troficznego ekosystemów rzecznych oraz na skład ich struktur taksonomicznych (więcej w rozdz. *Struktura ekosystemów wodnych*).

Tabela 5.10.1. Charakterystyka stężenia i ładunków węgla organicznego (Ld) wynoszonych rzekami ze zlewni województwa podlaskiego, według Górniaka (2019) z uzupełnieniami; SD – odchylenie standardowe

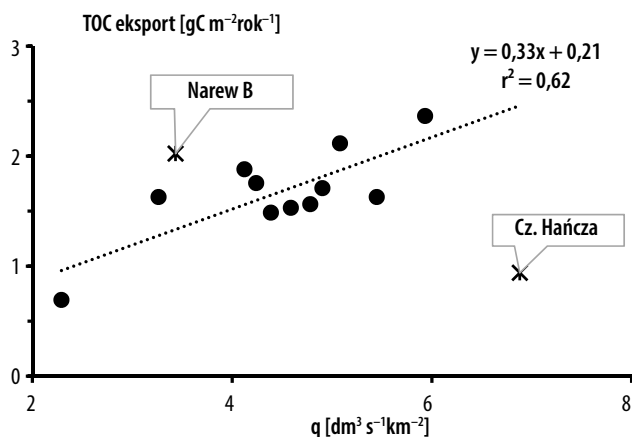
Rzeka	Miejscowość	Okres pomiarów	SQ	q	TOC			
					Śred.	SD	Ld	SD
			[m ³ s ⁻¹]	[ls ⁻¹ km ⁻²]	[mgCdm ⁻³]		[gCm ⁻² rok ⁻¹]	
Narew	Bondary	2000-2020	3,72	3,43	18,1	3,12	2,02	0,91
	Strękowa Góra	2000-2020	30,6	4,24	13,1	6,66	1,76	0,83
	Nowogród	2000-2021	92,5	4,59	10,7	1,78	1,53	0,40
Biebrza	Burzyn	2000-2020	35,2	5,08	14,7	5,86	2,12	0,85
Supraśl	Nowodworce	2000-2020	6,89	4,78	10,1	2,18	1,56	0,59
	Dzikie	2000-2020	8,86	4,90	10,5	1,74	1,70	0,54
Czarna	Sochonie	2000-2014	0,83	4,39	10,8	1,54	1,49	0,25
Czarna Hańcza	Sobolewo	2000-2020	1,33	6,88	4,3	1,83	0,94	0,38
Szeszupa	Poszeszupie	2000-2020	0,77	4,12	7,3	1,06	1,88	0,40
Marycha	Zelwa	2000-2020	1,58	5,93	12,5	1,29	2,37	0,86
Pisa	Morgowniki	2000-2014	22,2	5,45	9,5	1,64	1,63	0,51
Nurzec	Tworowice	2000-2020	4,27	2,29	8,8	3,08	0,69	0,48
Brok	Zamoście	2000-2014	2,41	3,26	9,5	1,60	1,63	0,51

Tabela 5.10.2. Porównanie rocznego eksportu węgla organicznego i jego form ze zlewni województwa podlaskiego i głównych rzek Polski; według danych GIOŚ z lat 2000-2014 (Górniak – dane niepublikowane)

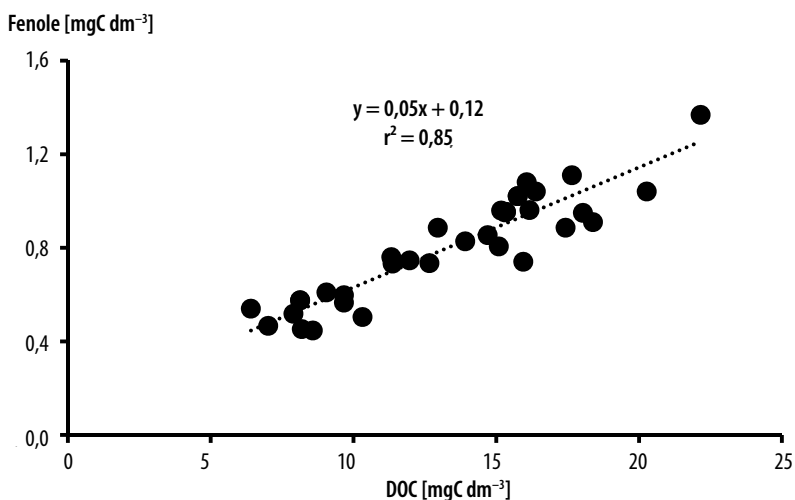
Rzeka	Miejscowość	Ładunek ze zlewni kgC ha	Forma ładunku (%)	
		razem	powierzchniowy	podziemny
Region północno-wschodniej Polski				
Czarna Hańcza	Sobolewo	11,0	35%	65%
Szeszupa	Poszeszupie	20,4	63%	37%
Pisa	Morgowniki	16,3	47%	53%
Czarna	Sochonie	14,9	62%	38%
Biebrza	Burzyn	22,9	55%	45%
Brok	Zamoście	9,3	88%	12%
Nurzec	Tworowice	10,4	81%	19%
Supraśl	Nowodworce	17,1	71%	29%
Bug	Wyszków	17,3	62%	38%
Narew	Pułtusk	21,4	50%	50%
Inne rzeki Polski				
Wisła	Kieżmark	15,6	58%	42%
Odra	Krajnik	15,0	42%	58%
San	Wrzawy	13,6	68%	32%

Z licznych i wieloletnich badań nad materią organiczną w rzekach, prowadzonych przez Zakład Hydrobiologii Uniwersytetu w Białymstoku, wynika, że zwiększona obecność fenoli w wodach rzek regionu jest efektem naturalnego rozkładu materii organicznej w glebach mineralnych i torfowych. Potwierdza to istotna statystycznie zależność ze stężeniem DOC (rys. 5.10.5).

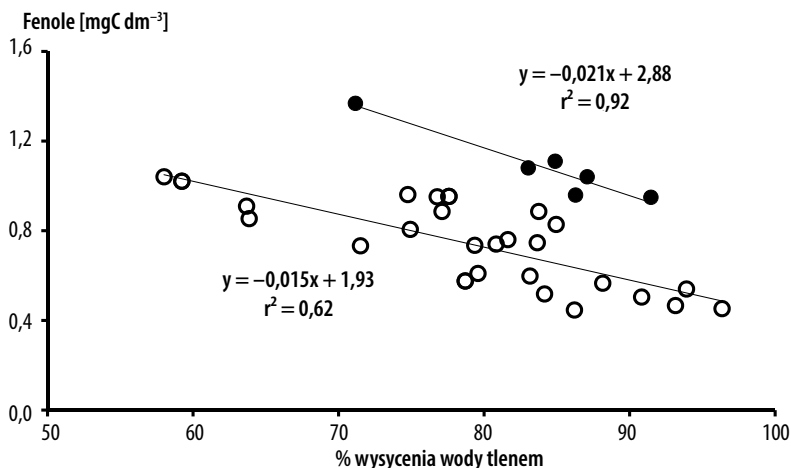
Glebową materię organiczną intensywnie wynoszona do wód staje się czynnikiem aktywującym funkcjonowanie mikroorganizmów wodnych, wykorzystujących zasoby tlenu rozpuszczonego w wodach rzecznych. Istotna statystycznie zależność (przy $p < 0,001$) potwierdza to zjawisko. W rzekach, których zlewnie charakteryzują się zwiększonym udziałem torfowisk dolinnych (rys. 5.10.6), ubytek rzeczno-ego tlenu jest większy niż w zlewniach o mniejszym udziale powierzchni zlewni.



Rys. 5.10.4. Zależność odpływu jednostkowego ze zlewni od tempa rzecznej wynoszenia związków węgla organicznego w województwie podlaskim w latach 2000-2020; Narew B – Bondary (poniżej zbiornika), Czarna Hańcza – Sobolewo.



Rys. 5.10.5. Zależność statystyczna stężenia fenoli od obecności DOC w wodach rzecznych województwa podlaskiego w latach 2009-2012 (niepublikowane dane z projektu NCN)



Rys. 5.10.6. Zależność statystyczna stężenia fenoli od stopnia wysycenia wody tlenem w rzekach województwa podlaskiego w latach 2009-2012; znaczniki wypełnione – zlewnie o charakterze torfowiskowym, brak wypełnienia – pozostałe zlewnie (dane niepublikowane, A. Górniak, projekt NCN)

5.11. Skład chemiczny wód rzecznych

5.11.1. Zróżnicowanie przestrzenne i sezonowe

Cechą wód rzecznych jest ich ciągła zmienność w czasie i przestrzeni, wynikająca z okresowego zasilania atmosferycznego. Woda opadowa, spływając po powierzchni terenu i krążąc w cyklu podziemnym, dociera do rzek, niosąc ze sobą jony i cząstki stałe (zawiesinę) jako efekt procesów hydrolizy, rozpuszczania, hydratacji czy chelatyzacji skał i minerałów (Lewis 2010). Procesy hydrologiczne i fizyko-chemiczne zachodzące zarówno w zlewni, jak i w samym korycie rzeczonym modyfikują właściwości chemiczne wód. Regionalne uwarunkowania środowiskowe sprawiają, że rzeki województwa podlaskiego zawierają umiarkowaną ilość zawiesiny, przeważnie poniżej 20 mg·dm⁻³, za wyjątkiem rzeki Bug, bogatej w drobne cząstki stałe wskutek ciągłych turbulencji przepływu i resuspensji znacznych ilości osadów dostarczanych z wyżynnej części dorzecza. Najmniejsze stężenia zawiesiny występują w wodach szybko płynących terenów pojeziernych, gdzie dominuje frakcja piasku i żwiru. Generalnie każdy wzrost przepływu wody

wywołany zasilaniem atmosferycznym zwiększa stężenie cząstek stałych oraz intensyfikację barwy wód. W rzekach województwa podlaskiego barwa ta jest wyraźnie większa niż w innych regionach kraju, co wynika głównie z obecności gleb organicznych, zwłaszcza torfów, oraz lasów, które zasilają wody powierzchniowe w substancje humusowe i związane z nimi formy żelaza i manganu (Górnika 1996). Wody rzeczne regionu charakteryzują się umiarkowaną zawartością substancji mineralnych w roztworze, dlatego przewodność właściwa (EC) nie przekracza $550 \mu\text{S cm}^{-1}$, co odpowiada ok. $500\text{--}550 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ w przeliczeniu na jednostki wagowe. Wśród kationów dominuje wapń i magnez, a wśród anionów wodorowęglany i siarczany (tab. 5.11.1.1). W rzekach obciążonych ściekami komunalnymi (Bug, Orlanka) średnie stężenie chlorków jest wyższe niż w innych rzekach regionu, lecz blisko dziesięciokrotnie niższe niż w wodach górnej Wisły czy Odry.

Tabela 5.11.1.1. Średnie roczne stężenie głównych jonów w rzekach województwa podlaskiego w latach 2019–2021, według danych GIOŚ; n – liczba stanowisk badawczych

Rzeka	n	Rzę- do- wość	bar- wa	zawie- sina	EC	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	Si
jed- nostka			mgPt/	mg dm ⁻³			mg dm ⁻³						
Narew	6	3-7	76	8,2	361	7,78	61,1	9,0	215	24,5	10,3	0,16	3,55
Bug	3	4-6	bd	46,6	529	8,53	89,4	8,8	223	48,7	35,4	0,20	bd
Biebrza	4	2-6	48	3,3	449	7,85	72,0	15,5	270	24,9	9,4	0,18	4,83
Cz. Hańcza	3	2-3	31	3,5	451	7,87	65,1	12,3	248	19,6	14,7	0,17	5,35
Marycha	3	2-3	37	3,0	446	8,07	80,7	14,7	271	23,8	11,2	0,17	2,62
Nereśl	3	2-3	40	12,8	514	7,77	81,7	16,5	282	36,7	19,3	0,20	4,98
Nurzec	4	2-5	75	7,2	392	7,63	73,2	9,9	206	25,7	10,0	0,17	3,27
Supraśl	4	2-5	102	5,5	411	7,58	72,1	9,4	200	26,4	9,7	0,19	2,10
Orlanka	2	2-3	56	10,7	506	7,64	74,6	10,3	221	29,0	27,9	0,17	2,52
Łojewek	2	2-3	32	18,8	439	8,10	82,0	12,5	264	28,0	8,4	0,16	6,55
Brzo- zówka	2	2-4	47	7,5	461	7,82	78,3	15,8	291	34,4	9,1	0,19	4,75
Gać	2	2-3	31	8,8	442	7,76	70,9	12,7	248	23,3	14,9	0,19	4,43

Tabela 5.11.1.2. Średnie stężenie [mg/dm⁻³] pierwiastków biogennych i ich form w wodach głównych rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2021 według danych GIOŚ. Wyliczenia ze wszystkich stanowisk badawczych dla danej rzeki (3 < n < 5)

Rzeka	TN	N Kjeld	Norg	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃	N-NO ₂	P-PO ₄ ³⁻	TP	TOC
Narew	2,51	1,55	1,57	0,07	0,86	0,01	0,046	0,152	15,2
Bug	3,01	1,99	1,91	0,08	1,02	0,01	0,073	0,311	15,6
Biebrza	1,49	0,99	0,95	0,03	0,51	0,01	0,028	0,073	15,7
Czarna Hańcza	1,69	0,94	0,92	0,08	0,67	0,02	0,020	0,063	10,1
Marycha	1,64	1,13	1,04	0,09	0,50	0,01	0,017	0,077	11,1
Nereśl	4,05	1,49	1,31	0,20	2,51	0,02	0,064	0,230	14,0
Nurzec	2,27	1,01	0,92	0,08	1,26	0,02	0,057	0,129	11,6
Supraśl	2,90	1,44	1,00	0,37	1,45	0,08	0,165	0,280	12,8
Orlanka	3,52	1,32	1,22	0,09	2,18	0,03	0,075	0,229	12,1
Łojewek	3,09	0,96	0,89	0,04	2,13	0,02	0,070	0,127	6,1
Brzozówka	1,78	0,82	0,76	0,05	0,96	0,01	0,031	0,090	10,5
Gać	2,97	1,37	1,26	0,14	1,54	0,03	0,095	0,184	8,8

Odmienność charakteru hydrochemicznego rzeki Bug i jej antropogeniczne zmiany, w porównaniu do innych rzek województwa, są dobrze widoczne w strukturze jonowej (rys. 5.11.1.1). W dominującej części województwa rzeki posiadają przeważnie wody o składzie dwu- lub trójjonowym (wodorowęglanowo-wapniowym lub wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowym); pod wpływem aktywności człowieka przyjmują charakter czterojonowy. W strukturze anionów wody rzeki Bug zaznacza się zwiększony udział azotanów V, czego nie obserwuje się w wodach podziemnych regionu (rys. 5.11.1.1).

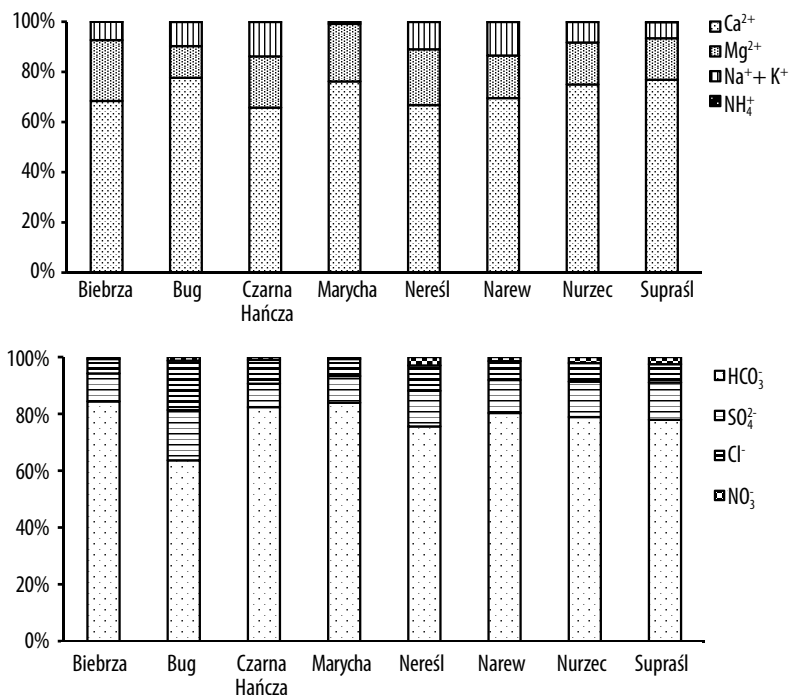
Kolejną specyficzną cechą hydrochemiczną wód rzecznych omawianego województwa jest zwiększona zasobność wód w azot (TN), fosfor (TP) i związki węgla organicznego (TOC). Całkowite średnie roczne stężenie związków azotu w wodach powierzchniowych wynosi 2,5 mgN dm⁻³, co odpowiada wartościom typowym dla rzek o niewielkim lub średnim stopniu przekształceń antropogenicznych. Wyższe stężenia odnotowano w rzekach podlegających eutrofizacji. W grupie rzek o mniejszej zasobności w azot (Czarna Hańcza, Marycha, Brzozówka czy Biebrza), dominującą formą są związki azotu organicznego. Wraz ze wzrostem

żyźności wód obserwuje się natomiast przewagę azotanów nad azotem organicznym (tab. 5.11.1.2). W rzekach, których zlewnie charakteryzują się niewielkim udziałem obszarów bagiennych, średnie stężenie roczne azotu amonowego nie przekracza $0,1 \text{ mgN dm}^{-3}$, zaś przy zwiększonym ich udziale – tak jak w przypadku Supraśli, Nereśli czy Gaci – wzrastają dwu- lub trzykrotnie. Obecność jonów azotynowych (azotanów III) w większych rzekach województwa podlaskiego utrzymuje się na niskim poziomie, co świadczy o niewielkim i ograniczonym dopływie wód zanieczyszczonych. Powszechne występowanie gleb organicznych w dolinach rzecznych regionu jest przyczyną znacznej zasobności wód płynących w fosfor, zwłaszcza w jego organicznej formie pochodzenia glebowego. Jest to wyraźny wpływ naturalnych uwarunkowań środowiskowych na zwiększone stężenia TP w rzekach województwa, który nie może być utożsamiany z antropogenicznym zanieczyszczeniem wód powierzchniowych. W związku z tym, nie powinien stanowić czynnika wpływającego na klasyfikację stanu ekologicznego tych wód. Z dotychczasowych studiów hydrochemicznych dorzecza Narwi wiemy, że każdy wzrost stężenia naturalnej materii organicznej (TOC) w rzekach skutkuje wzrostem średniego stężenia azotu organicznego o $0,3 \text{ mgN dm}^{-3}$ i $11 \mu\text{gTP dm}^{-3}$ (Górniak 2019). Dlatego przy ustalaniu normatywnego zakresu stężeń form azotu i fosforu dla rzek regionu należy znacząco rozszerzyć ich dopuszczalny zakres, z uwzględnieniem naturalnych uwarunkowań środowiskowych, a nie jedynie potencjalnych przekształceń antropogenicznych.

O korzystnych dla hydrobiontów warunkach hydrochemicznych funkcjonowania rzek regionu świadczy odpowiednie stężenie krzemu rozpuszczonego w wodzie, niezbędnego dla wielu gatunków hydrobiontów (np. glonów, gąbek). Podwyższone stężenia krzemianów odnotowano w wodzie Czarnej Hańcy i rzeki Łojewek, najmniejsze natomiast w wodach rzek Marychy, Supraśli i Orlanki (tab. 5.11.1.1).

Największe i najdłuższe rzeki regionu, scharakteryzowane powyżej, w miarę biegu zmieniają swój ustrój hydrologiczny czy charakter dolin. Dla wykazania istotnych różnic hydrochemicznych między typami abiotycznymi i wielkością rzek, zestawiono średnie wartości parametrów wód tylko dla rzek II rzędu (tab. 5.11.1.3). Rzeki nizinne i torfowiskowe są bogatsze w rozpuszczone związki mineralne niż strumienie, co potwierdza wyższa średnia przewodność właściwa (EC) wody – wyższa o 50 do $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ – oraz zwiększone stężenia głównych

kationów i anionów. Różnice te są jeszcze bardziej widoczne w przypadku parametrów biogennych, takich jak zawartość azotu i fosforu.



Rys. 5.11.1.1. Struktura kationów (wykres górny) i anionów (dolny) wód rzecznych województwa podlaskiego w latach 2019-2021 (wyliczenia według danych GIOŚ)

Nizinny charakter rzek regionu, a co za tym idzie – wolny przepływ wód w sieci rzecznej w zlewniach piaszczysto-gliniastych i osadach rzecznych tego samego typu, prowadzi do specyficznych modyfikacji hydrochemicznych, widocznych już na najniższym poziomie organizacyjnym sieci rzecznej. Wynika to z podobieństwa morfologicznego rzek najniższej rzędowości. Zestawienie w tabeli 5.11.1.3 wskazuje na umiarkowaną zmienność stężeń substancji mineralnych rozpuszczonych w wodzie (parametr EC), wodorowęglanów oraz parametrów powiązanych z procesami rozkładu materii organicznej. W rzekach II rzędu, w porównaniu z ciekami I rzędu, statystycznie istotnie zmniejsza się stężenie siarczanów i chlorków. Jest to efekt zmian warunków oksydo-redukcyjnych, związanych ze wzrostem

objętości wód strumieni, co ogranicza wpływ procesów beztlenowych w osadach dennych na skład chemiczny wody.

Tabela 5.11.1.3. Średnie roczne stężenia wybranych parametrów chemicznych wód rzecznych II rzędu o zróżnicowanych warunkach abiotycznych w latach 2019-2021, na podstawie danych GIOŚ z obszaru województwa podlaskiego

Parametr	Jednostki	Typy abiotyczne rzek				
		strumień nizinny piaszczysty	strumień nizinny	rzeka nizinna	strumień torfowiskowy	rzeki torfowiskowe
liczba rzek		4	44	4	8	4
barwa	mgPt dm ⁻³	36	44	36	100	42
zawiesina	mg dm ⁻³	8,4	8,4	3,1	10,6	11,1
EC	μS cm ⁻¹	407	498	517	408	460
pH		8,03	7,78	7,85	7,69	7,85
Ca ²⁺	mg dm ⁻³	67,8	84,3	91,4	75,6	83,3
Mg ²⁺		13,1	15,8	16,3	10,7	15,1
HCO ₃		263,9	274,9	291,9	240,0	269,7
SO ₄ ²⁻		16,1	39,8	39,2	22,6	25,3
Cl ⁻		8,3	19,5	14,6	8,7	10,4
F ⁻		0,19	0,17	0,19	0,17	0,19
Si		3,67	4,05	5,61	5,71	3,83
TN		1,03	3,56	3,64	2,68	2,67
NKjeld	mg dm ⁻³	0,79	1,32	1,26	1,52	1,11
Norg		0,75	1,13	1,18	1,41	1,00
N-NH ₄ ⁺		0,04	0,18	0,07	0,11	0,08
N-NO ₃		0,24	2,22	2,36	1,15	1,57
N-NO ₂		0,00	0,03	0,03	0,01	0,02
P-PO ₄ ³⁻		0,020	0,085	0,073	0,042	0,070
TP		0,048	0,218	0,135	0,136	0,146
TOC	mgC dm ⁻³	14,3	10,3	7,1	20,1	8,4
C ass	% TOC	3,0	7,8	8,8	3,7	8,5
C : N		19,1	9,1	6,0	14,3	8,3

Tabela 5.11.1.4. Porównanie średniej wartości analizowanych parametrów wód w strumieniach nizinnych województwa podlaskiego o zróżnicowanej rzędowości, na podstawie danych z monitoringu rzek prowadzonego przez GIOŚ w latach 2019-2021

Parametr	Jednostka	Rząd rzeki	
		I	II
liczba rzek		7	37
pH		7,90	7,76
EC	$\mu\text{S cm}^{-1}$	474	502
barwa	mgPt dm^{-3}	37,1	45,1
Ca^{2+}	mg dm^{-3}	85,0	84,2
Mg^{2+}		13,4	16,1
Si		4,98	3,93
HCO_3		261,7	276,2
SO_4		93,4	31,4
Cl		29,8	18,3
F		0,20	0,17
TN		3,19	3,63
Norg		1,28	1,11
N-NH_4^+		0,14	0,19
N-NO_3		1,75	2,31
N-NO_2		0,02	0,03
P-PO_4^{3-}		0,070	0,088
TP		0,154	0,231
TOC	mgC dm^{-3}	9,3	10,5
C ass	% TOC	7,8	7,7
C : N		7,3	9,5

Pojawianie się tzw. bariery tlenowej, wraz z intensywnością przepływu wody w strumieniu, zmniejsza tempo wynoszenia siarczanów i chlorków ze zlewni do wód powierzchniowych. Zbyt wąska strefa riparialna podmokłych siedlisk w niewielkim stopniu ogranicza dopływ zlewniowego ładunku biogenów do rzek. Bogactwo materii organicznej w środowisku wodnym rzek województwa oraz procesy jej biologicznego przekształcania prowadzą do zwiększonego

uwalniania form azotu azotanowego i amonowego, a także ortofosforanów do wód. W konsekwencji niewielki przepływ w strumieniach pochodzących ze zmeliorowanych zlewni o glebach gliniastych, które w okresie letnim często wysychają, okazuje się główną przyczyną wysokich stężeń azotanów. Sytuacja ta nie wynika bezpośrednio z poziomu nawożenia gleb uprawnych, lecz jest efektem zmian hydrologicznych zlewni. Zgodnie z Dyrektywą 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r., dotyczącą ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego, państwa członkowskie Unii Europejskiej zostały zobowiązane do podjęcia konkretnych działań. Polska przystąpiła do realizacji zapisów tzw. dyrektywy azotanowej z dniem wstąpienia do Unii Europejskiej, a w 2012 roku zdecydowała się na wyznaczenie obszarów szczególnie narażonych (OSN).

W województwie podlaskim takie obszary zidentyfikowano w południowo-zachodniej części regionu i objęto nimi tereny 10 gmin w powiatach: białostockim, wysokomazowieckim i zambrowskim (rys. 5.11.1.2). Obszar ten obejmuje sześć jednolitych części wód powierzchniowych, o łącznej powierzchni 453,9 km².

Zróźnicowanie jakości wód rzecznych w obszarach o podobnym krajobrazie zwiększa się w zależności od odmiennego użytkowania terenu. Wyraźnie ilustrują to wyniki rocznych badań składu chemicznego trzech strumieni okolic Białegostoku, gdzie Cieliczanka odwadnia zlewnię zalesioną, Biała powyżej Białegostoku odwadnia tereny rolnicze, a Dolistówka jest strumieniem w terenie silnie zurbanizowanym (tab. 5.11.1.5). Wylesienia, uprawa gleby oraz urbanizacja radykalnie zmieniają warunki i charakter obiegu wody i prowadzą do istotnych zmian w składzie chemicznym wód powierzchniowych. Wraz ze spadkiem lesistości obserwuje się wzrost zawartości substancji mineralnych rozpuszczonych w wodzie rzecznej (wzrost EC, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻). Szczególnie istotny jest wzrost stężenia jonów wprowadzanych sztucznie przez człowieka, jak sód i chlorki. W zlewniach nizinnych pozbawionych lasów stwierdza się ponadto podwyższone stężenie mineralnych form azotu (azotany V, jony amonowe) i fosforu. Jednocześnie obserwuje się stopniowy spadek zasobów materii organicznej oraz dominujących w niej form, które charakteryzują się większą podatnością na rozkład mikrobiologiczny.



Rys. 5.11.1.2. Zlewnie rzeczne województwa podlaskiego zagrożone wysokimi stężeniami azotanów (OSN); według Zarządzenia Dyrektora RZGW w Warszawie

Tabela 5.11.1.5. Zróżnicowanie średnich ($\pm$ odch. stand.) wartości parametrów chemicznych wód strumieni nizinnych o odmiennym użytkowaniu. Dane z okresu listopad 2015 – październik 2016; 11 prób z każdego stanowiska (Górnjak dane niepublikowane)

Parametr wody	Jednostka	Cieliczanka – na granicy lasu	Biała – Kuriany	Dolistówka, ul. Piastowska
temp.	°C	8,3 $\pm$ 5,1	10,7 $\pm$ 5,7	10,2 $\pm$ 4,2
EC	μScm^{-1}	412 $\pm$ 22	651 $\pm$ 62	1051 $\pm$ 62
barwa	mgPt dm ⁻³	52,5 $\pm$ 25,8	39,0 $\pm$ 19,5	24,9 $\pm$ 9,9
pH		7,93 $\pm$ 0,25	7,91 $\pm$ 0,43	7,95 $\pm$ 0,41
tlon	mgO ₂ dm ⁻³	9,40 $\pm$ 1,75	8,07 $\pm$ 2,23	9,59 $\pm$ 1,20
SWT	%	79,0 $\pm$ 7,2	71,8 $\pm$ 17,4	85,2 $\pm$ 6,5
Ca ²⁺	mg dm ⁻³	67,5 $\pm$ 4,3	92,1 $\pm$ 10,3	109,7 $\pm$ 3,3
Mg ²⁺	mg dm ⁻³	10,0 $\pm$ 0,7	13,6 $\pm$ 1,8	15,8 $\pm$ 0,7
Na ⁺	mg dm ⁻³	5,1 $\pm$ 0,5	16,6 $\pm$ 4,1	62,2 $\pm$ 14,7
K ⁺	mg dm ⁻³	1,3 $\pm$ 0,2	3,6 $\pm$ 1,0	9,2 $\pm$ 2,0
Fe	mg dm ⁻³	0,17 $\pm$ 0,07	0,22 $\pm$ 0,05	0,15 $\pm$ 0,07
SO ₄ ²⁻	mg dm ⁻³	28,0 $\pm$ 8,3	49,7 $\pm$ 13,0	80,5 $\pm$ 13,8
Cl ⁻	mg dm ⁻³	7,1 $\pm$ 1,3	32,1 $\pm$ 9,4	132,6 $\pm$ 33,7
F ⁻	mg dm ⁻³	0,11 $\pm$ 0,03	0,18 $\pm$ 0,06	0,15 $\pm$ 0,05
TN	mgN dm ⁻³	1,65 $\pm$ 0,33	4,15 $\pm$ 1,46	15,49 $\pm$ 4,11
DN	mgN dm ⁻³	1,42 $\pm$ 0,33	3,68 $\pm$ 1,29	14,42 $\pm$ 4,40
PN	mgN dm ⁻³	0,22 $\pm$ 0,15	0,47 $\pm$ 0,97	1,07 $\pm$ 2,02
DON	mgN dm ⁻³	1,01 $\pm$ 0,34	2,42 $\pm$ 1,50	7,44 $\pm$ 4,09
DIN	mgN dm ⁻³	0,41 $\pm$ 0,15	1,26 $\pm$ 0,76	6,98 $\pm$ 2,23
N-NH ₄ ⁺	mgN dm ⁻³	0,04 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,09	1,13 $\pm$ 0,71
N-NO ₃	mgN dm ⁻³	0,36 $\pm$ 0,14	1,14 $\pm$ 0,68	5,69 $\pm$ 2,21
N-NO ₂	mgN dm ⁻³	0,006 $\pm$ 0,002	0,020 $\pm$ 0,015	0,161 $\pm$ 0,085
P-PO ₄ ³⁻	mgP dm ⁻³	0,014 $\pm$ 0,011	0,043 $\pm$ 0,031	0,053 $\pm$ 0,013
TP	mgP dm ⁻³	0,23 $\pm$ 0,24	0,32 $\pm$ 0,31	0,23 $\pm$ 0,16
SiO ₄ ³⁻	mgSi dm ⁻³	1,19 $\pm$ 0,51	1,03 $\pm$ 0,32	0,97 $\pm$ 0,31
TC	mgC dm ⁻³	46,6 $\pm$ 6,8	57,2 $\pm$ 8,95	55,93 $\pm$ 6,47
TOC	mgC dm ⁻³	10,6 $\pm$ 4,1	9,82 $\pm$ 3,27	7,28 $\pm$ 1,41
DOC	mgC dm ⁻³	10,2 $\pm$ 3,9	9,45 $\pm$ 3,38	6,88 $\pm$ 1,10
POC	mgC dm ⁻³	0,41 $\pm$ 0,40	0,37 $\pm$ 0,31	0,69 $\pm$ 0,72
TIC	mgC dm ⁻³	36,1 $\pm$ 5,2	47,4 $\pm$ 8,47	48,7 $\pm$ 6,26
SUVA	m ² gC	33,5 $\pm$ 2,0	29,9 $\pm$ 2,6	28,1 $\pm$ 2,3

Tabela 5.11.1.6. Średnie wartości parametrów wody Czarnej Hańczy na odcinku od Suwałk do okolic Wysokiego Mostu (stanowisko Bindużka), analizowanych od stycznia 2016 r. do końca stycznia 2017 r. (liczba comiesięcznych prób $n = 12$); jednostki parametrów jak w tabeli 5.11.1.5

Parametr	Czarna Hańcza				
	Suwałki przed oczyszczalnią	Sobolewo poniżej oczyszczalni	ujście do jez. Wigry	Odptyw z jez. Wigry Czerwony Folwark	Bindużka
temp.	8,5	9,1	8,8	9,8	9,8
barwa Pt	32	32	26	19	23
pH	8,29	8,19	8,00	8,26	8,15
EC	462	583	609	402	404
Ca ²⁺	72,9	75,9	75,4	49,2	52,2
Mg ²⁺	12,9	13,6	13,5	13,5	13,3
Na ⁺	7,87	26,23	26,56	13,93	12,25
K ⁺	1,87	4,99	6,21	2,93	2,64
Si-SiO ₃ ³⁻	1,87	1,92	1,48	1,43	1,58
SO ₄ ²⁻	20,2	31,2	33,5	25,0	24,2
Cl ⁻	11,8	39,0	33,1	19,3	16,8
F ⁻	0,22	0,23	0,22	0,23	0,21
TN	2,55	3,68	4,95	1,20	1,20
DN	2,43	3,57	4,61	1,06	1,13
PN	0,12	0,11	0,34	0,14	0,06
DON	1,08	1,66	2,27	0,74	0,83
DIN	1,35	1,91	2,33	0,32	0,31
N-NH ₄ ⁺	0,05	0,07	0,13	0,05	0,04
N-NO ₃	1,30	1,79	2,14	0,27	0,26
N-NO ₂	0,005	0,042	0,060	0,002	0,003
PO ₄ ³⁻	0,004	0,010	0,012	0,003	0,004
TP	0,333	0,338	0,384	0,271	0,285
TC	50,1	52,9	56,5	42,4	45,22
DRFe	0,13	0,10	0,11	0,07	0,12
TOC	4,47	4,58	4,68	6,19	5,65
DOC	3,69	3,92	4,17	5,29	5,41
POC	0,78	0,67	0,51	0,90	0,24
TIC	45,6	48,4	51,8	36,2	39,6
polifenole	0,49	0,63	0,67	0,41	0,45
SUVA	23,6	21,6	24,4	18,2	26,9

Podczas zagospodarowania gleb zmniejszą się zasoby węgla organicznego wynoszonego wraz z plonami, a jednocześnie spada tempo trwałego wiązania tego pierwiastka z frakcją mineralną gleby.

Zjawisko to wpisuje się w znany, i narastający w skali globalnej proces dekarbonatyzacji łądów (zmniejszenia zasobów węgla organicznego), który skutkuje przyspieszonym wzrostem stężeń gazów cieplarnianych w atmosferze, a w konsekwencji pogłębiającym się globalnym ociepleniem (Minasny i in. 2017).

Gospodarka człowieka przekształca naturalny obieg węgla organicznego w środowisku na rzecz obiegu substancji mineralnych oraz uwalnia kaskadę procesów i zjawisk, nie zawsze korzystnych przyrodniczo i ekonomicznie. Dla heterotroficznych organizmów wodnych, korzystających z tych zasobów, oznacza to ograniczenie różnicowania taksonomicznego, szczególnie wśród detrytusozerców i rozdrabniaczy (więcej w rozdziale o hydrobiontach).

Większe rzeki północnej części województwa podlaskiego przepływają przez jeziora, ulegając jednocześnie przekształceniom hydrochemicznym. Charakter tych zmian zależy przede wszystkim od warunków hydrologicznych zlewni oraz typu troficznego zbiornika. W tabeli 5.11.1.6 zaprezentowano przykładowe zmiany wybranych parametrów fizykochemicznych wód Czarnej Hańcy podczas jej przepływu przez jeziora Wigry i Podstaw, do których – poniżej Suwałk – dopływają dodatkowo wody z miejskiej oczyszczalni ścieków.

Powyżej zaprezentowane średnie roczne wartości parametrów wód rzecznych zostały wyliczone na podstawie comiesięcznych analiz. Należy jednak pamiętać, że system rzeczny charakteryzuje się dużą dynamiką i każdy impuls zasilający rzekę powoduje zmiany hydrochemiczne. Szczególnie istotne przekształcenia notuje się podczas wezbrań, gdy do koryta rzeczno stopniowo dopływa woda opadowa, mająca dłuższy kontakt z glebą, powierzchnią jezdní lub terenami zurbanizowanymi. W przypadku letnich wezbrań, skala zmian stężenia bywa niejednokrotnie większa od zmienności udokumentowanej w ciągu rocznych pomiarów monitoringowych. Przykładowo, podczas wezbrania opadowego w lipcu 2016 r., w okolicach Białegostoku temperatura wód szybko wzrosła o ponad 6°C, zmniejszyła się ilość substancji rozpuszczonych w wodzie (parametr EC), a stężenie tlenu zmieniało się o 20-30% w zależności o charakteru zlewni (tab. 5.11.1.7). Zlewnie leśne cechuje najmniejsza zmienność parametrów, nieco większa na terenach rolniczych, a największa na terenach zurbanizowanych,

czyli ściśle wiąże się z tempem odpływu wody ze zlewni. Dlatego na obszarach rolniczych skala zmian hydrochemicznych w rzekach jest większa niż w zlewniach leśnych, natomiast zlewnie zurbanizowane są narażone na większy stres chemiczny oraz termiczno-tlenowy.

Tabela 5.11.1.7. Wybrane parametry wód trzech strumieni okolic Białegostoku (C – Cieliczanka, B – Biała w Kurianach, D – Dolistówka (ul. Piastowska) przed (18.07.2016) i podczas letniego wezbrania (28-29.07.2016) po rekordowym opadzie (ok. 90 mm)

Parametr	18.07.2016			28.07.2016 4 godz. po opadzie			29.07.2016 18 godz. po opadzie		
	C	B	D	C	B	D	C	B	D
Zlewnia									
Temperatura [°C]	15,8	17,9	15,4	12,2	19,3	17,9	21,3	21,3	20,0
pH	8,3	8,1	8,00	6,15	7,04	7,51	7,62	7,58	7,67
Przewodność właściwa [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	362	605	997	289	208	117	292	341	543
SWWT[%]	72,9	55,6	85,9	73,6	85	89,6	54,6	83	87,9
Stężenie tlenu rozpuszczonego [mgO_2/dm^3]	7,15	5,22	8,49	6,40	7,29	7,76	4,72	7,18	7,65
SiO_4^- [mg/dm^3]	1,17	0,80	1,00	0,52	0,47	0,28	0,69	0,54	0,58
$\text{Fe}^{2+/3+}$ [mg/dm^3]	0,2	0,2	0,3	0,7	0,2	0,1	0,3	0,4	0,2

5.11.2. Wieloletnie zmiany hydrochemiczne rzek

Opisany w poprzednim podrozdziale aktualny charakter hydrochemiczny rzek województwa jest wypadkową zarówno warunków środowiskowych regionu, jak i wielorakich dotychczasowych przekształceń hydromorfologicznych i chemicznych, zachodzących od czasu zasiedlenia tego obszaru.

Dlatego interesujące wydaje się zaprezentowanie kierunków i charakteru zmian hydrochemicznych rzek regionu od lat 60. XX w., kiedy to po raz pierwszy przeprowadzono pełniejsze analizy wód rzecznych. Wyniki analiz zachowały się tylko w części i w różnych instytucjach, bowiem brak jest jednolitej, ogólnopolskiej, pełnej bazy danych. Ponadto pełny zakres podstawowych analiz wody, realizowany obecnie, obejmuje okres nieco ponad 30 lat. Od ponad 15 lat zmieniono

jednak częstość monitoringu wód – z corocznego na cykl co 3-4 lata – a jednocześnie rozszerzono zakres pomiarowy.

Na początku lat 60. XX w. charakterystyka hydrochemiczna wód rzecznych województwa podlaskiego wynikała z przewodnich cech krajobrazu, takich jak typ skał czy tempo obiegu wody (tab. 5.11.2.1; 5.11.2.2).

Tabela 5.11.2.1. Średnie wartości wybranych parametrów fizykochemicznych wód głównych rzek województwa podlaskiego w roku hydrologicznym 1960 (listopad 1959, luty, kwiecień, lipiec 1960); według danych Instytutu Gospodarki Wodnej we Wrocławiu. Stężenie TOC obliczono na podstawie CHZT_{Mn} , według Górniak (2019); jednostki parametrów jak w tabeli 5.11.1.5

Parametry wody	Narew				Supraśl	Biebrza	Pisa
	Narew	Suraz	Strękowa Góra	Nowogród	Dzikie	Burzyn	Morgowniki
barwa	42	49	41	44	40	46	40
zawiesina	18	20	18	33	30	11	25
pH	7,9	7,6	7,7	7,8	7,7	7,9	7,8
tlen rozpuszczony	8,4	9,0	7,5	8,7	8,1	9,0	10,0
% wys. tlenem	83	79	66	75	60	80	85
BZT	1,4	1,2	0,9	1,3	3,0	1,3	1,8
wodoro-węglany	236	220	230	240	230	256	195
siarczany	11,7	10,3	13,4	15,2	15,2	15,0	20,8
chlorki	6,8	5,2	7,6	7,5	8,8	7,0	8,4
wapń	62,1	56,4	60,0	64,1	62,1	62,8	53,9
magnez	10,9	8,6	9,8	11,4	9,3	12,7	9,5
sód	4,5	3,6	7,3	5,5	3,9	6,6	6,8
potas	0,7	0,8	1,7	1,0	0,8	1,2	1,1
TN	1,15	1,05	1,20	1,30	1,86	1,15	1,29
Norg	0,78	0,66	0,66	0,86	0,91	0,77	0,98
N-NH_4^+	0,14	0,18	0,30	0,18	0,68	0,16	0,13
N-NO_2	0,004	0,007	0,006	0,006	0,015	0,005	0,006
N-NO_3	0,23	0,21	0,23	0,26	0,25	0,23	0,17
SRP	0,052	0,040	0,042	0,048	0,051	0,021	0,086
TOC	9,3	9,6	9,0	10,8	8,0	11,4	8,8

Tabela 5.11.2.2. Średnie stężenia (mg dm^{-3}) wybranych parametrów wód rzek województwa podlaskiego, analizowanych po raz pierwszy na podstawie danych Instytutu Gospodarki Wodnej we Wrocławiu. Rok pomiarów w pierwszym wierszu, stężenia TOC (mgC dm^{-3}) wyliczono na podstawie CHZT_{Mn} , według Górniak (2019), SRP – ortofosforany (mgP dm^{-3}); jednostki parametrów jak w tabeli 5.11.1.5

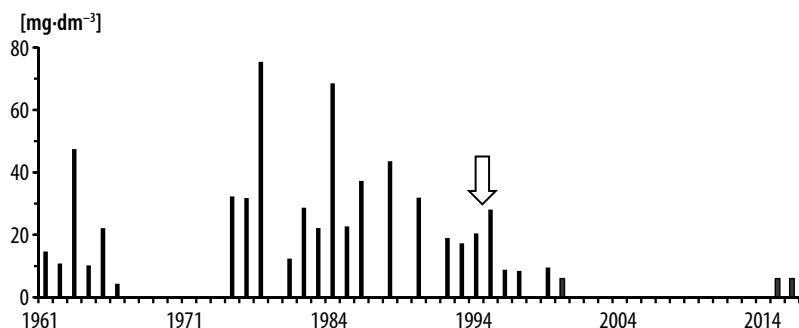
Parametry wody	1960	1960	1962	1963
	Orlanka	Nurzec	Czarna Hańcza	Biała
	Chraboty	Tworowice	Sobolewo	Zawady
barwa [mgPt dm^{-3}]	51	28	23	42
zawiesina	15	35	11	95
pH	7,7	7,9	7,9	7,4
tlen rozpuszczony	8,3	10,6	11,1	1,2
wysycenie wody tlenem [%]	70	104	92	9,3
BZT	2,9	2,2	4,4	31
TOC	9,0	6,1	9,4	62,5
wodorowęglany	233	281	275	358
siarczany	16	12	18	69
chlorki	8	6	10	92
wapń	64	62	81	84
magnez	10	11	17	16
sód	7,0			
potas	2,1			
N-NH_4^+	0,57	0,27	0,22	16,7
N-NO_2	0,01	0,00	0,15	0,05
N-NO_3	0,25	0,07	0,15	0,18
TN	1,59			
SRP	0,129			

Wówczas rzeki prowadziły wody o umiarkowanej twardości i odczynie obojętnym, w przedziale pH 7,6-7,9, przy dominacji wodorowęglanów wśród anionów i wapnia pośród kationów. Stężenie jonów potasu nie przekraczało 2 mg dm^{-3} , a sodu 7-8 mg dm^{-3} ; podobnie niewielkie były stężenia siarczanów, które dominowały nad chlorkami. W okresie słabo rozwiniętego przemysłu przetwórczego

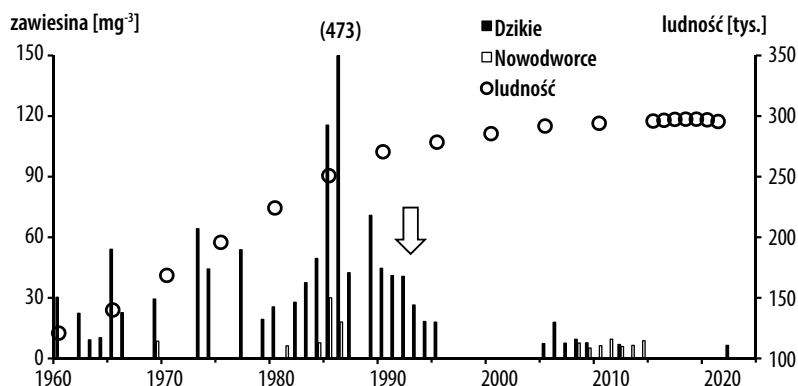
i ekstensywnego rolnictwa północno-wschodniej Polsce, średnioroczne stężenia azotu całkowitego w wodach rzecznych zazwyczaj nie przekraczały $1,5 \text{ mgN dm}^{-3}$, przy dominacji form organicznych nad azotanami V i jonami amonowymi oraz śladowej obecności azotanów III. Średnie roczne stężenie ortofosforanów utrzymywało się na poziomie $40\text{--}60 \text{ }\mu\text{gP dm}^{-3}$, a oszacowane średnie stężenie fosforu całkowitego (TP) oscylowało w granicach $130\text{--}180 \text{ }\mu\text{gP dm}^{-3}$. Podobne wartości stężenia TP w rzekach regionu odnotował Stangeneberg (1958) przed II wojną światową. Rok pomiarów podano w pierwszym wierszu. Stężenia ogólnego węgla organicznego (TOC, mgC dm^{-3}) obliczono na podstawie (Górniak, 2019); SRP – ortofosforany (mgP dm^{-3}). Jednostki parametrów zgodne z tabelą. Skład chemiczny rzek pojeziernych (Czarnej Hańczy, Pisy) wskazywał na niższe stężenie większości jonów w porównaniu z rzekami wysoczyznowymi, podobnie jak i niższą obecność TOC. Jednocześnie w zlewniach obejmujących tereny zurbanizowane obserwowano znaczne zanieczyszczenie wód rzecznych nieoczyszczonymi ściekami komunalnymi. Potwierdzają to wyniki analiz wód rzeki Białej w Białymstoku, Orlanki zasilanej ściekami z Bielska Podlaskiego (tab. 5.11.2.2), a także ujściowego odcinka Supraśli poniżej dopływu Białej oraz Czarnej Hańczy poniżej Suwałk (rys. 5.11.2.3). Silne zanieczyszczenie rzeki Białej i jej dopływów w obrębie Białegostoku, wynikające z małej gęstości sieci kanalizacyjnej, było przedmiotem licznych skarg i interwencji w okresie międzywojennym. Stangenberg (1958) opisał to zjawisko na podstawie badań prowadzonych wiosną 1939 r. Również w okresie powojennym, mimo obowiązującego w PRL systemu utajniania danych o stanie środowiska, licznie składano skargi do władz partyjnych na zły stan sanitarny rzeki Białej, co potwierdzają obecnie dostępne archiwalia (Jarosz 2017). Warto jednak zaznaczyć, że z uwagi na niewielką objętość zanieczyszczonych wód w stosunku do przepływu głównych rzek regionu, generalnie w województwie stan chemiczny był zbliżony do naturalnego.

Wraz z rozwojem przemysłu i sieci wodociągowej (zob. rozdz. *Gospodarka wodna*) wzrosło zużycie wód podziemnych, a jednocześnie zwiększyła się produkcja ścieków, które początkowo były odprowadzane bezpośrednio do cieków wodnych, co skutkowało istotnymi zmianami w funkcjonowaniu ekosystemów rzecznych. Dane archiwalne dotyczące składu chemicznego wód rzecznych województwa podlaskiego z lat 1960–2023 pozwalają wyróżnić trzy zasadnicze typy przekształceń hydrochemicznych rzek. Pierwszy typ zmian polegał na zwiększonej obecności zawiesiny pochodzącej głównie z miejskiej kanalizacji oraz z za-

kładów przemysłowych, wprowadzanej do rzek bez uprzedniego oczyszczenia. Efekty tego zjawiska dobrze ilustrują dane dla Czarnej Hańczy poniżej Suwałk i Supraśli poniżej dopływu Białej w miejscowości Dzikie (rys. 5.11.2.2).



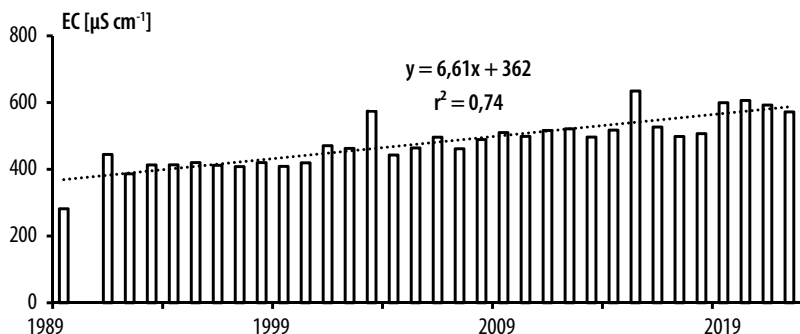
Rys. 5.11.2.1. Wieloletnie zmiany stężenia zawiesiny w wodzie Czarnej Hańczy w Sobolewie, strzałka – rok uruchomienia komunalnej oczyszczalni w Suwałkach



Rys. 5.11.2.2. Wieloletnie zmiany stężenia zawiesiny w wodach Supraśli w miejscowości Dzikie na tle zmian liczby ludności Białegostoku (dane GUS); strzałka – rok uruchomienia oczyszczalni komunalnej w Białymstoku

Wzrost stężenia zawiesiny w rzekach, kształtowany przez wieloletnią zmienność zasilania atmosferycznego i przepływów rzecznych, nasilał się stopniowo i narastał wraz ze wzrostem produkcji ścieków (por. rozdz. *Gospodarka wodna*). Zjawisko zwiększonej mętności wód rzecznych w zlewniach zurbanizowanych było powszechnie obserwowane w Polsce w okresie rozwoju gospodarki

socjalistycznej, ignorującej negatywne skutki takich działań dla środowiska naturalnego. W strefach dopływu zanieczyszczeń, głównie organicznych, w mniejszych rzekach następowało ograniczenie zasięgu strefy fotycznej, co prowadziło do ograniczenia lub całkowitego zaniku makrofytów. Jednocześnie w osadach dennych rzek zwiększały się zasoby materii organicznej, która stopniowo ulegała sedymentacji na dnie koryt rzecznych.

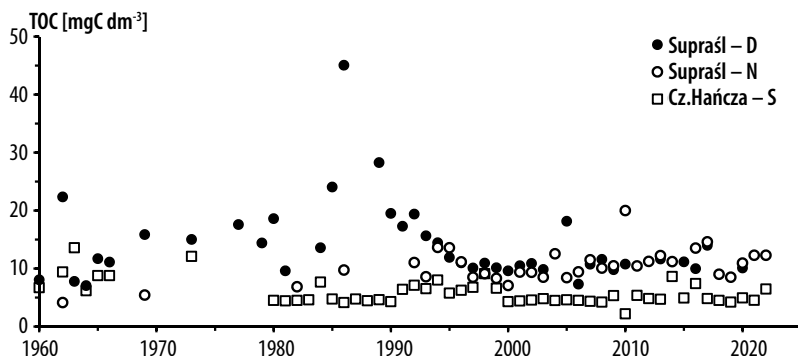


Rys. 5.11.2.3. Wieloletnie zmiany średniej rocznej przewodności właściwej [EC, $t = 20^\circ\text{C}$] wody Czarnej Hańczy w profilu Sobolewo; według danych Wigierskiego Parku Narodowego i GIOS

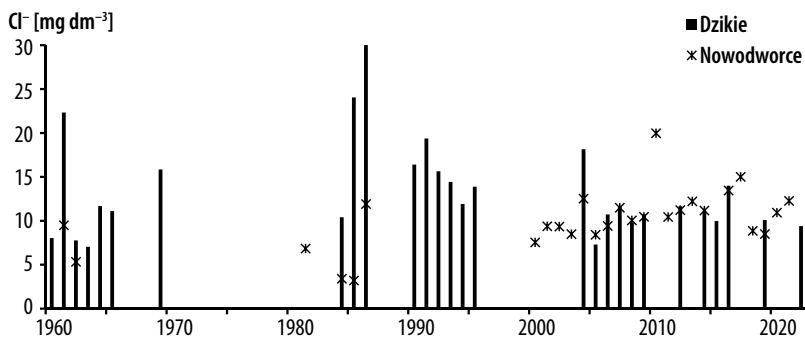
Następstwem silnego obciążenia rzek materią organiczną, potęgowanego przez zmniejszony przepływ, było częste całkowite zużycie tlenu rozpuszczonego w wodzie przez bakterie oraz inne organizmy heterotroficzne, prowadzące do deficytów tlenowych. W latach 70. i 80. XX w. zjawiska te, wywoływane głównie przez nieoczyszczone ścieki, przeplatały się z naturalnymi deficytami tlenu występującymi w rzekach naturalnie wzbogaconych w substancje humusowe (np. Narew, Biebrza, Nurzec). Skala antropogenicznych zmian w zasobach materii organicznej w rzekach była uzależniona od wielkości ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych do wód. Zrekonstruowana na podstawie stężenia CHZT_{Mn} zasobność w węgiel organiczny wybranych rzek województwa wskazuje, że największe zmiany dotyczyły Supraśli poniżej Białegostoku (rys. 5.11.2.4). Istotny spadek nastąpił dopiero po uruchomieniu nowej oczyszczalni w połowie lat 90. XX w. O wiele mniejsza była skala zmian w tym zakresie w Czarnej Hańczy poniżej Suwałk, przy czym pojawiły się one z największym natężeniem w latach 60. XX w.

Drugim typem zmian hydrochemicznych obserwowanym w rzekach regionu było zanieczyszczenie substancjami mineralnymi, których obecność w środo-

wisku wodnym systematycznie wzrastała wraz z rozwojem gospodarczym oraz wdrażaniem nowych technologii. Przykładem może być wzrost stężeń chlorków, pierwiastków, które w niewielkim stopniu są biologicznie utylizowane (Kaushal 2010). Dlatego ich wieloletnia dynamika w wodach rzecznych jest często traktowana jako wskaźnik antropogenizacji hydrosfery (Stangenberg 1958; Dojlido 1987). Województwo podlaskie nie było tu wyjątkiem – największe zmiany stężeń chlorków odnotowano w dorzeczeniach o największym zaludnieniu i intensywnej produkcji ścieków. Dobrym przykładem tych zmian jest dolny odcinek Supraśli, co ilustruje rys. 5.11.2.5.



Rys. 5.11.2.4. Wieloletnie zmiany stężeń całkowitego węgla organicznego w wodach wybranych rzek województwa podlaskiego w latach 1960-2020. Źródło danych: archiwum GIOŚ, dane sprzed 1990 r. przeliczone według Górniaka (2017)

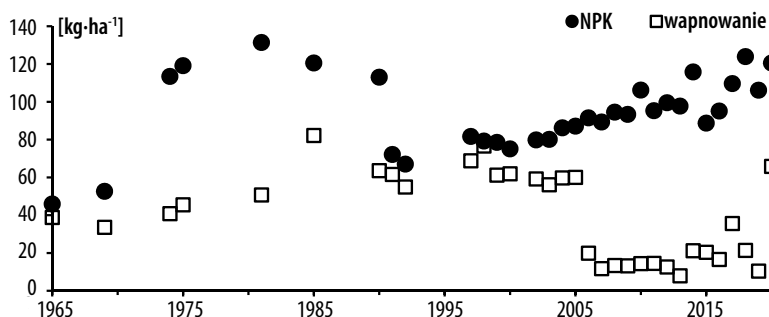


Rys. 5.11.2.5. Średnie roczne stężenie chlorków w rzece Supraśl na stanowiskach Dzikie i Nowodworce w okresie 1960-2022; na podstawie danych GIOŚ

Postępująca rozbudowa systemu kanalizacyjnego oraz budowa oczyszczalni ścieków komunalnych doprowadziły, od drugiej połowy lat 90. XX w., do radykalnego zmniejszenia zanieczyszczenia wód związkami mineralnymi. Mimo to obecne stężenia pozostają nieco wyższe niż te notowane w latach 60. Potwierdzają to analizy tła hydrochemicznego wód podziemnych i powierzchniowych, prowadzone zarówno w skali regionalnej, jak i ogólnokrajowej (Rudczyk 2000; Filar i in. 2020). W mniejszych dorzeczach, takich jak Szeszupa, dynamika zmienności wieloletniej chlorków jest niemal niezauważalna (tab. 5.11.2.3). Zdarzają się jednak przypadki dla rzek wysoczyznowych (np. Orlanki), gdzie mimo inwestycji w gospodarkę wodną poziom chlorków utrzymuje się na bardzo wysokim poziomie. Ma to miejsce zwłaszcza w okresach niskich stanów wód, typowych dla sezonu wegetacyjnego w ostatnich latach. W takich sytuacjach dochodzi do nadmiernego zasilania rzek wodami oczyszczonymi, których ilość przekracza naturalne zasoby wód płynących. Zjawisko to wynika z niedostosowania istniejącego modelu gospodarki wodnej do aktualnych uwarunkowań hydroklimatycznych oraz kontynuowania dawnych, mało efektywnych sposobów zarządzania zasobami wodnymi. Bez kompleksowej zmiany podejścia do gospodarowania wodą, w tym weryfikacji obowiązujących pozwoleń wodno-prawnych, oraz bez uwzględnienia wyzwań wynikających z globalnych zmian klimatycznych, poprawa jakości hydrochemicznej wód w wielu mniejszych dorzeczach wydaje się mało prawdopodobna. W kontekście postępujących przekształceń użytkowania zlewni oraz zmieniającego się obiegu materii w środowisku wodnym, należy się spodziewać stopniowego wzrostu stężeń wielu składników mineralnych w wodach rzecznych. Coraz częstsze występowanie niżówek oraz malejący udział spływu powierzchniowego w strukturze odpływu powodują, że w nadchodzących latach można się spodziewać wzrostu stężeń m.in. wapnia, magnezu, sodu, potasu, a wśród anionów – wodorowęglanów, chlorków i siarczanów w wodach rzek. Ten efekt hydrologiczny, zachodzący nawet bez istotnych przekształceń chemicznych w zlewniach, będzie skutkował trwałymi zmianami w składzie chemicznym wód, na które należy być przygotowanym.

Tabela 5.11.2.3. Wieloletnie zmiany średniorocznych stężeń chlorków w wybranych rzekach województwa podlaskiego w latach 1960-2021; dane archiwalne i wyniki monitoringu GIOŚ

Rzeka	Stanowisko	Chlorki [mg dm^{-3}]					
		1960	1965	1993	2003	2012/2013	2018-2021
Narew	Strękowa Góra	7,6	15,8	19,3	11,1	17,3	13,9
	Nowogród	7,5	16,3	20,0	17,3	14,6	13,5
Biebrza	Rutkowskie/Burzyn	7,0	14,5	19,5	11,8	13,2	13,2
Czarna Hańcza	Sobolewo	7,0	13,0	21,5	50,8	18,4	23,0
Szeszupa	Poszeszupie			5,6	4,4	4,6	4,8
Pisa	Morgowniki	8,4	14,8	20,0	15,3	11,0	11,4
Supraśl	Nowodworce	4,0	5,7		8,0	7,0	8,0
	Dzikie	8,8	27,0	27,8	35,8	36,0	
Nurzec	Tworowice	6,0		18,2	13,7	12,8	12,8
Orlanka	Chraboty	63,5	63,6	17,1	30,9	43,0	59,3

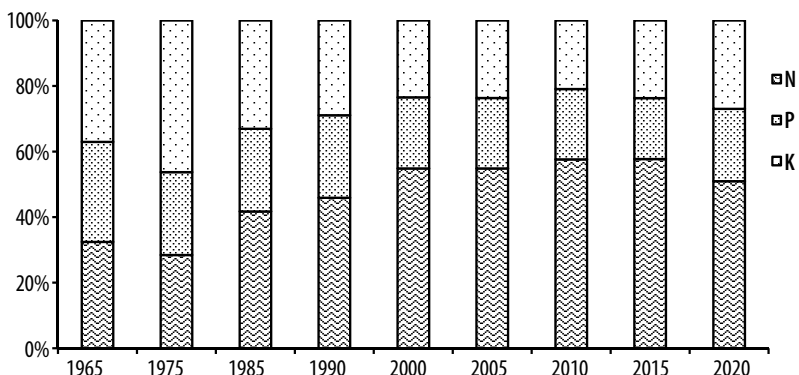


Rys. 5.11.2.6. Średnie zużycie nawozów mineralnych i wapnowanie gleb (w kg/ha użytków rolnych) w granicach obecnego województwa podlaskiego (dane GUS; wartości dla lat 1965-1995, przeliczone na obszar aktualnych granic województwa)

Trzecim, równie istotnym aspektem wieloletnich zmian hydrochemicznych rzek jest zjawisko eutrofizacji wód, z którym mamy do czynienia w skali globalnej od drugiej połowy XX w. W tych regionach, gdzie dominuje ekstensywna gospodarka rolna, a naturalne bariery przechwytyjące biogeny nie zostały zniszczone, żyzność wód utrzymuje się na niskim poziomie. Taka sytuacja dotyczy

przeważającej części obszaru województwa podlaskiego, gdzie poziom nawożenia użytków rolnych jest umiarkowany (obecnie wynosi średnio 120 kg NPK ha⁻¹ u.r.), co jest wartością zdecydowanie niższą od średniej krajowej. Warto zaznaczyć, że w latach 1970-1985 intensywność nawożenia w województwie podlaskim była wyższa niż w drugiej dekadzie XXI w.

Na przestrzeni ostatnich 60 lat zmieniało się nie tylko ogólne natężenie nawożenia, ale także jego struktura (rys. 5.11.2.7; 5.11.2.8). Szczególnie widoczny jest stopniowy wzrost udziału nawozów azotowych, przy jednoczesnym spadku stosowania nawozów potasowych. Natomiast w przypadku wapnowania, już na początku XX w. drastycznie zmniejszyła się skala.



Rys. 5.11.2.7. Wieloletnie zmiany struktury zużycia nawozów mineralnych w granicach obecnego województwa podlaskiego (dane GUS; wartości dla lat 1965-1995 przeliczone na obszar aktualnych granic administracyjnych województwa)

Ciekawe jest, że dynamika zmian w poziomie i strukturze nawożenia gleb w województwie bardzo ściśle koreluje ze zmianami stężenia azotanów V w wodach głównych rzek. Analizując zaś wieloletnie zmiany stężenia jonów amonowych, zauważa się ich podwyższony poziom w latach 60. XX w., kiedy prowadzono intensywne melioracje terenów rolnych (tab. 5.11.2.5).

Tabela 5.11.2.4. Wieloletnie zmiany średniorocznego stężenia azotanów V (N-NO_3) w wybranych rzekach województwa podlaskiego w latach 1960-2021; dane archiwalne oraz monitoring GIOŚ

Rzeka	Stanowisko	Azot azotanowy V [mg dm^{-3}]							
		1960	1965	1973-7	1986	1993	2003	2013	2018-2021
Narew	Strękowa Góra	0,23	0,22	0,41		0,90	2,10	1,12	1,11
	Nowogród	0,26	0,08	0,40		0,88	0,82	0,69	0,85
Biebrza	Rutkowskie/Burzyn	0,22	0,08	0,36		0,80	0,89	0,46	0,50
Czarna Hańcza	Sobolewo	0,09	0,73		0,83	2,74	2,12	1,24	1,39
Szeszupa	Poszeszupie					0,45	0,35	0,29	0,49
Pisa	Morgowniki	0,17	0,01	0,32		0,88	0,46	0,40	0,49
Supraśl	Nowodworce	0,40	0,12				1,16	0,89	0,86
	Dzikie	0,25	0,35	0,45	10,2	3,55	1,57	1,53	1,89
Nurzec	Tworowice	0,07				0,94	0,99	2,35	1,95
Orlanka	Chrańboly	0,76	0,2		0,7	2,1	1,4	2,8	2,4

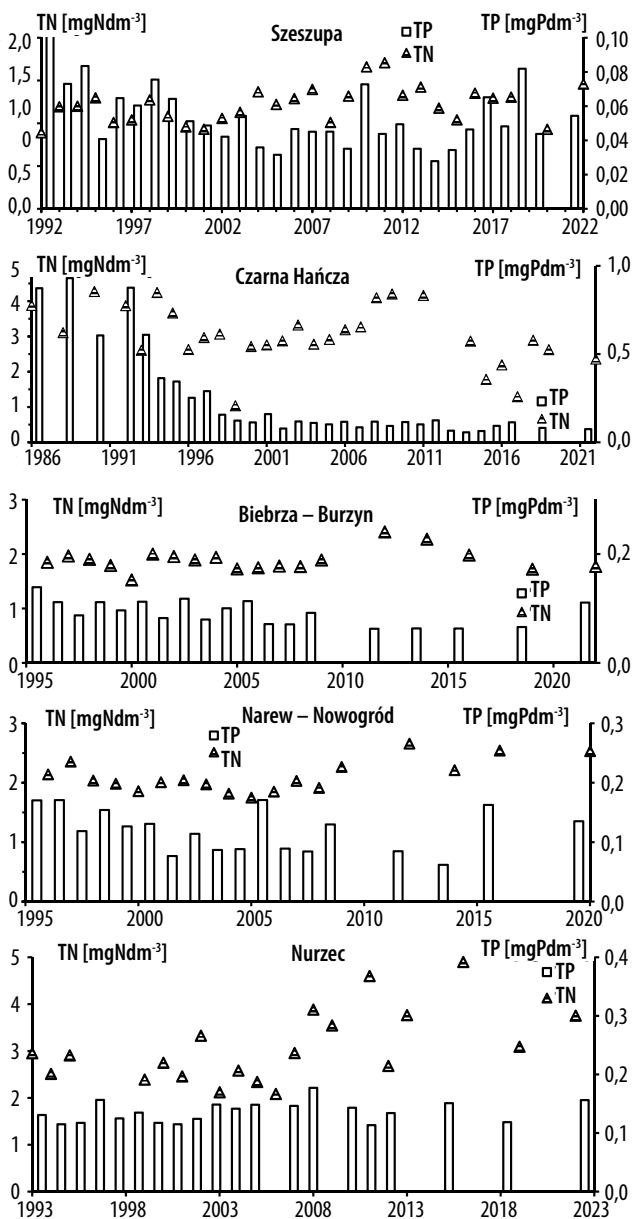
Bardziej dostępne dane GIOŚ, gromadzone od lat 90., ujawniają także wieloletnie tendencje zmian całkowitych stężeń azotu (TN) i fosforu (TP) w rzekach (rys. 5.11.2.9). Ostatnie 30-lecie charakteryzowało się początkowym spadkiem stężeń TN i TP, co wiązało się z ograniczeniem nawożenia oraz zmniejszeniem ilości nieoczyszczonych ścieków odprowadzanych do rzek. Najbardziej spektakularne efekty widzimy przy redukcji TN w Czarnej Hańczy. Od początku XXI w. zaznacza się tendencja umiarkowanego wzrostu stężenia fosforu w wodach rzek, przy czym w północnej części województwa jest ona jedynie okresowa i można ją powiązać z intensywniejszymi impulsami hydrologicznymi, uruchamiającymi uruchamiającym wynoszenie TP ze zlewni. Natomiast po roku 2015 w Narwi i Nurcu utrzymuje się wyraźny trend wzrostu stężenia fosforu całkowitego. Przy niewielkich zmianach poziomu nawożenia oraz braku istotnych zmian ortofosforanów w wodzie, jedynym wyjaśnieniem może być zwiększony eksport węgla organicznego ze zlewni.

Tabela 5.11.2.5. Wieloletnie zmiany średniorocznego stężenia jonów amonowych w wybranych rzekach województwa podlaskiego w latach 1960-2021; dane archiwalne oraz wyniki monitoringu wód GIOŚ

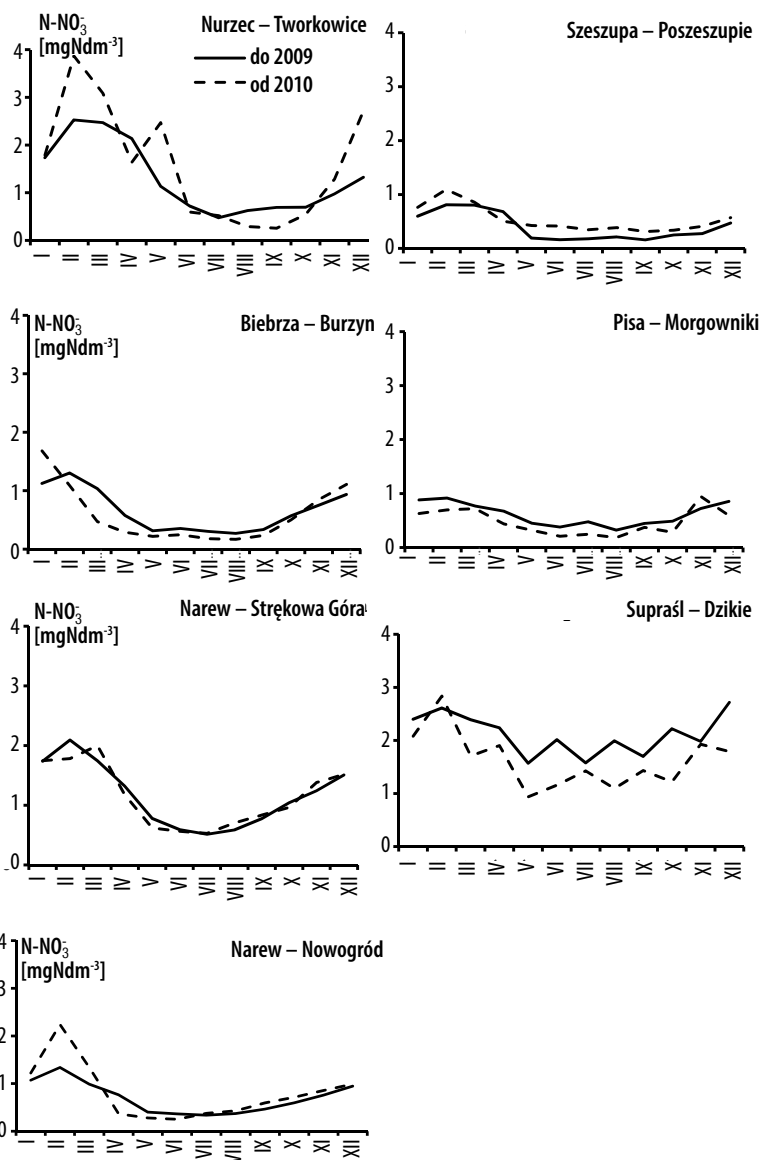
Rzeka	Stanowisko	Azot amonowy [mg dm ⁻³]							
		1960	1965	1973-1977	1986	1993	2003	2013	2018-2021
Narew	Strękowa Góra	0,3	2,9	1,2		1,2	0,2	0,1	0,10
	Nowogród	0,2	2,0	0,7		0,4	0,1	<0,1	<0,1
Biebrza	Rutkowskie/Burzyn	0,2	2,0	0,6		0,3	0,3	<0,1	<0,1
Czarna Hańcza	Sobolewo	0,0	3,6		1,46	1,2	0,3	0,4	0,10
Szeszupa	Poszeszupie					0,2	0,2	0,2	0,10
Pisa	Morgowniki	0,1	0,9	0,4		0,4	0,4	<0,1	<0,1
Supraśl	Nowodworce	0,2	0,1	0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Dzikie	0,7	4,5	3,2	13,9	3,1	0,2	<0,1	0,10
Nurzec	Tworowice	0,3				0,3	0,1	<0,1	0,10
Orlanka	Chraboty	0,6	4,8		1,63	0,3	0,6	0,1	0,13

Dynamiczne zmiany poziomu nawożenia gleb związkami azotu, ale także zmiana reżimu odpływu wody ze zlewni, będące skutkiem zmian klimatycznych, modyfikują sezonowość stężeń np. azotu w podlaskich rzekach. Porównanie średnich miesięcznych stężeń azotanów V w rzekach przed rokiem 2010 oraz do roku 2022 wskazuje na ich wzrost, głównie w okresie zimowym, a w wielu rzekach również latem.

Podobną sezonowość stężenia tych biogenów w strumieniach zlewni rolniczych rzekach regionu podlaskiego potwierdzono we wcześniejszych badaniach (Banaszuk 2004; Banaszuk, Wysocka-Czubaszek 2005; Banaszuk, Wysocka-Czubaszek 2003). Zimowy wzrost stężenia azotanów V jest skutkiem cieplejszych zim, o zmniejszonej śnieżności – z krótkotrwałą lub całkowicie nieobecną pokrywą śnieżną oraz dominacją opadów deszczu, co sprzyja wymywaniu azotanów, niepobieranych w tym okresie przez roślinność. Latem, przy coraz częściej powtarzających się niżówkach, wzrasta intensywność uwalniania azotu z ogrzanych osadów dennych w wyniku mikrobiologicznego rozkładu naturalnej materii organicznej. Zjawisko to było szczególnie widoczne w rzekach o niewielkim dopływie ścieków, natomiast w tych, gdzie dopływ ścieków uległ znacznej redukcji, letnie stężenia azotanów V uległy wyraźnemu obniżeniu.



Rys. 5.11.2.8. Dynamika średniego rocznego stężenia azotu ogólnego (TN) i fosforu ogólnym (TP) w wodach głównych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2023; według danych GIOŚ



Rys. 5.11.2.9. Dynamika średniego miesięcznego stężenia azotanów V w wodzie wybranych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2009 (linia ciągła) i 2010-2022 (linia przerywana); według danych GIOŚ



Rozdział IV

Jeziora naturalne

6. Jeziora

6.1. Geneza jezior i ich ewolucja

Jezioro, jako obniżenie terenu na lądzie trwale wypełnione wodą, stanowi geologiczną efemerydę. Powstaje w określonym czasie pod wpływem czynnika rzeźbotwórczego, a następnie ulega wypełnieniu osadami jeziornymi lub rzecznyymi, przy udziale organizmów wodnych. Funkcjonowanie jezior jest ograniczone w czasie, mogą istnieć od kilku tysięcy do kilkudziesięciu milionów lat (Wetzel 2000), w zależności od regionalnej budowy geologicznej oraz parametrów morfologicznych misy jeziornej. Duże jeziora utrzymują się relatywnie długo, natomiast małe – znikają szybciej, wcześniej przechodząc w stadium mokradła. Geneza większości jezior województwa podlaskiego wiąże się z obecnością i morfogenetyczną działalnością plejstocénskiego lądolodu w ciągu ostatnich 2,5 mln lat, a szczególnie podczas ostatniego zlodowacenia Wisły (Marks 2023). Warto pamiętać, że w przeszłości jeziora polodowcowe wielokrotnie pojawiały się i zniknęły w krajobrazie północno-wschodniej Polski. Na obecność wielkiego jeziora interglacialnego w granicach obecnego województwa podlaskiego – na granicy Równiny Augustowskiej i Pojezierza Suwalskiego – wskazuje Ber (2009). Jego występowanie datowane jest na koniec środkowego plejstocenu (rys. 6.1.1), a zanik pokrywa się z czasem schyłku interglacjału mazowieckiego i rozwojem lądolodu Sanian 1 (Granoszewski, Winter 2016; Marks 2023).

W ich rozmieszczeniu widoczne są wyraźne liniowe strefy zagęszczenia, powiązane z dyslokacjami głębokiego podłoża geologicznego. Z tego względu Ber (2000) uważa, że w przeciwieństwie do jezior innych polskich pojezierzy, jeziora polodowcowe Pojezierza Suwalsko-Augustowskiego powstawały przy współudziale procesów neotektonicznych, zachodzących w obrębie płytko zalegających skał metamorficznych platformy prekambryjskiej.

Postglacialna aktywność neotektoniczna utrzymuje się do dziś – przejawia się sporadycznymi trzęsieniami ziemi, które mają miejsce na tym obszarze. Jednym z ich skutków mogą być podwodne osuwiska osadów jeziornych, jak te zaobserwowane w Jeziorze Wigry po trzęsieniu ziemi, które wystąpiło na Suwalszczyźnie w 2005 r. (Rutkowski i in. 2003).

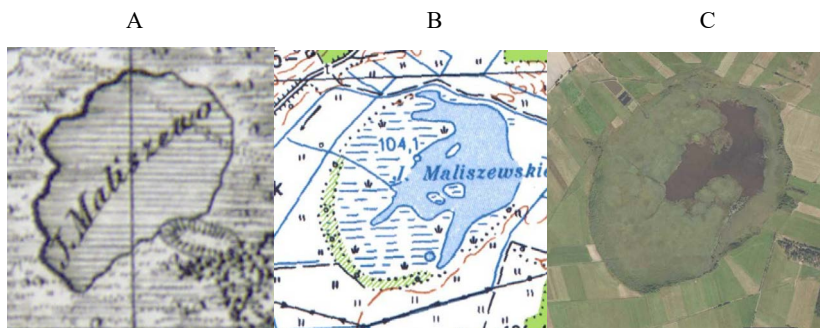


Rys. 6.1.1. Hipotetyczny zasięg polodowcowego jeziora z interglacjału augustowskiego według (Ber 2009)

Poza dominującym polodowcowym pochodzeniem, w krajobrazie województwa podlaskiego występuje także grupa jezior fluwialnych (rzecznych), zlokalizowanych głównie w dolinach największych rzek regionu: Narwi, Biebrzy i Supraśli. Ilość starorzeczy, funkcjonujących głównie jako samodzielne jeziora, była dawniej w regionie o wiele większa niż obecnie, ze względu na szybkie ich wypełnianie się osadami i szczątkami roślinności, szczególnie podczas powodzi.

Z analiz Pytasz-Kołodziejczyk (2012) wynika, że w dolinie rzeki Supraśl w XVI w. istniało ponad 15 starorzeczy o znacznej rozległości, od których pobierano podatek za użytkowanie rybackie (tzw. tonie wodne). Aktualnie brak ich w krajobrazie, tylko nieliczne nie uległy wypełnieniu. Do największych obecnie jezior starorzeczowych należy zaliczyć Jezioro Niklerz, położone na styku doliny Narwi i Biebrzy. Inne starorzecza w dolinie Bugu (tzw. Burzyska) i Narwi (tzw. Narwice) są obecnie spotykane, ale nieliczne.

W województwie podlaskim znajduje się kilka obiektów, które dawniej klasyfikowano jako jeziora, a obecnie – znajdując się w fazie zaniku – przekształcają się w silnie uwilgotnione grzęzawiska, pozbawione stałego lustra wody. Trudno zatem uznać je za jeziora w sensie hydrologicznym. Są to dawne jeziora o charakterze reliktowym, powstałe po zlodowaceniu Warty i funkcjonujące w czasie interglacjału eemskiego. Do nich należy zaliczyć dwa zbiorniki Niecki Gródeckiej: Gorbacz i Wiejki, które mimo objęcia ich ochroną rezerwatową, nie oparły się skutkom intensywnych melioracji oraz eksploatacji pobliskich torfowisk wysokich. Praktycznie od początku XXI w. omawiane zbiorniki przestały spełniać kryteria jeziora stałego, rozumianego jako obiekty z jednolitą i trwałą taflą wody; obecnie funkcjonują jedynie jako mokradła. Jak wynika z własnych pomiarów i obserwacji autora, jeszcze w połowie lat 90. ubiegłego wieku maksymalna głębokość Jeziora Gorbacz utrzymywała się na poziomie 30-40 cm, a woda miała typowe cechy wód jeziora dystroficznego. Parametry fizykochemiczne tych wód do końca XX w. były zbliżone do wartości przedstawionych przez Czeczugę w latach 60. XX w. (1971). Obecny stan Jeziora Gorbacz i pobliskiego Jeziora Wiejki, podobnie jak Jeziora Łacha, upoważnia do stwierdzenia, że zbiorniki te utraciły cechy hydrologiczne jezior i powinny zostać wykreślone z aktualnej listy jezior Polski. Jezioro Łacha, niegdyś zbiornik o powierzchni blisko 20 ha, zlokalizowane było w północno-wschodniej części Puszczy Kurpiowskiej, na południe od wsi Łacha, ok. 14 km na północny zachód od Kolna. Z dużym prawdopodobieństwem jego zanik można wiązać z przeprowadzonymi pracami melioracyjnymi w latach 1958-1962. Podobny przypadek dotyczy Jeziora Grajwy (znanego także jako Grebin lub Grayewo), które zostało zaznaczone na mapie C. Hennenbergera z drugiej połowy XVI w., a dziś praktycznie nie istnieje. Na Mapie Kwatermistrzostwa (kol. V, sek. I) w miejscu dawnego zbiornika widnieją już jedynie tereny podmokłe (Ościłowski 2021). Natomiast Jezioro Maliszewskie, choć obecnie cechuje się znaczną redukcją powierzchni i głębokości, zachowuje wciąż obecność otwartego lustra wody (rys. 6.1.2). Ze względu na swoje położenie w otoczeniu intensywnie zmeliorowanego Bagna Wizna, bilans wodny jeziora – zwłaszcza dopływ wód gruntowych – uległ zmniejszeniu. W konsekwencji zbiornik ten podlega intensywnemu zarastaniu, a tempo jego wypłykania uległo wyraźnemu przyspieszeniu.



Rys. 6.1.2. Zmiany zasięgu Jeziora Maliszewskiego w dolinie Narwi; A – stan w roku 1839, B – w roku 1965, C – stan w roku 2018; podziałka zbliżona jak na zdjęciu C

Jeziora, jako naturalne ekosystemy, podlegają różnorodnym zmianom środowiskowym, w tym zmianom powierzchni. Do głównych przyczyn tych zmian należą procesy eutrofizacji oraz zaburzenia bilansu wodnego w zlewni bezpośredniej i całkowitej danego jeziora. Większe akweny polodowcowe, zazwyczaj o dużej powierzchni i rozwiniętej linii brzegowej, ulegają defragmentacji, polegającej na oddzielaniu dawnych zatok i ich przekształceniu w odrębne, mniejsze zbiorniki. Zjawisko to nie jest nowe – jego przykłady znane są z przeszłości – jednak współcześnie można je zaobserwować m.in. w obrębie Jeziora Wigry, gdzie od kilkudziesięciu lat postępuje separacja zatoki Cieszkinajki (rys. 6.1.3).



Rys. 6.1.3. Stopniowy proces separacji zatoki Cieszkinajki od Jeziora Wigry; fragment mapy 1:25 000 z roku 1965 i zdjęcie satelitarne z początku XXI w. o zbliżonej skali

Innym przykładem historycznych przemian przestrzennych jezior jest postępująca defragmentacja stosunkowo płytkiego Jeziora Sejny (rys. 6.1.4), będąca efektem pierwotnego podpiętrzenia rzeki Marychy po wybudowaniu młyna wodnego, co doprowadziło do zwiększonej sedymentacji osadów rzecznych, a następnie do eutrofizacji wód i obfitego rozwoju makrofitytów.



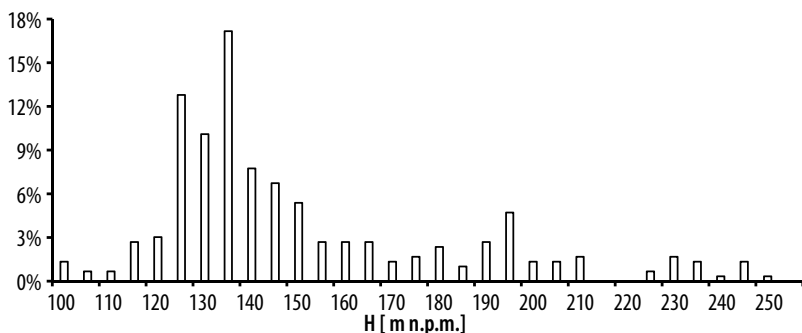
Rys. 6.1.4. Historyczne zmiany powierzchni Jeziora Sejny (mapa z roku 1965 i zdjęcie satelitarne z początku XXI w.)

Wskazane przykłady ukazują skutki zmian limnologicznych w zlewniach poddawanych działalności człowieka. Z niepublikowanych analiz Pracowni Naukowej Wigierskiego Parku Narodowego wynika, że w zlewniach śródlęsnych, pozbawionych bezpośredniej presji człowieka, małe jeziora dystroficzne w ciągu ostatnich 50-60 lat nie wykazały istotnych zmian powierzchni. Potwierdza to tezę, że każda ingerencja człowieka w krajobraz, nawet pod pozorem jego „ulepszania”, wpływa niekorzystnie na ekosystemy jezior. Potwierdzają to wyniki badań dla 6793 jezior północnej Polski, wskazujące na ubytek ich powierzchni o 1,9% w 50-leciu 1950-2000 (Choiński 2006). Najnowsze analizy tego autora pokazują zróżnicowane tendencje zmian powierzchni największych jezior Polski (>500 ha) w ostatnich 70 latach, zależne od ich lokalizacji i charakteru oddziaływań antropogenicznych. Jednym z kluczowych problemów obserwowanych obecnie w skali kraju jest postępujące zarastanie jezior. Szacuje się, że największe jeziora Polski cechuje wskaźnik zarastania na poziomie 7-8% (Choiński, Skowron 2021). Jeziora województwa podlaskiego (Wigry, Rajgrodzkie, Sajno) mają ten wskaźnik o 1-2% wyższy od średniej krajowej.

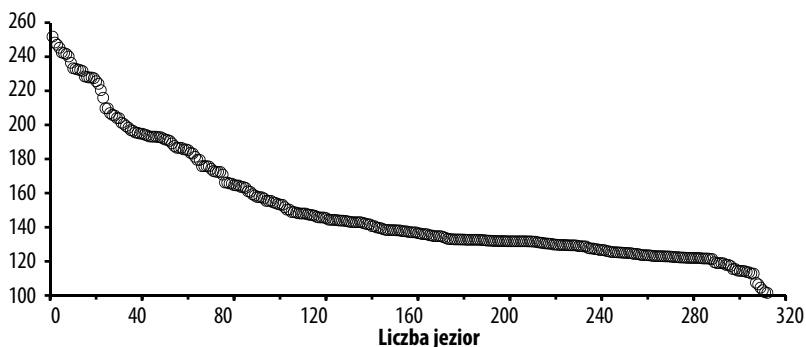
Dotychczasowe wykazy jezior, zawarte m.in. *Katalogu jezior Polski* (Choiński 2006) czy *Atlasie jezior Polski* (Jańczak (red.) 1996, 1997, 1999), obejmowały zazwyczaj wszelkie obiekty o powierzchni większej niż 1 ha, które zgodnie z prawem polskim klasyfikuje się jako jeziora. Mimo istnienia bardziej precyzyjnych definicji, uwzględniających również inne cechy morfologiczne i limnologiczne, wciąż brak jest ogólnodostępnych baz danych, które określałyby rzeczywistą liczbę jezior w Polsce (Górniak, Kajak 2021). Nawet najnowsza baza danych dotycząca jezior Polski, sporządzona przez PGW Wody Polskie, nie obejmuje wszystkich obiektów znanych autorowi. W oparciu o własne badania terenowe prowadzone od ponad 35 lat na terenie województwa podlaskiego, udało się stworzyć kompletną i zweryfikowaną bazę jezior regionu. Po raz pierwszy pełny ich wykaz został zaprezentowany w załączniku IIIZ.

W granicach województwa podlaskiego znajduje się 309 naturalnych jezior o łącznej powierzchni 162,6 km², a po uwzględnieniu w całości jezior granicznych – 187,5 km². Charakteryzują się one dużym zróżnicowaniem zarówno powierzchni, jak i głębokości. Na wschodniej granicy Polski i Białorusi, w dolinie Czarnej Hańczy, położone są jeziora Szlamy i Wiązowiec. Granicę polsko-litewską przecinają m.in. przez jeziora Baładź/Bołonie (gm. Berżniki), Gaładuś i Łopuchis (gm. Sejny) oraz Dunajewo i Bolcie (gm. Wiżany). Ponadto, jeziorem granicznym między województwem podlaskim a warmińsko-mazurskim jest Jezioro Rajgrodzkie. Dwie północne rynny tego jeziora – Przepiórka i Stackie – znajdują się na terenie województwa warmińsko-mazurskiego, natomiast pozostałe rynny, znajdujące się w części środkowej i południowej, leżą w granicach województwa podlaskiego.

Zróżnicowanie wysokości bezwzględnej jezior w województwie podlaskim przekracza 150 m. Najniżej położone jezioro znajduje się na wysokości 101,5 m n.p.m., natomiast najwyżej położone osiąga 251,9 m n.p.m. Połowa jezior zlokalizowana jest w przedziale wysokości 125-150 m n.p.m. (rys. 6.1.5). W analizowanym zbiorze jezior wyróżniają się dwie odrębne grupy pod względem wysokości bezwzględnej (rys. 6.1.6), co wskazuje na wieloetapowy proces ich powstawania podczas zlodowacenia Wisły.



Rys. 6.1.5. Histogram względnej liczebności jezior województwa podlaskiego w zależności od wysokości bezwzględnej



Rys. 6.1.6. Kumulacyjny wykres liczebności jezior województwa podlaskiego według wysokości bezwzględnej (dla danej i większych wartości)

Dwie trzecie wszystkich jezior województwa podlaskiego znajduje się w dorzeczu Niemna, czterokrotnie mniej znajduje się w dorzeczu Biebrzy/Narwi (tab. 6.1.1), a tylko nieliczne w dorzeczu Pregoly. Największą liczbę jezior, a także ich łączną powierzchnię i pojemność, odnotowano w dorzeczu Czarnej Hańczy. Drugie miejsce pod względem zajmowanej powierzchni jeziornej zajmuje dorzecze Rospudy, a trzecie – dorzecze Netty. Spośród dorzeczy w granicach województwa największą jeziornością charakteryzuje się niewielkie powierzchniowo dorzecze Pregoly (Bludzi i Wizgi). Ponadto jeziorność przekraczającą 5% wykazują dorzecza Jęgrzni, Hołnianki, Szelmientki oraz Blizny. Większość jezior tworzy wraz z rzekami zintegrowane systemy jeziorno-rzeczne, wyróżniające się dużą zasobnością wodną

oraz intensywnym obiegiem materii (Bajkiewicz-Grabowska 2002). Najważniejsze z tych systemów przedstawiono w tabeli 6.1.2. Do tego zestawienia należy również dołączyć sztuczny system jeziorny Kanału Augustowskiego, obejmujący 11 jezior.

