Sprawozdanie z realizacji IV etapu umowy nr 18/2015/F

„Realizacja programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego – nadzór merytoryczny oraz prowadzenie pomiarów w latach 2015-2017”

Dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Zadanie nr 1

Raport z realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Roztocze w 2016 roku

Zwierzyniec
2017

Roztoczański Park Narodowy

Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Roztocze

Raport z realizacji programu badawczo-pomiarowego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w roku 2016

Zespół autorski:

Stacja Bazowa Roztocze

Przemysław Stachyra

Bogusław Radliński

Anna Rawiak

Andrzej Sokołowski

Zbigniew Maciejewski

Małgorzata Smoła

Eksperci ZMŚP

Grażyna Gleń B1

Małgorzata Jóźwiak D1

Krzysztof Szoszkiewicz I1

Szymon Jusik I1

Daniel Gebler I1

Julian Chmiel J2

Zuzanna Woźniewicz P1

Zwierzyniec 2017

…….
Pieczęć jednostki

Zwierzyniec, 15.03.2017.
Miejsce, Data

Oświadczam, że prezentowane w niniejszym raporcie dane są sporządzone zgodnie z wymogami Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego.

……
Pieczęć, podpis Kierownika jednostki administracyjnej

……
Pieczęć, podpis Kierownika Stacji Bazowej ZMŚP

Spis treści

1. Charakterystyka fizycznogeograficzna zlewni badawczej ZMŚP Roztocze 5

2. System pomiarowy, stosowane metody badań terenowych i analityki laboratoryjnej 17

3. Programy pomiarowe ZMŚP w Stacji Bazowej Roztocze w 2016 roku 41

3.1. Meteorologia 41

3.2. Zanieczyszczenie powietrza 54

3.3. Chemizm opadów atmosferycznych 63

3.4. Chemizm opadu podkoronowego 80

3.5. Chemizm spływu po pniach 98

3.6. Metale ciężkie i siarka w porostach 116

3.7. Chemizm roztworów glebowych 122

3.8. Wody podziemne 127

3.9. Chemizm opadu organicznego 146

3.10. Wody powierzchniowe – rzeki 153

3.11. Hydrobiologia rzek – makrofity i ocena hydromorfologiczna koryta rzecznego 162

3.12. Struktura i dynamika szaty roślinnej 180

3.13. Gatunki inwazyjne obcego pochodzenia – rośliny 197

3.14. Uszkodzenia drzew i drzewostanów 221

3.15. Epifity nadrzewne 226

3.16. Zmiany pokrycia terenu i użytkowanie ziemi 228

4. Programy specjalistyczne ZMŚP w Stacji Bazowej Roztocze w 2016 roku 237

5. Ocena stanu środowiska i zagrożenia w zlewni Świerszcza 244

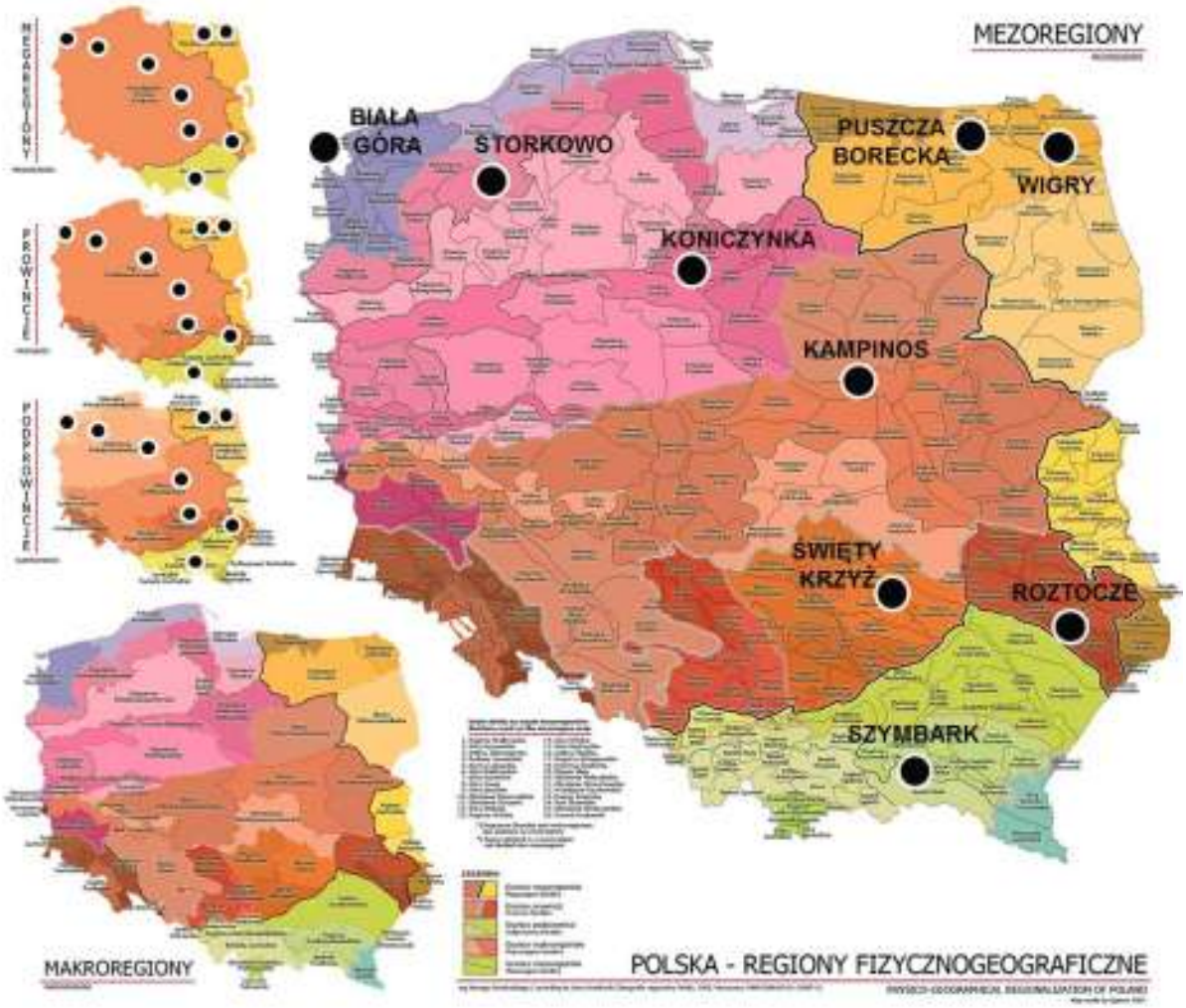
6. Podsumowanie 249

7. Literatura 249

1. CHARAKTERYSTYKA FIZYCZNOGEOGRAFICZNA, PRZYRODNICZA I SPOŁECZNA ZLEWNI BADAWCZEJ ZMŚP ROZTOCZE

Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Roztocze funkcjonuje jako wewnętrzna komórka organizacyjna Roztoczańskiego Parku Narodowego. Zlewnię modelową stanowi zlewnia strumienia Świerszcz a obszar badawczy zdefiniowany został w granicach Roztoczańskiego Parku Narodowego i w jego otulinie. Zlewnia Świerszcza zlokalizowana jest w woj. lubelskim, w powiatach: biłgorajskim (gminy Józefów i Tereszpol) oraz zamojskim (gminy Krasnobród i Zwierzyniec). W kontekście geomorfologicznym, położona jest w obrębie Roztocza Tomaszowskiego, zajmując fragment Padołu Zwierzyńca, Doliny Wieprza, Pagórów Obroczy i Huciska oraz Roztocza Szczebrzeszyńskiego, obejmując fragment Garbu Soch i Pagórów Tereszpola.