Tabela 6.1.1. Charakterystyka limnologiczna dorzeczy województwa podlaskiego

Dorzecze	Liczba jezior	Powierzchnia jezior	Średnia wysokość	Maks. głęb. jeziora	Pojemność jezior	Jeziorność dorzecza
	n	[ha]	[m n.p.m.]	[m]	[mln m ³]	[%]
Bludzia i Wizga	20	779,8	218,0	25,5	52,5	6,2%
Holniana	8	899,3	136,9	54,8	100,3	5,1%
Marycha	63	1648,2	136,5	38,8	95,1	4,6%
Czarna Hańcza	81	4444,0	140,3	105,6	57,5	4,5%
Piertanka/Wiatrołuża	28	498,1	144,9	38,0	40,3	2,1%
Szeszupa	47	536,2	173,9	47,1	33,4	4,2%
Szelmentka	9	561,6	163,5	45,0	65,9	5,3%
Rospuda (do Blizny)	25	2257,4	148,2	49,6	244,8	4,4%
Blizna	9	564,0	128,1	48,0	39,7	5,0%
Netta (od Blizny do ujścia)	12	1603,3	120,7	30,0	118,4	4,1%
Jęgrznia	6	2302,2	126,3	52,0	1192,6	5,8%
Elk	3	130,5	117,4	9,8	5,5	0,4%
Narew (górna i środkowa)	3	37,3	103,8	4,6	0,5	0,0%
razem	309	16262,1	-		1560,5	-

Istniejące aktualnie systemy jeziorno-rzeczne zostały przekształcone w wyniku prac melioracyjnych prowadzonych po II wojnie światowej i mają obecnie charakter układów seminaturalnych. Analiza historycznych materiałów kartograficznych wskazuje, że dolna część systemu Kamionki/Piertanki pierwotnie była połączona z Jeziorem Dowcień, a nie – jak obecnie – z Jeziorem Wigry. Jednocześnie w tym względzie będzie można się wypowiedzieć po przeprowadzeniu szczegółowych badań geologicznych. W każdym z obecnie istniejących systemów jeziorno-rzecznych połączenia między jeziorami a wodami powierzchniowymi mają charakter sezonowy, natomiast całoroczne funkcjonowanie zachowuje

zwykle jedynie główna rzeka systemu. Jest to wspólna cecha hydrologiczna terenów młodoglacjalnych Polski, gdzie długość sieci drenażu i liczba ośrodków retencji zależy od zmienności zasilania atmosferycznego (Bajkiewicz-Grabowska, Golus 2009).

Na terenie województwa podlaskiego wyróżnić można kilka naturalnych systemów jeziorno-rzecznych: na Rospudzie, Bliźnie, Szeszupie, Szelmentce, Kunisjance oraz w dorzeczu Piertanki i Kamionki (tab. 6.1.2). Kanał Augustowski, obejmujący na swoim biegu 11 jezior, stanowi sztuczny system jeziorno-rzeczny, częściowo oparty na dawnym układzie jezior polodowcowych.

Tabela 6.1.2. Główne systemy jeziorno-rzeczne województwa podlaskiego

Rzeka	Liczba jezior	Jeziora na biegu rzeki
Kamionka/ Piertanka	12	Czarne k. Osinki, Zielone, Okuniowiec, Dąbrówka, Krzywe,
a) Kamionka	7	Czarne, Kolesne,
b) Piertanka	5	Grauze, Kaletnik, Królówek, Pierty, Omułówek
Rospuda (górną Netta)	13	Niskie, Szymanek, Młynówek, Czarne, Rospuda Filipowska, Kamienne, Długie, Garbaś, Głębokie, Sumowo (Bakalarzewskie), Okrągłe, Bolesty, Rospuda Augustowska
Kunisjanka	8	Berżnik, Niemanajtys, Ryngis, Gajlik, Kelig, Iłgielk, Kunis, Pomorze
Gremzdówka	7	Gremzdel, Boczne, Gremzdy, Głuche, Jurkowo, Płaskie, Miałkie
Szeszupa	6	Gulbin, Okrągłek, Krejwelanek, Przechodnie, Postawełek, Pobondzie
Szelmentka	5	Szelment Wielki, Szelment Mały, Jodel, Ingel, Kupowo
Marycha	4	Bebrucie, Boksze, Sejny, Pomorze

6.2. Cechy morfometryczne jezior

Misy jezior województwa podlaskiego nie zostały dotychczas w pełni rozpoznane pod względem morfometrycznym. Spośród 309 jezior, jedynie 252 posiadają dane dotyczące maksymalnej głębokości, przy czym większość z tych pomiarów została wykonana 60 lat temu lub jeszcze wcześniej.

Powierzchnia jezior województwa waha się w szerokim przedziale – od 0,5 ha do 2168 ha w przypadku Jeziora Wigry (tab. 6.2.1; 6.2.2), o bardzo zbliżonej liczebności w poszczególnych grupach wielkości. Pięć największych jezior

pod względem powierzchni przekracza 5 km² i łącznie stanowi niemal 1/3 łącznej powierzchni wszystkich jezior regionu.

Tabela 6.2.1. Morfologiczne cechy jezior województwa podlaskiego; ¹ – uwzględniono tylko jeziora z pomiarami głębokości

Powierzchnia		Pojemność		Głębokość średnia		Głębokość maksymalna ¹	
[ha]	liczba	[mln m ³]	liczba	[m]	liczba	[m]	liczba
<1	34	<0,05	17	<1	2	<5	66
1-5	76	0,05-0,1	51	1-1,5	37	5-10	73
5-10	40	0,1-1	149	1,5-3	176	10-20	55
10-20	51	1-5	53	3-5	5	20-30	28
20-50	50	5-10	20	5-10	67	30-50	20
50-500	56	10-50	15	10-15	15	>50	5
>500	5	>50-100	7	15-20	5		
				>20	2		

Znacznie większe zróżnicowanie dotyczy objętości zgromadzonych zasobów wodnych. Pod względem pojemności również dominuje Jezioro Wigry, natomiast drugie w kolejności – Jezioro Rajgrodzkie – gromadzi aż 2,5 razy mniej wody. Najliczniejszą grupę stanowią jeziora o pojemności od 0,1 do 1 mln m³ – obejmują one blisko 50% wszystkich zbiorników ujętych w załączniku III Z.

Tabela 6.2.2. Największe, najgłębsze i najzasobniejsze w wodę jeziora województwa podlaskiego

Jeziora	S max [ha]	Jeziora	d max [m]	Jeziora	V [mln m ³]
Wigry	2168	Hańcza	105,6	Wigry	342,6
Rajgrodzkie	1510	Wigry	73	Rajgrodzkie	141,9
Gaładuś	707	Gaładuś	55	Hańcza	120,6
Dręstwo	508	Białe Filipowskie	52	Gaładuś	90,5
Serwy	448	Rajgrodzkie	52		
Sajno	526	Ożewo	49,6		
Białe A.	475				
Necko	410				

Na terenie województwa znajduje się 5 jezior, których maksymalna głębokość przekracza 50 m (tab. 6.2.2). Wśród wszystkich omawianych jezior naliczono także 56 stałych wysp o zróżnicowanej powierzchni (tab. 6.2.3).

Tabela 6.2.3. Jeziora województwa podlaskiego posiadające stałe wyspy

Lp	Jezioro	Liczba wysp
1	Białe Augustowskie	3
2	Białe k. Białogóry	1
3	Blizno	2
4	Boksze	1
5	Długie/Kalejty	1
6	Dowcień	3
7	Dręstwo	1
8	Gaładuś	4
9	Gremzdel	2
10	Jegłówek	1
11	Krzywe k. Suwałk	5
12	Pierty	1
13	Rajgrodzkie	4
14	Rospuda Augustowska	1
15	Sejwy	5
16	Serwy	4
17	Studzieniczne	3
18	Szurpiły	1
19	Tobołowo	1
20	Wigry	12
razem wysp		56

6.3. Hydrologia jezior

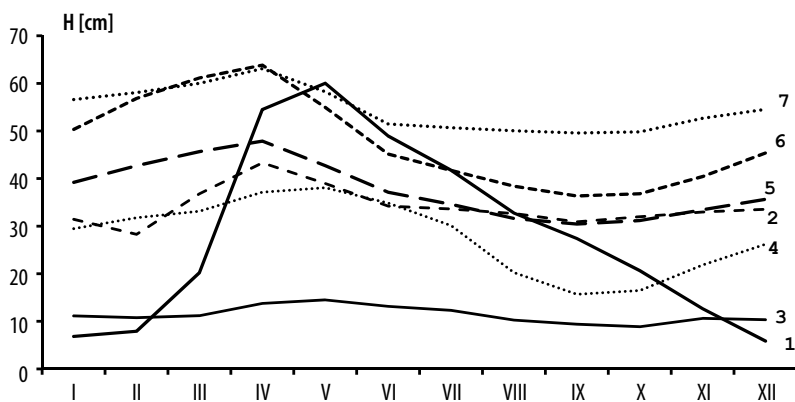
Naturalnie ukształtowane jeziora charakteryzują się zazwyczaj dużą stabilnością zasobów wodnych, a zmiany poziomu wody oraz amplituda wahań zależą od typu hydrologicznego jeziora, wielkości jego zlewni oraz położenia w układzie hydrologicznym (Pastawski 1975; Bajkiewicz-Grabowska 2002). W województwie podlaskim dominują jeziora przepływowe. Drugą co do liczebności grupę stanowią jeziora bez dopływów i odpływów, odizolowane topograficznie od powierzchniowego systemu drenażu wodnego (tab. 6.3.1). Równie wysoki jest odsetek jezior odpływowych (blisko 21%), gdzie strumień wody odpływającej

z jeziora kształtowany jest głównie przez wody podziemne. Z powyższego wynika, że znaczna część jezior w granicach województwa podlaskiego jest w dużej części autonomiczna pod względem hydrologicznym, a zjawiska i procesy limniczne zachodzące w tych zbiornikach są w znacznym stopniu determinowane przez lokalne warunki zlewniowe.

Tabela 6.3.1. Liczebność jezior województwa podlaskiego w zależności od typu hydrologicznego

Typ hydrologiczny	Liczba	%
przepływowe	137	44,3%
bezdopływowe i bezodpływowe	102	33,0%
dopływowe	6	1,9%
odpływowe	64	20,7%

W województwie podlaskim spośród ośmiu jezior objętych wieloletnimi ciągłymi obserwacjami hydrologicznymi IMGW-PIB jedynie trzy zachowały naturalny, nieprzekształcony przez człowieka ustrój hydrologiczny (Górniak, Piekarski 2002). W rocznym cyklu notuje się rytm wahań poziomu wody, odzwierciedlający klimatyczny bilans wodny, typowy dla umiarkowanych szerokości geograficznych. Wy różnia się w nim wiosenne maksimum poziomu wody związane z topnieniem pokrywy śnieżnej oraz późnoletnie lub jesienne minimum (rys. 6.3.1).



Rys. 6.3.1. Średni miesięczny, znormalizowany stan wybranych jezior województwa podlaskiego w latach 1981-2020; dane źródłowe IMGW-PIB. Jeziora: Rajgrodzkie (1), Necko (2), Studzieniczne (3), Serwy (4), Rospuda Filipowska (5), Wigry (6), Hańcza (7).

Tabela 6.3.2. Średnie roczne i maksymalne amplitudy wahań poziomu wody [cm] wybranych jezior województwa podlaskiego w latach 1961-2020; ¹ – brak codziennych obserwacji w latach 1965-1974, pochylone – jeziora o regulowanym poziomie, źródło danych IMGW-PIB

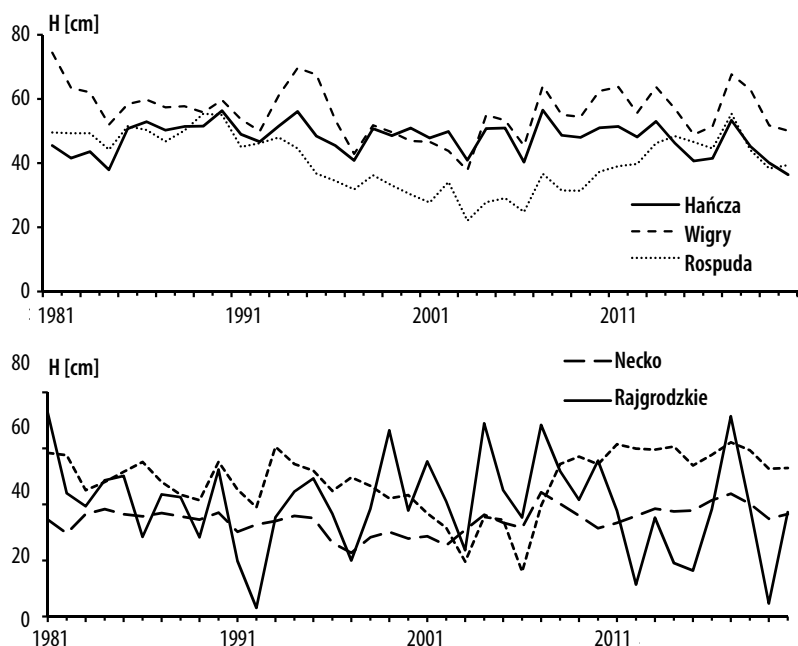
Jeziora	Średnia dla roku			Maks. miesięczna	Rok wystąpienia
	1961-1996	1997-2020	1961-2020		
Hańcza	35	23	30	80	1970
Wigry	17	13	15	39	1996
Rospuda ¹	16	14	15	38	1980
<i>Necko</i>	39	30	35	91	1979
<i>Rajgradzkie</i>	60	54	57	137	1996
<i>Serwy</i>	19	15	17	36	1996

Generalnie amplituda wahań poziomu wody w ciągu miesiąca jest niewielka w jeziorach naturalnych – średnio wynosi 5-8 cm, natomiast średnia roczna (wyliczona ze średnich miesięcznych) nie przekracza 20 cm (tab. 6.3.2). Sztuczna regulacja poziomu wody, prowadzona m.in. w systemie Kanału Augustowskiego oraz w Jeziorze Rajgradzkim, istotnie zwiększa krótkookresową dynamikę zmian poziomu jeziora. W tych jeziorach średnie miesięczne wahania są przeważnie ponad dwukrotnie większe w jeziorach niż w jeziorach pozbawionych regulacji poziomu wody. Dotyczy to również wartości średnich rocznych i maksymalnych, odnotowanych w wieloletnich obserwacjach. Maksymalne zmiany poziomu wody we wszystkich monitorowanych jeziorach (od 36 cm do blisko 140 cm) występowały w kwietniu, choć w różnych latach. W obu grupach jezior – zarówno z, jak i bez sztucznej modyfikacji poziomu wody – istnieją odstępstwa o tych reguł, wynikające z położenia i cech geologicznych poszczególnych akwenów, jak również z ich funkcji w kreowanym przez człowieka systemie hydrologicznym. Takimi specyficznymi cechami wyróżnia się najgłębsze w Polsce Jezioro Hańcza, posiadające ustrój hydrologiczny typowy dla jezior podpiętrzanych, o wyjątkowo dużej amplitudzie wahań poziomu wody w ciągu roku (szczególnie w okresie jesienno-zimowym), a także nietypowej zmienności wieloletniej. Odmienny charakter prezentuje Jezioro Serwy, pełniące funkcję rezerwuaru wody dla wododziałowej części Kanału Augustowskiego. Mimo prowadzonej regulacji, jego

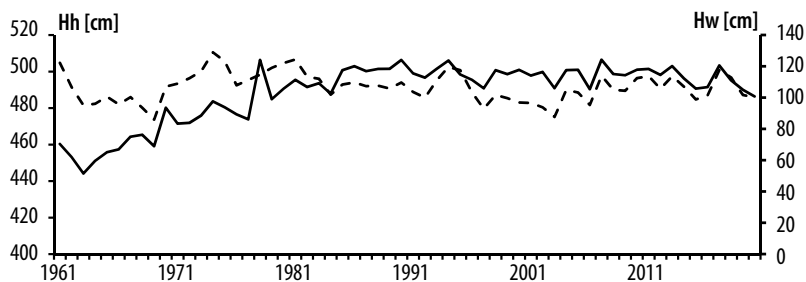
rytm wahań poziomu wody pozostaje zbliżony do jezior naturalnych. Sztuczna regulacja w tym jeziorze polega na wiosennym zwiększeniu zasobów wodnych i ich stopniowym uwalnianiu w okresie letniej eksploatacji kanału, co wzmacnia naturalny reżim hydrologiczny jeziora i częściowo rekompensuje pojawiające się deficyty klimatycznego bilansu wodnego. W wieloleciu 1961-2020 obserwowano zmniejszanie się średnich rocznych amplitud wahań poziomu wody w jeziorach (tab. 6.3.2). Tendencja ta jest szczególnie widoczna przy zestawieniu danych do 1996 r. z danymi od 1997 r., który wskazywany jest jako początek zmian klimatycznych w środkowej Europie (por. podrozdz. *Uwarunkowania klimatyczne*). Zmniejszająca się ilość opadów śniegu oraz skracający się czas trwania pokrywy śnieżnej w północno-wschodniej Polsce prowadzą do zmniejszenia dynamiki wahań poziomu wód jeziornych. Skutkiem tego, większa stabilizacja zasięgu litoralu jezior sprzyja poszerzaniu zasięgu makrofitytów zanurzonych oraz helofitytów, zwiększeniu ich produktywności oraz sukcesywnemu zmniejszaniu się powierzchni jezior. Tendencje te, towarzyszące globalnym zmianom klimatycznym, potwierdzają obserwacje wzrastającego udziału powierzchni zajmowanej przez makrofity w jeziorach Polski (Choiński, Skowron 2021). Wśród jezior objętych ciągłym monitoringiem hydrologicznym wyróżnia się Jezioro Rajgrodzkie, charakteryzujące się największą amplitudą poziomu wody i zmiennością jego powierzchni (tab. 6.3.2). Tak duża dynamika zmian poziomu wody wynika z włączenia jeziora do aktywnej gospodarki wodnej dorzecza Biebrzy oraz z pełnienia przez nie funkcji zbiornika retencyjnego.

Wieloletnie obserwacje hydrologiczne jezior regionu nie potwierdzają ogólnej tendencji obniżania się poziomu wód jeziornych (rys. 6.3.2), jaką sygnalizował Mikulski (1971) w drugiej połowie ubiegłego wieku.

Natomiast Jezioro Hańcza, w porównaniu z danymi z ubiegłego wieku, obecnie utrzymuje poziom wyższy średnio o 40-50 cm (rys. 6.3.3), na co wcześniej wskazywaliśmy (Górniak, Piekarski 2002). Można przypuszczać, że jest to wynik wyjątkowo długiego (ponad 50-letniego) cyklu hydrologicznego tego typu jezior, notowanego także na terenie Litwy. Nie można jednak wykluczyć innych przyczyn, takich jak aktywna neotektonika prekambryjskiego masywu krystalicznego czy intensywne prace geofizyczne prowadzone w latach 50. i 60. XX w. podczas dokumentacji złóż rud metali w kompleksie skał magmowych i metamorficznych (por. rozdz. I. *Uwarunkowania naturalne*)



Rys. 6.3.2. Wieloletnie zmiany średniego rocznego poziomu największych jezior województwa podlaskiego w latach 1981-2020



Rys. 6.3.3. Wieloletnie zmiany średniego rocznego (rok kalendarzowy) stanu wody Jeziora Hańcza (oś lewa – linia ciągła) i Wigry (oś prawa – linia przerywana); dane źródłowe IMGW-PIB, obliczenia własne

Wartość poznawcza bilansu wodnego jeziora jest znacznie większa niż ta wynikająca jedynie z analizy dynamiki poziomu wody (Mikulski 1971, Bajkiewicz-Grabowska 2002). Celem sporządzania bilansu jest określenie objętości

poszczególnych składowych dopływu i odpływu wody oraz ich udziału w strumieniu wody przepływającej przez jezioro w określonym przedziale czasu. Bilans wodny jeziora obliczono dla kolejnych lat kalendarzowych, ponieważ – w przeciwieństwie do obliczeń dla lat hydrologicznych – w dłuższym okresie średnia zmiana retencji jeziora jest zbliżona do zera. Pełne dane bilansowe posiadamy jedynie dla Jeziora Wigry – dla okresu 1971-1990 zostały one wcześniej przedstawione przez Bajkiewicz-Grabowską (2002). Dane zaprezentowane w tabeli 4.3.3 obejmują okres 60 lat (1961-2020) i zostały obliczone w układzie lat kalendarzowych, podobnie jak wcześniej przedstawiony klimatyczny bilans wodny. Bilans wodny każdego jeziora można zapisać w postaci równania:

$$P_j - E_j + D_r + D_g + R_j = O_r + O_g$$

gdzie:

- **P** – opady atmosferyczne (deszcz, śnieg),
- **E** – ewapotranspiracja (parowanie i transpiracja roślin)
- **Dr** – woda dopływająca powierzchniowo do jeziora
- **Dg** – woda dopływająca do jeziora drogą podziemną
- **Qr** – powierzchniowy odpływ wód z jeziora rzeką
- **Qg** – podziemny odpływ wody z jeziora drogą
- **Rj** – zmiana objętości wody w jeziorze w określonym czasie i związana z przyrostem lub spadkiem poziomu wody.

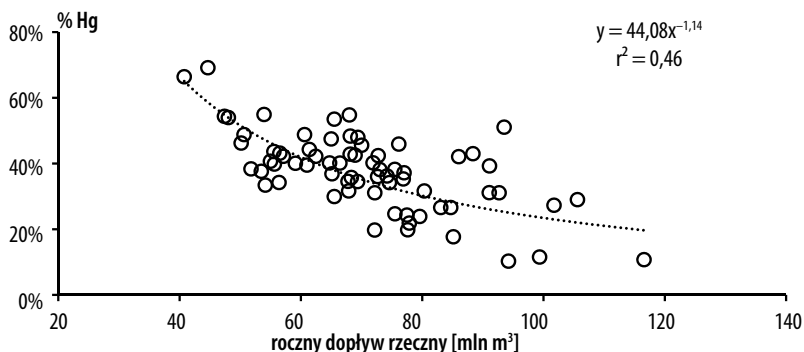
Tabela 6.3.3. Bilans wodny Jeziora Wigry w okresie 1961-2020; średnie roczne wartości w mln m³

Elementy bilansu wodnego	Parametr	Analizowany okres		
		1961-1996	1997-2020	1961-2020
wymiana pionowa	P-E	3,7	2,9	3,4
dopływ	rzekami	72,4	70,0	71,4
	podziemny	41,2	38,8	40,2
retencja jeziora		0,06	-0,10	-0,01
odpływ z jeziora	odpływ rzeczny	109,1	103,4	106,8
roczna wymiana wody jeziora	% objętości jeziora	27,3	31,7	29,1

Wymiana pionowa wody w jeziorze nie odgrywa istotnej roli w jego bilansie wodnym, tak jak ma to miejsce w innych jeziorach strefy umiarkowanej (Bajkiewicz-

-Grabowska 2000). Głównym elementem bilansu jest natomiast pozioma wymiana wody. W zależności od warunków hydrometeorologicznych, wielkość rocznego strumienia wody przepływającego przez jezioro w analizowanym 60-leciu zmieniała się w szerokim zakresie – od 54 do 158 mln m³, przy średniej wartości 115 mln m³. Dopływ rzeczny wód stanowił 63% objętości całkowitego strumienia wody zasilającego jezioro, resztę zaś stanowił dopływ wód podziemnych. Szacunki wskazują, że rocznie do jeziora wpływa średnio 40 mln m³, co stanowi 38% całkowitej objętości wody dopływającej. Warto podkreślić, że wektor zasilania podziemnego Jeziora Wigry cechuje się współczynnikiem zmienności zbliżonym do obserwowanego dla dopływu rzecznego, przy czym zasilanie podziemne jeziora zwiększa się wraz ze spadkiem wielkości zasilania rzecznego (rys. 6.3.4), istotnie zmniejszając wahania wieloletnie poziomu wody w jeziorze. Specyfika budowy geologicznej i aktualny układ sieci rzecznej zlewni Jeziora Wigry przyczyniają się do przestrzennego zróżnicowania udziału poszczególnych składowych bilansu wodnego. Szczegółowe analizy Bajkiewicz-Grabowskiej (2000) wykazały zróżnicowanie bilansu wodnego w zależności od części jeziora, co wynika z odmiennych uwarunkowań hydrogeologicznych poszczególnych basenów tego akwenu. Na szczególną uwagę zasługuje zwiększony udział dopływu podziemnego w południowej i środkowej części jeziora w porównaniu z jego północnymi fragmentami. W analizie obiegu wody w zlewni Jeziora Wigry dostrzegalne są również efekty antropogeniczne gospodarowania wodą na terenach zurbanizowanych Suwałk. Wzrost zaludnienia spowodował zwiększenie produkcji ścieków, które – po oczyszczeniu – odprowadzane są do Czarnej Hańczy. Obecnie, przy obniżonym przepływie rzeczonym, stanowią one ponad 12-14% jej średniego rocznego przepływu. System oczyszczania ścieków w Suwałkach oparty jest na wykorzystaniu wód podziemnych pochodzących zarówno z lokalnych zasobów zlewni, jak i z sąsiedniej zlewni Szeszupy. Od połowy drugiej dekady XXI w. do systemu kanalizacji dołączono także gminę Jeleniewo.

Wieloletnie obserwacje hydrologiczne i sporządzony bilans wodny Jeziora Wigry wskazują, że w ciągu roku wymianie podlega średnio 29% jego objętości, co oznacza, że pełna wymiana wody w jeziorze trwa blisko 3,5 roku. W analizowanym okresie 1961-2020 obserwowano znaczne wahania tego wskaźnika – od 20% do 44% rocznej wymiany, co oznacza, że w niektórych latach tempo wymiany wody było ponad dwukrotnie wyższe niż średnia. Tak znaczne różnice mogą mieć istotny wpływ na dynamikę procesów biogeochemicznych w ekosystemie jeziornym, a także na skład chemiczny wód.



Rys. 6.3.4. Zależność między rocznym dopływem rzecznym do Jeziora Wigry a zasileniem podziemnym jeziora

Tabela 6.3.4. Średnia roczna wymiana wody w wybranych jeziorach województwa podlaskiego (według Górniak 2006); ¹ – dane według Bajkiewicz-Grabowska (2002)

Jezioro	% rocznej wymiany wody w jeziorze	Jezioro	% rocznej wymiany wody w jeziorze
Białe Pierciańskie	9	Pierty	164
Czarne k/Gawrych Rudy	1110	Postaw	271
Długie W.	82	Rospuda Filipowska ¹	1,5
Gałęziste	26	Rajgrodzkie ¹	86
Hańcza ¹	7,3	Samle Duże	77
Okrągłe	217	Suchar II	31
Kłonek	155	Suchar III	417
Królówek	49	Suchar IV	83
Krusznik	94	Suchar V	1000
Leszczewek	232	Suchar Wielki	124
Muliczne	75	Wigry	29
Omulówek	91		

Wskazana powyżej średnia wartość rocznej wymiany wody w Jeziorze Wigry nie należy do najniższych wśród jezior województwa podlaskiego (tab. 6.3.4). Znacznie niższy poziom rocznej wymiany odnotowano m.in. w jeziorach Rospuda Filipowska, Hańcza oraz Białe Pierciańskie, podczas gdy wyjątkowo silnie przepływowymi akwenami są jeziora Czarne koło Gawrych Rudy oraz Suchar V.

Zróźnicowane tempo wymiany wody w jeziorach stanowi istotny czynnik modyfikujący skład chemiczny wód oraz warunki siedliskowe dla bytujących tam hydrobiontów.

6.4. Fizyczne i chemiczne zróźnicowanie właściwości wód jeziornych

6.4.1. Termika

Ekosystemy jeziorne strefy umiarkowanej to obszary, w których wyraźnie zaznacza się wpływ sezonowo zmieniających się warunków solarnych i termicznych. Charakterystyka termiczna wód jeziornych, mimo położenia w tej samej strefie klimatycznej, może się znacznie różnić w zależności od typu hydrologicznego jeziora, jego powierzchni, głębokości oraz objętości misy (Wetzel 2000). Wśród jezior województwa podlaskiego dominują zbiorniki dimiktyczne – 174 jeziora (56%) – w których wiosną i jesienią następuje pełne mieszanie mas wodnych. W okresie letnim wykształca się w nich stratyfikacja termiczna, dzieląca wodę na trzy warstwy: epilimnion, metalimnion i hypolimnion.

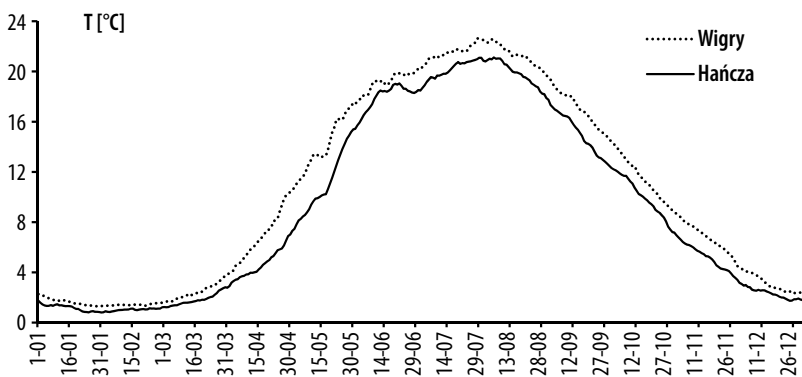
Jeziora płytkie, polimiktyczne, podlegające wielokrotnemu mieszanii w ciągu roku, stanowią 33,3% wszystkich jezior województwa (103 jeziora). W granicach województwa znajduje się także spora grupa małych jezior meromiktycznych (30 obiektów), w których jedynie powierzchniowa warstwa wody o głębokości 2-4 m podlega sezonowemu ogrzewaniu i mieszanii. Ten typ struktury termicznej jezior został opisany po raz pierwszy w Polsce na przykładzie Jeziora Wądołek z Suwalszczyzny (Passsowicz 1938). Głębsze warstwy jezior cechuje niewielka zmienność temperatury, ponieważ silny dopływ wód gruntowych i podziemnych (np. w postaci źródeł) o temperaturze powyżej 4°C uniemożliwia pełną miksję wody.

W sezonie wegetacyjnym w jeziorach pojawia się okresowa warstwa przejściowa między cieplejszymi wodami powierzchniowymi a chłodniejszymi wodami głębinowymi, nazywana metalimnionem, w której pionowe zmiany temperatury wynoszą ponad 1°C na metr. Na obszarze województwa warstwa hypolimnionu, czyli warstwa przydenna, na głębokościach powyżej 12-15 m stale utrzymuje temperaturę wody poniżej 10°C, a w najgłębszych lokalizacjach dochodzi ona jedynie do 5-6°C. W Jeziorze Hańcza temperatura wód przydennych w sierpniu wynosiła zaledwie 4,5°C (Kozłowski 1932).

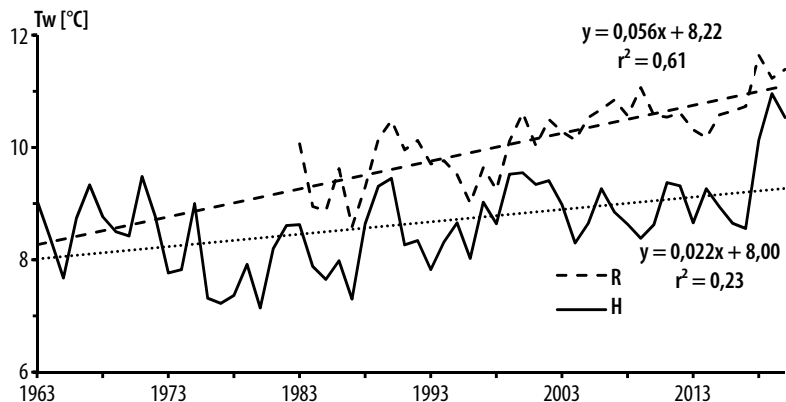
Tabela 6.4.1.1. Średnia miesięczna temperatura wody jezior i temperatura powietrza w Suwałkach w latach (kalendarzowych) 1991-2020; dane źródłowe – IMGW-PIB)

Miesiące	Powietrze	Woda jezior (0,3 m)			
	Suwałki	Wigry	Hańcza	Rajgród	Rospuda
I	-3,3	1,5	1,1	1,3	2,3
II	-2,6	1,3	1,0	1,3	1,8
III	0,9	2,3	1,8	2,3	2,8
IV	7,3	6,3	4,2	6,1	5,6
V	12,6	13,7	10,6	14,0	12,6
VI	15,9	18,9	17,6	19,3	19,1
VII	18,1	21,1	19,7	21,4	21,3
VIII	17,4	21,1	19,8	21,2	21,0
IX	12,5	16,8	14,9	16,7	16,7
X	7,0	11,4	9,7	11,4	11,5
XI	2,3	6,5	5,0	6,6	6,9
XII	-1,6	2,9	2,3	2,9	3,9
rok	7,2	10,3	9,0	10,4	10,4

Sezonowa zmienność temperatury wody w warstwach powierzchniowych jest codziennie monitorowana przez IMGW-PIB jedynie w największych jeziorach. Średnie roczne wartości temperatury wody są o 2-3°C większe od średniej temperatury powietrza (tab. 4.4.1.1), przy czym w Jeziorze Hańcza temperatura wody pozostaje stale niższa niż w pozostałych monitorowanych jeziorach. Roczny rytm termiczny jezior północno-wschodniej Polski jest do siebie bardzo zbliżony – minimum temperatury przypada na przełom stycznia i lutego, natomiast maksimum odnotowuje się zazwyczaj w pierwszej dekadzie sierpnia (rys. 6.4.1.1). W rocznym cyklu temperatury wody widoczne są także skutki okresowych ochłodzeń powietrza, np. tzw. „zimna Zośka” w połowie maja oraz epizodów chłodniejszych z przełomu czerwca i lipca.



Rys. 6.4.1.1. Średnia dobowa temperatura wody jezior Wigry i Hańcza (głęb. 0,3 m), wyliczona z codziennych pomiarów IMGW-PIB w latach 2000-2020



Rys. 6.4.1.2. Zmiany średniej rocznej temperatury wody jezior Rospuda (R) i Hańcza (H) w latach 1971-2020; dane źródłowe IMGW-PIB

Temperatura wody epilimnionu jezior województwa podlaskiego, podobnie jak temperatura powietrza, stopniowo wzrasta (rys. 6.4.1.2; 6.4.1.3), co wiąże się ze zjawiskiem globalnego ocieplenia. Towarzyszy temu notowanie coraz wyższych rocznych wartości maksymalnych temperatury w miesiącach letnich. W ciągu ostatnich 25 lat skala wzrostu średniej wieloletniej wartości temperatury wody była znacznie wyższa niż w poprzedzającym je okresie 80-letnim. Jeżeli tempo ocieplania się utrzyma, do końca XXI w. w Jeziorze Wigry należy spodziewać się

wzrostu średniej rocznej temperatury wody do 13,1°C, czyli o blisko 3°C więcej niż obecnie (Górnjak, dane niepublikowane).

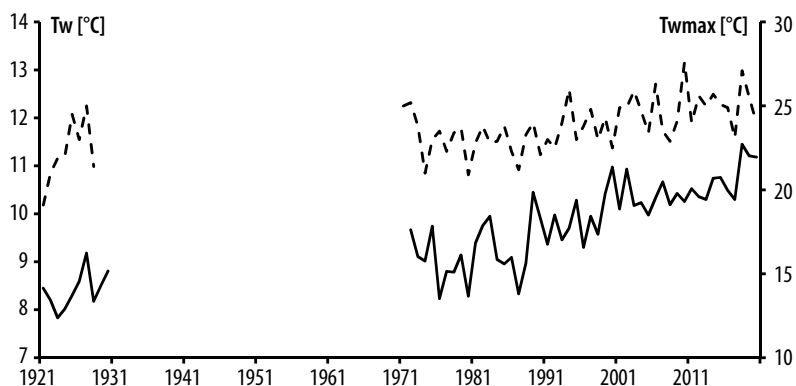
Tabela 6.4.1.2. Zmiany średnich i maksymalnych temperatur wody Jeziora Wigry w trzech okresach pomiarowych w ponad 100-letniej serii danych IMGW-PIB

Okres	Lata codziennych obserwacji	Średnia roczna	T max
1921-1930	10	8,41±0,37	25,0
1972-1996	25	9,31±0,58	26,0
1997-2020	24	10,48±0,43	27,6

Wykazana dynamika akumulacji ciepła w jeziorach dotyczy przede wszystkim warstwy epilimnionu oraz płytkich jezior polimiktycznych, a także wydłużenia okresu prostego uwarstwienia termicznego. Skróceniu ulega natomiast czas trwania pokrywy lodowej – coraz częściej występują zimy bez pełnego zlodzenia jezior. Wody metalimnionu i hypolimnionu najgłębszych jezior dimiktycznych nie wykazują istotnych, wieloletnich zmian temperatury, co potwierdzają porównania wyników sondowań prowadzonych w dłuższym okresie (rys. 6.4.1.4). Obecnie nie odnotowuje się poważnych zagrożeń dla funkcjonowania jeziornej fauny stenotermicznej, preferującej chłodne wody.

Cechą charakterystyczną dla jezior umiarkowanej strefy klimatycznej o znacznej powierzchni i rozciągłości jest przestrzenne zróżnicowanie termiczne, uwarunkowane m.in. typem hydrologicznym, ukształtowaniem misy jeziora i warunkami hydrogeologicznymi otaczającej zlewni. Niewiele jest w tym zakresie doniesień naukowych, ponieważ badania takie wymagają zastosowania nowoczesnych technik pomiarowych, takich jak obrazowanie termiczne z wykorzystaniem sensorów lotniczych i satelitarnych oraz pomiary temperatury prowadzone za pomocą autonomicznych rejestratorów z funkcją zapisu danych. Spośród jezior województwa podlaskiego jedynie w Jeziorze Wigry Pracownia Naukowo-Badawcza Wigierskiego Parku Narodowego prowadzi systematyczne pomiary temperatury wód litoralu na kilku stanowiskach. Wyniki tych pomiarów dokumentują istotną statystycznie różnicę w zasobach ciepła między południową a północną częścią jeziora. Wynika ona z intensywnego dopływu wód podziemnych o stabilnej temperaturze przez cały rok (ok. 6-8°C). Dlatego w okresie zimowym temperatura

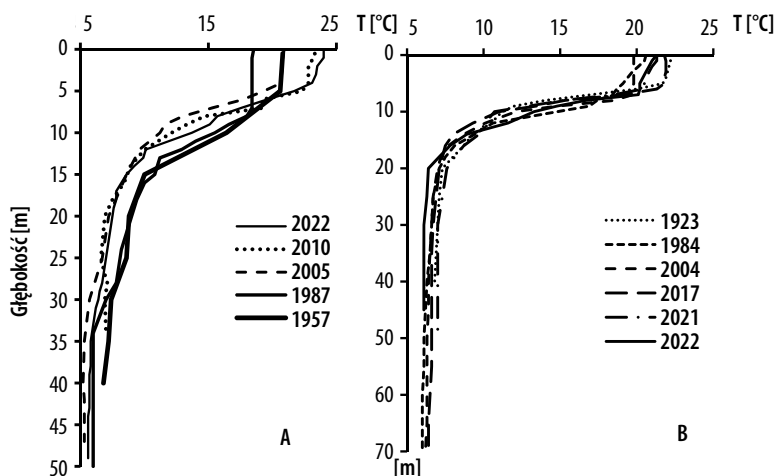
wód litoralu południowej części jeziora jest średnio o 4-5°C wyższa niż w części północnej (rys. 6.4.1.5). Poza okresami wiosennej i jesiennej miksji, południowa część jeziora jest zazwyczaj bardziej „wychłodzona” od północnej. Pomiaru te potwierdzają istnienie obfitego zasilania podziemnego, głównie w południowych płaszczyznach akwenu, na co już wcześniej zwracała uwagę Bajkiewicz-Grabowska (2000). Zasilanie to jest ważnym czynnikiem kształtującym przestrzenne zróżnicowanie składu chemicznego wód oraz warunków siedliskowych dla organizmów planktonowych i bentosowych.



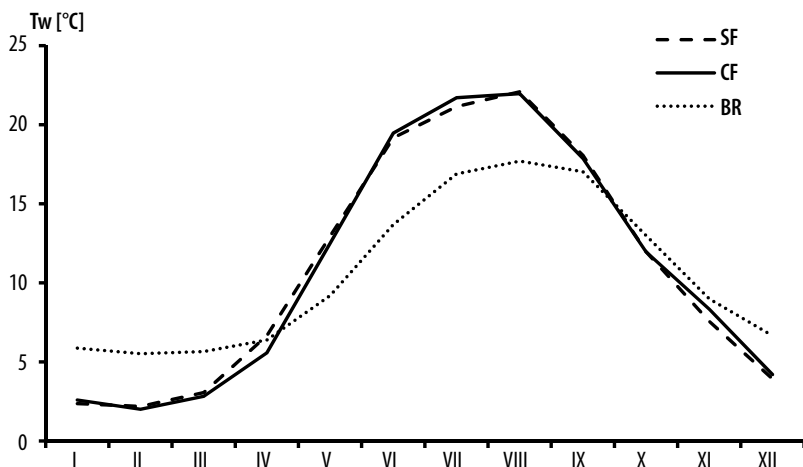
Rys. 6.4.1.3. Wieloletnia zmienność średniej i maksymalnej temperatury wody (0,3 m) Jeziora Wigry; źródłowe dane IMGW-PIB

Wraz ze wzrostem zimowej temperatury powietrza zmienia się ustrój lodowy jeziora, czego przejawem jest m.in. spadek liczby dni ze zjawiskami lodowymi (rys. 6.4.1.6), a przede wszystkim skrócenia okresu występowania pełnej pokrywy lodowej. Zima 2019/2020 była pod tym względem przełomowa – po raz pierwszy od początku obserwacji prowadzonych od 1920 r. nie odnotowano pełnego zlodzenia.

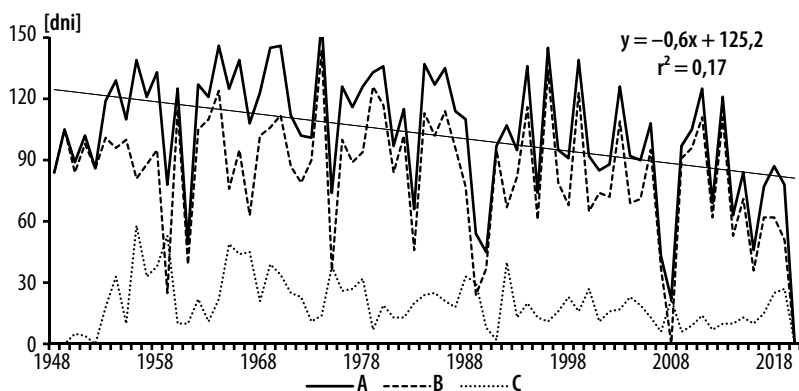
Stały dopływ wód podziemnych powoduje również niewielki, ale istotny gradient nachylenia lustra wody w kierunku północnym, ku ujściu Czarnej Hańczy. Zakres i sezonowość tego zjawiska wymagają jednak potwierdzenia w dłuższej serii pomiarowej.



Rys. 6.4.1.4. Letnie profile termiczne Jeziora Rajgrodzkiego (A) i Jeziora Wigry (Szyja) (B) opracowane na podstawie pomiarów GIOŚ, badań własnych oraz danych wcześniej publikowanych



Rys. 6.4.1.5. Zróżnicowanie średniej miesięcznej temperatury wody w litoralu Jeziora Wigry w części północnej [Stary Folwark (SF), Czerwony Folwark (CF)] i części południowej [Bryzgiel (BR)] w latach 2018-2024; dane pomiarowe – Pracownia Naukowo-Dydaktyczna Wigierskiego Parku Narodowego, obliczenia własne



Rys. 6.4.1.6. Liczba dni w sezonie zimowym (XI-IV) ze zjawiskami lodowymi (A), pełnym zlodzeniem jeziora (B), częściowym zlodzeniem (C); według danych IMGW-PIB obliczenia własne

6.4.2. Przezroczystość wody

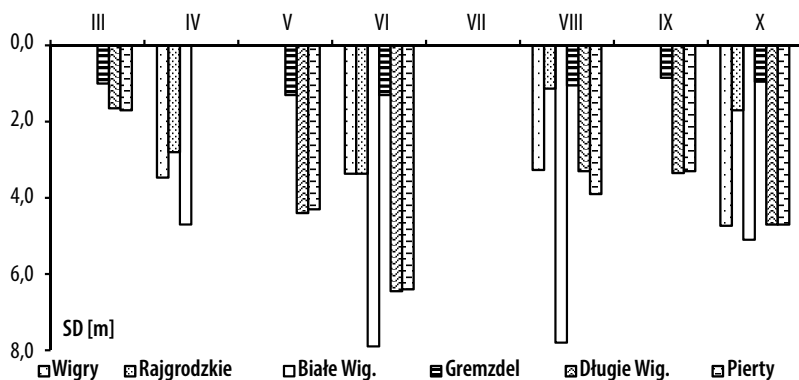
Przezroczystość wody syntetycznie odzwierciedla stan przyrodniczy jezior, ponieważ w przybliżeniu wskazuje na zasięg strefy fotycznej (oświetlonej), co pozostaje w ścisłym związku z aktualnym rozwojem glonów i sinic planktonowych oraz obecnością czynników fizycznych, ograniczających penetrację promieniowania słonecznego w kolumnie wody. Do takich czynników należą: barwa wody, obecność koloidów mineralnych i organicznych, a także cząstki stałe dopływające ze zlewni lub powstające w procesach biogenicznych (np. wytrącenie się kalcytu). Z tego względu dane o przezroczystości wody w jeziorach stanowią jedną z trzech składowych oceny żyzności wód (wskaźnika trofii) (Carlson 1977). Im większa jest przezroczystość wody, tym mniej abiotycznych cząstek znajduje się w toni wodnej. Jednocześnie oznacza to niższe zagęszczenie planktonu, co może wskazywać na ograniczone zasoby siedliskowe dla rozwoju hydrobiontów. Nizinne jeziora Polski nie osiągają przezroczystości notowanej dla jezior wysokogórskich, jednak w sześciu jeziorach województwa podlaskiego średnia widzialność krążka Secchiego przekracza 5 m, co odpowiada miąższości strefy fotycznej sięgającej ponad 12-15 m. Do jezior o najbardziej przezroczystej wodzie należą: Busznica, Białe, Wigierskie, Jegłówek, Hańcza, Długie, Sejneńskie oraz Białe Filipowskie. Większość ze zbadanych jezior harmonijnych (z wyłączeniem jezior

dystroficznych) w granicach województwa podlaskiego charakteryzuje się średnią przezroczystością (mierzoną widzialnością krążka Secchiego) w granicach 2-3 m, co stanowi ok. 30% analizowanych jezior (tab. 6.4.2.1). Ponad 40% jezior województwa charakteryzuje się widzialnością mniejszą niż 2 m, co wskazuje na intensywny rozwój planktonu roślinnego, a nierzadko także na podwyższone stężenia substancji humusowych (Górniak 1996).

Tabela 6.4.2.1. Liczebność jezior województwa podlaskiego w przedziałach widzialności krążka Secchiego, na podstawie danych GIOŚ i Uniwersytetu w Białymstoku z lat 2007-2024 (114 jezior)

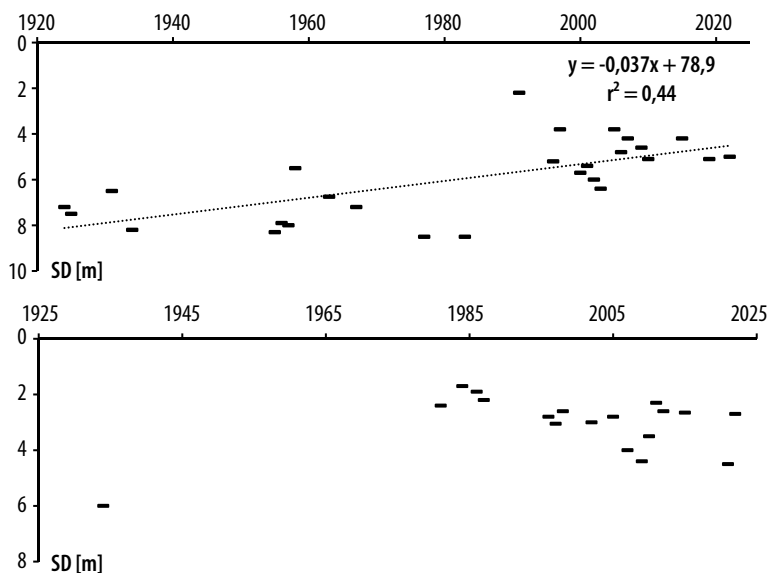
Widzialność [m]	Liczba jezior
<1	9
1-1,5	19
1,5-2	22
2-3	34
3-4	14
4-5	10
>5	6

Większe sezonowe zmiany przezroczystości wody jeziornej są cechą jezior o niewielkim rozwoju glonów i sinic, najczęściej gdy średnia widzialność krążka Secchiego w sezonie wegetacyjnym przekracza 3-3,5 m. Wówczas zimą światło słoneczne może docierać nawet poniżej 15-20 m głębokości. Dlatego nurkowanie w okresie zimowym lub wczesnowiosennym, np. w Jeziorze Hańcza, cieszy się większą popularnością niż latem. Warto też wskazać, że w jeziorach nizinnych Polski, tuż po zaniku pokrywy lodowej, przezroczystość wody stopniowo się zmniejsza, by ponownie wzrosnąć jesienią (rys. 6.4.2.1). Gdy żyzność wód nie jest zbyt wysoka, w drugiej połowie maja lub w czerwcu notuje się wzrost widzialności krążka Secchiego, który latem ponownie maleje. Ten późnowiosenny wzrost przezroczystości określany jest jako tzw. faza czystej wody, typowa dla jezior mezotroficznych oraz o niskim stopniu eutrofii (Górniak, Kajak 2020). Zjawisko to jest skutkiem intensywnego żerowania zooplanktonu skorupiakowego na glonach, co prowadzi do redukcji populacji fitoplanktonu, przy jednoczesnym wyczerpywaniu się zasobów biogenów w epilimnionie – warstwie odciętej termicznie od głębszego meta- i hypolimnionu.



Rys. 6.4.2.1. Sezonowe zmiany widzialności krążka Secchiego w wybranych jeziorach województwa podlaskiego w 2020 r.; dane GIOŚ

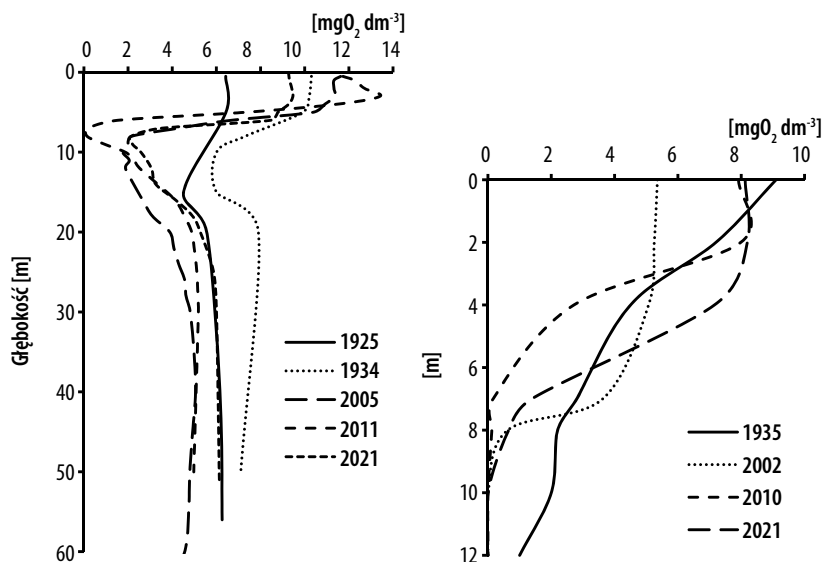
Powtarzane w czasie pomiary widzialności krążka Secchiego służą hydrobiologom do oceny wieloletnich tendencji zmian w funkcjonowaniu jezior, a szczególnie natężenia procesu eutrofizacji (zob. rozdz. VII). Zebrane dane archiwalne z okresu przedwojennego oraz współczesne pomiary dla dwóch najbardziej znanych jezior województwa ilustrują zmiany zachodzące w dorzeczu Czarnej Hańczi (rys. 6.4.2.2). W najgłębszym w Polsce jeziorze – Hańcza – obserwuje się wyraźną, istotną statystycznie wieloletnią tendencję spadku przezroczystości wody. Do końca lat 80. XX w. widzialność krążka Secchiego oscylowała w granicach od 6,5 do 8,5 m, po czym w kolejnej dekadzie gwałtownie spadła do poziomu mniej niż 2,5 m. Obecnie wartości te wahają się w przedziale 4-6 m, co wskazuje na mezotroficzny charakter jeziora, w przeciwieństwie do wcześniej przypisywanego mu statusu jeziora oligotroficznego (Kozłowski i in. 2008). Również w Jeziorze Wigry w XX w. nastąpiły znaczące zmiany przezroczystości wód, związane z dopływem zanieczyszczeń z miasta Suwałki. Już w okresie międzywojennym XX w. istniało wyraźne zróżnicowanie żyzności wód pomiędzy północnymi a południowymi płaszczyznami jeziora, a co za tym idzie – również przezroczystości (Lityński 1926; Zdanowski 1992; Górniak 2006). W okresie intensywnego rozwoju Suwałk oraz niedostatecznego oczyszczania ścieków nastąpiło przesunięcie strefy żyznych wód w kierunku południowym, co potwierdza niska przezroczystość wód w płaszczyźnie Szyja w latach 1975-1990 (rys. 6.4.2.2). Po 1995 r. można zaobserwować stopniową poprawę stanu wód w najgłębszej części jeziora. Natomiast w innym dużym jeziorze regionu – Jeziorze Rajgrodzkim – nie odnotowano jak dotąd poprawy przezroczystości wód.



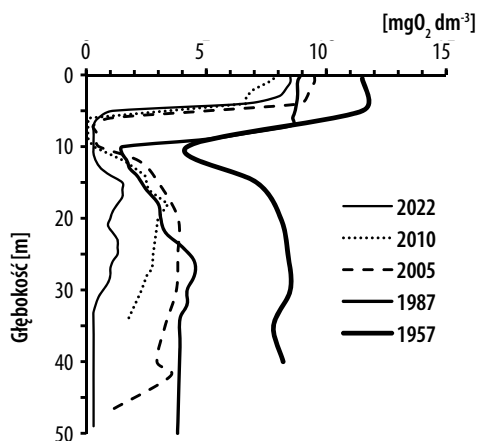
Rys. 6.4.2.2. Wieloletnie zmiany widzialności krążka Secchiego w jeziorach Hańcza (rysunek górny) i Wigry [stanowisko Szyja] (rysunek dolny); dane z publikacji, archiwum GIOŚ oraz badań własnych

6.4.3. Tlen rozpuszczony w wodach jezior

Podobnie jak przezroczystość wody, stężenie tlenu rozpuszczonego w wodach jezior jest ważnym wskaźnikiem stanu ekologicznego ekosystemów jeziornych. Jego pionowy rozkład w okresie letniej stratyfikacji odzwierciedla natężenie produkcji materii organicznej oraz naturalną zdolność jeziora do jej rozkładu i utylizacji (Wetzel 2000). W jeziorach nizinnych Polski ortograda tlenowa, czyli wyrównanie natlenienia wód w całym profilu głębokościowym, występuje rzadko i zazwyczaj jedynie przejściowo – w okresach wiosennej i jesiennej cyrkulacji wód w jeziorach dyniktycznych. Najczęściej notuje się klinogradę, czyli systematyczny spadek stężenia tlenu wraz z głębokością, charakterystyczny dla jezior o podwyższonej żyzności (Górniak, Kajak 2020). Przykładem takiego rozkładu jest profil z północnej części Jeziora Wigry (rys. 6.4.3.1b). W większych i głębszych jeziorach, o względnie dużych zasobach wodnych, występuje natomiast heterograda – pionowe zróżnicowanie stężenia, przejawiające się letnim zwiększeniem wartości w metalimnionie (heterograda dodatnia) lub wyraźnym ich spadkiem (heterograda ujemna) (rys. 6.4.3.1a).



Rys. 6.4.3.1. Wieloletnie zmiany letniej tlenowej stratyfikacji wód Jeziora Wigry na podstawie danych archiwalnych i badań własnych; wykres po lewej – płoso Szyja, wykres po prawej – zatoka Zadworze



Rys. 6.4.3.2. Wieloletnie zmiany w letniej tlenowej stratyfikacji wód Jeziora Rajgrodzkiego – stanowisko Opartowo; na podstawie danych archiwalnych GİOŚ i badań własnych

Prezentowane powyżej wieloletnie pomiary, oprócz zróżnicowania tlenowego między poszczególnymi jeziorami, wskazują także na zmniejszające się stopniowo zasoby tlenu w jeziorach eutroficznych (np. zatoka Zadworze Jeziora Wigry), a także na pojawiające się latem warstwy pelagialu jezior z niedoborem lub brakiem tlenu w metalimnionie jezior harmonijnych. Jest to wyraźny dowód postępujących, niekorzystnych zmian jakości wód największych jezior województwa (rys. 6.4.3.2), które nie zawsze są dostrzegalne dla odwiedzających. Zmiany te przekładają się na spadek produktywności rybackiej oraz stopniową modyfikację składu ichtiofauny. W kontekście przedstawionych danych o warunkach tlenowych zasadne wydaje się rozważenie, by w przyszłości monitoring przyrodniczy obejmował dokładniejszy parametr – stopień wysycenia tlenem wód powierzchniowych epilimnionu. Jednocześnie wskaźnik ten nie jest bezpośrednio zależny od temperatury wody, w przeciwieństwie do samego stężenia tlenu. Jak wcześniej wskazano przy analizie rzek, występowanie w okresie letnim dłuższych okresów przesylenia tlenowego świadczy o intensywnej produkcji planktonu roślinnego. Zjawisko to jest bezpośrednio związane ze zwiększoną dostępnością biogenów, typową dla procesów eutrofizacji. Z tego względu uważam, że stopień wysycenia tlenem w wodach jeziornych jest bardziej adekwatnym i czułym wskaźnikiem oceny ich stanu ekologicznego niż samo stężenie tlenu rozpuszczonego.

6.4.4. Chemiczne cechy wód jezior harmonijnych

W wodach jezior harmonijnych, podobnie jak w rzekach, dominuje typ wód wodorowęglanowo-wapniowy, przy jednoczesnym występowaniu niewielkich oznak postępującej eutrofizacji. Co istotne, wyniki badań prowadzonych w innych jeziorach województwa w tym samym okresie są zbieżne z rezultatami monitoringu największych jezior, prowadzonego systematycznie przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (tab. 6.4.4.1).

Generalnie jeziora województwa podlaskiego charakteryzują się umiarkowaną twardością ogólną wód, alkalicznym odczynem oraz niską przewodnością właściwą, mieszczącą się w dolnym zakresie wartości notowanych w jeziorach Polski. Podobnie stężenia siarczanów i chlorków w tych zbiornikach wodnych utrzymują się na stosunkowo niskim poziomie (tab. 6.4.1). W większych jeziorach obserwuje się wyższe stężenia azotu ogółem (TN) oraz rozpuszczonej krzemionki (SiO_2) w porównaniu z mniejszymi zbiornikami, przy jednocześnie bardzo zbliżonych

wartościach stężenia azotu azotanowego V i jonów amonowych. Odmienna sytuacja dotyczy fosforu: w mniejszych, często bezodpływowych jeziorach stężenie fosforu całkowitego jest znacznie wyższe i silnie zróżnicowane pomiędzy poszczególnymi zbiornikami (współczynnik zmienności przekracza 100%).

Tabela 6.4.4.1. Średnie stężenie (sr) i odchylenie standardowe (sd) wybranych parametrów wody w epilimnionie jezior województwa podlaskiego; A – 61 jezior o powierzchni powyżej 50 ha (dane GIOŚ z lat 2018-2022), B – 46 jezior o powierzchni poniżej 50 ha (dane Uniwersytetu w Białymstoku z lat 2015-2022)

Parametr	Jednostka	A		B	
		sr	sd	sr	sd
n		61		46	
pH		8,31	0,19	8,45	0,27
SD	m	2,7	1,3	2,7	1,5
EC	$\mu\text{S cm}^{-1}$	333	82	341	112
SO_4^{2-}	mg dm ⁻³	16,7	8,0	14,5	10,0
Cl^-		8,6	4,4	7,7	7,6
Ca^{2+}		52,5	12,7	49,1	16,0
N-NH_4^+		0,06	0,04	0,07	0,07
N-NO_3^-		0,17	0,13	0,11	0,32
N-NO_2^-		0,004	0,004	0,006	0,014
TN		1,17	0,41	0,71	0,54
SRP		0,012	0,006	0,004	0,004
TP		0,028	0,015	0,100	0,110
Si-SiO_2		2,27	1,10	1,12	0,80
F^-		0,15	0,05	0,21	0,13
Chl <i>a</i>	$\mu\text{g dm}^{-3}$	12,8	10,0	9,1	8,4

Warunki klimatyczne i zmienny w czasie bilans wodny jezior klimatu umiarkowanego wywołują sezonowe zmiany składu chemicznego wód jeziornych (Górnjak, Kajak 2020). Powszechna w jeziorach dimiktycznych wiosenna mikcja wód oraz dopływ ładunku zlewniowego wzbogacają wodę w substancje mineralne. Jednak po ustaleniu się stratyfikacji termicznej, powierzchniowa warstwa (epilimnion) stopniowo traci te zasoby w wyniku intensywnego rozwoju hydrobiontów oraz procesów sedymentacyjnych. Obecność termokliny, zazwyczaj na

głębokości 5-8 m, ogranicza pionowe mieszanie wód oraz dopływ związków chemicznych do epilimnionu z głębszych warstw jeziora. Wraz ze wzrostem żyzności zbiornika oraz pobieraniem substancji odżywczych przez organizmy wodne, pojawia się gradient hydrochemiczny. Część tryptonu stopniowo opadającego do hypolimnionu, wraz z sedymentacją produktów chemicznych reakcji wytrącania się związków wapnia, magnezu, żelaza i fosforu, przyczynia się do stopniowego zmniejszania zasobów chemicznych epilimnionu w trakcie sezonu wegetacyjnego. Przy zmniejszonej żyzności (jeziora mezotroficzne), w okresie letnim obserwuje się deficyty dostępnych form krzemu, fosforu i azotu. W jeziorach eutroficznych, ze stałym nadmiarem biogenów, spadek dostępności tych pierwiastków jest niewielki i nie wpływa istotnie na funkcjonowanie ekosystemu jeziornego. Skalę pionowego zróżnicowania pokazuje tab. 6.4.4.2, w której wyraźnie widoczne są zmiany dotyczące głównie pierwiastków alkalicznych i przewodności właściwej wody (EC). Zaznacza się także efekt dodatniego bilansu fosforu w hypolimnionie. Natomiast wraz ze wzrostem głębokości jezior maleją zasoby rozpuszczonej materii organicznej, ponieważ epilimnion, jako warstwa trofogeniczna, stanowi jej główne źródło.

Wśród parametrów wody oznaczanych w ramach Państwowego Monitoringu Wód Jeziornych znajduje się też szeroka lista pierwiastków rzadkich oraz metali ciężkich. W przypadku dziesięciu z nich – arsenu, chromu VI (wartościowego), cyjanków, srebra, selenu, talu, wanadu, antymonu, berylu i kobaltu – wszystkie analizy wód jeziornych w latach 2016-2022 nie wykazały stężeń przekraczających poziom detekcji laboratoriów GIOŚ. Z kolei stężenia molibdenu, cyny i boru przekraczały poziom oznaczalności jedynie w pojedynczych jeziorach województwa podlaskiego (tab. 6.4.4.3). Jednak średnie wartości tych pierwiastków pozostawały poniżej norm ustalonych przez Unię Europejską i WHO dla wód pitnych. Mimo to, z nieznanymi przyczynami, wody te zostały sklasyfikowane przez GIOŚ jako pozostające poniżej stanu dobrego.

Ogólnie można stwierdzić, że wody największych jezior województwa podlaskiego nie wykazują podwyższonych stężeń pierwiastków rzadkich, a pojedyncze i okresowe przypadki ich obecności nie wskazują na istnienie stałych, zlewniowych źródeł zanieczyszczeń.

Tabela 6.4.4.2. Stopień wzbogacenia wód hypolimnionu jezior dimiktycznych w odniesieniu do stężeń w epilimnionie w Suwalskim Parku Krajobrazowym (lato 2015 r., n = 6)

Parametr	Jednostka	Różnica
EC	$\mu\text{S/cm}$	10,1%
Ca	$[\text{mgdm}^{-3}]$	18,5%
Mg	$[\text{mgdm}^{-3}]$	15,9%
Na	$[\text{mgdm}^{-3}]$	3,2%
K	$[\text{mgdm}^{-3}]$	11,9%
TP	$[\text{mgPdm}^{-3}]$	10,1%
DOC	$[\text{mgCdm}^{-3}]$	-13,8%

Tabela 6.4.4.3. Stężenia mikropierwiastków w wodach 61 jezior województwa podlaskiego monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2021

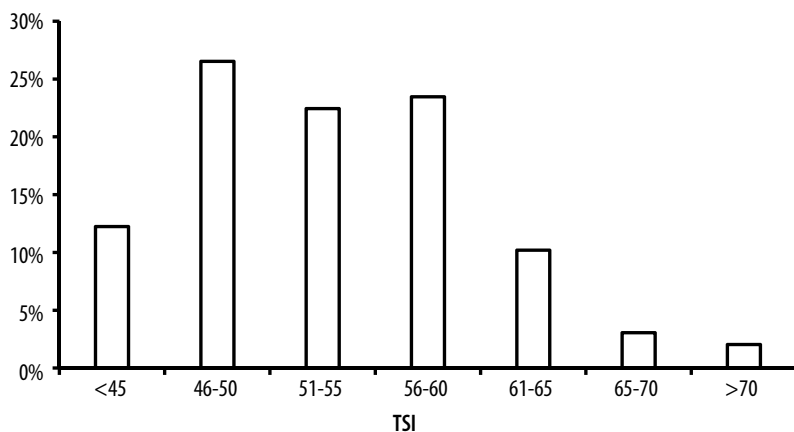
Pierwiastek	% <LoQ	Liczba prób >LoQ	Min.	Maks.	Średnia
bar	29,5%	43	0,013	0,050	0,028
cynk	50,8%	30	0,014	0,117	0,036
miedź	63,9%	22	0,0026	0,013	0,005
glin	57,4%	26	0,007	0,030	0,012
chrom ogólny	93,4%	4	0,0021	0,029	0,010
tytan	95,1%	3	0,0167	0,030	0,022
molibden	98,4%	1	0,004		
cyna	97,6%	1	0,013		
bor	98,4%	1	0,040		

6.5. Żyzność wód jezior harmonijnych

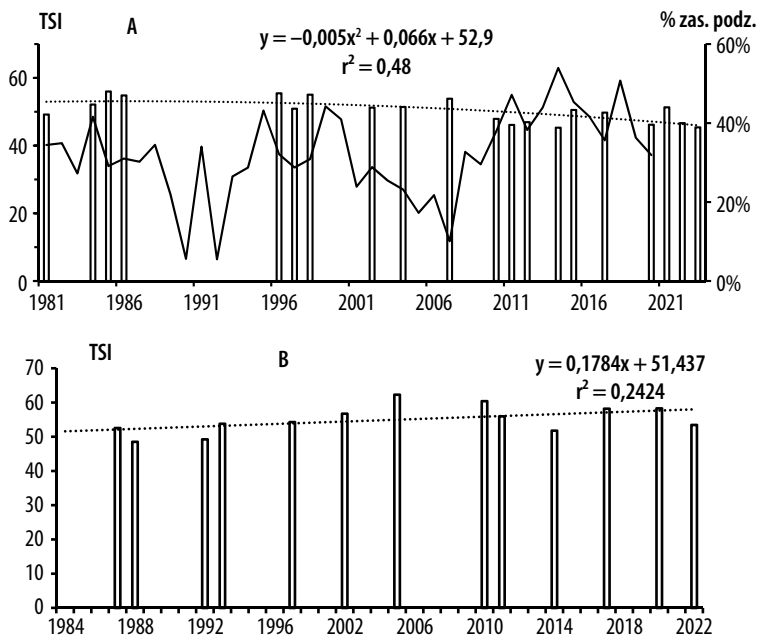
Trofia, czyli żyzność jeziora, jest syntetycznym określeniem wskazującym na potencjalną zdolność jezior do produkcji i utylizacji materii organicznej. Klasyfikacje jezior z początku XX w. wyróżniały dwa typy jezior: oligotroficzne (o małej żyzności) i eutroficzne (żywne). Osobną kategorię stanowiły jeziora dystroficzne (dysharmonijne) – o kwaśnych wodach i brunatnym zabarwieniu. W późniejszym czasie wydzielono grupę jezior mezotroficznych (o średniej żyzności, pośredniej

między oligo- i eutrofią) oraz jeziora hypertroficzne (silnie przeżyźnione). Najbardziej uniwersalnym liczbowym wskaźnikiem oceny trofii jezior jest wskaźnik Carlsona (TSI) (1977), wykorzystujący trzy parametry: widzialność krążka Secchiego, stężenie fosforu i chlorofilu w warstwie epilimnionu. Oprócz nich, do oceny trofii jezior stosuje się także inne wskaźniki wód, takie jak: stężenie azotu ogólnego (Kratzer, Berzonik 1981), całkowitego węgla organicznego (TOC) (Dunalska 2011) czy manganu (Cudowski 2015). Pełne dane umożliwiające wyliczenie TSI zebrano dla 98 jezior województwa podlaskiego, monitorowanych w drugiej dekadzie XXI w. przez GIOŚ oraz w ramach badań własnych Uniwersytetu w Białymstoku. Wskaźnik trofii (TSI) dla największych jezior w województwie, a także tych zlokalizowanych na obszarach parków narodowych i krajobrazowych, przyjmował wartości od 35 do ponad 80, przy średniej wynoszącej 54. W latach 90. XX w., przy nieco większej liczbie analizowanych jezior, średni TSI był o ok. 10% wyższy niż obecnie, a liczba jezior hypertroficznych uległa zmniejszeniu. Obecnie w granicach województwa podlaskiego nie występują jeziora oligotroficzne, a jedynie mezo- i eutroficzne (rys. 6.5.1). Najniższy poziom trofii (TSI 40-50, czyli jeziora mezotroficzne) cechuje blisko 1/3 wszystkich badanych zbiorników, co należy uznać za istotny walor środowiska wodnego regionu. Widoczne są oznaki stopniowej poprawy jakości wód jeziornych w województwie, będące efektem działań podejmowanych w zakresie gospodarki wodnej. Jak pokazuje rys. 6.5.2, poprawa jakości wód Jeziora Wigry nastąpiła dopiero po kilku latach od uruchomienia procesu defosforyzacji ścieków komunalnych w Suwałkach. Należy jednak zauważyć, że zmieniające się warunki hydroklimatyczne częściowo ograniczają tempo spadku żyzności wód, pomimo szeroko zakrojonych działań naprawczych prowadzonych w województwie podlaskim w zakresie gospodarki wodnej (zob. rozdz. *Gospodarka wodna*).

Nie we wszystkich zlewniach i jeziorach, w których zrealizowano inwestycje prośrodowiskowe, obserwuje się spadek żyzności wód. Przykładem jest Jezioro Rajgrodzkie, w którym wskaźnik trofii wykazuje niewielki wzrost (rys. 6.5.2). Akwen ten był nie tylko poddawany presji chemicznej spowodowanej dopływem zanieczyszczeń ze zlewni, ale także wpływom innych czynników. W okresie wiosennym następuje w nim gromadzenie wody, co prowadzi do corocznych, znacznych zmian w zasięgu jeziora. Proces ten uruchamia nadmierny ładunek biogenów z litoralu, co przyczynia się do postępującej eutrofizacji wód.



Rys. 6.5.1. Histogram wskaźnika trofii Carlsona (1977) dla 98 jezior województwa podlaskiego, badanych w latach 2015-2022



Rys. 6.5.2. Wieloletnia dynamika wskaźnika trofii Carlsona w Jeziorze Wigry (A) i Jeziorze Rajgrodzkim (B – Opartowo); dane archiwum GIOŚ i badania własne

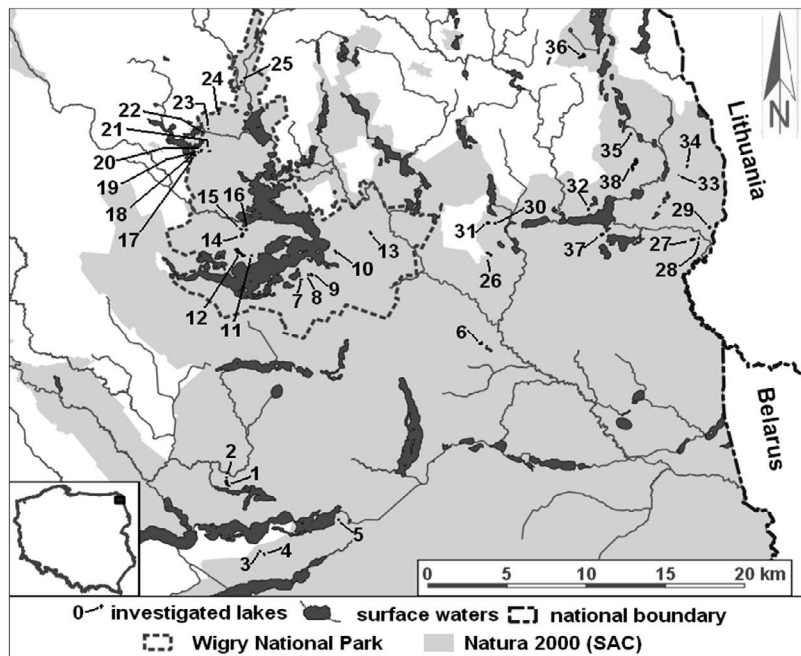
6.6. Jeziora dystroficzne

Pośród jezior województwa podlaskiego są także jeziora dysharmonijne, które znacząco odbiegają swoim charakterem i właściwościami chemicznymi od jezior harmonijnych. Ich lokalne określenie – „suchary” – wskazuje na małą użyteczność rybacką. Termin „suchary” został wprowadzony do literatury limnologicznej jeszcze przed II wojną światową, dzięki szerokiej aktywności naukowej Stacji Hydrobiologicznej nad Wigrami, prowadzonej pod kierunkiem dr. hab. Alfreda Lityńskiego. W wyniku wieloletnich badań limnologicznych regionu zidentyfikowano 38 tego typu obiektów (rys. 6.6.1; tab. 6.6.1), wyróżniających się unikatowym charakterem w skali kraju i Europy. Są ściśle związane z występowaniem siedliska 6130 torfowisk wysokich o najwyższej w Unii Europejskiej randze ochronnej.

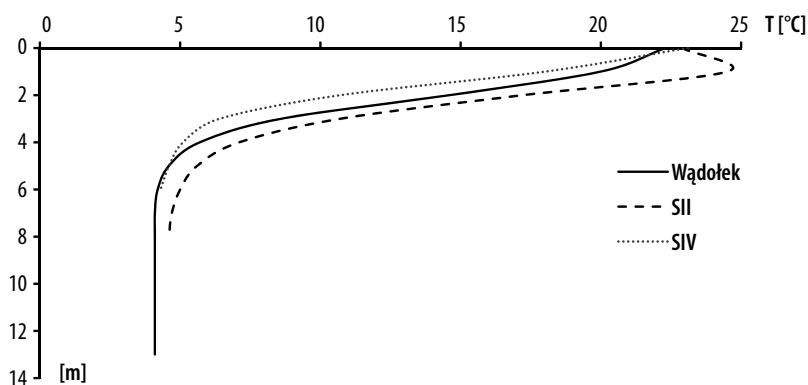
Jeziora dystroficzne w województwie podlaskim to niewielkie zbiorniki wodne, często położone w kompleksach leśnych, w lokalnych zagłębieniach piaszczystych sandrów, otoczonych torfowiskami przejściowymi i wysokimi. Ich powierzchnia nie przekracza zazwyczaj 15 ha, a głębokość maksymalna wynosi do 15 m. Wiele z tych zbiorników nie spełnia urzędowych kryteriów kwalifikujących je formalnie jako jeziora, a dla części z nich brak jest pełnej dokumentacji batymetrycznej. Połowa z nich leży w granicach Wigierskiego Parku Narodowego tworząc dwie wyraźne grupy: południowo-wigierską (B) oraz północno-wigierską – tzw. Suchary Huciańskie (C).

Kolejne skupisko występuje w okolicach Augustowa (grupa A) oraz w rejonie sejneńskim (D). Największe powierzchniowo jest Jezioro Aszrynis (12 ha), natomiast najgłębszym – Wądołek (ok. 15 m). Otoczenie torfowisk mszarnych (*Sphagnum* sp.) sprawia, że wody jezior mają kwaśny lub obojętny odczyn, brudną barwę oraz wyjątkowo niską zawartość rozpuszczonych substancji mineralnych. Ombrofilny charakter torfowisk (zasilanych głównie przez wody opadowe) i brak dopływu wód podziemnych sprawiają, że jeziora te charakteryzują się wyraźnie oligotroficznymi warunkami siedliskowymi. Potwierdzają to wyniki analiz chemicznych jezior (tab. 6.6.2), które wykazują, że wody sucharów mają skład chemiczny bardziej zbliżony do wód opadowych niż wód rzecznych czy jeziornych zasilanych wodami podziemnymi. Wysoka rzeczywista barwa wody, w połączeniu z zacieńieniem leśnym, sprawia, że zasięg strefy fotycznej nie przekracza 2-3 m, co jest wartością niższą niż w jeziorach eutroficznym tego pojezierza. Ponadto, położenie sucharów w śródleśnych zagłębieniach terenu silnie ogranicza mieszanie wiatrowe, sprzyjając występowaniu wysokogradientowej stratyfikacji termicznej.

W jeziorach dystroficznych letnia stratyfikacja wody wywołuje bardzo silne pionowe zróżnicowanie temperatury w warstwie przypowierzchniowej, gdzie gradient może przekraczać $10^{\circ}\text{C}/\text{m}$ (rys. 4.6.2).



Rys. 6.6.1. Rozmieszczenie jezior dystroficznych w województwie podlaskim; numeracja jak w tabeli 4.6.1



Rys. 6.6.2. Stratyfikacja termiczna trzech jezior dystroficznych latem 2002 r. (według Górniak 2002)

Tabela 6.6.1. Charakterystyka morfologiczna jezior dystroficznych województwa podlaskiego według pomiarów własnych

Nr	Grupa	Jezioro	Położenie		H [m]	Powierzchnia [ha]			Głębokość [m]	
			λ (E)	φ (N)	n.p.m.	je- ziora	zlewni	torfo- wiska	max	śred- nia
1	A	Kalejty	23°01'47"	53°53'30"	125,8	5,12	28,9	5,7	7,8	3,6
2		Małe Kalejty	23°01'48"	53°53'41"	125,9	0,54	17,3	4,2	4,0	1,1
3		Ślepe południowe	23°03'28"	53°51'01"	122,9	0,97	108,5	6,9	8,0	3,0
4		Ślepe północne	23°03'41"	53°50'54"	122,9	0,79	113,4	10,2	4,0	2,5
5		Suchar Czarnobrodzki	23°08'07"	53°57'51"	123,2	0,79	24,8	9,3	3,0	1,5
6		Chylinki zach	23°16'56"	53°57'55"	122,3	2,19	107,4	4,4	2,2	1,2
7	B	Ślepe (Zielone)	23°06'47"	54°00'35"	132,7	0,61	21,6	1,1	6,8	2,0
8		Sucharek k/Bryzgla	23°07'13"	54°00'44"	132,7	0,48	15,9	2,5	6,0	0,8
9		Widne	23°07'24"	54°00'44"	132,6	2,09	23,3	1,3	5,7	2,5
10		Wygorzele/Ślepiec	23°08'53"	54°01'30"	133,6	2,06	20,5	2,6	2,5	1,5
11		Suchar Rzepiskowy	23°04'01"	54°01'33"	132,4	0,87	61,8	8,8	4,7	1,9
12		Suchar Wielki	23°03'18"	54°01'40"	132,3	8,98	188,0	6,2	9,0	3,6
13		Konopniak	23°10'58"	54°02'07"	130,8	1,65	13,0	1,4	6,7	3,1
14		Such. Dembowskich	23°03'32"	54°02'17"	133,7	3,28	30,7	3,9	7,5	4,3
15		Suchar Wschodni	23°03'47"	54°02'28"	132,9	1,00	14,6	2,2	3,1	1,8
16		Suchar Zachodni	23°03'31"	54°02'29"	132,6	1,07	121,1	14,1	2,3	1,0
17	C	Suchar I	23°00'53"	54°05'07"	143,4	0,96	61,2	12,4	4,0	2,5
18		Suchar II	23°01'03"	54°05'14"	143,2	2,50	53,3	18,7	9,5	3,6
19		Suchar III	23°01'17"	54°05'20"	143,0	0,37	354,6	214,5	4,0	1,9
20		Suchar V	23°01'53"	54°05'20"	142,3	0,68	24,0	1,5	5,7	2,1
21		Suchar IV	23°01'29"	54°05'23"	143,3	1,10	8,4	1,7	8,0	3,2
22		Suchar VI	23°01'42"	54°05'59"	144,5	0,23	27,7	1,9	2,0	1,0
23		Suchar VII	23°01'57"	54°06'08"	144,5	0,15	12,2	2,1	2,9	1,2
24		Wądołek	23°02'37"	54°06'39"	144,3	1,05	79,7	1,5	15,0	8,6
25		Pietronaję	23°04'01"	54°07'44"	136,6	1,63	3,6	1,3	9,5	4,5
26		Kieresne/Krośniani	23°17'43"	54°01'08"	129,2	2,35	14,3	2,2	3,0	1,5
27	D	Degużynis	23°29'44"	54°01'13"	123,1	3,21	7,2	0,3	8,4	5,2
28		Degużynie Wsch.	22°29'55"	54°01'14"	138,2	0,71	29,7	0,4	3,5	2,0
29		Przystajnie	24°30'34"	54°01'36"	121,5	1,82	36,3	3,8	4,0	3,0
30		Białorzeczka Wsch.	24°18'11"	54°02'12"	130,4	1,12	95,9	5,7	3,0	1,5
31		Białorzeczka Zach	23°17'47"	54°02'14"	131,4	2,63	96,3	2,4	4,0	2,0
32		Swierszczer/Wiersze	23°23'38"	54°02'30"	124,8	1,41	9,5	1,5	2,5	1,5
33		Nożegary Małe	23°28'59"	54°03'31"	125,9	0,08	14,2	3,1	4,0	2,0
34		Nożegary	23°29'31"	54°03'49"	126,3	1,13	11,0	3,0	6,0	3,0

Nr	Grupa	Jezioro	Położenie		H [m]	Powierzchnia [ha]			Głębokość [m]	
			λ (E)	φ (N)	n.p.m.	je- ziora	zlew- ni	torfo- wiska	max	śred- nia
35	D	Gajlik Mały/Miłowo	23°26'23"	54°05'05"	129,7	1,68	23,4	5,1	4,0	2,0
36		Rajslie	23°23'53"	54°07'57"	138,2	6,49	35,4	4,0	4,0	2,0
37		Tobolinka	23°24'19"	55°01'35"	124,9	2,72	133,7	8,8	8,5	3,5
38		Aszryynis	23°53'37"	54°04'01"	127,3	12,16	15,5	2,6	7,5	3,0

W tego typu jeziorach pionowy gradient tlenowy jest równie wysoki jak termiczny – umiarkowane stężenia tlenu na powierzchni szybko spadają wraz z głębokością, a krzywa tlenowa ma charakter stromej klinogady. Już poniżej 3 m przez większą część roku panują warunki beztlenowe, pozbawione również dopływu światła słonecznego, co uniemożliwia bytowanie organizmów tlenolubnych, w tym ryb. Kolejną cechą jezior dystroficznych, opisywaną w literaturze skandynawskiej i kanadyjskiej, jest ograniczony rozwój fitoplanktonu w strefie pelagicznej (Kawecka, Eloranta 1994), co potwierdzają również badania nad wpływem kwasów humusowych na glony (Gumiński 1986). Szczegółowe analizy jezior dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego wykazały bardzo zróżnicowaną strukturę fitoplanktonu (Hutorowicz i in. 1992). Charakter struktury glonów rozwijających się w zanikającym fitolitoralu (według Bernatowicz, Zachwieja 1966) jest zdecydowanie odmienny od tej w strefie pelagicznej, niemal całkowicie pozbawionej fitoplanktonu (Górniak 1996). Równie wysoki jest pionowy gradient stężenia chlorofilu w głębszych jeziorach dystroficznych, szczególnie latem, gdy jego maksimum obserwowane jest w cienkiej warstwie metalimnionu (na głębokości 2-3 m). Nie jest to tylko glonowy chlorofil *a*, ale także chlorofile pochodzenia bakteryjnego (chlorofil *d* i *e*). W środowisku bogatym w materię organiczną, przy ograniczonym dopływie promieniowania słonecznego, panują doskonałe warunki do rozwoju bakterii foto- i chemotroficznych w warunkach anaerobowych (Górniak 1996; Górniak i in. 1999; Górniak (red.) 2006). Obecność *Chlorobium limicola* w Jeziorze Wądołek została potwierdzona ponad 60 lat temu (Czeczuga, Czerpak 1969).

Często po okresowej, pogłębionej miksji wód epilimnionu chlorofil z warstwy metalimnionu dociera do powierzchni, znacząco podwyższając jego stężenie. W rezultacie w kolejnych latach badań obserwuje się dużą zmienność tego

parametru – zarówno w obrębie danego jeziora dystroficznego, jak i pomiędzy poszczególnymi jeziorami (tab. 6.6.3).

Tabela 6.6.2. Charakterystyka hydrochemiczna jezior dystroficznych województwa podlaskiego; według badań własnych

	Liczba jezior	Średnia	SD	Min.	Maks.
pH	38	6,42	1,05	4,38	8,53
EC	38	28,9	18,2	9,4	108,0
DOC	38	16,1	14,3	1,1	77,0
DIC	38	4,50	1,59	2,20	8,40
Ca ²⁺	35	3,93	2,03	1,23	9,91
Mg ²⁺	35	1,08	0,98	0,24	3,70
Na ⁺	19	1,19	0,49	0,65	2,43
K ⁺	19	1,11	1,20	0,16	5,65
SO ₄ ²⁻	23	1,68	1,65	0,16	6,70
Cl ⁻	35	1,90	0,83	0,82	4,97
F ⁻	19	0,05	0,02	0,03	0,11
DSi	34	0,66	0,55	0,10	2,54
TP	35	0,081	0,035	0,032	0,186
SRP	29	0,011	0,008	0,001	0,024
TN	28	1,18	0,79	0,31	3,87
N-NH ₄ ⁺	35	0,15	0,34	0,001	2,05
N-NO ₃	35	0,09	0,07	0,004	0,36
SRFe	27	0,23	0,35	0,04	1,89
fenole	28	1,73	1,25	0,41	5,66
SUVA	29	28,4	11,0	13,3	63,2
TOC	38	14,1	10,8	5,0	52,8
DOC	38	13,4	10,8	4,6	52,1
POC	37	0,65	0,55	0,06	2,15
C/N	38	15,1	3,7	10,5	26,9
POC(%TOC)	18	5,6	4,6	0,9	16,2
Chl a [μ g/l]	29	35,8	30,5	5,9	134,2

Tabela 6.6.3. Wielecnie zmiany stężenia chlorofilu w warstwie powierzchniowej jezior dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego; dane z 1986 r. według Hutorowicz i in. (1992), pozostałe – wyniki badań własnych

Jeziora	Rok				
	1986	1995	2002	2011	2021
Suchar I	12,3		32,49	5,85	32,84
Suchar II	9,8	19,57	18,73	4,88	13,03
Suchar III	13,5	29,31	3,8	17,56	13,02
Suchar IV	56,5	23,41	14,05	16,09	6,13
Suchar V			33,1	15,36	18,41
Suchar VI	28,9		37,4	54,15	
Suchar VII	25,4		8,54	31,61	
Suchar Wielki	7,2		5,48	134,15	14,49
Suchar Dembowskich	60,8		12,29	9,27	
Suchar Rzepiskowy	154,3		33,59	51,22	48,25
Konopniak			34,15	4,88	14,45
Pietronajć			2,93	5,85	
Wądołek	8,1		12,68	56,19	37,00
Suchar Wschodni	5,6		21,46	11,12	
Suchar Zachodni	7,4		12,88	13,46	
Sucharek k/Bryzgla	303,7		28,78	6,34	27,02
Ślepe (Zielone)			93,66	5,85	
Wygorzele	66,2		38,05	86,63	
Widne	13,7		14,05	22,83	27,51

W ekosystemach jezior dystroficznych najczęściej dominuje zbiorowisko glonów zielenicowo-okrzemkowych, z bardzo zmiennym udziałem kryptofitów (tab. 6.6.3). Te ostatnie cechuje zdolność do okresowej migracji pionowej, podążając za istniejącym gradientem stężeń fosforu organicznego (Smolander, Arvola 1988). Hutorowicz i in. (1992) podkreślają także dużą zmienność występowania rafidofitów, charakterystycznych dla wodnych środowisk o niskim pH i ubogich w składniki mineralne.

W zazwyczaj niewielkich jeziorach dystroficznych, o odmiennym w porównaniu do jezior harmonijnych układzie czynników siedliskowych, rozwija się funkcjonalnie odmienny ekosystem wodny. Jego energetyka opiera się na transformacji

allochtonicznej materii organicznej, cechuje się niską produktywnością autochtoniczną oraz obecnością tzw. pętli mikrobiologicznej (Munster, Chróst 1990), a także brakiem klasycznego detrytusowego łańcucha pokarmowego. Niewykluczone, że w jeziorach dystroficznych, oprócz pętli mikrobiologicznej, funkcjonuje również tzw. mycoloop (Kagami i in. 2014), czyli pętla związana ze zwiększoną aktywnością grzybów wodnych, które stanowią źródło pokarmu dla wyższych poziomów troficznych, z pominięciem autotrofów.

Tabela 6.6.4. Struktura fitoplanktonu w warstwie powierzchniowej jezior dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego w sierpniu 2021 r.; badania własne

Jeziora	Ziele- nice	Sinice	Okrzemki	Kryp- tofity	Razem	Ziele- nice	Sinice	Okrzemki	Kryp- tofity
	chl [μgdm^{-3}]					% stężenia chlorofilu			
Suchar 1	9,84	7,15	14,86	0,99	32,84	30,0%	21,8%	45,2%	3,0%
Suchar 2	8,78	0,33	2,89	1,03	13,03	67,4%	2,5%	22,2%	7,9%
Suchar 3	6,72	1,55	2,33	2,41	13,02	51,6%	11,9%	17,9%	18,5%
Suchar 4	4,42	0,33	0,0	1,38	6,13	72,1%	5,4%	0,0%	22,5%
Suchar 5	14,26	1,18	2,76	0,21	18,41	77,5%	6,4%	15,0%	1,1%
Wądołek	14,7	0	22,3	0,0	37,00	39,7%		60,3%	
Suchar Wielki	6,4	1,5	2,8	3,8	14,49	44,4%	10,4%	19,3%	25,9%
Konopniak	10,85	0,00	2,15	1,46	14,45	75,1%		14,9%	10,1%
Widne	23,04	0,30	3,33	0,84	27,51	83,7%	1,1%	12,1%	3,1%
Sucharek k. Bryzgła	16,97	0,13	9,61	0,31	27,02	62,8%	0,5%	35,6%	1,1%
Suchar Rzepiskowy	37,13	1,16	7,60	2,35	48,25	77,0%	2,4%	15,8%	4,9%
Suchar Wielki	15,11	0,61	1,42	0,50	17,65	85,6%	3,5%	8,0%	2,9%

Ze względu na duże obciążenie jezior dystroficznych materią organiczną, skład chemiczny ich wód jest w dużej mierze pochodną przekształceń materii allochtonicznej w obrębie zbiornika. Już w pierwszych opracowaniach dotyczących tego typu jezior wskazywano, że główną przyczyną zakwaszenia wód jest organiczny ładunek pochodzący z otaczających lasów iglastych (Stangenberg 1936). Pogłębione studia w tym zakresie dowodzą, że materia organiczna znajdująca się w jeziorach tego typu pochodzi głównie z otaczających torfowisk. Dzięki specyficznemu układowi hydrologicznemu jeziora te pełnią funkcję drenażową

i stanowią lokalny basen sedymentacji materii organicznej w postaci osadów typu „dy” (Górniak 1993). Tego typu osady nie występują w innych typach jezior – są unikalną depozycją koloidalnej materii organicznej o zróżnicowanym stopniu rozkładu resztek torfowców. Wbrew wcześniejszym opiniom, osady te nie zawierają dominującej ilości kwasów humusowych. Przeważają w nich raczej niehumusowe produkty wolnego i beztlenowego rozkładu torfowców (Górniak 1996).

Tabela 6.6.5. Odmienne relacje między DOC i DIC w wodzie epilimnionu wybranych jezior dysharmonijnych i harmonijnych Suwalszczyzny (Górniak, oryg.)

Jezioro	pH	EC [μScm ⁻¹]	DOC	DIC
			[mgC dm ⁻³]	
jeziora dysharmonijne – dystroficzne				
Aszryrnis	6,0	47,4	9,7	6,6
Suchar Wielki	7,5	16,9	6,2	4,5
Suchar II	6,9	28,9	8,2	5,4
Suchar Rzepiskowy	6,5	25,5	8,4	5,5
Kalejty	6,9	13,8	5,0	2,6
Ślepe	6,5	10,7	5,8	2,9
Konopniak	5,5	22,6	11,9	3,8
Rajslie	4,8	61,1	52,1	5,8
Sucharek k/Bryzgla	4,8	40,2	23,7	5,5
Wygorzele/Ślepiec	4,6	40,1	22,5	6,1
jeziora harmonijne				
Rospuda	8,7	222	6,8	37,2
Busznica	8,8	155	8,2	24,4
Blizno	8,8	268	10,1	42,7
Garbaś	8,9	409	7,5	49,4
Leszczewek	8,3	449	14,4	61,1
Królówek	8,1	525	7,4	82,4

Specyfiką składu chemicznego jezior dystroficznych jest występowanie słabych ilości wodorowęglanów (DIC) w strukturze anionów, które w jeziorach harmonijnych zawsze stanowią dominującą formę, oraz bardzo niskie stężenia wapnia i magnezu, uniemożliwiające funkcjonowanie niektórych grup organizmów,

np. mięczaków. Wody tych zbiorników zawierają także zwiększone stężenia azotu organicznego oraz fosforu ogółem (tab. 6.6.2), jednak mimo obecności tych biogenów nie obserwuje się intensywnego rozwoju glonów. W celu wykazania zasadniczych różnic w składzie chemicznym wód jezior dystroficznych i harmonijnych w tych samych warunkach klimatycznych, dane zestawiono w tabeli 6.6.5.

Powszechnie stosowane wskaźniki żyzności, np. Carlsona (1977), w jeziorach dystroficznych osiągają zbliżone do notowanych wartości w żyznych jeziorach eutroficznych, tymczasem tzw. suchary nie należą do zbiorników wysokoproduktywnych, a wręcz przeciwnie – cechują się niewielką produkcją pierwotną. Dlatego w limnologii opracowano specjalny wskaźnik – hydrochemiczny indeks dystrofii (HDI – Hydrochemical Dystrophy Index), umożliwiający precyzyjniejszą ocenę zaawansowania procesów dystroficznych, niezależnie od strefy klimatycznej (Górnjak 2017). Wszystkie 38 jezior dystroficznych województwa podlaskiego, wymienionych w tabeli 6.6.6, w pełni spełnia kryteria dystroficzności zgodnie z tym wskaźnikiem, podobnie jak jeziora tego typu w Wielkopolsce (tab. 6.6.7; Gąbka, Owsiany 2006).

Tabela 6.6.6. Zróżnicowanie charakterystycznych parametrów wód w jeziorach dystroficznych; badania własne

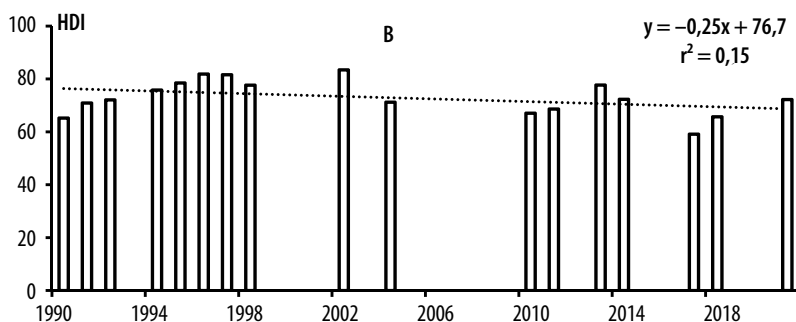
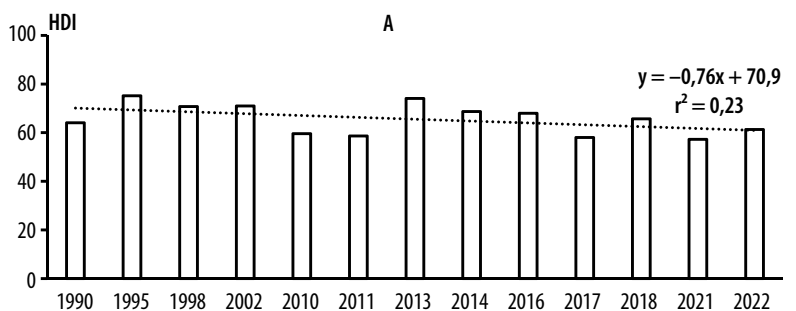
Lp	Jezioro	Rok badań	pH	EC [μS cm ⁻¹]	DOC	DIC	HDI
					[mgC dm ⁻³]		
1	Kalejty	2015	6,90	13,8	5,0	2,6	65,2
2	Małe Kalejty	2008	5,03	28,0	15,8	3,0	74,3
3	Ślepe południowe	2015	6,50	10,7	5,8	2,9	71,0
4	Ślepe północne	2015	6,60	11,6	7,6	3,4	69,6
5	Suchar Czarnobrodzki	2008	8,53	14,7	77,0	2,5	61,6
6	Chylinki	1999	6,43	108,0	8,4	7,9	53,7
7	Ślepe (Zielone)	2011	5,57	49,4	40,2	6,7	67,7
8	Sucharek k/Bryzgla	2011	4,80	40,2	23,7	5,5	73,0
9	Widne	2016	7,60	38,3	10,7	6,7	51,8
10	Wygorzele/Ślepiec	2011	4,57	40,1	22,5	6,1	74,1
11	Suchar Rzepiskowy	2011	6,50	25,5	8,4	5,5	61,6
12	Suchar Wielki	2016	7,55	16,9	6,2	4,5	57,7
13	Konopniak	2015	5,50	22,6	11,9	3,8	71,3

Lp	Jezioro	Rok badań	pH	EC [$\mu\text{S cm}^{-1}$]	DOC	DIC	HDI
					[mgC dm ⁻³]		
14	Suchar Dembowskich	2016	7,80	12,1	7,1	3,4	60,9
15	Suchar Wschodni	2011	4,77	30,4	18,4	3,7	75,4
16	Suchar Zachodni	2011	4,38	58,6	7,2	3,1	72,2
17	Suchar I	2011	6,91	34,2	21,1	3,1	61,3
18	Suchar II	2017	6,90	28,9	8,2	5,4	58,0
19	Suchar III	2017	7,21	22,1	18,2	5,8	60,0
20	Suchar IV	2017	7,04	35,0	21,8	4,7	59,1
21	Suchar V	2017	7,25	27,3	15,8	5,3	58,0
22	Suchar VI	2011	6,63	23,8	17,9	3,1	65,1
23	Suchar VII	2011	5,95	18,0	8,8	3,1	70,0
24	Wądołek	2017	7,10	24,7	16,5	6,6	59,3
25	Pietronajć	2011	6,98	24,0	9,7	3,7	60,4
26	Kieresne/Krośnianki	2015	7,00	22,2	13,2	5,5	60,6
27	Degużynie/Degużynis	2016	7,20	18,1	6,3	4,1	59,7
28	Degużynie	2016	7,20	13,7	6,6	4,0	62,8
29	Przystajne	2000	4,51	23,1	1,1	8,4	68,5
30	Białorzeczka Wsch.	2015	6,70	21,1	13,7	2,2	65,8
31	Białorzeczka Zach	2015	6,60	19,9	12,5	2,3	66,6
32	Swierszczeń/Wiersze	2015	6,90	27,4	14,8	4,8	60,5
33	Nożegary małe	2008	5,65	9,4	30,0	3,7	82,7
34	Nożegary	2016	7,60	16,3	7,9	4,3	58,6
35	Gajlik Mały	2008	5,32	33,0	23,3	3,0	75,3
36	Rajslie	2015	4,81	61,1	52,1	5,8	73,0
37	Tobolinka	2015	7,00	25,8	6,2	4,5	57,9
38	Aszyrynis	1998	6,52	47,4	9,7	6,6	57,5

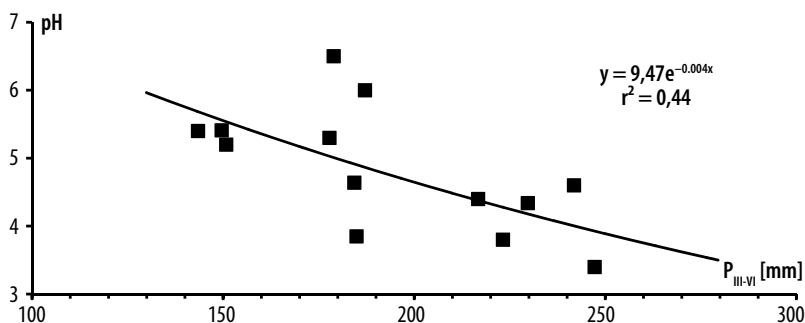
Tabela 6.6.7. Skład chemiczny wody wybranych jezior dystroficznych Suwalszczyzny (Górniak, Więcko, oryg.) i Wielkopolski (Gąbka, Owsiany, 2006)

	Jednostka	Suwalszczyzna (n=38)			Wielkopolska (n=12)		
		średnia	min	max	średnia	min	max
pH		6,42	4,38	8,53	6,12	4,2	6,96
EC	$\mu\text{S cm}^{-1}$	28,9	9,4	108,0	65,7	23,7	324
DOC	mg dm^{-3}	16,1	1,1	77,0	15,6	5,0	29,1
DIC		4,50	2,20	8,40	nd	nd	nd
Ca^{2+}		3,93	1,23	9,91	3,68	1,08	7,14
Mg^{2+}		1,08	0,24	3,70	1,59	0,02	3,47
Na^{+}		1,19	0,65	2,43	2,85	0,68	9,58
K^{+}		1,11	0,16	5,65	2,73	0,65	8,09
SO_4^{2-}		1,68	0,16	6,70	2,65	0	29,0
Cl^{-}		1,90	0,82	4,97	7,35	3,0	20,0
SRP		0,011	0,001	0,024	0,08	0	0,35
N-NH_4^{+}		0,15	0,001	2,05	0,26	0,05	0,65
N-NO_3		0,09	0,004	0,36	0,17	0	0,40
SRFe		0,23	0,04	1,89	0,08	0	0,33
Chl a	μgdm^{-3}	35,8	5,9	134,2	33,7	4,5	112,3

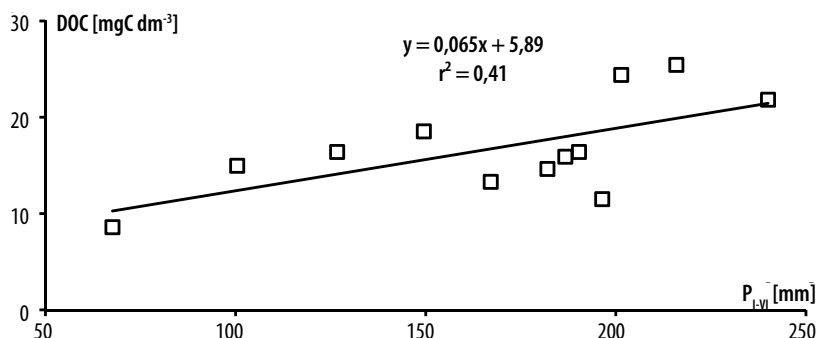
Jeziora dystroficzne w Polsce znajdują się na południowym krańcu swego naturalnego zasięgu, ponieważ największe ich zagęszczenie występuje w strefie borealnej (Wetzel 2000). Ze względu na niewielką powierzchnię są one silnie narażone na presję ze strony zlewni, co w połączeniu ze zmianami hydroklimatycznymi stwarza ryzyko ich przekształcenia w ekosystemy typu „jeziorko” (według schematu Wiszniewskiego z 1953 r.). Zbiorniki wodne tego typu można określić jako jeziora humoeutroficzne (Górniak 1996, 2017), natomiast w Stanach Zjednoczonych określa się je mianem *murky lakes* (Leech i in. 2018). Jak dowodzą wieloletnie obserwacje prowadzone na terenie Wigierskiego Parku Narodowego, poziom dystrofii jezior stopniowo się obniża, głównie w wyniku postępującej alkalizacji wód (rys. 6.6.4). Również zmieniający się reżim opadów oraz okresowe susze ograniczają dopływ rozpuszczonej materii organicznej do jezior dystroficznych (DOC) (rys. 6.6.5).



Rys. 6.6.3. Wieloletnie zmiany zaawansowania dystrofii w jeziorach Suchar II (A) i Suchar IV (B) w latach 1990-2022; źródło danych – badania własne

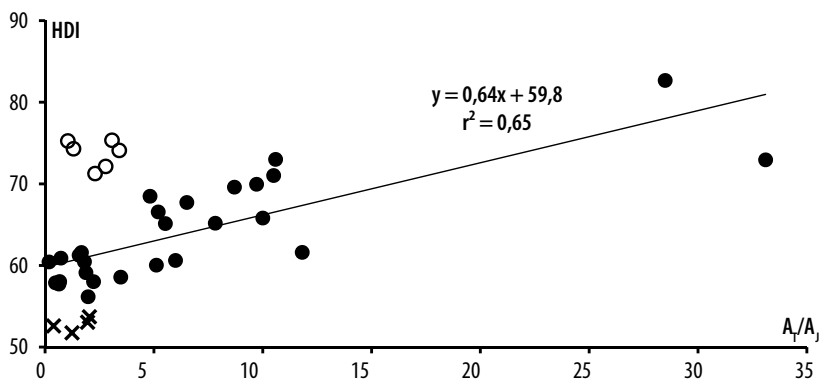


Rys. 6.6.4. Zależność między sumą opadów w okresie marzec-czerwiec a odczynem wody (pH) na głębokości 0,3 m w Sucharze IV w latach 1990-2017



Rys. 6.6.5. Zależność statystyczna między wielkością opadów w pierwszej połowie roku a stężeniem DOC w wodzie Jeziora Suchar IV w latach 1990-2017; badania własne

Ogólnie rzecz biorąc, jeziora dystroficzne w północno-wschodniej Polsce charakteryzują się zróżnicowanymi uwarunkowaniami hydrologicznymi, które mają istotny wpływ na poziom dystrofii. Kluczowe znaczenie ma rozległość torfowisk przejściowych i wysokich oraz ich relacja powierzchniowa do lustra jeziora (rys. 6.6.6), ponieważ torf mszarny cechuje się wysoką zdolnością retencyjną wód opadowych. W warunkach postępującej defragmentacji młodoglacjalnego systemu hydrograficznego i ewolucji układu fluwialno-limnicznego pojezierzy, utrzymanie wysokiego poziomu wód torfowisk jest możliwe w wyniku pozytywnych interakcji z sąsiednimi mikrozewniami. Zauważono, że niektóre suchary utrzymują wysoki poziom dystrofii właśnie dzięki uwodnieniu torfowisk zasilanych ze zlewni sąsiednich jezior (harmonijnych) o stabilnym poziomie wód, co zapewnia stałe wysokie wypełnienie lokalnego zbiornika podziemnego. Można powiedzieć, że utrzymywanie się wysokiego poziomu dystrofii jezior jest efektem naturalnego „podpiętrzania” lokalnych zasobów wodnych. W sytuacjach, gdy powierzchnia torfowiska wysokiego jest niewiele większa od powierzchni jeziora, a jednocześnie brak jest silniejszych powiązań z regionalnym systemem hydrologicznym (izolacja hydrologiczna), poziom dystrofii takich zbiorników staje się wypadkową lokalnego bilansu klimatycznego. Ponieważ w ostatnich latach klimat wykazuje coraz bardziej zrównoważony charakter, nie sprzyja to ekosystemom ombrofilnym, a tym samym jeziorom dystroficznym. Przy silnym uzależnieniu od warunków klimatycznych oraz ograniczonych zdolnościach homeostatycznych wynikających z niewielkiej powierzchni, jeziora dystroficzne są wyjątkowo narażone na degradację, a najmniejsze z nich mogą całkowicie zaniknąć.



Rys. 6.6.6. Zależność między ilorazem powierzchni torfowisk i jeziora a wskaźnikiem dystrofii HDI: ○ – jeziora „podpiętrzane”: Wygorzelec, Suchar Wschodni, Suchar Zachodni, Konopniak, Małe Kalejty, Galik Mały; X – jeziora „w izolacji hydrologicznej”: Widne, Wądołek, Degużynie, Degużynis, Chylinki



Rozdział V

Sztuczne zbiorniki wodne i kanały

W tej części opracowania zostaną przedstawione nowe dla środowiska obiekty wodne utworzone przez człowieka. Zalicza się do nich sztuczne zbiorniki retencyjne o różnym przeznaczeniu oraz kanały wodne.

7.1. Zbiorniki retencyjne

W województwie podlaskim znajdują się obecnie 542 sztuczne obiekty powierzchniowej retencji wody, nie licząc stawów hodowlanych (tab. 7.1.1). Zajmują one łącznie powierzchnię ok. 38 km², a ich szacunkowa maksymalna pojemność wynosi ok. 5 mln m³. Mimo znacznego udziału terenów podmokłych i jezior, powstawały w krajobrazie regionu w różnych okresach historycznych. Pierwsze większe obiekty retencyjne powstawały w otoczeniu rezydencji Branicznych w XVIII w. oraz w mniejszych posiadłościach magnackich, jako elementy komponujące krajobraz w stylu barokowym. Następny etap ich powstawania przypada na początek XIX w., gdy zbiorniki zaczęto wznosić na rzekach z inicjatywy fabrykantów – na potrzeby rozwijających się zakładów tekstylnych. Następna faza rozwoju retencji wodnej, związana z powstawaniem zbiorników wodnych, rozpoczęła się w latach 60. XX w. i była odpowiedzią na narastający deficyt wody w regionie (okresowy deficyt o charakterze klimatycznym), który dotknął lokalną gospodarkę. Wówczas rozpoczęto budowę Zbiornika Siemianówka na górnej Narwi (zob. kolejny podrozdział).

W latach 90. XX w. powstały kolejne wielofunkcyjne obiekty hydrotechniczne w dolinach rzecznych, związane z rozwojem tzw. małej retencji. W drugiej dekadzie XXI w., w związku z utrzymującymi się niedoborami wód na terenach rolniczych i leśnych, wybudowano liczne, choć niewielkie powierzchniowo, zbiorniki zasilane głównie wodami roztopowymi, a latem utrzymujące się dzięki zasilaniu wodami gruntowymi.

Równolegle, zmieniające się uwarunkowania prawne oraz technologia budowy dróg szybkiego ruchu doprowadziły do powstania ponad 320 zbiorników drogowych, w większości okresowych (tab. 7.1.2). Ich rozmieszczenie odpowiada przebiegowi najważniejszej strategicznie sieci transportowej łączącej kraje nadbałtyckie z Warszawą, stąd najwięcej ich w dorzeczu Narwi i Niemna; natomiast w dorzeczu Bugu zbiorniki tego typu będą powstawać dopiero w trzeciej dekadzie XXI w., w związku z budową trasy Via Baltica. Wiele z tych zbiorników ma charakter infiltracyjny i okresowy (tab. 7.1.2). Choć ich budowa nie

wpłynęła znacząco na ilość retencjonowanej wody, to istotnie ograniczyła zasięg rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego. Zmniejszyła również intensywność spływu powierzchniowego z nawierzchni drogowych, szczególnie podczas opadów nawaalnych. Jednocześnie zbiorniki „przydrożne” stały się potencjalnie nowym siedliskiem dla organizmów wodnych, choć to zagadnienie nie zostało jak dotychczas w pełni udokumentowane.

Tabela 7.1.1. Charakterystyka obiektów powierzchniowej retencji wód (bez stawów hodowlanych) w województwie podlaskim w 2024 r. ¹ – uwzględniono jedynie obiekty bez zdolności wody do infiltracji

Zbiorniki	Dorzecze			Razem w województwie
	Narew	Bug	Niemen	
liczba				
Zbiornik Siemianówka	1			1
retencyjne	16	5	1	22
leśne	101	32	60	193
drogowe	252	3	71	326
razem	370	40	132	542
powierzchnia [ha]				
Zbiornik Siemianówka	3250			3250
retencyjne	154,2	57,3	12,0	223,5
leśne	227,8	39,4	21,8	289,0
drogowe ¹	18,6	0	6,5	25,1
razem powierzchnia	3650,6	96,7	40,3	3787,6
maks. objętość wody w obiektach [tys. m³]				
Zbiornik Siemianówka	79500			79500
retencyjne	1819,0	593,4	638,8	3051,2
leśne	1432,6	416,5	213,3	2062,4
drogowe ¹	141,8	0	98,4	240,2
razem	82893,4	1009,9	950,5	84853,8

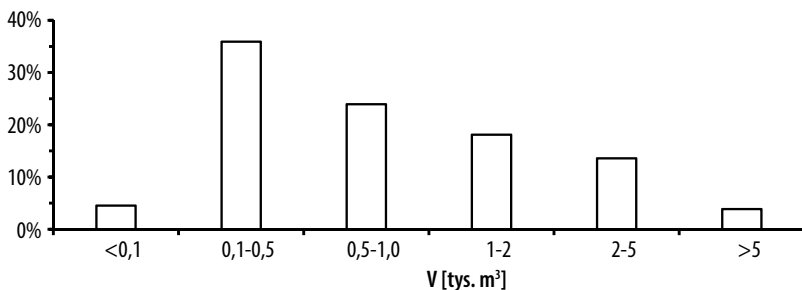
Tabela 7.1.2. Zbiorniki „drogowe” według stanu na 2023 r.; źródło danych: GDDKiA w Białymstoku, Urzędy Miast Białegostoku i Suwałki

Dorzecze	Liczba	Powierzchnia [ha]	Objętość [tys.m ³]
zbiorniki retencyjne			
Bug	0		
Narew	162	18,6	141,8
Niemen	34	6,5	98,4
razem	196	25,2	240,2
zbiorniki drogowe			
Bug	3	0,4	3,3
Niemen	37	5,0	47,4
Narew	90	10,3	94,6
razem	130	15,6	145,2
łącznie	326	40,8	385,4

Przebudowa sieci transportowej aglomeracji Białegostoku oraz narastający problem zwiększonego „uszczelnienia” hydrologicznego terenów zurbanizowanych doprowadziły do powstania aktualnej sieci 25 zbiorników wodnych zlokalizowanych w granicach miasta (rys. 7.1.1). Obecnie zajmują one powierzchnię ok. 55 ha, z czego aż 37,8 ha stanowi kompleks Stawów Dojlidzkich, położony w południowo-wschodniej części miasta. Sztuczne zbiorniki w stolicy województwa posiadają pojemność przeważnie mniejszą niż 0,5 tys. m³ (rys. 7.1.1). Oprócz funkcji rekreacyjnych i hydrologicznych, odgrywają istotną rolę w kształtowaniu krajobrazu oraz w regulowaniu warunków bioklimatycznych miasta. Spośród 40 miast w województwie, do chwili obecnej w 11 z nich powstały sztuczne zbiorniki wodne, głównie z przeznaczeniem rekreacyjnym.

Istniejące, większe powierzchniowo zbiorniki wodne w pozajeziornej części województwa podlaskiego powstawały w różnym czasie. Najwięcej z nich przybyło w ramach ogólnopolskiej akcji „małej retencji” pod koniec XX w. Ich budowa była wspierana finansowo przez Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Białymstoku, przy znaczącym zaangażowaniu władz samorządowych. Lokalizacja wielu zbiorników pokrywała się z miejscami dawnych zbiorników przymyśkich, powstałych jeszcze w XIX w. lub wcześniej. Obecnie można wyróżnić cztery główne skupiska tych obiektów (rys. 7.1.2). Pierwszy z nich to dolina rzeki Nurzec, kolejne to dorzecze Brzozówki, trzeci obejmuje

górną Supraśl, a czwarty to zlewnia górnej Skrody w dorzeczu Pisy. Czynne zbiorniki retencyjne charakteryzują się niewielką średnią głębokością (do 2-2,5 m) oraz powierzchnią sięgającą maksymalnie 34 ha. Najwyższy poziom wody zbiorniki osiągną pod koniec wiosny i jest on utrzymywany przez cały sezon letni. Po jego zakończeniu poziom napełnienia znacząco spada, co oznacza, że funkcja retencyjna nie obejmuje najistotniejszego hydrologicznie okresu zimowo-wiosennego, kiedy odpływ ze zlewni jest największy.



Rys. 7.1.1. Struktura pojemności sztucznych zbiorników wodnych miasta Białystok; według danych Urzędu Miasta Białystok z 2024 r.

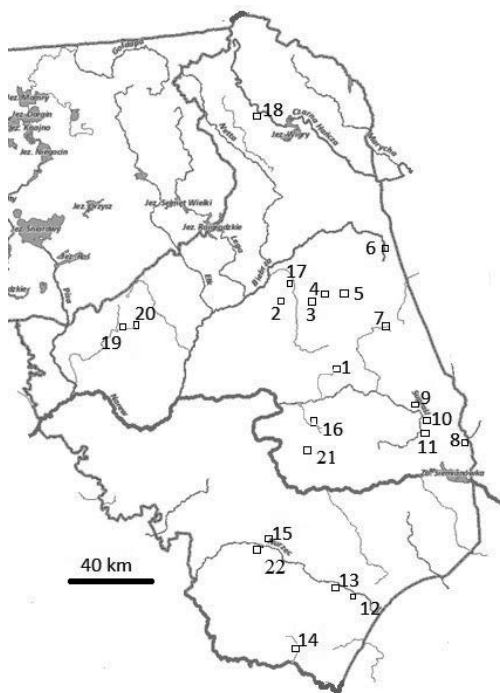
Możliwość regulacji odpływu wody istnieje jedynie po incydentalnych i nawalnych opadach letnich. Aktywna retencja wody w wybudowanych zbiornikach jest możliwa i praktykowana jedynie w części z nich (grupa A i B w tab. 7.1.3, rys. 7.1.3), natomiast w pozostałych nie jest stosowana. Omawiane sztuczne zbiorniki wodne można zaklasyfikować do trzech zasadniczych grup hydrologicznych. Pierwsza grupa (rys. 7.1.3) obejmuje zbiorniki zasilane wodami z płytkich poziomów podziemnych oraz z małych powierzchniowo zlewni, bez większych i stałych dopływów rzecznych. Druga grupa to zbiorniki zaporowe, powstałe poprzez podpiętrzenie wód rzecznych (wykorzystując lokalne uwarunkowania topograficzne). Trzecia grupa obejmuje zbiorniki kopane, zlokalizowane w dolinach rzecznych i zasilane okresowo poprzez przekierowanie wód z sąsiednich rzek. Funkcjonują podobnie jak stawy i są zasadniczo odizolowane od bezpośredniego wpływu procesów zlewniowych w ciągu roku.

Wieloletnie obserwacje funkcjonowania tych obiektów wskazują na ich raczej pasywną rolę w gospodarce wodnej zlewni; ich podstawowa funkcja sprowadza się do zapewnienia odpowiednich warunków rekreacyjnych, zwłaszcza w weekendy, dla okolicznych mieszkańców.

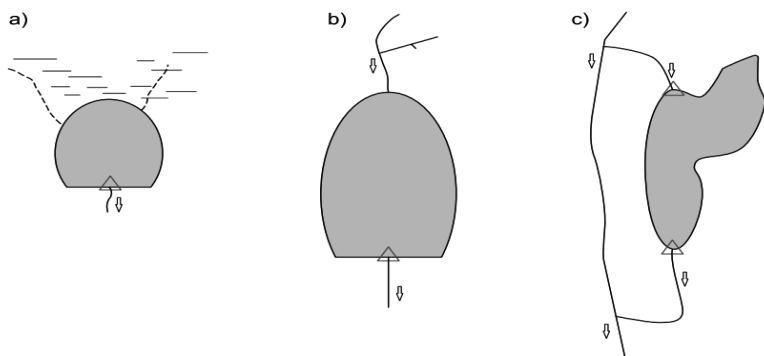
Zbiorniki tzw. małej retencji są z reguły płytkie i charakteryzują się niewielką wymianą wody, stąd latem szybko się nagrzewają, co sprzyja rozwojowi glonów. Dodatkowo odznaczają się bardzo wysokimi wartościami wskaźnika Schindlera (stosunek powierzchni zlewni do objętości zbiornika), co świadczy o silnej i stałej presji hydrochemicznej zlewni na ich ekosystem wodny.

Tabela 7.1.3. Charakterystyka morfologiczna zbiorników retencyjnych województwa podlaskiego; typ hydrologiczny według schematu na rys. 2, Az – max. powierzchnia podlaskiego; V – max. pojemność, A – powierzchnia zlewni, WS – wskaźnik Schindlera

Lp.	Typ zbiornika	Nazwa	Rzeki	Rok budowy	Pow. (Az)	Pojem. (V)	Pow. zlewni A	WS
					ha	x10 ³ m ³	km ²	
1	A	Sokółka		1942	19,5	17,4	17,6	1024,5
2		Czapielówka		1981	16,5	22,1	21,5	982,0
3		Zarzeczany		2000	8,8	10,1	8,6	863,3
4		Jasionówka		2000	1,5	8,6	1,7	202,9
5		Ozierany		2001	13,2	28,8	17,0	593,8
6	B	Wyżary	Radulinka	1970	4,9	63,0	15,4	245,6
7		Siemiatycze	Kamianka	1974	27,4	590,0	81,7	138,9
8		Dzierzbia	Dzierzbia	1980	1,8	31,5	56,2	1784,7
9		Bachmaty	Orlanka	1986	5,5	75,4	28,1	373,0
10		Sitawka	Kumiałka	2000	9,1	69,5	37,7	543,3
11		Korycin	Kumiałka	2003	6,8	206,1	216,0	1048,5
12		Repczyce	Nurzec	2003	13,0	265,0	33,2	125,8
13		Nowy Dwór	Biebrza	2014	13,5	250,0	24,5	98,4
14		Stawiski	Dzierzbia	1980	4,9	36,6	5,3	145,1
15	C	Dojlidy	Biała	1962	34,0	670,0		
16		Karpowicze	Brzozówka	2007	5,5	76,8		
17		Michałow	Supraśl	2008	2,2	41,0		
18		Kiersnówek	Nurzec	2008	4,8	62,0		
19		Szumowo	Kumiałka	2014	4,5	85,3		
20		Arkadia	Cz.Hańcza	1978	12,0	638,8		



Rys. 7.1.2. Rozmieszczenie sztucznych zbiorników wodnych województwa podlaskiego o powierzchni mniejszej niż 50 ha



Rys. 7.1.3. Hydrologiczne typy zbiorników małej retencji (Górniak, Kajak 2020); a – zasilane płytkimi wodami gruntowymi, b – zaporowe, c – typu „rękaw” („*sleeve*” reservoir).

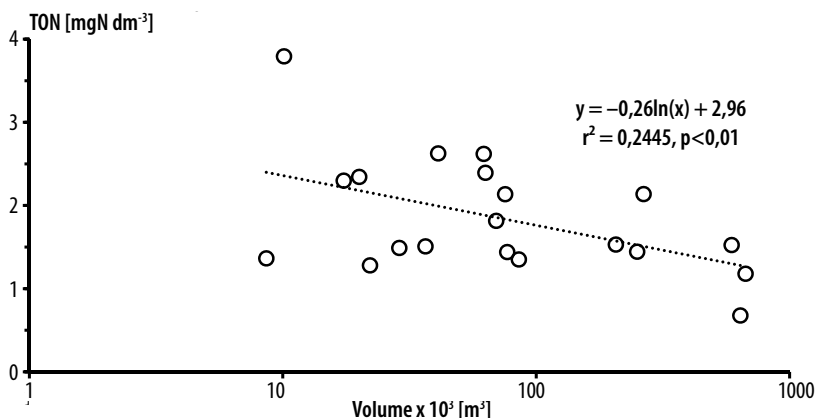
Tabela 7.1.4. Charakterystyka składu chemicznego wód 20 zbiorników małej retencji województwa podlaskiego latem 2017 i 2021 (n = 47 prób); SD – odchylenie standardowe

Parametr	Jednostka	Min.	Maks.	Średnia	SD
EC	$\mu\text{S cm}^{-1}$	246	624	437,2	105
Temp.	[°C]	16,4	25,3	21,1	1,6
Tlen	mg dm^{-3}	5	16,3	10,6	1,75
SWWT	%	53	196	122,7	21,8
SiO_4^{3-}	mg dm^{-3}	0,02	3,23	0,91	0,63
Ca^{2+}		32,6	105	65,9	18,4
Mg^{2+}		3,93	17,7	11,8	3,72
Na^+		1,9	23,7	7,1	4,02
K^+		0,5	4,6	2,3	0,95
SO_4^{2-}		9,1	57,7	28,7	9,5
Cl^-		4,8	59,8	14,7	10,8
TN		0,68	5,8	2,22	0,98
N-NH_4^+		0,01	0,25	0,062	0,06
N-NO_3		0,01	2,4	0,30	0,50
N-NO_2		0,0001	0,024	0,008	0,01
SRP		0,01	0,272	0,019	0,03
TP		0,05	0,84	0,283	0,14
DOC		6,01	41,2	12,31	6,13
POC		0,05	5,7	0,92	0,81
TIC		24,5	99,7	53,0	18,0
SUVA	$\text{m}^2 \text{gC}^{-1}$	12,4	54,6	28,6	5,5
Chl <i>a</i>	$\mu\text{g dm}^{-3}$	4,2	105,1	37,3	20,0

Monitoring badawczy prowadzony przez Uniwersytet w Białymstoku (Suchowlec, Górniak 2009) oraz Politechnikę Białostocką pod koniec XX w. potwierdził niezadowalający stan jakości wód retencjonowanych w regionie, co było sprzeczne z oczekiwaniami inwestorów oraz wcześniejszym, korzystnym stanem przyrodniczym rzek wysoczyznowych. W momencie realizacji inwestycji nie przeprowadzono

jednak odpowiednich analiz ani oceny oddziaływania na środowisko. Powtórne badania – przeprowadzone po 20 latach – wykazały utrzymującą się wysoką żyzność wód w zbiornikach utworzonych w krajobrazie rolniczo-leśnym nawet tam, gdzie nie występuje silna presja rolnicza (tab. 7.1.4). Wszystkie analizowane zbiorniki zaklasyfikowano jako eutroficzne, a niektóre – jako hipertroficzne (tab. 7.1.5). Wypełniają je wody o umiarkowanej zawartości rozpuszczonych substancji mineralnych, w tym związków uznawanych za wskaźniki zanieczyszczenia, takich jak siarczany czy chlorki. Podobnie umiarkowane pozostaje stężenie związków azotu, zarówno azotanowego V, jak i azotu amonowego.

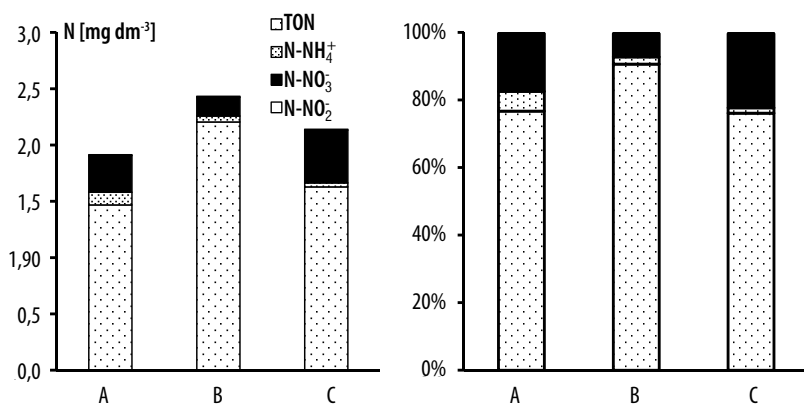
Istnieje przy tym statystycznie istotna zależność wskazująca na zmniejszanie się zasobów azotu organicznego w zbiornikach o największej powierzchni (rys. 7.1.4; 7.1.5), co świadczy o jego stopniowej redukcji w tych zbiornikach.



Rys. 7.1.4. Zależność średnich azotu organicznego w wodzie zbiorników małej retencji województwa podlaskiego od ich pojemności maksymalnej; badania własne z lat 2017 i 2019

Jednak wody zbiorników tzw. małej retencji dziedziczą cechy charakterystyczne dla wód płynących w regionie, wynikające z rodzaju gleb dolin rzecznych oraz ustroju hydrologicznego, omówionych wcześniej w kontekście wód rzecznych tego regionu (zob. rozdział dotyczący rzek). Do tych cech należą: zwiększona zawartość materii organicznej oraz wysokie wzbogacenie wód w fosfor, uznawane powszechnie za główne czynniki eutrofizacji wód (Wetzel 2000; Górniak, Kajak 2020). Najbardziej spektakularnym zjawiskiem jest namnażanie się

glonów i sinic – niezależnie od dostępności azotanów, przy ograniczonym dopływie fosforu mineralnego. Przy stałym dopływie wody ze zlewni, to rozpuszczona materia organiczna staje się główną przyczyną degradacji jakości wód, zwłaszcza w warunkach ograniczonej dostępności azotanów (Górniak 1996). Zapewnia ona odpowiednie zasoby siedliska dla intensywnego rozwoju glonów i sinic, które charakteryzują się wysoką plastycznością środowiskową i zdolnością do wykorzystania biogenów o zróżnicowanej dostępności. Dlatego nawet w niewielkich zbiornikach śródlęśnych obecność planktonu roślinnego jest porównywalna z tą, jaka występuje w zbiornikach o zlewni intensywnie użytkowanej rolniczo. W analizowanych zbiornikach, w letnim zespole planktonu roślinnego, zdecydowanymi dominantami są zielenice, a subdominantami – okrzemki.



Rys. 7.1.5. Struktura form azotu w wodach zbiorników retencyjnych w województwie podlaskim latem (średnie wartości analiz przeprowadzonych w 2017 i 2021 r.); typy hydrologiczne zbiorników zgodnie z tabelą 7.1.3

W wielu małych zbiornikach retencyjnych województwa podlaskiego, nawet pozbawionych punktowych źródeł zanieczyszczeń, w okresie letnim dochodzi do masowego namnażania się sinic. Prowadzi to do czasowego wyłączenia tych akwenów z użytkowania rekreacyjnego (tab. 7.1.6). Zbiorniki te stają się wtórnym źródłem zanieczyszczeń dla strumieni z nich wypływających, a ich ekspansja obejmuje większe rzeki, szczególnie latem, przy niskich przepływach.

Tabela 7.1.5. Wskaźniki trofii (TSI) sztucznych zbiorników wodnych województwa podlaskiego; TP, Chl *a* według Carlson (1977), TOC według Dunalska (2011), TN według Kratzer and Brezonik (1981).

Nr	Typ zbiornika	Nazwa	Wskaźniki trofii		
			TP, Chl <i>a</i>	TOC	TN
1	A	Sokółka	71,8	61,8	61,7
2		Czapielówka	70,0	58,4	60,8
3		Zarzeczany	65,7	59,5	69,3
4		Jasionówka	70,0	56,5	59,9
5		Ozierany	63,3	63,8	72,4
6	B	Wyżary	72,3	58,2	60,2
7		Siemiatycze	65,4	66,9	69,1
8		Dzierżbia	65,0	58,1	59,3
9		Bachmaty	68,1	75,8	69,8
10		Siławka	71,0	79,2	79,8
11		Korycin	77,9	69,9	71,1
12		Repczyce	74,7	71,6	72,9
13		Nowy Dwór	71,6	63,9	65,3
14		Stawiski	76,3	56,9	64,2
15	C	Dojlidy	73,3	66,7	76,9
16		Karpowicze	59,7	57,8	59,7
17		Michałowó	63,4	67,1	63,2
18		Kiersnówek	63,3	45,5	48,9
19		Szumowo	66,5	47,3	75,5
20		Arkadia	58,7	51,9	60,8

Analiza danych hydrochemicznych oraz struktury planktonu roślinnego w zbiornikach retencyjnych wskazuje, że nizinne strumienie i rzeki nie zapewniają retencji wód o wysokiej jakości. Przeciwnie – stają się wtórnymi źródłami zanieczyszczeń biologicznych w hydrosferze. Zbyt długi czas retencji wody, silne nagrzewanie oraz brak zacienienia sprzyjają namnażaniu się glonów i sinic, stwarzając dodatkowe zagrożenie sanitarne dla ludności i wód płynących w poszcze-

gólnych zlewniach. Ponadto mało aktywna gospodarka rybostanem, prowadząca doichtioeutrofizacji, potęguje wzrost żyzności wód powierzchniowych.

Tabela 7.1.6. Średnie stężenie chlorofilu *a* i struktura glonów w sztucznych zbiornikach wodnych województwa podlaskiego w sezonie letnim (średnia z roku 2017 i 2021); w strukturze glonów oznaczenia jak pierwsza litera nazwy

Nr	Typ zbiornika	Nazwa	Chl <i>a</i> [$\mu\text{gChl dm}^{-3}$]					%			
			Ziele- nice Z	Sini- ce S	Okrzem- ki O	Krypto- fity K	ra- zem	Z	S	O	K
1	A	Sokółka	18,6	5,2	4,5	1,5	29,7	62,6%	17,3%	15,0%	5,0%
2		Czapielówka	26,6	8,4	10,1	0,8	45,8	57,9%	18,4%	22,0%	1,7%
3		Zarzeczany	37,9	3,7	14,8	4,8	61,2	61,9%	6,1%	24,1%	7,8%
4		Jasionówka	11,1	6,5	2,5	0,1	20,2	54,7%	32,3%	12,4%	0,7%
5		Ozierany	8,6	1,1	12,3	1,6	23,6	36,2%	4,8%	52,1%	6,9%
6	B	Wyżary	16,0	6,1	27,6	3,7	53,4	29,9%	11,4%	51,7%	6,9%
7		Siemiatycze	35,7	2,5	13,0	3,4	54,7	65,3%	4,7%	23,9%	6,2%
8		Dzierzbia	11,5	0,0	37,3	0,0	48,8	23,7%	0,0%	76,3%	0,0%
9		Bachmaty	21,4	30,1	21,8	0,5	73,8	29,0%	40,8%	29,5%	0,7%
10		Siławka	4,9	0,2	3,5	0,5	9,0	54,3%	2,1%	38,5%	5,1%
11		Korycin	10,1	0,4	4,4	1,3	16,2	62,3%	2,7%	27,0%	8,0%
12		Repczyce	31,0	15,5	9,4	1,7	57,5	53,8%	26,9%	16,3%	2,9%
13		Nowy Dwór	18,0	3,8	26,2	0,2	48,2	37,3%	7,9%	54,3%	0,5%
14		Stawiski	6,9	1,2	2,7	0,3	11,1	62,1%	10,7%	24,3%	3,0%
15	C	Dojlidy	5,0	0,4	1,9	0,5	7,9	63,9%	4,7%	24,5%	7,0%
16		Karpowicze	12,7	0,9	4,8	5,0	23,5	54,3%	4,0%	20,5%	21,2%
17		Michałowo	19,2	30,2	14,2	5,4	69,0	27,9%	43,7%	20,6%	7,9%
18		Kiersnówek	24,3	3,3	7,0	5,2	39,9	61,0%	8,3%	17,6%	13,1%
19		Szumowo	18,2	2,8	7,1	0,2	28,3	64,2%	9,9%	25,0%	0,8%
20		Arkadia	10,7	6,8	6,8	0,1	24,3	43,9%	27,8%	27,8%	0,5%

Dotychczasowe doświadczenia w zakresie budowy i lokalizacji obiektów małej retencji w województwie podlaskim jednoznacznie wskazują na konieczność zastosowania określonych zasad zarządzania, mających na celu ograniczenie eutrofizacji wód retencionowanych. Do nich należy zaliczyć:

1. Preferencje w budowie zbiorników typu rękawów, zamiast podpiętrzania rzek na ich głównym biegu, z bezwzględnym uwzględnieniem przepławki dla ryb, utrzymującą ciągłość ekologiczną systemu;

2. Teoretyczny czas retencji wody zbiornika nie powinien być dłuższy niż 30 dni, jego wydłużenie zwiększa ryzyko silnego rozwoju glonów i sinic;
3. Retencjonowanie wody w zbiornikach powinno dotyczyć jedynie wód o niskiej zawartości materii organicznej. Należy unikać gromadzenia w zbiornikach wód pochodzących z terenów torfowiskowych i bagiennych, zwłaszcza leśnych, ze względu na ich wysokie obciążenie organiczne;
4. Zbiorniki powinny posiadać aktywne biologicznie strefy makrofitów (heliofity, nymfeidy, elodeidy) i aktywnie realizować plan użytkowania rybackiego. Powstające obiekty powinny być monitorowane i zarządzane przyrodniczo, bez introdukcji gatunków inwazyjnych i obcych.

7.2. Zbiornik zaporowy Siemianówka

Jest to największy sztuczny zbiornik wodny w województwie, a także jeden z największych w nizinnej części kraju – poza Zbiornikiem Włocławskim na Wiśle. Został oddany do użytku w 1992 r., po ponad 25-letniej budowie, w zmieniających się realiach społeczno-gospodarczych. Ten ogromny rezerwuuar wody – o maksymalnej pojemności 79,5 mln m³ i powierzchni 32 km² (czyli 1,5-krotnie większej niż Jezioro Wigry) – został sfinansowany ze środków województwa i miał zaspokajać szeroko pojęte potrzeby gospodarcze regionu. Podobnie jak inne zbiorniki zaporowe, miał pełnić wiele funkcji: od zaopatrzenia w wodę rozwijającej się aglomeracji białostockiej, poprzez nawadnianie użytków w dolinie Narwi, po funkcje rekreacyjne i wypoczynkowe. Warto też podkreślić, że budowa zbiornika znacząco przyczyniła się do rozwoju infrastruktury w regionie – przyspieszając rozbudowę sieci dróg, elektryfikację i telefonizację, co znacząco poprawiło warunki życia mieszkańców północnych obrzeży Puszczy Białowieskiej.

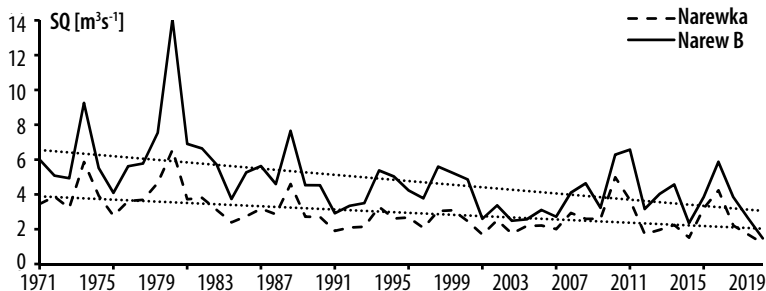
Sama lokalizacja zbiornika na górnej Narwi, w bezpośrednim sąsiedztwie Białowieskiego Parku Narodowego i na obszarze zlewni, której znaczna część znajduje się poza granicami kraju, od początku budziła szereg wątpliwości zarówno na etapie decyzji politycznej, jak i podczas projektowania oraz pierwszego napełniania zbiornika wodą.

Niedoceniany od początku naturalny charakter leśno-torfowiskowej zlewni zbiornika i fizjografia otoczenia doprowadziły do wielu niekorzystnych zjawisk, ograniczających użytkowość gromadzonych zasobów wodnych. Pojawiło się

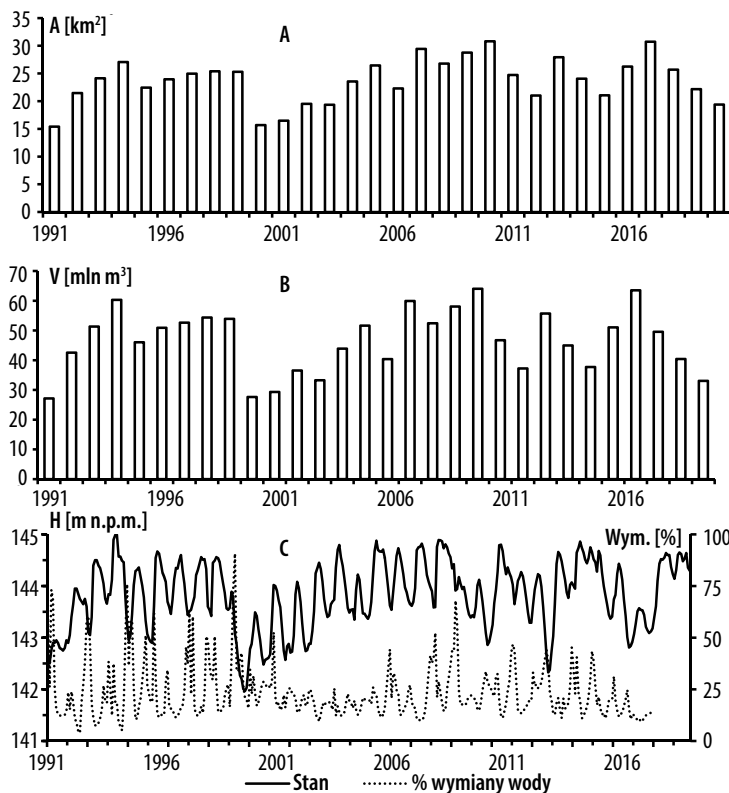
również wiele konsekwencji środowiskowych, których nie przewidziano na etapie planowania inwestycji.

Głównym atrybutem lokalizacji zbiornika była dostępność znacznych zasobów Narwi oraz niemal naturalny charakter zlewni. Do 1990 r. średni przepływ Narwi w profilu Bondary wynosił $5,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i odzwierciedlał typowy ustrój śnieżno-roztopowy, z maksymalnym przepływem w kwietniu i minimum przypadającym na wrzesień. Od lat 80. XX w., podobnie jak w przypadku innych rzek środkowej Polski, obserwuje się tendencję spadkową średnich rocznych przepływów (rys. 7.2.1), wynikającą głównie ze zmian w pokrywie śnieżnej w okresie chłodnym oraz wyraźnego osłabienia wezbrań roztopowych. Dodatkowo, wzrost temperatury powietrza, wywołujący wzrost parowania terenowego, a także dłuższe okresy niedoboru opadów, znacząco ograniczają wielkość odpływu rzeczno-ego. Zbiornik od początku swego istnienia zmagał się z niedoborem wody, co skutkowało dużą zmiennością jego powierzchni (od 15 do 32 km^2) (rys. 7.2.2A) oraz jeszcze większą zmiennością objętości ($27\text{--}67 \text{ mln}^3$) (rys. 7.2.2B). W latach 2024-2025, na skutek deficytu opadów atmosferycznych, zbiornik został wypełniony jedynie w 30% swojej maksymalnej pojemności. Specyficzna forma zalewu, z wyraźnym podziałem na dwa baseny oddzielone nasypem kolejowym, powodowała długotrwałe odstawianie się dna zbiornika. Postępujące zmiany hydroklimatyczne dodatkowo uwidoczniły niedoskonałości eksploatacyjne obiektu, w szczególności te wynikające z niewielkiej wymiany wód w ciągu roku. Płytki charakter zbiornika (średnia głębokość poniżej 3 m) oraz silne nagrzewanie się wody latem – sięgające nawet 30°C – nie sprzyja wysokiej jakości wód.

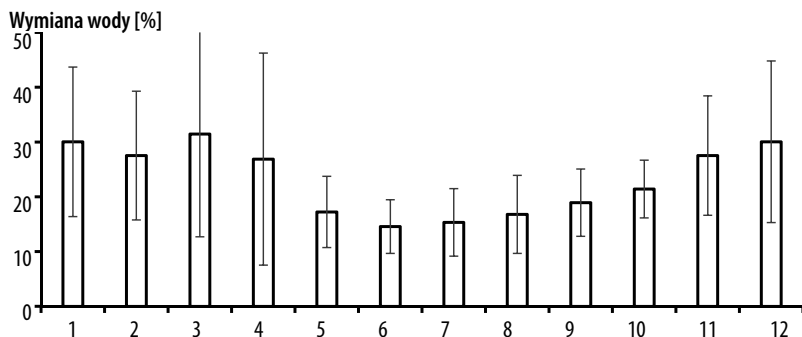
Polimiktyczny charakter (brak długotrwałej stratyfikacji termicznej), prowadzi do intensywnego mieszania się wód aż do dna. Skutkuje to naprzemiennym występowaniem stanów nadmiernego wysycenia tlenem oraz deficytu tlenowego. Dodatkowo wpływ torfowiskowo-leśnej zlewni doprowadził do ukształtowania się zbiornika wodnego o unikatowych cechach – o relatywnie wysokiej barwie wody oraz niskiej zawartości rozpuszczonych substancji mineralnych, w tym zwłaszcza azotanów V (Górniak, Jekatierynczuk-Rudczyk 1995, 1996; Górniak (red.) 2006).



Rys. 7.2.1. Wieloletnie zmiany średniorocznego przepływu Narwi w Bondarach (Narew B) i Narewki w Narewce w latach 1971-2020; według danych IMGW-PIB



Rys. 7.2.2. Dynamika średniej miesięcznej (A) powierzchni zalewu, (B) objętości retencjonowanej wody oraz (C) – poziomu wody i teoretycznej wymiany wody (C) w Zbiorniku Siemianówka w latach 1991-2023; opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB i Działu Eksploatacji Zbiornika



Rys. 7.2.3. Średnia miesięczna wymiana wody w Zbiorniku Siemianówka w latach 1991-2020, obliczona na podstawie przepływu Narwi w Bondarach; dane: IMGW-PIB

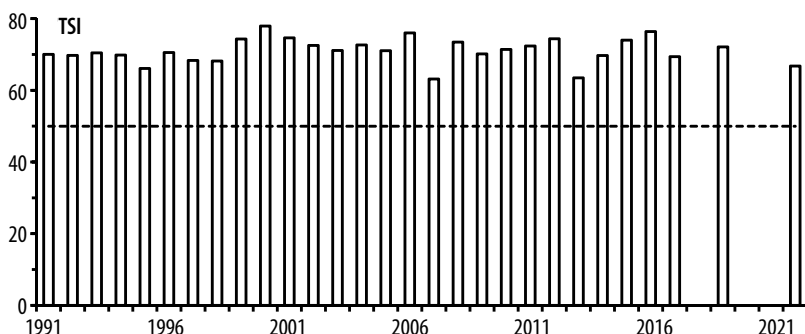
Woda retencjonowana w Zbiorniku Siemianówka cechuje się wysokimi stężeniami zawiesiny oraz naturalnych związków organicznych takich jak TOC, Norg, N-NH_4 i fosfor, głównie w formie organicznej (tab. 7.2.1). Zasilanie zbiornika odbywa się głównie podczas wiosennych wezbrań roztopowych, natomiast w okresie jesiennym zbiornik jest częściowo opróżniany, co widoczne jest na rys. 7.2.2. Po roku 2010 zaniechano tej praktyki ze względu na niewielkie wiosenne piętrzenia, ale i tak cechuje go stosunkowo długi średni roczny czas retencji wody, wynoszący blisko 3,5 miesiąca. Aby nie dochodziło do nadmiernej eutrofizacji w zbiornikach zaporowych, Starmach (1994) zalecał, by czas retencji wody nie przekraczał 1-2 miesięcy. Dlatego Zbiornik Siemianówka wykazuje się eutroficznym, a wręcz hypertroficznym poziomem trofii (rys. 7.2.4) (Górniak 1996; Górniak (red.) 2006), wynikający przede wszystkim z nadmiaru związków organicznych pochodzących ze zlewni (Williamson i in. 1999; Górniak i in. 2002).

Stawowy typ gospodarki rybackiej, prowadzony do 2000 r., spotęgował eutrofizację wód, podobnie jak silna presja wędkarska, związana z wprowadzaniem dużych ładunków sztucznej zanęty (Górniak (red.) 2006). Toteż w roku 2000 zbiornik poddawano próbom rekultywacji z wyraźnym ukierunkowaniem na działania biomanipulacji ekosystemem (Górniak (red.) 2006).

Tabela 7.2.1. Średnie wartości parametrów wody (warstwa 0-2 m) w dolnej części Zbiornika Siemianówka w okresie od maja do września; opracowanie danych z monitoringu prowadzonego przez Uniwersytet w Białymstoku od 1992 r.

Parametr	Jednostka	Rok		
		1993	2004	2017
temp. wody		15,5	17,4	17,5
widz. krążka S.		1,19	0,47	0,55
barwa	mg Pt dm ⁻³	45	71	68
przew. właś.	μS cm ⁻¹	288	240	310
odczyn	pH	7,9	8,1	8,2
tlen rozpuszczony	mg dm ⁻³	8,5	10,2	6,2
wysyc. wody tlenem	%	86	106	64
wapń	mg dm ⁻³	57,5	59,8	49,7
magnez		12,4	13,8	5,5
sód		4,2	3,5	4,0
potas		1,8	0,7	1,1
wodorowęglany		192	185	168
siarczany			20,4	11,2
chlorki		15,3	14,2	8,9
N-amonowy		0,43	0,17	0,10
N-azotanowy		0,14	0,13	0,03
krzemiany			0,38	0,89
P-ortofosforany		0,075	0,023	0,002
P całkowity		0,427	0,166	0,084
DOC		16,1	24,2	19,4
Chl „a”	μg dm ⁻³	33,9	89,7	82,3

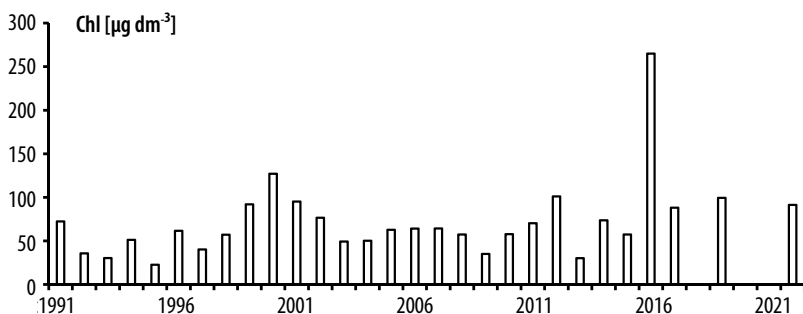
Po zaprzestaniu dalszych działań rekultywacyjnych, a także w obliczu coraz większego klimatycznego deficytu wody w zlewni, w okresach niskich przepływów w niewielkim stopniu zwiększa się przepływ rzeki, jednocześnie redukując wiosenną falę wezbraniową. Zbiornik nadal pozostaje stałym źródłem detrytus dla Narwi, a w okresie letnim – również źródłem organicznych agregatów zawierających kolonie sinic, które unoszą się z nurtem rzeki. Początkowo ich obecność stwierdzano w Narwi aż do okolic Suraża i Waniewa. Po 2010 r. stężenie chlorofilu w Strękowej Górze i Nowogrodzie przekraczało 30-50 μg Chl dm⁻³ (rys. 5.2.5), a w przypadku utrzymywania się braku letnich wezbrań można spodziewać się dalszego wzrostu tych wartości.



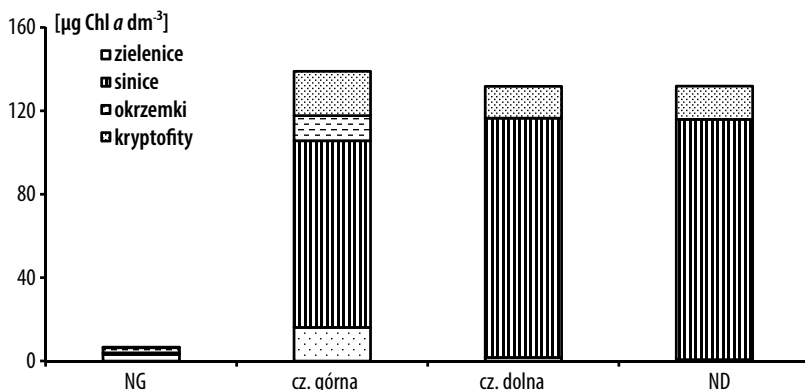
Rys. 7.2.4. Wartości wskaźnika trofii Carlsona (1977) w dolnej (przyzaporowej) części Zbiornika Siemianówka w okresie letnim (czerwiec-sierpień) w latach 1991-2022; dane z 2019 i 2022 r. według GIOŚ, pozostałe dane – na podstawie monitoringu Uniwersytetu w Białymstoku

W strukturze planktonu roślinnego Zbiornika Siemianówka, po wiosennym maksimum okrzemkowo-zielenicowym, obserwuje się silne namnażanie sinic z rodzaju *Microcystis* i *Planktotrix* – potencjalnie toksycznych dla organizmów żywych (Grabowska 2005; Grabowska, Mazur-Marzec 2011)

Podobnie jak w innych zbiornikach zaporowych, także tutaj występuje wyraźna strefowość hydrochemiczna i biologiczna akwenu, obejmująca część górną (reolimniczną) i dolną (limniczną) (Górniak, Jekatierynczuk-Rudczyk 1995; Górniak, Grabowska 1996). Zróżnicowanie to znajduje odzwierciedlenie w strukturze planktonu roślinnego, co ilustruje rysunek 7.2.6.



Rys. 7.2.5. Wieloletnia dynamika stężenia chlorofilu a latem (lipiec-wrzesień) w powierzchniowej warstwie wody (0-2 m) Zbiornika Siemianówka (część dolna, przed zaporą czołową); wyniki badań własnych (1991-2017), lata 2019, 2022 dane GIOŚ



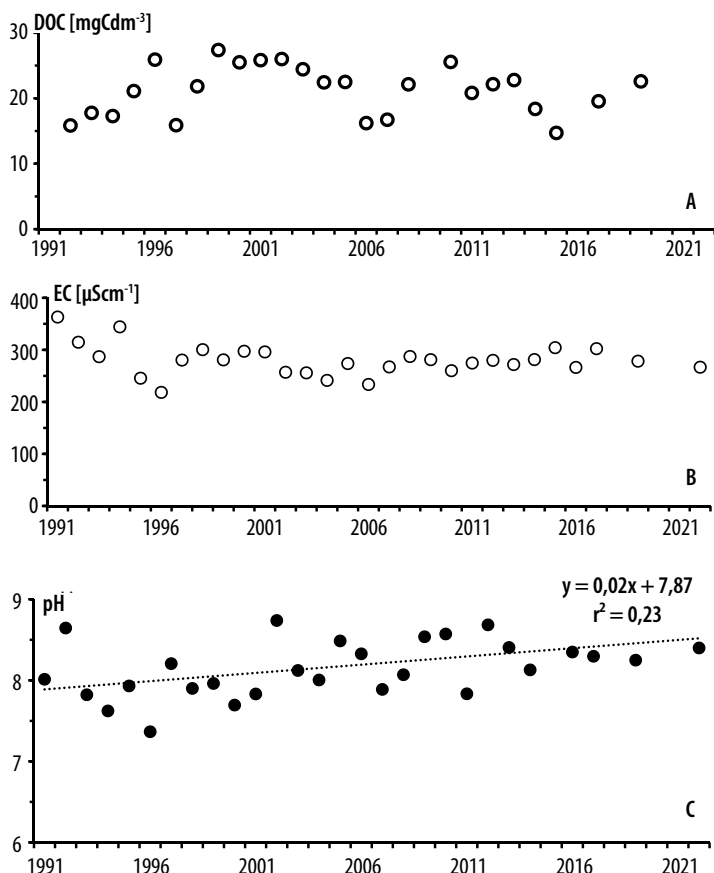
Rys. 7.2.6. Przestrzenne zróżnicowanie struktury fitoplanktonu letniego (lipiec-wrzesień) Zbiornika Siemianówka i rzeki Narew powyżej (NG) i poniżej zbiornika (ND) w latach 2015-2017; wyniki badań własnych

Ponad 30-letni, równoległy monitoring limnologiczny, prowadzony przez państwowe służby ochrony środowiska oraz Uniwersytet w Białymstoku, wskazuje na stałe utrzymywanie się unikalnie wysokiej zasobności wód Zbiornika Siemianówka w rozpuszczoną materię organiczną (rys. 5.2.7A), przy jednocześnie stosunkowo niskiej zawartości substancji mineralnych (rys. 5.2.7B).

Polimiktyczny charakter zbiornika (brak długotrwałej stratyfikacji termicznej) oraz intensywne mieszanie wód aż do dna powodują naprzemienne występowanie stanów nadmiernego wysycenia wody tlenem lub jego deficytów. Dodatkowo wpływ torfowiskowo-leśnej zlewni doprowadził do ukształtowania się zbiornika o rzadko spotykanym charakterze – z wodą cechującą się relatywnie wysoką barwą i niewielką ilością rozpuszczonych substancji mineralnych, w tym azotanów (Górniak i in. 2002).

Wysoka naturalna barwa wody w okresie wiosennego piętrzenia oraz znaczne wahania powierzchni zalewu przyczyniły się do zaniku dawnych trzcinowisk, które wcześniej dominowały w dolinie rzeki w miejscach obecnego spiętrzenia. Unikalny charakter biogeochemiczny sztucznego zbiornika, zlokalizowanego w seminaturalnej zlewni, pozbawionej antropogenicznych zanieczyszczeń, potwierdza wieloletnia analiza jego wysokiej produktywności (rys. 7.2.8). Ekosystem wodny czerpie główną energię z rozkładu materii organicznej pochodzenia lądowego. Po początkowym okresie dominacji produkcji autochtonicznej, zbiornik przekształcił

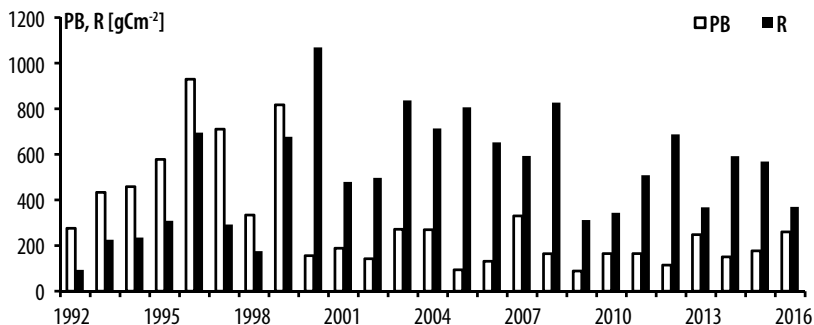
się w układ silnie heterotroficzny, w którym produkcja biomasy (PB) wielokrotnie przewyższa pierwotną produkcję autotrofów (R).



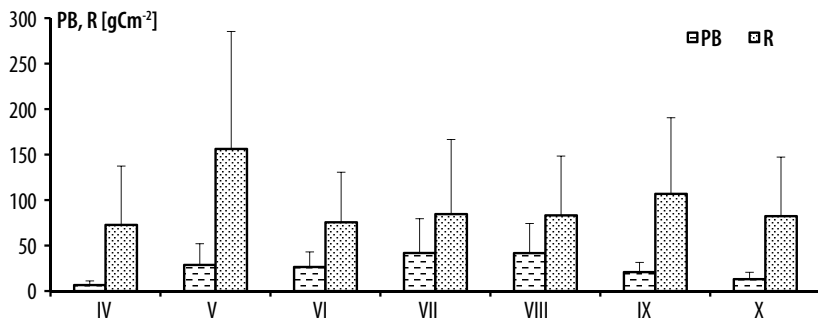
Rys. 7.2.7. Wieloletnie zmiany wybranych parametrów wody (warstwa 0-2 m) w okresie letnim w dolnej części Zbiornika Siemianówka w latach 1991-2022; badania własne 1991-2017, dane z lat 2019 i 2022 – według GIOŚ

W czasie sezonu wegetacyjnego procesy mineralizacji materii organicznej dominują nad produkcją pierwotną, co sprawia, że sztucznie utworzony Zbiornik Siemianówka jest obecnie inkubatorem wysokiej emisji dwutlenku węgla i metanu do atmosfery (rys. 7.2.9). Pogłębiona analiza aktywności fotosyntetycznej

glonów i sinic zbiornika wskazuje na relatywnie niską liczbę asymilacyjną zbiorowiska (dane nieprezentowane), typową dla środowisk wodnych o zaburzonej strukturze siedliskowej, ograniczającej tempo fotosyntezy (Górniak, Kajak 2020). W konsekwencji w strukturze planktonu roślinnego dochodzi do przesunięcia funkcjonalnego na korzyść glonów miksotroficznych oraz sinic, a rola typowych autotrofów ulega zmniejszeniu.



Rys. 7.2.8. Wieloletnia dynamika produktywności planktonu w dolnej części Zbiornika Siemianówka w latach 1992-2016; PB – produkcja brutto, R – respiracja, dane z lat 1992-2004 według Górniak, Grabowska (2006)



Rys. 7.2.9. Sezonowość produktywności planktonu dolnej części Zbiornika Siemianówka w latach 1992-2016. Przedstawiono wartości średnie i odchylenie standardowe, PB – produkcja brutto, R – respiracja. Dane z lat 1992-2004 według Górniak, Grabowska (2006)

Aktualna sytuacja hydroklimatyczna oraz niezadowolający stan przyrodniczy zbiornika wymagają podjęcia szeregu działań organizacyjnych i technicznych, mających na celu ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko na-

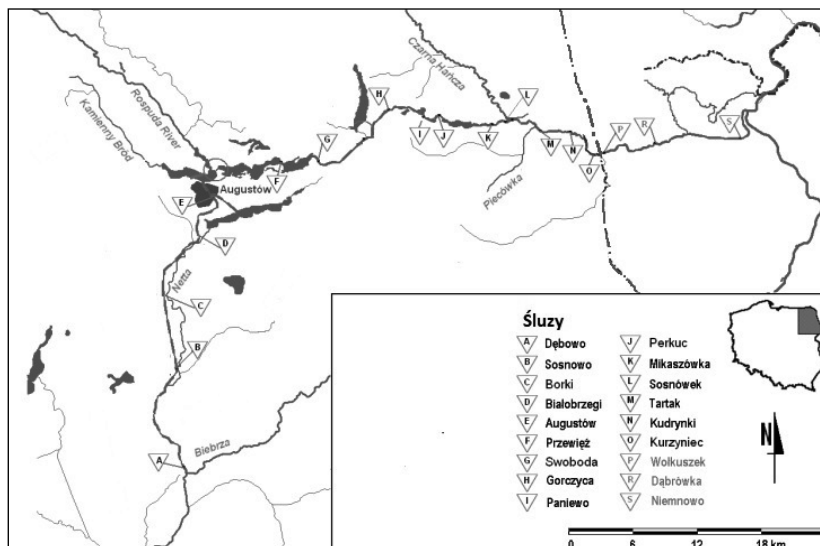
turalne. Równocześnie działania te powinny zwiększyć jego użyteczność dla rekreacji, w tym wędkarstwa. Wśród niezbędnych przedsięwzięć należy wymienić modernizację czaszy zbiornika oraz zmianę obowiązującej instrukcji gospodarowania wodą na bardziej adekwatną do dynamicznie zmieniających się warunków klimatycznych. Wdrażanie tego typu działań może być wspierane ze środków Unii Europejskiej, dedykowanych adaptacji gospodarki wodnej do wyzwań związanych ze globalnymi zmianami klimatycznymi.

7.3. Kanał Augustowski

Istniejący od ponad 180 lat Kanał Augustowski jest sztucznym obiektem hydrograficznym, który na stałe wpisał się w krajobraz północno-wschodniej Polski. Wysoki kunszt jego projektantów zaowocował minimalną ingerencją w naturalne zasoby wodne oraz doskonałym wkomponowaniem go w krajobraz regionu. Wybudowany za czasów Królestwa Polskiego, ze środków polskich i przy udziale kilku tysięcy robotników, zaprojektowany został jako ważna arteria wodna w szczególnych uwarunkowaniach geopolitycznych. Hydrograficznie łączy dorzecza Narwi i Niemna, stanowiąc drugą – obok spławnej od XVIII w. rzeki Elki – drogę wodną w zlewni Narwi (rys. 7.3.1). Niestety, nigdy w swojej historii nie przynosił on zysków. W okresie międzywojennym Kanał Augustowski stał się ważnym elementem rozwijającej się sieci turystycznej kraju. Już na etapie jego projektowania – kanał liczy 102 km długości – założono, że z centralnego, wododziałowego odcinka w rejonie Jeziora Serwy wody będą kierować się dwoma kierunkami: na zachód – w stronę Biebrzy, wzbogacając się wodami Rospudy, oraz na wschód – ku Niemnowi, zasilane przez Czarną Hańczę.

Kanał cechuje się zróżnicowanym charakterem hydrologicznym, co pozwala wyróżnić pięć jego specyficznych odcinków: wododziałowy, dwa jeziorne oraz dwa kanałowe, z których każdy jest ograniczony śluzami. Na terenie Polski funkcjonuje obecnie 14 sprawnych technicznie śluz, a po stronie białoruskiej kolejne 4 śluzy (rys. 7.3.1). W ramach budowy kanału *de novo* wykonano 44,8 km sztucznego koryta, skanalizowano 35 km istniejących cieków naturalnych, a jeziora stanowią łącznie 21,3 km trasy wodnej. Szerokość śluz kanałowych waha się w przedziale od 5,5 do 6,25 m, z parametrami typowymi dla pierwszego etapu w rozwoju kanałów wodnych Europy. Od 2002 r. Kanał Augustowski posiada status drogi wodnej

o znaczeniu regionalnym (klasa Ia), co oznacza możliwość żeglugi jednostek o długości do 24 m, szerokości do 3,5 m i maksymalnym zanurzeniu do 1 m.



Rys. 7.3.1. Mapa Kanału Augustowskiego z lokalizacją śluz (Cudowski i in. 2015)

Nadrzędnym celem budowy Kanału Augustowskiego było stworzenie i utrzymanie drogi wodnej, opartej na zasobach wodnych dwóch rzek: Rospuć (Netty) i Czarnej Hańczy, z wykorzystaniem Jeziora Serwy, zasilającego kanał na odcinku wododziałowym. Znaczne zasoby wodne obu rzek oraz zdolności retencyjne Jeziora Serwy zapewniają stabilną żeglugę na najbardziej eksploatowanym odcinku kanału – od Augustowa do Czarnej Hańczy. Aktualnie użytkowanie Kanału Augustowskiego ogranicza się do sezonu turystycznego (maj–październik) i tylko do wspomnianego wcześniej odcinka. Takie zawężenie wynika ze specyficznej sytuacji geopolitycznej oraz braku powojennej, gruntownej rewitalizacji kanału na odcinku od Rygola do śluzy Kudryniki. Obecna sytuacja polityczna na Białorusi uniemożliwia rozwój międzynarodowej żeglugi turystycznej na odcinku przygranicznym, mimo że białoruski fragment kanału został już kilka lat temu w pełni odnowiony i przygotowany do eksploatacji.

Naturalne uwarunkowania środowiskowe funkcjonowania kanału są niezmienne, jednakże powojenna aktywność gospodarcza w okolicach Augustowa wpłynęła negatywnie na jakość jego wód. Szczególnie istotnym czynnikiem po-

garszającym stan środowiska wodnego jest niemal całkowity brak spławności (czyli stałego przepływu wody) w dolnym odcinku kanału – od Augustowa do Biebrzy – co w sposób znaczący zmienia parametry fizykochemiczne jego wód.

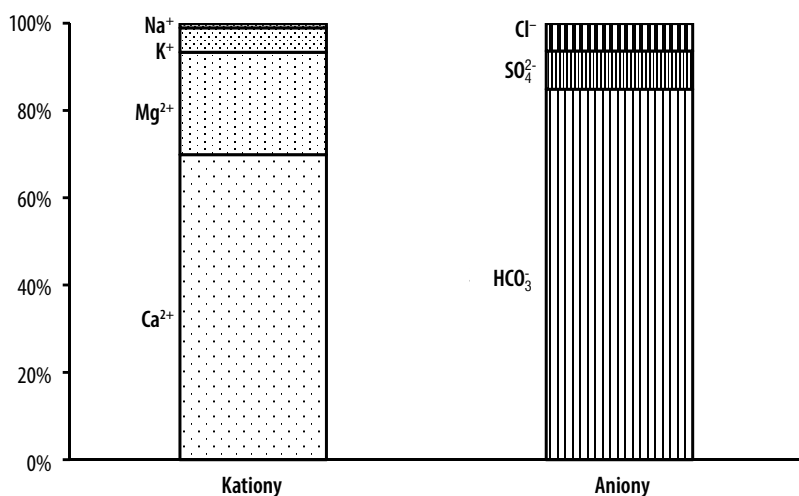
W przeszłości rzadko analizowano jakość wód kanałowych, głównie z powodu braku krajowego monitoringu sztucznych zbiorników wodnych, który został wdrożony dopiero po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej. Letnie badania hydrologiczne Kanału Augustowskiego rozpoczął Zakład Hydrobiologii Uniwersytetu w Białymstoku już w 1995 r., jednak dopiero w drugiej dekadzie XXI w. opublikowano pierwsze szersze opracowanie hydrochemiczne tego obiektu po stronie polskiej (Cudowski i in. 2015). Dane prezentowane poniżej dotyczą parametrów chemicznych wód Kanału Augustowskiego w sezonie letnim z lat 1995-2024 i pochodzą z archiwum Zakładu Hydrobiologii Uniwersytetu w Białymstoku.

Tabela 7.3.1. Średnie wartości oraz odchylenia standardowe (SD) wybranych parametrów fizykochemicznych wód Kanału Augustowskiego w okresie letnim w latach 1995-2024, na podstawie pomiarów wykonanych na 13 stanowiskach monitoringowych – od miejscowości Dębowo do śluzy Tartak

Parametr	Jednostka	Średnia	SD	Parametr	Jednostka	Średnia	SD
temp.	°C	20,8	3,4	Cl ⁻	mg dm ⁻³	9,6	3,0
barwa	mgPt dm ⁻³	21,5	12,5	HCO ₃ ⁻	mg dm ⁻³	221,7	54,7
EC	μS dm ⁻³	309,5	74,3	TN	mg dm ⁻³	1,44	1,40
pH		8,0	0,3	N-NH ₄ ⁺	mg dm ⁻³	0,14	0,19
tlen	mgO ₂ dm ⁻³	8,00	2,00	N-NO ₃ ⁻	mg dm ⁻³	0,084	0,096
SWWT	[%]	93,8	21,4	TP	mg dm ⁻³	0,132	0,101
Ca ²⁺	mg dm ⁻³	55,9	15,6	DOC	mg dm ⁻³	8,11	1,79
Mg ²⁺	mg dm ⁻³	11,4	4,5	SUVA	m ² mg C	26,7	22,5
Na ⁺	mg dm ⁻³	5,15	2,36	chlorofil	μg dm ⁻³	7,17	7,44
K ⁺	mg dm ⁻³	1,52	0,89	SiO ₄ ⁴⁻	mg dm ⁻³	1,74	0,79
SO ₄ ²⁻	mg dm ⁻³	17,99	5,73				

Kanał Augustowski na całej swojej długości prowadzi wody typu trzyjono-wego – wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego (rys. 7.3.2). Stężenia jonów wskazujących na eutrofizację wód są niewielkie. Charakter hydrologiczny

poszczególnych odcinków kanału znacząco wpływa na poziomy parametrów fizykochemicznych. Generalnie odcinki jeziorne cechują się niższymi stężeniami substancji mineralnych niż fragmenty rzeczno-kanałowe. Obecność jezior i procesów limnicznych intensywnie zachodzących w okresie wegetacyjnym, w znacznym stopniu ogranicza użyźnianie wód systemu wodnego poprzez sedimentację i biogeniczną utylizację związków fosforu, azotu i węgla. Nie bez znaczenia na stan żyzności wód ma seminaturalny charakter przykanałowej części zlewni. Jej wysoki stopień naturalności warunkuje utrzymywanie się niskiego poziomu żyzności wód. Wyniki analiz chemicznych potwierdzają, że ładunki substancji pochodzenia antropogenicznego docierające do kanału są niewielkie, a wskaźniki hydrochemiczne tej presji (np. stężenie chlorków) pozostają zbliżone do tła geochemicznego regionu.



Rys. 7.3.2. Przeciętna struktura jonów w wodach Kanału Augustowskiego w okresie badań 1995-2024

Odwrotna sytuacja dotyczy warunków termiczno-tlenowych systemu kanałowego (rys. 7.3.3). W jeziorach letnia stratyfikacja termiczna wzmacnia efekty fizycznej sedimentacji związków chemicznych w osadach dennych, przy równoczesnym korzystnym układzie geochemicznym (wytrącanie węglanu wapnia oraz tworzenie osadów kredy jeziornej wraz z chemiczną dezaktywacją fosforu). Aktywność fitoplanktonu w epilimnionie jezior wpływa na zwiększenie zasobów tlenu oraz wyso-

kiego stopnia nasycenia wody tlenem, co tworzy skuteczną barierę geochemiczną dla potencjalnych procesów redukcyjnych. Dzięki temu możliwa jest stabilizacja środowiska wodnego, nawet w przypadku nadmiernej akumulacji materii organicznej.

Tabela 7.3.2. Przestrzenne zróżnicowanie hydrochemiczne wód Kanału Augustowskiego w okresie letnim (średnie danych z lat: 1995, 2006, 2007, 2013, 2018, 2024)

Odcinki kanału		Dębowo – Białobrzegi	Augustów – Przewięź	Żyliny	Gorczyca – Mikaszewo	Tartak – Kudrynki
typ wód		kanałowy	jeziorny	kanałowy	jeziorny	skanalizowana rzeka
kilometraż		0 – 27	34 – 43	46 – 55	59 – 69	74 – 77
liczba stanowisk		2	4	1	3	2
EC	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	388,9	291,9	261,2	256,9	324,3
SWWT	[%]	83,6	104,3	79,4	100,6	87,7
Na ⁺	mg dm ⁻³	6,90	4,62	3,80	3,45	6,72
Cl ⁻	mg dm ⁻³	12,8	8,8	8,1	6,7	11,0
TN	mg dm ⁻³	2,39	1,64	0,59	0,82	1,01
N-NO ₃	mg dm ⁻³	0,15	0,09	0,04	0,03	0,09
TP	mg dm ⁻³	0,13	0,13	0,11	0,15	0,12
DOC	mg dm ⁻³	9,93	6,19	5,41	5,51	5,60
SUVA	[abs mgC/L]	49,4	16,9	19,5	15,9	29,2
chlorofil	$\mu\text{g dm}^{-3}$	10,76	7,78	4,94	6,44	2,85

Peryferyjny, zwiększony dopływ wód rzecznych do systemu Kanału Augustowskiego przynosi zróżnicowane skutki dla jakości wód, zależnie od charakteru hydrologicznego poszczególnych jego odcinków. Na odcinku wschodnim, gdzie ilość wody rzecznej docierającej do kanału jest dominująca, obserwuje się wzrost stężeń wielu parametrów fizykochemicznych wody (tab. 7.3.2; rys. 6.3.3). Dopływający ładunek biogenów dostarczany tymi wodami nie uruchamia jednak spirali eutrofizacji i nie powoduje znaczących zmian funkcjonalnych w strukturze ekosystemu kanałowo-rzeczny. Odmienny charakter hydrologiczny zachodniego odcinka kanału – od Biebrzy do Białobrzegów – mimo podobnych cech wód Rospudy i Czarnej Hańczy, wpływa negatywnie na jakość wód. Dopływ wód rzecznych do sztucznego kanału (poprzez Nettę i drobne dopływy) oraz sztuczne tamowanie odpływu wody śluzami w płytkim, polimiktycznym kanale sprzyja kumulacji biogenów i prowadzi do zwiększenia ich zasobności w związku azotu

i fosforu (tab. 7.3.2). Przy braku przepływu wody, latem powierzchnia wód kanału pokrywa się pleustonem, który zacienia ton wodną i ogranicza fotosyntezę glonów. Dodatkowo, torfowe otoczenie tego odcinka wzbogaca wodę w substancje humusowe oraz związki fosforu organicznego, co zwiększa ich żyzność. Jedynym skutecznym sposobem ograniczenia niekorzystnego stanu wód tej części kanału jest istotne zwiększenie przepływu wody. Aktualnie istnieją jednak poważne ograniczenia w dostępności zasobów wodnych w rejonie Augustowa – zwiększone wykorzystanie mogłoby ograniczyć użytkowanie drogi wodnej na odcinku do Przewięzi i do Jeziora Sajno. Szczególnie w okresach suszy niedobory wody w węźle wodnym Augustowa mogą stanowić istotną barierę dla działań związanych z uwodnieniem południowej części Kanału Augustowskiego, mających na celu poprawę jego warunków hydrologicznych.

Tabela 7.3.3. Wieloletnia zmienność parametrów wód Kanału Augustowskiego w okresie letnim; dane z lat 1959-1963 (5-6 stanowisk), według archiwum GIOŚ, lata 1996-2024 – badania własne

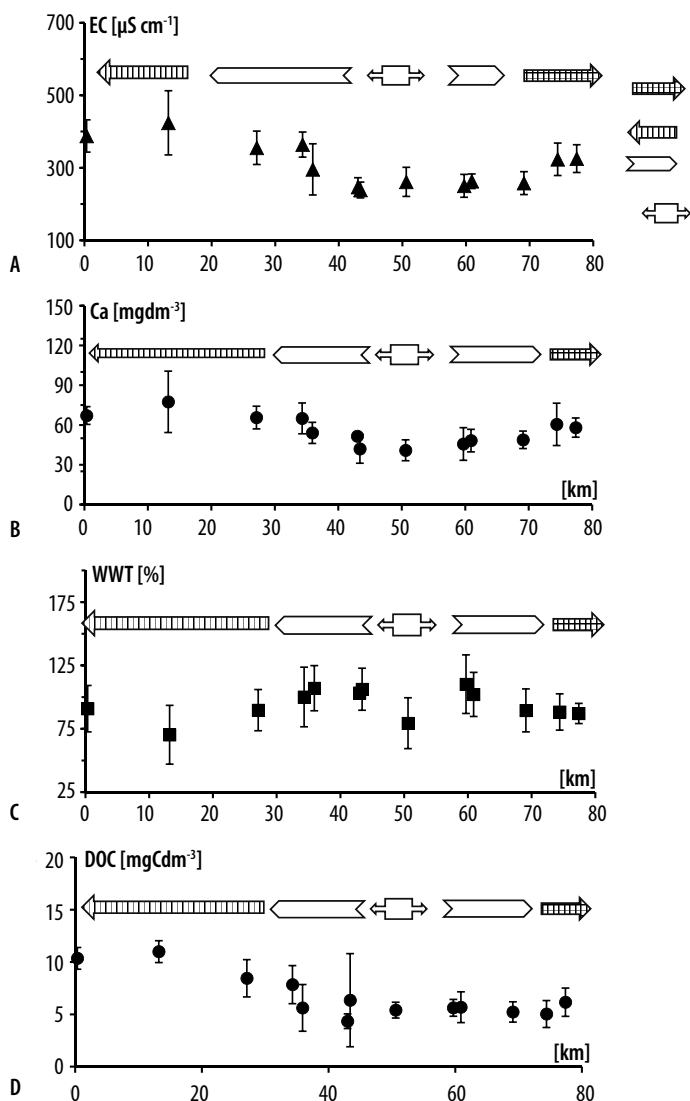
Parametr	Jednostka	Rok					
		1959	1963	1995	2007	2013	2024
temperatura	st. C	17	19	21,3	18,8	18,5	22,6
EC	$\mu\text{S cm}^{-1}$			237	327	303	316
pH		7,92	7,69	8,05	8,10	8,23	7,75
tlen rozp.	mg dm^{-3}	9,28	8,33	8,48	8,46	9,65	9,37
SWWT	%	93,1	88,8	94,8	99,4	104,7	110
HCO_3^-	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	174	174	181	229	252	227
SO_4^{2-}		7,6	13,5	12,2	16,8	22,3	19,3
Cl^-		6,0	10,7	9,7	8,6	8,0	8,9
Ca^{2+}			37,4	59,0	46,2	62,0	60,6
Mg^{2+}			10,1	7,7	11,4	12,1	11,5
NH_4^+		0	2,00	0,09	0,17	0,04	0,03
NO_3^-		0,02	0,03	0,07	0,16	0,05	0,18
DOC				4,7	8,0	2,6	7,5

Jedynym sposobem ograniczenia niekorzystnego stanu wód tej części kanału jest radykalne zwiększenie przepływu. Obecnie jednak istnieją realne ograniczenia w dostępności zasobów wodnych w rejonie Augustowa, gdyż ich większe wykorzystanie mogłoby ograniczyć użytkowanie drogi wodnej na odcinku do

Przewięzi i Jeziora Sajno. Szczególnie w okresach suchych lat, niedobory wody w węźle Augustowa mogą stanowić istotną przeszkodę w podejmowaniu działań na rzecz zwiększonego uwodnienia południowej części Kanału Augustowskiego.