W aspekcie fizycznogeograficznym zlewnia położona jest w obrębie Wyżyn Polskich, będąc jedną z dwu stacji reprezentujących tą prowincję. W aspekcie mezoregionów – położona jest na Roztoczu Tomaszowskim i Roztoczu Szczebrzeszyńskim, ryc. 1.1.

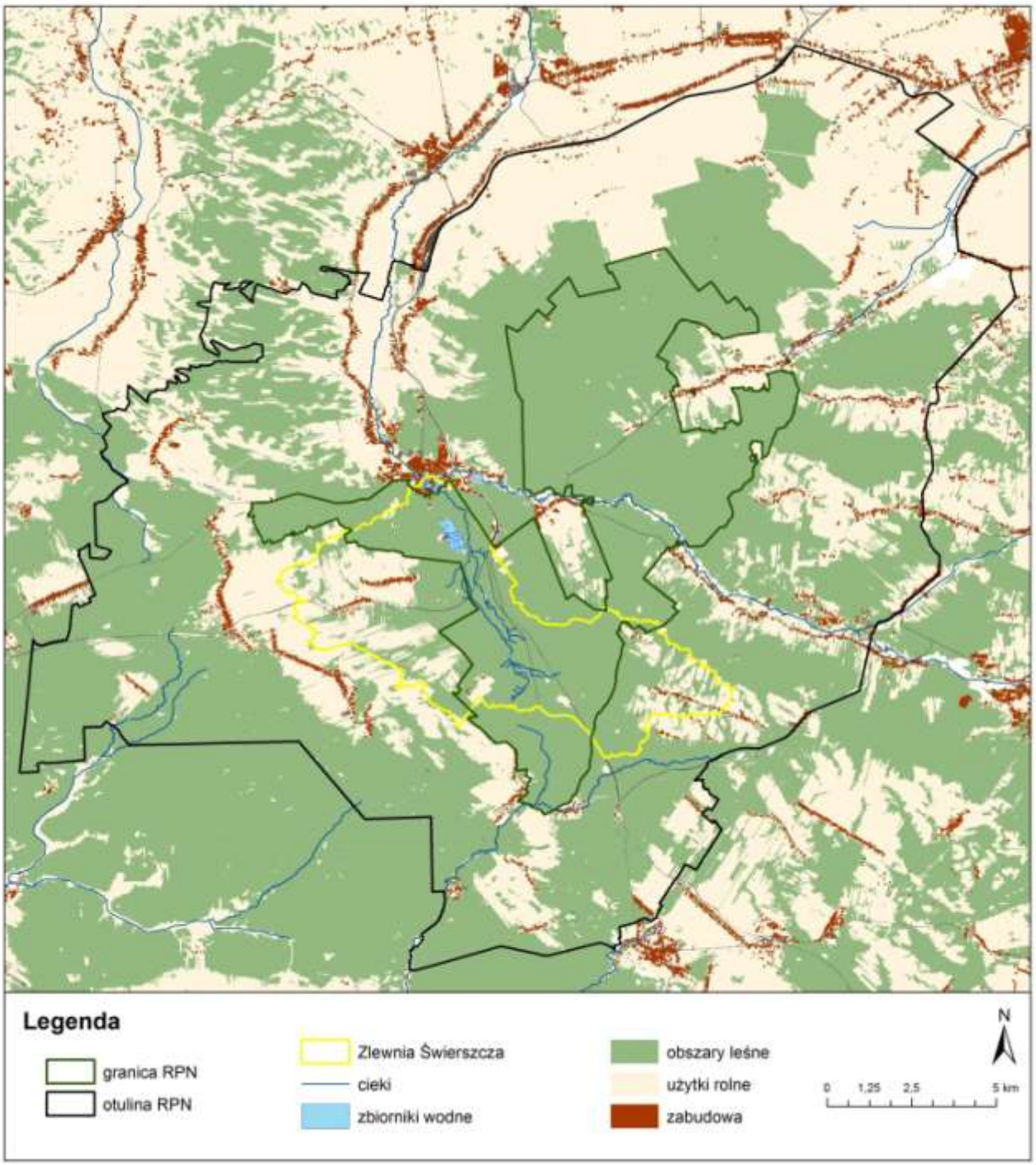


Ryc. 1.1. Lokalizacja Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze na tle podziału regionalnego Polski (Kondracki 2000, zmienione)

Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Roztocze w Roztoczańskim Parku Narodowym, została powołana przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska 8 października 2010 r. – jako dziewiąta Stacja Bazowa w Polsce. Zgodnie z obowiązującymi procedurami, Stacja wykonuje i koordynuje programy badawcze i monitoringowe realizowane przez Park w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska GIOŚ i działań własnych, zgodnie z Rocznymi Zadaniami Ochronnymi zatwierdzanymi przez Ministra Środowiska, projektem Planu Ochrony RPN oraz dokumentami, które są obligatoryjne z racji sprawowania nadzoru przez Dyrektora Parku nad obszarami Natura 2000. W związku z interdyscyplinarnym charakterem prowadzonych badań, w roku 2013 został powołanyzespół koordynatorów regionalnych, który zapewnia opiekę naukową nad realizowanymi w Stacji programami badawczymi, w tym zwłaszcza programem podstawowym ZMŚP. Od roku 2014 nadzór naukowy nad działalnością Stacji sprawuje również powołana przez Ministra Środowiska Rada Naukowa Parku, pełniąca jednocześnie funkcję Rady Programowej Stacji.

Obszar badawczy Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Roztocze zdefiniowany został w granicach Roztoczańskiego Parku Narodowego i w jego otulinie, z podziałem na trzy strefy (ryc. 1.2):

- zlewnia reprezentatywna rzeki Świerszcz o powierzchni około 4651 ha, gdzie prowadzone są kompleksowe pomiary w ramach programu podstawowego ZMŚP, w oparciu o aparaturę i urządzenia badawcze zainstalowane w terenie i w laboratorium,
- zlewnia cząstkowa rzeki Świerszcz o powierzchni 1815 ha (obejmująca ciek główny bez dopływów – do profilu Malowany Most), która wyznaczona została na potrzeby bilansowania w kontekście obiegu materii i przepływu energii z powietrza, opadów i wód powierzchniowych,
- otulina zlewni badawczej, obejmująca Roztoczański Park Narodowy i otulinę Parku (o powierzchni ok. 35000 ha), w której (poza programem ZMŚP) prowadzony jest monitoring specjalistyczny wynikający z zakresu Monitoringu Przyrody GIOŚ (Monitoring Ptaków Polski oraz Monitoring Siedlisk i Gatunków) i ujęty w projekcie planu ochrony RPN.