Od początku XXI w. zmieniające się uwarunkowania hydrometeorologiczne kształtują nieco inne warunki hydrochemiczne w systemie omawianego Kanału Augustowskiego. Zebrane dane, zarówno archiwalne, jak i współczesne, dokumentują wzrost twardości ogólnej wody oraz przewodności właściwej (tab. 7.3.3). Jest to efekt coraz mniejszego udziału spływu powierzchniowego w zasilaniu kanału, przy jednoczesnym wzroście znaczenia dopływu wód podziemnych. W konsekwencji wody Kanału Augustowskiego upodabniają się pod względem hydrochemicznym bardziej do lokalnych systemów rzecznych niż do zbiorników limnicznych. Ze względu na zwiększone podobieństwo do wód rzecznych można spodziewać się większej zmienności składu chemicznego w kolejnych latach – szczególnie w przypadku występowania znacznych kontrastów w zasilaniu atmosferycznym. Znajdzie to przełożenie na większą dynamikę stężeń substancji biogennych (azotu i fosforu) oraz materii organicznej. Latem możliwy jest wzrost przesylenia wody tlenem w odcinku kanału poniżej Augustowa i Biało-brzegów. Ze względu na charakter hydrologiczny południowego odcinka kanału, na odcinku od Biebrzy do Augustowa, okresowo mogą tam występować przejawy silniejszej eutrofizacji wód, natomiast wschodnia, bardziej „jeziorna” część kanału jest mniej narażona na istotny wzrost trofii, pod warunkiem utrzymania się dotychczasowego charakteru przykanałowej zlewni.

Ze względu na niewielki stopień przekształcenia wód, Kanał Augustowski stwarza warunki sprzyjające zachowaniu wielu rzadkich gatunków roślin i zwierząt wodnych. Zjawisko to nie tylko podkreśla jego znaczenie przyrodnicze, lecz także zwiększa atrakcyjność turystyczną obiektu i podnosi potencjał rozwojowy regionu.



Rys. 7.3.3. Zróznicowanie hydrochemiczne Kanału Augustowskiego latem w latach 1995-2024. A – odcinki kanału znacząco zasilane przez Czarną Hańczę, B – odcinki kanału o słabym przepływie, C – odcinki jeziorne, D – sztuczny przekop o zmiennym kierunku przepływu; 1 – odcinki „skanalizowanej” rzeki, 2 – odcinki sztucznych przekopów, 3 – odcinki jeziorne, 4 – sztuczny przekop w strefie wododziałowej



Rozdział VI

Gospodarka wodna

8.1. Zasoby odnawialne wody

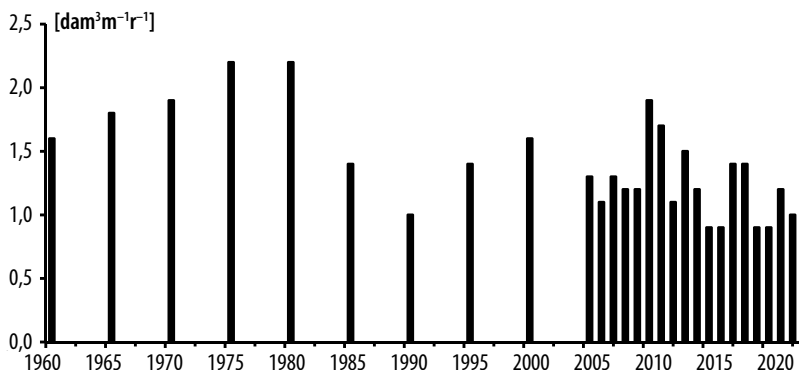
Przedstawione w poprzednich rozdziałach zasoby różnych typów wód województwa są stale użytkowane i współkształtowane przez ekosystemy lądowe. Wraz z postępującą aktywnością człowieka, ich zasoby i formy ulegają modyfikacjom i przekształceniom. Woda na lądzie stała się niezbędnym elementem gospodarki człowieka – jako surowiec, źródło energii, element procesów produkcyjnych oraz środków transportu. Równocześnie jest żywiołem, który może niszczyć dorobek ludzkiej cywilizacji. Dlatego racjonalne gospodarowanie wodą staje się współcześnie jednym z głównych globalnych priorytetów. Już 6 maja 1968 r. Rada Europy przyjęła Europejską Kartę Wody, wskazując na konieczność oszczędnego i odpowiedzialnego korzystania z jej zasobów, które są ograniczone i wymagają ochrony.

Aktualne podejście do gospodarowania wodą jest istotnym elementem szeroko pojmowanej polityki ekologicznej państw, szczególnie krajów Unii Europejskiej (*Polityka...* 2019). W polskich warunkach planuje się w najbliższych latach prowadzenie zrównoważonej gospodarki wodnej, której główne cele to zapewnienie społeczeństwu i gospodarce niezbędnej ilości wody oraz osiągnięcie dobrego stanu wód. Skuteczne zarządzanie zasobami wodnymi wymaga jednak precyzyjnego określenia ich wielkości i jakości.

Polska należy do krajów o stosunkowo niewielkich odnawialnych zasobach wodnych, które dodatkowo charakteryzują się znaczną zmiennością w ujęciu wieloletnim (Gutry-Korycka, Jokiel 2017). W przeliczeniu na jednego mieszkańca zasoby te po 1980 r. obniżyły się poniżej 1800 m³ na osobę rocznie (rys. 8.1.1), czyli poniżej wartości uznawanej przez agendy ONZ jako zagrażającej funkcjonowaniu państwa.

W takiej sytuacji istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia tzw. stresu wodnego, który zagraża bezpieczeństwu obywateli, środowisku naturalnemu oraz gospodarce. W większości zlewni województwa podlaskiego – ze względu na niewielką gęstość zaludnienia i korzystne warunki przyrodnicze – aktualne zasoby wodne są o wiele wyższe niż średnia krajowa (tab. 8.1.1). Odmierna sytuacja występuje jednak w zlewni Supraśli, obejmującej największą aglomerację miejską – Białystok, gdzie wyliczone zasoby odnawialne są niewielkie i dwukrotnie niższe od ustalonej granicy stresu wodnego. Co więcej, prognozowany wzrost zaludnienia w zlewni będzie dodatkowo pogłębiał istniejący deficyt. Obecnie niedobory wód

powierzchniowych są w dużym stopniu uzupełniane dzięki eksploatacji zasobnego zbiornika wód podziemnych dolnej Supraśli. Niemniej sytuacja ta wymaga wdrożenia długofalowych, strategicznych działań ukierunkowanych na zwiększenie lokalnych zasobów wód odnawialnych.



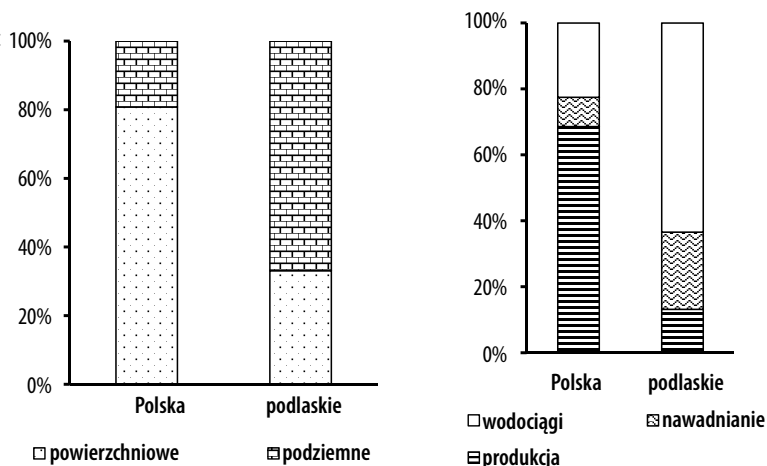
Rys. 8.1.1. Zasoby odnawialne w Polsce w latach 1961-2022 w przeliczeniu na mieszkańca (według danych GUS, 2023)

Tabela 8.1.1. Gęstość zaludnienia i zasoby odnawialne w wybranych zlewniach województwa podlaskiego (obliczenia własne)

Dorzecza	Zaludnienie [os/km²]		Zasoby odnawialne 2020
	1995	2020	[tys. m³mk⁻¹rok⁻¹]
Szeszupa	41	36	7,37
Marycha i Zoopsia	37	42	3,72
Cz Hańcza	76	79	2,65
Biebrza	29	26	6,27
Netta	44	42	4,34
Supraśl	199	214	0,72
Sidra	37	23	6,53
Brzozówka	36	29	4,92
Nurzec	28	23	4,96
Górna Narew (p. Babino)	44	29	4,57

8.2. Wodociągi i kanalizacja

Rzeczywistość gospodarczą i zmiany społeczne w Polsce po II wojnie światowej spowodowały stopniowy wzrost zapotrzebowania na wodę i zwiększenie jej poboru. Wodę na potrzeby gospodarki narodowej oraz dla gospodarki komunalnej pozyskuje się z różnych źródeł, jednak w skali kraju dominują wody powierzchniowe (ponad 80% całkowitego poboru) (rys. 8.2.1). Województwo podlaskie, ze względu na dobrą jakość wód podziemnych, od okresu powojennego zaopatruje się w największym stopniu właśnie z tych zasobów. W 2023 r. w regionie funkcjonowało nieco ponad 700 takich ujęć, z czego ok. 20% znajdowało się w powiecie białostockim, najmniej zaś w powiecie sejneńskim i w granicach miasta Łomży (tab. 8.2.1). Z kolei z ujęć wód powierzchniowych województwo pokrywa jedynie 30% swoich potrzeb. Prezentowane w niniejszym opracowaniu dane dotyczące gospodarki wodnej, pochodzące z Urzędu Statystycznego, należy uznać za wartości przybliżone, ponieważ obejmują jedynie objętości wody z ujęć zbiorczych. Do tej pory brakuje statystyk dotyczących indywidualnych i prywatnych ujęć wody, szczególnie licznych na obszarach wiejskich.



Rys. 8.2.1. Struktura poboru wody w Polsce i w województwie podlaskim w 2022 r. ze względu na źródła poboru (A) oraz kierunki wykorzystania (B); według danych GUS 2023

W ostatnich latach wielkość poboru wody dla gospodarki narodowej i ludności w województwie podlaskim utrzymuje się na poziomie ok. 100 mln m³ (tab. 8.2.1). Dla porównania, w pierwszym okresie dostępności danych – latach 1975-1990 – całkowity pobór był niemal dwukrotnie wyższy.

Po roku 1990 nastąpił gwałtowny spadek poboru i zużycia wody, co było wynikiem transformacji ustrojowej, kryzysu gospodarczego, a także wprowadzenia obowiązku stosowania wodomierzy w 1993 r. Najwyższy poziom poboru wody w województwie odnotowano w roku 1989. Ze względu na znaczne straty wody podczas eksploatacji systemów wodociągowych oraz zmiany metodologiczne w gromadzeniu danych, od 1995 r. w statystykach uwzględnia się wyłącznie rzeczywiste zużycie wody (tab. 8.2.1).

Tabela 8.2.1. Liczba ujęć wód podziemnych oraz wielkość całkowitego poboru wody dla potrzeb gospodarki i ludności w województwie podlaskim w 2023 r.; według danych GUS i PIG-PIB (e-portal SH)

Powiaty i miasta	Liczba ujęć	Pobór wody [mln m ³]
augustowski	36	3,76
białostocki	146	28,88
bielski	29	3,91
grajewski	32	4,74
hajnowski	39	2,37
kolneński	25	2,34
łomżyński	38	5,08
moniecki	41	15,57
sejneński	17	1,22
siemiatycki	31	4,93
sokółski	67	3,91
suwalski	46	2,72
wysokomazowiecki	45	7,03
zambrowski	23	6,11
m. Białystok	47	1,37
m. Łomża	16	4,08
m. Suwałki	31	4,44
województwo	709	102,5

Pobór wód podziemnych w województwie podlaskim odbywa się z nieco ponad 700 ujęć i aktualnie wynosi rocznie 102 mln m³ rocznie (tab. 8.2.1). Rozmieszczenie ujęć jest nierównomiernie – ponad 1/3 z nich (37%) zlokalizowana jest na

terenie powiatu białostockiego, powiatu sokólskiego oraz miasta Białystok, gdzie pobiera się porównywalny odsetek całkowitej ilości wód podziemnych w regionie.

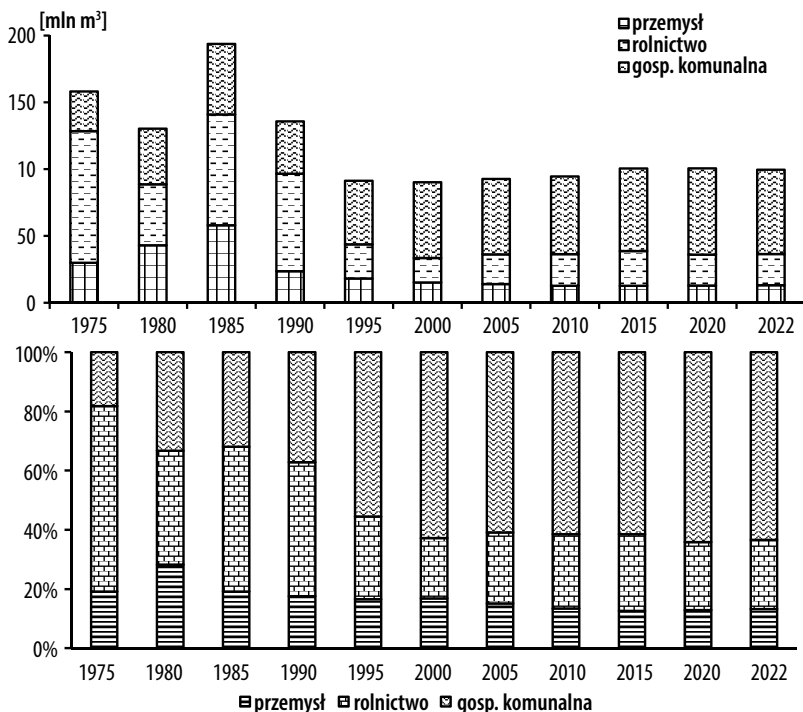
W strukturze przestrzennej poboru wody podziemnej przodują cztery powiaty: białostocki, moniecki, wysokomazowiecki i zambrowski. W pierwszych trzech roczny pobór wody przekracza łącznie 50% wartości odnotowanej dla całego województwa. Taka koncentracja wynika przede wszystkim z działalności intensywnie rozwijających się zakładów mleczarskich oraz dużych gospodarstw hodowlanych, które zabezpieczają surowiec wodny do celów produkcyjnych i technologicznych.

Potwierdza to kilkakrotnie większe zużycie wody dostarczanej siecią wodociągową w przeliczeniu na jednego mieszkańca w tych trzech powiatach (tab. 8.2.2).

Tabela 8.2.2. Średnie roczne zużycie wody [m³] dostarczonej siecią wodociągową w przeliczeniu na mieszkańca w województwie podlaskim i jego powiatach w latach 2003-2022; dane według Banku Danych Lokalnych GUS

Powiaty	2003	2010	2015	2020	2022
augustowski	41,9	42,5	47,9	49,8	50,0
białostocki	77,7	90,0	88,1	71,1	69,2
bielski	64,0	63,6	75,3	59,0	61,1
grajewski	62,9	80,9	86,0	75,9	81,5
hajnowski	49,2	46,1	45,5	45,9	47,0
kolneński	32,4	35,9	50,6	48,6	48,0
łomżyński	30,4	59,6	68,1	83,9	85,9
moniecki	218,5	243,2	357,8	383,3	390,6
sejneński	43,0	45,4	49,9	53,1	49,7
siemiatycki	59,8	52,2	52,6	101,3	99,1
sokólski	58,4	39,9	45,3	49,8	50,9
suwalski	30,7	40,1	48,0	53,7	54,6
wysokomazowiecki	62,6	80,8	95,0	135,5	133,9
zambrowski	77,3	83,7	114,7	123,6	125,5
m. Białystok	58,6	50,9	50,1	48,6	49,6
m. Łomża	82,8	64,1	54,5	61,1	63,0
m. Suwałki	51,8	50,7	53,1	58,0	55,3
województwo	64,5	65,9	73,5	76,1	76,6

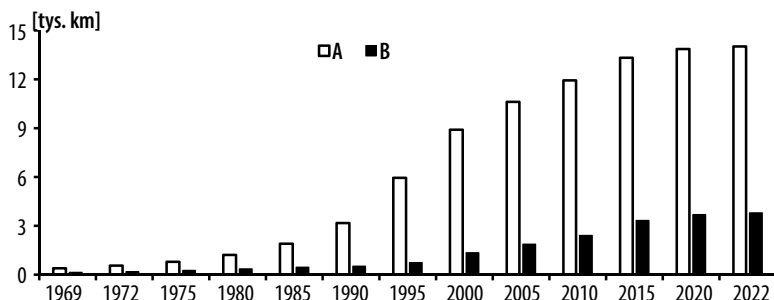
Mimo dynamicznego rozwoju wysokowydajnej produkcji mleczarskiej w województwie podlaskim, obecne zużycie wody jest niemal dwukrotnie mniejsze niż w drugiej połowie lat 80. poprzedniego stulecia. Wysokie zużycie wody w tym okresie wynikało ze specyfiki ówczesnej gospodarki wodnej – mało efektywnej, opartej na odmiennych niż obecnie uwarunkowaniach gospodarczych, organizacyjnych i finansowych. Dodatkowo znaczący udział w ogólnym zużyciu wody stanowiły straty wynikające z przestarzałej i nieszczelnej infrastruktury sieci wodociągowej.



Rys. 8.2.2. Górny panel (A) – wartości bezwzględne poboru wody [mln m³]; dolny panel (B) – udział poszczególnych sektorów [%]. Opracowanie na podstawie danych GUS, przeliczenia własne autora

Postępujące zmiany polityczne i gospodarcze w Polsce po 1980 r. przyczyniły się nie tylko do zmniejszenia ogólnego zużycia wody w gospodarce, lecz także do istotnych zmian w strukturze jej wykorzystania. Przykład województwa podlaskiego doskonale ilustruje te procesy (rys. 8.2.2). Do 1990 r., w ramach po-

lityki gospodarczej typowej dla ustroju centralnie planowanego, największy udział w poborze wody miały rolnictwo oraz przemysł wodochłonny. Po transformacji ustrojowej, od ponad dwóch dekad dominującym obszarem zużycia wody (ponad 60%) stała się eksploatacja wodociągów, głównie na potrzeby odbiorców indywidualnych. Na szczególną uwagę zasługuje wyraźna redukcja zużycia wody w rolnictwie podlaskim, zwłaszcza w zakresie nawodnień użytków rolnych. Zmiana zasad i form gospodarowania wodą po 1990 r. przyczyniła się do urealnienia danych statystycznych, co wpłynęło na ich większą wiarygodność. Niewątpliwie rzeczywista skala zużycia wody w rolnictwie uległa znacznemu ograniczeniu. Warto podkreślić, że mimo wzrastającej produkcji biomasy i intensyfikacji rolnictwa w XXI w., zużycie wody do nawadniania nie wzrosło. Może to świadczyć o zmianie głównego źródła zaopatrzenia w wodę – z wód powierzchniowych na wody podziemne.



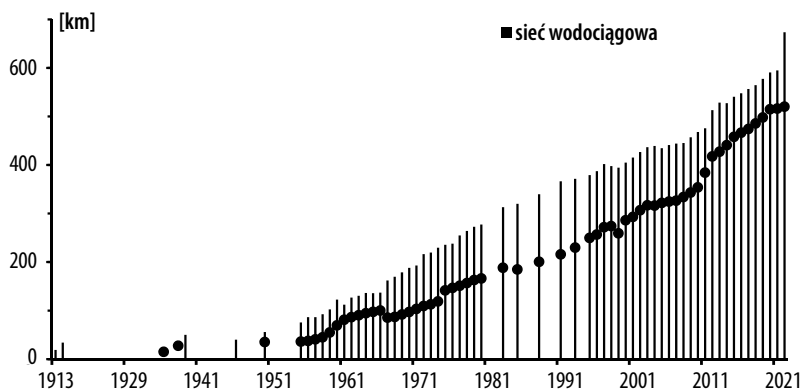
Rys. 8.2.3. Długość rozdzielczej sieci wodociągowej (A) i kanalizacyjnej (B) w granicach obecnego województwa podlaskiego w latach 1969-2022; według danych GUS i przeliczeń własnych autora

Wzrastające zapotrzebowanie na wodę oraz niedoinwestowanie sieci wodociągowej w województwie przyczyniły się, począwszy od lat 80. XX w., do intensywnej jej rozbudowy oraz szybkiego przyrostu długości. Początkowo (1980-1990) rozległość sieci podwoiła się w ciągu dekady, natomiast w kolejnej dekadzie przyrost był trzykrotny (rys. 8.2.3; 8.2.4). Po 2015 r. tempo rozbudowy wyraźnie spadło, co było efektem zaspokojenia podstawowych potrzeb mieszkańców, a także uwzględnienia ekonomicznych aspektów i kosztów eksploatacji nowych inwestycji. Należy podkreślić, że ważną rolę w rozwoju infrastruktury wodociągowej odegrał Narodowy i Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

W pierwszej kolejności sieć wodociągowa była rozbudowywana w największych skupiskach ludności oraz tam, gdzie istniało zapotrzebowanie na wodę dla przemysłu. Warto zaznaczyć, że systemy wodociągowe w Białymstoku i Łomży mają długą tradycję, sięgającą okresu międzywojennego, a nawet wcześniejszych lat (Wróbel 2015). Obecnie sieci wodociągowe w tych miastach, o łącznej długości przekraczającej tysiąc kilometrów, stanowią ponad 10% całkowitej długości sieci w województwie (tab. 8.2.3), jednocześnie dostarczając wodę dla ok. 35% jego mieszkańców.

Tabela 8.2.3. Wybrane dane dotyczące przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w trzech największych miastach województwa podlaskiego; opracowanie na podstawie Wróbel (2015) oraz danych GUS.

Rok budowy wodociągu	Białystok	Suwałki	Łomża
	1892	1962	1934
sieć wodociągowa rozdzielcza [km]			
1939	50,0	0	10,4
1990	366,3	61,2	98,3
2022	673,4	175,4	155,0



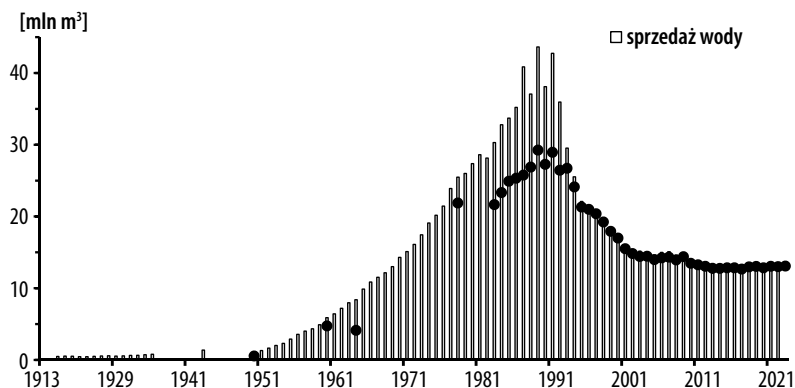
Rys. 8.2.4. Rozwój sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w Białymstoku w latach 1914-2022; opracowanie na podstawie Wróbel (2015) oraz danych GUS

W historii Białostockich Wodociągów sieć wodociągowa wykazuje stałą tendencję wzrostową. Szczególnie duże roczne przyrosty jej długości odnotowano

w latach 1967 oraz 2012 (rys. 8.2.5). Do 1989 r. ilość dostarczonej wody dla odbiorców systematycznie wzrastała, po czym w latach 90. nastąpił wyraźny spadek zużycia, osiągając w kolejnych latach poziom 13-15 mln m³ rocznie, który utrzymuje się do chwili obecnej.

Na początku drugiej dekady XXI w. z sieci wodociągowej w województwie podlaskim korzystało ponad 1 milion użytkowników, co stanowiło 91% mieszkańców regionu. Jest to imponujący wynik, odzwierciedlający prawie 2,5-krotny wzrost użytkowników zbiorczych systemów zaopatrzenia w wodę w porównaniu z okresem sprzed kilku dekad. Tak wysoki poziom skanalizowania przyczynia się do zapewnienia powszechnego dostępu do czystej i bezpiecznej wody, co ma kluczowe znaczenie zarówno dla zdrowia publicznego, jak i jakości życia mieszkańców.

Ze względu na uwarunkowania środowiskowe, charakter sieci osadniczej w granicach województwa oraz znaczne regionalne różnice w dostępności do wody, sytuacja ta stanowiła jeszcze do niedawna istotny problem. Na początku XXI w. w powiatach kolneńskim, grajewskim i sejneńskim mniej niż 70% ludności korzystało z wody dostarczanej siecią wodociągową. Obecnie jedynie w powiecie sejneńskim z wodociągów korzysta mniej niż 80% mieszkańców, natomiast w zdecydowanej większości powiatów odsetek ten wynosi 85-90% (tab. 8.2.5). Stan zaopatrzenia ludności województwa w wodę z ujęć zbiorczych nie odbiega już od poziomu obserwowanego w innych regionach Polski, co świadczy o skutecznym zniwelowaniu nierówności w dostępie do usług komunalnych na obszarach tzw. ściany wschodniej.



Rys. 8.2.5. Dynamika dostarczania wody do odbiorców oraz produkcji ścieków w Białymstoku w latach 1914-2022; opracowanie na podstawie Wróbel (2015) oraz danych GUS

Tabela 8.2.4. Wieloletnie zróżnicowanie liczby ludności województwa podlaskiego korzystającej z sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w latach 1975-2022 (według danych GUS)

Rok	Korzystający z sieci [tys.]		% ludności	
	wodociągowej	kanalizacyjnej	z wodociągów	z sieci kanalizacyjnej
1975	400,6	375,1	37,5	35,1
1980	522,2	317,6	47,2	28,7
1985	600,8	432,2	51,8	37,2
1990	670,6	510,2	56,0	42,6
1995	686,7	548,0	56,2	44,8
2000	780,0	671,1	64,4	55,4
2005	1034,2	692,9	86,2	57,8
2010	1042,8	718,0	87,6	59,7
2015	1075,0	756,4	90,4	63,6
2020	1052,8	800,6	91,0	69,2
2022	1043,5	795,8	91,3	69,6

Do 1990 r., w innych uwarunkowaniach gospodarczych, krajowa gospodarka ściekowa nie należała do szczególnie nowoczesnych. Od połowy lat 70. ubiegłego wieku szybko rozwijający się przemysł i infrastruktura komunalna pomijały kwestie gospodarki ściekowej, a sytuacja hydrologiczna znacząco minimalizowała negatywne skutki środowiskowe. Równocześnie społeczeństwo nie było informowane o istniejących zagrożeniach – wszelkie dane na ten temat objęte były co najmniej klauzulą tajemnicy służbowej, a dostępne informacje miały charakter fragmentaryczny i niejednorodny. Dopiero w latach 80. XX w. ujawniono pierwsze dane, choć skutki niewłaściwej gospodarki ściekowej były odczuwalne już wcześniej – miasta i osiedla zaczęły odwracać się od zanieczyszczonych wód powierzchniowych, przenosząc swoją aktywność w inne rejony.

Największe problemy zagospodarowania ścieków dotyczyły wielkich zakładów przemysłowych oraz miast. Początkowo strategia gospodarki ściekowej opierała się na bezpośrednim odprowadzaniu nieoczyszczonych ścieków do wód powierzchniowych za pomocą sieci kanalizacyjnej lub rurociągów. Oczyszczalnie mechaniczne oraz mechaniczno-biologiczne budowano głównie przy dużych kombinatach przemysłowych oraz w największych ośrodkach miejskich. Sys-

temy drenażu wód opadowych z terenów zurbanizowanych lub przemysłowych kierowano bezpośrednio do wód powierzchniowych. W niektórych zakładach powstawały chemiczne oczyszczalnie, dostosowane do specyfiki produkcji.

Tabela 8.2.5. Przestrzenne zróżnicowanie liczby osób korzystających z sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w województwie podlaskim w latach 2002-2023 (według danych GUS)

Powiat	Udział ludności korzystającej z sieci [%]					
	wodociągowej			kanalizacyjnej		
	2002	2010	2023	2002	2010	2023
augustowski	79,5	82,7	86,4	50,6	53,0	60,1
białostocki	80,5	85,8	89,8	42,8	52,9	64,0
bielski	86,9	89,5	91,4	37,3	45,9	54,1
grajewski	70,6	75,5	89,0	43,5	47,5	54,0
hajnowski	89,0	91,2	92,5	48,2	56,9	64,1
kolneński	56,1	66,0	82,0	23,9	25,7	33,5
łomżyński	66,6	74,0	84,3	7,2	17,8	22,3
moniecki	75,5	78,5	81,9	34,3	39,5	47,2
sejneński	70,4	74,2	78,1	24,1	25,9	27,1
siemiatycki	80,9	83,5	87,7	22,9	27,5	37,5
sokółski	72,3	77,1	80,7	36,6	40,2	43,0
suwalski	74,3	78,1	85,7	17,0	23,1	37,8
wysokomazowiecki	89,7	91,4	94,1	24,5	28,9	33,2
zambrowski	92,3	93,0	95,6	50,2	51,7	58,7
m. Białystok	96,8	97,1	97,6	93,8	95,4	96,6
m. Łomża	96,7	97,0	97,5	92,1	93,3	94,5
m. Suwałki	95,2	96,2	96,6	87,9	93,6	95,1
woj. podlaskie	84,8	87,6	91,4	55,3	60,0	66,4

Infrastruktura komunalna, obejmująca sieć kanalizacyjną, nie zawsze rozwijała się równolegle z siecią wodociągową, głównie ze względu na wysokie koszty budowy i eksploatacji oraz – do niedawna – niską świadomość ekologiczną społeczeństwa.

Obecnie (stan na 2022 r.) długość sieci kanalizacyjnej w województwie podlaskim wynosi 3895 km, podczas gdy w 1960 r. liczyła zaledwie 52 km (rys. 8.2.3).

Jej dynamiczny rozwój nastąpił dopiero po 1990 r. W XXI w. średnioroczny przyrost sieci wynosił blisko 130 km (tab. 8.2.6). Równolegle modernizowano część istniejących kolektorów zbiorczych, dostosowując je do większej przepustowości i aktualnych potrzeb użytkowników.

Tabela 8.2.6. Przyrost długości sieci kanalizacyjnej [km] na obszarze obecnego województwa podlaskiego w latach 1960-2020; według danych GUS oraz obliczeń własnych

Dekady	Przyrost sieci kanalizacyjnej [km]
1961-1970	98
1970-1980	208
1981-1990	168
1991-2000	582
2001-2010	1300
2011-2020	1285

Istniejąca sieć kanalizacyjna województwa podlaskiego ma zbliżoną długość zarówno w miastach, jak i na terenach wiejskich (tab. 8.2.7). W siedmiu z czterestu powiatów (nie licząc miast na prawach powiatu) długość sieci na terenach wiejskich przewyższa długość sieci w miastach. Podobnie jak w przypadku sieci wodociągowej, powiaty sejneński, kolneński i łomżyński (ziemski) cechują się bardzo słabym rozwojem systemu kanalizacyjnego – zarówno w odniesieniu do powierzchni, jak i liczby ludności. W wymienionych powiatach średnia długość sieci kanalizacyjnej przypadająca na jednostkę powierzchni wynosi jedynie 0,07 km/km², czyli ponad dwukrotnie mniej niż średnia wartość dla pozostałych powiatów ziemskich (0,17 km/km²). Z kolei liczba osób przypadająca na jeden kilometr sieci kanalizacyjnej jest tam bardzo wysoka – zbliżona do wartości notowanych w miastach na prawach powiatu. Wskazuje to na poważne niedoinwestowanie tych jednostek administracyjnych. Powiaty te wymagają pilnych i aktywnych działań na rzecz poprawy gospodarki ściekowej, przynajmniej do poziomu osiągniętego w powiatach sąsiednich.

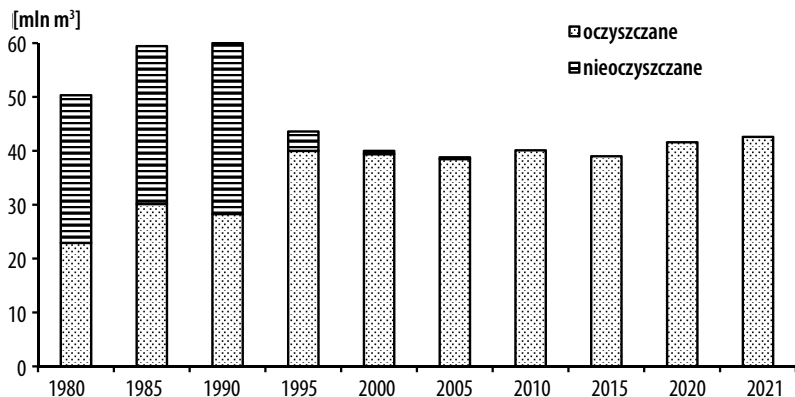
Tabela 8.2.7. Długość sieci kanalizacyjnej [km] według powiatów województwa podlaskiego w 2022 r., z podziałem na miasta i tereny wiejskie, według danych GUS i obliczeń własnych; w powiecie suwalskim (ziemskim) brak miast

Powiaty	Razem	Miasta	Wieś
augustowski	262,0	101,4	160,6
białostocki	929,6	261,9	667,7
bielski	227,6	130,3	97,3
grajewski	121,7	76,5	45,2
hajnowski	306,2	96,7	209,5
kolneński	71,7	53,0	18,7
łomżyński	92,7	14,8	77,9
moniecki	186,3	77,7	108,6
sejneński	29,0	12,8	16,2
siemiatycki	150,6	85,0	65,6
sokółski	195,0	130,1	64,9
suwalski	259,7	-	259,7
wysokomazowiecki	143,5	96,6	46,9
zambrowski	106,1	63,6	42,5
m. Białystok	520,1	520,1	-
m. Łomża	125,2	125,2	-
m. Suwałki	131,8	131,8	-
województwo	3858,8	1977,5	1881,3

8.3. Gospodarka ściekami

Powszechna poprawa w gospodarowaniu ściekami, zarówno w skali kraju, jak i w województwie podlaskim, nastąpiła w wyniku modyfikacji przepisów prawa, zmiany polityki państwa w zakresie ochrony środowiska oraz silnej presji społecznej, której uległy również władze samorządowe. Do 1995 r. poziom produkowanych ścieków w województwie podlaskim był wysoki (rys. 8.3.1). W skali ogólnopolskiej problem ten miał jeszcze większy zasięg, co wynikało z większej liczby ludności i wyższego stopnia uprzemysłowienia w innych regionach. Na tle kraju województwo podlaskie, z uwagi na swój rolniczy charakter i niską gęstość zaludnienia, miało nieco mniejszą skalę tego zjawiska. W okresie gospodarki socjalistycznej jedynie 30-40% ścieków produkowanych w regionie było poddawanych oczyszczaniu – i to z niewielką skutecznością redukcji związków

biogennych. Pozostałe, nieoczyszczone ścieki trafiały bezpośrednio do rzek, powodując m.in. ich zanieczyszczenie barwnikami przemysłowymi. Wielu mieszkańców Białegostoku do dziś pamięta, jak z dnia na dzień zmieniała się barwa wody w rzece Białej – na żółtą, niebieską czy zieloną – w zależności od aktualnej produkcji w zakładach przemysłowych, takich jak fabryka „Sierżana” czy zakłady w Fastach.



Rys. 8.3.1. Wielkość całkowitej produkcji ścieków w granicach obecnego województwa podlaskiego oraz sposób ich zagospodarowania w latach 1980-2021; opracowanie na podstawie danych GUS i własnych obliczeń

Po zmianach ustrojowych, upadku części zakładów przemysłowych i znaczących inwestycjach w sektorze gospodarki wodnej, ogólna produkcja ścieków przemysłowych uległa zmniejszeniu, podczas gdy produkcja ścieków komunalnych stopniowo rosła. W rezultacie, od ponad dwóch dekad roczna produkcja ścieków w województwie utrzymuje się na stabilnym poziomie 40-42 mln m³.

Zmiany w gospodarce ściekowej są ściśle powiązane z dynamicznym rozwojem technologii oczyszczania oraz budową nowych obiektów, szczególnie w największych miastach regionu, które obecnie odpowiadają za ponad 40% całkowitej produkcji ścieków (tab. 8.3.3). Przełomem w rozwoju technologii było szybkie wdrożenie tzw. trzeciego stopnia oczyszczania, obejmującego usuwanie fosforu ze ścieków. Od 2005 r. niemal 80% wszystkich ścieków jest poddawanych oczyszczaniu z zastosowaniem technologii podwyższonego usuwania biogenów (rys. 8.3.2). Równoległe zachodziły zmiany organizacyjne i technologiczne w za-

kresie oczyszczaniu ścieków przemysłowych, co doprowadziło do niemal całkowitej eliminacji tzw. oczyszczalni chemicznych (tab. 8.3.4).

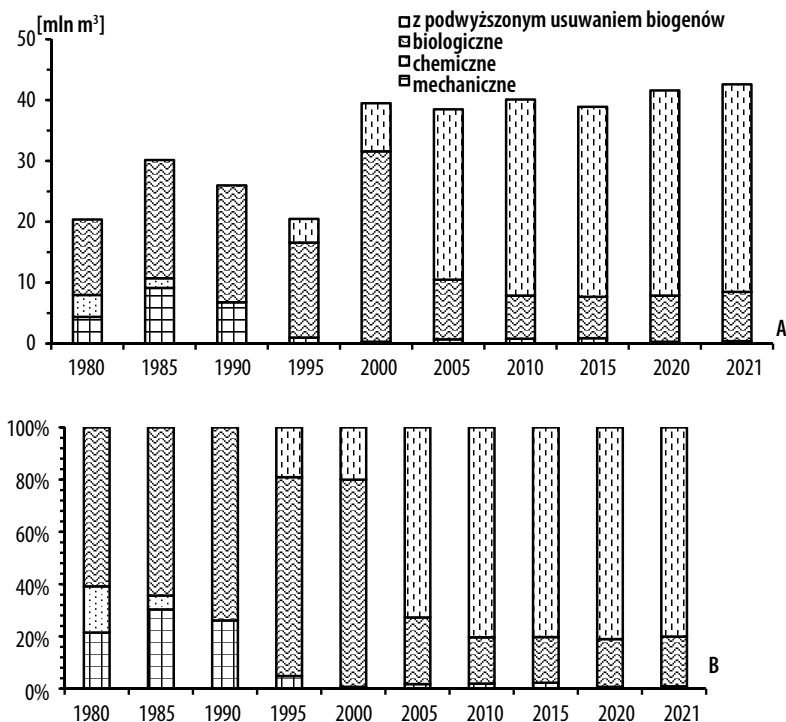
Tabela 8.3.3. Sieć kanalizacyjna i oczyszczanie ścieków w największych miastach województwa podlaskiego (według danych GUS)

Rok	Białystok	Suwałki	Łomża
Sieć kanalizacyjna [km]			
1939	27,4	0	4,4
1995	249,6	74,9	49,2
2022	520,1	125,2	131,8
Objętość oczyszczanych ścieków [mln m ³]			
1998	21,0	3,86	3,93
2022	13,2	3,22	3,6

Trzecim aspektem zmian w gospodarce ściekowej było zastąpienie lokalnych oczyszczalni mechanicznych oczyszczalniami biologicznymi. W warunkach wiejskiej, kolonijnej i rozproszonej zabudowy województwa podlaskiego, szeroko propagowano i rozwijano budowę przydomowych oczyszczalni ścieków. Od połowy lat 90. XX w. do 2022 r. powstało ponad 19 tys. tego typu instalacji, zarówno typu makrofitowego, jak i z rozsączaniem (tab. 8.3.4). W gospodarce ściekami zauważa się tendencję do koncentracji sieci kanalizacyjnej wokół powstających oczyszczalni obsługujących kilka gmin, co zapewnia większą efektywność technologiczną oczyszczania oraz niższe koszty eksploatacyjne.

Tabela 8.3.4. Zmiany liczby i typów oczyszczalni ścieków w województwie podlaskim w latach 1995-2022 (według danych GUS)

Oczyszczalnie	Rok						
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
razem	80	109	134	140	148	149	149
mechaniczne	6	4	5	6	3	2	2
chemiczne	2	0	0	0	0	0	0
biologiczne	71	88	96	98	111	113	114
z podwyższonym usuwaniem biogenów	2	17	33	36	34	34	33



Rys. 8.3.2. Wieloletnie zmiany typu oczyszczania ścieków w granicach obecnego województwa podlaskiego w latach 1980-2021; według danych GUS i własnych obliczeń. A – wartości bezwzględne, B – udział procentowy

Tabela 8.3.5. Gospodarka ściekowa w jednostkach terytorialnych województwa podlaskiego w 2022 r. według danych GUS

Powiaty i miasta	Produkcyjność ścieków [mln m³]	Ścieki wymagające oczyszczania [mln m³]	Liczba oczyszczalni			Ludność korzystająca z oczyszczalni komunalnych [tys. osób]	
			razem	z podw. usuw. biogenów	przysiółkowe	razem [osoba]	z podw. usuw. biogenów
augustowski	2,7	1,25	6	4	2322	34,5	33,3
białostocki	10,4	4,11	19	2	2296	103,3	60,5
bielski	2,9	1,03	10	1	1215	32,6	24,6

Powiaty i miasta	Pro- dukcja ścieków [mln m³]	Ścieki wyma- gające oczysz- czania [mln m³]	Liczba oczyszczalni			Ludność korzystająca z oczyszczalni komunal- nych [tys. osób]	
			razem	z podw. usuw. biogenów	przydo- mowe	razem [osoba]	z podw. usuw. biogenów
grajewski	3,8	2,04	11	3	1129	25,2	21,0
hajnowski	1,8	1,73	16	2	673	31,9	22,7
kolneński	1,7	0,76	6	1	399	13,1	9,7
tomżyński	4,3	1,45	7	2	1688	11,1	6,4
moniecki	14,8	1,04	11	2	820	19,8	0,7
sejneński	1,0	0,30	3	1	828	5,6	4,4
siemiatycki	3,9	1,24	9	3	371	18,2	15,3
sokółski	3,1	1,53	13	1	1560	32,7	5,2
suwalski	1,9	0,44	10	4	2819	11,0	5,7
wysoko- mazowiecki	7,7	4,12	13	3	1766	19,8	11,4
zambrowski	5,2	1,42	7	1	1383	25,0	0
m. Białystok	14,4	13,15	2	1	30	293,4	293,4
m. Łomża	3,9	3,22	3	1	35	57,5	57,5
m. Suwałki	3,8	3,60	1	1	68	67,1	67,1
województwo	87,3	42,43	147	33	19402	801,8	638,8

W województwie podlaskim, przy znacznym przestrzennym zróżnicowaniu zużycia wody, obserwuje się również duże różnice w wielkości produkcji ścieków. Oprócz największych skupisk miejskich znaczne ich ilości powstają również w powiatach monieckim i białostockim (tab. 8.3.5). Najwięcej oczyszczalni ścieków znajduje się w powiatach białostockim i hajnowskim, co przekłada się na istotny wzrost udziału ludności wiejskiej korzystającej z komunalnych oczyszczalni ścieków – udział ten przekracza obecnie 25%. W powiatach, gdzie liczba komunalnych oczyszczalni ścieków jest mniejsza, odsetek ludności z nich korzystającej spada poniżej 15%. Zjawisko to ma ścisły związek ze zwiększoną liczbą oczyszczalni przydomowych (tab. 8.3.6). Obecnie dostępne dane statystyczne nie pozwalają jednak na precyzyjne oszacowanie liczby osób korzystających z tego typu rozwiązań ani objętości ścieków w nich oczyszczanych. Wprowadzone w ostatnim

czasie modyfikacje w systemie rejestracji produkcji ścieków powinny w przyszłości przyczynić się do poprawy jakości i szczegółowości tych danych.

Tabela 8.3.6. Udział procentowy ludności korzystającej z oczyszczalni ścieków komunalnych z podziałem na miasta i tereny wiejskie w 2022 r.; według danych GUS

Powiaty i miasta	% ludności korzystających z oczyszczalni komunalnych	
	miasta	wieś
augustowski	93,2	23,3
białostocki	93,7	50,7
bielski	99,1	21,1
grajewski	88,9	16,8
hajnowski	98,3	62,3
kolneński	95,3	5,8
łomżyński	77,5	18,3
moniecki	97,9	26,4
sejneński	90,0	8,2
siemiatycki	97,0	11,5
sokółski	89,0	17,3
suwalski	-	32,2
wysokomazowiecki	97,5	7,0
zambrowski	99,0	20,2
m. Białystok	98,7	
m. Łomża	97,2	
m. Suwałki	98,9	
województwo	96,9	27,1

Dostępne dane wskazują jednak na ogólnie niższy stopień zaawansowania procesu oczyszczania ścieków komunalnych na terenach wiejskich w porównaniu z miastami, nawet przy uwzględnieniu mniejszego stopnia ich rozcieńczenia (tab. 8.3.5). Jeszcze większy kontrast między terenami wiejskimi a zurbanizowanymi dotyczy ilości ścieków poddawanych oczyszczaniu z zastosowaniem podwyższonego usuwania biogenów (tab. 8.3.6; 8.3.7). W dużych oczyszczalniach miejskich (Białystok, Łomża, Suwałki) oraz w Augustowie i Sejnach wszystkie

ścieki są oczyszczane z wykorzystaniem tej technologii. W pozostałych miastach powiatowych są usuwane jedynie częściowo, natomiast w powiatach monieckim, łomżyńskim i zambrowskim brak jest ich defosfatacji. W oczyszczalniach na terenach wiejskich poziom usuwania biogenów ze ścieków jest generalnie niski, a w pięciu powiatach technologie te nie są stosowane w ogóle. Aby zachować dobrą jakość wód podziemnych w tych rejonach, warto rozważyć wdrożenie odpowiednich działań, ponieważ zwiększająca się dostępność i zużycie wody sprzyja szybkiemu powiększeniu się stref zanieczyszczeń.

Tabela 8.3.7. Udział procentowy ścieków komunalnych poddawanych oczyszczaniu biologicznemu oraz oczyszczeniu z podwyższonym usuwaniem biogenów na terenach zurbanizowanych i wiejskich województwa podlaskiego w 2022 r. (według danych GUS)

Powiaty i miasta	Ścieki oczyszczane			
	w miastach		wieś	
	system biologiczny	z podwyższonym usuwaniem biogenów	system biologiczny	z podwyższonym usuwaniem biogenów
augustowski	0	100,0	37,6	62,4
białostocki	52,1	47,9	19,9	80,1
bielski	11,6	88,4	78,1	21,9
grajewski	11,3	88,7	100,0	0
hajnowski	1,8	98,2	69,2	30,8
kolneński	14,3	85,7	100,0	0
łomżyński	100,0	0	13,0	87,0
moniecki	100,0	0	83,8	16,2
sejneński	0	100,0	100,0	0
siemiatycki	4,9	95,1	58,0	42,0
sokółski	72,4	27,6	100,0	0
suwalski			43,4	56,6
wysokomazowiecki	39,7	60,3	86,3	13,7
zambrowski	100,0	0	100,0	0
m. Białystok		100,0		
m. Łomża		100,0		
m. Suwałki		100,0		
województwo	13,2	86,8	44,3	55,7

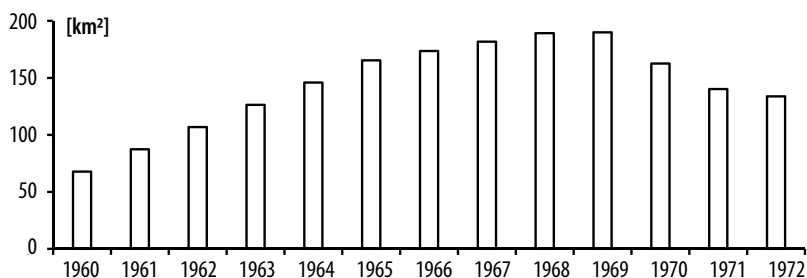
8.4. Melioracje

Województwo podlaskie ma długą historię działań związanych z regulowaniem stosunków wodnych. Pierwsze z nich towarzyszyły budowie Kanału Augustowskiego w latach 1829-1939, z przerwą (1831-1833) w czasie Powstania Listopadowego (Okrusko, Byczkowski 1976). Rok 1844 był wyjątkowo nieurodzajny w Królestwie Polskim. Wsparciem dla głodującej ludności wiejskiej była wówczas organizacja robót publicznych, obejmujących m.in. osuszanie bagien augustowskich. W tym czasie powstały: Kanał Rudzki (17,1 km), Lęg (12 km), Kapicki (11,5 km) oraz Woźnawiejski (8,97 km). Skrócono również bieg rzeki Elk o 10 km, a Jegrzni o 7 km, co zwiększyło spadek koryta w ich odcinkach ujściowych. Osuszono także środkowy odcinek Kotliny Biebrzańskiej, szczególnie w rejonie Kanału Rudzkiego (torfowisko Modzelówka). W okresie międzywojennym (1918-1939) na torfowisku Kuwasy, o powierzchni blisko 600 ha, prowadzone były melioracje nawadniające i odwadniające. Zrealizowano budowę kanału oraz sieci rowów o łącznej długości 80 km. Celem tych działań była poprawa zasobów wodnych oraz zwiększenie produkcji użytków zielonych. W tym samym czasie rozwijano działalność melioracyjną w dolinie górnego i środkowego Nurca, na torfowiskach górnej Supraśli oraz w wschodniej części Puszczy Białowieskiej.

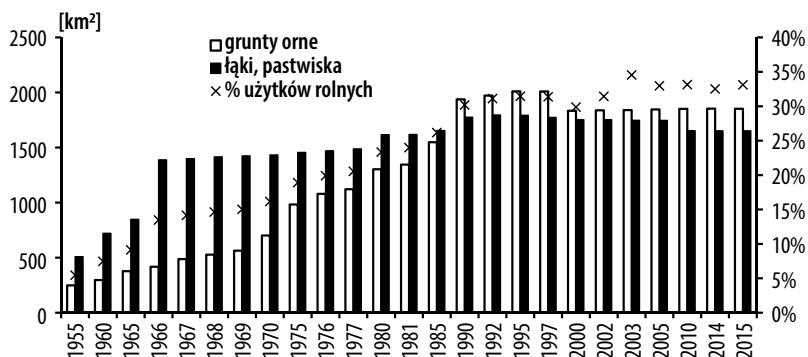
Po II wojnie światowej, ze względu na rozległe obszary podmokłe, region białostocki stał się ważnym krajowym centrum melioracji, z dwoma głównymi polygonami: w dolinie Biebrzy (Kuwasy) oraz na południe – w Wiźnie, w dolinie Narwi. W pierwszym z nich zaplanowano meliorację obszaru o powierzchni 40 km², w drugim – 115 km². Do 1965 r. zmeliorowano dolinę Nurca na powierzchni przekraczającej 20 km². Na przełomie lat 50. i 60. XX w. działania regulacyjne objęły dolinę Netty (obiekty Bargłówka i Bargłówka Stara). W dolinie Narwi w okolicach Wizny prace prowadzono w latach 1960-1967, a pod koniec lat 70. dotarły one aż do północnej granicy obecnego Narwiańskiego Parku Narodowego. W ramach planowanej regulacji Narwi przewidywano budowę 11 jazów, liczne progi piętrzące oraz likwidację wielokorytowych odcinków rzeki (Czerny, Oledzki 1973). W dekadzie 1970-1980 odwodniono torfowiska w dolinie Supraśli, madową deltę przy ujściu do Narwi oraz zlikwidowano liczne anastomozujące koryta Narwi na odcinku Rzędziany – Tykocin.

Tempo i zakres prowadzonych prac melioracyjnych w ówczesnym województwie białostockim było imponujące – już w 1969 r. objęły aż 190 km² (rys. 8.4.1).

Do 1975 r. regulacją stosunków wodnych w dolinach rzek objęto blisko 2/3 powierzchni uprzednio zmeliorowanej (tab. 8.4.1). W pierwszej fazie melioracją objęto głównie obszary torfowiskowe – do 1960 r. stanowiły one blisko 80% ogółu zmeliorowanych terenów (rys. 8.4.2). Przez kolejne 20 lat zmeliorowane torfowiska dominowały powierzchniowo nad gruntami rolnymi objętymi pracami melioracyjnymi. Jednak od połowy lat 70. ubiegłego stulecia tempo melioracji gruntów rolnych zaczęło wyraźnie przyspieszać. Obecnie powierzchnia zmeliorowanych gruntów ornych przewyższa powierzchnię torfowisk objętych melioracją – blisko 1/3 użytków rolnych województwa to obszary zmeliorowane. Analiza danych statystycznych dotyczących melioracji w regionie, gdzie powstała rozbudowana infrastruktura umożliwiająca aktywną gospodarkę wodną, wskazuje jednak, że od pół wieku nie jest ona w pełni racjonalnie wykorzystywana. Melioracje przeważnie służą odwodnieniu, a jedynie w niewielkim stopniu – nawodnieniom (tab. 8.4.2). Ponadto blisko 1/4 powierzchni zmeliorowanych gruntów ornych oraz użytków zielonych w województwie pozostaje nieaktywne w gospodarce wodnej. Największy udział użytków rolnych występuje w powiatach sejneńskim i sokólskim. W skali całego województwa, powierzchnia nawadnianych użytków rolnych jest aż czterokrotnie mniejsza niż powierzchnia objęta stałym drenażem. Przeczy to podstawowemu założeniu melioracji, jakim jest regulacja stosunków wodnych w celu zwiększenia efektywności produkcji rolniczej. Wynika z tego oczywisty wniosek, że tereny zmeliorowane stały się czynnikiem zmniejszającym zasoby wodne regionu.



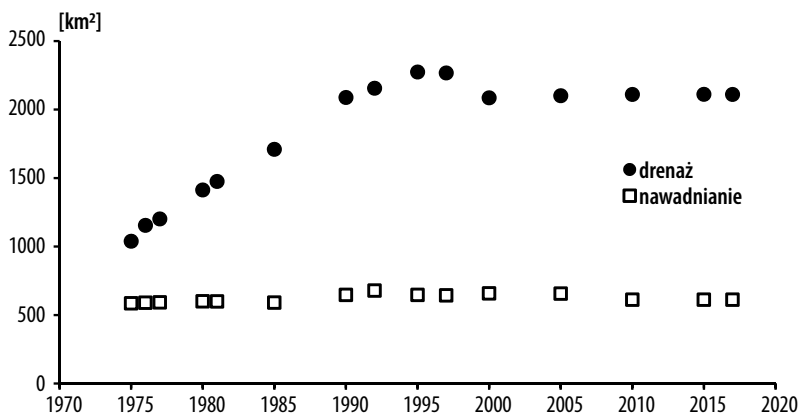
Rys. 8.4.1. Roczne powierzchnie terenów zmeliorowanych w województwie podlaskim w latach 1960-1972



Rys. 8.4.2. Zmiany powierzchni zmeliorowanych gruntów ornych oraz użytków zielonych (łąk i pastwisk) w granicach obecnego województwa podlaskiego. Udział zmeliorowanych użytków rolnych zaznaczono krzyżykiem (prawa oś)

Tabela 8.4.1. Dynamika powierzchni (km²) zmeliorowanych użytków rolnych województwa podlaskiego po II wojnie światowej

Okres	Powierzchnia	Okres	Powierzchnia
przed 1955	810	1976-1990	1230
1955-1960	207	1991-2015	110
1961-1975	1040	Rok 2015	3505



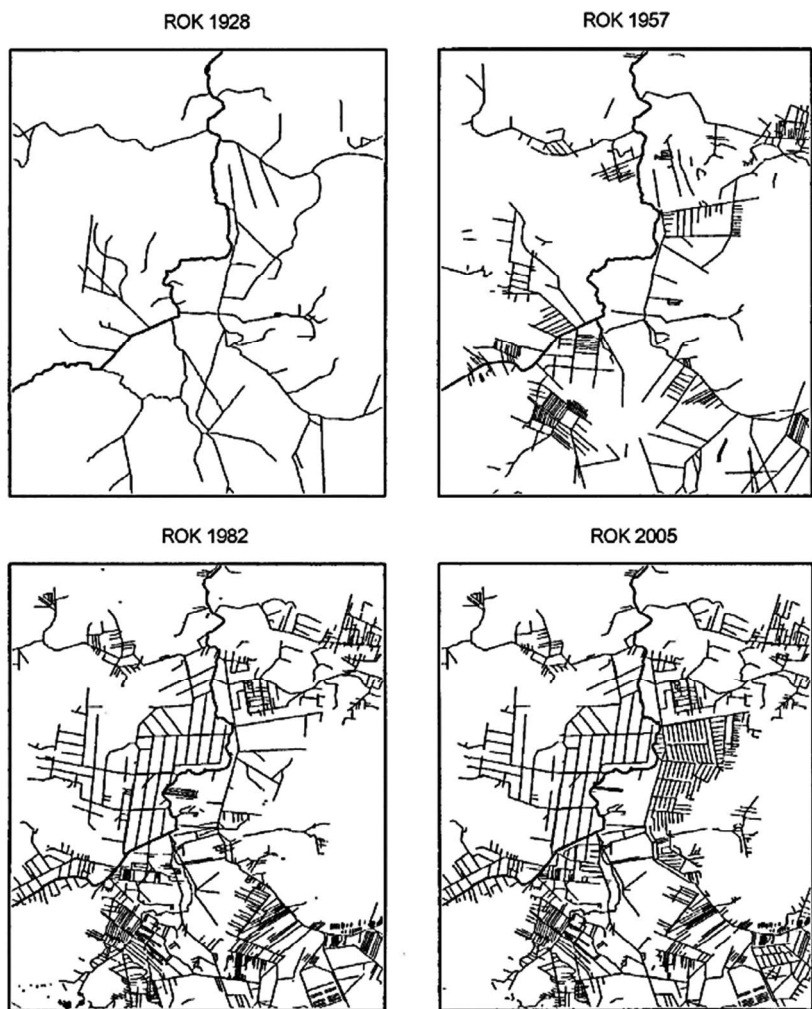
Rys. 8.4.3. Wieloletnie zmiany powierzchni odwadnianych (drenowanych) i nawadnianych użytków rolnych województwa podlaskiego w latach 1975-2015

Tabela 8.4.2. Ostatnie opublikowane przez GUS dane (2015) dotyczące melioracji rolnych w województwie podlaskim (km²)

Powiaty	Powierzchnia	Użytki rolne	Tereny zmeliorowane				
			ogółem	grunty orne	łąki i pastwiska	% zmelior. u. r.	% bez odw. naw.
augustowski	1659	696	285,8	116,4	169,4	41,0	28,3
białostocki	3077	1523	541,9	259,0	282,8	35,6	23,1
bielski	1385	1010	407,1	240,5	166,6	40,3	20,4
grajewski	968	637	161,0	56,5	104,5	25,3	28,6
hajnowski	1624	675	227,1	121,1	106,0	33,6	24,8
kolneński	940	688	114,5	8,7	105,8	16,6	25,4
łomżyński	1388	973	150,1	62,1	88,0	15,4	31,1
moniecki	1382	798	139,5	28,1	111,4	17,5	37,0
sejneński	855	407	80,9	29,9	51,0	19,9	51,3
siemiatycki	1459	869	251,7	173,3	78,4	28,9	14,5
sokółski	2055	1381	197,0	22,0	172,8	14,3	44,5
suwalski	1372	954	131,3	91,3	40,0	13,8	23,5
wysokomazowiecki	1289	959	532,6	448,4	84,2	55,5	8,1
zambrowski	733	461	284,3	193,0	91,4	61,4	8,1
województwo	20186	12032	3505	185,25	1652,3	29,1	22,3

Rysunek 8.4.3. dokumentuje również stopniowe zmniejszanie się powierzchni torfowisk zmeliorowanych od 1995 r., co jest wynikiem zaniedbań oraz rezygnacji z aktywnej konserwacji urządzeń melioracyjnych. Jedną z przyczyn tego stanu rzeczy – zarówno o charakterze ekonomicznym, jak i organizacyjno-prawnym – jest ograniczenie działalności spółek wodnych w wyniku kolejnych nowelizacji Prawa wodnego. Działalność melioracyjna po II wojnie światowej prowadzona była przede wszystkim na użytkach rolnych, ale objęła również tereny leśne, gdzie głównym jej celem było zwiększenie nawet o kilkanaście procent przyrostu biomasy drzew. Do 1969 r. w Polsce zmeliorowano ok. 580 tys. ha gruntów leśnych (Czopor 1970), a do 1988 r. – 830 tys. ha (Ciepielowski, Krajewski 1993).

Lokalne i wieloletnie „uaktualnienia” sieci melioracyjnej doskonale prezentuje Stepaniuk (2010) na przykładzie Niecki Gródecko-Michałowskiej (rys. 8.4.4).



Rys. 8.4.4. Zmiany sieci wód powierzchniowych okolic Michałowa i Gródka w powiecie białostockim w latach 1928-2005; według Stepaniuk (2010)

W trakcie melioracji terenów podmokłych tworzą nową sieć otwartych rowów, która znacząco zwiększa efektywność drenażu wód ze zlewni. W północnej, pojeziernej części województwa system otwartych rowów powiększył się lokalnie dwukrotnie w stosunku do istniejącej sieci wód powierzchniowych (tab. 8.4.3). Na terenach wysoczyznowych skala rozbudowy sieci drenażu była

znacznie większa niż na pojezierzach, a w niektórych miejscach wręcz nadmierna. Przykładem tego są zlewnie Czarnej (górna Narew), Jaskranki (środkowa Narew) czy Kamionki (dorzecze Sokółdy), gdzie długość sieci powierzchniowego drenażu zwiększyła się 5-7-krotnie. Dorzecze Nurca, charakteryzuje się dużą powierzchnią, odnotowało również ponad dwukrotny przyrost sieci drenarskiej (tab. 8.4.3).

W trakcie melioracji dolin rzecznych modyfikacji podlegała także istniejąca sieć koryt rzecznych. Szeroko zakrojone działania objęły niemal wszystkie zlewnie województwa, dlatego większość rzek została poddana ingerencji przedsięwzięciom melioracyjnym. Wśród największych i najbardziej zasobnych w wodę rzek województwa znalazły się m.in. Rospuda, Netta (do Jeziora Augustowskiego), Czarna Hańcza oraz kilka mniejszych rzek (tab. 8.4.4). To jedyne rzeki w województwie, których koryta w większości zachowały wysoki stopień naturalności i nie zostały przekształcone w wyniku działań melioracyjnych po II wojnie światowej. Większość większych rzek oraz prawie wszystkie rzeki I i II rzędu (z wyłączeniem tych przebiegających przez parki narodowe) straciły swoje naturalne koryta. Obecnie mają one prostoliniowy lub tylko lekko meandrujący charakter, nie mając kontaktu ze starorzeczami ani z tzw. „rękawami”, które dawniej mogły rozciągać się na kilka kilometrów i biec niemal równolegle do głównego nurtu. Lokalne nazewnictwo zachowało te formy w postaci nazw takich jak Narwice, Burzyska czy Jezioro. Po 2015 r. praktycznie zaniechano publikowania oficjalnych danych dotyczących prac melioracyjnych. Ostatnie publikowane zestawienia wskazują, że spośród 4034 km rzek w województwie podlaskim aż 70% zostało przekształconych lub zmodyfikowanych w wyniku działań melioracyjnych.

Tabela 8.4.3. Porównanie długości istniejącej sieci rzecznej w wybranych dorzeczach oraz długości sieci zmienionej wraz z nowo powstałymi rowami melioracyjnymi (km); K – iloraz „nowej” sieci do sieci pierwotnej

Rzeki	Sieć rzeczna	Sieć „zmeliorowana”	K
Pojezierza			
Szeszupa	128,6	129,4	1,01
Szelmentka	41,5	121,0	2,92
Rospuda (do j. Rosp. Aug.)	326,5	141,9	0,43
Gremzdówka	31,4	174,0	5,55
Czarna Hańcza	680,8	287,0	0,42
Piertanka/Kaletnik	61,8	107,3	1,74
Marycha	263,0	766,2	2,91
Blizna	30,4	42,0	1,38
Szczeberka	165,0	197,3	1,20
Wolkuszanka	58,2	93,4	1,61
Zelwianka	44,2	51,9	1,17
Dorzecze Biebrzy			
Biebrza	2248,3	3351,7	1,49
Kumiałka	90,9	282,3	3,10
Lebiedzianka	34,3	111,7	3,26
Sidra	122,5	286,3	2,34
Brzozówka	277,2	819,8	2,96
Kosodka	54,2	120,5	2,22
Wissa	212,1	432,1	2,04
Dorzecze Supraśli			
Supraśl	652,1	1670,6	2,56
Sokołda	167,0	833,5	4,99
Płoska	82,6	84,1	1,02
Czarna d. Supraśli	71,8	24,1	0,34
Kamionka d.Sokołdy	15,8	113,3	7,17
Dorzecze Narwi bez d. Supraśli i Biebrzy			
Rudnia	28,9	52,2	1,80
Rudnik	7,9	24,5	3,10
Czarna	21,9	212,0	9,67
Orlanka	220,5	543,4	2,46
Strabelka/Wałęga	59,7	176,1	2,95

Rzeki	Sieć rzeczna	Sieć „zmeliorowana”	K
Jaskranka	41,2	305,7	7,43
Kulikówka	24,7	17,1	0,69
Liza	55,0	74,6	1,36
Turośnianka	72,9	157,3	2,16
Nereśl	119,9	291,8	2,43
Ślina	169,5	419,7	2,48
Gać	177,3	596,2	3,36
Jabłonka	102,2	242,6	2,37
Łomżyczka	26,6	68,9	2,59
Dzierzbia	14,9	57,5	3,87
Dorzecze Nurca			
Nurzec	1238,5	3093,6	2,50
Bronka	72,1	162,7	2,26
Siennica dopł.Nurca	28,8	64,6	2,24
Nurczyk	88,1	392,8	4,46
Leśna (Leszczka)	120,7	293,9	2,44
Dorzecze Bugu bez d. Nurca			
Leśna Prawa	129,8	78,2	0,60
Pulwa	74,3	171,4	2,31
Kamianka d. Bugu	62,4	75,9	1,22
Szysia d. Bugu	21,6	38,3	1,77
Nitka	19,4	21,9	1,13
Brok Mały	161,4	112,2	0,70

Tabela 8.4.4. Zakres zmian melioracyjnych (km) w korytach głównych rzek województwa podlaskiego do 2015 r.

Rzeki	Długość rzeki	Koryto zmienione	% zmian
Dorzecze Narwi			
Narew	292,6	68,3	23%
Łoknica	43,8	22,4	51%
Orlanka	54,6	44,9	82%
Łojewek	35,7	30,3	85%
Biebrza	174,9	33,4	19%
Rospuda	81,1	2,5	3%
Sidra	38,7	33,7	87%
Wissa	57,0	56,0	98%
Słoja	38,1	34,8	91%
Biała	31,9	28,4	89%
Płoska	34,1	32,6	95%
Koryta rzek: Narewka, Ślina, Turośnianka, Nereśl, Gać, Jabłonka, Kumiałka, Supraśl, Brzozówka, Sokółda – zmienione w 100%			
Dorzecze Niemna			
Czarna Hańcza	133,3	10,3	8%
Szeszupa	27,6	6,0	22%
Łosośna	51,8	49,5	95%
Marycha	79,5	43,6	55%
Dorzecze Bugu			
Mętna	15,2	4,7	31%
Leśna (Prawa)	36,4	13,1	36%
Nurzec	108,4	89,6	83%
Koryta rzek: Nurczyk, Bronka, Mień, Czarna, Kamianka – zmienione w 100%			
Dorzecze Pregoty			
Bludzia	19,0	1,0	5%
Błędzianka	45,4	14,5	32%
Dorzecze Pisy			
Skroda	57,9	57,9	100%
Pisa	53,0	53,0	100%

8.5. Zabudowa techniczna wód powierzchniowych

Efektem intensywnego gospodarowania wodami powierzchniowymi na skalę globalną była budowa infrastruktury technicznej, która przyczyniła się do powstania licznych barier środowiskowych, ograniczających migrację organizmów wodnych. Proces ten doprowadził do zmniejszenia zdolności rzek do samooczyszczania oraz do ograniczenia bioróżnorodności ekosystemów wodnych (Parasiewicz i in. 2023). W skali europejskiej liczba barier przekracza 1,2 mln, a ich zagęszczenie oszacowano na 0,73 na każdy kilometr biegu rzeki (Belletti i in. 2020). Sztuczne bariery zlokalizowane w wodach powierzchniowych województwa podlaskiego są głównie efektem prac melioracyjnych, budowy stawów hodowlanych oraz funkcjonowania systemu Kanału Augustowskiego. Inwestycje wodne obejmowały również działania w obrębie rajgrodzkiego węzła hydrograficznego oraz regulację poziomu wód Jeziora Rajgrodzkiego. W latach 80. XX w., podczas budowy Zbiornika Siemianówka, powstało wiele budowli piętrzących. Zgodnie z danymi ISOK (Informatyczny System Oslony Kraju), całkowita liczba tego typu obiektów wynosi 373 (w tym zapory, progi i przetamowania przymłyńskie) (tab. 8.5.1, zał. M8). Najwięcej z nich znajduje się w dorzeczu Narwi (do ujścia Biebrzy) oraz w dorzeczu samej Biebrzy, przy czym znaczna ich część związana jest z funkcjonowaniem Kanału Augustowskiego. W dorzeczu Turośli oraz środkowej Narwi infrastruktura techniczna obsługuje łącznie 17 kanałów wodnych

Tabela 8.5.1. Zabudowa techniczna rzek województwa podlaskiego; według danych ISOK

Dorzecze	Liczba urządzeń piętrzących
Narew do Biebrzy	153
Narew od Biebrzy do granicy województwa	39
Biebrza	92
Niemen	19
Bug	70
województwo	373

Zwiększone zagęszczenie obiektów regulujących zasoby wodne obserwujemy na rzekach: Nurzec, Skroda, Supraśl, Sokółka, Szczeberka, Brzozówka i Orlanka (mapa – zał. 9). Jest to związane z przeprowadzonymi pracami

regulacyjnymi, które mają na celu poprawę obiegu wody w zlewniach objętych melioracją. W większości przypadków wymienione powyżej rzeki z progami i przetamowaniami odpływu pokrywają się z odcinkami charakteryzującymi się obniżoną jakością wód, co jest efektem ograniczenia naturalnej zdolności rzek do samooczyszczania. Aby zminimalizować negatywny wpływ tych działań na ekosystemy rzeczne, konieczne jest zrewidowanie zasad eksploatacji oraz zmiana podejścia do gospodarowania wodą na terenach zmeliorowanych. Kluczowe wydaje się zwiększenie retencji wody w zlewniach. Dotychczasowa praktyka prac melioracyjnych koncentrowała się przede wszystkim na dostosowywaniu mikro-zlewni do zwiększonego odpływu wody oraz na zagospodarowaniu jej w dolinach większych rzek. Aktualna sytuacja hydrometeorologiczna wymusza przesunięcie działań związanych z moderowaniem zasobów wodnych w kierunku górnych części zlewni, gdzie możliwe jest ograniczenie odpływu już na jego etapie inicjalnym. Wymaga to jednak większej i bardziej aktywnej regulacji zasobów wodnych przez cały rok, a zwłaszcza w okresach wzmożonego zasilania atmosferycznego. Wie-oletnie obserwacje terenowe wskazują na niedostateczne wykorzystanie okresu jesiennego jako odpowiedniego momentu do retencji wody w zlewniach. Skuteczna realizacja takich działań wymaga zarówno odpowiedniej koordynacji w obrębie całej zlewni, jak i wsparcia systemu zarządzania wodą, opartego na lokalnym lub regionalnym modelu rozdziału zasobów, uwzględniającym zasady hydrologiczne. Obecny system rozrządu wody charakteryzuje się niską reaktywnością i ograniczonymi możliwościami sterowania, co utrudnia rzeczywiste zwiększenie retencji zlewniowej.

Dotychczasowe inwestycje realizowane na ciekach wodnych w niewielkim stopniu brały pod uwagę kluczowy dla funkcjonowania wód płynących wymóg zachowania ciągłości ekologicznej systemu.

Na ponad 4 tys. km sieci rzecznej w województwie podlaskim, jedynie 23 rzeki zachowały swobodny przepływ (tab. 8.5.2). Najdłuższymi z nich są: Słója – prawobrzeżny dopływ Supraśli – oraz rzeka Leśna (Prawa) przepływająca przez Puszcę Białowieską. Większość rzek o nieprzerwanym przepływie zlokalizowana jest we wschodniej i północnej części województwa.

Tabela 8.5.2. Wykaz rzek województwa podlaskiego o tzw. przepływie swobodnym, bez zapór i progów piętrzących (oryg.)

Lp	Rzeka	Długość rzeki [km]
1	Bartoszycha	6,9
2	Słoja	38,1
3	Czarna Rzeczek	12,8
4	Maniówka	13,1
5	Rudawka	4,4
6	Rubieżanka	7,0
7	Płonka	13,7
8	Krzemianka	9,5
9	Brodzicz	9,4
10	Studzianka	4,4
11	Wierśnińska	7,1
12	Wierśnińska Górna	10,3
13	Pilwianka	4,8
14	Lutownia	18,6
15	Hwoźna	9,1
16	Kołodziejanka	10,4
17	Orla	17,3
18	Bierwicha	15,2
19	Leśna Prawa	35,0
20	Biebia d. Brzozówki	9,5
21	Olszanka d. Szczeberki	11,6
22	Wizga	6,5
23	Wigra	13,1
	razem	377,0

8.6. Młyny wodne i elektrownie

Bogate zasoby wodne, rozwinięta sieć hydrograficzna oraz znaczne powierzchnie zalesione stanowiły charakterystyczne cechy krajobrazu historycznego pogranicza Polski i Litwy. Przez wiele wieków stanowiły barierę dla rozwoju osadnictwa, urbanizacji i intensyfikacji rolnictwa. W tych uwarunkowaniach rzeki pełniły rolę głównej osi rozszerzającej się ekumeny. Przejawem tej działalności

była budowa i eksploatacja młynów wodnych, łącząca potencjał środowiska z przedsiębiorczością właścicieli majątków ziemskich, ukierunkowaną na zwiększenie zysków, majątku oraz pozycji społecznej.

Gospodarcze wykorzystanie zasobów wodnych regionu na potrzeby młynarstwa koncentrowało się przede wszystkim na rzekach III i IV rzędu. Rzeki Narew i Biebrza, ze względu na swój reżim hydrologiczny oraz wysokie wezbrania wiosenne, przy ówczesnym poziomie techniki uniemożliwiały ich bezpieczne i efektywne wykorzystanie. Analizując rozwój sieci młynów wodnych na przestrzeni sześciu wieków (tab. 8.6.1), można wyróżnić dwa główne kierunki tego rozwoju. Pierwszy – mazowiecki – od dolnej Narwi, oraz drugi – wschodni – od Grodna na zachód i południowy zachód, związany z aktywnością majątków należących do prawosławnej ludności Księstwa Litewskiego. Początkowo młyny lokalizowano na dopływach środkowej Narwi oraz w dorzeczu górnej Narwi, Świsłoczy i Łosośnej. Północna część obecnego województwa pozostawała w tym względzie na uboczu, chociaż młyny pojawiały się także na wysoczyznowych dopływach górnej Biebrzy (Sidra, Brzozówka). We wczesnej fazie rozwoju młynarstwa bardzo intensywnie wykorzystywano zasoby wodne górnego i środkowego Nurca. W kolejnym etapie, od końca XVIII w. do początku XX w., młyny wodne wznoszono również w dorzeczu Supraśli i Czarnej Hańczy. Był to okres o najintensywniejszego wykorzystania zasobów energetycznych rzek regionu, a liczba młynów wodnych osiągnęła wówczas blisko 290 obiektów. Uwzględniając niepełny zakres i dokładność zebranych danych, wartość ta była zbliżona od szacunków dla końca XVI w. Wieki XVII i XVIII, charakteryzujące się największą liczbą młynów wodnych na terenie województwa podlaskiego, były również okresem zwiększonego uwilgotnienia klimatycznego w czasie tzw. Małej Epoki Lodowcowej. Letnie sezony, rzadko nawiedzane suszami, zapewniały wówczas warunki do całorocznego funkcjonowania młynów.

Trzeci etap w historii młynarstwa wodnego w regionie w województwie przypada na pierwszą połowę XX w. Wprowadzenie silników spalinowych i elektrycznych w ramach tzw. drugiej rewolucji technicznej doprowadziło do stopniowej redukcji liczby młynów. Nie bez znaczenia były także działania wojenne, kryzysy gospodarcze oraz zmiany demograficzne. Po zaprzestaniu eksploatacji młynów, zbiorniki przy młynach powoli zarastały lub wysychały, a tereny te zagospodarowano rolniczo. Jeszcze na początku XX w. istniały, a obecnie już nie istnieją, takie

ponad 10-hektarowe zbiorniki wodne w dolinie Sokołdy (dawne Jezioro Kuryły), w dolinie rzeki Sidra (zbiornik koło Harasimowicz) oraz na rzece Blizna w Strzelcowiźnie.

Tabela 8.6.1. Zmiany liczby młynów wodnych na rzekach województwa podlaskiego od XVI w. do współczesności: dane z lat 1512-1530 – według Pytasz-Kołodziejczyk (2012), 1560-1603 – według Guzowski (*Atlas...*), lata 1740-1774 – według Sztachelska-Kokoczek (2006), rok 1784 – według Wernerowa (1990, 1991), lata 1800-1810 – według „Mapy Textora”, rok 1852 – według Bobrowski (1852), lata 1920-1930 – Mapa WIG, rok 1960 – według Chilczuk (1963), rok 2015 – dane z portalu ISOK

Dorzecze	1512-1530	1560-1602	1740-1774	1784	1800-1810	1852	1920-1930	1960	2015
Szeszupa	-	-	-	1	5	1	3	4	1
Czarna Hańcza	2	-	-	5	11	2	7	3	1
Łosośna	-	-	-	2	2	3	3	0	0
Świsłocz	5	-	-	3	7	7	5	1	0
Biebrza bez rz. Elk	5	34	3	56	52	26	38	20	3
Elk i Jegrznia	1	4	1	1	1	1	12	0	0
Supraśl	-	4	8	8	23	23	14	8	0
Górna Narew (do Supraśli)		69	15	10	37	10	12	8	1
Narew od Supraśli do Biebrzy	2	46	13	9	16	9	13	2	0
Narew od Biebrzy do rz. Orz	5	2	12	29	26	14	16	12	0
Nurzec i inne w dorzeczu Bugu	2	104	4	44	106	30	61	28	3
Pregoła	-	-	-	2	2	1	0	0	0
razem	22	263	56	159	288	127	184	86	9

Po II wojnie światowej tradycja wodnego młynarstwa w województwie podlaskim stopniowo zanikała, podobnie jak na terenie całego kraju. Jeszcze na początku lat 60. XX w. Chilczuk (1963) odnotował funkcjonowanie 86 młynów wodnych w granicach ówczesnego województwa białostockiego. Było to jednak zjawisko schyłkowe, wynikające m.in. z nieprzychylnego nastawienia władz socjalistycznego państwa wobec prywatnych przedsiębiorców. W wygaszaniu tej formy działalności istotną rolę odegrały również niedobory wody w rzekach, nasilające się w okresie letnim, będące efektem intensywnych zabiegów melioracyjnych,

w których dominowało odwodnienie. Wiele miejsc, gdzie dawniej znajdowały się młyny wodne, jest obecnie wykorzystywanych przez nowo wybudowane małe elektrownie wodne (tab. 8.6.2). W województwie działa ich obecnie 9, z czego największa, o prototypowej konstrukcji, funkcjonuje na Narwi w Bondarach, na zaporze czołowej Zbiornika Siemianówka.

Tabela 8.6.2. Wykaz elektrowni wodnych województwa podlaskiego (stan na 31.12.2024)

Rzeka	Miejscowość	Moc turbin
Nurzec	Ciechanowiec	60 kW
Nurzec	Kuczyn	40 kW
Nurzec	Kostrzy-Podsętkowięta	40 kW
Narew	Bondary	165 kW
Szeszupa	Rutka Tartak	30 kW
Netta	Dębowo	42 kW
Netta	Augustów	120 kW
Szlamica	Rygiel	100 kW
Rospuda/Netta	Raczki Małe	30 kW

Obecność młynów wodnych, oprócz korzyści ekonomicznych, odgrywała istotną rolę w regulacji zasobów wodnych w zlewniach oraz w utrzymaniu bioróżnorodności ekosystemów rzecznych. W przeszłości, gdy na każdej z większych rzek regionu funkcjonowało kilkadziesiąt obiektów, zapewniały one zwiększony przepływ w okresach niżówek, a w czasie wezbrań prawdopodobnie zmniejszały maksymalne przepływy, pełniąc ważną funkcję ochrony przeciwpowodziowej. Część z nich w trakcie powodzi ulegała zniszczeniu, ale stopniowo je odbudowywano. Miało to ogromne znaczenie dla retencji dolinowej oraz ograniczania, powszechnej dziś, przyspieszonej mineralizacji materii organicznej w glebach organicznych. Powszechna regulacja sieci rzecznej w zlewniach, w których istniały młyny wodne, sprzyjała także utrzymaniu mozaiki siedlisk limnicznych i reolimnicznych, co zapewniało wysoką różnorodność gatunkową oraz dużą biomasę makrofytów, fauny bentosowej i ryb. Całkowita eliminacja młynów wodnych z dolin rzek nizinnych, przy jednoczesnym wprowadzeniu technicznej zabudowy koryt rzecznych, doprowadziła do stopniowej defragmentacji ekosystemów wodnych i ograniczyła ich zdolności samoregulacyjne przy pojawianiu się kolejnych stresorów środowiskowych.

8.7. Drogi wodne

Wody powierzchniowe województwa podlaskiego odgrywały istotną rolę w rozwoju gospodarczym regionu (zob. rozdz. 2.1. *Uwarunkowania historyczne*). Już w pierwszym etapie rozwoju śródlądowych dróg wodnych Europy powstał Kanał Augustowski.

Ze względu na warunki hydrologiczne oraz istniejącą infrastrukturę wodną, tylko na części wód powierzchniowych możliwy jest przewóz osób i towarów. Transport ten odbywa się statkami żeglugi śródlądowej po drogach wodnych, do których zaliczane są: rzeki żeglowne, jeziora żeglowne oraz sztuczne drogi wodne (kanały, zbiorniki, skanalizowane odcinki rzek). Zgodnie z polskim Prawem wodnym, istniejące drogi wodne o znaczeniu krajowym i międzynarodowym mają przypisane określone klasy, uzależnione od parametrów dopuszczonych statków, minimalnego prześwitu pod mostami, rurociągami i innymi obiektami krzyżującymi się z drogą wodną, a także od głębokości tranzytowej (czyli najmniejszej głębokości szlaku żeglownego na danym odcinku drogi wodnej).

Tabela 8.7.1. Polskie drogi śródlądowe; dane dla Polski według danych GUS (Żegluga śródlądowa 2005, 2023), obliczenia własne dla województwa podlaskiego – według mapy *Śródlądowe drogi wodne* (Ministerstwo Infrastruktury, 2023, wyd. Europilot, Warszawa)

	Polska		Województwo podlaskie
rok	2001	2023	2023
ogółem	3812	3767,4	482,5
rzeki żeglowne uregulowane	2540	2522,2	398,5
skanalizowane odcinki rzek	644	655,7	
kanały	331	334,7	62,7
jeziora żeglowne	315	254,8	21,3

Na łączną długość 3767,4 km śródlądowych dróg wodnych w Polsce, w granicach województwa podlaskiego znajduje się 482,5 km, co stanowi 13% całkowitej długości krajowej sieci dróg wodnych (tab. 8.7.1). Blisko 95% tych dróg jest eksploatowana na stałe. Podobnie jak w innych regionach, również w województwie podlaskim, większość z nich stanowią rzeki regulowane (Narew, Biebrza, Pisa). Eksploatowany Kanał Augustowski (w granicach Polski o długości 84 km) stanowi 19% długości wszystkich kanałów śródlądowych w kraju. Zarówno Kanał

Augustowski, jak i inne rzeki województwa, zakwalifikowane jako drogi wodne, posiadają najniższą klasę żeglowności – Ia (spośród siedmiu klas). Przyczyną jest niewielka głębokość rzek w sezonie nawigacyjnym (poniżej 130 cm), ich zmienny charakter oraz niekorzystny bilans wodny w ostatnich latach, który uniemożliwia ich eksploatację i ewentualną modernizację. Brak zapewnienia minimalnej głębokości 130 cm staje się czynnikiem eliminującym je z punktu widzenia opłacalności transportu wodnego. W efekcie w województwie podlaskim drogi wodne użytkowane są głównie lokalnie, przez statki turystyczne – przede wszystkim w okolicach Augustowa (Jeziora Necko, Sajno, Białe i Studzieniczne wraz z Kanałem Augustowskim) oraz w północnej części Jeziora Wigry. W tym ostatnim obszarze Wigierski Park Narodowy udostępnia turystom drugą generację łodzi ekologicznych z przezroczystym dnem, umożliwiającym obserwację życia podwodnego. Jednostki te są zasilane energią elektryczną pozyskiwaną z paneli słonecznych. Większe znaczenie użytkowe wód powierzchniowych województwa dotyczy amatorskiego kajakarstwa, rozwijanego przede wszystkim na szlaku od Jeziora Wigry przez Czarną Hańczę i cały system Kanału Augustowskiego, który od lat 90. XX w. został poszerzony o dolny odcinek Rospudy (Raczkę – Augustów). Indywidualne i grupowe spływy kajakowe organizowane są od późnej wiosny do jesieni przez prywatne przedsiębiorstwa, jednak – ze względów politycznych – mają obecnie wyłącznie charakter krajowy, bez możliwości poszerzenia o wody Białorusi. Lokalne bazy kajakowe znajdują się także na biegu Biebrzy, Supraśli, Narwi, Narewki oraz Pisy i Bugu, jednak ich pełne wykorzystanie w sezonie letnim często jest niemożliwe z powodu nasilających się i coraz dłuższych okresów niżówek. Zjawisko to powinno stanowić poważny sygnał ostrzegawczy dla zwolenników rozbudowy sieci kanałów w północno-wschodniej Polsce oraz planów szeroko zakrojonej modernizacji międzynarodowej drogi wodnej E-40 w dolinie Bugu.



Rozdział VII

Flora i fauna wód powierzchniowych i ich stan przyrodniczy

Hydrosfera lądowa od zawsze stanowi siedlisko dla różnorodnych typów organizmów roślinnych i zwierząt. W niniejszym rozdziale przedstawiono stan wybranych grup organizmów wodnych występujących na obszarze województwa podlaskiego, na podstawie danych pochodzących z Państwowego Monitoringu Środowiska z ostatnich lat, uzupełnionych o wyniki własnych badań i obserwacji. Uwzględniono szereg gatunków roślin i zwierząt o charakterze indykacyjnym, odzwierciedlającym zarówno bogactwo przyrodnicze regionu, jak i natężenie stresorów środowiskowych, pojawiających się w wyniku bezpośredniej lub pośredniej działalności człowieka.

9.1. Fitoplankton

9.1.1. Fitoplankton rzek

Mikroskopijne glony i sinice w rzekach nie są objęte zakresem rutynowego monitoringu, z wyjątkiem oznaczeń ich całkowitej biomasy wyrażanej w jednostkach chlorofilu *a*. W latach 90. XX w. parametr ten był częściej analizowany niż obecnie. Dla zaledwie 62 rzek spośród ponad 300 znajdujących się na terenie województwa zestawiono reprezentatywne dane średnich rocznych stężeń biomasy glonów z ostatniej dekady (tab. 9.1.1.1). Zakres uzyskanych wartości był szeroki – od śladowych ilości poniżej $2 \mu\text{g dm}^{-3}$ do ponad $200 \mu\text{g dm}^{-3}$ (rzeka Bug), przy wartości mediany $6,6 \mu\text{g dm}^{-3}$. Sezonowa dynamika potamoplanktonu roślinnego jest równie wysoka jak zmienność przepływu wody, dlatego rzeki nie stanowią optymalnego środowiska życia dla komórek glonów (Reynolds 2000). Blisko 1/4 rzek w województwie cechuje się średnim stężeniem chlorofilu *a* przekraczającym $10 \mu\text{g/dm}^3$, co może świadczyć o zwiększonych zasobach biogenów w wodzie oraz obecności innych czynników siedliskowych (np. fizycznych), sprzyjających rozwojowi glonów i sinic. W ponad 30-letniej historii monitoringu rzek województwa, większość rzek II i III rzędu nie wykazuje istotnych zmian w biomase glonów. Wyraźny wzrost obserwuje się jedynie w przypadku Narwi i Bugu (tab. 9.1.1.1). W warunkach klimatycznych i hydrologicznych północno-wschodniej Polski charakterystyczne jest wiosenne maksimum biomasy glonów, najczęściej z dominującym rozwojem okrzemek (rys. 9.1.1.1). W rzekach pojeziernych, dzięki zwiększonej prędkości przepływu oraz niskiej temperaturze wody, okrzemki dominują przez cały rok (tab. 9.1.1.2). Podobną sytuację obserwuje się

w małych, zacienionych strumieniach śródleśnych, zasilanych obficie wodami gruntowymi (jak np. w Cieliczance) (tab. 9.1.1.3). W rzekach wysoczyznowych, gdzie latem występuje wyższa temperatura wody i ograniczone zasilanie podziemne, dominującą grupą glonów w fitoplanktonie stają się zieleńce – czemu sprzyja także zwiększony dopływ światła do koryta rzecznego.

Tabela 9.1.1.1. Charakterystyka średniego rocznego stężenia chlorofilu *a* [$\mu\text{g dm}^{-3}$] w wodach rzek województwa podlaskiego w latach 2011-2021; na podstawie danych GIOŚ i badań własnych

Zakres stężeń	Liczba rzek	% rzek
<2	3	4,8%
2-5	22	35,5%
5-10.	22	35,5%
10-20.	10	16,1%
>20	5	8,1%
razem	62	100%

Wraz ze zwiększonym oświetleniem wód w korycie rzek oraz wyższą temperaturą wód latem (co jest efektem zmniejszonego zasilania podziemnego), jak ma to miejsce w rzekach wysoczyznowych, w fitoplanktonie rzeczonym dominują zieleńce. Istniejąca struktura fitoplanktonu jest w rzekach I i II rzędu i nie zmienia się radykalnie wraz z rzędowością. Odmienna sytuacja ma miejsce w rzekach pojeziernych, gdzie wraz ze wzrostem rzędowości następuje dopływ fitoplanktonu jeziornego, co prowadzi do zwiększenia udziału sinic oraz kryptofitów w składzie gatunkowym (tab. 9.1.1.4). W przypadku Narwi – zwłaszcza w jej górnym biegu w rejonie Zbiorniku Siemianówka – znaczna biomasa sinic rozwijająca się w obrębie zbiornika przemieszcza się nawet na odległość ponad 200 km w dół rzeki (tab. 9.1.1.2; 9.1.1.5). W okresie wegetacyjnym, w związku z rozwojem makrofitów, na wielokorytowym odcinku Narwi w granicach Narwiańskiego Parku Narodowego, obserwuje się istotną redukcję stężeń chlorofilu *a* (przekraczającą 40%) oraz kilkukrotny spadek udziału sinic w fitoplanktonie (tab. 9.1.1.5). Naturalny układ koryta i zachodzące tam procesy fluwialne umożliwiają rzecze zachowanie wysokich zdolności samoregulacyjnych. Zupełnie inaczej przedstawia się sytuacja w rzekach o przekształconej lub zmienionej morfologii koryta, których w województwie podlaskim jest najwięcej – nie wykazują one analogicznych me-

chanizmów regulacyjnych. Przypadek Narwi wyraźnie dowodzi, że przywrócenie dawnego charakteru rzek może znacząco zwiększyć odporność ekosystemów na pojawiające się stresory i przywrócić ich naturalne zdolności samoregulacyjne.

Tabela 9.1.1.2. Wieloletnie zmiany średniego rocznego stężenia chlorofilu *a* [$\mu\text{g dm}^{-3}$] w wodach rzek województwa podlaskiego w latach 1992-2021; dane GIOŚ za lata 1992-2005 (baza JAWO) oraz 2019-2021, a także własne z projektu KBN (2011)

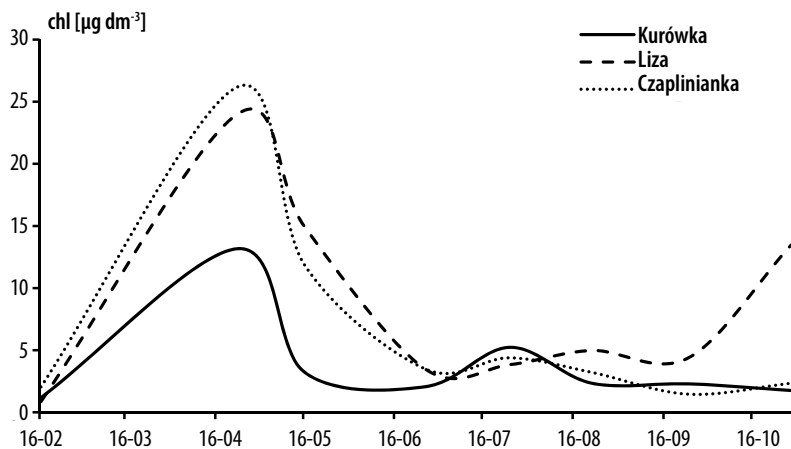
Rzeka	Stanowisko	1992-2005	2011	2019-2021
Biebrza	Burzyn	3,5	1,68	5,1
Bug	Frankopol	81,7		225,0
Czarna	Sochonie	4,4	1,72	1,7
Czarna Hańcza	Sobolewo	2,3	3,15	2,9
Marycha	Aleksiejówka	3,1	2,92	2,9
Nurzec	Tworcowice	4,8		7,0
Orlanka	Chrańboły	6,9	3,37	11,7
Pisa	Dobrylas	7,3	1,94	10,5
Supraśl	Dzikie	4,6	3,03	4,6
Szeszupa	Rutka Tartak	3,9	2,45	2,5
Narew	Babia Góra	6,9	4,71	6,2
	Bondary	68,4	43,13	52,1
	Suraż	38,0	26,5	42,2
	Strękowa G.	12,1		33,0
	Nowogród	11,5	8,52	29,3

Tabela 9.1.1.3. Zróżnicowanie struktury fitoplanktonu rzecznoego w trzech strumieniach wysoczyznowych w 2016 r. (wartości średnie z 11 terminów analiz w ciągu roku)

Rzeka	Stanowisko	Jednostki	Chl <i>a</i>	Zielenice	Okrzemki	Sinice	Kryptofity
Dolistówka	Białystok, ul. Piastowska	$\mu\text{g/dm}^3$	5,33	2,64	1,48	0,38	0,83
		%		49,6%	27,8%	7,1%	15,7%
Cieliczanka	Cieliczanka	$\mu\text{g/dm}^3$	7,19	3,14	3,38	0,20	0,47
		%		43,7%	47,1%	2,8%	6,5%
Biała	Kuriany	$\mu\text{g/dm}^3$	8,27	3,83	3,51	0,45	0,47
		%		46,3%	42,5%	5,4%	5,7%

Tabela 9.1.1.4. Wpływ warunków siedliskowych na strukturę wczesnoletniego fitoplanktonu (czerwiec 2017) w pięciu rzekach województwa podlaskiego

Parametr	Pojezierne	Wysoczyznowe
	Czarna Hańcza, Rospuda, Elk	Supraśl, Nurzec
Liczba stanowisk	18	8
stężenia [$\mu\text{g dm}^{-3}$]		
średnia	6,23	8,12
odch. stand.	4,51	3,13
zielenice	1,70	4,80
okrzemki	2,45	3,10
sinice	0,96	0,04
kryptofity	1,11	0,18
udział w %		
zielenice	27,1%	59,1%
okrzemki	39,1%	38,2%
sinice	15,4%	0,4%
kryptofity	17,7%	2,2%



Rys. 9.1.1.1. Dynamika stężenia chlorofilu a w wodach strumieni Narwiańskiego Parku Narodowego w 2012 r.

Tabela 9.1.1.5. Sezonowe zmiany stężeń chlorofilu *a* i udziału sinic w wodach rzeki Narew na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego w sezonie wegetacyjnym 2022; opracowanie własne na podstawie danych NPN

Miesiąc	Suraż		Topilec		Kruszewo	
	Chl <i>a</i> [µg dm ⁻³]	% sinic	Chl <i>a</i> [µg dm ⁻³]	% sinic	Chl <i>a</i> [µg dm ⁻³]	% sinic
maj	58,0	3,7	24,2	1,3	18,8	1,0
czerwiec	18,2	2,6	15,1	1,3	13,8	0,6
lipiec	22,8	3,0	23,0	1,7	18,3	1,4
sierpień	14,1	8,2	13,9	6,0	11,7	4,6
wrzesień	11,7	8,2	10,8	3,2	9,4	2,9
październik	12,7	6,6	9,6	1,1	7,4	0,3
listopad	8,5	10,3	6,6	0,3	6,0	0,0
średnia	20,9	6,1	14,7	2,1	12,2	1,5

9.1.2. Fitoplankton jezior

Zbiorowiska glonów i sinic w wodach stojących są znacznie bardziej zróżnicowane, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym, niż w wodach płynących. Podczas systematycznych analiz prowadzonych przez GIOŚ (Laboratoria w Suwałkach, Białymstoku i Łomży) w ostatnich kilku latach zidentyfikowano ponad 400 taksonów glonów i sinic rozwijających się w jeziorach województwa podlaskiego. Dane te dotyczą jedynie największych jezior harmonijnych, które mogą stanowić zaledwie 50-60% wszystkich występujących w toni wodnej. Nie uwzględniają one także ciągłych zmian taksonomicznych, często wynikających z odkryć w dziedzinie genetyki glonów i sinic. W 60 jeziorach terenu województwa podlaskiego stwierdzono średnio 76 taksonów planktonowych, przy liczbie taksonów w pojedynczych próbach od 55 do 102 taksonów (tab. 9.1.2.1). W ponad 15% badanych jezior liczba ta przekracza 90, a w jeziorach Gremzel, Kościelne i Berznik wynosi 100 lub więcej. Największe zróżnicowanie taksonomiczne, zgodnie z oczekiwaniami, obserwuje się wśród okrzemek, sinic i kryptomonad (tab. 9.1.2.2).

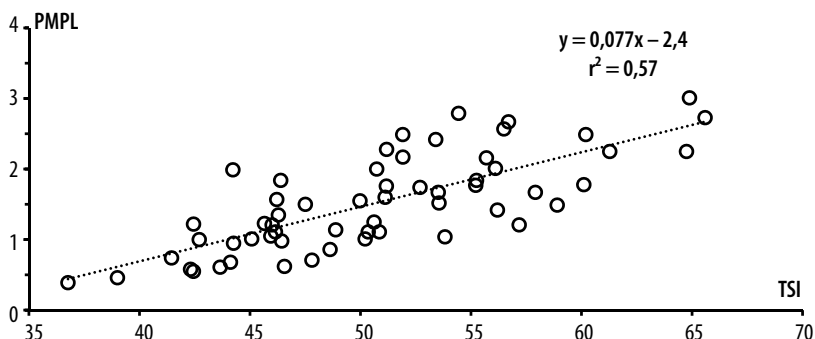
Tabela 9.1.2.1. Częstość występowania jezior województwa podlaskiego w zależności od średniej liczby taksonów fitoplanktonu; dane GIOŚ

Liczba taksonów glonów	% jezior
<60	10,9%
61-70	18,2%
71-80	36,4%
81-90	20,0%
91-99	10,9%
≥ 100	3,6%

Tabela 9.1.2.2. Grupy glonów o największej liczbie taksonów rozpoznanych w fitoplanktonie jezior województwa podlaskiego w latach 2017-2021; według danych GIOŚ

Grupy glonów	Rodzaj	Liczba taksonów
Sinice	Microcystis	5
	Anabaena	3
	Aphanizomenon	3
	Aphanocapsa	6
	Dolichospermum	5
Kryptomonady	Cryptomonas	16
Bruzdnice	Peridinium	11
	Gymnodinium	5
Okrzemki	Fragilaria	11
	Aulacoseira	6
	Navicula	10
	Nitzschia	14
Złotowiciowce	Dinobryon	6
Zielenice	Monoraphidium	5
	Scenedesmus	11
Desmidia	Staurastrum	6
	Closterium	6

Opracowany na potrzeby monitoringu środowiska polski wskaźnik fitoplanktonowy (PMPL) według Hutorowicz i Pasztelaniec (2014) ściśle koreluje z poziomem troficznym jezior, wyznaczanym na podstawie innych analiz limnologicznych. W przypadku jezior województwa podlaskiego wykazuje on istotną statystycznie, dodatnią zależność ze wskaźnikiem trofii Carlsona (1977) (rys. 9.1.2.1). Najniższą wartość PMPL (0,39) odnotowano w Jeziorze Białym (Wigierski Park Narodowy), natomiast najwyższą – przekraczającą 3 – w jeziorach Tajno i Sajno.



Rys. 9.1.2.1. Wpływ żyzności wód jeziornych, wyrażonej wskaźnikiem Carlsona (TSI), na wartość polskiego wskaźnika fitoplanktonowego (PMPL) według Hutorowicz i Pasztelaniec (2009, 2011, 2014), obliczonego dla 58 jezior województwa podlaskiego; dane monitoringu GIOŚ z lat 1917-2021

Charakterystyka taksonomiczna fitoplanktonu jezior wymaga bardzo wysokich kompetencji oraz doświadczenia zawodowego fykologów, których w Polsce jest niewielu. Dlatego też w monitoringu przyrodniczym o wiele częściej niż analizy taksonomiczne stosuje się oznaczenia całkowitej biomasy glonów, posługując się pomiarem chlorofilu *a*. Jednym z prekursorów tych badań na świecie był dr Koźmiński, pracujący w Stacji Hydrobiologicznej nad Wigrami w okresie przedwojennym. Pierwsze dane dla jezior północno-wschodniej Polski przedstawił prof. B. Czeczuga (1958) oraz dr J. Solski (1962). Obecnie, dla ponad 1/3 wszystkich jezior województwa podlaskiego, średnie stężenie chlorofilu *a* w epilimnionie wynosi $11,2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$, przy wartości mediany równej $8,7 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (tab. 9.1.2.3).

Tabela 9.1.2.3. Stężenie chlorofilu *a* w warstwie powierzchniowej 105 jezior (harmojnych) województwa podlaskiego w latach 2015-2022, monitorowanych przez GIOŚ (61 jezior) oraz Zakład Hydrobiologii Uniwersytetu w Białymstoku (44 jeziora)

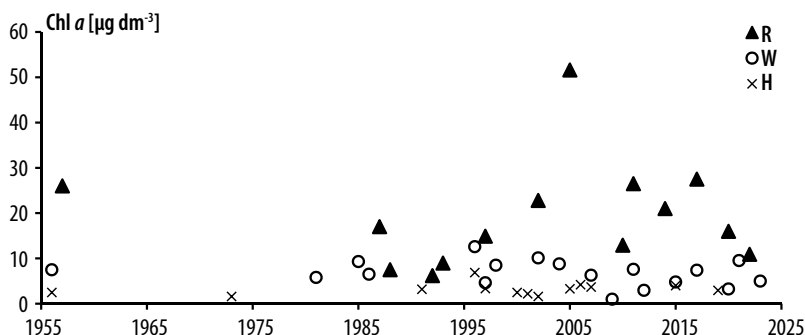
Zakres	Liczba jezior	% jezior
<5	24	22,4%
5-10	40	37,4%
10-15	18	16,8%
15-20	11	10,3%
20-25	4	3,7%
25-30	2	1,9%
30-35	2	1,9%
35-40	0	0,0%
40-45	2	1,9%
45-50	2	1,9%
średnia	11,2	
mediana	8,7	

W ponad połowie analizowanych jezior średnie stężenia nie przekraczają $10 \mu\text{g Chl } a \text{ dm}^{-3}$, co można uznać za wynik satysfakcjonujący. Tylko w niewielu naturalnych jeziorach województwa obserwuje się nadmierne namnażanie glonów i sinic. W ostatniej dekadzie odnotowano to szczególnie w jeziorach Długim Wigierskim, Dręstwo, Kalejty (Długie Augustowskie) oraz Wiżajny (tab. 9.1.2.4).

Zagęszczenie fitoplanktonu w jeziorach, w tym zawartość chlorofilu *a*, jest efektem oddziaływania wielu czynników siedliskowych, w szczególności żyzności wód, typu miktycznego oraz struktury zespołów zooplanktonu i ryb (Górniak, Kajak 2020). Stężenie chlorofilu wpływa bezpośrednio na przejrzystość wody oraz zasięg strefy fotycznej. Ze względu na zmienne w czasie zasilanie zlewni w biogeny oraz uwarunkowania hydroklimatyczne, w dłuższej perspektywie obserwuje się wyraźne tendencje zmian w ilości i strukturze fitoplanktonu. Pojawiające się presje eutrofizacyjne skutkują intensywniejszym rozwojem glonów i sinic, natomiast ich ustępowanie prowadzi do zmniejszenia zasobów sestonu organicznego w wodzie. Opisywana wieloletnia dynamika fitoplanktonu została również udokumentowana w ramach monitoringu największych jezior województwa (rys. 9.1.2.2).

Tabela 9.1.2.4. Średnie roczne stężenie chlorofilu *a* w epilimnionie jezior województwa podlaskiego w drugiej dekadzie XXI w. (według danych GIOŚ); typ jezior według polskiej klasyfikacji jezior stosowanej do 2021 r., dane pochylone – istotny wzrost stężeń

Lp	Jeziora		Chlorofil <i>a</i>	
	nazwa	typ	2011-2016	2018-2021
1	Białe	5a	4,8	7,3
2	Białe Augustowskie	5a	7,2	6,3
3	Blizno	6a	6,0	8,0
4	Boczne	5a	7,4	7,3
5	Bolesty	6a	18,7	20,9
6	Długie Wigierskie	5a	8,9	24,1
7	Dręstwo	6a	11,0	17,6
8	Gaładuś	5a	3,2	5,8
9	Garbaś	6a	9,7	11,0
10	Gremzdel	6b	28,9	21,3
11	Hańcza	5a	2,5	3,0
12	Jemieliste	5a	7,4	9,1
13	Kalejty	5a	5,6	11,3
14	Kolno	6b	7,1	40,0
15	Krzywe	6a	6,2	6,8
16	Necko	6a	10,0	9,9
17	Pierty	6a	4,4	6,0
18	Pomorze	6a	11,9	10,0
19	Rajgrodzkie	6a	12,2	14,2
20	Rospuda Filipowska	5a	10,5	8,6
21	Sajno	6a	10,3	14,1
22	Sumowo Bakalarzewskie	6a	12,5	19,5
23	Szelment Mały	6a	3,2	6,1
24	Szelment Wielki	5a	2,4	4,9
25	Szurpity	5a	6,1	9,9
26	Wigry	5a	9,2	10,2
27	Wizajny	6b	19,9	34,5
28	Zelwa	6a	5,8	4,3



Rys. 9.1.2.2. Wieloletnie zmiany stężeń chlorofilu *a* latem w epilimnionie trzech jezior województwa podlaskiego w latach 1956-2022, według danych publikowanych, badań własnych i danych GIOŚ; jeziora R – Rajgrodzkie (Opartowo), W – Wigry (Szyja), H – Hańcza (Głęboćek)

W okresie powojennym jeziora Hańcza i Wigry charakteryzowały się niskimi stężeniami chlorofilu do połowy lat 70. XX w. W kolejnej dekadzie zaobserwowano wyraźny wzrost żyzności wody, związany ze zwiększonym dopływem biogenów z terenów zurbanizowanych, które uzyskały dostęp do zbiorczych wodociągów. Dopiero rozbudowa sieci kanalizacyjnej i uruchomienie nowocześniejszych oczyszczalni przyczyniły się do stopniowego spadku żyzności tych jezior (Wigry, Hańcza). Jezioro Rajgrodzkie, z uwagi na swoją zdolność do retencjonowania dodatkowych ilości wody dla potrzeb gospodarki wodnej, wykazuje niewielką reaktywność na zmiany ładunku zlewniowego. Biogeochemiczne skutki ciągłej zmienności powierzchni jego litoralu przewyższają negatywne efekty związane ze zmianami w zlewniowym ładunku eutrofizacyjnym. Dodatkowo intensywna gospodarka rybacka prowadzona w tym jeziorze sprzyja utrzymywaniu się wysokiej trofii wód.

Poszczególne jeziora wykazują zazwyczaj utrwaloną strukturę planktonu roślinnego, wynikającą z charakterystycznej i stabilnej relacji między zlewnią a jeziorem. W zbiornikach o najmniejszych zasobach biogenów udział głównych grup glonów i sinic jest zbliżony (np. Jezioro Białe) lub z dominacją bardzo drobnych sinic lub zielenic tworzących pikoplankton (Jezioro Muliczne) (tab. 9.1.2.5). Zgodnie z obserwacjami Stocknera (1991), udział APP (*autotrophic picoplankton*) w całkowitej biomacie fitoplanktonu maleje wraz ze wzrostem trofii (Jasser 2006). W jeziorach eutroficznych latem dominują zielenice, które po wiosennym okresie przewagi okrzemek stają się głównym składnikiem fitoplanktonu (tab. 9.1.2.5).

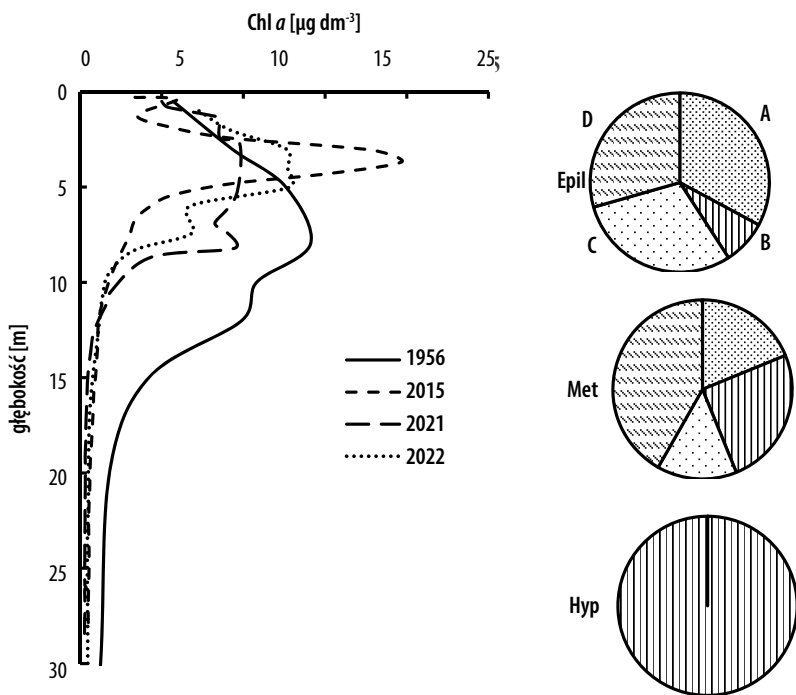
Cześć jezior przepływowych, zasilanych przez rzeczne gatunki glonów, często zawiera znaczne ilości okrzemek. W największych jeziorach, o rozbudowanej linii brzegowej lub charakterze wielorynnowym, obserwuje się wyraźną przestrzenną różnorodność struktury fitoplanktonu. W sezonie wegetacyjnym nadaje on odmienny odcień lub barwę wodzie w poszczególnych zatokach i plosach, co przekłada się również na zróżnicowanie gatunkowe bezkręgowców oraz ryb. Ukształtowanie dna, typ i intensywność zasilania jeziora w wodę mogą prowadzić do powstania zespołów glonów i sinic o odmiennym charakterze troficznym, nawet w obrębie jednego zbiornika. Przykładem takiej przestrzennej heterogenności jest Jezioro Wigry, w którym – w zależności od rejonu jeziora – dominują różne grupy fitoplanktonu: okrzemki, kryptofity lub zieleńce (tab. 9.1.2.6).

Tabela 9.1.2.5. Zróżnicowanie struktury letniego fitoplanktonu w epilimnionie jezior o zróżnicowanej trofii: mezotroficzne (Białe Wigierskie, Muliczne), eutroficzne (Pierty, Omulówek, Krusznik, Leszczewek) w 2021 r.; badania własne

Jezioro	TSI	Chl <i>a</i> [μg dm ⁻³]	% chlorofilu			
			zieleńce	sinice	okrzemki	kryptofity
Białe Wigierskie	47,6	3,48	36,3%	18,1%	26,1%	19,4%
Muliczne	44,5	1,31	4,8%	86,1%	-	9,1%
Pierty	50,6	10,8	96,8%	1,3%	0,8%	1,0%
Omulówek	59,1	9,17	42,3%	5,5%	49,2%	3,0%
Krusznik	70,2	10,09	41,5%	28,6%	21,5%	8,3%
Leszczewek	60,8	19,75	38,6%	40,0%	21,4%	-

Tabela 9.1.2.6. Zróżnicowanie przestrzenne średnich stężeń chlorofilu *a* w letnim epilimnionie Jeziora Wigry w latach 2015, 2021, 2022 oraz przybliżona struktura głównych grup glonów

Płosa i zatoki jeziora	Chl <i>a</i>	% chlorofilu			
	μg/l	zieleńce	sinice	okrzemki	kryptofity
Zatoka Hańczańska	6,48	37,2%	12,2%	23,2%	27,5%
Północne	7,99	16,3%	8,8%	31,0%	43,9%
Szyja	7,41	39,7%	2,3%	35,3%	22,7%
Zatoka Słupiańska	4,66	33,2%	14,7%	26,9%	25,1%
Bryzgiel	7,37	38,6%	19,4%	7,3%	34,6%



Rys. 9.1.2.3. Pionowe zróżnicowanie stężeń chlorofilu a latem w centralnej części Jeziora Wigry – płoś Szyja – w latach 1956-2022 (według Soliński 1962 i badania własne). Wykres po prawej: procentowy udział A – zielenic, B – sinic, C – okrzemek, D – kryptofitów w strukturze letniego fitoplanktonu epilimnionu, metalimnionu i hypolimnionu (średnia z pomiarów na sześciu stanowiskach w latach 2015, 2021 i 2022)

Na poziome zróżnicowanie ilościowe i jakościowe fitoplanktonu w największych jeziorach wpływa sezonowe uwarstwienie termiczne, które, poprzez odmienne warunki termiczne, miktyczne i świetlne, kształtuje bardzo zróżnicowane taksonomicznie zbiorowiska. Na dynamikę fitoplanktonu jeziornego istotny wpływ mają także zooplankton oraz ryby planktonożerne (Wetzel 2000). Najczęściej wraz z głębokością obserwuje się spadek zagęszczenia glonów oraz zmianę udziału poszczególnych grup fitoplanktonu, co potwierdzają analizy z Jeziora Wigry (rys. 9.1.2.3). W jeziorach o nie najwyższej zasobności w biogeny (mezotroficzne), w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego, w warstwie skoku termicznego, może tworzyć się kilkumetrowa warstwa o zwiększonym zagęszczeniu glonów

i sinic (Karpowicz, Ejsmont-Karabin 2017). Ciekawy jest fakt, że położenie niektórych glonów w profilu głębokich jezior zależy od intensywności i spektrum wiązki promieniowania słonecznego docierającego do poszczególnych warstw jeziora (Kawecka, Eloranta 1994).

Zwiększone ogrzewanie epilimnionu jezior, będące skutkiem globalnych zmian klimatycznych, oraz rosnąca stabilność słupa wody (ograniczenie mieszania wywołanego wiatrem) sprzyjają intensywnemu namnażaniu się sinic w okresie letnim i ich gromadzeniu się przy powierzchni. W XX w. częściej obserwowano maty nitkowatych zielenic, będące efektem zwiększonego dopływu azotu mineralnego. Obecnie natomiast znacznie powszechniejsze są tzw. zakwity wody powodowane przez sinice (nie „zakwity glonów” – glony nie tworzą kwiatostanów!). Zjawisko to jest wyjątkowo uciążliwe dla użytkowników wód, a w niektórych przypadkach może być toksyczne – zarówno dla organizmów wodnych, jak i dla ludzi.

9.2. Makrofity

Ze względu na uwarunkowania siedlisk wodnych, rośliny wodne dzieli się na następujące grupy ekologiczne: izoetidy, nymfeidy, pleustofity, elodeidy, heliofity oraz rośliny ziemnowodne. Pod względem systematycznym należą one do makroglonów, krasnorostów, mchów, wątrobowców oraz roślin naczyniowych (Górniak, Kajak 2020). Obecność światła, wody oraz substancji odżywczych – zarówno w toni wodnej, jak i osadach dennych – stwarza odpowiednie warunki do rozwoju roślin. Glony oraz stałe zanurzone rośliny występują przez cały rok, również pod pokrywą lodową, a część z nich przeżywa okres chłodny w formach przetrwalnych, np. w postaci turionów u lilii wodnej. W pełni sezonu wegetacyjnego, w warunkach klimatu umiarkowanego, najbardziej ujawnia się zarówno różnorodność gatunkowa, jak i bogactwo form roślin wodnych. W wodach powierzchniowych województwa podlaskiego stwierdzono 189 taksonów roślin naczyniowych, z tego 51 taksonów występuje zarówno w rzekach, jak i jeziorach. Poniżej przedstawiono charakterystykę makrofitytów rzek, a następnie jezior.

9.2.1. Makrofity rzeczne

Od momentu wdrożenia Ramowej Dyrektywy Wodnej Unii Europejskiej, w polskich rzekach prowadzi się systematyczny monitoring makrofitytów. W latach

2017-2022 w granicach województwa podlaskiego odnotowano 180 taksonów (gatunków i rodzajów) roślin wyższych w wodach płynących, czyli w rzekach, drobnych dopływach (często okresowych) i sztucznych kanałach. Pełna lista stwierdzonych makrofity rzecznych na obszarze województwa prezentuje załącznik IVZ.

Tabela 9.2.1.1. Najczęściej występujące makrofity rzeczne województwa podlaskiego, z podziałem na grupy biologiczne i ekologiczne; według danych GIOŚ z lat 2017-2021

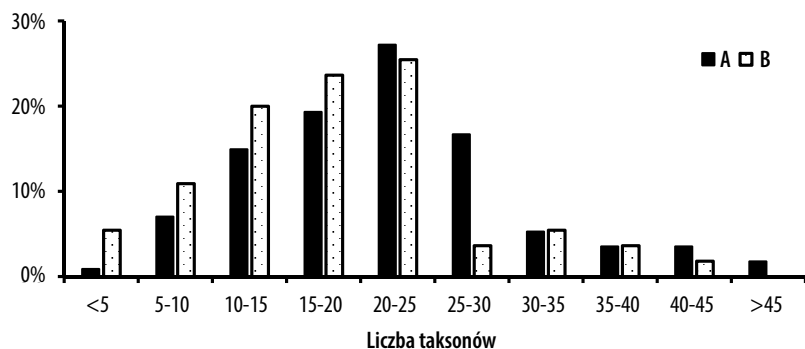
Grupy	Liczba taksonów	Rodzaj/gatunek	Średnia częstość
Makroglony i sinice	5	Rhizoclonium sp.	18%
Mchy	24	Leptodictyum riparium	24%
		Fontinalis antipyretica	9,1%
Krasnorosty	4	Rhizomnium punctatum	3,0%
Wątrobowce	3	Pellia sp.	1,8%
Izoetidy	1	Isoetes lacustris	0,6%
Elodeidy	26	Sagittaria sagittifolia	44%
		Elodea canadensis	44%
		Ranunculus repens	29%
Heliofity	17	Sparganium erectum	67%
		Sparganium emersum	64%
		Phragmites australis	43%
		Alisma plantago-aquatica	48%
Nymfeidy	2	Nuphar lutea	55%
Pleustofity	6	Lemna minor	88%
		Spirodela polyrhiza	56%
Ziemnowodne	74	Phalaris arundinacea	91%
		Glyceria maxima	63%
		Myosotis palustris	62%
		Rorippa amphibia	68%
		Rumex hydrolapathum	55%
		Scirpus sylvaticus	52%
		Berula erecta	48%

Oprócz taksonów należących do roślin ziemnowodnych, najwięcej stwierdzono wśród mchów, elodeidów i heliofitów (tab. 9.2.1.1). Największe bogactwo taksonów makrofitów odnotowano w rzekach pojeziernych oraz w Narwi poniżej ujścia Biebrzy (rys. 9.2.1.1). Przy niższym zakresie liczby taksonów (do 20) częstość rzek pojeziernych jest większa niż przy wysoczyznowych, co można tłumaczyć różnicą wielkości i charakterem koryt. Ponadto większość rzek pojeziernych pozbawiona jest rozległych terasów zalewowych, które w rzekach wysoczyznowych bywają porośnięte makrofitami. Zdecydowanie mniejsze zróżnicowanie flory wodnej obserwuje się w rzekach wysoczyznowych w dorzeczu Niemna. Na szczególną uwagę zasługuje jednak bogactwo mszaków, których obecność wskazuje na naturalne, mało przekształcone fizycznie i chemicznie siedliska wodne. Równie wysokie wymagania środowiskowe mają krasnorosty, które w monitoringu GIOŚ stwierdzono m.in. w rzece Pisie i Pełchówce. Dodatkowe stanowiska występują także w Czarnej Hańczy poniżej Jeziora Wigry, w Kamionce (dopływ Piertanki) oraz we wschodnim odcinku Kanału Augustowskiego. Jeszcze większym hydrobotanicznym „rarytasem” w rzekach województwa podlaskiego jest pierwsze stwierdzenie izoetidów w północno-wschodniej Polsce, które dotychczas notowano jedynie na Pojezierzu Pomorskim oraz bardzo rzadko na Pojezierzu Mazurskim. Pierwsze obserwacje *Lobelia dortmanna* (stroiczka wodnego) oraz *Isoetes lacustris* (poryblinu jeziornego) dotyczyły Rospudy, natomiast w 2023 r. obecność lobelii potwierdzono także w Czarnej Hańczy poniżej Jeziora Wigry, na terenie Ostoi Wigierskiej. Ich występowanie z jednej strony dowodzi wysokiej jakości wód w głównych rzekach pojeziernych województwa, charakteryzujących się niską zawartością wodorowęglanów i lekko kwaśnym odczynem (Górniak, Kajak 2020). Z drugiej strony, pojawianie się izoetidów na terenach położonych na wschód od Wisły można powiązać z klimatycznymi zmianami XXI w. oraz ustępowaniem silnego kontynentalizmu klimatycznego, który dotąd ograniczał ich zasięg.

Z tego wynika, że strumienie wodne (rzeki pierwszego rzędu) są zasiedlane przez mniejszą liczbę taksonów roślin wodnych w porównaniu z rzekami wyższego rzędu. Maksimum względnej częstości występowania makrofitów w strumieniach naturalnych (posiadających własną nazwę) jest przesunięte w stronę niższych wartości w porównaniu ze strumieniami funkcjonującymi dzięki zabiegom melioracyjnym, tj. strumieniami bez ustalonej nazwy własnej (rys. 9.2.1.2)

Tabela 9.2.1.2. Charakterystyka ilościowa taksonów makrofytów rzecznych w jednostkach hydrograficznych województwa podlaskiego (dane GIOŚ z lat 2016-2021)

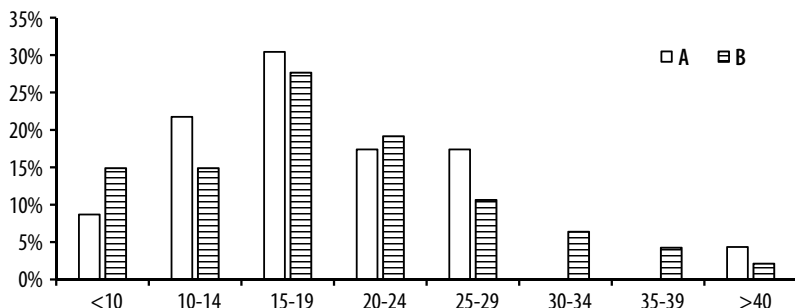
Rzeka i jej dopływy	Liczba analizowanych rzek	Średnia liczba taksonów $\pm$ odch. stand.	Maks. liczba taksonów w rzece
razem rzeki pojezierne	27	25 ± 11	53
Biebrza	17	20 ± 11	44
Supraśl	14	22 ± 9	43
Bug	11	21 ± 4	30
Narew do Biebrzy	28	21 ± 7	38
Narew poniżej Biebrzy	10	26 ± 11	49
wysoczyznowe dopływy Niemna (Świsłocz, Odtą)	8	18 ± 5	26



Rys. 9.2.1.1. Histogram liczebności taksonów makrofytów w rzekach województwa podlaskiego według danych GIOŚ z lat 2016-2021; A – rzeki wysoczyznowe, B – rzeki pojezierne

Charakterystyka uwarunkowań klimatycznych regionu, typ osadów oraz warunki hydrologiczne rzek wpływają na duże bogactwo gatunkowe makrofytów oraz na dość dobrze zachowaną strukturę tych organizmów, pomimo występowania czynników ograniczających ich rozwój. Potwierdzają to wartości wskaźnika makrofytowego (MIR), który został wprowadzony do praktyki monitoringu Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) w ramach wdrażania unijnej Dyrektywy Wodnej. Im wyższe wartości osiąga wskaźnik MIR, tym bardziej stan ekologiczny rzeki jest zbliżony do warunków naturalnych. Aktualnie dla rzek województwa

podlaskiego średnia wartość MIR wynosi ok. 38, co odpowiada wartościom typowym dla górnej granicy stanu dobrego (tab. 9.2.1.3).



Rys. 9.2.1.2. Histogram liczebności taksonów makrofytów w rzekach I rzędu (strumieniach) województwa podlaskiego według danych GIOŚ z lat 2016-2021; A – rzeki z własną nazwą, B – rzeki bez nazwy (pojezierne)

Tabela 9.2.1.3. Wskaźnik makrofitytowy (MIR) w 150 analizowanych rzekach województwa podlaskiego (GIOŚ, lata 2016-2021); każda rzeka reprezentowana jest przez jedno stanowisko badawcze

Zakres MIR	Liczba analizowanych rzek	Częstość występowania %
<30	3	2,0%
31-35	20	13,3%
36-40	68	45,3%
41-45	51	34,0%
45-50	6	4,0%
>50	2	1,3%
razem	150	100%
średnia	38,8 ± 4,2	

Również główne rzeki województwa zazwyczaj cechują się dobrym stanem zachowania makrofytów (tab. 9.2.1.4), przy czym zdecydowanie najwyższe wartości wskaźnika MIR odnotowano w rzekach pojeziernych (Rospuda, Czarna Hańcza). Niskie wartości wskaźnika MIR dla rzeki Bug, w porównaniu z innymi rzekami regionu, są zgodne z oczekiwaniami – w rzekach o rzędowości powyżej V wskaźnik ten wyraźnie spada, co wynika z odmiennej morfologii koryta oraz słabszego powiązania z otaczającą strefą riparialną.

Ogólnie rzecz biorąc, makrofity rzek województwa podlaskiego wykazują strukturę bardzo zbliżoną do naturalnej, a dotychczasowe przekształcenia morfologiczne koryt rzecznych nie spowodowały istotnych zmian w ich funkcjonowaniu. Co więcej, sztucznie powstałe kanały wodne stały się miejscem występowania bogatych gatunkowo zbiorowisk roślinności wodnej (tab. 9.2.1.4), a obecność sztucznych piętrzeń wody zapewnia odpowiednie warunki siedliskowe do ich rozwoju.

Tabela 9.2.1.4. Wskaźnik makrofityowy (MIR) głównych rzek województwa podlaskiego; według danych GIOŚ z lat 2016-2021

Rzeki	Liczba stanowisk	MIR		
		min	max	średnia
Bug	2	23,1	33,3	28,2
Nurzec	2	36,7	38,2	37,7
Wissa	2	35,2	36,9	36,1
Rospuda	2	40,0	43,8	41,9
Narew	6	35,1	38,0	36,9
Supraśl	4	30,0	38,9	35,8
Czarna Hańcza	4	40,4	49,3	44,2
Biebrza	4	33,8	42,0	37,3
kanaly	8	40,6	58,8	45,8

7.2.2. Makrofity jezior

Strefa litoralna stanowi część jeziora, w której najintensywniej przebiega kolonizacja przez rośliny o różnorodnych wymaganiach siedliskowych. Proces ten zachodzi pod wpływem zarówno warunków zlewniowych, jak i właściwości osadów dennych, a jego dynamika wynika z tzw. efektu ekotonu, czyli sąsiedztwa i wzajemnego oddziaływania różnych ekosystemów (ekotypów). W jeziorach województwa podlaskiego zidentyfikowano dotąd 94 zbiorowiska makrofitytów, występujące w obrębie 77 jezior harmonijnych. To liczba o połowę niższa niż w ekosystemach rzecznych regionu. Spośród wszystkich roślin naczyniowych stwierdzonych w jeziorach, aż 51 taksonów występuje również w wodach płynących. Liczba taksonów roślin wodnych w poszczególnych jeziorach waha się od kilku do 38-39 – najwyższe wartości odnotowano w jeziorach Wigry i Hańcza.

W niemal 1/4 analizowanych jezior zidentyfikowano od 21 do 24 zbiorowisk makrofytów (tab. 9.2.2.1).

Tabela 9.2.2.1. Charakterystyka zbiorowisk makrofytów w jeziorach województwa podlaskiego w latach 2016-2021. Dane zbioru GIOŚ oraz jezior harmonijnych Wigierskiego Parku Narodowego (Projekt planu ochrony WPN, 2014)

Liczba zbiorowisk	Liczba jezior	% jezior
<10	6	7,7%
11-15	14	17,9%
16-20	10	12,8%
21-25	19	24,4%
26-30	15	19,2%
31-35	10	12,8%
>35	4	5,1%

Tabela 9.2.2.2. Najliczniej występujące zbiorowiska makrofytów w jeziorach harmonijnych województwa podlaskiego; dane dla 59 jezior analizowanych przez GIOŚ w latach 2016-2021

Zbiorowisko	Dominujący takson	Liczba jezior	% jezior
Phragmitetum communis	trzcina pospolita	57	97%
Equisetum palustre	skrzyp błotny	52	88%
Ceratophylletum submersi	rogatek krótkoszyszkowy	51	86%
Nymphaea alba – Nuphar lutea f. z Nuphar lutea (L.) Sibth. & Sm.	grzybień biały, grązel żółty	50	85%
Typhetum angustifoliae	pałka wąskolistna	49	83%
Scirpetum lacustris	oczeret jeziorny	48	81%
Potametum perfoliati	rdestnica przesyta	47	80%
Myriophylletum spicati	wywłócznik kłosowy	42	71%
Potametum lucentis	rdestnica połyskująca	42	71%
Fontinaletum antipyreticae	mech zdrojek	41	69%
Ranunculetum circinatis	jaskier krąkolistny	41	69%

Najliczniej występujące zbiorowiska roślinne w jeziorach województwa podlaskiego prezentuje tab. 9.2.2.2. Z perspektywy europejskiej (w kontekście

obszarów Natura 2000) do najcenniejszych przyrodniczo należą jednak ramienice (*Characeae*) – makroglony, które w systematyce botanicznej zaliczane są do grupy glonów z klasy *Charophyceae*. Na 77 jezior objętych badaniami przez GIOŚ i Katedrę Ekologii Wód Uniwersytetu w Białymstoku, obecność ramienic potwierdzono w 59 zbiornikach. Spośród rodziny *Characeae* w jeziorach województwa obecnych jest 12 gatunków z rodzaju *Chara*, spośród których najczęściej występują: *Ch. tomentosae* (omszona), *Ch. fragilis* (zwyczajna), *Ch. filiformis* (grzywiasta). Ponadto zidentyfikowano także: *Nitella opaca* z rodzaju *Nitella* (krynicznik), *Nitellopsis capillaris*, *N. flexilis*, *N. gracilis* oraz *Nitellopsis obtusa* (krynicznica tępa) z rodzaju *Nitellopsis*. Zgodnie z zapisami Ramowej Dyrektywy Wodnej Unii Europejskiej wszystkie jeziora ramienicowe powinny być objęte ochroną jako siedliska priorytetowe. W rzeczywistości liczba takich jezior ramienicowych w województwie jest większa, gdyż – jak wskazują Kłosowski i in. (2006) – obecność ramienic odnotowano również w pięciu jeziorach Pojezierza Sejneńskiego: Długim, Witkokuk, Gajliku, Pilwie i Płaskim. W oparciu o badania Urbaniaka (2010) obecność tych organizmów potwierdzono w ośmiu jeziorach Suwalskiego Parku Krajobrazowego (Jaczo, Kojle, Perty, Linówek, Kameduł, Czarne k. Smolnik, Białe k. Smolnik, Staw Turtul), w dwóch jeziorach w okolicach Wiżajn (Wysokie, Jesieryn), w czterech jeziorach w rejonie Danowskich (Tobołowo, Blizienko, Kopanica) oraz w trzech jeziorach na trasie Kanału Augustowskiego i w jego okolicach (Orle, Gorczyca, Paniewo, Brożane). Potwierdzono także ich występowanie w Jeziorze Busznica oraz w Stawie (k. Płociczna) (Górniak, dane niepublikowane). Na tej podstawie aktualną liczbę jezior ramienicowych w województwie podlaskim szacuje się na co najmniej 83, co stanowi 27% wszystkich jezior regionu. Jest to bardzo istotna cecha przyrodnicza zbiorowisk jeziornych Podlasia, świadcząca o ich wysokim stopniu naturalności. Ramienice są organizmami wyjątkowo wrażliwymi na wszelkie zmiany składu chemicznego wód jeziornych – szybko reagują na presje eutrofizacyjne i zanieczyszczenia. Kłosowski i in. (2006) wskazali na ich całkowite ustąpienie z czterech jezior Pojezierza Sejneńskiego (Miałkie, Kunis, Jurkowo, Dmitrowo). W ostatniej dekadzie wyraźny spadek powierzchni dna pokrytego ramienicami odnotowano również w Jeziorze Czarnym k. Gawrych Rudy, co było wynikiem nieodpowiedzialnej ingerencji hydrotechnicznej – budowy kolektora odwadniającego jezdnię w zlewni jeziora (Zieliński, Górniak – dane niepublikowane). Podobny proces zaniku ra-

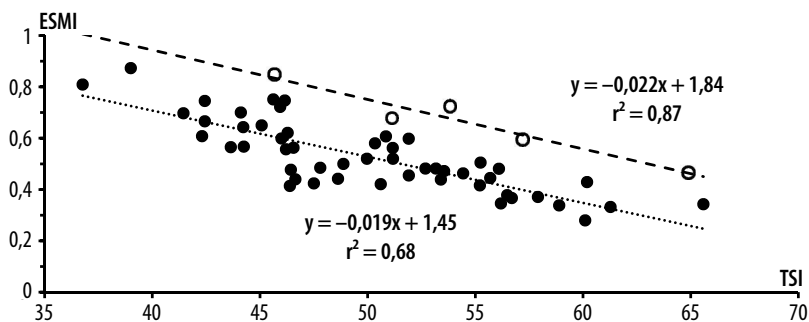
mienic odnotowano w latach 90. XX w. w Jeziorze Klonek w Wigierskim Parku Narodowym, mimo braku ewidentnych zmian jakości wód. Z tych powodów wskazana jest pełna inwentaryzacja zbiorowisk ramienicowych, tym bardziej że dla 2/3 jezior województwa nadal brakuje danych. Przy prowadzeniu racjonalnej gospodarki w zlewniach jezior, konieczne jest zapobieganie trwałej ekstynkcji tych cennych zbiorowisk. Wymaga to również aktywnego zarządzania jeziorami, w których w ostatnich latach stwierdzono występowanie lobelii wodnej (*Lobelia dortmanna*) – m.in. w jeziorach Długie Augustowskie, Kalejty i Berżnik. W ramach monitoringu przyrodniczego GIOŚ w 2023 r. obecność lobelii stwierdzono także w Jeziorze Gremzdel (dorzecze Czarnej Hańcy). Wieloletnia dynamika roślinności w jeziorach jest zjawiskiem powszechnym i naturalnym. Przykładem tego jest ekspansja moczarki kanadyjskiej – rośliny rozmnażającej się tylko osobnikami żeńskimi – która została stwierdzona już w ponad połowie monitorowanych jezior regionu. Innym przykładem rośliny rozprzestrzeniającej się w ostatnich latach jest jeziorza morska (*Najas marinae* L.) z rodziny żabiściekowatych. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska powierzył jej obecność w 13 jeziorach, a biorąc pod uwagę wcześniejsze doniesienia, obecnie występuje ona w co najmniej 15 jeziorach województwa (Górniak i in. 2017).

Wskaźnik makrofitytowy dla jezior (ESMI), opracowany zgodnie z zasadami dyrektywy Unii Europejskiej, wskazuje na dobry lub bardzo dobry stan ekologiczny największych jeziorach województwa podlaskiego (tab. 9.2.2.3). Tylko niewielka część zbiorników (poniżej 15%) uzyskała wartości ESMI poniżej 0,4, co oznacza zaburzoną strukturę makrofitytów, najczęściej w wyniku zaawansowanej eutrofizacji wód i pogarszającej się różnorodności biologicznej ekosystemu. Struktura makrofitytów odzwierciedla stan troficzny jeziora, dlatego wartości ESMI pozostają w ścisłej zależności statystycznej z indeksem trofii TSI (rys. 9.2.2.1). Analiza pięciu jezior o zbliżonych wartościach TSI, lecz odmiennych wartościach ESMI, wykazuje, że na przebieg tej korelacji wpływa dodatkowy czynnik hydrologiczny. W jeziorach Serwy, Szlamy i Tajno współczesne podpiętrzenie wód wpływa korzystnie na rozwój i stabilność makrofitytów. Podobne efekty obserwuje się także w jeziorach, w których przekształcenia hydrologiczne miały miejsce w przeszłości, a ich skutki nadal są widoczne w strukturze zbiorowisk roślinnych. Przykładem jest Jezioro Dowcień, którego struktura makrofitytów odzwierciedla dawną antropogeniczną ingerencję w sieć hydrograficzną w sąsiedztwie Jeziora Wigry

(por. rozdz. *Hydrologia jezior*). Analogiczna sytuacja występuje w Jeziorze Tobołowo, położonym w zlewni rzeki Blizny, gdzie również odnotowano historyczne przekształcenia hydrologiczne, częściowo związane z budową Kanału Augustowskiego.

Tabela 9.2.2.3. Wskaźnik ESMI analizowanych jezior województwa podlaskiego przez GIOŚ w latach 2016-2021

ESMI	Liczba jezior	% jezior
<0,2	4	5,2%
0,2-0,29	3	3,9%
0,3-0,39	2	2,6%
0,4-0,49	9	11,7%
0,5-0,59	22	28,6%
0,6-0,69	19	24,7%
0,7-0,79	11	14,3%
>0,8	3	3,9%
razem	77	100,0%



Rys. 9.2.2.1. Zależność wskaźnika trofii (TSI) od wskaźnika makrofitowego (ESMI) w jeziorach województwa podlaskiego monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2021; znaczniki bez wypełnienia dotyczą jezior: Serwy, Szlamy, Tobołowo, Tajno, Dowcień

9.3. Fauna bentosowa

Podłoże ekosystemów wodnych, zarówno mineralnych, jak i organicznych, charakteryzuje się wysokim bogactwem gatunkowym fauny, co jest konsekwencją obfitości i różnorodności dostępnych zasobów pokarmowych. Największą różnorodność gatunkową stwierdza się w strefie litoralu jezior oraz w osadach dennych rzek, szczególnie w warstwach powierzchniowych osadów, gdzie utrzymuje się obecność tlenu. Proces sedymentacji kolejnych warstw autochtonicznego lub allochtonicznego detrytusu tworzy stabilne warunki dla rozwoju wielu grup organizmów bentosowych (Kajak 1988). Regularny monitoring fauny dennej, prowadzony przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w rzekach i jeziorach Polski, dostarcza wielu istotnych danych na temat składu i struktury tych zespołów, a jednolita metodyka zapewnia porównywalność uzyskanych wyników w skali krajowej (zał. 6Z). W środowiskach wodnych identyfikuje się zarówno typowe taksony wodne, odbywające cały cykl życiowy w wodzie, jak również formy lądowe, których larwy lub poczwarki rozwijają się w środowisku wodnym. Zagęszczenie fauny dennej może się znacznie różnić – od kilkuset do kilku tysięcy osobników na metr kwadratowy – w zależności od składu i ilości materii organicznej w osadach oraz intensywności jej biologicznej utylizacji przez bentosowe hydrobionty. Dlatego istotną rolę odgrywa rodzaj dna oraz charakter deponowanych osadów, które mogą mieć charakter mineralny (krzemianowy) lub mineralno-organiczny.

Okazuje się, że naturalna niejednorodność dna większych rzek powoduje efekt tzw. plamistości rozmieszczenia fauny, co utrudnia interpretację wyników. Przykładem może być rzeka Biebrza, w której jedną z głównych przyczyn dużego zróżnicowania zagęszczenia fauny bentosu jest obecność warstw torfu w dnie koryta. Tego typu podłoże praktycznie nie jest aktywnie zasiedlane przez organizmy denne (A. Lulkiewicz, dane niepublikowane). Z drugiej strony interakcje wód podziemnych w korycie rzek mogą powodować lokalne zagęszczenia bentosu w strefach występowania „upwellingu” – czyli wypływu wód podziemnych ku powierzchni dna. Taki przepływ poprawia warunki tlenowe w strefie interstycjalnej, co sprzyja zasiedlaniu osadów przez organizmy bentosowe. Umożliwia to głębszą penetrację osadów m.in. przez larwy ochotkowatych (*Chironomidae*) czy lokalną kolonizację przez drobne skorupiaki, takie jak małżoraczki.

7.3.1. Fauna bentosowa strumieni i rzek

W faunie bentosowej strumieni i rzek województwa podlaskiego odnotowano 121 taksonów (na poziomie rodzin) należących do 21 grup organizmów, różniących się statusem ekologicznym oraz pełnionymi w ekosystemach wodnych funkcjami (tab. 9.3.1.1). Najliczniej reprezentowane były rodziny należące do muchówek, chruścików, ważek i chrząszczy, czyli bogatej systematycznie grupy owadów, które tworzą główną bazą pokarmową dla ptaków. Wśród nich należy odnotować obecność taksonów wymagających siedlisk o bardzo wysokiej jakości ekologicznej – czystych, nieprzekształconych i dobrze natlenionych wód, zapewniających ich rozmnażanie i utrzymanie stałej populacji (tab. 9.3.1.2). Do organizmów o takich wymaganiach należy m.in. szereg gatunków widelnic, ważek, chrząszczy czy gąbek słodkowodnych.

Tabela 9.3.1.1. Charakterystyka analiz fauny bentosowej w wodach płynących województwa podlaskiego; według danych GIOŚ (lata 2016-2022)

Parametr	Typ wód płynących		
	strumienie i rzeki	dopływy bez nazwy własnej	kanały
liczba stanowisk	174	51	8
średnia liczba taksonów	19	18	19
minimalna liczba taksonów na stanowisku	8	6	17
maksymalna liczba taksonów na stanowisku	31	31	26
średnie liczebność osobników na 1 m ²	529	546	408
wskaźnik Margalefa	6,93	6,46	6,94
uproszcz wskaźnik Margalefa	423	446	322
wskaźnik Shannona	1,95	1,87	2,10
wskaźnik równocенności (EH)	0,67	0,65	0,71

Obecność niektórych taksonów makrozoobentosu w rzekach regionu jest wynikiem negatywnych, aktualnych lub dawnych oddziaływań antropogenicznych na środowisko wodne. Relatywnie rzadsze występowanie gąbek słodkowodnych wynika w większym stopniu z usuwania z koryta fragmentów drzew (stanowiących dla nich stabilne podłoże) niż z chemicznego zanieczyszczenia wód, które – wbrew wcześniejszym opiniom – nie jest obecnie czynnikiem dominującym. Wzrost częstości występowania skąposzczetów (*Oligochaeta*), uznawanych za

wskaźniki eutrofizacji wód, jest bardziej odpowiedzią hydrobiontów na zwiększoną ilość drobnych cząstek (pyłu i koloidów) w osadach niż na wodny ładunek biogenów. W warunkach postępujących zmian hydrologicznych oraz braku dużych i częstszych wezbrań, należy spodziewać się dalszego zwiększania się udziału skąposzczetów, mimo równoległej poprawy jakości chemicznej wód. Co istotne, skąposzczety spotyka się w mniejszej liczbie rzek niż larwy muchówek z rodziny *Chironomidae*. W ponad 70% rzek województwa występują pijawki (*Erpobdellidae*), bardzo drobne małżyki (*Spheridae*) oraz pławikoniki (*Asellidae*) (tab. 9.3.1.3). Jednocześnie w rzekach o przekształconym korycie i uproszczonej strukturze strefy brzegowej (riparialnej), zmniejszają się zasoby bazy pokarmowej dla bentosu. Redukcja naturalnej heterogeniczności środowiska skutkuje bowiem ograniczeniem dostępności nisz siedliskowych i bazy pokarmowej dla organizmów bentosowych, co znajduje odzwierciedlenie w niższych wartościach wskaźników bioróżnorodności.

Tabela 9.3.1.2. Systematyczne ujęcie obecnej fauny bentosowej rzek województwa podlaskiego w latach 2016-2022; według danych GIOŚ

Grupy organizmów bentosowych	Liczba rodzin	Grupy organizmów bentosowych	Liczba rodzin
skąposzczety	1	obunogi	3
wirki	1	pajęczaki	1
wypławki	2	wodopójki	1
gąbki	1	pijawki	5
małże	3	pluskwiaki	10
ślimaki	10	równonogi	1
chruściki	14	sieciarki	1
chrząszcze	12	ważki	12
jętki	11	widelnice	4
motyle	3	wielkoskrzydłe	1
małżoraczki	1	raki	1
muchówki	20	rakowce	1
nitnikowate	1		
razem	121		

Tabela 9.3.1.3. Częstość występowania taksonów makrobentosu rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2022; według danych GIOŚ oraz obliczeń własnych

% analizowanych stanowisk	Rodziny makrobentosu
>90	Chironomidae, Limnephilidae
70-80	Asellidae, Baetidae, Erpobdellidae, Sphaeriidae
50-70	Gammaridae, Lymnaeidae, Oligochaeta Glossiphoniidae
40-50	Bithyniidae, Caenidae Dytiscidae Calopterygidae
30-40	Coenagrionidae, Hydropsychidae, Polycentropodidae, Ephemeridae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Sialidae
20-30	Nemouridae, Gerridae, Platycnemididae, Tabanidae, Leptoceridae, Elmidae, Hydrachnida, Gomphidae, Viviparidae
10-20	Gyrinidae, Haliplidae, Physidae, Hydrophilidae, Unionidae, Notonectidae, Corixidae, Libellulidae, Chrysomelidae,
5-10	Heptageniidae (MMI), Astacidae, Tipulidae, Lepidoptera, Neritidae, Nepidae, Araneae, Acroloxidae, Scirtidae, Leptophlebiidae, Hydroptilidae, Molannidae, Aeshnidae, Valvatidae, Athericidae, Pychomyiidae, Corduliidae/Libellulidae,
1-5	Sericostomatidae, Heptageniidae (z wyjątkiem rodzajów Epeorus i Rhithrogena), Stratiomyidae, Dixidae, Hydraenidae, Pedicidae, Gordiidae, Pleidae, Hydrobiidae, Dreissenidae, Ephemerellidae, Ancylidae, Conchostraca, Haemopidae, Beraeidae, Ecnomidae, Glossosomatidae, Muscidae, Phryganeidae, Dolichopodidae, Siphonuridae, Sciomyzidae, Mesoveliidae, Spercheidae
<1	Ameletidae, Cambaridae Heptageniidae (rodzaje Epeorus i Rhithrogena), Lepidostomatidae, Empididae, Psychodidae, Ephyridae, Spongillidae, Ferrissiidae, Syrphidae, Hebridae, Turbellaria

W strefie niestabilnego w czasie i zróżnicowanego przestrzennie dna rzek regionu, stale opływanego wodami, przeciętnie występuje 18-19 taksonów, przy czym ich liczba waha się od kilku do ponad 30 w zależności od rzeki i lokalizacji. Największym bogactwem taksonomicznym wyróżniają się Narew, Jędrznia i Orlanka. Różnorodność bentosu rzek pojeziernych znacząco przewyższa tę obserwowaną w rzekach wysoczyznowych (tab. 9.3.1.4). W rzekach województwa podlaskiego, nie tylko tych pojeziernych, zadomowiły się gatunki inwazyjne, np. racicznica zmienna *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Dzięki dużej ekspansywności są one stwierdzane nawet w małych, bezimiennych strumieniach. W niektórych rzekach pojawiają się rzadkie dla regionu taksony, które wskazują

na specyficzny układ siedliska, preferowany przez te organizmy (tab. 9.3.1.5.). Przykładowo, osady organiczne Narewki sprzyjają dużemu zagęszczeniu małżoraczków (*Conchostraca*), co potwierdzają wcześniejsze badania (Dumnicka i in. 2016). W Czarnej Hańczy natomiast swoje siedlisko znalazły prymitywne wązki z rodziny *Siphonuridae*.

Tabela 9.3.1.4. Zróżnicowanie taksonomiczne fauny bentosowej największych rzek województwa podlaskiego na podstawie monitoringu GIOŚ z lat 2016-2022; H – wskaźnik bioróżnorodności Shannona, EH – wskaźnik równocенności gatunkowej, MMI – wskaźnik bentosowy

Rzeka	Liczba stanowisk	Liczba taksonów			H	EH	MMI
		razem	min	max			
Bug	1	23			1,98	0,63	0,68
Biebrza	3	31	9	26	2,18	0,78	0,73
Brzozówka	3	33	17	24	2,10	0,72	0,69
Czarna Hańcza	4	42	14	19	2,47	0,88	0,77
Gać	2	21	11	17	1,74	0,68	0,66
Jegrznia	2	40	23	31	2,20	0,66	0,82
Łojewek	2	31	19	22	1,24	0,66	0,77
Marycha	2	27	17	20	2,59	0,89	0,63
Narew	7	58	19	30	1,64	0,52	0,86
Narewka	2	31	21	23	2,07	0,67	0,80
Netta	2	29	16	23	2,61	0,89	0,82
Nurzec	2	34	18	25	1,83	0,60	0,67
Orlanka	2	40	21	22	1,57	0,51	0,69
Pisa	2	31	19	24	1,33	0,44	0,87
Rospuda	2	25	15	16	2,20	0,80	0,81
Słoja	2	19	12	14	1,54	0,61	0,87
Sokołda	2	35	18	29	2,44	0,78	0,56
Supraśl	4	39	13	22	1,95	0,69	0,93
Szeszupa	2	36	24	25	2,46	0,77	0,46

Tabela 9.3.1.5. Taksony bentosu rzek obecne w województwie podlaskim tylko w wymienionych rzekach podczas monitoringu GIOŚ w latach 2016-2022

Rzeka	Taksony
Brzozówka	Spercheidae
Czarna Hańcza	Siphonuridae
Łojewek	Amphipoda, Ancyliidae
Narewka	Conchostraca
Narew	Neophemeridae
Orlanka	Dryopidae, Stratiomyidae
Słoja	Mesoveliidae
Supraśl	Dixidae, Haemopidae
Szeszupa	Beraeidae, Sericostomatidae

Struktura liczebności bentosu rzek jest bardzo ściśle powiązana z charakterem obniżen terenu przez które przepływają. Zestawienie w tabeli 9.3.1.6. wyraźnie wskazuje, że występowanie poszczególnych grup organizmów zależy od jakości i ilości bazy pokarmowej dostępnej w wodach płynących przez nizinne układy krajobrazowe. W strumieniach leśnych, przy bogactwie detrytusu, dominują ślimaki (*Gastropoda*), larwy muchówek, skąposzczety, a także ośliczki i kietże wodne. Razem stanowią ponad 3/4 wszystkich osobników, podobnie jak w dużych rzekach, takich jak Narew czy Bug. Larwy muchówek i skąposzczety, cechujące się większą względną liczebnością, były częściej notowane w rzekach dolin torfowiskowych oraz systemach leśno-polnych wysoczyzn niż w typowo leśnych terenach. Wraz ze wzrostem wielkości rzeki (szerokość koryta, przepływ), obserwuje się spadek udziału ślimaków, przy jednoczesnym wzroście udziału ważek (*Odonata*). Jętki pojawiają się liczniej w rzekach otoczonych torfowiskami lub w systemach rzeczno-jeziornych. Widelnice, unikające wód z okresowymi deficytami tlenu, są nieobecne w dolinach rzek o rozległych torfowiskach, dlatego należą do grup rzadziej spotykanych w województwie. Stałym składnikiem fauny rzecznej są natomiast pijawki, choć prawnie chroniona pijawka lekarska występuje sporadycznie – z większą częstością pojawia się w małych, bezimiennych rzekach niż w rzekach o większym przepływie. Postępująca antropogenizacja środowiska wodnego sprzyja jednak ich rozprzestrzenianiu się oraz zmianom w strukturze gatunkowej (Adamiak-Bruk i in. 2018). Grupa ta była intensywnie badana w drugiej połowie XX w. w województwie podlaskim przez dr. hab. J. Wilkialisa

z Uniwersytetu w Białymstoku (Wilkialis 1968, 1982). Wysoką stałość (ponad 40%) w zespołach bentosowych rzek województwa wykazują chrząszcze wodne, przede wszystkim osobniki z rodzin pływakowatych, osuszkowatych i krętakowatych (tab. 9.3.1.7).

Tabela 9.3.1.6. Udział procentowy grup bentosu rzecznoego w województwie podlaskim według charakteru doliny; na podstawie danych GŁOŚ (opracowanie własne). H – wskaźnik różnorodności Shannona

Parametry	Strumień	Rzeki			Duże rzeki
	las	torfowiska	wysoczyzny polno-leśne	pojezierne	
liczba rzek	4	4	5	7	2
H	1,86	2,19	2,01	2,23	1,89
udział % w liczebności					
Chiron. i Olig	27,4%	39,9%	31,6%	9,8%	57,6%
Asell. i Gamar.	20,5%	6,6%	16,5%	8,3%	11,5%
Bivalvia	9,9%	13,4%	10,6%	6,5%	2,4%
Gastropoda	27,6%	6,6%	5,7%	2,2%	7,2%
Odonata	1,2%	3,4%	3,4%	6,4%	9,9%
Ephemeroptera	4,3%	16,4%	9,8%	22,0%	2,7%
Trichoptera	0,4%		1,1%	7,5%	
Euhirudinea	3,2%	0,9%	2,4%	2,5%	0,5%
inne	5,5%	12,8%	18,9%	34,8%	8,2%

Nie tylko grupa pijawek podlega istotnym zmianom liczebności i struktury w bentosie rzek i strumieni w wyniku przekształcania terenów leśnych w pola uprawne i obszary zurbanizowane. Analizy trzech strumieni o zbliżonej wielkości zlewni i podobnym średnim przepływie, przeprowadzone w okolicach Białegostoku, wykazały, że zespoły organizmów zasiedlających dno są dość zróżnicowane. Zmiany charakteru roślinności oraz reżimu odpływu drobnych nizinnych strumieni powodują jakościowe różnice w dopływie detrytus, co ogranicza rozwój rozdrabniaczy (tab. 9.3.1.8). Pojawiające się okresowe niedobory tlenu w wodzie rzek polnych i zurbanizowanych (zob. rozdz. *Warunki chemiczne rzek*) prowadzą do spadku liczebności niektórych grup, m.in. przedstawicieli *Amphipoda* i *Trichoptera*. Siedliska strumieni śródpolnych i miejskich są natomiast intensywnie kolonizowane przez

muchówki, ślimaki wodne i pijawki. Jednocześnie obserwuje się spadek różnorodności biologicznej i zdolności ekosystemów wodnych do samooczyszczania.

Tabela 9.3.1.7. Charakterystyka występowania chrząszczy podczas monitoringu rzek w latach 2016-2022 przez GIOŚ

Rodzina	Polska nazwa	Liczba stanowisk	% stanowisk z występowaniem chrząszczy	% badanych stanowisk rzek
Chrysomelidae	stonkowate	26	20,3%	15,2%
Curculionidae	ryjowcowate	1	0,8%	0,6%
Dryopidae	dzierzonicowate	5	3,9%	2,9%
Dytiscidae	plywakowate	73	57,0%	42,7%
Elmidae	oszuszkowate	38	29,7%	22,2%
Gyrinidae	krętakowate	35	27,3%	20,5%
Haliplidae	flisakowate	24	18,8%	14,0%
Hydraenidae	tzw. chrząszcze drobne mszaków	6	4,7%	3,5%
Hydrophilidae	kałużnicowate	25	19,5%	14,6%
Scirtidae	tzw. chrząszcze bagienne	11	8,6%	6,4%
Spercheidae	gnuski	2	1,6%	1,2%

Obecność i natężenie stresorów środowiskowych wpływających na faunę bentosową rzek stanowiły przesłankę do opracowania oraz stosowania polskiego mulimetrycznego wskaźnika bentosu (MMI) w ocenie stanu ekologicznego wód, zgodnie z wytycznymi Ramowej Dyrektywy Wodnej Unii Europejskiej (Bis, Mikułec (red.) 2013).

W przypadku rzek województwa podlaskiego wskaźnik ten przyjmował wartości w pełnym zakresie (od 0 do 1), osiągając średnio 0,70 na podstawie danych z 189 stanowisk. Po uwzględnieniu efektów interkalibracji wyników stwierdzono, że 11% stanowisk wykazywało bardzo dobry stan zespołu bentosu, 44% – stan dobry, 34% – umiarkowany, 11% – stan słaby i zły. Upoważnia to do ogólnego stwierdzenia, że stan przyrodniczy bentosu rzeczno-egzonalnego w regionie należy uznać za dobry, przy czym rzeki pojezierne uzyskiwały w ocenach wyniki wyższe niż wysoczyznowe. Warto także odnotować, że rzeki i strumienie wysoczyznowe

przepływające przez zatorfione doliny osiągały średnio o ok. 10% niższe wartości MMI niż rzeki o dnie piaszczystym lub piaszczysto-gliniastym.

Tabela 9.3.1.8. Udział procentowy taksonów występujących w trzech nizinnych strumieniach o zróżnicowanym zagospodarowaniu (dane z 2018 r., według Pugacewicz 2019)

Podtyp, gromada lub grupa	Rząd	Biała	Cieliczanka	Dolistówka
		polna	leśna	zurbanizowana
Euhirudinea		27,5%	2,8%	11,8%
Crustacea	Isopoda	25,7%	17,9%	1,1%
	Amphipoda		12,3%	
Chelicerata	Araneae		1,2%	
	Hydrachnidia			1,1%
Insecta	Plecoptera			3,2%
	Odonata	2,1%	0,4%	1,1%
	Ephemeroptera		9,9%	3,2%
	Coleoptera	9,2%	7,9%	9,7%
	Trichoptera	0,5%	11,9%	3,2%
	Heteroptera	18,3%	2,4%	3,2%
	Diptera		22,6%	36,7%
Gastropoda		13,1%	9,1%	25,9%
Bivalvia		3,7%	1,6%	
liczba taksonów		19	28	20
zagęszczenie (os m ⁻²)		95,5	47,2	17,4
% EPT		0,52	21,8	9,7

9.3.2. Fauna bentosowa jezior

W strefie dna jezior występuje blisko o połowę mniej rodzin bezkręgowców niż w zespole bentosu rzeczno-jeziernego (tab. 9.3.2.1; rys. 9.3.2.1). Rozpoznanie taksonomiczne fauny bezkręgowej jezior jest zazwyczaj niepełne – umiarkowany poziom poznania osiągnięto jedynie w jeziorach Wigierskiego Parku Narodowego. W badaniach prowadzonych w 1/6 największych jezior województwa najwięcej taksonów stwierdzono wśród ważek, ślimaków i muchówek. Średnio zidentyfikowano w nich od 22 do 25 taksonów, co świadczy o większej różnorodności niż w rzekach oraz wyższe wartości wskaźnika Shannona (tab. 9.3.2.2). Nie zaobserwowano istotnego zróżnicowania taksonomicznego między poszczególnymi

grupami, choć zauważalne jest obniżenie różnorodności bentosu w jeziorach innych niż te położone w okolicach Sejn (tab. 9.3.2.3). W strukturze liczebności bentosu największy udział mają cztery grupy systematyczne: larwy muchówek (*Chironomidae*), skąposzczety (*Oligocheta*), ważki (*Ephemeroptera*) oraz wodopójki (*Hydrachnida*). Te ostatnie zdecydowanie rzadziej występują w bentosie rzek. W jeziorach augustowskich zaznacza się większy udział endobentosowych *Chironomidae*, skąposzczetów oraz wodopójek w porównaniu do innych jezior, co świadczy o bardziej zaawansowanej trofii tych zbiorników.

Przy wzroście żyzności wód jeziornych zaobserwowano statystycznie istotne obniżenie wskaźnika równocенności zespołu bentosu (EH) (rys. 9.3.2.2). Narastający poziom trofii, wyrażony wskaźnikiem TSI, był zawsze skorelowany ze wzrostem liczebności organizmów bentosowych oraz zmianami w strukturze ich grup systematycznych (rys. 9.3.2.3).

Tabela 9.3.2.1. Bezkręgowce bentosowe występujące w jeziorach województwa podlaskiego

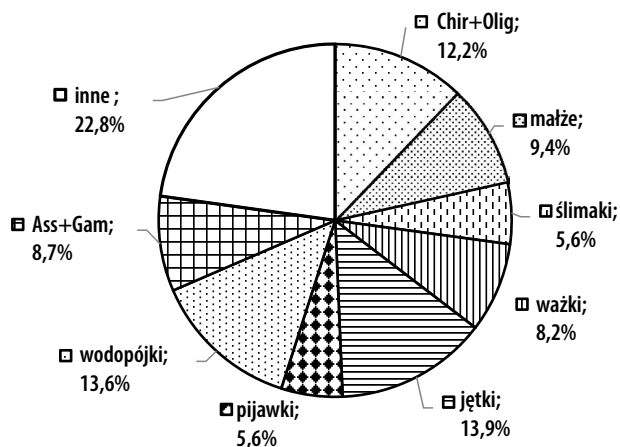
Grupy systematyczne	Rodziny	
	liczba	dominujące
Odonata	10	Coenagrionidae, Corduliidae/Libellulidae
Gastropoda	9	Lymnaeidae, Bithyniidae
Diptera	9	Chironomidae, Ceratopogonidae
Coleoptera	7	Dytiscidae, Haliplidae
Ephemeroptera	6	Caenidae, Baetidae
Trichoptera	6	Limnephilidae
Hemiptera	6	Corixidae, Gerridae
Euhirudinea	4	Erpobdellidae, Glossiphoniidae
Bivavia	3	Dreissenidae, Unionidae
Crustacea	2	Asellidae, Gammaridae
Branchiura	1	Argulidae
Decapoda	1	Cambaridae
Gordioida	1	Gordiidae
Turbellaria	1	Turbellaria
Plecoptera	1	Nemouridae
Araneae	1	
Hydrachnida	1	

Tabela 9.3.2.2. Zróżnicowanie fauny bentosowych bezkręgowców największych jezior województwa podlaskiego, analizowanych przez GIOŚ w latach 2016-2022 (opracowanie własne)

Grupy jezior	Liczba jezior	Liczba taksonów	Wskaźniki		
			Margalefa	Shanona	równocенności
wigierska	12	23	9,04	2,61	0,83
rospudzka	13	23	8,45	2,52	0,80
augustowska	11	22	8,42	2,47	0,80
sejneńska	10	23	8,80	2,65	0,85
rajgrodzka	3	25	9,19	2,64	0,82
razem		23	8,60	2,55	0,82

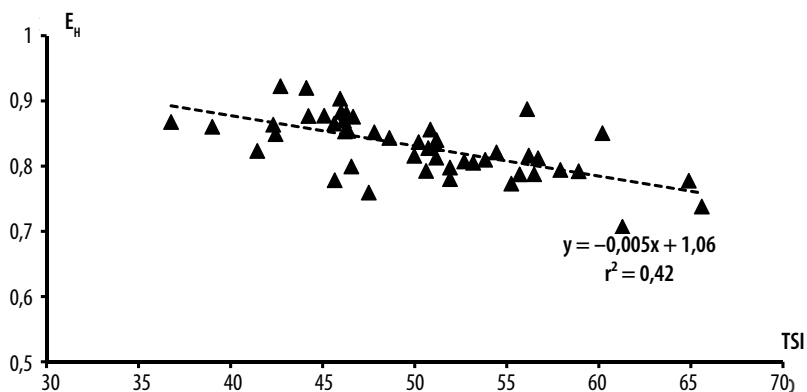
Tabela 9.3.2.3. Zróżnicowanie struktury liczebności bezkręgowców bentosowych w największych jeziorach województwa podlaskiego w latach 2016-2022 (dane GIOŚ, obliczenia własne)

Parametr	Grupa jezior				
	wigierska	rospudzka	augustowska	sejneńska	rajgrodzka
Chir + Olig.	12,6%	14,8%	15,2%	11,3%	13,5%
Bivalvia	7,9%	10,5%	11,6%	11,1%	5,1%
Gastropoda	5,9%	7,7%	10,2%	6,0%	3,2%
Odonata	8,2%	5,8%	6,5%	7,6%	4,5%
Ephemeraidae	15,1%	12,9%	13,4%	13,6%	19,2%
Euhirudinae	6,0%	5,9%	3,1%	4,2%	5,2%
Hydrachnida	13,7%	13,4%	16,9%	14,5%	10,9%
Ass + Gam.	8,8%	6,3%	7,9%	6,8%	7,1%
inne	21,8%	22,9%	15,2%	25,0%	31,2%
MMI	0,67	0,66	0,67	0,68	0,54

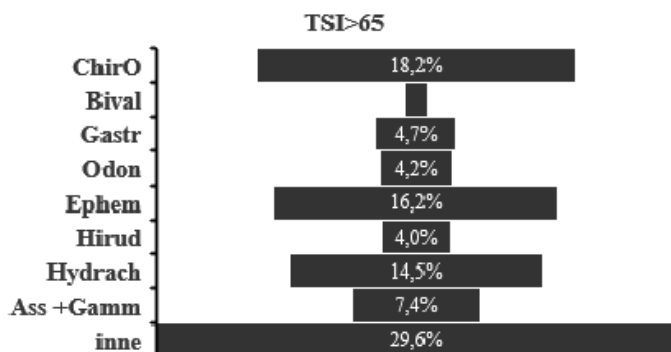
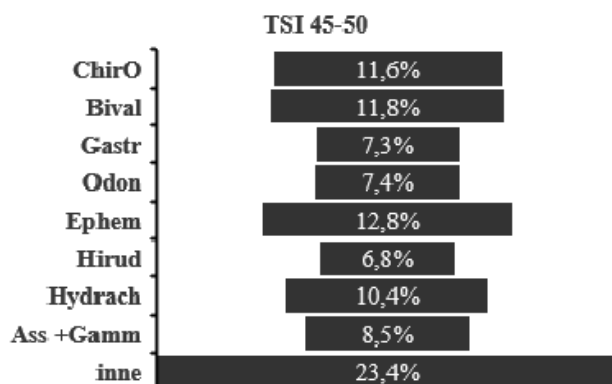
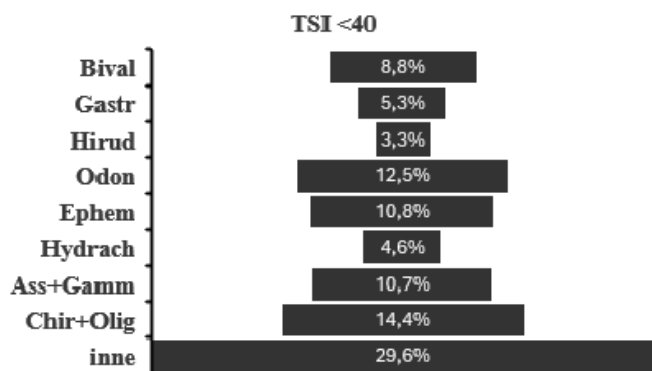


Rys. 9.3.2.1. Struktura bentosu jezior województwa podlaskiego na podstawie średniej liczebności (dane GIOŚ, obliczenia własne)

Wzrost produktywności jezior oraz zasobów materii organicznej w osadach, w połączeniu z rosnącą żyznością wód, skutkuje zwiększeniem liczebności larw muchówek i jętek, przy jednoczesnym spadku udziału ważek, kielży i ośliczek – organizmów charakteryzujących się wyższymi wymaganiami tlenowymi. W bentosie jezior widelnicze występują bardzo rzadko, mimo że w bentosie rzek województwa ich udział jest znaczący.

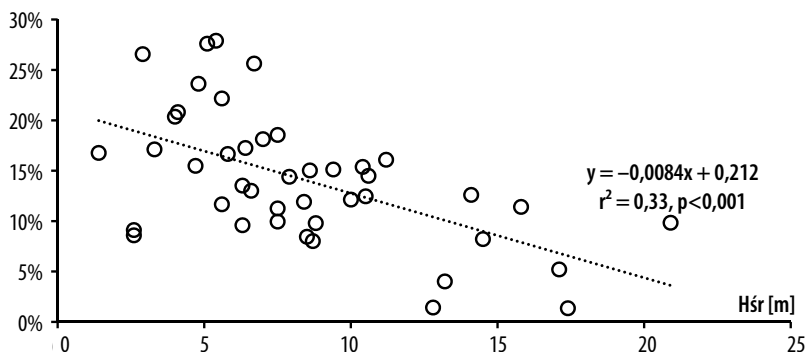


Rys. 9.3.2.2. Statystyczna zależność między wskaźnikiem Carlsona (TSI) a wskaźnikiem równocенności zespołu bentosu jezior województwa podlaskiego; obliczenia własne na podstawie danych GIOŚ



Rys. 9.3.2.3. Zmiany udziału liczebności analizowanych grup taksonomicznych bentosu jeziornego wraz ze wzrostem żyzności wód; TSI < 40 – jeziora mezotroficzne, TSI 45-50 – jeziora mezoeutroficzne, TSI > 65 – jeziora o zaawansowanej eutrofii

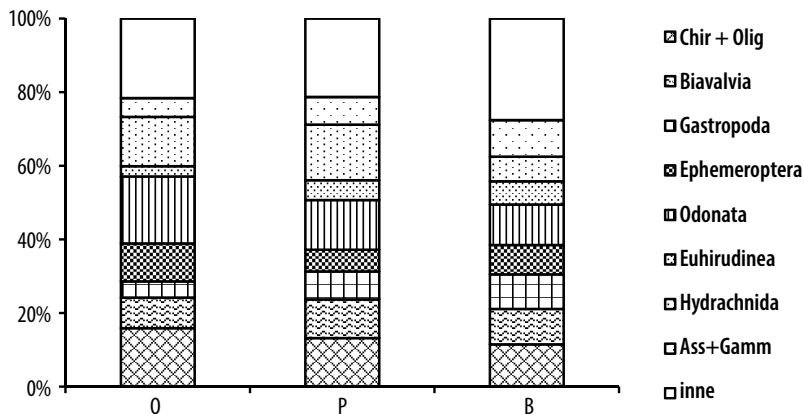
Szczegółowa analiza uwarunkowań siedliskowych zespołu bentosu jezior północno-wschodniej Polski ujawniła, że udział wodopójek (*Hydrachnida*) w bentosie maleje wraz ze wzrostem średniej głębokości jeziora (rys. 9.3.2.4); zależność ta jest statystycznie istotna ($r^2 = 0,33$, $p < 0,001$). Obszerna baza danych dotyczących jezior umożliwia wskazanie zależności ekohydrologicznych bentosu, wśród których istotną rolę odgrywają powiązania hydrologiczne (Zalewski (red.) 2020). Powierzchniowa izolacja hydrologiczna jezior sprzyja wzrostowi udziału ślimaków, pijawek, kielży i ośliczek, w porównaniu do jezior przepływowych i odpływowych (rys. 9.3.2.5). Tego typu zbiorniki nie sprzyjają wysokim populacjom drapieżników bezkręgowych, takim jak wodopójki czy pijawki. Przeciwnie – w jeziorach przepływowych, pozostających w kontakcie z rzekami, obserwuje się zwiększony udział w bentosie małży, ważek i wodopójek, przy jednoczesnym spadku liczebności innych grup ważek.



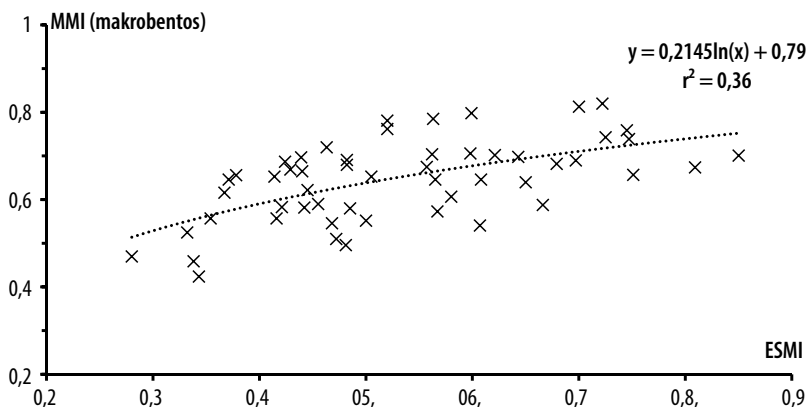
Rys. 9.3.2.4. Zależność procentowego udziału wodopójek (*Hydrachnida*) w całkowitej liczebności bentosu jezior województwa podlaskiego, monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2022; obliczenia własne

Powyższe dane dotyczą bentosu jezior harmonijnych. Rozpoznanie zespołów bentosowych w jeziorach dystroficznych prowadzono pod koniec XX w. jedynie na terenie Wigierskiego Parku Narodowego pod kierunkiem dr M. Kamińskiego. Wówczas stwierdzono obecność 21 grup systematycznych, reprezentujących niemal wszystkie grupy bezkręgowców wodnych oznaczanych w badaniach. Najliczniejsze były: *Diptera*, *Chironomidae*, *Oligocheta*, *Nematoda*, *Ephemeroptera* oraz *Hydracarina*. Mimo oligotroficznego charakteru siedlisk, zespół bentosu nie

należy do ubogich. Szczególną uwagę zwraca bogactwo endobentosu (*Chironomidae*, *Oligocheta*, *Nematoda*) typowe dla jezior eutroficznych (tab. 9.3.2.4).



Rys. 9.3.2.5. Struktura względnej liczebności grup bentosu jezior województwa podlaskiego w zależności od typu hydrologicznego jeziora; O – jeziora odpływowe, P – przepływowe, B – bez powierzchniowego dopływu i odpływu



Rys. 9.3.2.6. Zależność statystyczna między wskaźnikiem makrofitowym a bentosowym w jeziorach województwa podlaskiego monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2022

W jeziorach województwa podlaskiego monitorowanych przez GIOŚ wskaźnik bentosowy przyjmował wartości w stosunkowo wąskim zakresie (od 0,42

do 0,82), osiągając średnią wartość 0,66, bez istotnego zróżnicowania między wydzielonymi skupiskami jezior (rys. 9.3.2.6). W porównaniu do wskaźnika makrofitowego (ESMI), stosowanego również w monitoringu, wskaźnik bentosowy wykazuje mniejszą czułość diagnostyczną. Makrofity są zazwyczaj bardziej reaktywne na zmiany siedliskowe niż bezkręgowce, które funkcjonują na wyższych poziomach piramidy troficznej, gdzie efekty stresu środowiska bywają tłumione.

Tabela 9.3.2.4. Charakterystyka fauny bentosowej dziewięciu jezior dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego (Michalec 1989); liczba jezior ze stwierdzonym występowaniem taksonów o zakres liczebności [osobniki·m⁻²]

Grupy systematyczne	Liczba jezior	Zakres
Hydra sp.	4	0,2-2,0
Turbellaria	8	0,3-5,7
Nematoda	9	7,5-200
Oligochaeta	9	93-561
Hirudinea	8	0-2,6
Chironomidae	9	166-1000
Certeropogonidae	9	29-136
Dixidae	9	0,3-6
Chaoborus sp.	8	0,1-8
Cylindrotomidae	9	0,1-2,3
Diptera	9	222-1039
Coleoptera	9	3,3-8,3
Heteroptera	9	0,4-5,2
Odonata razem	9	1-7,8
Trichoptera	9	2,2-19,7
Ephemeroptera	9	1,3-168
Hydracarina	9	23-75
Araneae	9	0,4-15,6
Asellus aquaticus	2	0,7-7,5
Gastropoda	2	0,3-1,7
Pisidiidae	2	0,8-73
Razem liczebność		429-1340

9.4. Ichtiofauna

9.4.1. Ichtiofauna rzek

W rzekach województwa podlaskiego stwierdzono występowanie 42 gatunków ryb i minogów, co stanowi blisko 12% gatunków odnotowanych w Polsce (tab. 9.4.1.1). Wśród nich dwa to gatunki minogów (ukraiński i strumieniowy), pozostałe zaś to przedstawiciele ryb kostnoszkieletowych. Najliczniejszą grupę stanowią karpioвате (22 gatunki), a następnie okoniowate (4 gatunki). Po dwa gatunki przynależą do kolejnych rodzin, a z rodzin szczupakowatych i dorszowatych występuje po jednym gatunku – odpowiednio szczupak i miętus pospolity. Listę gatunków ryb rzecznych zarejestrowanych w latach 2016-2022 na terenie województwa podlaskiego prezentuje załącznik 7Z. Do zestawienia należy również dodać łososa atlantyckiego (*Salmo salar*), którego obecność odnotowano w 1955 r. przy ujściu rzeki Elk do Biebrzy (Witkowski 1984). Pojawienie się tego gatunku tuż po II wojnie światowej świadczy o istnieniu dawnych, niezakłóconych szlaków migracyjnych ryb anadromicznych z Bałtyku do dorzecza Narwi. Obecnie swobodne migracje tego typu nie są możliwe z powodu licznych i wysokich piętrzeń, zarówno na Wiśle, jak i na Niemnie. W strumieniach i rzekach I, II i III rzędu stwierdzono o 2 gatunki więcej niż w rzekach wyższego rzędu. Przeciętnie w bezimiennych rzekach (zazwyczaj I rzędu, niekiedy z okresowym przepływem wody) występują średnio po 4 gatunki ryb (od 1 do 12 gatunków). W stałych rzekach liczba ta jest ponad dwukrotnie wyższa – średnio 10 gatunków, przy znacznie szerszym zakresie liczby stwierdzanych gatunków. Największą różnorodność ryb (20 gatunków) odnotowano w rzece Pisa i Nereśl. W ramach systematycznego monitoringu nie stwierdzono ryb w pięciu małych rzekach: Wizga, Bargłówka, Strabelka, Orlówka i Liza.

Tabela 9.4.1.1. Liczba gatunków ryb i minogów obecnych w największych rzekach województwa podlaskiego w latach 2016-2022, w tym gatunki najcenniejsze; + – gatunek w dolnym biegu rzeki, (+) – gatunek w górnym lub środkowym biegu

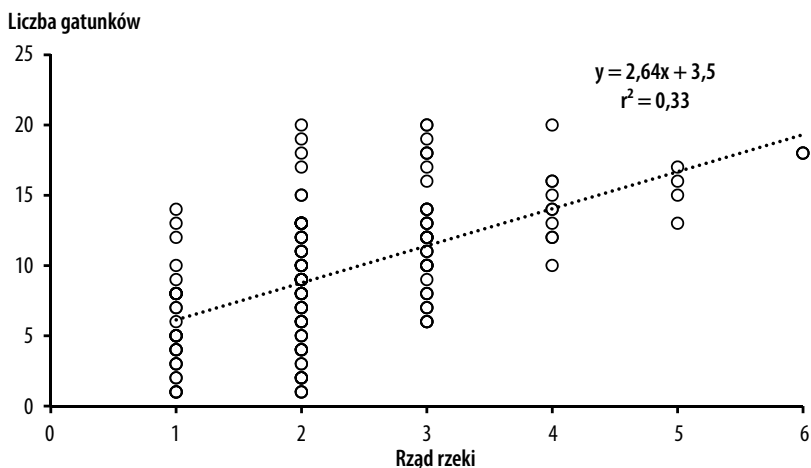
Rzeka	Liczba gatunków		Najcenniejsze gatunki ryb				
	Odcinek górny i środkowy	Odcinek dolny	<i>Salmo trutta fario</i>	<i>Thymallus thymallus</i>	<i>Rhodeus amarus</i>	<i>Misgurnus fossilis</i>	<i>Phoxinus phoxinus</i>
			pstrąg potokowy	lipień	różanka	piskorz	strzebla potokowa
Marycha	6-11	14	+	+	(+)	+	+
Czarna Hańcza	2-10	13		(+)	+		
Pisa	poza woj.	20			+		
Netta	8-10	16			+	+	
Biebrza	6-11	16			+	+	
Supraśl	2-9	14		(+)	+	(+)	(+)
Nereśl	6-10	20			+	+	
Nurzec	6-10	16			+		
Orlanka	6-7	10			+		
Bug	poza woj.	18			+		
Narew	12-15	17			+	+	

Tabela 9.4.1.2. Klasyfikacja gatunków ryb według cech rozrodczych (Balon 1975) oraz częstość ich występowania w zależności od rzędowości rzek województwa podlaskiego; wartości obliczone na podstawie danych źródłowych GIOŚ

Grupy gatunków	Rząd rzeki		1-3	4-6
	liczba stanowisk/rzek		137	36
gatunki nieochraniające jaj lub potomstwa				
lito-pelagofile	A.1.2	miętus pospolity	36,5%	58,3%
litofile	A.1.3	kleń	33,6%	61,1%
		strzebla potokowa	17,5%	8,3%
		piekielnica	5,8%	19,4%
		boleń pospolity	1,5%	2,8%
		brzana pospolita	0,7%	5,6%

Grupy gatunków	Rząd rzeki		1-3	4-6
	liczba stanowisk/rzek		137	36
fito-litofile	A.1.4	jelec	31,4%	27,8%
		jaż	16,8%	58,3%
		okoń	50,4%	83,3%
		jazgarz	2,9%	13,9%
		płoc	55,5%	100,0%
		ukleja pospolita	21,2%	72,2%
		krąp	19,0%	69,4%
		leszcz	5,1%	13,9%
fitofile	A.1.5	szczupak	62,8%	88,9%
		wzdreğa	9,5%	44,4%
		lin	30,7%	52,8%
		karaś pospolity	7,3%	8,3%
		karaś srebrzysty	17,5%	16,7%
		karp	0,7%	2,8%
		piskorz	40,1%	41,7%
		koza pospolita	32,1%	63,9%
psammofile	A.1.5	kielb pospolity	71,5%	91,7%
		śliz	43,1%	36,1%
gatunki nieochraniające jaj, wylęg ukryty				
litofile	A.2.3	minóg strumieniowy	3,6%	2,8%
		pstrąg potokowy	13,9%	2,8%
ostrakofile	A.2.4	różanka europejska	40,9%	72,2%
gatunki pilnujące, wylęg dozorowany				
fitofile	B.1.4	słonecznica pospolita	35,0%	30,6%
		sum pospolity	0,7%	11,1%
gatunki pilnujące i gniazdujące				
ariadnofile	B.2.4	ciernik	62,0%	25,0%
		cierniczek północny	49,6%	8,3%
fitofile	B.2.5	sandacz pospolity	1,5%	11,1%
speleofile	B.2.7	sumik karłowaty	0,7%	0,0%
		głowacz białopłetwy	2,9%	5,6%
		głowacz przęgopłetwy	3,6%	0,0%

Rzeki województwa podlaskiego zasiedlają gatunki ryb reprezentujące wszystkie grupy pod względem cech rozrodczych (tab. 9.4.1.2) oraz typów ekologicznych, takich jak drapieżniki, bentosożerne i planktonożerne. Skład zespołów ryb w dużym stopniu zależy od rzędowości rzek (rys. 9.4.1.1), a struktura gatunkowa w początkowych odcinkach rzek jest przestrzennie znacznie bardziej zróżnicowana w porównaniu u do rzek o rzędowości większej niż III. W większych rzekach najczęściej spotyka się 6 gatunków, których częstość występowania przekracza 70%, zaś w drobnych potokach taką częstością charakteryzuje się jedynie kielb pospolity. Oprócz gatunków pospolitych, występują 3 gatunki rzadkie, tzn. pstrąg potokowy, lipień, strzebla potokowa oraz 2 gatunki ujęte w II załączniku Dyrektywy Siedliskowej Unii Europejskiej – różanka i piskorz. Odnotowano je jedynie w 40% rzek I-III-rzędowych, co świadczy o niewielkim stopniu przekształcenia ichtiofauny w tym regionie. Gatunki łososiowate, charakteryzujące się wysokimi wymaganiami siedliskowymi i występujące jedynie w wodach niezanieczyszczonych, obecne są w dorzeczu Supraśli (Ślōja, Sokółda), Marychy, Szeszupy i Czarnej Hańczy. W granicach województwa podlaskiego odnotowano również obecność pięciu gatunków obcych o charakterze inwazyjnym: czebaczka amurskiego, babki rzecznej, babki tysej, trawianki i sumika karłowatego (tab. 9.4.1.3).