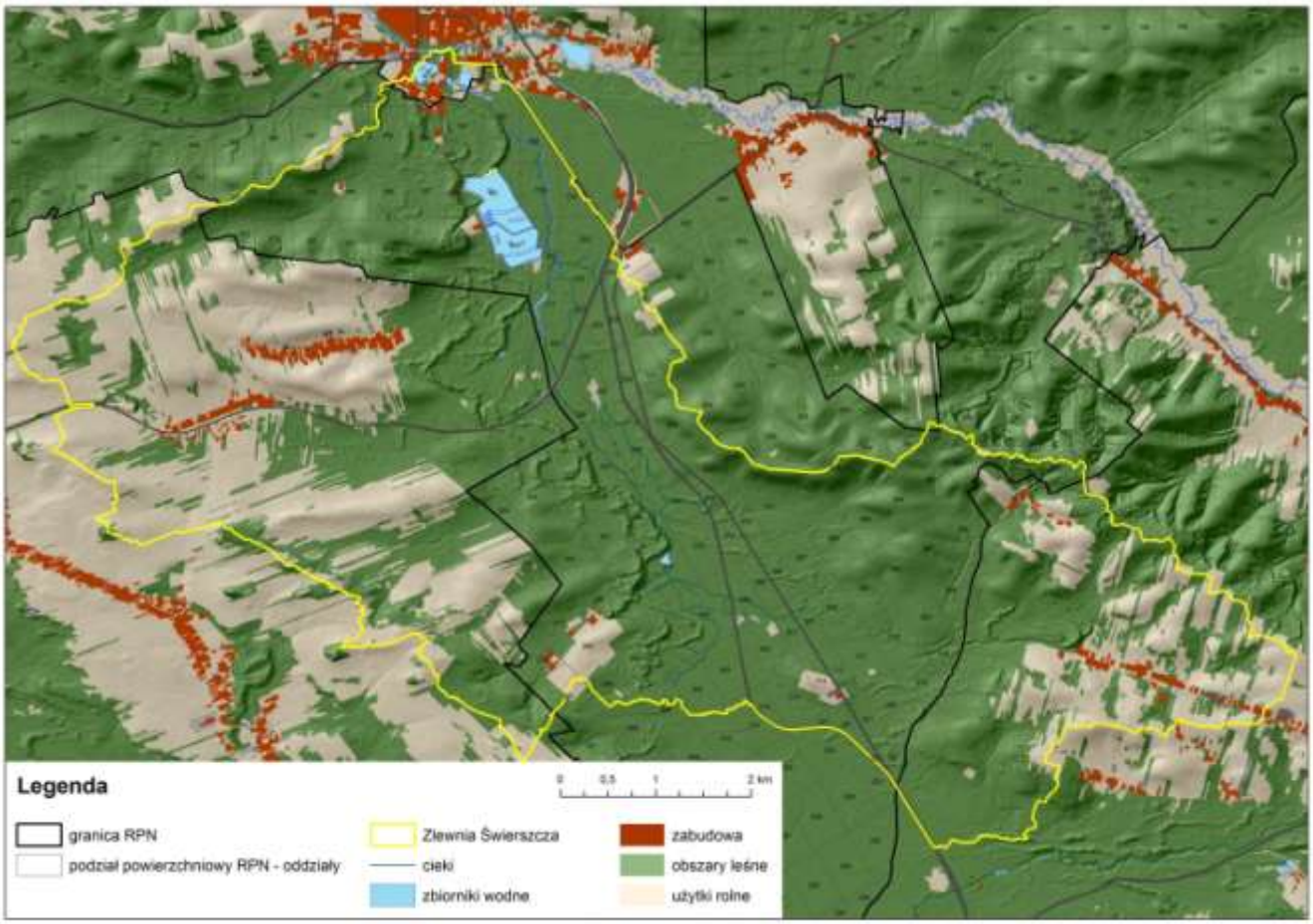


Ryc. 1.2. Obszar badawczy zlewni strumienia Świerszcz wraz z otuliną zlewni badawczej (otuliną RPN)

Strumień Świerszcz jest śródleśnym ciekiem. Swój początek bierze w obszarze borów bagiennych oraz torfowisk wysokich o ombrofilnym charakterze gospodarki wodnej. Obszar torfowisk, z którego wypływa – to wododział Szumu wpadającego do Tanwi i Świerszcza, stanowiącego prawobrzeżny dopływ rzeki Wieprz. Świerszcz, na przeważającej długości biegu ma naturalny charakter i przepływa przez stare drzewostany olchowe, sosnowe i jodłowe. Zasila on 5 kompleksów zbiorników wodnych o sztucznej genezie: Staw Florianiecki, Czarny Staw i Stawy Echo (udostępnianym częściowo do rekreacji) w obszarze RPN a także stawy układu wodno-pałacowego (odtworzone w latach 2010-2013) oraz Staw Kościelny w Zwierzyńcu.

Powierzchnia reprezentatywnej zlewni rzeki Świerszcz liczy około 4651 ha. Charakteryzuje się ona urozmaiconą rzeźbą terenu, mozaiką środowisk oraz słabym zaludnieniem z rozproszoną zabudową. Dominującym typem siedliska w zlewni są lasy (pochodzenia naturalnego oraz ukształtowane antropogenicznie, tworzące mozaikę zespołów roślinnych), które zajmują 2908 ha (62% pow. zlewni). Grunty użytkowane rolniczo (łąki, pastwiska, ugory i fragmenty pól) zajmują 1673 ha, zaś wody powierzchniowe – około 45 ha. W zasięgu zlewni usytuowanych jest 5 miejscowości zajmujących łącznie około 100 ha: Zwierzyniec (część miasta na S od Wieprza), Sochy, Szozdy, Stara Huta, Hucisko (fragment), jeden przysiółek – Lasowe oraz 3 osady leśne RPN: Florianka, Kruglik i Rybakówka.

W aspekcie statusu ochronnego zlewni, około 40% jej powierzchni leży w granicach Roztoczańskiego Parku Narodowego i jednocześnie w obszarze o znaczeniu wspólnotowym sieci Natura 2000 Roztocze Środkowe PLH060017. Pozostała część zawiera się w granicach otuliny RPN. W całości zaś znajduje się w obszarze specjalnej ochrony ptaków Natura 2000 Roztocze PLB060012.



Ryc. 1.3. Pokrycie terenu i użytkowanie ziemi w zlewni ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Zakres działalności Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze – koordynującej monitoring w Roztoczańskim Parku Narodowym – został ujęty w projekcie planu ochrony RPN na lata 2011-2031 i obejmuje następujący zakres ujęty w dwóch blokach tematycznych:

Państwowy Monitoring Środowiska

1. Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego
2. Monitoring Ptaków Polski – program specjalistyczny
3. Monitoring siedlisk i gatunków Natura 2000 – program specjalistyczny

Monitoring przyrodniczy Roztoczańskiego Parku Narodowego

4. Monitoring ekosystemów leśnych
5. Monitoring nieleśnych ekosystemów lądowych
6. Monitoring ekosystemów wodnych
7. Monitoring gatunków roślin, grzybów i ich siedlisk
8. Monitoring gatunków zwierząt i ich siedlisk
9. Monitoring przyrody nieożywionej
10. Monitoring siedlisk i gatunków obszarów Natura 2000 w granicach Parku (Roztocze Środkowe PLH060017 i Roztocze PLB060012)
11. Monitoring walorów krajobrazowych
12. Monitoring wartości kulturowych
13. Monitoring udostępnienia w celach naukowych, edukacyjnych, turystycznych, rekreacyjnych i sportowych

Stacja Roztocze realizuje badania w oparciu o ścisłą współpracę z Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (koordynującym całość programów ZMŚP) oraz Wojewódzkim Inspektoratem Ochrony Środowiska w Lublinie i Uniwersytetem Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie w zakresie realizacji wybranych programów ZMŚP.