Rys. 9.4.1.1. Wpływ rzędowości rzek na liczbę gatunków ryb w rzekach województwa podlaskiego

Tabela 9.4.1.3. Liczba stanowisk, na których stwierdzono obecność inwazyjnych gatunków ryb w potokach i rzekach województwa podlaskiego (dane GIOŚ)

Gatunek	Rzędowość	
	1-3	4-6
liczba stanowisk	137	36
czebaczek amurski	13	0
głowacz przegopletwy	5	2
sumik karłowaty	1	2
kielb Władykowa	2	0
trawianka	2	0

W rzekach o większej rzędowości województwa podlaskiego zagęszczenie ryb jest dwukrotnie większe niż w małych ciekach, uznawanych za strumienie. W grupie strumieni najmniejsze zagęszczenie obserwuje się w regionach pojeziernych, podczas gdy rzeki tego samego regionu charakteryzują się najwyższym zagęszczeniem spośród wszystkich rzek województwa (tab. 9.4.1.4). Potoki i rzeki przepływające przez zatorfione doliny wykazują zagęszczenie ryb pośrednie – między notowanymi dla rzek pojeziernych a nizinnych piaszczystych.

W głównych rzekach województwa zestawionych w tab. 9.4.1.4. wyróżniają się trzy grupy rzek o zróżnicowanej biomasie ryb. Pierwsza z nich to rzeki najbardziej zasobne w ichtiofaunę, ze średnią biomasą ponad 35 g m^{-2} ($3,5 \text{ kg na } 100 \text{ m}^2$); należą do nich Łojewek, Nereśl, Sidra i Świsłocz. Druga, najliczniejsza grupa, obejmuje 17 rzek o średniej biomasie ryb 15 g m^{-2} ($1,5 \text{ kg na } 100 \text{ m}^2$). Trzecią, najmniej liczną grupę tworzą rzeki o biomasie ryb mniejszej niż 5 gm^{-2} ($0,5 \text{ kg na } 100 \text{ m}^2$), obejmującą rzeki pojezierne oraz rzeki Puszczy Białowieskiej.

W odniesieniu do typologii abiotycznej rzek (tab. 9.4.1.5) obserwuje się, że jednostkowa zasobność w ryby wzrasta od potoków do rzek nawet 4-5-krotnie, po czym ponownie obniża się w przypadku dużych rzek.

Tabela 9.4.1.4. Średnie zagęszczenie i biomasa ryb w największych rzekach województwa podlaskiego, według dorzeczy; wyliczenia na podstawie danych GIOŚ z lat 2019-2023

Dorzecza	Liczba stanowisk	Zagęszczenie ryb	Biomasa ryb
		[osobn. m ²]	[g m ²]
Dorzecze Narwi			
Narew	9	1,09	25,25
Narewka	2	1,57	14,17
Orlanka	1	0,85	6,35
Supraśl	5	1,00	8,25
Słoja	2	0,47	15,29
Sokołda	2	0,64	33,32
Nereśl	1	3,04	63,05
Łojewek	3	0,59	83,96
Gać	2	0,62	24,91
Pisa	1	0,06	4,88
Dorzecze Biebrzy			
Biebrza	4	1,12	25,06
Rospuda	2	1,13	19,74
Blizna	2	0,65	10,26
Sidra	2	0,89	34,94
Brzozówka	2	0,31	14,71
Wissa	2	0,22	6,04
Jęgrznia	2	0,11	4,64
Dorzecze Bugu			
Bug	2	0,56	3,65
Leśna Prawa	1	0,10	2,94
Nurzec	2	0,40	10,06
Pułwa	1	0,06	0,17
Brok	1	0,18	8,45
Dorzecze Niemna			
Marycha	2	0,07	2,57
Czarna Hańcza	4	2,61	7,63

Dorzecza	Liczba stanowisk	Zagęszczenie ryb	Biomasa ryb
		[osobn. m ⁻²]	[g m ⁻²]
Szeszupa	2	0,05	2,60
Hołniana	1	0,38	7,89
Świsłocz	1	1,10	36,26
Nietupa	1	0,49	23,26
Łosośna	1	0,71	27,08
Kołodzieżanka	1	1,09	10,78

Tabela 9.4.1.5. Średnie zagęszczenie ryb i ich biomasa w typach abiotycznych rzek województwa podlaskiego; wyliczenia na podstawie danych GIOŚ z lat 2019-2023

Typy rzek	Liczba analizowanych stanowisk	Liczba gatunków	Zagęszczenie	Biomasa	Średnia masa osobnika
			osobn./100m ²	kg/100m ²	g
potok nizinny piaszcz.	68	8,8±3,9	78±141	0,8±1,1	10,3
potok w zlewni torf.	42	7,7±4,1	66±89	0,6±0,5	9,1
potok pojezierny	20	6,2±4,2	31±26	0,5±0,9	15,3
rzeka nizinna	11	15,7±2,6	98±84	4,0±6,6	40,6
rzeka w zlewn. torf.	19	14,1±3,1	109±135	2,6±2,7	23,6
rzeka pojezierna	9	11,3±2,4	143±305	0,8±0,8	5,7
duża rzeka nizinna	3	17,0±1,4	73±20	1,8±1,7	23,9

9.4.2. Ichtyofauna jezior

Rozpoznanie gatunków ryb w jeziorach województwa podlaskiego jest mniej dokładne niż w przypadku rzek, gdyż metody pozyskiwania danych o ichtyofaunie opierają się głównie na informacjach przekazywanych przez użytkowników rybacczych jezior. W raportach 38 użytkowników jezior z terenu województwa wymienia się łącznie 19 gatunków ryb, z których 4 nie zostały odnotowane podczas monitoringu rzek (zał. 7Z). Do tej listy należy również dodać 3 gatunki nieujęte w monitoringu GIOŚ, a dawniej introdukowane do jezior północno-wschodniej Polski: amura białego (*Ctenopharyngodon idella*), tołpygę białą (*Hypophthalmichthys*

molitrix) i tołpygę pstrą (*Hypophthalmichthys nobilis*). W polskich jeziorach występuje łącznie 39 gatunków ryb, jednak przeciętnie w każdym z nich spotyka się po 11-12 gatunków (Kalinowska i in. 2023).

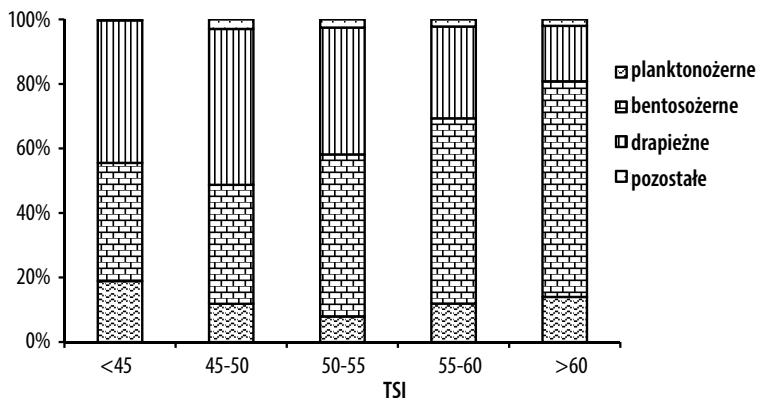
Tabela 9.4.2.1. Struktura zespołów ryb w jeziorach województwa podlaskiego na podstawie odłowów monitoringowych z lat 2019-2022 (dane GIOŚ); s – jeziora stratyfikowane, p – polimiktyczne, A – wielkość analizowanego odłowu

Nazwa jeziora	Powierzchnia jeziora	Głęb. maks.	TSI	Typ miktyczny	A	Udział gildii ryb			
						plankt	bent	drap	pozostałe
	(ha)	(m)			[kg]	%			
Bałędzisz	58,2	22	43,5	s	24,3	18,5	37,2	40,9	3,4
Berżnik	81	38,8	42,6	s	35,5	20,7	38,4	37,9	3,0
Białe Wigier.	100,2	34	47,6	s	50,1	12,9	34,4	51,3	1,5
Blizno	238,5	28,8	47,0	s	48,3	24,1	32,2	42,8	0,9
Boczne	58,3	33,5	46,3	s	24,1	8,1	68,6	20,1	3,2
Boksze	96,4	22	46,4	s	32,2	0,1	62,3	37,2	0,3
Bolesty	138,8	16,2	56,5	s	47,4	37,8	47,8	13,8	0,6
Długie Wigier.	80	14,8	54,4	s	32,5	4,8	51,9	41,9	1,4
Dmitrowo	61,2	42	45,1	s	21,7	15,0	22,7	61,0	1,3
Dowcień	79	10,4	53,8	s	22,1	1,4	53,7	39,9	5,0
Garbaś	152,5	48	50,7	s	84,5	25,4	41,8	31,3	1,6
Gieret	72	16,3	46,8	s	19,3	1,6	51,5	45,1	1,8
Gremzdel	59,3	8	58,9	p	28,7	0,0	58,7	37,8	3,5
Hańcza	311,4	108,5	41,4	s	47,7	13,4	11,6	60,7	14,3
Hołny	158,1	15,2	50,3	s	31,5	5,0	46,1	45,7	3,2
Jermieliste	58,8	23,2	46,1	s	14,6	4,1	40,6	47,9	7,4
Kalejty	159,7	12	51,2	s	64,9	10,6	40,0	44,9	4,5
Kolno	264,4	3,3	64,7	p	34,8	7,4	52,0	36,5	4,1
Kościelne	50,8	6,6	60,2	p	67,0	29,3	63,5	7,0	0,2
Krzywe	50,5	19,9	46,3	s	37,4	18,3	47,3	26,9	7,4
Okmin	111,8	42,4	45,5	s	22,3	14,8	28,1	56,9	0,2
Ożewo	53,6	49,6	43,8	s	16,6	23,7	30,2	44,9	1,3
Pierty	228,2	38	46,6	s	46,1	3,4	68,4	25,5	2,7
Płaskie	56,8	12	41,1	s	73,6	0,0	27,5	72,5	0,0
Pobondzie	53,1	10	53,5	s	30,6	8,9	63,8	26,7	0,6
Pomorze	295,4	23,5	50,0	s	108,1	3,1	30,7	62,1	4,1
Sejny	64,3	3,8	60,1	p	31,0	5,2	85,0	8,2	1,6

Nazwa jeziora	Powierzchnia jeziora	Głęb. maks.	TSI	Typ miktyczny	A	Udział gildii ryb			
						plankt	bent	drap	pozostałe
	(ha)	(m)			[kg]	%			
Sumowo Bak.	110,3	12,8	55,7	s	21,7	16,2	48,7	33,4	1,7
Szejpiszki	71,4	21,6	56,7	s	43,0	4,1	62,4	33,5	0,1
Szelment Mały	168,5	28,5	45,4	s	52,7	42,8	23,4	32,0	1,7
Szelment Wlk.	356,1	45	43,9	s	68,5	16,0	52,7	25,4	5,8
Szlamy	106	4,6	57,2	p	38,2	1,6	73,5	16,8	8,2
Sztabinki	60,5	27,8	44,2	s	31,6	21,2	42,4	33,8	2,6
Tobolowo	51,4	9,4	51,1	s	19,7	1,9	44,3	52,8	1,0
Toczyłowo	101,8	9,9	55,2	s	94,7	0,0	53,5	35,5	11,0
Wigry	2118,3	73	46,2	s	146,8	5,7	38,9	47,9	7,4
Zelwa	103,7	12,3	42,7	s	50,5	0,0	53,0	37,4	9,6
Żubrowo	97,3	17	48,1	s	39,4	12,2	50,3	37,1	0,4

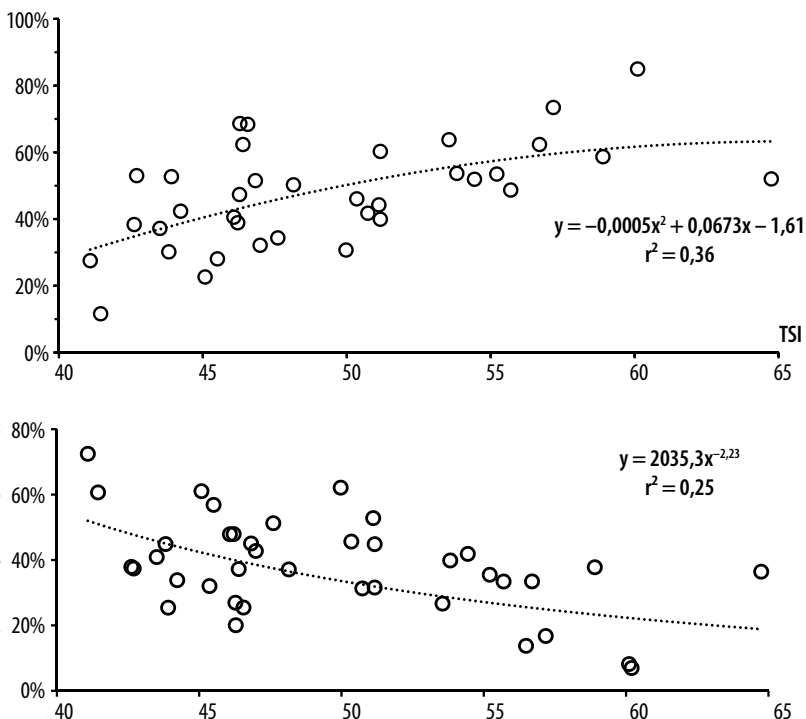
Na szczególne podkreślenie zasługuje obecność na terenie województwa podlaskiego jezior sielawowych, zasiedlanych przez liczne populacje ryb toso-siowatych – siei i sielawy – w których wskaźnik trofii Carlsona nie przekracza wartości 50. Spośród 38 największych jezior, przeważnie latem podlegających stratyfikacji, w 16 odławia się sielawę, a w 9 – sieję, zaś w 7 jeziorach występują oba gatunki. Zróżnicowany stopień żyzności wód oraz ilość i jakość dostępnego pokarmu determinują strukturę zespołów rybnych. W jeziorach o niższej trofii bioma-ryb bentosożernych i drapieżnych jest zbliżona, natomiast w jeziorach bardziej eutroficznych następuje spadek biomasy ryb planktonożernych, a dominację w ekosystemie uzyskują gatunki bentosożerne (rys. 9.4.2.1; 9.4.2.2). Zebrane dane dotyczące struktury zespołów ryb w największych jeziorach województwa podlaskiego wskazują nie tylko na istotne powiązania z panującymi warunkami siedliskowymi, lecz także pozwalają na identyfikację jezior, w których prowadzona gospodarka rybacka jest mało efektywna. Niewłaściwe zarządzanie rybostanem może być istotnym czynnikiem nasilającym skutki eutrofizacji wód (Górniak, Ka-jak 2020). Od wielu lat w niektórych jeziorach notuje się pogarszanie jakości wód na skutek zjawiska tzw. ichtioeutrofizacji, polegającego na nadmiernej liczebności ryb bentosożernych i silnym przełowieniu ryb drapieżnych (Opuszyński 1987). Zbyt liczne populacje ryb bentosożernych sprzyjają intensywnej resuspensji osa-dów dennych, co prowadzi do wzrostu stężenia fosforu i rozwoju fitoplanktonu

(Prejs 1978). Negatywne skutki w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych często wynikają z niskich lub niewystarczających odłowów ryb bentosożernych (takich jak leszcz, lin, płoć czy wzdręga) przy jednoczesnym dużym zainteresowaniu wędkarzy połowem ryb drapieżnych.



Rys. 9.4.2.1. Zróżnicowanie udziału grup ekologicznych w biomase ryb jezior województwa podlaskiego o zróżnicowanej żyzności (TSI); obliczenia własne

W największych jeziorach województwa podlaskiego prowadzone są regularne odłowy gospodarcze oraz amatorski połów ryb, których intensywność zmienia się w czasie (rys. 9.4.2.3). Odłowy realizuje ok. 30 gospodarstw rybackich, głównie prywatnych. Najwięcej ryb trafia na rynek z Wigierskiego Parku Narodowego oraz z gospodarstwa rybackiego Jeziora Rajgrodzkiego. Wieloletni spadek odłowów odnotowano w jeziorach dorzecza Rospudy (Rospuda Flipowska, Sumowo Bakalarzewskie), natomiast w pozostałych nie stwierdzono większych zmian. Na podstawie danych z lat 2011-2021, dotyczących 30 jezior, ustalono, że średnio w ciągu roku odławiano 134 tony ryb. Wydajność rybacka wykazuje duże zróżnicowanie – średnio wynosi ok. 13 kg/ha rocznie, z zakresem od 1 do 36 kg/ha, przy najwyższych wartościach dla jezior Szelment Wielki i Mały. Aktualną skalę i intensywność odłowów w jeziorach należy uznać za niską w stosunku do ich naturalnych możliwości produkcyjnych.



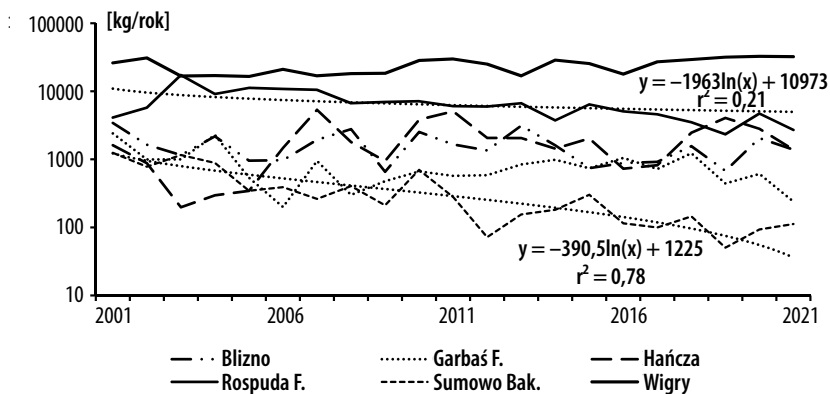
Rys. 9.4.2.2. Zależność między wskaźnikiem trofii jeziora (TSI) a udziałem biomasy ryb bentosożernych (A) i drapieżnych (B) w całkowitej biomasy ryb (na podstawie odłowów monitoringowych); źródło danych – GIOŚ

Każde z jezior ma swoją specyfikę rybacką – przykładowo w jeziorach Wigry i Hańcza dominującym gatunkiem odławianym jest sielawa, a w innych przeważa leszcz (tab. 9.4.2.2; rys. 9.4.2.4). Ze względu na ochronny status wielu jezior, gospodarka rybacka prowadzona jest w sposób ukierunkowany na utrzymanie właściwego poziomu trofii, podczas gdy w innych przypadkach ograniczenia w odłowach wynikają głównie z uwarunkowań ekonomicznych lub technicznych.

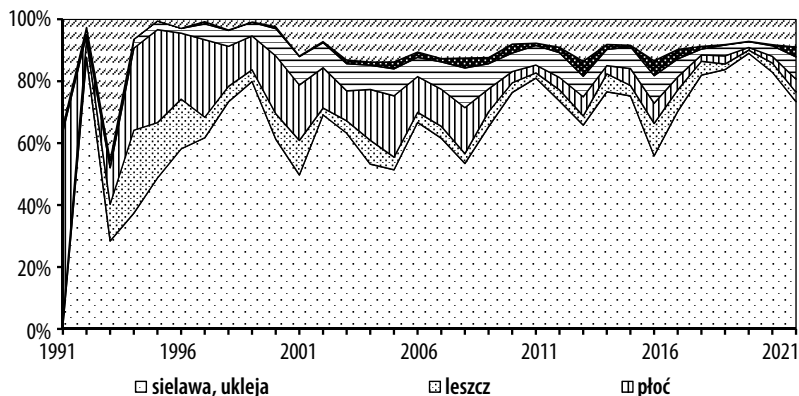
Tabela 9.4.2.2. Struktura wieloletnich połowów gospodarczych ryb w wybranych jeziorach województwa podlaskiego w latach 2001-2020; według danych GIOŚ

Gatunki ryb	Jeziora				
	Garbaś (k. Filipowa)	Blizno	Hańcza	Rospuda Filipowska	Wigry
leszcz	44,6%	36,9%	0,4%	5,5%	4,7%
płoc i wzdregą	21,3%	9,7%	11,6%	23,2%	8,0%
szczupak	16,9%	23,3%	6,1%	7,2%	5,6%
sandacz		0,2%	0,1%		
okoń	8,1%	9,4%	12,3%	18,6%	1,6%
węgorz	2,7%	1,5%	0,5%	1,8%	0,8%
lin	2,7%	11,3%	3,0%	2,0%	1,7%
sielawa	0,4%	4,1%	36,9%	41,6%	76,8%
sieja	0,2%		2,2%	0,1%	0,4%
ukleja	1,9%		0,9%		
stynka	0,5%		24,8%		0,0%
karaś	0,1%				
krąp		3,1%		0,0%	
karp		0,0%			
sum		0,3%	0,0%		
tołpyga		0,0%			
inne	0,6%	0,1%	1,2%	0,0%	0,4%
roczne odłow [kg/rok]	880	1642	2016	6933	21739
wydajność [k/ha]	5,8	6,9	6,5	21,1	10,0

Małe, śródlęsne jeziora dystroficzne województwa podlaskiego są w większości bezrybne, na co wskazuje po części ich lokalna nazwa „suchar”. Stałe niedotlenienie wody już od głębokości 2-3 m całkowicie eliminuje możliwość zasiedlenia ich przez ryby. W niektórych z tych jezior sporadycznie pojawiają się pojedyncze osobniki ryb, prawdopodobnie zawleczone przez ptaki, jednak nie tworzą populacji zdolnych do rozrodu. W czasie prac nad planem ochrony Wigierskiego Parku Narodowego w 2012 r. obecność ryb odnotowano w 9 jeziorach dystroficznych, a w pozostałych 7 nie stwierdzono ich występowania (tab. 9.4.2.3).



Rys. 9.4.2.3. Wieloletnia dynamika biomasy ryb odławianych w wybranych jeziorach województwa podlaskiego; według danych GIOŚ



Rys. 9.4.2.4. Wieloletnia dynamika struktury ryb odławianych w Jeziorze Wigry; według danych Wigierskiego Parku Narodowego

Tabela 9.4.2.3. Występowanie ryb w jeziorach dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego; według Planu Ochrony 2014

Gatunek	Liczba jezior	Gatunek	Liczba jezior
lin	3	wzdreğa	2
karaś	7	okoń	6
leszcz	1	szczupak	4
ukleja	1	razem	9
płoć	1		

9.5. Przyrodnicza ocena stanu ekosystemów wodnych województwa

Pojęcie „stanu ekologicznego” zostało wprowadzone w Ramowej Dyrektywie Wodnej Unii Europejskiej w celu określenia jakości struktury i funkcjonowania określonego typu ekosystemu. Prace nad implementacją tej procedury oceny wód rozpoczęto w Polsce w okresie przedakcesyjnym, a od 2005 r., wraz z przystąpieniem do Unii Europejskiej, jest ona wdrażana poprzez odpowiednie akty prawne. Zastąpiła tym samym wcześniej obowiązujące w Polsce, stosowane po II wojnie światowej, pojęcie „stanu czystości wód”.

Zgodnie z intencją ustawodawcy, ocena stanu ekologicznego wód powinna opierać się przede wszystkim na danych zebranych w trakcie monitoringu elementów biologicznych ekosystemu. Ocena pozostałych elementów – fizykochemicznych i hydromorfologicznych – ma charakter wspierający i uzupełniający. Obowiązująca obecnie w Polsce praktyka oraz interpretacja przepisów prawnych doprowadziły jednak do sytuacji, w której wszystkie trzy grupy wskaźników – biologiczne, fizykochemiczne i hydromorfologiczne – traktowane są równorzędnie. Ostateczna ocena przyjmuje wartość najniższą spośród uzyskanych dla poszczególnych elementów. W mojej ocenie prowadzi to do zatarcia dominującej roli wskaźników biologicznych, przewidzianej przez Dyrektywę, i sprawia, że ocena elementów chemicznych najczęściej przesądza o wyniku końcowym. Z prowadzonych ocen stanu ekologicznego rzek i jezior w dwóch ostatnich okresach sprawozdawczych wynika, że stwierdzana w wodach województwa podlaskiego obecność czterech substancji z listy priorytetowej (benzo(a)piren, difenyletery bromowane, heptachlor i rtęć w organizmach wodnych) całkowicie zaburza klasyfikację jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), prowadzoną na podstawie pięciu – sześciu mierzalnych parametrów biologicznych. Mimo że wartości parametrów przyrodniczych nie wskazują na istnienie zaburzeń w analizowanych ekosystemach, to elementom chemicznym – zgodnie z zasadą „najgorszy decyduje” – nadaje się większe znaczenie. W rezultacie takiej procedury jednoczesne zastosowanie miar funkcjonalnych systemu biologicznego oraz wskaźników regulujących dany ekosystem staje się niezgodne z zasadami ekologii, z pierwotnie „biologiczną” ideą oceny, a także z klasycznymi założeniami klasyfikacji przyrodniczych.

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano ocenę stanu przyrodniczego wód powierzchniowych, przeprowadzoną oddzielnie dla rzek i jezior. Podstawą klasyfikacji były wartości wskaźników biologicznych (wydzielono cztery klasy) oraz ocena żyzności siedliska wodnego, oparta na średnich rocznych stężeniach fosforu ogólnego (TP), azotu ogólnego (TN) i całkowitego węgla organicznego (TOC). W ocenie wód jeziornych zastosowano czterostopniową klasyfikację oraz wskaźniki trofii Carlsona (1977), z pominięciem wskaźnika obliczanego na podstawie TP – ze względu na brak oznaczalnych wartości ($<LoQ$) w niemal 1/3 przypadków. Wykorzystano natomiast dane dotyczące TN, stężenia chlorofilu *a* oraz przejrzystości wody (widzialność krążka Secchiego). Dokonana klasyfikacja odzwierciedla aktualny stan ekosystemów wodnych, wynikający zarówno z procesów naturalnych, jak i z oddziaływania antropogenicznego.

Dominującą kategorię stanowią rzeki o złym stanie przyrodniczym, choć ich przewaga nad rzekami w stanie dobrym i bardzo dobrym jest niewielka (tab.9.5.1). Ponad 80% analizowanych rzek cechuje się wysoką żyznością wód, wynikającą z dużego wysycenia związkami azotu i fosforu. Istotne jest, że ok. 62% rzek zawiera podwyższone stężenia materii organicznej, stając się znaczącym źródłem biogenów (Górniak 2017). Ponieważ jej obecność ma w większości przypadków pochodzenie naturalne, należy jednoznacznie stwierdzić, że jest to przede wszystkim efekt panujących warunków siedliskowych, a nie wyraz presji człowieka na środowisko. Szczegółowa analiza uzyskanych ocen stanu środowiska wodnego rzek wskazuje, że blisko 1/4 klasyfikacji na podstawie wskaźników biologicznych pokrywa się z oceną żyzności wód. W ponad 10% przypadków ocena na podstawie wskaźników biologicznych była wyższa niż wynikająca z parametrów trofii. Natomiast w ponad 60% ocen żyzność wód sklasyfikowano na poziomie wyższym, niż wynikałoby to z oceny funkcjonalnego stanu ekosystemów rzecznych. Wyniki te świadczą o znacznej zdolności rzek do neutralizacji nadmiernych ładunków biogenów, a obecny potencjał ekosystemów zapewnia skuteczną regulację cyklu biogeochemicznego, charakterystyczną dla rzek i zlewni o niskim stopniu degradacji. Stanowi to również istotną funkcję środowiskową, realizowaną przez rzeki w ramach tzw. usług ekosystemowych – coraz częściej podkreślaną w pracach przyrodniczych. Generalnie ekosystemy rzeczne pojeziernej części województwa uzyskały wyższą ocenę stanu przyrodniczego od zlewni wysoczyznowych. Wśród rzek o największej wartości przyrodniczej znalazły się: Czarna Hańcza od

wypływu z Jeziora Hańcza do Kanału Augustowskiego, rzeka Wigra (lewobrzeżny dopływ Szeszupy) oraz Kamionka (dopływ Jeziora Pierty w Wigierskim Parku Narodowym). Z kolei najniższe oceny wartości przyrodniczej otrzymały: Awissa, Bargłówka i rzeka Pulwa, płynąca przez Białoruś w kierunku Bugu.

Równie ważne są wyniki oceny stanu przyrodniczego największych rzek regionu. Rzeka Bug, na odcinku granicznym województwa, uzyskała jedno z najniższych ocen, podobnie jak Narew – na odcinku od Zbiornika Siemianówka do ujścia Biebrzy. Sama Biebrza, mimo że objęta ochroną, ulega znacznej degradacji na skutek masowych letnich zrzutów planktonu sinicowego z tego zbiornika. Choć stan makrofytów w tej rzece nie uległ pogorszeniu, to stan ichtiofauny oraz zespołów organizmów bentosowych pozostaje niezadowalający.

Tabela 9.5.1. Przyrodniczy stan rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2021 według oceny żyzności wód; n – liczba ocen

Stan przyrodniczy	Typ ekologiczny	Wskaźniki biologiczne	Żyzność/trofia	TOC
	n	212	183	213
bardzo dobry	ubogie	4,2%	2,7%	2,8%
dobry	mało żyzne	44,8%	15,3%	34,7%
zły	żyzne	50,0%	77,0%	57,3%
nadmiernie pogorszony	przeżyźnione	0,9%	4,9%	5,2%

Stan przyrodniczy największych 61 jezior województwa podlaskiego kształtuje się podobnie jak w przypadku rzek. Jeziora o stanie bardzo dobrym i dobrym stanowią łącznie blisko 38% analizowanych zbiorników, podczas gdy stan zły stwierdzono jedynie w 5% przypadków (tab.9.5.2). Umiarkowany stan przyrodniczy dotyczy 57% jezior – w większości są to jeziora eutroficzne, często płytkie i silnie wypełnione osadami organicznymi. Parametry funkcjonalne jezior wskazują na wyższą ocenę niż wskaźniki troficzne.

Do jezior o najwyższej wartości przyrodniczej należą: Białe Wigierskie, Płaskie k. Rygola, Pierty, a także Jezioro Busznica k. Danowskich (dla którego brak formalnej oceny), charakteryzujące się niską żyznością i wysokimi wartościami wskaźników biologicznych. Najniższą ocenę stanu przyrodniczego spośród analizowanych jezior uzyskały jeziora Tajno oraz Bolesty (na biegu Rospudy).

Tabela 9.5.2. Przyrodniczy stan największych jezior województwa podlaskiego w latach 2019-2021 według oceny żyzności wód

Stan przyrodniczy	Liczba JCWpj	Trofia/żyzność	Liczba JCWpj
bardzo dobry	1,6%	oligotrofia	0,0%
dobry	36,1%	mezotrofia	34,4%
umiarkowany	57,4%	eutrofia	54,1%
zły	4,9%	hypertrofia	11,5%

9.6. Eutrofizacja wód

Wzrost stężeń niektórych pierwiastków i ich związków chemicznych w wodach ma charakter sezonowy, a każdy pojawiający się nadmiar jest szybko wykorzystywany przez autotrofy (Górniak, Kajak 2020). W warunkach niezaburzonych wyprodukowana materia organiczna jest wykorzystywana (metabolizowana) przez wyższe poziomy troficzne ekosystemów wodnych lub przez organizmy typowo lądowe. W skali wieloletniej, a nawet wiekowej, część zbiorników wodnych utrzymuje się na poziomie trwałej, niskiej zasobności w pierwiastki niezbędne do produkcji biomasy. Są to tzw. pierwiastki biogenne: fosfor, azot, krzem, a ostatnio także węgiel organiczny. Chroniczny „głód” pierwiastków biogennych występuje stale w ekosystemach oligotroficznych, lecz w miarę upływu czasu, przy sprzyjających warunkach zlewniowych, następuje stopniowy wzrost żyzności wód. Tempo tego użyzniania zależy od warunków środowiskowych – geologicznych, hydrologicznych i klimatycznych. Wszędzie tam, gdzie pojawił się człowiek i jego działalność, obserwuje się przyspieszenie tego procesu, co wyraźnie wpływa na charakter ekosystemów jeziornych i rzecznych. Proces ten, polegający na wzroście żyzności wód w wyniku działalności człowieka, określa się mianem eutrofizacji.

Od lat 60. XX w. eutrofizacja wód jest przedmiotem stałej analizy hydrobiologów w skali globalnej i regionalnej, ponieważ jej konsekwencje przyrodnicze, ekonomiczne i zdrowotne jednoznacznie pogarszają stan środowiska życia człowieka. Głównym czynnikiem nadmiernej eutrofizacji wód stały się ładunki fosforu i azotu pochodzące z terenów rolniczych, nieoczyszczone ścieki przemysłowe i komunalne, a także opady atmosferyczne w regionach o wysokim poziomie zanieczyszczenia powietrza. Ramowa Dyrektywa Wodna Unii Europejskiej nakłada

na państwa członkowskie obowiązek monitorowania tego procesu oraz podejmowania działań mających na celu jego ograniczenie.

W Polsce, podobnie jak w innych krajach, eutrofizacja wód postępowała dynamicznie wraz rozwojem przemysłu i urbanizacji. Jednak po roku 1990, w wyniku przemian polityczno-gospodarczych oraz rosnącej świadomości ekologicznej, rozpoczęto systemowe działania mające na celu ograniczenie dopływu substancji użyźniających do wód. Również w województwie podlaskim podjęto znaczny wysiłek organizacyjny i finansowy w tym zakresie.

Określenie stopnia eutrofizacji wód jest zadaniem trudnym, ze względu na sezonowość tego zjawiska oraz jego kumulatywny charakter, którego intensywność i przebieg zależą od lokalnych uwarunkowań środowiskowych. Każde państwo członkowskie Unii Europejskiej samodzielnie decyduje o procedurze oceny i o tym, które części poszczególnych typów wód należy uznać za eutroficzne. W najnowszym raporcie GIOŚ z 2024 r. za eutroficzne uznano te wody, które osiągnęły stan ekologiczny poniżej dobrego. Ich delimitacja polegała na określeniu średnich rocznych stężeń związków azotu i fosforu oraz klasy wartości analizowanych wskaźników przy czym ostateczny wynik oceny ustalano na podstawie najniższej z uzyskanych klas (zasada „najgorszy decyduje”). Taka procedura, przy braku odpowiednich rozwiązań legislacyjnych, budzi zastrzeżenia. Traktuje ona na równi zarówno czynniki przyczyniające się do eutrofizacji, jak i jej skutki, co nie pozwala na uzyskanie obiektywnych wyników klasyfikacji. Co więcej, nie uwzględnia dorobku światowej nauki ani powszechnie stosowanych na świecie, uznanych metod i wzorów oceny stopnia eutrofizacji. Dlatego w niniejszym opracowaniu zastosowano autorską metodę, w której punktem wyjścia były średnie wartości stężeń fosforu całkowitego (TP) i azotu całkowitego (TN) w wodach oraz formuły Carlsona (1977), a następnie obliczono średnie obu parametrów dla danej JCWP (tab. 9.6.1). Jak wykazano we wcześniejszej części opracowania, w wodach powierzchniowych województwa podlaskiego często notuje się wysokie (jak na warunki Polski) stężenia TOC. Obecność naturalnych związków organicznych (głównie glebowych substancji humusowych) jest czynnikiem zwiększającym poziom stężeń fosforu, ale także azotu organicznego (Górniak 2018). Nie są to jednak ładunki eutrofizacyjne o charakterze antropogenicznym. W związku z tym, w wodach o podwyższonym stężeniu TOC ($> 15 \text{ mgC dm}^{-3}$), w których wskaźnik trofii wyliczony dla TN przewyższał wskaźnik dla TP o ponad 10 jednostek, za

wartość ostateczną przyjmowano wskaźnik obliczony dla TP. Innym elementem w ocenie stopnia eutrofizacji wód powinna być biomasa fitoplanktonu (wyrażona stężeniem chlorofilu), która powstaje autochtonicznie lub jest transferowana z jezior lub zbiorników retencyjnych w dorzeczu. Stąd też, w przypadku Narwi położonej poniżej Zbiornika Siemianówka, przy stężeniach średniorocznych ponad 30 mgChl m⁻³, wody sklasyfikowano jako eutroficzne. Z przeprowadzonej oceny wynika, że jedynie nieco mniej niż połowę analizowanych JCWP na terenie województwa podlaskiego można zaliczyć do wód eutroficznych, jednak ich łączna długość jest nieznacznie większa niż długość rzek o niższej trofii. W dorzeczu Bugu tylko 20% długości rzek nie wykazuje cech eutrofizacji. Odwrotna sytuacja występuje w dorzeczu Niemna, gdzie zjawisko eutrofizacji dotyczy jedynie ok. 5% długości rzek.

Dlatego w niniejszym opracowaniu zastosowano autorską metodę, w której za wyjściowe przyjęto średnie wartości stężeń fosforu całkowitego (TP) i azotu całkowitego (TN) w wodach oraz formuły Carlsona (1977), wyliczając wartości średnie obu parametrów dla danej JCWP (tab. 9.6.1). Jak wykazano we wcześniejszej części opracowania, w wodach powierzchniowych województwa podlaskiego często notuje się wysokie (jak na warunki Polski) stężenia TOC. Obecność naturalnych związków organicznych (głównie glebowych substancji humusowych) jest czynnikiem zwiększającym poziom stężeń fosforu, a także azotu organicznego (Górnjak 2018). Nie stanowi to jednak antropogenicznego ładunku eutrofizacyjnego. W związku z tym w wodach o podwyższonych stężeniach TOC (>15 mgC dm³), gdzie wskaźnik trofii dla TN przewyższał wskaźnik dla TP o ponad 10 jednostek, za ostateczną przyjmowano wartość wskaźnika dla TP. Innym elementem w ocenie stopnia eutrofizacji wód powinna być biomasa fitoplanktonu (stężenie chlorofilu), powstająca autochtonicznie lub podlegająca transferowi z jezior lub zbiorników dorzecza. Toteż w przypadku Narwi poniżej Zbiornika Siemianówka, przy stężeniach średniorocznych ponad 30 mg Chl m⁻³, wody uznano za eutroficzne. Z przeprowadzonej oceny wynika, że jedynie nieco mniej niż połowę ocenianych JCWP na terenie województwa podlaskiego można zaliczyć do wód eutroficznych, przy czym ich łączna długość jest nieznacznie większa od wód mniej żyznych. W dorzeczu Bugu tylko 20% długości rzek wykazuje cechy eutrofizacji, natomiast w dorzeczu Niemna sytuacja jest odwrotna – zjawisko to stwierdzono jedynie na 5% długości rzek.

Tabela 9.6.1. Ocena zaawansowania eutrofizacji wód rzecznych według dorzeczy województwa podlaskiego w latach 2020-2023 (dane podstawowe GIOŚ)

Dorzecza	Liczba ocenianych JCWP			Długość rzek [km]		
	suma	mniej żyzne	eutroficzne	mniej żyzne	eutroficzne	razem
Narew	172	89	83	2081,8	2371,0	4452,8
Bug	28	7	21	235,4	863,3	1098,7
Pregoła	1	1	0	6,5	0	6,5
Niemen	30	28	2	720,7	13,9	728,1
województwo	231	125	106	3044,3	3248,2	6286,0

Tabela 9.6.2. Najdłuższe rzeki eutroficzne województwa podlaskiego (lata 2020-2023); ¹ – długość w granicach województwa

Rzeka	Liczba ocenianych JCWP	Długość [km]
Supraśl	2	143,9
Gać	2	122,1
Ślina	2	109,2
Wissa	2	108,4
Orlanka	2	102,5
Nereśl	2	91,2
Mianka	2	74,6
Biała d. Orlanki	1	68,5
Ruż	2	66,4
Awissa	1	65,1
Strabelka	1	51,7
Matlak	1	51,0
Łomżyczka	1	41,6
Liza	1	40,2
Biała d. Supraśli	1	31,9
Elk ¹	1	29,5
Wincenta ¹	1	12,3

W tabeli 9.6.2 zestawiono najdłuższe rzeki województwa, w których występuje proces eutrofizacji i które powinny zostać uznane za zlewnie priorytetowe w działaniach na rzecz poprawy stanu przyrodniczego wód. Odminną grupę stanowią rzeki województwa (tab. 9.6.3), które charakteryzują się najniższym poziomem przekształceń i utrzymują dobry lub bardzo dobry stan przyrodniczy.

Tabela 9.6.3. Rzeki województwa podlaskiego o najmniejszej żyzności (nieeutroficzne) w latach 2020-2023; ¹ – długość w granicach województwa

Rzeka	Liczba ocenianych JCWP	Długość [km]
Biebrza	4	190,6
Czarna Hańcza ¹	3	161,1
Netta	4	155,7
Brzozówka	3	115,5
Marycha ¹	3	113,8
Sidra	2	91,8
Nurczyk	2	83,8
Narewka	2	43,1
Pisa ¹	1	53,1
Słoja	2	27,3



Rozdział VIII

Perspektywy i zagrożenia

Zaprezentowane we wcześniejszych rozdziałach informacje i dane dotyczące wód województwa podlaskiego wskazują na pilną potrzebę uzupełnienia istniejącej bazy danych hydrograficznych. Aby racjonalnie korzystać z zasobów wodnych, niezbędna jest precyzyjna ocena ich wielkości, charakterystyki, właściwości oraz dostępności. W tym zakresie województwo podlaskie należy do nielicznych regionów w Polsce, które wciąż nie dysponują pełnym pokryciem mapami hydrograficznymi, stanowiącymi podstawowe źródło informacji o hydrosferze. Spośród kilkudziesięciu planowanych arkuszy mapy w skali 1:50 000 obejmujących obszar województwa podlaskiego, dotychczas opracowano jedynie niewielką część. Taki stan rzeczy obrazuje skalę wyzwania, jakie stoi przed instytucjami państwowymi i samorządowymi odpowiedzialnymi za gospodarkę wodną. Wspomniane mapy powinny stanowić podstawowe narzędzie do planowania inwestycji oraz zagospodarowania przestrzennego w regionie. Niniejsze opracowanie w pewnym stopniu uzupełnia wiedzę o wodach województwa, jednak niezbędne jest przeprowadzenie szeroko zakrojonej inwentaryzacji terenowej, prowadzonej przez profesjonalistów z wykorzystaniem nowoczesnych metod kartograficznych. Opieranie się wyłącznie na danych z pierwszej połowy XX w. nie jest dziś uzasadnione – w obliczu wyraźnych zmian wywołanych procesami globalnymi konieczna jest ich aktualizacja.

Postępujące zmiany klimatyczne kształtują specyficzne warunki krążenia wody nie tylko na terenach silnie przekształconych, takich jak zmeliorowane pola, łąki czy obszary zurbanizowane, ale również na obszarach leśnych. Wydane dla użytkowników wód pozwolenia wodnoprawne powinny podlegać okresowej weryfikacji, tak aby były dostosowane do aktualnych zasobów wodnych. W tym kontekście za szczególnie pilne należy uznać zaktualizowanie zasad gospodarowania wodą w obiektach retencji powierzchniowej oraz zapewnienie stałego nadzoru prawnego nad ich praktycznym stosowaniem. Skuteczność tych działań wymaga jednak zmian w systemie koordynacji oraz zwiększenia efektywności współpracy operacyjnej jednostek zaangażowanych w gospodarkę wodną. Szczególną rolę w poprawie gospodarki wodnej województwa odgrywają gminy i powiaty, jednak ich zaangażowanie przyniesie realne efekty tylko pod warunkiem zatrudnienia osób kompetentnych, posiadających odpowiednie wykształcenie kierunkowe. Wyposażenie tych jednostek w nowoczesne narzędzia – takie jak specjalistyczne oprogramowanie, lokalne systemy monitoringu wód oraz ich powiązanie

z krajowym systemem obserwacji – pozwoli na sprawne podejmowanie decyzji, szczególnie w sytuacjach kryzysowych (takich jak powódzie, susze czy nagłe zagrożenia środowiska wodnego). W zakresie gospodarowania wodą, zwłaszcza w obliczu narastających sytuacji ekstremalnych towarzyszących globalnym zmianom klimatycznym, niezbędne staje się większe zaangażowanie właścicieli zbiorników wodnych, spółek wodnych oraz samorządów – zwłaszcza gmin – w dokumentowanie aktualnych zasobów wodnych znajdujących się w ich gestii. Obecnie znaczna część licznych na terenie województwa tzw. obiektów małej retencji nie jest objęta systematycznym monitoringiem. Tymczasem precyzyjne modelowanie zjawisk hydrologicznych wymaga rzetelnej wiedzy o aktualnych zasobach wodnych – tylko wówczas możliwe jest tworzenie dokładnych i wiarygodnych prognoz. Sytuacja ta wymaga wprowadzenia odpowiednich zmian legislacyjnych, które umożliwią poprawę istniejącego stanu rzeczy. Warto zauważyć, że w wielu krajach, zwłaszcza w USA i Kanadzie, rozwinięto formy wolontariatu zaangażowanego w monitoring wód. Dzięki niewielkim nakładom finansowym – np. na zakup i instalację łat hydrometrycznych – możliwe było znaczne zwiększenie zasobu wiedzy o lokalnych zasobach wodnych. Podobne działania mogłyby z powodzeniem zostać wdrożone także w Polsce.

Innym istotnym aspektem gospodarki wodnej, mającym bezpośredni wpływ na jakość środowiska wodnego, jest racjonalna gospodarka wodno-ściekowa. W okresie intensywnego rozwoju sieci wodociągowej w województwie podlaskim, przypadającym na ostatnią dekadę XX w., sieć kanalizacyjna rozwijała się znacznie wolniej. Poza obszarami parków narodowych, gdzie gospodarka ściekowa podlega większemu nadzorowi, zwiększony dostęp do wody na terenach wiejskich przyczynił się do nasilenia procesów eutrofizacji rzek i jezior. Dlatego niezbędna jest modyfikacja przepisów prawa wodnego, tak aby wydawanie zezwoleń na budowę i eksploatację nowych wodociągów było uzależnione od istnienia lub równoczesnej budowy systemu oczyszczania ścieków.

Największym jednak wyzwaniem w zakresie gospodarki wodnej województwa podlaskiego pozostaje sposób funkcjonowania systemu melioracyjnego. Praktycznie od początku XXI w. wskazuje się na powszechną dekapitalizację urządzeń oraz brak skutecznego nadzoru nad gospodarowaniem wodą na terenach zmeliorowanych (Kiryłuk 2007, 2020). Prace melioracyjne były prowadzone również na terenach leśnych, jednak brak jest pełnej wiedzy o ich zakresie – do-

piero obecnie podejmowane są działania zmierzające do opracowania operatorów hydrologicznych dla lasów. Zły stan techniczny systemów i niewielkie zaangażowanie właścicieli gruntów sprawiły, że znaczna część terenów bagiennych stała się jedynie eksporterem wody, natomiast przesuszone gleby organiczne zaczęły emitować znaczne ilości gazów cieplarnianych (Kotowski 2021). Wymuszony grawitacyjny odpływ wody z licznych terenów zmeliorowanych, w warunkach niedoboru zasilania atmosferycznego, staje się jedną z głównych przyczyn zmniejszania się zasobów wód potamicznych w województwie. Aby ograniczyć tempo zachodzących zmian, konieczne jest opracowanie planu rewitalizacji całego systemu melioracyjnego w województwie podlaskim. Plan ten powinien wskazywać kierunki i obszary działań, których głównym celem będzie zwiększenie retencji wody w zlewniach. Jak wskazuje Grygoruk (2020), działania te mogą obejmować rozwiązania techniczne, ale przede wszystkim powinny zakładać zmianę dotychczasowego modelu eksploatacji. Jednym z niskonakładowych, a zarazem efektywnych sposobów spowolnienia odpływu wody ze zlewni jest wykorzystanie istniejących systemów melioracyjnych do odtwarzania ograniczonej retencji na obszarach rolniczych. W przypadku nieużytkowanych systemów wskazane jest ich przekształcenie w użytki ekologiczne, których wartość świadczonych usług ekosystemowych może przewyższyć dotychczas uzyskiwane korzyści gospodarcze. Naturalna, zielona infrastruktura dolin rzecznych Podlasia może zostać wykorzystana do retencji wód, przynosząc wymierne korzyści dla ekosystemów wodnych i jednocześnie ograniczając rolniczą emisję gazów cieplarnianych. Konieczne jest również wykorzystanie odpowiednich mechanizmów finansowych – w tym funduszy unijnych – umożliwiających rekompensatę właścicielom gruntów za zmianę sposobu ich użytkowania lub wykupienie tych terenów z przeznaczeniem na cele retencyjno-ekologiczne.

W dyskusjach dotyczących globalnych zmian klimatycznych coraz częściej podkreśla się konieczność bardziej ekologicznego gospodarowania glebami. Szczególnie cenna w tym kontekście jest inicjatywa „Soil 4 per mille for food security and climate”, przyjęta podczas Szczytu Klimatycznego w Paryżu w 2021 r., która zakładała powszechne zwiększanie zawartości materii organicznej w glebach o 0,4% rocznie (Minasny i in. 2017). Znane w rolnictwie właściwości próchnicy oraz hydrofilowy charakter substancji humusowych wskazują, że intensywna uprawa rolnicza prowadzi stopniowo do zmniejszenia zasobów materii organicznej

w glebie. Z drugiej strony, wzrost zawartości organicznych związków węgla znacząco zwiększa zdolności retencyjne, sprzyja wyższemu plonowaniu oraz poprawia bilans wód w zlewni. Z tego względu wskazane jest szerokie propagowanie wśród rolników idei zwiększania nawożenia organicznego, co nie tylko poprawia jakość gleb, ale także może przeciwdziałać zlewniowym niedoborom wody.

Oprócz koniecznych działań organizacyjno-prawnych, mających na celu ograniczenie tempa ubytku zasobów wodnych w województwie, szczególnej uwagi wymaga poszerzenie wiedzy na temat bioróżnorodności ekosystemów wodnych. Obecnie jedynie największe jeziora i rzeki regionu oraz obszary parków narodowych są dobrze rozpoznane dzięki systematycznym działaniom GIOŚ. Wciąż jednak istnieje blisko 200 jezior, dla których brak wystarczających danych w tym zakresie. Istnieje wiele przykładów wskazujących, że rzadkie gatunki bezkręgowców występują w niewielkich, izolowanych środowiskach wodnych. Dlatego regionalne rozpoznanie składu i rozmieszczenia hydrobiontów jest kluczowe nie tylko dla oceny stanu ekosystemów, ale także dla efektywnego monitoringu gatunków inwazyjnych i obcych. Tylko w oparciu o taką wiedzę możliwe będzie opracowanie skutecznych strategii ochrony rodzimych gatunków wodnych.



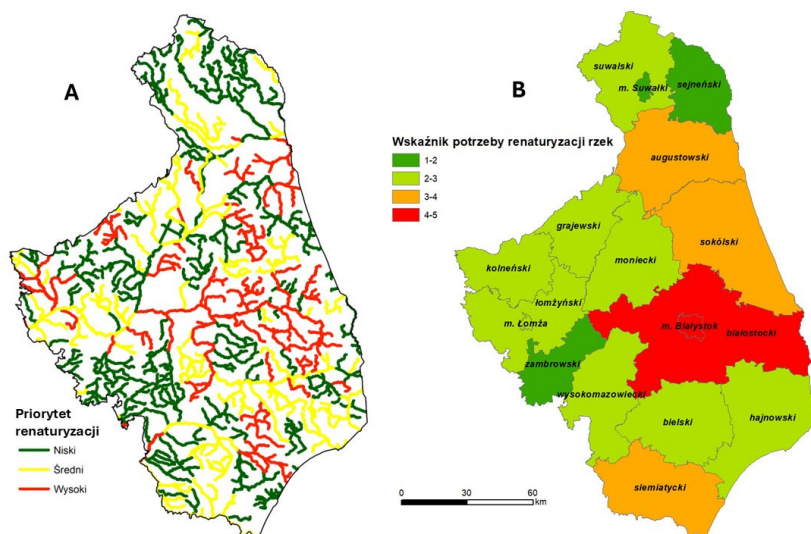
Rozdział IX
Działania związane z poprawą stanu wód
w województwie podlaskim

Istnieją przekonujące dowody na wzrastającą w ostatnim czasie niestabilność procesów pogodotwórczych, co przekłada się na zaburzenia w zasobach wodnych na łąkach – coraz częściej pojawiające się na przemian powodzie i susze. Taki wysoce prawdopodobny scenariusz hydrologiczny wymusza konieczność przygotowania się do retencjonowania wody w okresach zwiększonego zasilania atmosferycznego. Działania te powinny obejmować zarówno modernizację istniejącego systemu melioracyjnego województwa, jak i wykorzystanie oraz budowę zbiorników wodnych, w tym tzw. suchych zbiorników retencyjnych. Wiele działań w tym zakresie zaplanowano do realizacji w ramach Planu przeciwdziałania skutkom suszy opracowanego przez Ministerstwo Infrastruktury w 2021 r. Jednym z najskuteczniejszych sposobów poprawy sytuacji wodnej jest również renaturyzacja rzek i ich dolin. Skala potrzeb województwa podlaskiego jest w tym zakresie znacząca, co prezentuje mapa zawarta w Krajowym Programie Renaturyzacji Wód Powierzchniowych z 2020 r. (rys. 10.1A).

Największe potrzeby przywracania naturalnego charakteru sieci rzecznej występują w powiecie białostockim i na obszarze miasta Białostok (rys. 10.1B), przede wszystkim w dorzeczu Supraśli. W powiecie siemiatyckim działania renaturalizacyjne są szczególnie istotne w zlewniach górnego Nurca i Pulwy, a w powiecie sokólskim dotyczą one przede wszystkim rzek Sidra, górnej Biebrzy i licznych dopływów Kumiałki. Dla zachowania wartości przyrodniczych Bagien Biebrzańskich kluczowe jest odtworzenie naturalnych koryt Jastrzębianki, Wołkuszanki i ich dopływów.

Równolegle należy zwiększać retencję podziemną w terenach zurbanizowanych, o ile pozwalają na to warunki hydrogeologiczne. Działaniom technicznym powinny towarzyszyć odpowiednie rozwiązania administracyjno-prawne, w tym systemy zabezpieczeń finansowych na wypadek strat gospodarczych wywołanych okresowym retencjonowaniem wód powierzchniowych. W scenariuszach gospodarowania wodą na poziomie regionalnym powinny znaleźć się działania ukierunkowane na ograniczenie skutków suszy glebowej i hydrologicznej. Obecny system rekompensat dla rolnictwa wymaga modyfikacji w taki sposób, aby promować gospodarstwa aktywnie działające na rzecz zwiększenia zawartości materii organicznej w glebach oraz utrzymania odpowiedniego uwilgotnienia gleb organicznych, co przeciwdziała procesowi murszenia. Można to uzyskać poprzez większą integrację aktywności sektora rolniczego z instytucjami gospodarki wod-

nej. Wymaga to jednak ogólnokrajowych działań, w tym aktywnej implementacji programów odtwarzania i ochrony mokradeł, przy jednoczesnym zwiększeniu akceptacji społecznej dla tego typu działań. Warunkiem jej skutecznego wdrożenia jest szeroko zakrojona edukacja społeczna, która dotychczas była zaniedbywana. Narastające niedobory wód w zlewniach województwa podlaskiego stają się nie tylko problemem gospodarczym, ale także prowadzą do istotnych zmian warunków siedliskowych dla hydrobiontów. W konsekwencji obserwuje się zmiany w strukturze ich zbiorowisk i zespołów, co – jak wskazywano w rozdziale *Hydrobionty* – prowadzi do wielokierunkowych przekształceń ekosystemów wodnych. Zmiany te obejmują nie tylko zanikanie rodzimych gatunków, lecz także ekspansję gatunków inwazyjnych i obcych oraz pojawianie się nowych taksonów, takich jak *Lobelia sp.* czy *Isoetes sp.*, co może być odpowiedzią na postępującą oceanizację klimatu.



Rys. 10.1. A – Priorytety potrzeb w zakresie renaturyzacji poszczególnych jednolitych części wód powierzchniowych rzecznych w województwie podlaskim; B – Wskaźnik potrzeby renaturyzacji rzek w województwie podlaskim (im wyższa wartość, tym większa potrzeba działań renaturyzacyjnych); na podstawie Krajowego Programu Renaturyzacji Wód Powierzchniowych, 2020

Prośrodowiskowe działania w sferze komunikacji potwierdzają możliwość osiągnięcia korzystnych efektów w gospodarowaniu wodą, czego przykłady przedstawiono wcześniej w rozdziale *Sztuczne zbiorniki wodne*. Podobne rezultaty w zakresie gospodarki wodnej przynoszą inwestycje rewitalizacyjne na terenach zurbanizowanych, prowadząc do zmniejszenia stopnia „uszczelnienia zlewni”. Możliwość pozyskania środków na tego typu inwestycje dają fundusze przeznaczone na adaptację miast do zmian klimatycznych.

Narastający problem ograniczonych zasobów wody i ich dostępności nie może zostać skutecznie rozwiązany bez zrozumienia obiegu wody i naturalnych procesów zachodzących w środowisku. Taki też cel przyświecał Autorowi niniejszego opracowania – upowszechnienie dotychczasowej wiedzy o wodach województwa podlaskiego.

Literatura

- Adamiak-Brud Ź., Jabłońska-Barna I., Bielecki A., Kobak J., 2018, *Factors shaping leech (Clitellata, Hirudinida) assemblages on artificial and natural substrata in urban water bodies*, „Limnologia”, 69, s. 125-134.
- Atlas. Geology for environmental protection and territorial planning in the Polish-Lithuanian cross-border area*, 1997, Warszawa, PIG, s. 89.
- Atlas historyczny Polski. Rejestry poborowe województwa podlaskiego w II połowie XVI w.*, red. B. Szady, M. Gochna, <https://atlasfontium.pl>
- Bajkiewicz-Grabowska E., 2002, *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*, Warszawa, UW, s. 274.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Golus W., 2009, *Organizacja sieci hydrograficznej w zlewni pojeziernej przy różnym stanie jej retencji*, [w:] R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Gdańsk, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, s. 159-167.
- Balińska G., Baliński J.A., 2003, *Młyny Ziemi Łomżyńskiej*, Wrocław, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, s. 256.
- Banaszuk H., Banaszuk P., 2010, *Zagadnienia morfogenezy Niziny Północnopodlaskiej*, Białystok, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, s. 170.
- Banaszuk H., 2019, *Problemy morfogenezy glacialnej Niziny Północnopodlaskiej*, „Prace i Studia Geograficzne”, 64(1), s. 89-112.
- Banaszuk P., 2004, *Identyfikacja procesów kształtujących skład chemiczny małego cieku w krajobrazie rolniczym na podstawie analizy czynnikowej*, „Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie”, 4(1), s. 103-116.
- Banaszuk P., Wysocka-Czubaszek A., 2005, *Phosphorus dynamics and fluxes in a lowland river: The Narew Anastomosing River System, NE Poland*, „Ecological Engineering”, 25(1), s. 429-441.
- Bartnik A., Jokiel P., 2012, *Geografia wzebrań i powodzi rzecznych*, Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 264.
- Bączek A., Suchożębski J., 2016, *Zmienność przebiegu zjawisk lodowych na Bugu w latach 1903-2012*, „Inżynieria Ekologiczna”, 19, s. 136-142.
- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojka U., Prusinkiewicz Z., 2004, *Badania ekologiczno-gleboznawcze*, Warszawa, PWN, s. 344.
- Belletti B. i in., 2020, *More than one million barriers fragment Europe's rivers*, „Nature”, 588, s. 436-441.

- Ber A., 2000, *Plejstocen Polski Północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich*, Warszawa, Prace PIG, 170, s. 89.
- Ber A., 2006, *Pleistocene interglacials and glaciations of northeastern Poland compared to neighboring areas*, „Quaternary International”, 149, s. 12-23.
- Ber A., 2009, *Litologia i sytuacja geologiczna osadów interglacjału augustowskiego z profili Sucha Wieś (Pojezierze Etckie) i Czarnucha (Równina Augustowska)*, „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego”, 345, s. 3-22.
- Berezowski T. i in., 2018, *Wetlands in flux: looking for the drivers in a central European case*, „Wetlands Ecology and Management”, 26, s. 849-863, doi: 10.1007/s11273-018-9613-z.
- Bernatowicz S., Zachwieja J., 1966, *Types of littoral found in the lakes of the Masurian and Suwałki Lakeland*, „Ekologia Polska A”, 14, s. 519-545.
- Biegajło W., Tobjasz J., 1957, *Z badań nad użytkowaniem ziemi w woj. białostockim. Zagadnienie trójpółowki z ugorem – wieś Grabowiec*, „Przegląd Geograficzny”, 29(1), s. 111-141.
- Bińka K., Nitychoruk J., 2003, *The Late Saalian, Eemian and Early Vistulian pollen sequence at Dziewule, Eastern Poland*, „Geological Quarterly”, 47(2), s. 155-168.
- Bis B., Mikulec A. (red.), 2013, *Przewodnik do oceny stanu ekologicznego rzek Polski na podstawie makrobezkręgowców bentosowych*, Warszawa, Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 127.
- Brzezińska W., Wrzesiński D., 2023, *Głębokość niżówek na rzekach w Polsce w warunkach zmiany klimatu*, [w:] A. Młynarczyk (red.), *Środowisko przyrodnicze jako obszar badań*, V, Poznań, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, s. 47-56.
- Bobrovskij P., 1863, *Grodnienskaja gubernia. Materiały dla geografii i statistiki Rossii*, t. 1-2, St. Petersburg.
- Cantonati M., Füreder L., Gerecke R., Jüttner I., Cox J.E., 2012, *Crenic habitats, hot-spots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology*, „Freshwater Science”, 31(2), doi: 10.1899/11-111.1.
- Carlson R.E., 1977, *A trophic state index for lakes*, „Limnology and Oceanography”, 22, s. 361-369.
- Choiński A., 2006, *Katalog jezior Polski*, Poznań, Wydawnictwo UAM, s. 600.
- Choiński A., Skowron R., 2021, *Zmiany powierzchni i zarastanie jezior w Polsce*, „Badania Fizjograficzne, seria A – Geografia Fizyczna”, 12, s. 123-140, doi: 10.14746/bfg.2021.12.7.
- Chilczuk M., 1962, *Rozwój i rozmieszczenie przemysłu rolno-spożywczego w województwie białostockim*, Prace Geograficzne IG PAN, 37, Warszawa, s. 159.

- Cichocka M., 1996, *Wodopójki (Hydracarina) Bagien Biebrzańskich*, „Fragmenta Faunistica”, 39(15), s. 207-221.
- Ciepielowski A., Krajewski T., 1993, *Gospodarka wodna w lasach*, „Sylwan”, 3, s. 73-78.
- Cudowski A., 2015, *Dissolved reactive manganese as a new index determining the trophic status of limnic waters*, „Ecological Indicators”, 48, s. 721-727.
- Cudowski A., Górniak A., Więcko A., 2015, *Hydrochemical diversity of semi-natural water system on the background of environmental conditions*, „Environmental Monitoring and Assessment”, 187, s. 327-334.
- Czczuga B., 1958, *Badanie ilości chlorofilu w fitoplanktonie Jezior Rajgrodzkich*, „Acta Societatis Botanicae Poloniae”, 28(4), s. 542-560.
- Czczuga B., 1971, *The history of lake Gorbacz*, „Acta Hydrobiologica”, 13, s. 179-188.
- Czczuga B., Czerpak R., 1969, *Studies on dynes found in Chlorobium Limicola Nads. (Chlorobacteriaceae) from Wądołek Lake*, „Hydrobiologia”, 32, s. 561-571.
- Czerny B., Olędzki S., 1973, *Projektowany system melioracji w dolinie Górnej Narwi*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych”, 134, s. 101-114.
- Czerwiński A. (red.), 1995, *Puszcza Knyszyńska. Monografia przyrodnicza*, Supraśl, Zespół Parków Krajobrazowych w Supraślu.
- Czopor S., 1970, *Leśne melioracje wodne*, „Sylwan”, 8/9, s. 161-164.
- Dobrowolski A., Czarnecka H., Ostrowski J., Zaniowska M., 2004, *Floods in Poland from 1946 to 2001 – origin, territorial extent and frequency*, „Polish Geological Institute Special Papers”, 15, s. 69-76.
- Dojlido J., 1987, *Chemia wody*, Warszawa, Arkady, s. 352.
- Dokulil M.T., de Eyto E., Maberly S.C., May L., Weyhenmeyer G.A., Woolway R.I., 2021, *Increasing maximum lake surface temperature under climate change*, „Climatic Change”, 165, s. 56, doi: 10.1007/s10584-021-03085-1.
- Dunalska J., 2011, *Total organic carbon as a new index for monitoring trophic states in lakes*, „Oceanological and Hydrobiological Studies”, 40(2), s. 112-115.
- Dumnicka E., Biesiadka E., Namiotko T., 2016, *Zoobentos*, [w:] R. Krzyściak-Kosińska, E. Wilk-Woźniak (red.), *Ekosystemy wodne Białowieckiego Parku Narodowego*, Białowieża, BPN, s. 214-231.
- Dynowska I., 1971, *Typy reżimów rzecznych w Polsce*, Prace Geograficzne UJ, 28.
- Dzierżek J., Stańczuk D., 2006, *Record and paleogeographic implications of Pleistocene periglacial processes in the Drohiczyń Plateau, Podlasie Lowland*, „Geological Quarterly”, 50, s. 219-228.
- Ejsmont-Karabin J., Jekatieryńczyk-Rudczyk E., 2017, *Wrotki (Rotifera) źródeł Puszczy Knyszyńskiej*, Białystok–Supraśl, Ostoja geo- i bioróżnorodności, s. 21.

- Fac-Beneda J., 2017, *Struktura sieci hydrograficznej*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Warszawa, PWN, s. 116-121.
- Filar S., Józwiak K., Przytuła E., Węglarz D., 2020, *Ograniczenia środowiskowe w ustalaniu zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Biebrzy*, Warszawa, Wydawnictwo PiG (Informator PSH, Monografia), s. 171.
- Frączek M., 2017, *Warunki przyrodnicze funkcjonowania społeczeństw subneolitycznych w Kotlinie Biebrzy*, maszynopis rozprawy doktorskiej, Instytut Geografii UJK, Kielce.
- Garboś S., Świącicka D., 2011, *Oznaczanie baru w naturalnych wodach leczniczych techniką ICP-OES. Cz. I. Wody ujmowane na terenach uzdrowisk w Polsce*, „Roczniki PZH”, 62(1), s. 27-32.
- Gjessing E.T., 1976, *Physical and chemical characteristics of aquatic humus*, Ann Arbor Science Publ. Inc., s. 120.
- Gótek J., 1961, *Termika rzek Polski*, Warszawa, Prace PIH-M, 62, s. 79.
- Górniak A., 1992, *The development of soils formed from loess in the Lublin Upland (SE Poland)*, „Polish Journal of Soil Science”, 35(1), s. 79-87.
- Górniak A., 1996, *Substancje humusowe i rola w funkcjonowaniu ekosystemów słodkowodnych*, Białystok, Diss. Universitatis Varsoviensis, 448, s. 151.
- Górniak A., 1999, *Dynamika poziomu wód, temperatury i zjawisk lodowych jeziora Wigry*, [w:] B. Zdanowski, M. Kamiński, A. Martyniak (red.), *Funkcjonowanie i ochrona ekosystemów na obszarach chronionych*, Olsztyn, Wydawnictwo IRŚ, s. 129-140.
- Górniak A. (red.), 2006, *Jeziora Wigierskiego Parku Narodowego. Aktualna jakość i trofia wód*, Białystok, Wydawnictwo UwB, s. 176.
- Górniak A. (red.), 2006, *Ekosystem zbiornika Siemianówka i jego rekultywacja*, Białystok, Wydawnictwo UwB, s. 235.
- Górniak A., 2017, *Ogólny węgiel organiczny w wodach rzek dorzecza Wisły i Niemna*, „Gospodarka Wodna”, s. 19-24.
- Górniak A., 2019, *Ecohydrological determinants of seasonality and export of total organic carbon in Narew River with high peatland contribution (north-eastern Poland)*, „Ecohydrology & Hydrobiology”, 19, s. 1-13, doi: 10.1016/j.ecohyd.2018.03.003.
- Górniak A., 2020, *Total Organic Carbon in the Water of Polish Dam Reservoirs*, [w:] E. Korzeniewska, M. Harnisz (eds.), *Polish Rivers Basins and Lakes – Part I*, Hydrology and Hydrochemistry 86, Springer Nature Switzerland AG, 10, s. 189-207, doi: 10.1007/978-3-030-12123-5.
- Górniak A., 2021, *Klimat województwa podlaskiego w czasie globalnego ocieplenia*, Białystok, Wydawnictwo UwB, s. 221.

- Górniak A., Grabowska M., 1996, *Limnology of the Siemianówka Dam Reservoir (Eastern Poland). 3. Formation of phytoplankton communities in the first years after filling*, „Acta Hydrobiologica”, 38(3-4), s. 99-108.
- Górniak A., Jekatierynczyk-Rudczyk E., 1997, *Anthropogenic changes in spring water quality in the area of the town of Białystok (Northeastern Poland)*, „Acta Hydrobiologica”, 39(1-2), s. 19-28.
- Górniak A., Pękala M., 2001, *Zjawiska lodowe jezior północno-wschodniej Polski*, „Przegląd Geofizyczny”, 1-2, s. 91-109.
- Górniak A., Piekarski M.K., 1999, *Hydrologiczne aspekty funkcjonowania zbiornika Siemianówka na górnej Narwi*, „Gospodarka Wodna”, 2, s. 52-55.
- Górniak A., Pietryczuk A., 2015, *Źródła okolic Lęborka (północna Polska)*, „Gospodarka Wodna”, 5, s. 135-139.
- Górniak A., Zieliński P., Jekatierynczyk-Rudczyk E., Grabowska M., Suchowolec T., 2002, *The role of dissolved organic carbon in a shallow lowland reservoir ecosystem – a long-term study*, „Acta Hydrochimica et Hydrobiologica”, 30, s. 179-189.
- Górniak A., Zieliński P., Więcko A., 2017, *Nowo opisane stanowiska Jezierzy morskiej Najas marina L. (Hydrocharitaceae) w północno-wschodniej Polsce*, „Przegląd Przyrodniczy”, 28(3), s. 121-122.
- Grabowska M., 2005, *Cyanoprokaryota blooms in the polyhumic Siemianówka Dam Reservoir in 1992-2003*, „Oceanological and Hydrobiological Studies”, 34(1), s. 73-85.
- Grabowska M., 2012, *The role of a eutrophic lowland reservoir in shaping the composition of river phytoplankton*, „Ecohydrology & Hydrobiology”, 12(3), s. 231-242.
- Grabowska M., Mazur-Marzec H., 2011, *The effect of cyanobacterial blooms in the Siemianówka Dam Reservoir on the phytoplankton structure in the Narew River*, „Oceanological and Hydrobiological Studies”, 40(1), s. 19-26.
- Grabowska M., Wojtał A.Z., Jekatierynczyk-Rudczyk E., Hindakova A., Danilczyk M., Nerkowska K., 2017, *Występowanie i ekologia wybranych gatunków okrzemek bentosowych źródeł Puszczy Knyszyńskiej, Białystok – Supraśl, Ostoja geologicznej bioróżnorodności*, s. 31.
- Gradziński R., Baryła J., Danowski W., Doktor M., Gmur D., Gradziński M., Kędzior A., Paszkowski M., Soja R., Zieliński T., Żurek S., 2000, *Anastomosing system of the upper Narew River, NE Poland*, „Ann. Soc. Geol. Pol.”, 70, s. 219-229.
- Gradziński R., Baryła J., Doktor M., Gmur D., Gradziński M., Kędzior A., Paszkowski M., Soja R., Zieliński T., Żurek S., 2003, *Vegetation-controlled modern anastomosing system of the upper Narew River (NE Poland) and its sediments*, „Sedimentary Geology”, 157(3-4), s. 253-276.

- Graf R., Wrześniński D., 2020, *Zróźnicowanie czasowo-przestrzenne tendencji zmian termiki wód rzecznych w Polsce*, [w:] D. Wrześniński, R. Graf, A. Perz, K. Plewa (red.), *Naturalne i antropogeniczne zmiany obiegu wody. Współczesne problemy i kierunki badań*, Poznań, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, s. 146-160, ISBN 978-83-7986-303-7.
- Granoszewski W., Winter H., 2016, *Zmiany klimatu w plejstocenie w świetle danych palinologicznych*, „Przegląd Geologiczny”, 64, s. 43-48.
- Grygoruk M., 2020, *Melioracje wodne w kontekście funkcjonowania zlewni. Woda w rolnictwie. Ekspertyza*, Warszawa, Koalicja Żywa Ziemia, s. 72-77, ISBN 978-83-923070-6-8.
- Grygoruk M., Kochanek K., Mirosław-Świątek D., 2021, *Analysis of long-term changes in inundation characteristics of near-natural temperate riparian habitats in the Lower Basin of the Biebrza Valley, Poland*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 36, 100844, doi: 10.1016/j.ejrh.2021.100844.
- Grzybowski J., 1981, *Rozwój wydym w południowo-wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej*, „Przegląd Geograficzny”.
- Gumiński S., 1986, *Historia naszych badań nad mechanizmem efektów fizjologicznych wywołanych przez związki próchniczne*, „Roczniki Gleboznawcze”, 37(2-3), s. 363-374.
- Gutry-Korycka M., Jokiel P., 2017, *Bilans i zasoby wodne Polski*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Warszawa, PWN, s. 281-292.
- Hedemann O., 1939, *Dzieje Puszczy Białowieskiej w Polsce przedrozbiorowej (w okresie do 1798 roku)*, Warszawa, Instytut Badań Leśnictwa (Rozprawy i Sprawozdania, seria A, nr 41).
- Hołny-Kołoś M., 2008, *Trzęsienia ziemi w Polsce*, „Geografia w Szkole”, 6, s. 33-41.
- Honczaruk M., Śliwiński Ł., 2011, *Wyniki badań hydrogeologicznych w strefie występowania głębokiej wieloletniej zmarzliny w otworze Udryń PIG 1*, „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego”, 445, s. 203-216.
- Hutorowicz A., Pasztaleniec A., 2014, *Phytoplankton metric of ecological status assessment for Polish lakes and its performance along nutrient gradients*, „Ekologia Polska”, 62, s. 525-542.
- Ignar S., Maksymiuk-Dziuban A., Mirosław-Świątek D., Chormański J., Okruszko T., Wysocki P., 2011, *Temporal variability of the selected flood parameters in the Biebrza River valley*, „Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Land Reclamation”, 43(2), s. 135-142, doi: 10.2478/v10060-008-0099-x.
- Jamro M.S., Piniewski M., Grygoruk M., 2023, *Analiza wieloletniej zmienności wskaźnika odpływu podstawowego rzek Polski*, [w:] R. Czerniawski, P. Biłski (red.), *Funkcjonowanie i ochrona wód płynących*, Szczecin, Volumina.pl.

- Jarosz D., 2017, *Zanieczyszczenie wód i powietrza w Polsce w latach 1945-1970 jako problem władzy i społeczeństwa*, „Polska 1944/45-1989. Studia i Materiały”, XV, s. 37-78.
- Jarosz D., 2019, *Historia powodzi w Polsce 1945-1989: Prolegomena do badań*, „Polska 1944/45-1989. Studia i Materiały”, XVII, s. 71-95.
- Jasser I., 2006, *The relationship between autotrophic picoplankton (APP) – the smallest autotrophic component of food web and the trophic status and the depth of lakes*, „Ecohydrology & Hydrobiology”, 6(1-2), s. 125-133.
- Jekatieryńczyk-Rudczyk E., 1999, *Effects of drainage basin management on the chemical composition of waters in lowland springs*, „Acta Hydrobiologica”, 41, s. 97-105.
- Jekatieryńczyk-Rudczyk E., 2010, *Przekształcenia składu fizyczno-chemicznego płytkich wód podziemnych w strefach drenażu na obszarach nizinnych*, Białystok, Wydawnictwo UWB, s. 224.
- Jekatieryńczyk-Rudczyk E., 2022, *Wody uznawane za święte na Nizinie Północno-podlaskiej w świetle analizy hydrochemicznej*, Białystok, Wydawnictwo UWB, s. 223.
- Jekatieryńczuk-Rudczyk E., Ejsmont-Karabin J., 2023, *Rotifers of inter-forest springs*, „Diversity”, 15, 153, s. 1-16, doi: 10.3390/d15020153.
- Jokiel P., Michalczyk Z., 2019, *Źródła Polski – zachować dla przyszłości*, „Prace Geograficzne”, 157, s. 7-31.
- Kajak Z., 1988, *Considerations on benthos abundance in freshwaters, its factors and mechanisms*, „International Review of Hydrobiology”, 73, s. 5-19.
- Kamocki A., 2016, *Przekształcenia hydrograficznego układu Narwi w ostatnich dekadach*, [w:] P. Banaszuk, D. Wołkowycki (red.), *Narwiański Park Narodowy. Krajo-braz, przyroda, człowiek*, Kurowo, Wydawnictwo NPN, s. 65-76.
- Karpowicz M., Jekatieryńczyk-Rudczyk E., 2017, *Zespoły zooplanktonu skorupiakowego (Crustacea) wybranych źródeł Puszcy Knyszyńskiej*, Białystok–Supraśl, Źródła Polski. Ostoja geo- i bioróżnorodności, s. 45.
- Karpowicz M., Ejsmont-Karabin J., 2017, *Effect of metalimnetic gradient on phytoplankton and zooplankton (Rotifera, Crustacea) communities in different trophic conditions*, „Environmental Monitoring and Assessment”, 189, 367, doi: 10.1007/s10661-017-6055-7.
- Kaushal S.S., 2010, *Chloride*, [w:] G.E. Likens (ed.), *Biogeochemistry of Inland Waters*, Amsterdam, Elsevier, s. 361-367.
- Kawecka B., Eloranta P.V., 1994, *Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych*, Warszawa, PWN, s. 252.

- Kaznowska E., 2006, *Charakterystyka susz hydrologicznych na przykładzie wybranych rzek północno-wschodniej części Polski*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich”, 4(2), s. 51-59.
- Kejna M., Rudzki M., 2021, *Spatial diversity of air temperature changes in Poland in 1961-2018*, „Theoretical and Applied Climatology”, 143, s. 1379-1391.
- Kiryłuk A., 1999, *Wody gruntowe na zmeliorowanym torfowisku niskim i ich wpływ na biocenozę łąkową*, „Roczniki AR w Poznaniu. Melioracje i Inżynieria Środowiska”, 20(1), s. 245-255.
- Kiryłuk A., 2007, *Zmiany siedlisk pobagiennych i fitocenoz w dolinie Supraśli*, „Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, Rozprawy naukowe i monografie”, nr 20, s. 148.
- Kiryłuk A., 2020, *Transformation of fen peat soils as the result of drainage and agricultural use in the Supraśl Dolna site, NE Poland*, „Soil Science Annual”, 71(1), s. 86-92, doi: 10.37501/soilsa/121496.
- Kłosowski S., Tomaszewicz G.H., Tomaszewicz H., 2006, *The expansion and decline of charophyte communities in lakes within the Sejny Lake District (north-eastern Poland) and changes in water chemistry*, „Limnologia”, 36, s. 234-240.
- Koperski P., 2005, *Testing the suitability of leeches (Hirudinea, Clitellata) for biological assessment of lowland streams*, „Polish Journal of Ecology”, 53(1), s. 65-80.
- Kosiński L., 1962, *Miasta województwa białostockiego*, Warszawa, Instytut Geografii PAN (Prace Geograficzne, 32), s. 162.
- Kotowski A., 2021, *Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych z użytkowanych gleb organicznych w Polsce oraz potencjału ich redukcji*, Warszawa, Centrum Ochrony Mokradł; WWF, s. 20.
- Kozek-Połomska M., Tomaszewski E., 2024, *Uwarunkowania i zmienność niszówek rzecznych w wybranych regionach geograficznych Polski w latach 1989-2018*, „Acta Geographica Lodziensia”, 115, s. 59-82.
- Koźmiński Z., 1932, *O stosunkach tlenowych w jeziorze Hańcza na Suwalszczyźnie*, „Archiwum Hydrobiologii i Rybactwa”, 6, s. 65-85.
- Kupryjanowicz M., 2007, *Zmiany poziomu wody w eemskich jeziorach i torfowiskach północnego Podlasia*, „Przegląd Geologiczny”, 55, s. 336-342.
- Kupryjanowicz M., 2008, *Vegetation and climate of the Eemian and Early Vistulian lakeland in northern Podlasie*, „Acta Palaeobotanica”, 48(1), s. 3-130.
- LAWA, 2000, *Gewässerstrukturgütebewertung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer*, Berlin.
- Leech D.M., Pollard A.I., Labou S.G., Hampton S.E., 2018, *Fewer blue lakes and more murky lakes across the continental US: Implications for planktonic food webs*, „Limnology and Oceanography”, 63(6), s. 2661-2680.

- Lewis W.M., 2010, *Inorganic chemical: cycles and ecosystem dynamics*, [w:] G.E. Likens (ed.), *Biogeochemistry of Inland Waters*, Amsterdam, Elsevier Academic Press, s. 335-342.
- Lindner L., Bogutsky A., Gozhik P., Marks L., Łanczont M., Wojtanowicz J., 2006, *Correlation of Pleistocene deposits in the area between the Baltic and Black Sea, Central Europe*, „Geological Quarterly”, 50, s. 195-210.
- Lityński A., 1926, *Studia limnologiczne na Wigrach. I. Część limnograficzna*, „Archiwum Hydrobiologii i Rybactwa”, 1(1), s. 1-78.
- Łoszewski H., 1984, *Naturalne wypływy wód podziemnych dorzecza Supraśli*, „Nauka i Praktyka”, 4, s. 111-150.
- Łupikasza E., Małarzewski Ł., 2021, *Precipitation change*, [w:] M. Falarz (ed.), *Climate Change in Poland*, Springer Climate, Cham, doi: 10.1007/978-3-030-70328-8_13.
- Maheu A., Poff N.L., St-Hilaire A., 2015, *A classification of stream water temperature regimes in the conterminous USA*, „River Research and Applications”, doi: 10.1002/rra.2906.
- Matecka D., 1997, *Wody artezyjskie zlewni rzeki Krynki*, [w:] *Współczesne problemy hydrogeologii*, t. VIII, Kiekrz, 4-6 września.
- Malecki J.J., 1998, *Rola strefy aeracji w kształtowaniu składu chemicznego płytkich wód podziemnych wybranych środowisk hydrochemicznych*, „Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego”, 381, s. 291.
- Marcinkowski P., Grygoruk M., 2017, *Long-term downstream effects of a dam on a lowland river flow regime: Case study of the Upper Narew*, „Water”, 9, 783, s. 1-19, doi: 10.3390/w9100783.
- Marks L., 2023, *Quaternary stratigraphy of Poland – current status*, „Acta Geologica Polonica”, 73(3), s. 307-340, doi: 10.24425/agp.2023.145614.
- Maroszek J., 1976, *Rzemiosło w miastach podlaskich w XV–XVIII wieku*, „Studia i Materiały z Historii Kultury Materialnej”, 51, s. 88-195.
- Maroszek J., 2013, *Dzieje województwa podlaskiego do roku 1795*, Białystok, Wydawnictwo UWB.
- Marren P.M., 2005, *Magnitude and frequency in proglacial rivers: a geomorphological and sedimentological perspective*, „Earth-Science Reviews”, 70, s. 203-251.
- Marszelewski W., Pius B., 2015, *Long-term changes in temperature of river waters in the transitional zone of the temperate climate: a case study of Polish rivers*, „Hydrological Sciences Journal”, 61(8), s. 1430-1442, doi: 10.1080/02626667.2015.1040800.
- Meybeck M., 1982, *Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers*, „American Journal of Science”, 282, s. 401-452.

- Michalczyk Z., 2017, *Odpyływ rzeczny w Polsce. Odpyływ średni, zmienność w czasie i różnicowanie przestrzenne*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Warszawa, PWN, s. 153-160.
- Michalec A., 1989, *Liczebność i biomasa fauny pobrzeża jezior polihumusowych Wigierskiego Parku Narodowego*, Białystok, FUW, maszynopis pracy magisterskiej, s. 56.
- Mikołajków J., Sadurski A. (red.), 2017, *Główne zbiorniki wód podziemnych w Polsce. Informator PSH*, Warszawa, PIG-PIB, s. 413.
- Minasny B. i in., 2017, *Soil carbon 4 per mille*, „Geoderma”, 292, s. 59-86, doi: 10.1016/j.geoderma.2017.01.002.
- Mioduszeński W., Ślesicka A., Querner W., 2004, *Warunki zasilania doliny dolnej Biebrzy*, „Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie”, 4(1), s. 67-78.
- Mitrega J., Paczyński B., 1993, *Hydrogeologia systemu czwartorzędowego Pojezierza Suwalskiego*, [w:] *Przewodnik LXIV Zjazdu PTGeol.*, s. 90-93.
- Mitrega J., Paczyński B., Płochniewski Z., 1993, *Wody podziemne Suwalszczyzny*, „Przegląd Geologiczny”, 41(8).
- Mohenski O., Stefan H.G., 1999, *Stream temperature/air temperature relationships: a physical interpretation*, „Journal of Hydrology”, 218, s. 128-441.
- Mohenski O., Stefan H.G., Erickson T.R., 1998, *A nonlinear regression model for weekly stream temperatures*, „Water Resources Research”, 34, s. 2685-2692.
- Mohenski O., Erickson T.R., Stefan H.G., 1999, *Sensitivity of stream temperatures in the United States to air temperatures projected under a global warming scenario*, „Water Resources Research”, 35, s. 3723-3733.
- Nowakowski C., Nowicki C., 2007, *Region Narwi, Pregoty i Niemna*, [w:] B. Paczyński, A. Sadurski (red.), *Hydrogeologia regionalna Polski*, Warszawa, PIG, s. 277-288.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 2021, *Change of Atmospheric Circulation*, [w:] M. Falarz (ed.), *Climate Change in Poland*, Springer Climate, Springer, doi: 10.1007/978-3-030-70328-8_6.
- Nowaczyk B., 1986, *Wiek wydm, ich cechy granulometryczne i strukturalne a schemat cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w późnym wistulianie i holocenie*, Poznań, UAM.
- Nowakowski Cz., 1976, *Hydrogeologia źródeł strefy czołowo-morenowej Pojezierza Suwalskiego*, maszynopis rozprawy doktorskiej, Wyd. Geologii UW, Warszawa.
- Nowakowski Cz., 1977, *Charakterystyka wydajności źródeł strefy czołowo-morenowej Pojezierza Suwalskiego*, „Biul. Geol.”, 21.

- Nowicki M., 2020, *Ochrona środowiska w latach 1945-2019*, [w:] W. Szymalski (red.), *100 lat ochrony środowiska w Polsce*, Radom, Instytut na rzecz Ekorozwoju, s. 23-54, e-ISBN 978-83-66550-20-9.
- Okruszek H., 1991a, *Rodzaje mokradeł w pradolinie Biebrzy*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych”, z. 372, s. 163-184.
- Okruszek H., 1991b, *Przeobrażanie się mokradeł pod wpływem ich odwodnienia*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych”, z. 372, s. 251-270.
- Okruszek H., Byczkowski A., 1976, *Osuszanie mokradeł w basenie środkowym Biebrzy w ujęciu historycznym*, „Zeszyty Naukowe Postępów Nauk Rolniczych”, 432, s. 33-43.
- Opuszyński K., 1987, *Sprzężenie zwrotne między procesem eutrofizacji a zmianami zespołu ryb. Teoria ichtioeutrofizacji*, „Wiadomości Ekologiczne”, 33(1), s. 21-30.
- Oszczapińska K., Skoczko I., 2017, *Rozwój gospodarki wodno-ściekowej w województwie podlaskim w latach 2008-2015*, „Inżynieria Ekologiczna”, 18(4), s. 20-24.
- Ościłowski J., 2021, *Grody mazowieckie między Pisą, Biebrzą i Narwią (X–XIII w.)*, „Echa Przeszłości”, XXII/1, doi: 10.31648/ep.6707.
- Oświt J., 1973, *Warunki rozwoju torfowisk w dolinie dolnej Biebrzy na tle stosunków wodnych*, „Roczniki Nauk Rolniczych”, 143, s. 79.
- Oświt J., 1991, *Budowa, geneza i rozwój torfowisk pradolinnych Biebrzy*, „Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych”, 372, s. 185-217.
- Paczyński B., Sadurski A. (red.), 2007, *Hydrogeologia regionalna Polski*, t. 3, Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny.
- Panecki T., 2021, *Środowisko geograficzne*, [w:] H. Rutkowski, M. Słoń (red.), *Atlas historyczny Polski. Województwo podlaskie w drugiej połowie XVI wieku. Cz. II. Komentarz. Indeksy*, Warszawa, Instytut Historii PAN, s. 29-39.
- Parasiewicz J. i in., 2023, *Over 200,000 kilometers of free-flowing river habitat in Europe is altered due to impoundments*, „Nature Communications”, 14, 6289, doi: 10.1038/s41467-023-40922-6.
- Parde M., *Rzeki*, Warszawa, PWN.
- Passowicz K.H., 1938, *Ein meromiktischer See im Suwalki Gebietes (Polen)*, „Arch. d'Hydrob. et Fish”, 11(3-4), s. 210-214.
- Paszczyk J., 1975, *Rola wód podziemnych w odpływie rzeczny i w bilansie wodnym Polski*, Lublin, Wydawnictwo UMCS, s. 90.
- Piniewski M., 2017, *Classification of natural flow regimes in Poland*, „River Research and Applications”, 33(7), s. 1205-1218, doi: 10.1002/rra.3153.