Współpracę w zakresie realizacji programów: A1, B1, C1, C2, C3, F1, F2, G2, H1, M1 i P1, Stacja Roztocze wykonuje w oparciu o podpisany list intencyjny z uczelniami województwa lubelskiego oraz dokumenty powołujące koordynatorów regionalnych programu podstawowego ZMŚP. W ramach tej współpracy, pracownicy Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie oraz Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Lublinie uczestniczą w realizacji poszczególnych programów, biorą udział w opracowywaniu danych i raportów oraz są konsultantami Stacji w zakresie wykonywania pomiarów, interpretacji oraz opracowywania wyników.

Roztoczańskie Centrum Naukowo-Edukacyjne RPN, w którym swą siedzibę ma Stacja Roztocze, jest głównym punktem dla organizowanych w Parku i przez Park konferencji, sympozjów, spotkań tematycznych oraz narad związanych z przyrodniczą sferą naukową.

Na stronie internetowej Roztoczańskiego Parku Narodowego zamieszczona jest informacja nt. zakresu działalności Stacji Roztocze oraz wizualizacja przedstawiająca wyniki pomiarów meteorologicznych i jakości powietrza – wykonywanych w ramach ZMŚP.

Opis granic zlewni Świerszcza

Granica zlewni od ujścia Świerszcza do rzeki Wieprz w Zwierzyńcu przebiega w kierunku SE do enklawy Biały Słup, mniej więcej równolegle do szosy Józefów-Zwierzyniec i w płaskim zalesionym terenie terasy nadzalewowej jest mało czytelna. Od enklawy Biały Słup granicę wyznacza wierzchowina masywu wzniesień Nart – od Góry Nart (323,6 m) do Góry Grele (345,4 m) – wzdłuż wąskiego grzbietu poziomu wyższego i niższego, który stromą krawędzią o wysokości 70 m opada ku Padołowi Zwierzyńca. Następnie skręca w kierunku E i przebiega wierzchowiną

wzniesienia Czerkies pomiędzy szczytem (351,2 m), a przysiółkiem Lasowe, by ponownie skręcić w kierunku SE, a następnie, na wysokości Pagórów Huciska, zawrócić w kierunku W, w stronę osady Kruglik, otaczając dolinę wsi Stara Huta. Granicę zlewni tworzą tutaj wyraźnie widoczne wierzchowiny Pagórów Huciska o poziomie wyższym (352,4 m i 348 m) od strony NE oraz wierzchowiny w rejonie wsi Senderki o wysokości 342,5 m opadające w kierunku W do 305,5 m. Stoki wierzchowiny rozcinają krótkie (500-800 m) dolinki nieckowate, uchodzące do równoleżnikowej doliny Starej Huty. Jej dno o szerokości 500 m, zwężające się ku wschodowi, przegradzają wały wydmowe o wysokości do 10 m, a w części zachodniej rozcina dobrze wykształcone koryto wód okresowych (1-2 m), wskazujące na jesienno-wiosenny spływ wód. Okresowy potok zanika u wylotu doliny po północnej stronie wzgórza Kruglik. Między wzgórzem Kruglik (Pagóry Hucisk) a Wysoką Górą (Pagóry Tereszpola) granica zlewni przecina Padół Zwierzyńca – południkowo rozciągnięte obniżenie o szerokości 2 km. W obszarze tym jest ona słabo czytelna, gdyż przebiega przez płaskie tereny podmokłe z licznymi zagłębieniami deflacyjnymi uroczyska Wielkie Bagno oraz pas wydm po jego bokach. Począwszy od Wysokiej Góry (323,1m) granica skręca w kierunku NW i biegnie do Góry Marchwianego (320,6 m) po osi ciągu zewnętrznego Pagórów Tereszpola stanowiących krawędź Roztocza, obejmującego trzeciorzędowe ostańce w kształcie stożków. Silnie rozcięty, stromy stok opada ku Padołowi Zwierzyńca, co wskazuje na rolę drenującą tego obniżenia. Od Góry Marchwianego granica zlewni skręca jeszcze bardziej na N by przez wydłużone wzgórze Hołda dotrzeć do Pagórów Soch, gdzie granica wchodzi ponownie na główny górnokredowy wał Roztocza. Z Pagórów Soch granica skręca w kierunku NE. Wyznacza ją tutaj północna odnoga Kwaśnej Góry – wierzchowiny o wysokości 325 m, tworzącej płaski garb długości około 5 km. Jego zakończeniem jest Piaseczna Góra (298,2 m) opadająca łagodnym stokiem w stronę doliny Wieprza i ujściowego odcinka Świerszcza w Zwierzyńcu.

Budowa geologiczna

Przebieg Roztocza, w obrębie którego położona jest zlewnia Świerszcza, pokrywa się ze strefą Teisseyrea-Tornquista, stanowiącą jedną z najważniejszych granic tektonicznych Europy, oddzielającą starą prekambryjską platformę wschodnioeuropejską od młodych struktur geologicznych Europy Zachodniej (Buraczyński 1997). Skały budujące główny zrąb Roztocza, to skały okresu kredowego (osady węglanowo-ilaste i węglanowo-krzemionkowe), powstałe w ówczesnych morzach (np. obszar Garbu Soch i Pagórów Obroczy). Miąższość powstałych opok, gez i opok marglistych sięga ponad 1000 m. Od końca kredy przez cały trzeciorzęd na obszary Masywu Helacina i Pagórów Hucisk nastąpiły transgresje i regresje morza trzeciorzędowego, którego konsekwencją pozostały silnie zróżnicowane pod względem litologicznym skały: piaski i piaskowce oraz różnego rodzaju wapienie, m.in. rafowe, litotamniowe i zlepy muszlowe spotykane w Pagórach Tereszpola i Pagórach Huciska. W epoce lodowcowej, Roztocze uległo znacznemu przekształceniu. Zmieniający się klimat w okresach glacjalnych i interglacjalnych, warunkował natężenie procesów denudacyjnych i sedymentacyjnych. W rezultacie nastąpiło złagodzenie rzeźby i zmniejszenie deniwelacji terenu. Naturalne procesy denudacyjne zostały zintensyfikowane w wyniku karczowania lasów i użytkowania rolniczego coraz to większych obszarów.

Rzeźba terenu i geomorfologia

Powierzchnię zlewni Świerszcza można podzielić na trzy zasadnicze części. Część zachodnią – obejmującą szereg suchych dolin odprowadzających wodę z Pagórów Tereszpola i Garbu Soch, część centralną – Padół Zwierzyńca oraz część wschodnią, która obejmuje Pagór Obroczy i Pagór Huciska.

Część centralną stanowi Padół Zwierzyńca, który w Zwierzyńcu łączy się z Doliną Wieprza. Padół Zwierzyńca obejmuje południkowe obniżenie od Józefowa po Zwierzyniec. Głęboki rów doliny Pra-Wieprza wypełnia 50-metrowa seria utworów czwartorzędowych. W południowej części, szerokości do 4 km, charakterystyczną cechą dna są płaskie szerokie obniżenia deflacyjne, zabagnione i wypełnione pokładami torfu o niewielkiej miąższości. Dalszy odcinek w kierunku Zwierzyńca ma szerokość około 2 km. Misy deflacyjne są tutaj mniejsze, a pokłady torfu występują sporadycznie. Wzdłuż zachodniego zbocza Padołu uformował się pas wydm. Po stronie zawietrznej rozwinęły się duże kompleksy wydmowe o wysokości 5-10 m, natomiast po wschodniej stronie doliny występują pojedyncze, małe wydmy wysokości 1-2 m.