- Piniewski M., Laize C.L.R., Acreman M.C., Okruszko T., Schneider Ch., 2014, *Effect of climate change on environmental flow indicators in the Narew Basin, Poland*, „Journal of Environmental Quality”, 43(1), s. 155-167, doi: 10.2134/jeq2011.0386.
- Pirożnikow E., Siwak P., 2018, *Izolowane stanowisko skrzypu olbrzymiego (Equisetum telmateia Ehrh.) w północno-wschodniej Polsce w okolicach Smolnik*, „Różnorodność badań botanicznych”, 24.
- Plan ochrony dla Wigierskiego Parku Narodowego i obszaru Natura 2000 Ostoja Wigierska PLH200004. Operat ochrony zasobów i ekosystemów wodnych, 2014, red. A. Górniak, Warszawa–Białystok–Olsztyn–Suwałki, NFOS, Taxis SI, s. 371.
- Plan ochrony Narwiańskiego Parku Narodowego. Operat ekosystemów wodnych, 2013, red. A. Górniak, Białystok, Prohabitat, s. 154.
- Plan przeciwdziałania skutkom suszy, 2021, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 lipca 2021 roku, Dz.U. poz. 1615, s. 105.
- Prejs A., 1978, *Eutrofizacja jezior a ichtiofauna*, „Wiadomości Ekologiczne”, 28(3), s. 201-208.
- Puczko K. i in., 2018, *Vascular plant and bryophyte species richness in response to water quality in lowland spring niches with different anthropogenic impacts*, „Environmental Monitoring and Assessment”, 190, 338, doi: 10.1007/s10661-018-6703-6.
- Pytasz-Kołodziejczyk A., 2016, *Zasoby wodne w dobrach wielkoksiażących Zachodniej Grodzieńszczyzny w XVI wieku. Administracja i eksploatacja*, Olsztyn, Wydawnictwo UWM, s. 292.
- Raven P.J., Fox P.J.A., Everard M., Holmes N.T.H., Dawson F.H., 1997, *River habitat survey: a new system for classifying rivers according to their habitat quality*, [w:] P.J. Boon, D.L. Howell (red.), *Freshwater Quality: Defining the Indefinable?*, Edinburgh, Scottish Natural Heritage, The Stationery Office, s. 215-234.
- Reynolds C.S., 2000, *Hydroecology of river plankton: the role of variability in channel flow*, „Hydrological Processes”, 14, s. 3119-3132.
- Romaniuk Z., 2021, *Brańsk. Dzieje miasta*, t. 1 (do 1795 r.), Brańsk, s. 417.
- Rosgen D.L., 1996, *Applied River Morphology*, Pagosa Springs, Wildland Hydrology, s. 390.
- Rutkowski J., Król K., Krzysztofiak L., Prosowicz D., 2003, *Recent sediment of the Wigry Lake (Szyja Basin)*, „Limnological Review”, 3, s. 197-204.
- Skoczko I., Szatyłowicz E., 2015, *Zastosowanie współczynnika Schindlera do oceny podatności na degradację zbiorników małej retencji*, „Civil and Environmental Engineering”, 6, s. 137-143.

- Siemieniuk A., Szczykowska J., Wiater J., 2015, *Symptoms of water eutrophication in the Bachmaty Reservoir*, „Journal of Ecological Engineering”, 16(4), s. 89-95.
- Solski A., 1962, *Chlorofil w sestonie jako wskaźnik produktywności kilkunastu jezior w Polsce*, „Polskie Archiwum Hydrobiologii”, 10, s. 113-164.
- Stanisławczyk B., 2020, *Sezonowość przepływu i sezony hydrologiczne wybranych rzek Polski*, maszynopis rozprawy doktorskiej, Uniwersytet Łódzki, Łódź, s. 197.
- Stangenberg M., 1936, *Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych Pojezierza Suwalskiego*, „Rozprawy i Sprawozdania Instytutu Badawczego Lasów Państwowych”, A(19), s. 7-85.
- Stangenberg M., 1958, *Ogólny pogląd na skład chemiczny wód rzecznych Polski*, „Polskie Archiwum Hydrobiologii”, 4(17), s. 290-359.
- Staramach J., 1994, *Struktura zespołu ryb w zbiornikach zaporowych o różnym stopniu eutrofizacji*, [w:] *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*, Łódź, Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 91-103.
- Stepaniuk M., 2010, *Zmiany stosunków wodnych i użytkowania terenu w Niece Gródecko-Michałowskiej*, „Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG”, 13, s. 66-77.
- Stockner J.G., 1991, *Autotrophic picoplankton in freshwater ecosystems: the view from the summit*, „International Review of Hydrobiology”, 76, s. 483-493.
- Stuczyński T. (red.), 2006, *Wdrożenie zintegrowanego systemu informacji o rolniczej przestrzeni produkcyjnej dla potrzeb ochrony gruntów w województwie podlaskim*, Puławy, Urząd Marszałkowski Woj. Podlaskiego; IUNG-PIB, s. 240.
- Strzemiński M., 1957, *Gleby województwa białostockiego*, „Przegląd Geograficzny”, 29(3), s. 469-492.
- Suchowolec T., Górniak T., 2009, *Riverine water transformation during retention in small lowland reservoirs*, „Oceanological and Hydrobiological Studies”, 38(4), s. 103-108.
- Szczykowska J., Siemieniuk A., Wiater J., 2016, *Zanieczyszczenia fosforem jako bariera jakości wód zbiorników małej retencji na Podlasiu*, „Journal of Ecological Engineering”, 48(2), s. 202-207.
- Szozkiewicz K., Jusik S., Adyniewicz-Piragas M., Gebler D., Achtenberg K., Radecki-Pawlik A., Okruszko T., Gielczewski M., Pietruczuk K., Przesmycki M., Nawrocki P., 2017, *Podręcznik oceny wód płynących w oparciu o Hydromorfologiczny Indeks Rzeczny*, Warszawa, Biblioteka Monitoringu Środowiska, s. 189.
- Sztachelska-Kokoczek A., 2006, *Magnackie dobra Jana Klemensa Branickiego*, Białystok, Wydawnictwo Prymat, s. 234.
- Ślaski K., 1965, *Lasy a osadnictwo*, [w:] J. Broda, A. Żabko-Potopowicz (red.), *Dzieje lasów, leśnictwa i drzewnictwa w Polsce*, Warszawa, s. 43-44.

- Tomaszewski E., 2012, *Wieloletnia i sezonowa dynamika niszówek w rzekach środkowej Polski*, Łódź, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Tyszkiewicz J., 1968, *Osadnictwo nad górną Narwią w 1 tysiącleciu naszej ery*, „Przegląd Historyczny”, 59(4), s. 580-611.
- Urbanik J., 2010, *Ramienice (Charophyta) Polski północno-wschodniej. Cz. I*, „Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica”, 17(2), s. 389-395.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cushing C.E., 1980, *The river continuum concept*, „Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences”, 37, s. 130-138.
- Wassen J.M., 1995, *Hydrology, water chemistry and nutrient accumulation in the Biebrza fens floodplains (Poland)*, „Wetlands Ecology and Management”, 3(2), s. 125-137.
- Witkowski A., 1984, *Analiza ichtiofauny basenu Biebrzy. Cz. II. Materiały do znajomości rybostanu i przegląd gatunków*, „Fragmenta Faunistica”, 28, s. 137-184.
- Wernerowa W., 1990, *Opisy parafii dekanatu knyszyńskiego z roku 1784*, „Studia Podlaskie”, 1, s. 99-205.
- Wernerowa W. (opr.), 1994, *Rękopiśmienne opisy parafii litewskich z 1784 roku. Dekanat grodzieński*, Warszawa, s. 24-25, 98-101.
- Wetzel R.G., 2001, *Limnology. Lake and River Ecosystems*, San Diego–San Francisco, Academic Press, s. 1006.
- Weckwerth P. i in., 2019, *Late Weichselian glacier outburst floods in North-Eastern Poland: Landform evidence and paleohydraulic significance*, „Earth-Science Reviews”, 194, s. 216-233, doi: 10.1016/j.earscirev.2019.05.006.
- Wiater J., Siemieniuk A., Szczukowska J., 2011, *Influence of low retention reservoir on water quality of Supraśl River*, „Ecological Chemistry and Engineering A”, 18(9-10), s. 1363-1372.
- Wiater J., Siemieniuk A., Szczukowska J., 2012, *Rola zbiornika małej retencji w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna”, 6, s. 277-280.
- Więckowski K., 1957, *Aktualne problemy gospodarowania wodą na terenie województwa białostockiego*, „Przegląd Geograficzny”, 29(3), s. 493-518.
- Wilkialis J., 1968, *Distribution of leeches along the course of the rivers Supraśl and Czarna Hańcza in the light of habitat relations*, „Ekologia Polska”, 16, s. 765-771.
- Wilkialis J., 1982, *Ekologia i biologia niektórych rzadszych gatunków pijawek z rodziny Glossiphoniidae (Hirudinea)*, Szczecin, Wydawnictwo Akademii Rolniczej.
- Williamson C.E. i in., 1999, *Dissolved organic carbon and nutrients as regulators of lake ecosystems: resurrection of a more integrated paradigm*, „Limnology and Oceanography”, 44, s. 795-803.

- Witkowski A., 1984, *Analiza ichtiofauny basenu Biebrzy. Cz. II. Materiały do znajomości rybostanu i przegląd gatunków*, „Fragmenta Faunistica”, 28, s. 137-184.
- Wróbel W., 2015, *Wodociągi i kanalizacja Białegostoku od czasów najdawniejszych do 2015 roku*, Białystok, Wydawnictwo BUK, s. 348.
- Woolway R.I. i in., 2017, *Warming of Central European lakes and their response to the 1980s climate regime shift*, „Climatic Change”, 42, s. 505-520, doi: 10.1007/s10584-017-1966-4.
- Woronko B. i in., 2017, *Post-Saalian transformation of dry valleys in eastern Europe: An example from NE Poland*, „Quaternary International”, doi: 10.1016/j.quaint.2016.09.054.
- Wysocka-Czubaszek A., Banaszk P., 2003, *Migracja składników azotowych i bariery biogeochemiczne w zalewowych dolinach rzecznych na przykładzie doliny Górnej Narwi*, „Acta Agrophysica”, s. 349-254.
- Venegas-Cordero N., Kundzewicz Z.W., Jamro S., Piniewski M., 2022, *Detection of trends in observed river floods in Poland*, „Journal of Hydrology: Regional Studies”, 41, 101098, doi: 10.1016/j.ejrh.2022.101098.
- Zalewski M. (red.), 2020, *Ekohydrologia*, Warszawa, PWN, s. 262.
- Zdanowski B. (red.), 1992, *Jeziora Wigierskiego Parku Narodowego. Stan eutrofizacji i kierunki ochrony*, „Zeszyty Naukowe PAN, Człowiek i Środowisko”, 3, s. 249.
- Zieliński T., 2024, *The Valley of Anastomosing Narew River (NE Poland) – A Unique fluvial landscape of the European Lowlands*, [w:] P. Migoń, K. Jancewicz (red.), *Landscapes and Landforms of Poland*, World Geomorphological Landscapes, Springer Nature Switzerland AG, s. 535-546.
- Zieliński P., Górniak A., Piekarski M.K., 2009, *The effect of hydrological drought on chemical quality of water and dissolved organic carbon concentrations in lowland rivers*, „Polish Journal of Ecology”, 57(2), s. 217-227.
- Zieliński P., Górniak A., Bralski M., 2012, *Wykorzystanie cech hydromorfologicznych do oceny stanu ekologicznego rzeki miejskiej*, „Inżynieria Ekologiczna”, 29, s. 246-256.
- Znosko J., 1993, *Jak odkryto suwalskie magnetyty?*, „Przegląd Geologiczny”, 41(8), s. 552-558.
- Żegluga śródlądowa, Warszawa, GUS, Roczniki 2001-2005, 2023.
- Żurek S., 1975, *Geneza zabagnienia pradoliny Biebrzy*, „Prace Geograficzne IGIPIZ PAN”, 110.

Netografia

Dane hydrologiczne – <https://imgw.pl>

Dane statystyczne – <https://stat.gov.pl>; <https://bialystok.stat.gov.pl>

Dane Służby Hydrologicznej PIG, Roczniki Hydrologiczne, Państwowego Monitoringu Wód Podziemnych – <https://pgi.gov.pl>

Wyniki Państwowego Monitoringu Wód Powierzchniowych i Monitoringu Jezior – <https://gios.gov.pl>

Mapa hydrograficzna Polski (wersja 17), obiekty wodne – <https://isok.gov.pl>

Perthées Textor (1839) 1843, *Topograficzna karta Królestwa Polskiego*, skala 1:126 000, tzw. mapa Kwatermistrzostwa, Warszawa, sec. VIII; kol. V, sek. II.

D.G. Reymann, *Topographische Special karte des Preussischen Staats und der angrenzenden Länder*, skala 1:200 000.

Inne – *Informacja ze zdarzenia „Intensywne opady deszczu w Białymstoku w dniu 07.05.2017 r.”* – Biuro Zarządzania Kryzysowego UM w Białymstoku, s. 45.

Załącznik IZ.

Wykaz największych rzek województwa podlaskiego i ich dorzeczy według danych PP Wody Polskie; obliczenia własne

Lp	Rzeki	Rząd rzeki	Pow. zlewni	Dług. rzeki		Dopływy	Sieć rz.	Gęstość		Max	Min	Spadek rzeki
			[km ²]	[km]	R/A	[km]	[km]	[km/km ²]		[m npm]	[m npm]	[m/km]
			A	R		r	R+r	gęstość	R+r/R	Hz	Hu	(Hz-Hu)/R
Dorzecze Narwi												
	Narew	6	53854,8	468								
1	Kołonna	2	271,8	31,5	0,12	15	46,5	0,17	1,48	179	144	1,11
2	Rudnia	2	91	28,9	0,32	17,6	46,5	0,51	1,61	162	131	1,07
3	Narewka	3	725,1	64,7	0,09	144,8	209,5	0,29	3,24	155	135	0,31
4	Lutowia	2	120,2	18,6	0,15	22,1	40,7	0,34	2,19	162	149	0,70
5	Hwoźna	2	101,9	12,2	0,12	3,1	15,3	0,15	1,25	159	146	1,07
6	Łoknica	2	170,9	43,7	0,26	31,3	75	0,44	1,72	178	126	1,19
7	Czarna d. Narwi	2	55,9	18	0,32	3,9	21,9	0,39	1,22	153	127	1,44
8	Orlanka	3	510,2	54,6	0,11	165,9	220,5	0,43	4,04	188	122	1,21
9	Biała	2	207,1	36,2	0,17	46,1	82,3	0,40	2,27	162	129	0,91
10	Strabielka / Walega	3	144,2	21,5	0,15	38,2	59,7	0,41	2,78	147	121	1,21
11	Awissa	2	69	18,3	0,27	45,4	63,7	0,92	3,48	127	116	0,60
12	Liza	2	112,8	21	0,19	34	55	0,49	2,62	136	118	0,86
13	Czaplińka / Niewodnica	2	78	32,4	0,42	14,3	46,7	0,60	1,44	152	115	1,14
14	Turośnianka	2	137,4	34,7	0,25	39,9	74,6	0,54	2,15	157	116	1,18
15	Supraśl	4	1849,5	111,3	0,06	540,7	652	0,35	5,86	181	108	0,66
16	Słoja	2	222,1	38,1	0,17	27,8	65,9	0,30	1,73	162	130	0,84
17	Płoska	2	216,6	34,1	0,16	48,5	82,6	0,38	2,42	176	125	1,50
18	Czarna	2	198,2	24	0,12	48,4	72,4	0,37	3,02	152	116	1,50

Lp	Rzeki	Rząd rzeki	Pow. zlewni	Dług. rzeki		Dopływy	Sieć rz.	Gęstość		Max	Min	Spadek rzeki
			[km ²]	[km]	R/A	[km]	[km]	[km/km ²]		[m npm]	[m npm]	[m/km]
			A	R		r	R+r	gęstość	R+r/R	Hz	Hu	(Hz-Hu)/R
19	Pilnica	2	60,3	9,2	0,15	4,1	13,3	0,22	1,45	156	119	4,02
20	Cieliczanka	1	17,3	6,2	0,36	0	6,2	0,36	1,00	147	124	3,71
21	Biała d. Supraśli	2	127,2	31,9	0,25	16,4	48,3	0,38	1,51	158	111	1,47
22	Sokołda	3	489,1	51	0,10	116	167	0,34	3,27	162	125	0,73
23	Kamionka d. Sokołdy	1	53,3	15,8	0,30	0	15,8	0,30	1,00	167	139	1,77
24	Kulikówka	2	67,7	17	0,25	7,8	24,8	0,37	1,46	169	106	3,71
25	Jaskranka	2	120,3	20,8	0,17	20,4	41,2	0,34	1,98	141	106	1,68
26	Nereśl	3	297,6	47,2	0,16	72,7	119,9	0,40	2,54	154	105	1,04
27	Ślina	2	359,5	43,6	0,12	125,9	169,5	0,47	3,89	146	103	0,99
28	Biebrza	5	7092,1	174,8	0,02	2073,5	2248,3	0,32	12,86	161	100	0,35
29	Lebieżdzianka	2	159,2	14,4	0,09	19,9	34,3	0,22	2,38	127	117	0,69
30	Sidra	3	299,4	38,7	0,13	83,8	122,5	0,41	3,17	167	119	1,24
31	Kamienka d. Biebrzy	2	54,9	17,4	0,32	7,7	25,1	0,46	1,44	197	118	4,54
32	Horodnianka d. Supraśli	2	80,8	23,6	0,29	14,7	38,3	0,47	1,62	142	108	1,44
33	Brzozówka	4	692,3	66,1	0,10	211,1	277,2	0,40	4,19	148	109	0,59
34	Kumiałka	2	223,2	41,4	0,19	49,5	90,9	0,41	2,20	166	121	1,09
35	Netta	3	1300	115,2	0,09	443,5	558,7	0,43	4,85	173	110	0,55
36	Rospuda d. Jez. Rospuda Aug.	3	476,8	80,9	0,17	165	245,9	0,52	3,04	173	122	0,63

Lp	Rzeki	Rząd rzeki	Pow. zlewni	Dług. rzeki		Dopływy	Sieć rz.	Gęstość		Max	Min	Spadek rzeki
			[km ²]	[km]	R/A	[km]	[km]	[km/km ²]		[m npm]	[m npm]	[m/km]
			A	R		r	R+r	gęstość	R+r/R	Hz	Hu	(Hz-Hu)/R
37	Blizna	3	356,1	60,1	0,17	134,4	194,5	0,55	3,24	195	122	1,21
38	Blizna (bez Szczemberki)	3	121,6	20,3	0,17	9,2	29,5	0,24	1,45	131	123	0,39
39	Szczemberka	2	234,5	60,1	0,26	104,9	165	0,70	2,75	195	122	1,21
40	Zelwianka	2	77,8	20,4	0,26	24,8	45,2	0,58	2,22	162	122	1,96
41	Je-grznia/Lega	3	1057,6	144,5	0,14	765,4	909,9	0,86	6,30	237	112	0,87
42	Etka	4	1551,5	125,1	0,08	139,8	264,9	0,17	2,12	181	108	0,58
43	Binduga	2	77,1	14,7	0,19	14,7	29,4	0,38	2,00	129	113	1,09
44	Klimaszew-nica	1	71,6	14,3	0,20	0	14,3	0,20	1,00	123	105	1,26
45	Kosóдка	2	137,9	18,9	0,14	35,3	54,2	0,39	2,87	150	103	2,49
46	Wissa	2	514,7	57,1	0,11	155,1	212,2	0,41	3,72	141	102	0,68
47	Matlak	2	142,6	15,5	0,11	45,3	60,8	0,43	3,92	149	107	2,71
48	Jedwabianka	2	63,1	24,3	0,39	6,5	30,8	0,49	1,27	150	100	2,06
49	Łojewek	2	184,6	35,7	0,19	23,8	59,5	0,32	1,67	172	99	2,04
50	Gań	3	426,3	23,3	0,05	154,1	177,4	0,42	7,61	122	99	0,99
51	Jabłonka	3	219,2	33,7	0,15	68,5	102,2	0,47	3,03	155	104	1,51
52	Penza	2	50,8	15	0,30	14,3	29,3	0,58	1,95	162	98	4,27
53	Skroda	3	225,6	57,9	0,26	95,2	153,1	0,68	2,64	176	99	1,33
54	Dzierzb-ia	2	108,9	19,6	0,18	27,8	47,4	0,44	2,42	176	116	3,06
55	Łom-życzka	2	87	21,4	0,25	5,2	26,6	0,31	1,24	129	98	1,45
56	Ruż	2	193,1	20,7	0,11	75,6	96,3	0,50	4,65	137	96	1,98

Lp	Rzeki	Rząd rzeki	Pow. zlewni	Dług. rzeki		Dopły- wy	Sieć rz.	Gęstość		Max	Min	Spadek rzeki
			[km²]	[km]	R/A	[km]	[km]	[km/km²]		[m npm]	[m npm]	[m/km]
			A	R		r	R+r	gęstość	R+r/R	Hz	Hu	(Hz-Hu)/R
Dorzecze Bugu												
	Bug	6	19356,6	799,5								
57	Leśna Prawa	3	246,3	35	0,14	93,4	128,4	0,52	3,67	155	151	0,11
58	Pulwa	3	202,4	56,5	0,28	57,1	113,6	0,56	2,01	172	163	0,16
59	Moszczona	2	84,8	16,3	0,19	5,6	21,9	0,26	1,34	163	118	2,76
60	Mętna	1	50,2	15,2	0,3	0	15,2	0,30	1,00	165	119	3,03
61	Kamianka	2	132,9	25,8	0,19	23,5	49,3	0,37	1,91	166	117	1,90
62	Szysia	2	61,3	15,9	0,26	5,8	21,7	0,35	1,36	154	114	2,52
63	Silna	2	59,8	23,5	0,39	15,5	39	0,65	1,66	163	110	2,26
64	Nurzec	4	2087,3	99,4	0,05	1130,1	1229,5	0,59	12,37	173	106	0,67
65	Nurczyk	3	279,3	40,4	0,14	47,7	88,1	0,32	2,18	178	137	1,01
66	Leśna	3	320,7	27,2	0,08	93,4	120,6	0,38	4,43	168	130	1,40
67	Czarna	3	197,7	24	0,12	39	63	0,32	2,63	160	130	1,25
68	Siennica d. Nurca	2	80,3	18,9	0,24	9,9	28,8	0,36	1,52	150	116	1,80
69	Kukawka	2	73,6	21,1	0,29	17,1	38,2	0,52	1,81	164	128	1,71
70	Mianka	2	212	27,9	0,13	4,5	32,4	0,15	1,16	153	119	1,22
71	Bronka	3	193	20,2	0,1	51,9	72,1	0,37	3,57	146	125	1,04
72	Nitka	2	52,9	16,4	0,31	3	19,4	0,37	1,18	145	110	2,13
73	Pełchówka	2	198,9	39,1	0,20	77,8	116,9	0,59	2,99	177	106	1,82
74	Brok	3	817,5	89	0,11	243	332	0,41	3,73	146	86	0,67
75	Brok Mały	2	322,8	39,9	0,12	121,4	161,3	0,50	4,04	135	105	0,75
Dorzecze Niemna												
76	Czarna Hańcza	3	1078,4	164,7	0,15	547,5	712,2	0,66	4,32	262	136	0,77

Lp	Rzeki	Rząd rzeki	Pow. zlewni	Dług. rzeki		Dopływy	Sieć rz.	Gęstość		Max	Min	Spadek rzeki
			[km ²]	[km]	R/A	[km]	[km]	[km/km ²]		[m npm]	[m npm]	[m/km]
			A	R		r	R+r	gęstość	R+r/R	Hz	Hu	(Hz-Hu)/R
77	Piertanka	2	183,5	26,5	0,14	38,4	64,9	0,35	2,45	189	132	2,15
78	Gremzdówka	2	87	27,6	0,32	3,7	31,3	0,36	1,13	137	129	0,29
79	Marycha	3	408,8	105,3	0,26	163,6	268,9	0,66	2,55	203	112	0,86
80	Dziedziulka	2	67,4	16,7	0,25	26,6	43,3	0,64	2,59	154	136	1,08
81	Czarna d. Marychy	2	95,3	18	0,19	18,8	36,8	0,39	2,04	202	135	3,72
82	Wółkuszanka	2	128,2	30,9	0,24	27,3	58,2	0,45	1,88	126	97	0,94
83	Szeszupa	3	194,3	30,1	0,16	98,4	128,5	0,66	4,27	197	118	2,62
84	Wigra	2	51,3	13,1	0,26	14,7	27,8	0,54	2,12	204	121	6,34
85	Szelmentka	2	100	13,4	0,13	26,2	39,6	0,40	2,96	195	131	4,78
86	Łosośna	2	175,4	51,8	0,3	37,7	89,5	0,51	1,73	164	137	0,52

Załącznik II.**Wykaz rzek województwa podlaskiego**

Lp	Nazwa rzeki	Długość rzeki [km]		Dopływ rzeki	Gmina/y
		całkowita	w woj. podlaskim		
1	Bug	799,5	48,2	Narwi	rzeka na granicy województwa
2	Narew	511,8	292,5	Wisła	
3	Elk	125,1	29,5	Biebrza	Grajewo
4	Świsłocz	102,4	27,5	Niemen	rzeka graniczna
5	Pisa	150,9	53,1	Narew	Kolno, Turośl, Zbójna, Nowogród
6	Awissa	18,3	19,7	Narew	Sokoły, Łapy
7	Bargłówka	23,4	23,4	Netta	Bargłów Kościelny
8	Bartoszycha	6,9	6,9	Czarna	Czarna Białostocka, Wasilków
9	Bawierszanka	4,5	3,1	Wigra	Rutka Tartak
10	Bażantarka	4,0	4,0	Biała	m. Białystok
11	Biała d. Orlanki	36,2	36,2	Orlanka	Kleszczele, Bielsk Podl.
12	Biała d. Supraśli	31,9	31,9	Supraśl	m. Białystok
13	Biała	27,8	3,1	Policzna	Kleszczele
14	Biebla	12,1	12,1	Biebrza	Goniądz
15	Biebla	9,5	9,5	Brzozówka	Jaświly
16	Biebrza	174,9	174,8	Narwi	Nowy Dwór
17	Bierwicha	15,2	15,2	Sidra	Sidra
18	Binduga	14,7	14,7	Elk	Grajewo
19	Blizna	20,3	20,3	Rospuda/Netta	Nowinka
20	Bludzia	19,0	4,5	Błędzianka	Przerośl
21	Błędzianka	45,4	14,7	Rominta	Przerośl
22	Boberka	7,5	7,5	Biebrza	Goniądz
23	Bobrówka	14,1	14,1	Narewka	Narewka
24	Braszcza	12,4	12,4	Narewka	Narewka
25	Brodziec	10,9	9,4	Pulwa	Czeremcha
26	Brok	89,0	41,1	Bug	Wysokie Mazowieckie
27	Brok Mały	39,9	10,8	Brok	Zambrów

28	Bronka	20,2	20,2	Nurzec	Bielsk Podl., Wyszków, Brańsk
29	Brzozówka	66,1	66,1	Biebrza	Czarna Białostocka, Jasionówka
30	Bujakówka	5,8	5,8	Bug	Drohiczyn
31	Bzdziażek	17,1	17,1	Ruż	Miastkowo
32	Cetna	13,3	13,3	Narew	Mały Płock
33	Cetna	13,2	13,2	Biebrza	Jedwabno
34	Chwiszczew	16,5	16,4	Leśna Prawa	Hajnówka
35	Cieliczanka	6,2	6,2	Supraśl	Supraśl
36	Cisówka	7,1	10,4	Zb. Siemianówka	Michałow
37	Czaplinianka	32,4	32,4	Narew	Turośń Kościelna, Choroszcz
38	Czarna	24,0	24,0	Supraśl	Czarna Białostocka, Wasilków
39	Czarna	23,4	23,4	Narew	Zabłudów
40	Czarna	18,0	18,0	Marycha	Puńsk
41	Czarna Hańcza	164,7	129,0	Niemen	Wiżajny
42	Czarna Rzeczka	12,9	12,8	Jurczycha	Czarna Białostocka
43	Czarna Struga	9,2	9,2	Biebrza	Mońki, Goniądz
44	Czarnicha	5,2	5,4	Jez. Sejny (Marycha)	Sejny
45	Czarnówka	16,4	0,5	Lega	Raczki
46	Czeczołka	19,3	4,1	Narew	Miastkowo, Ostrołęka
47	Czernica	11,6	1,0	Wizga	Wiżajny
48	Czerwonka	11,8	11,8	Rospuda/netta	Bakalarzewo
49	Czobotok	3,2	3,2	Chwiszczew	Hajnówka
50	Dąb	16,1	16,1	Jablonka	Zambrów
51	Derazina	0,7	0,7	Słoja/Supraśl	Szudziałowo
52	Dębówka	8,2	8,2	Leszczka	Dziadkowice
53	Dłużanka	2,0	2,0	Blizna/Rospuda	Nowinka
54	Dobrowódka	4,3	4,3	Nurzec	Kleszczela
55	Dolistówka	7,3	7,3	Biała/Supraśl	m. Białystok
56	Domanówka	9,0	9,0	Nurzec	Brańsk
57	Dowciana	5,6	5,6	Czarna Hańcza	Suwałki
58	Dubitka	6,3	6,3	Lutownia	Hajnówka

59	Dyblą	15,7	15,7	Biebrza	Goniądz
60	Dziadek	9,4	9,4	Nurczyk	Milejczyce
61	Dzierniakówka	5,9	5,9	Supraśl	Gródek
62	Dzierżbia	19,6	19,6	Skroda	Stawiski
63	Dzieża	18,4	18,4	Mieńka	Nowe Piekuty
64	Gać	23,2	23,3	Biebrza	Łomża, Zambrów
66	Gleniówka	5,9	5,9	Supraśl	Gródek
67	Głęboczyzna	7,6	7,6	Brzozówka	Suchowola
68	Głęboka	16,3	16,4	Rospuda/netta	Raczki
69	Gniła	10,2	10,2	Turośnianka	Zabłudów, Turośń Kościelna
70	Gołda	12,0	12,0	Kosadka	Mońki, Goniądz
71	Gremzdówka	27,6	27,6	Czarna Hańcza	Krasnopol
72	Grzybówka	4,5	4,5	Supraśl	Gródek
73	Gutter	6,1	2,0	Wissa	Radziłów
74	Haciłówka	5,1	5,1	Biebrza	Lipsk
75	Hatka	2,5	2,5	Jaskranka	Knyszyn
76	Hołnianka	38,6	22,4	Zopsia	Sejny
77	Horodnianka	23,6	23,6	Narew	Choroszcz
78	Horodnianka	9,4	9,4	Biebrza	Suchowola
79	Hwoźna	18,0	9,1	Narewka	Białowieża
80	Istoczanka	8,0	1,0	Świsłocz	Gródek
81	Jabłoniówka	12,8	12,8	Narewka	Narewka
82	Jabłonka	33,7	33,7	Gać	Wysokie Maz., Zambrów
83	Jacznówka	3,1	3,1	Szeszupa	Jeleniewo
84	Jakać	14,5	14,5	Ruż	Śniadowo
85	Jałówka	10,1	10,1	Sokołda	Szudziałowo
86	Jałówka	4,9	4,9	Istoczanka	Gródek
87	Jałówka	2,9	2,9	Supraśl	Supraśl
88	Jamienka	2,7	2,7	Leśna Prawa	Białowieża
89	Jasionka	23,1	11,9	Brok Mały	Zambrów
90	Jaskranka	20,7	20,8	Narew	Knyszyn
91	Jastrzębianka	7,7	7,7	Lebiedzianka	Sztabin
92	Jaworek	7,5	7,4	Zuśnińska	Filpów
93	Jazewianka	12,0	12,1	Netta	Sztabin
94	Jedwabianka	24,3	24,3	Biebrza	Jedwabne, Wizna

95	Jelonka	6,0	6,0	Narewka	Białowieża
96	Jemieliścianka	7,6	7,6	Jez. Jemieliste	Suwałki, Filipów
97	Julianka	2,4	2,4	Rów Tartaczny	Gródek
98	Jura	7,4	7,4	Łojewek	Piątnica, Wizna
99	Jurczycha	10,6	10,6	Czarna d. Supraśli	Czarna Białostocka
100	Jurowlanka	3,4	3,4	Świsłocz	Krynki
101	Kalna	7,2	7,2	Jez. Serwy	Płaska
102	Kamianka	25,7	25,8	Bug	Siemiatycze
103	Kamienica	15,9	15,9	Kumiałka	Janów
104	Kamienna	17,4	17,4	Biebrza	Dąbrowa Białostocka
105	Kamienny Bród	19,3	15,1	Jez. Necko	Augustów
106	Kamionka	15,8	15,8	Sokołda	Sokołka
107	Kamionka	15,4	16,0	jez. Pierty	Suwałki
108	Kamionka	12,9	12,9	Kumiałka	Janów
109	Kliczyniówka	2,0	2,0	Narewka	Białowieża
110	Klimaszewnica	14,2	14,3	Biebrza	Grajewo, Radziłów
111	Kładziewo	12,4	12,4	Sokołda	Sokołka
112	Kolniczanka	5,4	5,5	Netta	Augustów
113	Kołodziejanka	10,4	10,4	Świsłocz	Gródek
114	Kołomyja	13,3	13,3	Gać	Rutki, Łomża
115	Kołonna	31,9	5,1	Zb. Siemia- nówka	Michałowo
116	Kopytkówka	15,8	15,9	Biebrza	Mońki
117	Korzenicha	4,7	4,7	Sokołda	Sokołka
118	Kosodka	18,9	18,9	Biebrza	Trzcianne, Mońki
119	Kowszówka	4,7	4,7	Sokołda	Sokołka
120	Krasna Rzeczka	4,1	4,1	Supraśl	Supraśl
121	Kropiwna	13,2	13,3	Biebrza	Dąbrowa Białostocka
122	Królewianka	4,8	4,8	Szczeberka	Nowinka
123	Krynica	6,2	6,2	Lutownia	Białowieża
124	Krynka	8,1	4,2	Świsłocz	Krynka
125	Krzemianka	9,5	9,5	Czarna d. Supraśli	Wasilków
126	Krzywa	6,5	6,4	Orlanka	Bielsk Podlaski
127	Krzywa Noga	14,6	14,6	Narew	Nowogród
128	Krzywczańska	11,5	11,5	Narew	Narew

129	Krzywólka	6,3	6,9	Bludzia	Przerośl
130	Kukawka	21,1	21,1	Nurzec	Ciechanowiec, Grodzisk
131	Kulikówka	16,9	17,0	Narew	Dobrzyniewo Duże
132	Kumiałka	41,4	41,4	Brzozówka	Suchowola
133	Kunisianka	11,1	12,7	Jez. Pomorze	Sejny
134	Kurówka	10,0	10,0	Narew	Sokoły
135	Lebiedzianka	14,4	14,4	Biebrza	Sztabin
136	Lega/ Jegrznia	144,5	62,2	Biebrza	Rajgród
137	Lepacka Struga	18,8	18,9	Biebrza	Nowogród
138	Leśna (Prawa)	144,7	35,0	Bug	Hajnówka
139	Leśna/Leszcza ka)	27,2	27,2	Nurzec	Boćki, Dziadkowice, Brańsk
140	Leśnica	10,9	10,9	Gać	Zambrów, Kołaki Kośc.
141	Liza	21,0	21,0	Narew	Poświętne, Suraż
142	Lubka	8,7	8,7	Orlanka	Bielsk Podl.
143	Lutownia	18,6	18,6	Narewka	Białowieża
144	Łabna	12,5	12,5	Skroda	Kolno
145	Łanga	7,9	7,9	Sokołda	Supraśl
146	Ława	4,4	4,4	Brzozówka	Jaświly
147	Łętownica	9,4	7,7	Brok Mały	Zambrów
148	Łętówka	17,6	15,9	Brok Mały	Zambrów
149	Łojewek	35,7	35,7	Biebrza	Wizna, Piątnica
150	Łoknica	43,8	43,7	Narew	Czyże, Bielsk Podl., Hajnówka
151	Łomżycka	21,4	21,4	Narew	m.Łomża
152	Łosośna	51,8	24,1	Niemen	Kuźnica
153	Łozica	9,3	9,3	Chwyszczaj	Hajnówka
154	Łukawica	5,7	5,7	Liza	Poświętne
155	Łuplanka	5,6	9,6	Zb. Siemia- nówka	Michałowo
156	Mahomet	11,4	12,6	Kamianka	Siemiatycze
157	Maleszówka	10,7	10,7	Cz. Hańcza	Płaska
158	Małynka	22,0	22,0	Narew	Narew
159	Maniówka	13,1	13,1	Wiatrołūża	Szypliszki, Suwałki
160	Markówka	10,4	10,4	Mianka	Brańsk, Nowe Piekuty
161	Marycha	105,3	72,3	Czarna Hańcza	Szypliszki
162	Marychna	16,7	16,7	Marycha	Krasnopol, Puńsk

163	Maryna	12,4	12,4	Brzozówka	Suchowola
164	Masłówka	3,9	3,9	Narew	Suraż
165	Matlak	19,5	19,6	Wissa	Radziłów
166	Męczka	6,5	6,5	Biebrza	Wizna
167	Mętna	15,2	15,2	Bug	Siemiatycze
168	Mianka	27,9	27,9	Nurzec	Szepietowo
169	Miedna	3,6	3,6	Leśna Prawa	Hajnówka
170	Mieńka	18,6	18,6	Narew	Juchnowiec Kośc.
171	Mieścichówka	14,7	14,7	Pelchówka	Ciechanowiec
172	Migówka	4,0	4,0	Sokołda	Czarna Biał.
173	Mogilna	10,4	10,4	Skroda	Stawiski
174	Moszczona	16,3	16,3	Bug	Nurzec St., Mielnik
175	Mościszanka	13,2	13,2	Sidra	Dąbrowa Biał.
176	Muzga	4,2	4,2	Skroda	Grabowo
177	Narewka	64,7	43,1	Narew	Białowieża, Narewka
178	Narwica	9,9	10,0	Narew	Piątnica,
179	Nereśl	47,2	47,2	Narew	Tykocin
180	Netta	118,4	115,2	Biebrza	Augustów, Sztabin
181	Niedźwiedzica	11,2	11,1	Biebrza	Lipsk
182	Nietupa	23,0	21,6	Świsłocz	Krynki
183	Nitka	16,4	16,4	Nurzec	Ciechanowiec
184	Nurczyk	40,4	40,4	Nurzec	Boćki, Milejczyce, Nurzec st.
185	Nurka	4,5	4,5	Biebrza	Nowy Dwór
186	Nurzec	108,4	99,4	Bug	Nurzec St.,
187	Odła	18,8	2,8	Łosośna	Szudziałowo
188	Okulinka	6,2	6,2	Narewka	Narewka
189	Olszanka	14,8	14,8	Brzozówka	Suchowola
190	Olszanka	11,6	11,6	Szczeberka	Nowinka
191	Olszanka	11,6	11,6	Netta	Sztabin
192	Olszanka	10,3	10,3	Narew	Gródek, Narewka
193	Orla	17,3	17,3	Orlanka	Dubicze Cerk.
194	Orlanka	54,6	54,6	Narew	Dubicze Cerk.
195	Orłówka	6,3	6,3	Narewka	Białowieża
196	Orz	63,0	8,3	Narew	Szumowo
197	Panasówka	9,2	9,2	Bronka	Brańsk

198	Paniówka	8,2	8,2	Czarna Hańcza	Płaska
199	Pełchówka	39,2	39,1	Nurzec	Perlejewo, Ciechanowiec
200	Penza	15,0	15,0	Narew	Mały Płock, Piątnica
201	Perebel	12,1	12,1	Leśna Prawa	Białowieża
202	Perstunka	18,0	7,1	Wółkuszek	Lipsk
203	Piecówka	9,6	9,6	Czarna Hańcza	Płaska
204	Piertanka	23,4	26,5	jez. Wigry	Suwałki
205	Pilnica	9,2	9,2	Supraśl	Supraśl
206	Pilwianka	4,8	4,8	Kunisianka	Sejny
207	Plebanka	3,4	3,4	Nietupa	Krynki
208	Płoska	4,8	4,8	Orlanka	Bielsk Podl.
209	Płonka	13,6	13,7	Nurzec	Ciechanowiec
210	Płoska	34,1	34,1	Supraśl	Gródek
211	Poczopkówka	6,5	6,5	Słoja	Szudziałowo
212	Podboberka	2,0	2,0	Biebrza	Goniądz
213	Podcerkówka	3,1	2,9	Leśna Prawa	Białowieża
214	Podświdzia- tówka	4,6	4,6	Słoja	Szudziałowo
215	Poganica	12,7	12,7	Sokołda	Sokółka
216	Pogorzałka	16,2	16,2	Netta	Bargłów Kościelny
217	Policzna	19,4	11,0	Pulwa	Dubicze Cerk., Kleszczele
218	Popiołówka	11,9	11,9	Brzozówka	Korycin, Jasionówka
219	Potopka	9,8	9,8	Szeszupa	Rutka Tartak
220	Potopka I	7,4	7,4	Szeszupa	Rutka Tartak
221	Praczka	8,2	8,2	Dębówka/ Leszczka	Dziadkowice
222	Prądnik	11,6	11,6	Jabłonka	Zambrów
223	Prosty Rów	4,3	4,9	Supraśl	Gródek
224	Pruszanka	4,8	4,8	Mianka	Brańsk
225	Przedzielną	4,5	4,5	Narewka	Narewka
226	Przerwa	9,3	9,3	Łosośna	Sokółka
227	Przewłoka	23,1	1,2	Leśna Prawa	Białowieża
228	Przytulanka	23,5	23,5	Matlak	Przytuły
229	Pszczółka	14,6	3,9	Zb. Siemia- nówka	Michałowo
230	Pukawka Druga	9,1	2,7	Pukawka	Czyżew
231	Pulszanka	11,3	11,3	Strabelka	Wyszki

232	Pulwa	56,5	13,3	Leśna Prawa	Nurzec Stacja
233	Punia	10,2	11,4	Marycha	Puńsk
234	Radulinka	6,3	6,3	Supraśl	Gródek
235	Rokitnica	29,2	29,2	Ślina	Kulesze Kość, Kobylin
236	Rów Tartaczny	13,0	12,9	Supraśl	Gródek
237	Różanica	15,0	4,0	Elk	Grajewo
238	Rubieżanka	7,0	7,0	Marycha	Sejny
239	Rucawizna	9,7	9,7	jez. Okmin	Przerośl
240	Ruda	11,1	11,1	Narew	Narew
241	Rudawka	4,0	4,4	Gremzdówka	Krasnopol
242	Rudna	23,1	3,7	Narew	Narew
243	Rudnia	28,9	28,9	Narew	Zabłudów
244	Rudnik	7,9	7,9	Narew	Michałowo
245	Rumiejka	8,3	8,3	Nereśl	Mońki, Trzcianne
246	Ruż	41,1	20,7	Narew	Miastkowo
247	Rybnica	31,3	9,7	Elk	Grajewo
248	Sarnetka	3,0	3,0	Czarna Hańcza	Płaska
249	Sejwa	10,6	10,6	Marycha	Puńsk
250	Serwianka	1,3	1,3	K.Augustowski	Płaska
251	Sianożętka	2,0	2,0	Supraśl	Gródek
252	Siderka	7,7	7,7	Sidra	Sidra
253	Sidra	38,7	38,7	Biebrza	Sidra
254	Siennica	18,9	18,9	Nurzec	Ciechanowiec
255	Siennica	17,0	17,0	Brok	Czyżew
256	Siennica	13,4	13,4	Nurzec	Brańsk
257	Silna	23,4	23,5	Bug	Drohiczyn
258	Sirota	3,1	3,1	Hwożna	Narewka
259	Skroda	57,9	57,9	Pisa	Kolno
260	Słoja	38,1	38,1	Supraśl	Krynki, Szudziałowo
261	Słuczka	19,7	21,9	Jęgrznia	Bargłów Kościelny
262	Sokołda	51,0	51,0	Supraśl	Sokołka
263	Sokołda	3,7	3,7	Kładziewo	Sokołka
264	Sosnówka	5,7	5,7	Netta	Augustów
265	Stare koryto Elku	12,0	12,0	Elk	Grajewo

266	Starorzecze Bugu	5,6	1,3	Bug	Drohiczyn
267	Starzynka	10,9	10,9	Słoja	Krynki
268	Stefanówka	3,3	3,3	Płoska	Zabludów
269	Strabelka	21,5	21,5	Narew	Bielsk Podl.
270	Struga Bobrownicka	11,4	11,4	Płoska	Supraśl
271	Strużynka	8,2	8,2	Brok	Szepietowo, Czyżew
272	Studzianka	4,4	4,4	Pulwa	czeremcha
273	Supraśl	111,3	111,3	Narew	Zabludów
274	Szczeberka	60,1	60,1	Blizna	Filipów, Raczki, Nowinka
275	Szelmentka	13,4	10,7	Szeszupa	Jeleniewo
276	Szeroka Struga	16,3	16,3	Narew	Poświętne
277	Szeszupa	30,1	27,6	Niemen	Filipów, Jeleniewo, Rutka-Tart.
278	Szlamica	17,6	7,7	Czarna Hańcza	Płaska
279	Szurpiłka	4,6	4,6	Szeszupa	Jeleniewo
280	Szyndziłka	1,2	1,2	Nietupa	Krynki
281	Szysia	15,8	15,9	Bug	Siemiatycze
282	Ślina	43,6	43,6	Narew	Nowe Piekuty
283	Ślina	17,0	17,0	Awissa	Sokoły
284	Średnia	4,5	4,5	Supraśl	Gródek
285	Świniobródka	12,0	12,0	Płoska	Michałowo
286	Tłoczewka	10,2	10,2	Mianka	Jabłoń Koś.
287	Trościanka	3,3	3,3	Moszczona	Nurzec Stacja
288	Trzaska	7,4	1,5	Ruż	Śniadowo
289	Turośl	31,8	16,7	Pisa	Turośl
290	Turośnianka	34,6	34,7	Narew	Turośń Koś.
291	Turówka	17,4	17,4	Netta	Augustów
292	Tyrgonka	8,0	8,0	jez. Zygmunta	Mońki
293	Usnarka	11,8	4,2	Łosośna	Szudziałowo
294	Waliczkówka	5,9	5,9	Narewka	Narewka
295	Węgrówka	7,2	7,2	Netta	Augustów
296	Wierśnianka	7,1	7,1	Czarna Hańcza	Giby
297	Wierśnianka Górna	8,6	10,3	Wierśnianka	Sejny
298	Wigra	13,1	10,8	Szeszupa	Rutka Tartak

299	Wincenta	25,2	12,3	Pisa	Kolno
300	Wisa	3,7	0,2	Wissa	Szczuczyn
301	Wissa	57,0	57,1	Biebrza	Szczuczyn
302	Wizga	10,3	6,5	Szeszupa	Wiżajny
303	Wodzitówka	9,0	9,0	Jaskranka	Knyszyn
304	Wołkuszanka	30,9	28,1	Czarna Hańcza	Lipsk
305	Woronicza	4,4	4,4	Sokołda	Szudziałowo
306	Wykówka	7,2	7,2	Wincenta	Kolno
307	Zabłoczanka	7,9	7,9	Ruda	Michałowo
308	Zacisówka	3,9	3,9	Ruda	Michałowo
309	Zelwianka	19,4	24,0	Jez. Necko	Augustów
310	Zgierszczyzna	13,1	13,0	Horodniana	Suchowola
311	Zgniłka	8,7	8,7	Jegrznia	Grajewo
312	Zimna	14,4	2,9	Turośl	Turośl
313	Złota	3,1	3,1	Narewka	Białowieża
314	Zuśnianka	18,4	18,4	Rospuda/Netta	Przerośl, Filipów
315	Żarnówka	12,2	12,2	Netta	Augustów
316	Żednia	6,0	6,0	Płoska	Michałowo
317	Żubrówka	7,5	7,5	Czarna Hańcza	Krasnopol

Załącznik III.3. – Wykaz jezior województwa podlaskiego

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m n.p.m.]	d_max [m]	d_sr [m]	V [Mm³]	Współrzędne geogr.
1	Aszryryn	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	12,46	127,9	7,8	3,6	0,45	54°04'00" 23°26'29"
2	Bałądz/Bolonia	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	59,40	125,4		3	1,78	54°05'40" 23°30'36"
3	Bebrucie	Marycha	Sejneński	Puńsk	b	0,56	155,5		1	0,01	54°12'26" 23°09'42"
4	Bebrutis	Marycha	Sejneński	Puńsk	b	1,47	155,5		1	0,01	54°13'30" 23°09'26"
5	Berżnik	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	83,44	128,9	38,8	10,5	8,76	54°06'08" 23°25'53"
6	Białowiersnie	Marycha	Sejneński	Giby	p	69,31	132,8	15,1	6,3	4,37	54°03'19" 23°18'09"
7	Białe Augustowskie	Netta	Augustowski	Augustów m	p	475,11	122,1	30	8,7	41,33	53°51'57" 23°02'06"
8	Białe Filipowskie	Bludzia	Suwański	Filipów	p	128,99	197	52	17,1	22,06	54°11'49" 22°39'09"
9	Białe Kleszczowickie	Szeczupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	9,65	210	16	5,7	0,55	54°17'39" 22°53'56"
10	Białe k. J.Potopy	Szeczupa	Suwański	Rutka-Tartak	b	7,44	140,9	11	4	0,30	54°20'50" 22°58'32"
11	Białe Piercianskie	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	6,15	134	24	6	0,37	54°06'36" 23°04'16"
12	Białe Sejneńskie	Marycha	Sejneński	Krasnopol	o	20,25	135,9	12,5	3,8	0,77	54°07'34" 23°17'02"
13	Białe Wigierskie	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	o	100,23	132,2	34	13,2	13,23	54°01'54" 23°05'30"
14	Blizienko	Rospuda	Augustowski	Nowinka	p	39,30	131,2	16,8	6,3	2,48	53°57'15" 23°06'40"
15	Blizno	Rospuda	Augustowski	Nowinka	p	230,29	130,3	26	10	23,03	53°57'36" 23°03'50"
16	Błędne /Muliste	Szeczupa	Suwański	Jeleniewo	b	2,14	181,5	4,8	1,9	0,04	54°14'56" 22°52'15"
17	Boczne k. Przerosi	Bludzia	Suwański	Przerosi	o	59,53	198,5	33,5	15,3	9,11	54°16'34" 22°38'48"
18	Bocznel k. J.Hańcza	Cz. Hańcza	Suwański	Jeleniewo	b	18,68	227,9	3,9	1,3	0,24	54°15'37" 22°49'15"
19	Bocznie k. Krasnopol	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	24,32	148,1	5,5	3,1	0,75	54°08'21" 23°10'38"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_sr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
20	Boksze	Marycha	Sejneński	Puńsk	p	95,53	146,8	22	6,3	6,02	54°11'49" 23°10'27"
21	Bolcie graniczne	Rominta	Suwański	Wiżajny	p	2,02	207		2,5	0,05	54°21'25" 22°49'14"
22	Bolesty	Rospuda	Suwański	Bakalarzewo	p	129,17	150,4	16,2	7	9,04	54°01'43" 22°43'16"
23	Brożane	Cz. Hańcza	Sejneński	Giby	p	43,39	117,3	24,3	6,7	2,91	53°55'43" 23°25'49"
24	Budziejwizna	Marycha	Sejneński	Giby	b	3,49	124,9		1,5	0,05	54°04'16" 23°22'22"
25	Busznica	Rospuda	Augustowski	Nowinka	o	46,36	130,9	48	6,8	3,15	53°56'37" 23°05'01"
26	Cegielnia	Rominta	Suwański	Wiżajny	d	2,52	228,3	6,2	3,2	0,08	54°22'43" 22°54'54"
27	Chyliński I	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	b	6,12	122,6	3,6	1,5	0,09	53°57'42" 23°17'24"
28	Chyliński II	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	b	0,44	122,8	2,2	1,2	0,01	53°57'57" 23°17'12"
29	Chyliński III	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	b	2,05	123,1	1,4	1	0,02	53°57'55" 23°16'58"
30	Cieniacha/Pieczysko	Marycha	Sejneński	Giby	b	2,65	132		1	0,03	54°03'54" 23°17'06"
31	Czarne k.Rospudy	Rospuda	Suwański	Filipów	p	42,85	172,6	28,1	10,8	4,63	54°13'47" 22°32'07"
32	Czarne k.Bryzgla	Cz. Hańcza	Suwański	Nowinka	p	2,02	131,8	32	10,1	0,20	54°00'19" 23°05'19"
33	Czarne k.Gawrych Rudy	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	1,96	131,9	10	2,3	0,05	54°01'00" 22°59'34"
34	Czarne k.Krzywego	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	23,19	143,2	8,8	3,2	0,74	54°05'37" 23°01'26"
35	Czarne k. Osinki	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	5,23	159,6	4,8	2	0,10	54°08'43" 22°59'46"
36	Czarne k.Białorzeczki	Marycha	Sejneński	Giby	p	20,09	129	5,5	2,6	0,52	54°02'37" 23°18'01"
37	Czarne k. Smolnik	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	b	6,95	210	5	2,5	0,17	54°17'30" 23°53'35"
38	Czostków	Bludzia	Suwański	Filipów	p	20,08	200,7	9,4	4,7	0,94	54°13'12" 22°37'35"
39	Danilowce	Marycha	Sejneński	Giby	b	0,97	139,8		1	0,01	54°04'39" 23°17'42"
40	Dąbie/Dąbiel	Marycha	Sejneński	Giby	p	19,66	127,6		2	0,39	54°02'05" 23°18'52"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_śr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
41	Dąbrówka (część jez. Krzywego)	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	10,82	143	16	6,5	0,70	54°06'17" 22°59'54"
42	Dechle	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	7,29	129,9	3,4	1,4	0,10	54°04'36" 23°11'49"
43	Dziedożynis	Marycha	Sejneński	Giby	b	3,29	123,7	8,4	5,2	0,17	54°01'12" 22°29'33"
44	Dziedożynis Mały	Marycha	Sejneński	Giby	b	0,73	125,3	4	2,5	0,02	54°01'15" 22°29'55"
45	Długie Filipowskie	Rospuda	Suwański	Filipów	p	21,93	165,7	3,1	1,6	0,35	54°09'21" 22°37'28"
46	Długie Augustowskie / Kąleży	Rospuda	Augustowski	Nowinka	o	158,68	125,4	12	4,7	7,46	53°53'07" 23°03'35"
47	Długie Krasnopolskie	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	96,67	137,6	48	7,5	7,25	54°06'32" 23°10'46"
48	Długie Wigierskie	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	p	79,71	131,8	14,8	6,4	5,10	54°01'25" 23°01'46"
49	Dmitrowo Sejneńskie	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	58,93	134,8	42	10,6	6,25	54°05'18" 23°16'40"
50	Dowcień Wigierski/ k.Żubrowa	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	o	73,85	132	10,4	4	2,95	54°04'48" 23°07'38"
51	Dowcień k/Pomorze	Marycha	Sejneński	Giby	p	16,40	123,03	4,1	2	0,33	54°02'44" 23°24'06"
52	Dreństwo	Jęgrznia	grajewski	Bargłów Kościełny	p	507,79	114,4	25	8,5	43,16	53°42'26" 22°43'53"
53	Druć	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	b	4,52	139,4		2	0,09	54°08'55" 23°23'17"
54	Dubieli/ Dubetek	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	6,14	137,7	10	3	0,18	54°07'10" 23°25'30"
55	Dunajewo graniczne	Rominta	Suwański	Wiżajny	b	26,44	248,4	4	3	0,79	54°24'32" 22°51'08"
56	Dusajtis	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	b	17,70	136,2		3	0,53	54°08'26" 23°25'41"
57	Gajlik	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	16,56	127,1	6,9	3,3	0,55	54°04'57" 23°26'55"
58	Galadus(Galadusys) -graniczne	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	p	707,03	134,3	54,8	12,8	90,50	54°10'18" 23°25'15"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_sr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
59	Gałęziste	Cz. Hańcza	Suwański	Suwański gm.	o	3,74	138,3	14,3	5,2	0,19	54°06'43" 23°03'39"
60	Garbas/ Garbaś	Rospuda	Suwański	Filipów	p	137,97	163,1	48	20,9	28,84	54°08'11" 22°37'15"
61	Gatne /Gacne	Rospuda	Suwański	Bakalarzewo	o	6,35	163,6		3	0,19	54°07'38" 22°38'23"
62	Gawiniarskie /Zagowiec	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	4,18	135,2	6	3	0,13	54°07'52" 23°21'55"
63	Gieret	Marycha	Sejneński	Giby	p	72,53	125,1	16,3	6,6	4,79	54°02'08" 23°20'33"
64	Głębokie K.Garbasia	Rospuda	Suwański	Bakalarzewo	p	10,02	164,5	16,6	7	0,70	54°06'54" 22°38'09"
65	Głębokie k.Muły	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	p	29,21	101,9	11	3,5	1,02	53°53'51" 23°28'10"
66	Głębokie	Cz. Hańcza	Suwański	Suwański	b	0,73	166,3		3	0,02	54°08'01" 22°58'54"
67	Gluche	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	33,54	134,7	4,9	2,4	0,80	54°03'48" 23°14'20"
68	Gluszyn	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	b	1,25	131,6		1	0,01	54°04'36" 23°13'49"
69	Górczyckie Gorczyckie	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	p	10,31	124,9	3,5	1	0,10	53°54'18" 23°14'33"
70	Grabieńczyzna	Rospuda	Suwański	Bakalarzewo	b	11,94	194	21,4	8,8	1,05	54°08'39" 22°48'22"
71	Grajwy	Elk	Grajewski	Grajewo m.	o	4,41	113,6		1,0	0,04	53°39'31" 22°28'30"
72	Grauze	Cz. Hańcza	Suwański	Szypiszki	o	18,35	187,7		3	0,55	54°12'20" 23°04'09"
73	Grażyny	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	o	6,00	204,1	19,3	3,2	0,19	54°23'31" 22°56'43"
74	Gremzdel	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	63,00	142,2	8	2,9	1,83	54°08'36" 23°10'03"
75	Gremzdy	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	201,94	129,6	14,3	4,7	9,49	54°04'48" 23°12'37"
76	Gulbin	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	p	6,50	147,6	9,1	3,5	0,23	54°15'36" 22°53'59"
77	Hańcza	Cz. Hańcza	Suwański	Przerosi	p	308,40	227,5	105,6	39,1	120,59	54°15'46" 22°48'42"
78	Holny	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	p	151,68	131	15,2	5,8	8,80	54°08'48" 23°27'27"
79	Ilgiel	Marycha	Sejneński	Krasnopol	b	7,10	123,2		2	0,14	54°06'14" 23°17'10"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_śr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
80	Itgiel	Szeszupa	Suwalski	Szypiszki	p	17,39	174,3	9,7	4,1	0,71	54°16'12" 23°02'55"
81	Itgielk	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	36,48	123,03	6,9	2,8	1,02	54°03'43" 23°28'18"
82	Ingjel	Rominta	Suwalski	Wiżajny	p	11,20	206	3,2	1,5	0,17	54°21'52" 22°48'11"
83	Jaczno	Szeszupa	Suwalski	Wiżajny	p	40,98	163,7	25,7	9,8	4,02	54°16'48" 22°52'27"
84	Jatowo	Rospuda	Augustowski	Nowinka	o	24,86	129,7	12,2	6,8	1,69	53°57'18" 22°52'26"
85	Jatowo	Szeszupa	Suwalski	Rutka-Tartak	o	16,15	192,2	16,1	6,8	1,10	54°16'04" 22°57'32"
86	Jatówek	Szeszupa	Suwalski	Rutka-Tartak	o	4,61	193,2		2,5	0,12	54°16'01" 22°58'27"
87	Jegliniec	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	o	19,91	144,4	8,2	4	0,80	54°08'45" 23°08'33"
88	Jegliniszki k. Wiżajn	Cz. Hańcza	Suwalski	Wiżajny	o	16,06	233	2,4	1,2	0,19	54°18'49" 22°51'04"
89	Jegłowieczek	Szeszupa	Suwalski	Jeleniewo	o	1,69	186,6	8,3	3,1	0,05	54°14'13" 22°52'48"
90	Jegłówek	Szeszupa	Suwalski	Jeleniewo	p	19,14	185,3	27,7	9,3	1,78	54°14'17" 22°53'18"
91	Jemieliste	Rospuda	Suwalski	Filipów	o	56,28	205,6	23,2	7,5	4,22	54°10'31" 22°44'02"
92	Jesierzy	Rominta	Suwalski	Wiżajny	o	5,64	224,2	6,2	3,2	0,18	54°22'20" 22°54'50"
93	Staw Sucha Rzecza	Rospuda	Augustowski	Piaska	p	5,80	126,9	4	2	0,12	53°53'21" 23°11'43"
94	Jezierskie	Jegrznia	Augustowski	Augustów	p	9,56	137,8		1	0,10	53°50'23" 22°49'02"
95	Jodel	Szeszupa	Suwalski	Szypiszki	o	17,12	175,9	4,7	2,5	0,43	54°15'34" 23°02'20"
96	Szlinokiemie Duże/Judlialis	Marycha	Sejneński	Puńsk	p	13,35	155,6	10,2	4,5	0,60	54°13'19" 23°29'36"
97	Jurkowo	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	21,70	129,3	2,3	1,2	0,26	54°03'27" 23°13'53"
98	Kaczan	Marycha	Sejneński	Giby	p	4,92	122,2	2,0	1	0,05	54°02'34" 23°21'40"
99	Mate Kalejty	Rospuda	Augustowski	Nowinka	b	0,47	126	4,2	2,8	0,01	54°02'34" 23°21'40"
100	Kalejty północne	Rospuda	Augustowski	Nowinka	b	4,92	126,3	6,5	4,5	0,22	53°53'41" 23°21'49"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_sr [m]	V [Mm³]	Współrzędne geogr.
101	Kaletnik	Cz. Hancza	Suwański	Szypilski	p	12,03	157,6	8,5	3,2	0,38	54°10'20" 23°05'07"
102	Kalninis-graniczne	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	b	2,03	1567,1		1	0,02	54°14'45" 23°20'44"
103	Kamedul	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	p	26,57	160,8	26,2	7,0	1,86	54°16'00" 22°51'55"
104	Kamienne	Rospuda	Suwański	Filipów	p	42,15	172,5	20	6,4	2,70	54°11'55" 22°37'20"
105	Karasiewek	Rospuda	Suwański	Bakalarzewo	b	12,77	154,6	3,5	1,80	0,23	54°03'35" 22°39'46"
106	Karolinek	Cz. Hancza	Sejneński	Krasnopol	p	5,13	129,9		2	0,10	54°02'52" 23°15'06"
107	Kelig	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	11,41	124,7	6,9	3,8	0,43	54°04'42" 23°27'43"
108	Kiersne /Krośnianki	Cz. Hancza	Sejneński	Giby	b	2,84	129,4		1	0,03	54°01'08" 23°17'44"
109	Klejwy	Marycha	Sejneński	Krasnopol	p	12,86	137	30,2	9,2	1,18	54°09'26" 23°16'43"
110	Kłonek	Cz. Hancza	Suwański	Nowinka	b	4,62	131,9	3,3	1,5	0,07	54°01'15" 23°07'26"
111	Kłuczysko	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	b	3,60	186,6	13,8	5,4	0,19	54°14'00" 22°52'52"
112	Koje Male/Łuśnin	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	b	0,52	148,8	3,0	1,5	0,01	54°16'50" 22°53'28"
113	Kojle	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	d	17,29	148,1	32,3	9,7	1,68	54°16'33" 22°53'30"
114	Koleśne	Cz. Hancza	Suwański	Suwałki	p	25,30	143	15	6,9	1,75	54°06'05" 23°01'12"
115	Kolno	Netta	Augustowski	Augustów gm.	p	254,35	119	3,3	1,2	3,05	53°46'04" 23°01'02"
116	Konopniak	Cz. Hancza	Sejneński	Giby	b	1,35	131,7	6,7	3,1	0,04	54°02'06" 23°10'59"
117	Kopane	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	p	15,97	179,5	18,8	5,7	0,91	54°14'53" 22°54'18"
118	Kopanica	Rospuda	Augustowski	Nowinka	p	30,09	131,9	6,5	3,7	1,11	53°57'08" 23°08'00"
119	Kościelne	Bludzia	Suwański	Przeróśl	p	53,44	194,4	6,6	3,3	1,76	54°15'24" 22°38'20"
120	Kozin	Szeszupa	Suwański	Szypilski	p	3,67	186,7		2,5	0,09	54°15'31" 22°59'37"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_śr [m]	V [Mm³]	Współrzędne geogr.
121	Krejwelek	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	p	8,38	146,1	5,5	2,8	0,23	54°16'20" 22°55'08"
122	Kruglak	Cz. Hańcza	Augustowski	Płaska	o	11,56	115,5	4,2	1,7	0,20	53°53'30" 23°19'17"
123	Krejwielanek	Cz. Hańcza	Sejneński	Giby	o	4,67	114,6	5	1,6	0,07	53°55'09" 23°25'03"
124	Kroszewo	Jęgrznia	Augustowski	Bargłów Kościelny	b	26,15	121,9	4,3	2,10	0,55	53°44'03" 22°46'33"
125	Królowek	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	p	9,41	132,9	4,5	2,2	0,21	54°06'50" 23°04'27"
126	Krusznik	Cz. Hańcza	Suwański	Nowinka	o	26,39	131,9	18	3,5	0,92	54°00'45" 23°06'30"
127	Krzywe Filipowskie/Krzy- wulka	Bludzia	Suwański	Przerósł	p	51,31	195	19,9	7,9	4,05	54°14'03" 22°38'51"
128	Krzywe k. Paniewa	Cz. Hańcza	Augustowski	Płaska	p	23,80	115,5	6	2,3	0,55	53°53'45" 23°18'29"
129	Krzywe Wigierskie	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	p	125,37	143	28,5	8,4	10,53	54°06'05" 22°59'48"
130	Kukowo	Jęgrznia	Augustowski	Bargłów Kościelny	b	18,54	133,1	11,8	5,2	0,96	53°49'34" 22°43'51"
131	Kunis	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	45,45	122,5	7,3	3,4	1,55	54°02'57" 23°26'33"
132	Kupowo	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	30,53	170,9	13,2	5	1,53	54°18'16" 23°02'44"
133	Kuprelek	Rominta	Suwański	Wiżajny	b	1,87	232,6	8	2,6	0,05	54°22'32" 22°53'31"
134	Leszczewek	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	20,40	131,8	6,5	3,6	0,73	54°04'18" 23°03'49"
135	Leszczewo k. Szelmentu	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	o	6,91	194,9	13,2	3	0,21	54°11'46" 22°59'06"
136	Linówek (rezerwatowe)	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	0,34	199,5	2	4,0	0,01	54°13'28" 22°50'26"
137	Linówek k. Krasnopola	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	4,16	158		2,5	0,10	54°10'01" 23°07'53"
138	Łempis	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	8,51	123,8		3	0,26	54°02'47" 23°28'20"
139	Łapuchis - graniczne	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	b	6,34	147,3		1	0,06	54°14'31" 23°21'06"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_śr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
140	Łopuszek	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	1,68	142,6	2	2,00	0,03	54°21'05" 22°59'03"
141	Łopuchowo k. j. Sumowo Krasnopol.	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	10,63	134,9	7,3	3,4	0,36	54°05'52" 23°16'29"
142	Makowszczyzna	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	b	2,55	232,2		2	0,05	54°21'52" 22°55'40"
143	Plaśnynek na poł. od Makowszczyzny	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	b	0,47	216		2	0,01	54°19'58" 22°57'48"
144	Mały Sucharek	Narew	Białostocki	Zawady	p	3,72	118,6	1,5	0,7	0,03	53°11'46" 22°36'33"
145	Mariańskie (północne)	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	p	1,32	185,8		2	0,03	54°20'23" 22°53'40"
146	Mariańskie (południowe)	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	p	2,16	185,7		2	0,04	54°20'18" 22°53'49"
147	Mauda	Rominta	Suwański	Wiżajny	p	38,76	247,1	17,5	5,9	2,29	54°19'39" 22°47'38"
148	Meldzines /Szlinokiemie I	Marycha	Sejneński	Puńsk	p	7,33	158,8		2,5	0,18	54°13'55" 23°09'53"
149	Miałkie	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	29,27	129,4	2,5	1,3	0,38	54°03'03" 23°13'23"
150	Mierucie	Elk	Grajewski	Grajewo	p	30,20	124,2	6	2,8	0,85	53°40'20" 22°25'52"
151	Mieruńskie Małe	Rominta	Suwański	Filipów	p	9,59	193,3		3	0,29	54°09'55" 22°32'45"
152	Mieruńskie Wielkie	Rominta	Suwański	Filipów	p	194,59	192,9	25,5	6,7	13,04	54°10'47" 22°32'33"
153	Mikaszewo	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	p	133,09	112,9	15	5,6	7,45	53°53'30" 23°20'44"
154	Mikaszówek	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	p	18,65	112,8	4,7	1,9	0,35	53°53'22" 23°22'22"
155	Mozguć	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	4,77	132,7	5,2	2,8	0,13	54°04'36" 23°06'25"
156	Mulczyńsko/Malaczysko	Cz. Hańcza	Suwański	Nowinka	b	17,76	132,2	20,5	5,7	1,01	54°00'24" 23°06'01"
157	Muliczne	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	25,13	131,8	11,3	4,7	1,18	54°01'41" 23°02'14"
158	Necko	Netta	Augustowski	Augustów m.	p	410,31	122	25	10,1	41,44	53°51'46" 22°57'44"
159	Niemanałtis	Marycha	Sejneński	Berżniki	p	0,31	129,1		1,00	0,00	53°05'37" 23°26'11"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_sr [m]	V [Mm³]	Współrzędne geogr.
160	Nożegary	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	1,19	126,6		2	0,02	54°03'49" 23°29'31"
161	Ogórki	Marycha	Sejneński	Puńsk	p	15,64	153,8	6,5	3,00	0,47	54°13'53" 23°14'41"
162	Oklinek	Cz. Hańcza	Suwański	Wiżajny	b	2,11	245,3		2	0,04	54°19'50" 22°49'41"
163	Okmin	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	118,83	193,2	42,4	12,8	15,21	54°09'17" 22°49'38"
164	Okminek	Cz. Hańcza	Suwański	Filipów	b	9,05	193,2	4,5	2,5	0,23	54°10'01" 22°48'06"
165	Okragłe WPN	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	p	14,43	132	12,8	6,7	0,97	54°01'13" 23°01'24"
166	Okragłe k. Udziejka	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	p	15,80	147,3	7,4	4,3	0,68	54°16'01" 22°54'23"
167	Okragłe Rospudzkie	Rospuda	Suwański	Bakalarzewo	p	44,57	150,6	4,7	3	1,34	54°03'24" 22°42'09"
168	Okuniewicz k. Suwałk	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	4,15	148,2		2,0	0,08	54°07'06" 22°59'00"
169	Okuniewo /Okoniówek	Marycha	Sejneński	Giby	b	12,14	129,6	2,6	1,4	0,17	54°01'26" 23°18'26"
170	Omulówek	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	p	13,92	132,2	5,5	3	0,42	54°05'05" 23°05'32"
171	Orle	Cz. Hańcza	Augustowski	Płaska	p	28,44	122	4,7	1,9	0,54	53°54'30" 23°15'47"
172	Orlinek	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	o	2,16	145,9		1	0,02	54°09'40" 23°09'06"
173	Osińskiego/Ślepak	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	b	1,07	153,3		1	0,01	54°17'01" 22°55'29"
174	Ożewo	Rospuda	Suwański	Suwałki	b	56,34	191,5	49,6	17,4	9,80	54°08'52" 22°48'38"
175	Paniewo	Cz. Hańcza	Augustowski	Płaska	p	41,87	122	12,9	4,9	2,05	53°54'15" 23°17'43"
176	Pejcze k. Selm. Wilk	Szeszupa	Suwański	Szypliszki	b	0,91	195,6		2	0,02	54°12'56" 23°00'05"
177	Pelelskie	Marycha	Sejneński	Puńsk	p	6,58	153,3		3	0,20	54°13'57" 23°15'57"
178	Pyre/Perć	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	15,62	137,2	16,9	5,5	0,86	54°06'48" 23°24'52"
179	Perty	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	o	19,88	148,1	32,6	7,4	1,47	54°16'28" 22°53'49"
180	Pierty	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	p	224,28	132,9	38	10,4	23,32	54°06'13" 23°04'38"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d max [m]	d.śr [m]	V [Mm³]	Współrzędne geogr.
181	Pietronajcie	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	1,82	138,2	9,5	4,5	0,08	54°07'44" 23°04'03"
182	Pilwie	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	16,02	125,5	3,7	1,6	0,26	54°05'29" 23°28'44"
183	Plaskie k.Mikaszówki	Cz. Hańcza	Sejneński	Giby	b	55,82	113,8	12	5	2,79	53°54'47" 23°24'53"
184	Plaskie k/Jeziorki	Marycha	Sejneński	Krasnopol	o	29,48	138,2	5,8	2,6	0,77	54°08'38" 23°16'34"
185	Plaskie Krasnopolskie k.Michnowce	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	23,82	129,4	6,9	3,2	0,76	54°02'54" 23°13'46"
186	Płoszyn	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	2,60	138,5	7,1	2,5	0,07	54°19'57" 22°57'49"
187	Pobojno	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaska	b	24,81	122,9	6,2	3	0,74	53°54'15" 23°16'18"
188	Pobondzie	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	o	51,94	141,8	10	3,6	1,87	54°18'39" 22°56'51"
189	Pogorzałek	Cz. Hańcza	Suwański	Wizajny	d	6,02	236,5	17,6	5,9	0,36	54°16'27" 22°50'20"
190	Pogorzelec	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	15,98	129,5	5,3	2,5	0,40	54°02'31" 23°14'45"
191	Pogorzałka	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	o	4,40	130,1		2	0,09	54°06'49" 23°20'33"
192	Pomorze	Marycha	Sejneński	Giby	p	293,24	122,3	23,5	8,6	25,22	54°02'04" 23°24'27"
193	Porwinek	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	o	1,87	141,2	4	2,00	0,04	54°20'24" 22°57'50"
194	Postaw	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	p	14,96	131,8	8	3,3	0,49	54°04'11" 23°06'31"
195	Postawelek	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	2,94	145,4	4,0	2,0	0,06	54°17'00" 22°56'38"
196	Postawelek k/Selmentki	Szeszupa	Suwański	Szypiliszki	o	2,66	173		2,5	0,07	54°17'03" 23°03'20"
197	Potopy	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	16,57	140,7	26	8,2	1,36	54°20'41" 22°58'06"
198	Prudel	Rominta	Suwański	Wizajny	o	3,58	227,9	6	2,2	0,08	54°22'48" 22°53'54"
199	Przechodnie	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	24,83	145,8	5,4	3,1	0,77	54°16'44" 22°55'42"
200	Przetacek	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	o	0,28	131,9	4	2	0,01	54°16'44" 22°55'42"
201	Przystajne w dol. Marychy	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	1,99	121,5	4	3	0,06	54°01'36" 23°30'35"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m n.p.m.]	d_max [m]	d_sr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
202	Przystajne	Bludzia	Suwański	Przerósł	p	30,91	195,4	15,9	6,8	2,10	54°13'16" 22°40'01"
203	Punia	Marycha	Sejneński	Puńsk	o	15,54	161,2	7,4	3,4	0,53	54°14'51" 23°10'29"
204	Purwin	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	o	1,21	148,8	4,3	2,8	0,03	54°16'49" 22°53'28"
205	Purwinek	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	b	0,37	149	3,3	1,5	0,01	54°20'25" 22°57'50"
206	Rajgrodzkie	Jęgrznia	Grajewski	Rajgród	p	1509,94	117,9	52	9,40	141,93	53°44'34" 22°39'06"
207	Rajście/Rejslic	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	o	6,53	138,4	6	3	0,20	54°07'57" 23°23'53"
208	Remieńkin	Cz. Hańcza	Suwański	Krasnopol	p	4,84	133,4	3,5	2	0,10	54°06'21" 23°07'37"
209	Reszki	Jęgrznia	Grajewski	Rajgród	b	7,90	133,8		3	0,24	53°49'10" 22°44'30"
210	Rospuda Augustowska	Netta	Augustowski	Augustów m	p	103,16	122	10,5	5,1	5,26	53°52'32" 22°58'56"
211	Rospuda Filipowska	Rospuda	Suwański	Filipów	p	327,92	172,5	38,9	14,5	47,55	54°13'24" 22°34'33"
212	Ryngis	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	o	24,63	128,8	16,8	4,8	1,18	54°05'24" 23°26'01"
213	Sajenko	Netta	Augustowski	Augustów m.	p	70,35	119	26	5,7	4,01	53°50'31" 23°06'40"
214	Sajenek	Netta	Augustowski	Augustów m.	o	33,52	119	12,6	4	1,34	53°50'03" 23°05'47"
215	Sajno	Rospuda	Augustowski	Augustów m.	p	526,25	118,8	27	10	52,63	53°49'37" 23°02'23"
216	Samarin	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	b	3,62	137,1	2,8	1,5	0,05	54°20'02" 22°58'36"
217	Samanis	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	9,01	139,9	27,4	10,9	0,98	54°06'27" 23°25'06"
218	Samań	Marycha	Sejneński	Giby	o	2,32	125	3	1,5	0,03	54°02'48" 23°23'27"
219	Samle Duże	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	o	1,81	138,6	11	5,5	0,10	54°06'43" 23°03'21"
220	Samle Małe	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	0,84	138,7	10	4	0,03	54°06'42" 23°03'11"
221	Sejny	Marycha	Sejneński	Sejny m.	p	65,28	129,8	3,8	1,8	1,18	54°07'27" 23°19'58"
222	Sejwy	Marycha	Sejneński	Puńsk	p	81,99	147,4	21,5	4,8	3,94	54°12'44" 23°11'41"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_śr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
223	Serwy	Rospuda	Augustowski	Plaska	o	447,56	126,8	41,5	14,1	63,11	53°54'52" 23°12'48"
224	Siekierowo k. Bakarzewa	Rospuda	Suwański	Bakarzewo	b	26,25	164,9	14,1	6	1,58	54°06'46" 22°38'43"
225	Siekierowo k. Wізajin	Cz. Hańcza	Suwański	Wізajny	b	4,94	242,6	8,5	3,5	0,17	54°19'31" 22°51'56"
226	Sinkawelen (Sinkiewielek)	Cz. Hańcza	Sejneński	Giby	b	0,26	107,7	9	4	0,01	53°53'55" 23°27'03"
227	Skazdubek	Rospuda	Suwański	Bakarzewo	b	20,27	165,6	20	5,5	1,11	54°06'52" 22°41'39"
228	Ślaścinek	Szeszupa	Suwański	Wізajny	b	2,93	231,8		3	0,09	54°21'54" 22°55'20"
229	Solistówka	Jęgrznia	Augustowski	Bargłów Kościelny	p	6,00	127,2		1,5	0,09	53°44'43" 22°46'36"
230	Staneluski	Rominta	Suwański	Wізajny	o	6,26	240,1	8,2	2,2	0,14	54°22'07" 22°53'19"
231	Staw Danowskie	Rospuda	Augustowski	Nowinka	o	0,45	130,8	8	4,5	0,02	53°57'17" 23°06'01"
232	Staw Gielucha	Szeszupa	Suwański	Szypliszki	p	0,90	183,7		2	0,02	54°13'34" 22°59'34"
233	Staw k/Płociczna	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	o	22,81	136,1	14,5	6,2	1,41	54°01'15" 22°59'25"
234	Staw Studzińczański	Netta	Augustowski	Augustów m	p	6,57	123,13		3	0,20	53°51'33" 23°05'22"
235	Staw Wojciech	Rospuda	Augustowski	Augustów m	p	14,03	122,4	3	1,3	0,18	53°51'45" 23°04'42"
236	Staw Żabulek	Szeszupa	Suwański	Rutka-Tartak	p	0,65	119,7		2	0,01	54°20'54" 23°02'54"
237	Studzieniczne	Netta	Augustowski	Augustów m.	p	247,23	123	30	8,8	21,76	53°51'58" 23°07'13"
238	Stulpień	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	0,61	123,8	4	3	0,02	54°02'09" 23°27'33"
239	Łempiak/Stulpieniuk	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	p	7,43	123,7		3	0,22	54°02'37" 23°28'03"
240	Suchar Dembowskich	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	3,14	132,9	7,5	4,3	0,13	54°02'19" 23°03'32"
241	Suchar1	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	0,96	144,1	4	2,5	0,02	54°05'07" 23°00'55"
242	Suchar2	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	2,29	143,8	9,5	3,6	0,08	54°05'15" 23°01'04"
243	Suchar3	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	0,33	144,6	4	1,9	0,01	54°05'20" 23°01'17"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_sr [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
244	Suchar4	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	1,01	144,5	8	3,2	0,03	54°05'24" 23°01'30"
245	Suchar5	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	0,44	143,5	5,7	2,1	0,01	54°05'20" 23°01'54"
246	Suchar6	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	0,27	144,1	2	1	0,00	54°06'00" 23°01'42"
247	Suchar7	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	0,12	145,9	2,9	1,2	0,00	54°06'09" 23°01'57"
248	Suchar Rzepiskowy	Cz. Hańcza	Suwański	Nowinka	b	0,96	133,2	4,7	1,9	0,02	54°01'33" 23°04'01"
249	Suchar Swoboda	Netta	Augustowski	Augustów m.	b	0,26	123,7	3	1,5	0,00	53°51'58" 23°08'07"
250	Suchar Wielki	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	11,15	132,6	9	3,6	0,40	54°01'40" 23°03'22"
251	Suchar Wschodni	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	1,01	132,9	3,1	1,8	0,02	54°02'29" 23°03'48"
252	Suchar Zachodni	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	1,04	132,7	2,3	1,04	0,01	54°02'30" 23°03'31"
253	Sucharek k/Bryzgia	Cz. Hańcza	Suwański	Nowinka	b	0,57	132,9	6	0,8	0,00	54°00'45" 23°07'14"
254	Suchar k.Lipowca polu- dniowy	Netta	Augustowski	Augustów m.	b	0,88	123	5	2,5	0,02	53°50'54" 23°03'42"
255	Suchar k.Lipowca pół- nocny	Netta	Augustowski	Augustów m	b	0,79	123,1		2	0,02	53°51'01" 23°03'29"
256	Suchar wschodni k. Białowieśni	Marycha	Sejneński	Giby	b	1,15	130,6		2	0,02	54°02'12" 23°18'13"
257	Suchar zachodni k. Biało- wieśni	Marycha	Sejneński	Giby	b	2,70	130,8		3	0,08	54°02'14" 23°17'48"
258	Sudawskie	Szeszupa	Suwański	Wizajny	p	3,44	220,6	11	4,1	0,14	54°23'10" 22°55'01"
259	Sumowo Bakalarzewskie	Rospuda	Suwański	Bakalarzewo	p	91,58	151,8	12,8	7,5	6,87	54°04'42" 22°38'58"
260	Sumowo Jeleniewskie	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	d	29,91	191,3	8	2,2	0,66	54°15'24" 22°56'17"
261	Sumowo k.Dmitrowa	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	13,28	134,9	14,6	5,3	0,70	54°05'13" 23°17'10"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d_max [m]	d_śr [m]	V [Mm³]	Współrzędne geogr.
262	Sumówek	Szszupa	Suwański	Jeleniewo	d	5,64	190,8		2,5	0,14	54°15'39" 22°56'39"
263	Szejpiński	Marycha	Sejneński	Krasnopol	p	68,85	136,7	21,6	7,4	5,09	54°10'03" 23°16'31"
264	Szelment Mały	Szszupa	Suwański	Jeleniewo	p	165,87	176,1	28,5	7,5	12,44	54°15'07" 23°01'05"
265	Szelment Wielki	Szszupa	Suwański	Jeleniewo	p	346,20	176,1	45	15	51,93	54°14'09" 23°58'45"
266	Szlany	Cz. Hańcza	Augustowski	Plaśka	p	90,41	101,9	4,6	1,4	1,27	53°54'32" 23°30'24"
267	Sztabinki	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	b	61,19	135,5	27,8	5,6	3,43	54°07'36" 23°25'10"
268	Szurpiły	Szszupa	Suwański	Jeleniewo	o	83,19	183,5	47,1	11,2	9,32	54°13'49" 22°53'56"
269	Ślepek na E od Rospudy	Bludzia	Suwański	Filipów	p	9,07	201,5	4	2,5	0,23	54°12'53" 22°37'29"
270	Ślepe Dowspużkie	Cz. Hańcza	Suwański	Nowinka	b	12,18	145,1	2,1	1,1	0,13	53°58'58" 22°48'12"
271	Ślepek k. Przewięzi	Netta	Augustowski	Augustów	b	0,79	125,4		1	0,01	53°52'39" 23°05'01"
272	Ślepe K. Rajgradu	Jegrznia	Grajewski	Rajgród	b	0,63	118,1	2,1	1,1	0,01	53°43'52" 22°38'56"
273	Ślepek k. Wізajn	Szszupa	Suwański	Wізajny	b	6,28	233,5		3	0,19	54°22'22" 22°53'51"
274	Taciewo	Rospuda	Suwański	Suwałki gm.	b	12,20	193,1	13,2	5,7	0,70	54°08'40" 22°47'06"
275	Tajno	Jegrznia	Augustowski	Bargłów Koscielny	p	215,66	114,7	6,6	2,6	5,61	53°41'36" 22°51'02"
276	Tłuste/ Drobne	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	0,80	166,4		1,5	0,01	54°07'53" 22°58'53"
277	Tobolinka 1 (połud.)	Marycha	Sejneński	Giby	b	2,84	124,6	6,5	3	0,09	54°01'35" 23°24'19"
278	Tobolinka 2 (póln.)	Marycha	Sejneński	Giby	b	2,33	124,5	8,5	3,5	0,08	54°01'43" 23°24'17"
279	Tobolowo	Rospuda	Augustowski	Nowinka	o	53,42	131,9	9,4	4,1	2,19	53°57'52" 23°08'51"
280	Toczylowo	Elk	Grajewski	Grajewo	p	95,87	114,5	9,8	4,8	4,60	53°41'09" 22°28'26"
281	Trompole (Trampolatis)	Marycha	Suwański	Puńsk	b	13,69	1893		1,5	0,21	53°17'14" 23°09'05"
282	Udrynek	Szszupa	Suwański	Jeleniewo	p	6,22	196,8		2,5	0,16	54°13'37" 22°57'13"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m nrm]	d_max [m]	d_śr [m]	V [Mm³]	Współrzędne geogr.
283	Udrzejek	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	p	6,66	154,4	6,9	3,3	0,22	54°15'14" 22°53'17"
284	Wądołek	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	b	0,94	144	15	8,6	0,08	54°06'40" 23°02'37"
285	Werselskie	Rominta	Suwański	Przerosł	p	12,33	252,1		3	0,37	54°17'38" 22°45'28"
286	Wiązowiec – graniczne	Cz. Hańcza	Augustowski	Piaska	p	22,61	106,5		1,0	0,23	53°53'48" 23°30'51"
287	Wiązowiec k. Suwałk	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	p	3,76	144,3		1,5	0,06	54°06'24" 23°00'55"
288	Widne	Cz. Hańcza	Suwański	Nowinka	b	2,71	123,9	5,7	2,5	0,07	54°00'44" 23°07'26"
289	Widne	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	b	1,77	164,8		2,5	0,04	54°07'57" 22°58'41"
290	Wiersze (Świerszcze)	Marycha	Sejneński	Giby	o	1,52	125,4		1	0,02	54°02'31" 23°23'39"
291	Wiersznie	Cz. Hańcza	Sejneński	Giby	o	31,31	127,8	6,5	3	0,94	54°01'25" 23°19'20"
292	Wigry	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki gm.	p	2168,29	132	73	15,8	342,59	54°03'04" 23°05'10"
293	Wilkokuk	Marycha	Sejneński	Giby	p	39,94	122,1	12,1	3,8	1,52	54°01'00" 23°24'26"
294	Wisztuc/Wistuc	Rominta	Suwański	Wiżajny	o	19,70	241,9	2,4	1,3	0,26	54°21'28" 22°51'58"
295	Wiżajny	Rominta	Suwański	Wiżajny	p	291,25	242,4	5,3	2,6	7,57	54°22'28" 22°51'14"
296	Wodzilki	Szeszupa	Suwański	Jeleniewo	o	3,95	175,9	5,4	3,1	0,12	54°14'30" 22°50'53"
297	Wysokie k. Rospudy	Rospuda	Suwański	Filipów	b	28,35	179,6	26,5	8,9	2,52	54°12'58" 22°34'36"
298	Wysokie k. Wiżajn	Szeszupa	Suwański	Wiżajny	d	12,07	225,7	26	6,8	0,82	54°22'21" 22°54'25"
299	Zdaniszki (Zdaniuski)	Marycha	Sejneński	Sejny gm.	o	1,14	131,8		1	0,01	54°06'02" 23°25'14"
300	Zelwa	Marycha	Sejneński	Giby	o	112,99	122,4	12,3	5,8	6,55	54°02'09" 23°24'10"
301	Zelwa /Seklis	Marycha	Sejneński	Giby	o	7,71	121,9	3	1,00	0,08	54°01'12" 23°26'25"
302	Zielone k. Suwałk	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	p	6,35	143,1	6	2,8	0,18	54°05'57" 23°00'41"
303	Zgnilec k. Suwałk	Cz. Hańcza	Suwański	Suwałki	o	3,19	143,2		2	0,06	54°06'05" 23°00'02"

Lp	Nazwa jeziora	Dorzecze	Powiat	Gmina	Hyd.	Pow. [ha]	H [m npm]	d _{max} [m]	d _{śr} [m]	V [Mm ³]	Współrzędne geogr.
304	Zusno/Łanowicze	Cz. Hańcza	Suwałski	Przerośl	o	54,28	204,1	14,6	6	3,26	54°12'39" 22°43'17"
305	Żubrowo	Cz. Hańcza	Sejneński	Krasnopol	p	94,10	132,2	17	5,4	5,08	54°06'19" 23°08'37"
306	Ślepiec/Wygorzele	Cz. Hańcza	Suwałski	Krasnopol	b	2,11	134	2,5	1,5	0,03	54°01'30" 23°08'54"
307	Żegary (Dusajek Mały)	Zopsia	Sejneński	Sejny gm.	o	3,50	135,5	3,2	2	0,07	54°08'06" 23°24'50"
308	Nikierz	Narew	Moński	Trzcianne	b	3,08	103,1	2,5	1,5	0,05	53°13'33" 22°36'57"
309	Maliszewskie	Narew	Białostocki	Zawady	b	30,54	104,6	4,6	1,5	0,45	53°10'17" 22°31'27"

Załącznik IVZ.