Część wschodnią stanową różniące się od siebie charakterem rzeźby, Pagóry Obroczy i Pagóry Huciska. Strome i krótkie stoki zwietrzelinowo-gruzowe, o wysokości do 70 m, zachodniej i południowej krawędzi Pagórów Obroczy, wypiaszczone u podstawy, opadają bezpośrednio ku Padołowi Zwierzyńca. Wzgórze Grele porozcinane jest krótkimi dolinkami denudacyjnymi uchodzącymi do północnej odnogi rozległej suchej doliny (gdzie zlokalizowany jest przysiółek Lasowe). Dolina ta rozdziela Pagóry Obroczy od Pagórów Huciska. Jej dno wyścielone piaskami o miąższości do 10 m, rozcina dobrze wykształcone koryto wód okresowych. Od północy dolinę tą ogranicza wzniesienie Czerkies (351,2 m), na którego kulminacji występują małe wydmy podłużne (do 5 m wysokości). Wschodnia odnoga doliny (we wsi Stara Huta) odprowadza wody spływające systemem dolin denudacyjnych ze zboczy Pagórów Hucisk. Wierzchowiny wzgórz tej części zlewni zbudowane są z górnokredowych gez, a tylko w jednym przypadku występuje „czapa" utworów mioceńskich (południowe wzgórze wsi Senderki). Stoki są tutaj łagodniejsze, pokryte zwietrzeliną piaszczysto-pylastą. Dno doliny szerokości 500-800 m wypełnia kilkunastometrowa warstwa piasków deluwialnych i eolicznych z systemem wydm wysokości do 5 m. Rozbudowany ciąg dolinowy uchodzi do Padołu Zwierzyńca po północnej stronie wzniesienia w osadzie Kruglik (kredowego ostańca silnie zerodowanego przez wody ostatniego zlodowacenia).

Część zachodnią stanową różniące się od siebie charakterem rzeźby Garby Soch i Pagóry Tereszpola. W części wschodniej Garbów Soch zbudowanych z gez okresu kredowego, wcinają się głęboko trzy dobrze rozwinięte suche doliny, których dna wysłane są osadami piaszczystymi o miąższości 5-10 m. Stoki zwietrzelinowo-gruzowe w części dolnej, pokryte piaskiem, rozcinają krótkie dolinki denudacyjne (0,5-1 km). Pagóry Tereszpola obejmują południową strefę krawędziową Roztocza, ciągnącą się od Tereszpola po Górecko Stare. Wyróżniają się one odmiennym charakterem rzeźby. Powstały wskutek zróżnicowanej przestrzennie denudacji, uwarunkowanej głównie zmiennością litologiczną „czapy" wapieni mioceńskich (litotamniowych, detrytycznych i rafowych) oraz spękań tektonicznych wzdłuż linii uskoków. Ku północnemu-wschodowi wzgórza opadają krótkimi, stromymi zboczami w części wschodniej bezpośrednio do Padołu Zwierzyńca. W części zachodniej, między wierzchowinami zbudowanymi z gez górnokredowych, uformowały się krótkie suche doliny i sieć dolinek denudacyjnych rozcinających piaszczysto-pylaste stoki. Utwory eoliczne w postaci wydm w zachodniej części zlewni, występują nielicznie zarówno w dnach suchych dolin, na stokach jak i na wierzchowinach wzgórz.

Gleby zlewni Świerszcza

Najpowszechniejszymi utworami w zlewni Świerszcza są plejstoceńskie i holoceńskie piaski rzeczne. Na nich kształtowały się gleby: bielicowe, bielice, gleby rdzawe, płowe i brunatne kwaśne. Istnieją one w różnym położeniu morfologicznym – od den dolin, przez zbocza, do wierzchowin. Wierzchowiny, najczęściej zbudowane z gez, pokrywają gleby brunatne. Zwietrzelina gez stanowi skałę macierzystą dla gleb brunatnych typowych i wyługowanych oraz gleb płowych. W obrębie Padołu Zwierzyńca, w obszarze wododziału Świerszcza i Szumu, jeszcze przed półwieczem powszechne były procesy torfotwórcze, które w wyniku procesów melioracyjnych uległy ograniczeniu. Dawne gleby torfowe po obniżeniu zwierciadła wody gruntowej powszechnie przechodzą w gleby murszowe.

Wody w zlewni Świerszcza

Świerszcz rozpoczyna swój bieg na wysokości 250 m n.p.m. na skraju Wielkiego Bagna w południowej części zlewni. Najwyższy fragment cieku nosi nazwę Pijawnik. W górnym odcinku Świerszcz nie ma wykształconej doliny, przypominając rów przecinający płaskie tereny podmokłe z licznymi zagłębieniami, które sąsiadują z wydmami. Od zachodu występują liczne wały wydmowe, do których kształtu i kierunku dopasowuje się strumień na znacznej długości. W dnie doliny również występują niewielkie wydmy.

W pierwszej połowie XX w., Świerszcz w górnym odcinku był krótszy o 1,5 km i zaczynał się z Szerokiego Bagna, a cały obszar rozciągający się aż do Szumu, był silnie podmokły i pozbawiony cieków powierzchniowych. Strumień uległ wydłużeniu wskutek prac melioracyjnych prowadzonych w latach 1960. i 1970. Na wschód od Florianki, istnieje niewielki zbiornik powstały wskutek przetamowania Świerszcza – Staw Florianiecki (1 ha). Poniżej tego zbiornika – na odcinku ponad 2 km (do Malowanego Mostu) strumień zasilany jest przez kilkanaście słabych źródeł przykorytowych oraz okresowy ciek biorący swój początek w rejonie Szozdów. Równolegle do doliny Świerszcza (od wschodu) ciągnie sięstrefa podmokłych obniżeń z okresowym ciekiem (uchodzącym do Świerszcza poniżej Czarnego Stawu), skąd następuje okresowy odpływ wód do tej rzeki. Na 6,1 km biegu rzeki, w odległości 1 km poniżej Malowanego Mostu, na wysokości 233,5 m n.p.m. znajduje się dwuprzepustowy jaz betonowy o wysokości 2,5 m, piętrzący wody Świerszcza na potrzeby Stawów Echo (około 40 ha). Część wód za pośrednictwem dwóch kanałów kierowana jest na zachód do stawów, reszta głównym korytem płynie do rzeki Wieprz. Jaz przyczynił się do utworzenia śródleśnego zbiornika zwanego Czarnym Stawem (0,4 ha). Do niego wpływa od SW okresowy ciek z Płowego Jeziora (naturalnego zbiornika eutroficznego o powierzchni ponad 1 ha).

Poniżej Czarnego Stawu Świerszcz zachowuje swój naturalny, kręty bieg aż do ujścia do rzeki Wieprz. Kilkaset metrów przed ujściem, Świerszcz dzieli się na dwa ramiona. Południowo-zachodnie płynie kanałem i napełnia przepływowy zbiornik zwany Stawem Kościelnym (3,7 ha). Na odpływie ze stawu znajduje się dawny młyn wodny, poniżej którego odnoga Świerszcza uregulowanym korytem wpływa w Parku Środowiskowym do Wieprza. Północno-wschodnie ramię Świerszcza natomiast, napełnia stawy i oś wodną odtworzonego układu wodno-pałacowego. Poniżej tego układu ciek zachował naturalny, kręty bieg wartkiego strumienia o piaszczystym dnie, płynącym przez fragment starego zbiorowiska grądowego.

Współczesny Świerszcz ma długość 9,8 km, z tego 9 km w granicach RPN. Do Wieprza uchodzi w Zwierzyńcu już poza obrębem Parku na wysokości 220,2 m n.p.m. Spadek rzeki wynosi nieco ponad 3 ‰.

Przyroda ożywiona obszaru badawczego zlewni

Lasy są najważniejszą strukturą przyrody ożywionej, będąc zarazem fundamentem różnorodności biologicznej obszaru badawczego zlewni. Ponad połowa powierzchni cechuje się wysokim stopniem naturalności. Do najcenniejszych i zarazem najbogatszych – pod względem florystycznym i faunistycznym – należą: buczyna karpacka, wyżynny jodłowy bór mieszany, grąd subkontynentalny oraz kontynentalne torfowisko wysokie.

Grzyby i śluzowce liczą ponad 1000 gatunków. Większość związana jest z butwiejącym drewnem i charakteryzuje się mikroskopijnymi rozmiarami. Spośród grzybów wielkoowocnikowych warto wymienić kilka rzadkich gatunków: szyszkowiec łuskowaty, soplówka jodłowa i gałęzista, flagowiec olbrzymi, szmaciak gałęzisty, pałeczka frędzelkowata, podgrzybek pasożytniczy, 4 gatunki smardzów oraz gwiazdosze. Grzyby zlichenizowane (porosty) liczące ponad 240 gat. reprezentują m.in. okazałe brodaczki orazwłostka, a także szereg gatunków o listkowatych plechach, w tym ginący granicznik płucnik (Mułenko i in.2015).

Świat roślin liczy ponad 1100 gatunków, wśród których rośliny naczyniowe stanowią ok. 950 gat., mszaki – ok. 200 gat. i glony – ok. 50 gat. Wśród roślin naczyniowych występują taksony reprezentujące siedem elementów geograficznych, m.in. typowe gatunki środkowoeuropejskie (żywiec cebulkowy i kokorycz pusta), gatunki borealne (gruszyczka zielonawa, mącznica lekarska, pomocnik baldaszkowy i zimoziół północny), w tym także torfowiskowe (turzyca bagienna, przygiełka biała, bagnica torfowa oraz wszystkie gatunki rosiczek). Najważniejszymi jednak i najbardziej charakterystycznymi elementami flory Parku są rośliny górskie, a wśród nich: żywiec gruczołowaty, tojad dzióbaty, czosnek niedźwiedzi, ciemiężyca zielona, podrzeń żebrowiec, paprotnica sudecka i paprotnik Brauna. Z innych gatunków roślin na uwagę zasługują rośliny stepowe (wiśnia karłowata, dzwonek syberyjski, powojnik prosty) oraz śródziemnomorskie (ożanka właściwa, ośmiał mniejszy). Spośród gatunków objętych ochroną oraz rzadkich występują m.in.: buławnik czerwony, obuwik pospolity, naparstnica zwyczajna, orlik pospolity, rojownik pospolity, gnieźnik leśny, buławnik mieczolistny, kruszczyk błotny, kruszczyk rdzawoczerwony, cibora żółta, cibora brunatna, turzyca ciborowata, mieczyk dachówkowaty i pierwiosnka wyniosła. Drugą dość dobrze poznaną grupą roślin są mszaki, wśród których występuje kilka gatunków rzadkich, typowych dla obszarów torfowiskowych. Do ciekawszych zaliczyć można mszaki reprezentujące elementy górskie: mechera kędzierzawa, żurawiec Haussknechta, bartramia owocokształtna, bezlist zielony i bezlistny, skrzydlik drobny, sierpowiec błyszczący a także rzadkie wątrobowce – biczyca trójwrębna i przyziemka Müllera (Lorens i in. 2015).

Fauna obszaru badawczego zlewni liczy ponad 3630 gatunków – co naprzeciw około 5700gatunkom zanotowanym w makroregionie Roztocza, jest liczbą znaczącą.

Bezkręgowce Parku liczą około 3300 gatunków, plasując ten obszar jakoważne w skali regionu i kraju refugium,w szczególności: świdrzyka zwodniczegoi ślimaka żółtawego, pijawki lekarskiej, zagłębka bruzdkowanego, zgniotka szkarłatnego, pachnicy dębowej, wynurta, zalotki większej, miedziopiersi północnej, trzepli zielonej, pasyna lucylla, dostojki eunomii, ksylomki strix a także modliszki zwyczajnej.

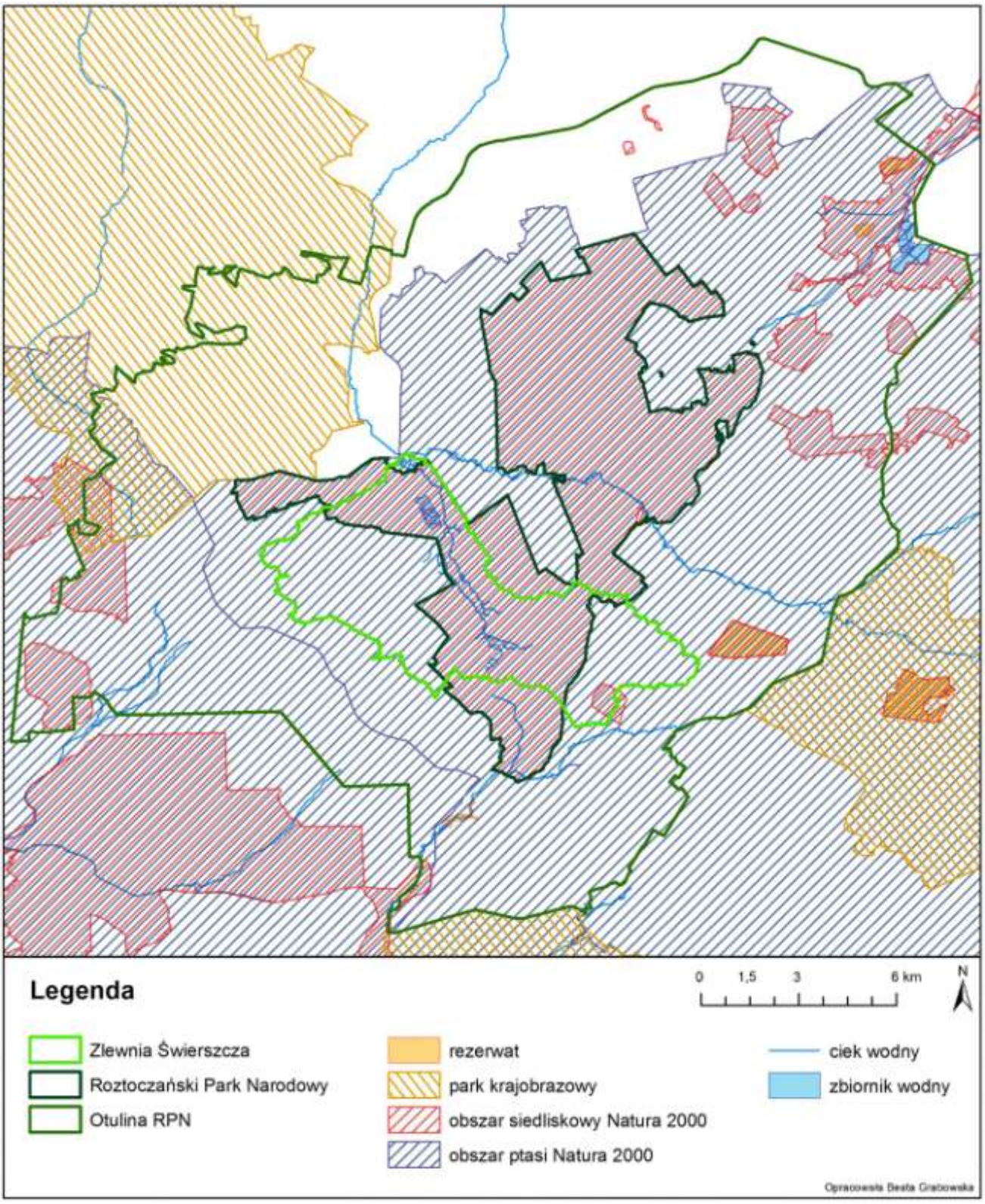
Kręgowce są znacznie lepiej reprezentowane na tle fauny krajowej. Stwierdzono dotąd 336 gatunków co stanowi 46% jej zasobów. W podziale na poszczególne gromady, liczba gatunków i udział procentowy przedstawia się następująco: kręgowce bezszszczękowe 1 gat., promieniopłetwe31 gat., płazy 15 gat., gady 9 gat., ptaki 230 gat. i ssaki 60 gat. Osobliwościami wśród kręgowców, dla których omawiany obszar jest ważną w skali kraju i regionu ostoją, są przede