Rośliny rzek województwa podlaskiego według danych GIOŚ, stwierdzone w latach 2017-2022 (w nawiasie podano liczbę rozpoznanych gatunków)

	glony nitkowate	
1	Rhizoclonium sp.	
2	Oedogonium sp.	
3	Spirogyra sp.	
4	Cladophora sp.	
5	Oscillatoria sp.	
	mchy	
1	Brachythecium sp.	
2	Bryum sp.	
3	Calliergonella cuspidata	
4	Climacium dendroides	
5	Conocephalum sp.	
6	Cratoneuron sp.	
7	Dichodontium pellucidum	
8	Dicranum scoparium	
9	Fontinalis sp.	
10	Hygroamblystegium sp.	
11	Amblystegium riparium	
12	Plagiomnium sp.	
13	Sphagnum sp.	
14	Thuidium sp.	
	krasnorosty	
1	Batrachospermum sp.	
2	Hildenbrandia rivularis	
3	Platyhypnidium riparioides	
4	Rhizomnium punctatum	
	elodeidy	polskie nazwy gatunkowe i rodzajowe
1	Callitriche sp.	rzęśła
2	Ceratophyllum demersum	rogatek

3	<i>Elodea canadensis</i>	moczarka k.
4	<i>Myriophyllum</i> sp. (3)	wywłócznik
5	<i>Potamogeton</i> sp. (8)	rdestnica
6	<i>Ranunculus</i> sp. (8)	włosienicznik
7	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	strzałka wodna
8	<i>Stratiotes aloides</i>	osoka aloesowata
9	<i>Utricularia vulgaris</i>	pływacz
helofity		
1	<i>Acorus calamus</i>	tatarak
2	<i>Alisma</i> sp. (2)	babka
3	<i>Eleocharis palustris</i>	ponikło błotne
4	<i>Equisetum</i> sp.(2)	skrzyp
5	<i>Galium palustre</i>	przytulia błotna
6	<i>Hottonia palustris</i>	okrężnica bagienna
7	<i>Iris pseudacorus</i>	kosaciec żółty
8	<i>Oenanthe aquatica</i>	kropidło wodne
9	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	oczeret jeziorny
10	<i>Sparganium</i> sp.(3)	jeżogłówka
11	<i>Phragmites australis</i>	trzcina pospolita
12	<i>Typha</i> sp. (2)	pałka wodna
nymfeidy		
1	<i>Nuphar lutea</i>	grzybień
2	<i>Nymphaea alba</i>	lilia wodna
pleustofity		
1	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	żabiściek
2	<i>Lemna</i> sp.(3)	rzęsa
3	<i>Spirodela polyrhiza</i>	spirodella
4	<i>Wolffia arhiza</i>	wolfia
rośliny ziemnowodne		
1	<i>Agrostis stolonifera</i>	mietlica
2	<i>Alopecurus geniculatus</i>	wyczyniec
3	<i>Berula erecta</i>	potoczniczek wąskolistny

4	<i>Bidens</i> sp. (3)	uczep
5	<i>Butomus umbellatus</i>	łączeń baldaszkowy
6	<i>Caltha palustris</i>	knieć błotna, kaczeniec
7	<i>Calystegia sepium</i>	kielisznik zaroślowy
8	<i>Cardamine amara</i>	rzeżucha gorzka
9	<i>Carex</i> sp. (9)	turzyca
10	<i>Catabrosa aquatica</i>	brodobrzanka wodna
11	<i>Cicuta virosa</i>	szalej jadowity
12	<i>Epilobium</i> sp. (2)	wierzbownica
13	<i>Eupatorium cannabinum</i>	sadziec konopiasty
14	<i>Filipendula ulmaria</i>	wiązówka błotna
15	<i>Galium uliginosum</i>	przytulia bagienna
16	<i>Geranium palustre</i>	Bodziszek błotny
17	<i>Glechoma hederacea</i>	bluszczyk kudrybanek
18	<i>Glyceria</i> sp. (2)	manna
19	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	wąkrota zwyczajna
20	<i>Impatiens noli-tangere</i>	niecierpek pospolity
21	<i>Juncus</i> sp. (2)	sit
22	<i>Lycopus europaeus</i>	karbieniec pospolity
23	<i>Lysimachia</i> sp. (3)	tojeść
24	<i>Lythrum salicaria</i>	krwawnica pospolita
25	<i>Mentha aquatica</i>	mięta wodna
26	<i>Menyanthes trifoliata</i>	bobrek trójlistny
27	<i>Myosotis palustris</i>	niezapominajka wodna
28	<i>Myosoton aquaticum</i>	kościenica wodna
29	<i>Nasturtium officinale</i>	rukiew wodna
30	<i>Phalaris arundinacea</i>	mozga trzcinowata
31	<i>Peucedanum palustre</i>	gorysz błotny
32	<i>Polygonum</i> sp. (5)	rdest
33	<i>Potentilla palustris</i>	siedmiopalecznik błotny
34	<i>Rorippa amphibia</i>	rzepicha ziemnowodna
35	<i>Rumex hydrolapathum</i>	szczaw lancetowaty

36	Salix sp.	wierzba
37	Scirpus sylvaticus	sitowie leśne
38	Scrophularia sp. (2)	trędownik
39	Scutellaria galericulata	tarczyca pospolita
40	Sium latifolium	marek szerokolistny
41	Solanum dulcamara	psianka słodkogórz
42	Stachys palustris	czyściec błotny
43	Stellaria palustris	gwiazdnica błotna
44	Symphytum officinale	żywokost lekarski
45	Thelypteris palustris	nerecznica błotna
46	Urtica dioica	pokrzywa
47	Veronica sp. (4)	przetacznik

Załącznik VZ.

Wykaz roślin wodnych w jeziorach województwa podlaskiego

Lp	Zbiorowiska	Liczba jezior	Średnie pokrycie %
1	Acoretum calami	27	0,1
2	Alisma plantago-aquatica L.	9	0,1
3	Berula erecta (Hudson) Coville	2	0,1
4	Butometum umbellati	1	0,1
5	Calla palustris	1	0,1
6	Callitricho-Lemnetum minoris f. z Callitriche cophocarpa Sendtner	1	3
7	Caricetum acutiformis	13	0,1
8	Caricetum gracilis	6	0,1
9	Caricetum limosi	2	3
10	Caricetum ripariae	25	0,5
11	Caricetum rostratae	11	91,6
12	Caricetum vesicariae	7	0,5
13	Ceratophylletum submersi	51	3,0
14	Charetum asperae	2	3,0
15	Charetum contrariae	2	3,0
16	Charetum delicatulae	22	3,0
17	Charetum filiformis	6	91,6
18	Charetum fragilis	26	15,0
19	Charetum hispidae	1	1,0
20	Charetum intermediae	5	61,0
21	Charetum polyacanthae	3	15,0
22	Charetum rudis	17	91,6
23	Charetum tenuispinae	2	34,0
24	Charetum tomentosae	27	34,0
25	Charetum vulgaris	10	3,0
26	Cicuto-Caricetum pseudocyperi f. z Carex pseudocyperus L.	4	0,5
27	Cicuto-Caricetum pseudocyperi f. z Cicuta virosa L.	2	0,5

Lp	Zbiorowiska	Liczba jezior	Średnie pokrycie %
28	Cladietum marisci	1	34,0
29	Comaretum palustre	2	0,1
30	Eleocharitetum palustris	34	0,1
31	Elodea nuttallii	1	3,0
32	Elodeetum canadensis	34	0,1
33	Equisetetum fluviatilis	35	0,1
34	Equisetum palustre	52	0,1
35	Fontinaletum antipyreticae	41	0,1
36	Glycerietum maximae	12	91,6
37	Hippuridetum vulgaris	12	0,1
38	Hydrilletum verticillatae	6	15,0
39	Iridetum pseudacori	2	0,1
40	Juncus effusus L.	2	0,5
41	Lemnetum minoris	3	0,5
42	Lemnetum trisulcae	9	0,1
43	Lemno-Hydrocharitetum morsus-ranae	7	0,1
44	Lemno-Utricularietum vulgaris	30	3,0
45	Leptodictyum riparium	5	3,0
46	Lobelietum dortmannae	2	0,1
47	Lysimachia thyrsoflora L.	8	0,1
48	Lythrum salicaria	3	0,5
49	Myriophylletum spicati	42	0,5
50	Myriophylletum verticillati	22	0,1
51	Myriophyllo-Littorelletum f. z Myriophyllum alterniflorum DC.	2	3,0
52	Najadetum marinae	13	0,5
53	Nitelletum capillaris	1	3,0
54	Nitelletum flexilis	1	61,0
55	Nitelletum gracilis	4	34,0
56	Nitellopsidetum obtusae	39	3,0
57	Nitella opaca	1	15,0

Lp	Zbiorowiska	Liczba jezior	Średnie pokrycie %
58	Nymphaeo albae-Nupharetum luteae f. z Nuphar lutea (L.) Sibth. & Sm.	50	15,0
59	Nymphaeo albae-Nupharetum luteae f. z Nymphaea alba L.	35	0,1
60	Phalaridetum arundinaceae	5	0,5
61	Phragmitetum communis	57	0,5
62	Polygonetum natantis	7	3,0
63	Polygonum hydropiper	3	0,1
64	Potametum acutifolii	3	3,0
65	Potamogeton berchtoldii Fieber	4	0,1
66	Potamogeton nodosus Poir.	6	3,0
67	Potamogeton trichoides Cham. & Schecht.	13	3,0
68	Potamogeton crispus L.	5	97,5
69	Potametum compressi	22	0,5
70	Potametum filiformis f. z Potamogeton alpinus L.	2	0,1
71	Potametum filiformis f. z Potamogeton praelongus Wulfen	9	0,5
72	Potametum friesi	15	91,6
73	Potametum lucentis	42	0,5
74	Potametum natantis	37	3,0
75	Potametum nitentis f. z Potamogeton rutilus Wolfg.	1	0,1
76	Potametum obtusifolii	2	3,0
77	Potametum panormitano-graminei f. z Potamogeton pusillus L.	7	15,0
78	Potametum pectinati	10	0,5
79	Potametum perfoliati	47	18,1
80	Ranunculo-Juncetum bulbosi	2	3,0
81	Ranunculus lingua	1	0,5
82	Ranunculus reptans L.	1	15,0
83	Ranunculetum circinati	41	0,1
84	Rumex hydrolapathum Hudson	5	0,5
85	Sagittario-Sparganietum emersi f. z Sagittaria sagittifolia L.	17	0,1

Lp	Zbiorowiska	Liczba jezior	Średnie pokrycie %
86	Sagittario-Sparganietum emersi f. ze Sparganium emersum Rehmann	16	3,0
87	Scirpetum lacustris	48	3,0
88	Scirpetum maritimi f. z Scirpus tabernaemontani (C.C.Gmelin)	2	72,4
89	Sium latifolium L.	4	3,0
90	Sparganietum erecti	22	3,0
91	Stratiotetum aloidis	24	0,1
92	Thelypteridi-Phragmitetum	11	0,5
93	Typhetum angustifoliae	49	34,0
94	Typhetum latifoliae	24	3,0

Załącznik VIZ.

Wykaz rodzajów/taksonów stwierdzonych w badaniach monitoringowych bentosu rzek i jezior prowadzonych przez GIOŚ w latach 2016-2022 w województwie podlaskim

Lp	Rodzaje/taksony	Rzeki	Jeziora
1	Acroloxidae	+	+
2	Aeshnidae	+	
3	Ameletidae	+	
4	Amphipoda	+	
5	Ancylidae	+	
6	Aphelocheiridae	+	
7	Araneae	+	+
8	Argulidae		+
9	Asellidae	+	+
10	Astacidae	+	
11	Athericidae	+	
12	Baetidae	+	+
13	Beraeidae	+	+
14	Bithyniidae	+	+
15	Brachycentridae	+	
16	Caenidae	+	+
17	Calopterygidae	+	+
18	Cambaridae	+	+
19	Ceratopogonidae	+	+
20	Chironomidae	+	+
21	Chrysomelidae	+	+
22	Coenagrionidae	+	+
23	Conchostraca	+	
24	Cordulegastridae	+	
25	Corduliidae	+	
26	Corduliidae/Libellulidae	+	+
27	Corixidae	+	+
28	Corophiidae	+	

Lp	Rodzaje/taksony	Rzeki	Jeziora
29	Culicidae	+	
30	Curculionidae	+	
31	Dixidae	+	
32	Dolichopodidae	+	
33	Dreissenidae	+	+
34	Dryopidae	+	
35	Dytiscidae	+	+
36	Ecnomidae	+	
37	Elmidae	+	+
38	Empididae	+	
39	Ephemerellidae	+	+
40	Ephemeridae	+	+
41	Ephydriidae	+	
42	Erpobdellidae	+	+
43	Ferrissiidae	+	
44	Gammaridae	+	+
45	Gerridae	+	+
46	Glossiphoniidae	+	+
47	Glossosomatidae	+	
48	Goeridae	+	
49	Gomphidae	+	
50	Gordiidae	+	+
51	Gyrinidae	+	+
52	Haemopidae	+	+
53	Haliplidae	+	+
54	Hebridae	+	
55	Helophoridae	+	
56	Heptageniidae (MMI)	+	+
57	Heptageniidae (rodzaje Epeorus i Rhithrogena)	+	
58	Heptageniidae (poza rodzajami Epeorus i Rhithrogena)	+	
59	Hirudinidae	+	
60	Hydrachnida	+	+
61	Hydraenidae	+	

Lp	Rodzaje/taksony	Rzeki	Jeziora
62	Hydrobiidae	+	+
63	Hydrochidae		+
64	Hydrometridae	+	
65	Hydrophilidae	+	
66	Hydrophilidae	+	
67	Hydropsychidae	+	+
68	Hydroptilidae	+	+
69	Janiridae	+	
70	Lepidoptera	+	
71	Lepidostomatidae	+	
72	Leptoceridae	+	+
73	Leptophlebiidae	+	+
74	Lestidae	+	+
75	Leuctridae	+	
76	Libellulidae	+	+
77	Limnephilidae	+	+
78	Limoniidae		+
79	Lymnaeidae	+	+
80	Mesovellidae	+	
81	Molannidae	+	+
82	Muscidae	+	+
83	Naucoridae		+
84	Nemouridae	+	
85	Neoephemeridae	+	
86	Nepidae	+	+
87	Neritidae	+	+
88	Noteridae		+
89	Notonectidae	+	+
90	Oligochaeta	+	
91	Pedicidae	+	
92	Perlodidae	+	
93	Phryganeidae	+	+
94	Physidae	+	+

Lp	Rodzaje/taksony	Rzeki	Jeziora
95	Piscicolidae	+	+
96	Planorbidae		+
97	Platycnemididae	+	+
98	Pleidae	+	+
99	Polycentropodidae	+	
100	Polymitarcyidae		+
101	Psychodidae	+	
102	Psychomyiidae	+	+
103	Ptychopteridae	+	
104	Pyalidae	+	
105	Rhagionidae	+	
106	Rhyacophilidae	+	
107	Sciomyzidae	+	
108	Scirtidae	+	
109	Sericostomatidae	+	
110	Sialidae	+	+
111	Simuliidae	+	+
112	Siphonuridae	+	
113	Sisyridae	+	
114	Spercheidae	+	
115	Sphaeriidae	+	+
116	Spongillidae	+	
117	Stratiomyidae	+	
118	Syrphidae	+	
119	Tabanidae	+	+
120	Thaumaleidae	+	
121	Thiaridae	+	
122	Tipulidae	+	+
123	Turbellaria	+	+
124	Unionidae	+	+
125	Valvatidae	+	+
126	Viviparidae	+	+
	razem	118	67

Załącznik VII.2.

Lista gatunków ryb występujących w rzekach i jeziorach województwa podlaskiego;

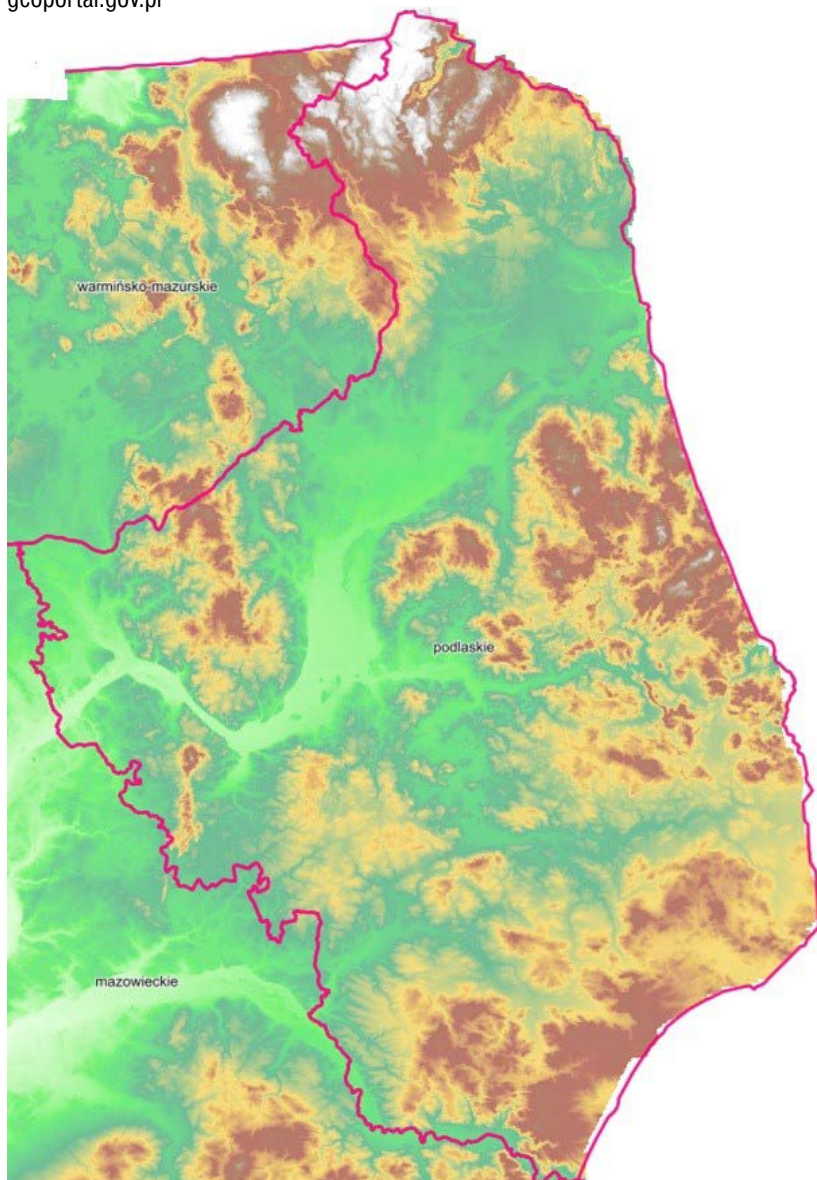
* – gatunki obce, inwazyjne

Gatunki	Nazwa polska
Szczupakowate	
<i>Esox lucius</i>	szczupak
Karpowate	
<i>Abramis bjoerkna</i>	krąp
<i>Abramis brama</i>	leszcz
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	piekielnica
<i>Alburnus alburnus</i>	ukleja pospolita
<i>Aspius aspius</i>	boleń pospolity
<i>Barbatula barbatula</i>	śliz
<i>Barbus barbus</i>	brzana pospolita
<i>Carassius carassius</i>	karaś pospolity
<i>Carassius gibelio</i>	karaś srebrzysty
<i>Cyprinus carpio</i>	karp
<i>Gobio gobio</i>	kielb pospolity
<i>Leucaspius delineatus</i>	słonecznica pospolita
<i>Leuciscus cephalus</i>	kleń
<i>Leuciscus idus</i>	jaź
<i>Leuciscus leuciscus</i>	jelec
<i>Phoxinus phoxinus</i>	strzebla potokowa
<i>Rhodeus amarus</i>	różanka europejska
<i>Romanogobio vladykovi</i>	kielb Władykowa
<i>Rutilus rutilus</i>	ptoc
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	wzdrenga
<i>Tinca tinca</i>	lin
<i>Pseudorasbora parva</i>	czebaczek amurski, kielb amurski*
Kozowate	
<i>Cobitis taenia</i>	koza pospolita
<i>Misgurnus fossilis</i>	piskorz
Głowaczowate	
<i>Cottus gobio</i>	głowacz białopłetwy
<i>Cottus poecilopus</i>	głowacz przęgopłetwy
Babkowate	
<i>Neogobius fluviatilis</i>	babka rzeczna*
<i>Neogobius gymnotrachelus</i>	babka tyśa*

Gatunki	Nazwa polska
Okoniowate	
Perca fluviatilis	okoń
Sander lucioperca	sandacz pospolity
Perccottus glenii	trawianka*
Gymnocephalus cernuus	jazgarz
Ciernikowate	
Pungitius pungitius	cierniczek północny
Gasterosteus aculeatus	ciernik
Sumowate	
Ameiurus nebulosus	sumik karłowaty*
Silurus glanis	sum pospolity
Łososiowate	
Salmo trutta fario	pstrąg potokowy
Thymallus thymallus	lipień
Dorszowate	
Lota lota	miętus pospolity
Minogi	
Eudontomyzon mariae	minóg ukraiński
Lampetra planeri	minóg strumieniowy
<i>Gatunki obecne w jeziorach</i>	
Osmerus eperlanus	stynka
Coregonus albula	sielawa
Coregonus lavaretus	sieja
Anguilla anguilla	węgorz
<i>Gatunki spotykane w jeziorach</i>	
Ctenopharyngodon idella	amur biały
Hypophthalmichthys molitrix	tołpyga biała
Hypophthalmichthys nobilis	tołpyga pstra

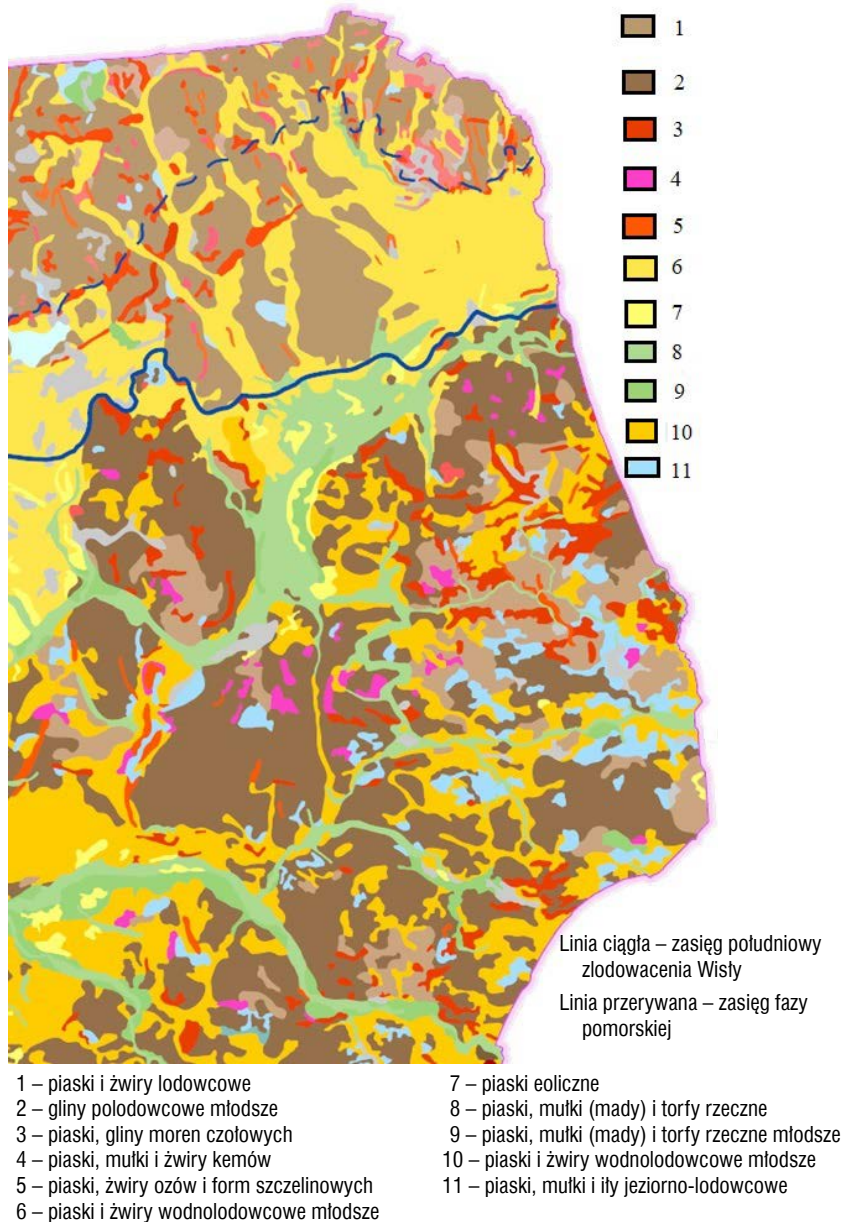
Załącznik M1.

Ukształtowanie powierzchni województwa podlaskiego według danych serwisu geoportal.gov.pl



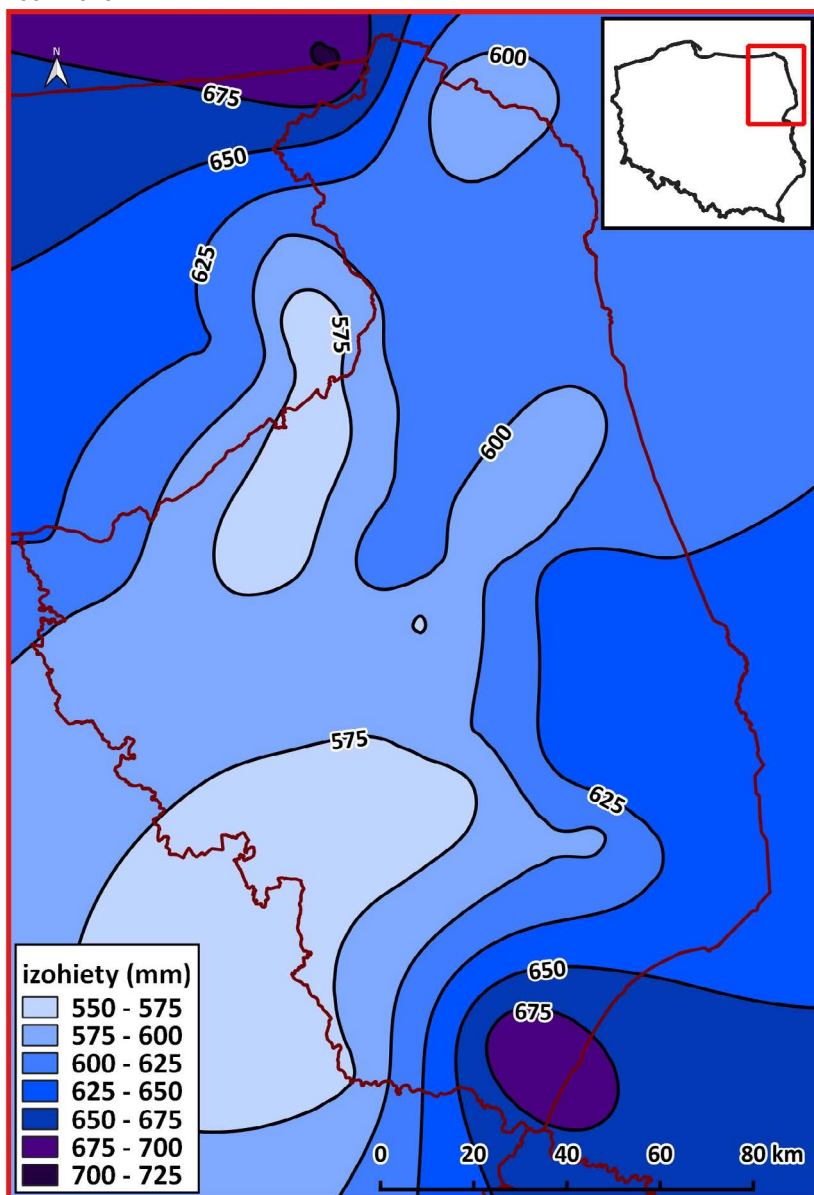
Zał. M2.

Mapa geologiczna utworów powierzchniowych PIG



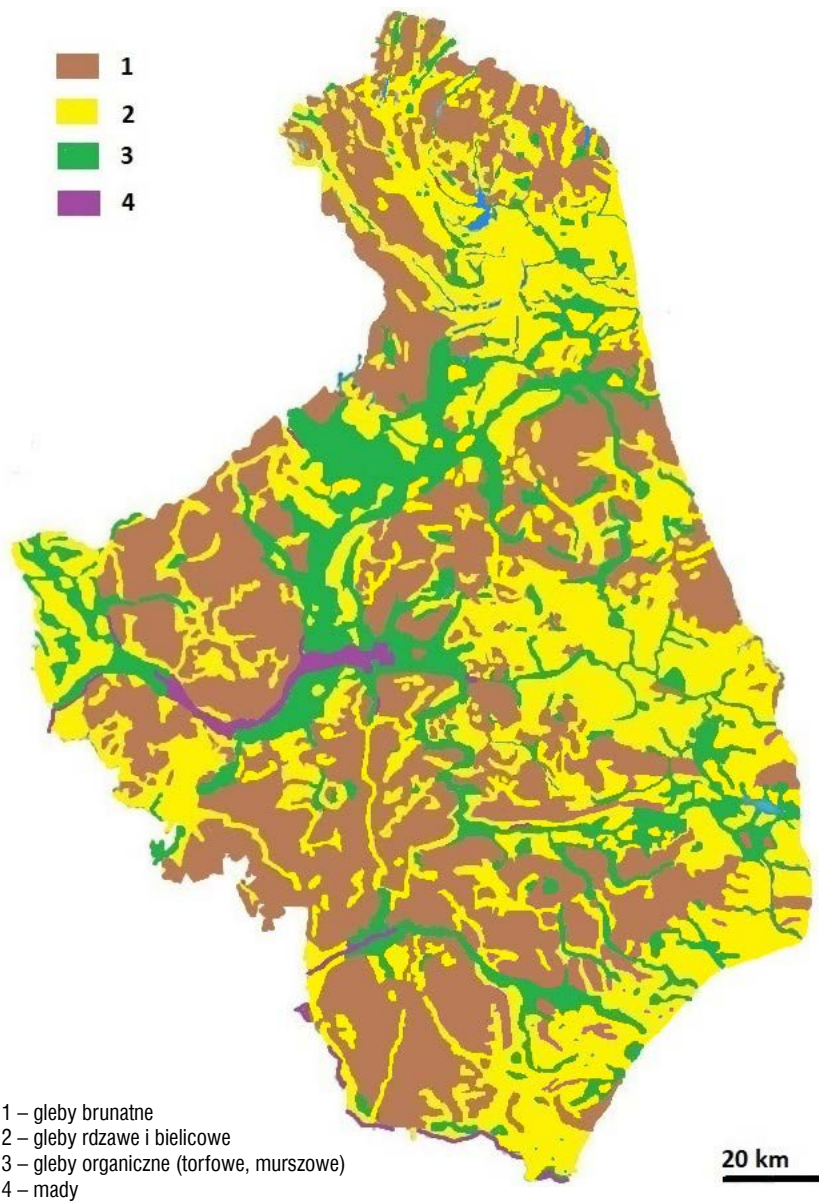
Zał. M3.

Mapa opadów atmosferycznych w województwie podlaskim; średnie roczne w latach 1991-2020



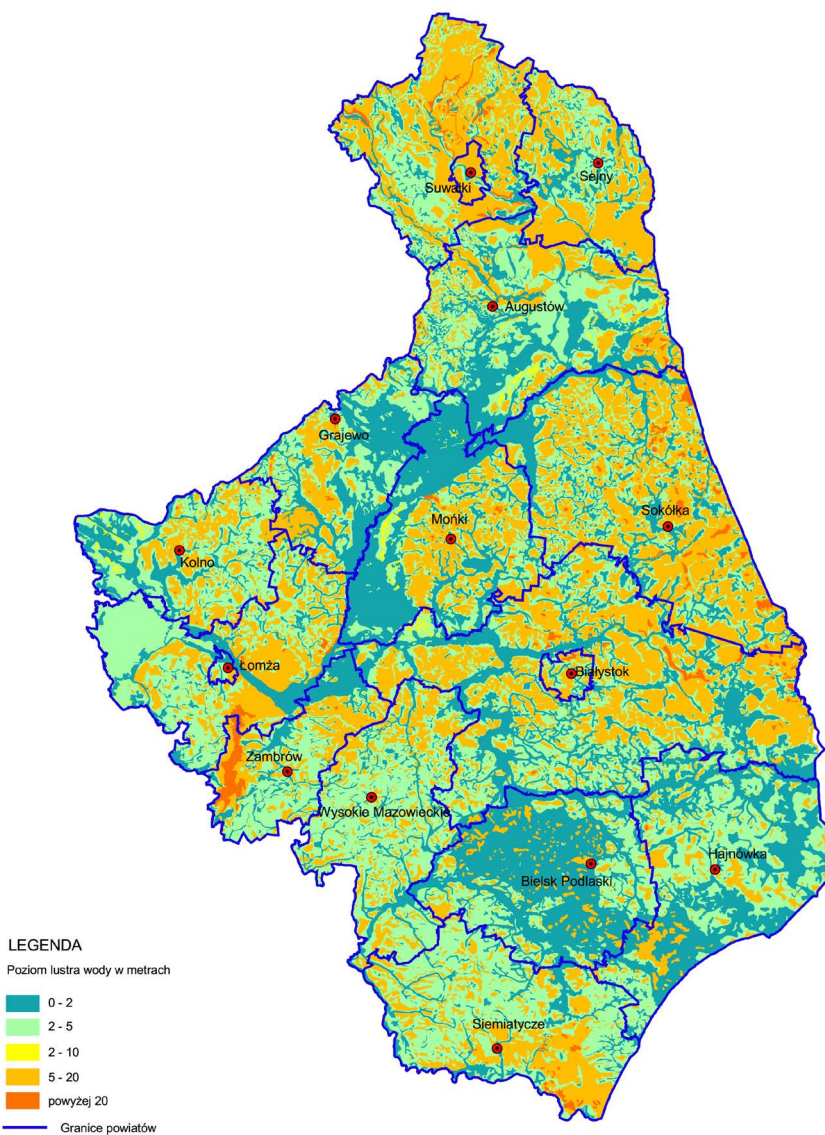
Załącznik M4.

Mapa głównych typów gleb województwa podlaskiego



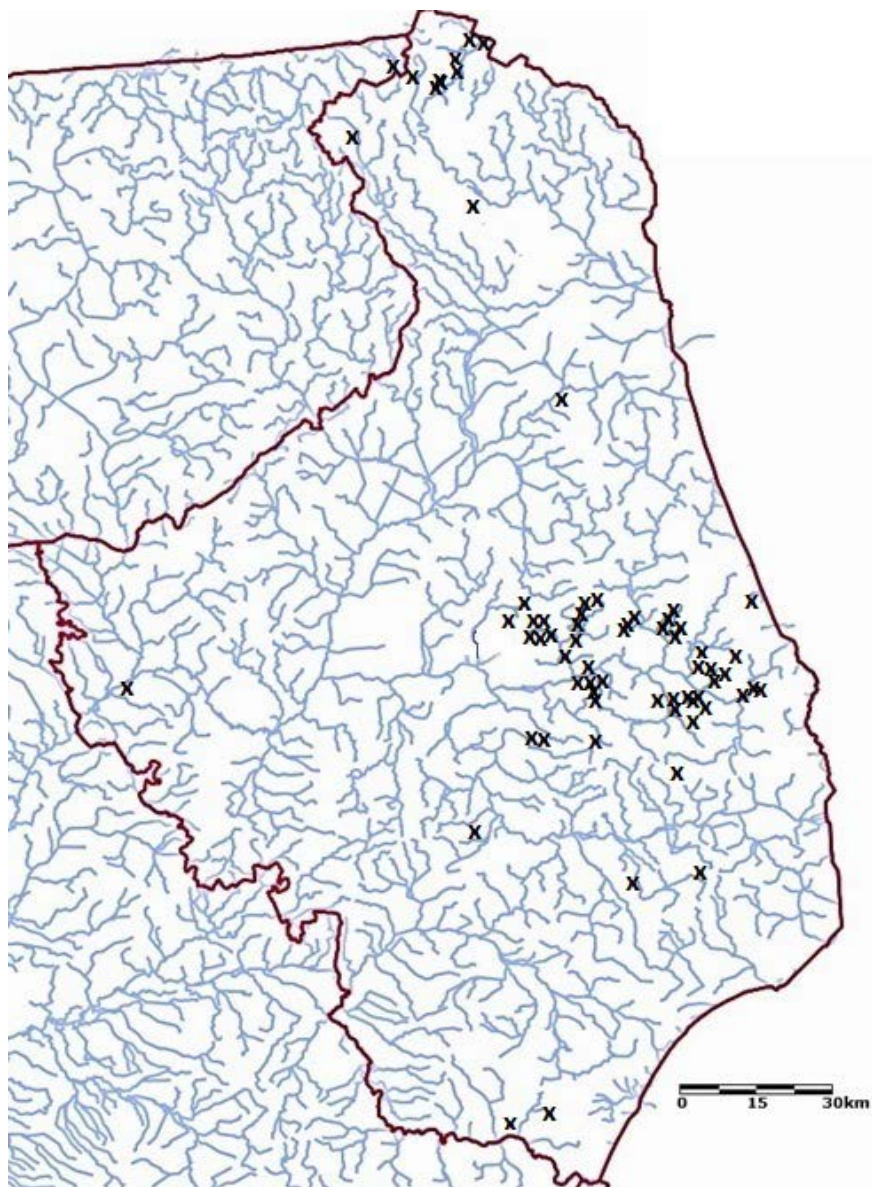
Załącznik M5.

Przybliżony poziom głębokości wód gruntowych w województwie podlaskim według danych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego (IUNG-PIB)



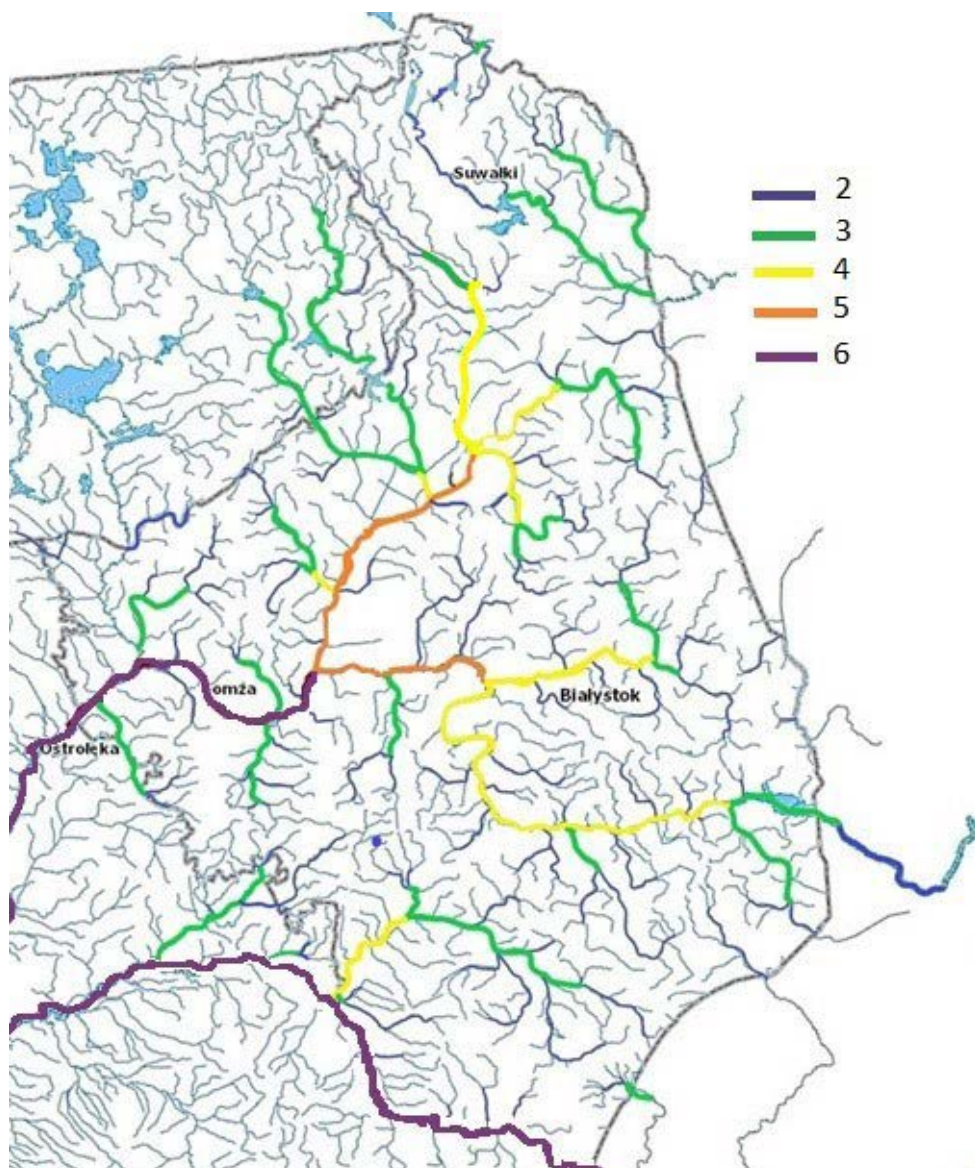
Zał. M6.

Mapa rozmieszczenia najwydajniejszych źródeł województwa podlaskiego



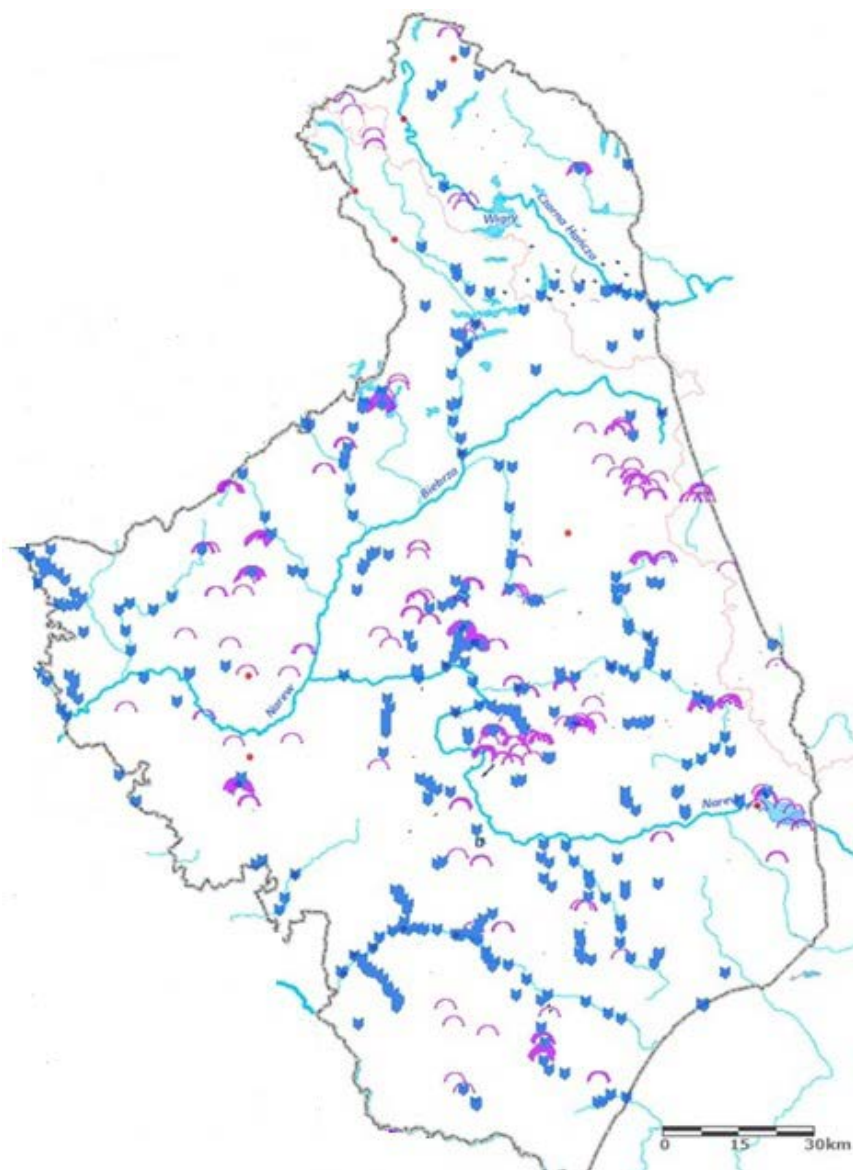
Zał. M7.

Mapa rzędowości rzek województwa podlaskiego



Zał. M8.

Rozmieszczenie urządzeń wodnych w województwie podlaskim: a – progi piętrzące, b – tamy wodne; według danych ISOK



Spis rysunków, map i schematów

Rys. 1.2.1. Roczny przebieg średniej dobowej temperatury powietrza w Białymstoku i w Suwałkach w latach 1991-2020	20
Rys. 1.2.2. Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w Białymstoku w latach 1781-2020.....	21
Rys. 1.2.3. Wieloletnie zmiany liczby dni z opadem śniegu w Białymstoku i Suwałkach w latach 1991-2020	23
Rys. 1.2.4. Klimatyczny bilans wód w województwie podlaskim w trzydziestoleciu 1991-2020	24
Rys. 1.2.5. Średnie miesięczne opady i parowanie terenowe w województwie podlaskim w latach 1991-2020	25
Rys. 2.2.1. Zmiany liczby i gęstości zaludnienia województwa podlaskiego w latach 1950-2022.....	35
Rys. 2.2.2. Wieloletnie zmiany ludności miast w aktualnych granicach województwa podlaskiego.....	36
Rys. 2.2.3. Dynamika liczby ludności zamieszkującej Białystok.....	36
Rys. 2.2.4. Zmiany struktury użytkowania powierzchni województwa podlaskiego (w obecnych granicach) w latach 1965-2015.....	37
Rys. 3.1. Schematyczny układ hydrogeologiczny województwa podlaskiego (według Paczyński, Sadurski 2007)	42
Rys. 3.2. Rozmieszczenie jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) województwa podlaskiego w trzecim cyklu planowania w latach 2022-2027	43
Rys. 3.3. Charakterystyczne układy hydrogeologiczne w wybranych regionach fizjograficznych województwa podlaskiego	45
Rys. 3.4. Wieloletnia zmienność średniej rocznej (styczeń – grudzień) głębokości zwierciadła wód podziemnych na wybranych stacjach pomiarowych PIG – PIB	50
Rys. 3.5. Wieloletnie zmiany średniej rocznej głębokości zwierciadła wód podziemnych na wybranych stacjach pomiarowych PIG – PIB	51
Rys. 3.6. Wieloletnie zmiany średniej rocznej głębokości zwierciadła wód podziemnych – stacja Ostrówek w latach 1975- 2023	51
Rys. 3.7. Dynamika roczna średniej głębokości zwierciadła wód podziemnych na wybranych stacjach pomiarowych PIG – PIB	51
Rys. 3.8. Średni miesięczny poziom zwierciadła wód podziemnych na stacji PIG – Sidorówka (gm. Jeleniewo) obserwowany w trzech poziomach wodonośnych	52
Rys. 4.1. Struktura kationów i anionów analizowanych wód źródłanych województwa podlaskiego.....	59
Rys. 4.2. Struktura związków azotu w wodach źródłanych województwa podlaskiego	59
Rys. 5.2.1. Podział hydrograficzny województwa podlaskiego.....	69

Rys. 5.3.1. Histogram długości stałych rzek województwa podlaskiego (dotyczy rzek z nazwą własną)	71
Rys. 5.3.2. Histogram długości rzek okresowych województwa podlaskiego (dotyczy rzek bez własnej nazwy); według danych PG Wody Polskie	72
Rys. 5.3.3. Struktura długości sieci rzecznej województwa podlaskiego według ich rzędowości, cyfry oznaczają rzędowość rzek	73
Rys. 5.3.4. Zależność między rzędowością a średnią długością rzek województwa podlaskiego	73
Rys. 5.3.5. Zmienność średniej powierzchni dorzeczy w zależności od ich rzędowości	74
Rys. 5.3.6. Zależność między długością rzek województwa podlaskiego a powierzchnią jej zlewni	75
Rys. 5.3.7. Zależność statystyczna między długością rzek województwa podlaskiego a długością ich dopływów	75
Rys. 5.3.8. Zależność między długością a średnim spadkiem największych rzek województwa podlaskiego	77
Rys. 5.3.9. Zależność udziału użytków rolnych od aktualnej gęstości sieci rzecznej w analizowanych dorzeczach województwa podlaskiego	78
Rys. 5.3.10. Zależność między lesistością dorzeczy województwa podlaskiego a gęstością sieci rzecznej	78
Rys. 5.4.1. Typy koryt rzek w województwie podlaskim	80
Rys. 5.4.2. Zależność przeciętnej szerokości koryta od rzędowości rzek w województwie podlaskim	83
Rys. 5.4.3. Histogram wartości HIR w rzekach województwa podlaskiego na podstawie danych GIOŚ z lat 2019–2021	86
Rys. 5.5.1. Rozmieszczenie stacji pomiarów hydrologicznych IMGW-PIB w województwie podlaskim	88
Rys. 5.5.2. Wieloletnie zmiany współczynnika przepływu największych rzek województwa podlaskiego w latach (kalendarzowych) 1961-2020	91
Rys. 5.5.3. Średni roczny współczynnik przepływu rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020	92
Rys. 5.5.4. Wpływ wielkości zlewni na zmienność średnich rocznych przepływów analizowanych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020	93
Rys. 5.5.5. Średnie miesięczne współczynniki przepływu grupami wybranych rzek województwa podlaskiego w latach (kalendarzowych) 1991-2020	95
Rys. 5.5.6. Zróżnicowanie średniego miesięcznego współczynnika przepływu rzeki Biebrzy w basenie górnym (Sztabin), środkowym (Osowiec) i dolnym (Burzyn) w latach 1991-2020	96
Rys. 5.5.7. Zmiana ustroju rzeki pojeziernej i wysoczyzn peryglacialnych w trakcie zmian klimatycznych	97
Rys. 5.5.8. Średni miesięczny przepływ Narwi w Bondarach przed budową Zbiornika Siemianówka i w czasie jego eksploatacji	98

Rys. 5.5.9. Współczynnik przepływu Narwi w Bondarach, Narwi i Surażu w okresie poprzedzającym budowę zbiornika i w latach 1993-2020.....	98
Rys. 5.5.10. Średni miesięczny przepływ rzeki Białej (Zawady) w okresie bezpośrednich zrzutów ścieków (1971-1990) oraz po wybudowaniu oczyszczalni ścieków w Białymstoku (2011-2022)	99
Rys. 5.5.11. Mapa odpływu jednostkowego w ciągu roku [$\text{dm}^3\text{s}^{-1}\text{rok}$] (lata 1991-2020)	100
Rys. 5.5.12. Mapa średniego odpływu wody [mm] zlewni w ciągu roku (lata 1991-2020)	100
Rys. 5.5.13. Udział zasilania podziemnego w odpływie głównych typów rzek województwa podlaskiego.....	102
Rys. 5.5.14. Zależność wskaźnika odpływu od średniego rocznego przepływu rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020.....	102
Rys. 5.5.15. Średni wskaźnik odpływu, opad atmosferyczny i współczynnik odpływu rzecznoego z wybranych zlewni województwa podlaskiego w latach 1991-2020.....	103
Rys. 5.6.1. Zależność modułu odpływu rzecznoego ze zlewni wysoczyznowych i pojeziernych przy najwyższych przepływach w granicach województwa podlaskiego.....	105
Rys. 5.6.2. Mapa terenów województwa podlaskiego zagrożonych powodzią; zasięg wód powodziowych w Kotlinie Biebrzańskiej występujących raz na 10 lat, raz na 100 lat i raz na 500 lat.....	108
Rys. 5.6.3. Hieto-hydrogram wybranych dwóch wzeźbrań rzek Białej w profilu Zawady (Białystok).....	109
Rys. 5.7.1. Zależność między modulem odpływu przy najniższych przepływach w zależności od wielkości zlewni.....	110
Rys. 5.7.2. Zagrożenie suszą w województwie podlaskim	112
Rys. 5.7.3. Wskaźnik zagrożenia suszą w poszczególnych powiatach województwa podlaskiego.....	113
Rys. 5.8.1. Przebieg roczny średniej dobowej temperatury wody Biebrzy w Burzynie w dwóch okresach pomiarowych	115
Rys. 5.8.2. Zależność statystyczna między średnią roczną temperaturą powietrza w stacji IMGW-PIB w Biebrzy a temperaturą wody Biebrzy w Burzynie w latach 1961-2020	115
Rys. 5.8.3. Zależność między średnią tygodniową temperaturą powietrza (stacja Biebrza) a temperaturą wody Biebrzy w Burzynie w latach 1961-2000.....	116
Rys. 5.8.4. Przebieg średniej rocznej temperatury wody: Narwi w Narwi (poniżej Zbiornika Siemianówka), w Strękowej Górze oraz Biebrzy w Burzynie w latach 1961-2020	117
Rys. 5.8.5. Wpływ Jeziora Wigry na temperaturę wody Czarnej Hańczy w latach 2015-2023	118
Rys. 5.8.6. Przestrzenna zmienność średniej dobowej temperatury wody Narwi w Surażu, Topilcu i Kruszewie w lipcu i sierpniu 2022 r.	118

Rys. 5.9.1. Przykładowy przebieg stężeń tlenu rozpuszczonego w wodzie Narwi na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego w ciągu doby	121
Rys. 5.10.1. Histogram średniego rocznego stężenia całkowitego węgla organicznego (TOC) w rzekach województwa podlaskiego w latach 2019-2021	124
Rys. 5.10.2. Histogram stężeń TOC w rzekach województwa podlaskiego oraz na terenie Litwy	124
Rys. 5.10.3. Średnie miesięczne stężenia ogólnego węgla organicznego (TOC) w rzekach województwa podlaskiego	125
Rys. 5.10.4. Zależność odpływu jednostkowego ze zlewni od tempa rzeczno- g wynoszenia związków węgla organicznego w województwie podlaskim w latach 2000-2020	128
Rys. 5.10.5. Zależność statystyczna stężenia fenoli od obecności DOC w wodach rzecznych województwa podlaskiego w latach 2009-2012	128
Rys. 5.10.6. Zależność statystyczna stężenia fenoli od stopnia wysycenia wody tlenem w rzekach województwa podlaskiego w latach 2009-2012	129
Rys. 5.11.1.1. Struktura kationów i anionów wód rzecznych województwa podlaskiego w latach 2019-2021	133
Rys. 5.11.1.2. Zlewnie rzeczne województwa podlaskiego zagrożone wysokimi stężeniami azotanów	137
Rys. 5.11.2.1. Wieloletnie zmiany stężenia zawiesiny w wodzie Czarnej Hańczy w Sobolewie	145
Rys. 5.11.2.2. Wieloletnie zmiany stężenia zawiesiny w wodach Supraśli w miejscowości Dzikie na tle zmian liczby ludności Białegostoku	145
Rys. 5.11.2.3. Wieloletnie zmiany średniej rocznej przewodności właściwej wody Czarnej Hańczy w profilu Sobolewo	146
Rys. 5.11.2.4. Wieloletnie zmiany stężeń całkowitego węgla organicznego w wodach wybranych rzek województwa podlaskiego w latach 1960-2020	147
Rys. 5.11.2.5. Średnie roczne stężenie chlorków w rzece Supraśl na stanowiskach Dzikie i Nowodworce w okresie 1960-2022	147
Rys. 5.11.2.6. Średnie zużycie nawozów mineralnych i wapnowanie gleb w granicach obecnego województwa podlaskiego	149
Rys. 5.11.2.7. Wieloletnie zmiany struktury zużycia nawozów mineralnych w granicach obecnego województwa podlaskiego	150
Rys. 5.11.2.8. Dynamika średniego rocznego stężenia azotu ogólnego i fosforu ogółem w wodach głównych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2023	153
Rys. 5.11.2.9. Dynamika średniego miesięcznego stężenia azotanów V w wodzie wybranych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2009 i 2010-2022	154
Rys. 6.1.1. Hipotetyczny zasięg polodowcowego jeziora z interglacjału augustowskiego	158

Rys. 6.1.2. Zmiany zasięgu Jeziora Maliszewskiego w dolinie Narwi	160
Rys. 6.1.3. Stopniowy proces separacji Zatoki Cieszkinałki od Jeziora Wigry.....	160
Rys. 6.1.4. Historyczne zmiany powierzchni Jeziora Sejny	161
Rys. 6.1.5. Histogram względnej liczebności jezior województwa podlaskiego w zależności od wysokości bezwzględnej	163
Rys. 6.1.6. Kumulacyjny wykres liczebności jezior województwa podlaskiego według wysokości bezwzględnej (dla danej i większych wartości)	163
Rys. 6.3.1. Średni miesięczny, znormalizowany stan wybranych jezior województwa podlaskiego w latach 1981-2020	168
Rys. 6.3.2. Wieloletnie zmiany średniego rocznego poziomu największych jezior województwa podlaskiego w latach 1091-2020.....	171
Rys. 6.3.3. Wieloletnie zmiany średniego rocznego stanu wody jezior Hańcza i Wigry.....	171
Rys. 6.3.4. Zależność między rocznym dopływem rzeczny do Jeziora Wigry a zasilaniem podziemnym jeziora	174
Rys. 6.4.1.1. Średnia dobową temperatura wody jezior Wigry i Hańcza (głęb. 0,3 m), wyliczona z codziennych pomiarów IMGW-PIB w latach 2000-2020.....	177
Rys. 6.4.1.2. Zmiany średniej rocznej temperatury wody jezior Rospuda i Hańcza w latach 1971-2020.....	177
Rys. 6.4.1.3. Wieloletnia zmienność średniej i maksymalnej temperatury wody (0,3 m) Jeziora Wigry	179
Rys. 6.4.1.4. Letnie profile termiczne Jeziora Rajgrodzkiego i Jeziora Wigry (Szyja).....	180
Rys. 6.4.1.5. Zróżnicowanie średniej miesięcznej temperatury wody w litoralu Jeziora Wigry w części północnej.....	181
Rys. 6.4.1.6. Liczba dni w sezonie zimowym (XI-IV) ze zjawiskami lodowymi, pełnym zlodzeniem jeziora, częściowym zlodzeniem	181
Rys. 6.4.2.1. Sezonowe zmiany widzialności krążka Secchiego w wybranych jeziorach województwa podlaskiego w 2020 r.	183
Rys. 6.4.2.2. Wieloletnie zmiany widzialności krążka Secchiego w jeziorach Hańcza i Wigry.....	184
Rys. 6.4.3.1. Wieloletnie zmiany letniej tlenowej stratyfikacji wód Jeziora Wigry na podstawie danych archiwalnych i badań własnych.....	185
Rys. 6.4.3.2. Wieloletnie zmiany w letniej tlenowej stratyfikacji wód Jeziora Rajgrodzkiego – stanowisko Opartowo	185
Rys. 6.5.1. Histogram wskaźnika trofii Carlsona (1977) dla 98 jezior województwa podlaskiego, badanych w latach 2015-2022	191
Rys. 6.5.2. Wieloletnia dynamika wskaźnika trofii Carlsona w Jeziorze Wigry i Jeziorze Rajgrodzkim.....	191
Rys. 6.6.1. Rozmieszczenie jezior dystroficznych w województwie podlaskim.....	193
Rys. 6.6.2. Stratyfikacja termiczna trzech jezior dystroficznych latem 2002 r.	193
Rys. 6.6.3. Wieloletnie zmiany zaawansowania dystrofii w jeziorach Suchar II i Suchar IV w latach 1990-2022	203

Rys. 6.6.4. Zależność między sumą opadów w okresie marzec-czerwiec a odczynem wody na głębokości 0,3 m w Sucharze IV w latach 1990-2017.....	203
Rys. 6.6.5. Zależność statystyczna między wielkością opadów w pierwszej połowie roku a stężeniem DOC w wodzie Jeziora Suchar IV w latach 1990-2017.....	204
Rys. 6.6.6. Zależność między ilorazem powierzchni torfowisk i jeziora a wskaźnikiem dystrofii HDI.....	205
Rys. 7.1.1. Struktura pojemności sztucznych zbiorników wodnych miasta Białystok.....	212
Rys. 7.1.2. Rozmieszczenie sztucznych zbiorników wodnych województwa podlaskiego o powierzchni mniejszej niż 50 ha.....	214
Rys. 7.1.3. Hydrologiczne typy zbiorników małej retencji.....	214
Rys. 7.1.4. Zależność średnich azotu organicznego w wodzie zbiorników małej retencji województwa podlaskiego od ich pojemności maksymalnej.....	216
Rys. 7.1.5. Struktura form azotu w wodach zbiorników retencyjnych w województwie podlaskim latem (średnie wartości analiz przeprowadzonych w 2017 i 2021 r.).....	217
Rys. 7.2.1. Wieloletnie zmiany średniorocznego przepływu Narwi w Bondarach (Narew B) i Narewki w Narewce w latach 1971-2020.....	222
Rys. 7.2.2. Dynamika średniej miesięcznej powierzchni zalewu, objętości retencionowanej wody oraz poziomu wody i teoretycznej wymiany wody w Zbiorniku Siemianówka w latach 1991-2023.....	222
Rys. 7.2.3. Średnia miesięczna wymiana wody w Zbiorniku Siemianówka w latach 1991-2020, wyliczona na bazie danych o przepływie Narwi w Bondarach.....	223
Rys. 7.2.4. Wartości wskaźnika trofii Carlsona (1977) w dolnej (pryzaporowej) części Zbiornika Siemianówka w okresie letnim (czerwiec-sierpień) w latach 1991-2022.....	225
Rys. 7.2.5. Wieloletnia dynamika stężenia chlorofilu <i>a</i> latem (lipiec-wrzesień) w powierzchniowej warstwie wody (0-2 m) Zbiornika Siemianówka (część dolna, przed zaporą czołową).....	225
Rys. 7.2.6. Przestrzenne zróżnicowanie struktury fitoplanktonu letniego (lipiec-wrzesień) Zbiornika Siemianówka i rzeki Narew powyżej i poniżej zbiornika w latach 2015-2017.....	226
Rys. 7.2.7. Wieloletnie zmiany wybranych parametrów wody (warstwa 0-2 m) w okresie letnim w dolnej części Zbiornika Siemianówka w latach 1991-2022.....	227
Rys. 7.2.8. Wieloletnia dynamika produktywności planktonu w dolnej części Zbiornika Siemianówka w latach 1992-2016.....	228
Rys. 7.2.9. Sezonowość produktywności planktonu dolnej części Zbiornika Siemianówka w latach 1992-2016.....	228
Rys. 7.3.1. Mapa Kanału Augustowskiego z lokalizacją śluz.....	230

Rys. 7.3.2. Przeciętna struktura jonów w wodach Kanału Augustowskiego w okresie badań 1995-2024.....	232
Rys. 7.3.3. Zróżnicowanie hydrochemiczne Kanału Augustowskiego latem w latach 1995-2024.....	236
Rys. 8.1.1. Zasoby odnawialne w Polsce w latach 1961-2022 w przeliczeniu na mieszkańca	240
Rys. 8.2.1. Struktura poboru wody w Polsce i w województwie podlaskim w 2022 r. ze względu na źródła poboru oraz kierunki wykorzystania.....	241
Rys. 8.2.2. Górny panel – wartości bezwzględne poboru wody; dolny panel – udział poszczególnych sektorów	244
Rys. 8.2.3. Długość rozdzielczej sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w granicach obecnego województwa podlaskiego w latach 1969-2022 ..	245
Rys. 8.2.4. Rozwój sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w Białymstoku w latach 1914-2022	246
Rys. 8.2.5. Dynamika dostarczania wody do odbiorców oraz produkcji ścieków w Białymstoku w latach 1914-2022	247
Rys. 8.3.1. Wielkość całkowitej produkcji ścieków w granicach obecnego województwa podlaskiego oraz sposób ich zagospodarowania w latach 1980-2021	252
Rys. 8.3.2. Wieloletnie zmiany typu oczyszczania ścieków w granicach obecnego województwa podlaskiego w latach 1980-2021	254
Rys. 8.4.1. Roczne powierzchnie terenów zmeliorowanych w województwie podlaskim w latach 1960-1972	259
Rys. 8.4.2. Zmiany powierzchni zmeliorowanych gruntów ornych oraz użytków zielonych (łąk i pastwisk) w granicach obecnego województwa podlaskiego	260
Rys. 8.4.3. Wieloletnie zmiany powierzchni odwadnianych (drenowanych) i nawadnianych użytków rolnych województwa podlaskiego w latach 1975-2015.....	260
Rys. 8.4.4. Zmiany sieci wód powierzchniowych okolic Michałowa i Gródka w powiecie białostockim w latach 1928-2005	262
Rys. 9.1.1.1. Dynamika stężenia chlorofilu <i>a</i> w wodach strumieni Narwiańskiego Parku Narodowego w 2012 r.	280
Rys. 9.1.2.1. Wpływ żyzności wód jeziornych, wyrażonej wskaźnikiem Carlsona, na wartość polskiego wskaźnika fitoplanktonowego	283
Rys. 9.1.2.2. Wieloletnie zmiany stężeń chlorofilu <i>a</i> latem w epilimnionie trzech jezior województwa podlaskiego w latach 1956-2022	286
Rys. 9.1.2.3. Pionowe zróżnicowanie stężeń chlorofilu <i>a</i> latem w centralnej części Jeziora Wigry – plos Szyja – w latach 1956-2022	288
Rys. 9.2.1.1. Histogram liczebności taksonów makrofitytów w rzekach województwa podlaskiego według danych GIOŚ z lat 2016-2021.....	292
Rys. 9.2.1.2. Histogram liczebności taksonów makrofitytów w rzekach I rzędu (strumieniach) województwa podlaskiego.....	293

Rys. 9.2.2.1. Zależność wskaźnika trofii od wskaźnika makrofitowego w jeziorach województwa podlaskiego monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2021	298
Rys. 9.3.2.1. Struktura bentosu jezior województwa podlaskiego na podstawie średniej liczebności	310
Rys. 9.3.2.2. Statystyczna zależność między wskaźnikiem Carlsona a wskaźnikiem równocенności zespołu bentosu jezior województwa podlaskiego	310
Rys. 9.3.2.3. Zmiany udziału liczebności analizowanych grup taksonomicznych bentosu jeziornego wraz ze wzrostem żyzności wód	311
Rys. 9.3.2.4. Zależność procentowego udziału wodopójek (<i>Hydrachnida</i>) w całkowitej liczebności bentosu jezior województwa podlaskiego, monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2022	312
Rys. 9.3.2.5. Struktura względnej liczebności grup bentosu jezior województwa podlaskiego w zależności od typu hydrologicznego jeziora	313
Rys. 9.3.2.6. Zależność statystyczna między wskaźnikiem makrofitowym a bentosowym w jeziorach województwa podlaskiego monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2022	313
Rys. 9.4.1.1. Wpływ rzędowości rzek na liczbę gatunków ryb w rzekach województwa podlaskiego	318
Rys. 9.4.2.1. Różnicowanie udziału grup ekologicznych w biomasie ryb jezior województwa podlaskiego o zróżnicowanej żyzności	324
Rys. 9.4.2.2. Zależność między wskaźnikiem trofii jeziora a udziałem biomasy ryb bentosozęrných i drapieżnych w całkowitej biomasie ryb	325
Rys. 9.4.2.3. Wieloletnia dynamika biomasy ryb odławianych w wybranych jeziorach województwa podlaskiego	327
Rys. 9.4.2.4. Wieloletnia dynamika struktury ryb odławianych w Jeziorze Wigry	327
Rys. 10.1. Priorytety potrzeb w zakresie renaturyzacji poszczególnych jednolitych części wód powierzchniowych rzecznych w województwie podlaskim; Wskaźnik potrzeby renaturyzacji rzek w województwie podlaskim	346

Spis tabel

Tabela 1.2.1. Średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 1991-2020 na stacjach synoptycznych i klimatycznych IMGW-PIB w województwie podlaskim	19
Tabela 1.2.2. Średnie miesięczne opady [mm] w latach 1991-2020 na stacjach synoptycznych i klimatycznych IMGW-PIB w województwie podlaskim	22

Tabela 1.2.3. Średni udział opadów śniegu w rocznej sumie opadów oraz elementy bilansu wodnego na wybranych stacjach pomiarowych IMGW w latach 1991-2020 i średnie wartości P-E dla okresu 1961-1990	24
Tabela 2.1.1. Pierwsze lokacje miast obecnie położonych w województwie podlaskim	29
Tabela 2.1.2. Pierwsze lokalizacje młynów wodnych województwa podlaskiego	30
Tabela 2.2.1. Zmiany gęstości zaludnienia wybranych zlewni rzek w granicach województwa podlaskiego.....	35
Tabela 3.1. Charakterystyka jednolitych części wód podziemnych województwa podlaskiego	44
Tabela 3.2. Główne zbiorniki wód podziemnych województwa podlaskiego	46
Tabela 3.3. Stacje pomiarów wód podziemnych Państwowego Instytutu Geologicznego (PIB) o najdłuższym okresie badawczym na terenie województwa podlaskiego	48
Tabela 3.4. Charakterystyka dynamiki wód podziemnych na stacjach pomiarowych PIG – PIB w województwie podlaskim.....	49
Tabela 3.5. Skład chemiczny wód podziemnych województwa podlaskiego w 2022 r.	54
Tabela 3.6. Zróżnicowanie średnich stężeń azotu azotanowego V (N-NO_3) w wodach piezometrów i studni wierconych o różnym sposobie użytkowania na terenie województwa podlaskiego w 2022 r.	55
Tabela 4.1. Charakterystyka wybranych wód źródłanych województwa podlaskiego pobranych w sierpniu 2022 r.	58
Tabela 4.2. Porównanie wybranych parametrów wód źródłanych województwa podlaskiego i Wyżyny Lubelskiej oraz Roztocza (sierpień 2022)	60
Tabela 5.1.1. Struktura użytkowania województwa podlaskiego (stan z 1.1.2024)	65
Tabela 5.1.2. Wody powierzchniowe [ha] w strukturze użytkowania województwa podlaskiego w 2022 r. według danych GUS	66
Tabela 5.2.1. Charakterystyka wód powierzchniowych województwa podlaskiego	67
Tabela 5.2.2. Struktura wód powierzchniowych województwa podlaskiego w ujęciu zlewniowym	68
Tabela 5.3.1. Sieć rzeczna województwa podlaskiego według Mapy Hydrograficznej Polski i systemu informatycznego PP Wody Polskie	71
Tabela 5.3.2. Udział procentowy długości sieci rzecznej według rzędowości w największych dorzeczach województwa podlaskiego.....	74
Tabela 5.3.3. Średnia powierzchnia zlewni odwadniana przez 1 km rzeki, z podziałem na grupy rzek o tej samej rzędowości w województwie podlaskim	76
Tabela 5.3.4. Częstość występowania rzek województwa podlaskiego w wydzielonych klasach spadku ich koryta	77
Tabela 5.4.1. Wskaźnik krętości koryta wybranych rzek województwa podlaskiego	81

Tabela 5.4.2. Częstość występowania rodzajów osadów dennych w rzekach w zależności od ich typu abiotycznego	83
Tabela 5.4.3. Udział typów abiotycznych rzek województwa podlaskiego wydzielonych w ramach JCWP, w tym cieków bezimiennych.....	84
Tabela 5.4.4. Struktura rzek województwa podlaskiego z nazwami własnymi i bezimiennych, wydzielone jak JCWP, w układzie krajobrazowo-geochemicznym.....	84
Tabela 5.4.5. Średnia wartość wskaźnika przekształceń hydromorfologicznych (HIR) dla największych rzek województwa podlaskiego według danych GIOS z lat 2019-2021.....	86
Tabela 5.5.1. Średni przepływ (SQ) i odpływ wody rzekami województwa podlaskiego w latach 1991-2020	90
Tabela 5.5.2. Charakterystyka ekstremalnie wysokich i niskich przepływów rzek województwa według pomiarów IMGW-PIB do 2023 r.....	94
Tabela 5.5.3. Zmiany średniego rocznego przepływu wybranych rzek województwa podlaskiego w dwóch trzydziestoletnich okresach: 1961-1990 i 1991-2020	97
Tabela 5.5.4. Struktura odpływu wody ze zlewni rzecznych rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020	101
Tabela 5.5.5. Średni odpływ ze zlewni i opad w latach 1991-2020 województwa podlaskiego	103
Tabela 5.6.1. Zróżnicowanie średniego czasu pobytu wody w korycie rzek województwa podlaskiego.....	106
Tabela 5.6.2. Charakterystyka wybranych opadowych wezbrań rzeki Białej w profilu Zawady.....	108
Tabela 5.8.1. Średnia miesięczna temperatura wody rzek województwa podlaskiego w latach 1991-2020 oraz temperatury powietrza w Białymstoku	114
Tabela 5.8.2. Zmiany średniej rocznej temperatury wód rzecznych w dwóch kolejnych trzydziestoletnich okresach pomiarowych.....	116
Tabela 5.8.3. Zmiany średniej liczby dni w kilku pentadach z lat 1966-2020 z pełnym zimowym zlodzeniem (listopad-kwiecień) na wybranych rzekach województwa podlaskiego	119
Tabela 5.9.1. Charakterystyka średniego rocznego stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie rzek odwadniających jednolite części wód powierzchniowych (JCWP) województwa podlaskiego w latach 2019-2021	120
Tabela 5.9.2. Średnie roczne stężenie tlenu w wodzie głównych rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2021	121
Tabela 5.10.1. Charakterystyka stężenia i ładunków węgla organicznego wynoszonych rzekami ze zlewni województwa podlaskiego	126
Tabela 5.10.2. Porównanie rocznego eksportu węgla organicznego i jego form ze zlewni województwa podlaskiego i głównych rzek Polski	127
Tabela 5.11.1.1. Średnie roczne stężenie głównych jonów w rzekach województwa podlaskiego w latach 2019-2021	130

Tabela 5.11.1.2. Średnie stężenie pierwiastków biogennych i ich form w wodach głównych rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2021	131
Tabela 5.11.1.3. Średnie roczne stężenia wybranych parametrów chemicznych wód rzecznych II rzędu o zróżnicowanych warunkach abiotycznych w latach 2019-2021	134
Tabela 5.11.1.4. Porównanie średniej wartości analizowanych parametrów wód w strumieniach nizinnych województwa podlaskiego o zróżnicowanej rzędowości	135
Tabela 5.11.1.5. Zróżnicowanie średnich ($\pm$ odch. stand.) wartości parametrów chemicznych wód strumieni nizinnych o odmiennym użytkowaniu	138
Tabela 5.11.1.6. Średnie wartości parametrów wody Czarnej Hańczy na odcinku od Suwałk do okolic Wysokiego Mostu (stanowisko Bindużka), analizowanych od stycznia 2016 r. do końca stycznia 2017 r.	139
Tabela 5.11.1.7. Wybrane parametry wód trzech strumieni okolic Białegostoku przed (18.07.2026) i podczas letniego wezbrania (28-29.07.2016) po rekordowym opadzie (ok. 90 mm)	141
Tabela 5.11.2.1. Średnie wartości wybranych parametrów fizykochemicznych wód głównych rzek województwa podlaskiego w roku hydrologicznym 1960 (listopad 1959, luty, kwiecień, lipiec 1960)	142
Tabela 5.11.2.2. Średnie stężenia wybranych parametrów wód rzek województwa podlaskiego, analizowanych po raz pierwszy na podstawie danych Instytutu Gospodarki wodnej we Wrocławiu	143
Tabela 5.11.2.3. Wieloletnie zmiany średniorocznych stężeń chlorków w wybranych rzekach województwa podlaskiego w latach 1960-2021	149
Tabela 5.11.2.4. Wieloletnie zmiany średniorocznego stężenia azotanów V (N-NO_3^-) w wybranych rzekach województwa podlaskiego w latach 1960-2021	151
Tabela 5.11.2.5. Wieloletnie zmiany średniorocznego stężenia jonów amonowych w wybranych rzekach województwa podlaskiego w latach 1960-2021	152
Tabela 6.1.1. Charakterystyka limnologiczna dorzeczy województwa podlaskiego	164
Tabela 6.1.2. Główne systemy jeziorno-rzeczne województwa podlaskiego	165
Tabela 6.2.1. Morfologiczne cechy jezior województwa podlaskiego	166
Tabela 6.2.2. Największe, najgłębsze i najzasobniejsze w wodę jeziora województwa podlaskiego	166
Tabela 6.2.3. Jeziora województwa podlaskiego posiadające stałe wyspy	167
Tabela 6.3.1. Liczebność jezior województwa podlaskiego w zależności od typu hydrologicznego	168
Tabela 6.3.2. Średnie roczne i maksymalne amplitudy wahań poziomu wody wybranych jezior województwa podlaskiego w latach 1961-2020	169
Tabela 6.3.3. Bilans wodny Jeziora Wigry w okresie 1961-2020	172
Tabela 6.3.4. Średnia roczna wymiana wody w wybranych jeziorach województwa podlaskiego	174

Tabela 6.4.1.1. Średnia miesięczna temperatura wody jezior i temperatura powietrza w Suwałkach w latach (kalendaryzowych) 1991-2020.....	176
Tabela 6.4.1.2. Zmiany średnich i maksymalnych temperatur wody Jeziora Wigry w trzech okresach pomiarowych w ponad 100-letniej serii danych IMGW-PIB.....	178
Tabela 6.4.2.1. Liczebność jezior województwa podlaskiego w przedziałach widzialności krążka Secchiego.....	182
Tabela 6.4.4.1. Średnie stężenie i odchylenie standardowe wybranych parametrów wody w epilimnionie jezior województwa podlaskiego.....	187
Tabela 6.4.4.2. Stopień wzbogacenia wód hypolimnionu jezior dimiktycznych w odniesieniu do stężeń w epilimnionie w Suwalskim Parku Krajobrazowym, lato 2015 r.	189
Tabela 6.4.4.3. Stężenia mikropierwiastków w wodach 61 jezior województwa podlaskiego monitorowanych przez GIOŚ w latach 2016-2021	189
Tabela 6.6.1. Charakterystyka morfologiczna jezior dystroficznych województwa podlaskiego według pomiarów własnych	194
Tabela 6.6.2. Charakterystyka hydrochemiczna jezior dystroficznych województwa podlaskiego.....	196
Tabela 6.6.3. Wieloletnie zmiany stężenia chlorofilu w warstwie powierzchniowej jezior dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego	197
Tabela 6.6.4. Struktura fitoplanktonu w warstwie powierzchniowej jezior dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego w sierpniu 2021 r.	198
Tabela 6.6.5. Odmienne relacje między DOC i DIC w wodzie epilimnionu wybranych jezior dyszarmionijnych i harmonijnych Suwalszczyzny	199
Tabela 6.6.6. Zróznicowanie charakterystycznych parametrów wód w jeziorach dystroficznych.....	200
Tabela 6.6.7. Skład chemiczny wody wybranych jezior dystroficznych Suwalszczyzny i Wielkopolski.....	202
Tabela 7.1.1. Charakterystyka obiektów powierzchniowej retencji wód (bez stawów hodowlanych) w województwie podlaskim w 2024 r.	210
Tabela 7.1.2. Zbiorniki „drogowe” według stanu na 2023 r.	211
Tabela 7.1.3. Charakterystyka morfologiczna zbiorników retencyjnych województwa podlaskiego.....	213
Tabela 7.1.4. Charakterystyka składu chemicznego wód 20 zbiorników małej retencji województwa podlaskiego latem 2017 i 2021.....	215
Tabela 7.1.5. Wskaźniki trofii (TSI) sztucznych zbiorników wodnych województwa podlaskiego.....	218
Tabela 7.1.6. Średnie stężenie chlorofilu a i struktura glonów w sztucznych zbiornikach wodnych województwa podlaskiego w sezonie letnim (średnia z roku 2017 i 2021)	219
Tabela 7.2.1. Średnie wartości parametrów wody (warstwa 0-2 m) w dolnej części Zbiornika Siemianówka w okresie od maja do września.....	224

Tabela 7.3.1. Średnie wartości oraz odchylenia standardowe wybranych parametrów fizykochemicznych wód Kanału Augustowskiego w okresie letnim w latach 1995-2024	231
Tabela 7.3.2. Przestrzenne zróżnicowanie hydrochemiczne wód Kanału Augustowskiego w okresie letnim	233
Tabela 7.3.3. Wieloletnia zmienność parametrów wód Kanału Augustowskiego w okresie letnim	234
Tabela 8.1.1. Gęstość zaludnienia i zasoby odnawialne w wybranych zlewniach województwa podlaskiego	240
Tabela 8.2.1. Liczba ujęć wód podziemnych oraz wielkość całkowitego poboru wody dla potrzeb gospodarki i ludności w województwie podlaskim w 2023 r.	242
Tabela 8.2.2. Średnie roczne zużycie wody dostarczonej siecią wodociągową w przeliczeniu na mieszkańca w województwie podlaskim i jego powiatach w latach 2003-2022	243
Tabela 8.2.3. Wybrane dane dotyczące przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych w trzech największych miastach województwa podlaskiego	246
Tabela 8.2.4. Wieloletnie zróżnicowanie liczby ludności województwa podlaskiego korzystającej z sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w latach 1975-2022	248
Tabela 8.2.5. Przestrzenne zróżnicowanie liczby osób korzystających z sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w województwie podlaskim w latach 2002-2023	249
Tabela 8.2.6. Przyrost długości sieci kanalizacyjnej na obszarze obecnego województwa podlaskiego w latach 1960-2020	250
Tabela 8.2.7. Długość sieci kanalizacyjnej [km] według powiatów województwa podlaskiego w 2022 r., z podziałem na miasta i tereny wiejskie	251
Tabela 8.3.3. Sieć kanalizacyjna i oczyszczanie ścieków w największych miastach województwa podlaskiego	253
Tabela 8.3.4. Zmiany liczby i typów oczyszczalni ścieków w województwie podlaskim w latach 1995-2022	253
Tabela 8.3.5. Gospodarka ściekowa w jednostkach terytorialnych województwa podlaskiego w 2022 r.	254
Tabela 8.3.6. Udział procentowy ludności korzystającej z oczyszczalni ścieków komunalnych z podziałem na miasta i tereny wiejskie w 2022 r.	256
Tabela 8.3.7. Udział procentowy ścieków komunalnych poddawanych oczyszczaniu biologicznemu oraz oczyszczeniu z podwyższonym usuwaniem biogenów na terenach zurbanizowanych i wiejskich województwa podlaskiego w 2022 r.	257
Tabela 8.4.1. Dynamika powierzchni zmeliorowanych użytków rolnych województwa podlaskiego po II wojnie światowej	260
Tabela 8.4.2. Ostatnie opublikowane przez GUS dane (2015) dotyczące melioracji rolnych w województwie podlaskim	261

Tabela 8.4.3. Porównanie długości istniejącej sieci rzecznej w wybranych dorzeczach oraz długości sieci zmienionej wraz z nowo powstałymi rowami melioracyjnymi	264
Tabela 8.4.3. Zakres zmian melioracyjnych w korytach głównych rzek województwa podlaskiego do 2015 r.	266
Tabela 8.5.1. Zabudowa techniczna rzek województwa podlaskiego	267
Tabela 8.5.2. Wykaz rzek województwa podlaskiego o tzw. przepływie swobodnym, bez zapór i progów piętrzących.....	269
Tabela 8.6.1. Zmiany liczby młynów wodnych na rzekach województwa podlaskiego od XVI w. do współczesności	271
Tabela 8.6.2. Wykaz elektrowni wodnych województwa podlaskiego	272
Tabela 8.7.1. Polskie drogi śródlądowe	273
Tabela 9.1.1.1. Charakterystyka średniego rocznego stężenia chlorofilu <i>a</i> w wodach rzek województwa podlaskiego w latach 2011-2021	278
Tabela 9.1.1.2. Wieloletnie zmiany średniego rocznego stężenia chlorofilu <i>a</i> w wodach rzek województwa podlaskiego w latach 1992-2021	279
Tabela 9.1.1.3. Zróżnicowanie struktury fitoplanktonu rzecznoego w trzech strumieniach wysoczyznowych w 2016 r.	279
Tabela 9.1.1.4. Wpływ warunków siedliskowych na strukturę wczesnoletniego fitoplanktonu (czerwiec 2017) w pięciu rzekach województwa podlaskiego	280
Tabela 9.1.1.5. Sezonowe zmiany stężeń chlorofilu <i>a</i> i udziału sinic w wodach rzeki Narew na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego w sezonie wegetacyjnym 2022.....	281
Tabela 9.1.2.1. Częstość występowania jezior województwa w zależności od średniej liczby taksonów fitoplanktonu	282
Tabela 9.1.2.2. Grupy glonów o największej liczbie taksonów rozpoznanych w fitoplanktonie jezior województwa podlaskiego w latach 2017-2021	282
Tabela 9.1.2.3. Stężenie chlorofilu <i>a</i> w warstwie powierzchniowej 105 jezior (harmonijnych) województwa podlaskiego w latach 2015-2022.....	284
Tabela 9.1.2.4. Średnie roczne stężenie chlorofilu <i>a</i> w epilimnionie jezior województwa podlaskiego w drugiej dekadzie XXI w.	285
Tabela 9.1.2.5. Zróżnicowanie struktury letniego fitoplanktonu w epilimnionie jezior o zróżnicowanej trofii	287
Tabela 9.1.2.6. Zróżnicowanie przestrzenne średnich stężeń chlorofilu <i>a</i> w letnim epilimnionie Jeziora Wigry w latach 2015, 2021, 2022 oraz przybliżona struktura głównych grup glonów	287
Tabela 9.2.1.1. Najczęściej występujące makrofity rzeczne województwa podlaskiego, z podziałem na grupy biologiczne i ekologiczne	290
Tabela 9.2.1.2. Charakterystyka ilościowa taksonów makrofitycznych w jednostkach hydrograficznych województwa podlaskiego	292
Tabela 9.2.1.3. Wskaźnik makrofityowy w 150 analizowanych rzekach województwa podlaskiego.....	293

Tabela 9.2.1.4. Wskaźnik makrofitowy głównych rzek województwa podlaskiego	294
Tabela 9.2.2.1. Charakterystyka zbiorowisk makrofitów w jeziorach województwa podlaskiego w latach 2016-2021	295
Tabela 9.2.2.2. Najliczniej występujące zbiorowiska makrofitów w jeziorach harmonijnych województwa podlaskiego	295
Tabela 9.2.2.3. Wskaźnik ESMI analizowanych jezior województwa podlaskiego	298
Tabela 9.3.1.1. Charakterystyka analiz fauny bentosowej w wodach płynących województwa podlaskiego	300
Tabela 9.3.1.2. Systematyczne ujęcie obecnej fauny bentosowej rzek województwa podlaskiego w latach 2016-2022	301
Tabela 9.3.1.3. Częstość występowania taksonów makrobentosu rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2022	302
Tabela 9.3.1.4. Zróżnicowanie taksonomiczne fauny bentosowej największych rzek województwa podlaskiego	303
Tabela 9.3.1.5. Taksony bentosu rzek obecne w województwie podlaskim tylko w wymienionych rzekach podczas monitoringu GIOS w latach 2016-2022	304
Tabela 9.3.1.6. Udział procentowy grup bentosu rzeczno w województwie podlaskim według charakteru doliny	305
Tabela 9.3.1.7. Charakterystyka występowania chrząszczy podczas monitoringu rzek w latach 2016-2022	306
Tabela 9.3.1.8. Udział procentowy taksonów występujących w trzech nizinnych strumieniach o zróżnicowanym zagospodarowaniu	307
Tabela 9.3.2.1. Bezkęgowce bentosowe występujące w jeziorach województwa podlaskiego	308
Tabela 9.3.2.2. Zróżnicowanie fauny bentosowych bezkręgowców największych jezior województwa podlaskiego	309
Tabela 9.3.2.3. Zróżnicowanie struktury liczebności bezkręgowców bentosowych w największych jeziorach województwa podlaskiego w latach 2016-2022	309
Tabela 9.3.2.4. Charakterystyka fauny bentosowej dziewięciu jezior dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego	314
Tabela 9.4.1.1. Liczba gatunków ryb i minogów obecnych w największych rzekach województwa podlaskiego w latach 2016-2022, w tym gatunki najcenniejsze	316
Tabela 9.4.1.2. Klasyfikacja gatunków ryb według cech rozrodczych oraz częstość ich występowania w zależności od rzędowości rzek województwa podlaskiego	316
Tabela 9.4.1.3. Liczba stanowisk, na których stwierdzono obecność inwazyjnych gatunków ryb w potokach i rzekach województwa podlaskiego	319

Tabela 9.4.1.4. Średnie zagęszczenie i biomasa ryb w największych rzekach województwa podlaskiego, według dorzeczy	320
Tabela 9.4.1.5. Średnie zagęszczenie ryb i ich biomasa w typach abiotycznych rzek województwa podlaskiego	321
Tabela 9.4.2.1. Struktura zespołów ryb w jeziorach województwa podlaskiego na podstawie odłowów monitoringowych z lat 2019-2022	322
Tabela 9.4.2.2. Struktura wieloletnich połowów gospodarczych ryb w wybranych jeziorach województwa podlaskiego w latach 2001-2020	326
Tabela 9.4.2.3. Występowanie ryb w jeziorach dystroficznych Wigierskiego Parku Narodowego, według Planu Ochrony 2014	327
Tabela 9.5.1. Przyrodniczy stan rzek województwa podlaskiego w latach 2019-2021 według oceny żyzności wód	330
Tabela 9.5.2. Przyrodniczy stan największych jezior województwa podlaskiego w latach 2019-2021 według oceny żyzności wód	331
Tabela 9.6.1. Ocena zaawansowania eutrofizacji wód rzecznych według dorzeczy województwa podlaskiego w latach 2020-2023	334
Tabela 9.6.2. Najdłuższe rzeki eutroficzne województwa podlaskiego (lata 2020-2023)	334
Tabela 9.6.3. Rzeki województwa podlaskiego o najmniejszej żyzności (nieeutroficzne) w latach 2020-2023	335

Spis map w załącznikach

M1. Ukształtowanie powierzchni województwa podlaskiego	409
M2. Mapa geologiczna utworów powierzchniowych PIG	410
M3. Mapa opadów atmosferycznych w województwie podlaskim; średnie roczne w latach 1991-2020	411
M4. Mapa głównych typów gleb województwa podlaskiego	412
M5. Przybliżony poziom głębokości wód gruntowych w województwie podlaskim według danych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego (IUNG-PIB)	413
M6. Mapa rozmieszczenia najwydajniejszych źródeł województwa podlaskiego	414
M7. Mapa rzędowości rzek województwa podlaskiego	415
M8. Rozmieszczenie urządzeń wodnych w województwie podlaskim	416