wszystkim: minóg ukraiński, głowacz białopłetwy, traszka grzebieniasta, żaba zwinka, gniewosz plamisty, żółw błotny, bocian czarny, trzmielojad, orlik krzykliwy, puszczyk uralski, sóweczka, siniak, dzięcioł zielonosiwy, dzięcioł białogrzbiety, zniczek, muchołówka mała, muchołówka białoszyja, mopek, nocek duży, nocek Bechsteina, nocek Alkatoe, popielica, koszatka, ryś i Wilk (Stachyra i in. 2015).

Zlewnia Świerszcza w sieci Natura 2000

Zlewnia Świerszcza położona jest w dwóch obszarach Natura 2000: Roztocze Środkowe PLH060017 i Roztocze PLB060012, przy czym pierwszy z nich pokrywa około 50% powierzchni zlewni a drugi zlewnię obejmuje w całości. Z kolei w obszarze badawczym zlewni Świerszcz istnieje 11 obszarów Natura 2000 (Ryc. 1.9.): Debry PLH060003, Sztolnie w Senderkach PLH060020, Uroczyska Puszczy Solskiej PLH060034, Uroczyska Lasów Adamowskich PLH060094, Kąty PLH060010, Niedzieliska PLH060044, Niedzieliski Las PLH060092, Hubale PLH060008, Doliny Łabuńki i Topornicy PLH060067, Puszcza Solska PLB060008. W obszarze Parku nadzór nad obszarami Natura 2000 sprawuje Dyrektor zaś poza jego granicami – dyrektor RDOŚ.

W obszarze badawczym zlewni Świerszcza stwierdzono dotychczas: 11 siedlisk przyrodniczych z Zał. I Dyrektywy Siedliskowej, 4 gatunki roślin z Zał. II Dyrektywy Siedliskowej, 29-31 gatunków zwierząt z Zał. II Dyrektywy Siedliskowej (29 występujących aktualnie i 2 wymagające potwierdzenia występowania) oraz 59 gatunków ptaków z Zał. I Dyrektywy Ptasiej(Lorens i in. 2015).



Ryc. 1.9. Obszar zlewni reprezentatywnej na tle sieci Natura 2000.

Korytarze ekologiczne w obszarze badawczym zlewni Świerszcza

Roztoczański Park Narodowy skupia w swoim obszarze i bezpośrednim sąsiedztwie cztery podstawowe rodzaje korytarzy ekologicznych: leśne, nieleśne lądowe (kserotermy, agrocenozy), mokradłowe (rzeczne, dolinowe, torfowiskowe), powietrzne (migracji ptaków i nietoperzy) oraz dwa

typy korytarzy lokalnych – zlokalizowanych w obszarze Parku, powiązanych z obszarami znajdującymi się w jego bezpośrednim sąsiedztwie: migracji herpetofauny (wzdłuż i w poprzek szlaków komunikacyjnych biegnących przez RPN) i migracji dużych i średnich ssaków (w poprzek szlaków komunikacyjnych biegnących przez RPN).

Uwarunkowania społeczne i gospodarcze zlewni Świerszcza

Teren zlewni położony jest w obrębie czterech gmin: Zwierzyniec, Krasnobród Józefów i Tereszpol, obejmujących 6 miejscowości: Zwierzyniec (fragment o pow. 200 ha), Sochy (620 ha), Szozdy (260 ha), Hucisko (400 ha), Stara Huta i Lasowe (1000 ha). Zlewnię zamieszkuje ok. 1300 osób w 6 wsiach i przysiółku: Zwierzyniec (ok. 350), Sochy (ok. 390), Szozdy (ok. 260), Hucisko (ok. 160), Stara Huta i Lasowe (ok. 180), Florianka (6). Wszystkie wsie, z wyjątkiem przysiółka Lasowe, posiadają wodociągi, których łączna długość w zlewni wynosi ok. 21 km. W obszarze badawczym znajduje się 6 studni głębinowych oraz nieoszacowana liczba studni przydomowych. Sieć kanalizacyjną posiada jedynie Zwierzyniec. Osada leśna we Floriance wyposażona jest w przydomowe oczyszczalnie ścieków. W pozostałych wsiach oczyszczalnie takie występują sporadycznie. Najczęstszym zbiornikiem depozycji ścieków są bezodpływowe szamba. W zlewni zgazyfikowane są jedynie Zwierzyniec i Stara Huta. Najpopularniejszym opałem jest drewno, w mniejszym stopniu węgiel i gaz ziemny.

Zlewnię, w kierunku południowo-zachodnim, na odcinku od Białego Słupa do wsi Sochy, przecina Linia Hutnicza Szerokotorowa, w kierunku południowym linia kolejowa relacji Zamość-Bełżec. Z północy na południe, dawnym traktem Zwierzyniec-Józefów, poprowadzona jest przez teren RPN droga powiatowa łącząca drogi wojewódzkie nr 858 i nr 849. Poszczególne wsie połączone są drogami powiatowymi i gminnymi oraz wyłączonymi, w większości z ruchu kołowego, duktami leśnymi RPN.

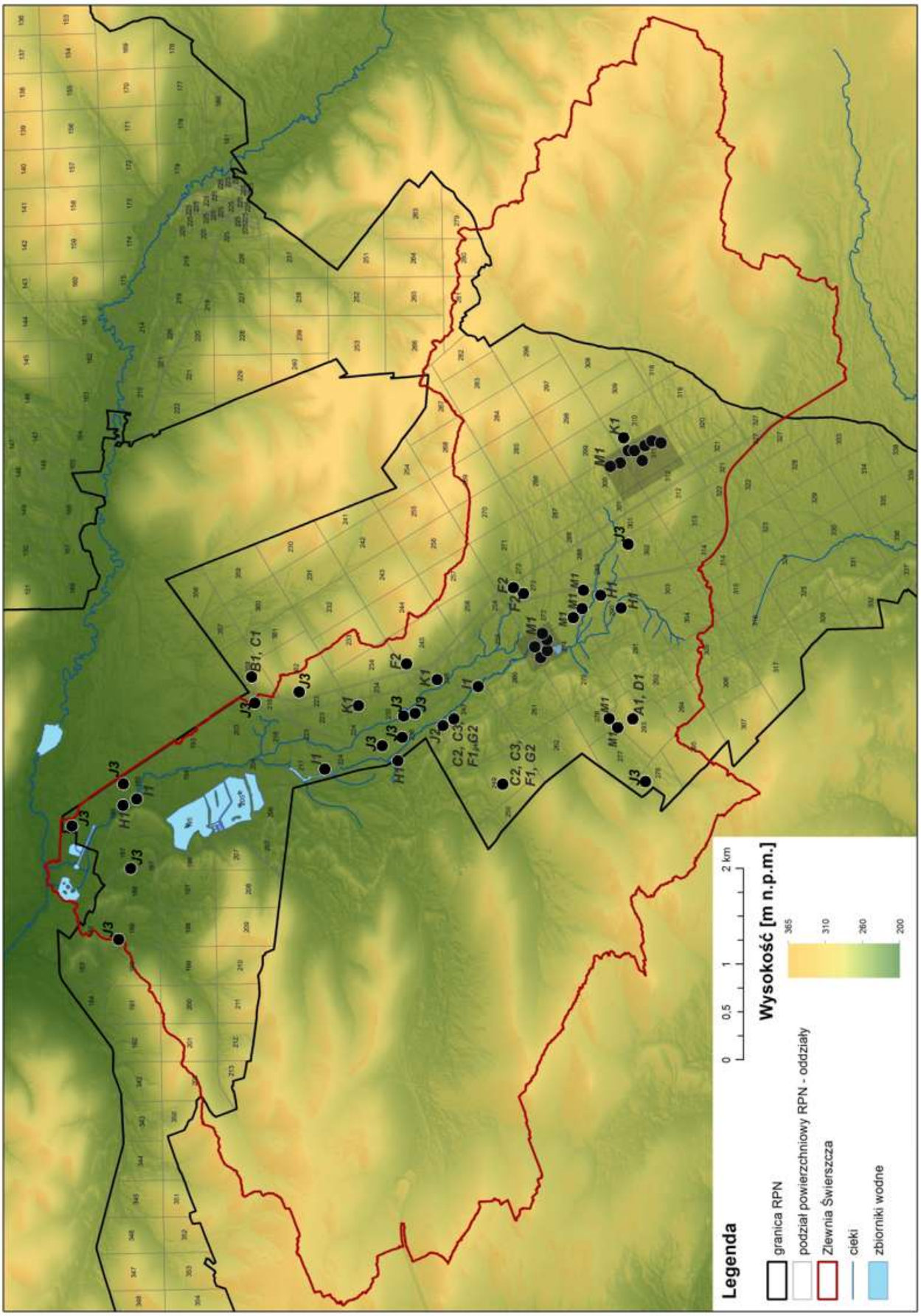
Zlewnia Świerszcza w jej środkowej części pokryta jest lasami w zarządzie Roztoczańskiego Parku Narodowego i Lasów Państwowych. Od wschodu i zachodu przylegają niewielkie fragmenty lasów własności prywatnej. Część wschodnia i zachodnia zlewni to grunty użytkowane rolniczo. Na terenie tym nie wykonano komasacji, przez co utrzymał się tradycyjny rozłogowy charakter pól tworzący malownicze pasma.

2. SYSTEM POMIAROWY, STOSOWANE METODY BADAŃ TERENOWYCH I ANALITYKI LABORATORYJNEJ

Program pomiarowy ZMŚP realizowany w roku hydrologicznym 2015-2016 w Stacji Bazowej Roztocze (zlewnia Świerszcza) przedstawiono w tabeli 2.1. Rozmieszczenie powierzchni i punktów badawczych przedstawiono na ryc. 2.1.

Tab. 2.1. Stanowiska badawczo-pomiarowe ZMŚP w zlewni ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Program pomiarowy	Kod programu	Kod stanowiska	Typ urządzenia pomiarowego, uwagi
A1 – meteorologia	A1	001	posterunek meteorologiczny, stacja automatyczna
B1 - chemizm powietrza	B1	002	stacja automatyczna
C1 - chemizm opadów atmosferycznych	C1	003	kolektor opadu całkowitego
	C1	053	kolektor opadu mokrego
C2 - chemizm opadu podkoronowego (Bk)	C2	004	powierzchnia badawcza, kolektory opadu
C2 - chemizm opadu podkoronowego (Jd)	C2	005	
C3 - chemizm spływu po pniach (Bk)	C3	006	powierzchnia badawcza, chwytacze spływu
C3 - chemizm spływu po pniach (Jd)	C3	007	
D1 – metale ciężkie i siarka w porostach	D1	054	ekspozycja porostów w obszarze posterunku meteorologicznego
F1 - chemizm roztworów glebowych (Bk)	F1	024	powierzchnia badawcza, lizymetr glebowy
F1 - chemizm roztworów glebowych (Jd)	F1	025	
F2 - wody podziemne - poziom kredowy	F2	026	studnia głębinowa, piezometr
F2 - wody podziemne - poziom czwartorzędowy (piach)	F2	027	
F2 - wody podziemne - poziom czwartorzędowy (torfowisko)	F2	028	
G2 - chemizm opadu organicznego (Bk)	G2	029	powierzchnia badawcza, kolektory opadu
G2 - chemizm opadu organicznego (Jd)	G2	030	
H1 - wody powierzchniowe - rzeki (ostoja)	H1	031	strumień Świerszcz, posterunek hydrometryczny, limnigraf
H1 - wody powierzchniowe - rzeki (Malowany Most)	H1	032	strumień Świerszcz, posterunek hydrometryczny, stacja automatyczna
H1 - wody powierzchniowe - rzeki (Wygoda I)	H1	033	strumień Świerszcz, posterunek hydrometryczny, diver
H1 - wody powierzchniowe - rzeki (Wygoda II)	H1	034	
I1 - Hydrobiologia rzek – makrofity i ocena hydromorfologiczna koryta rzecznego	I1	073-075	realizacja przez Eksperta ZMŚP
J2 - struktura i dynamika szaty roślinnej (powierzchnie stałe) - Jd	J2	076-079	powierzchnia badawcza
J3 - Gatunki inwazyjne obcego pochodzenia – rośliny	J3	080-091	powierzchnie badawcze
K1 - uszkodzenia drzew i drzewostanów – Bk	K1	037	powierzchnia badawcza
K1 - uszkodzenia drzew i drzewostanów – Jd	K1	035	
K1 - uszkodzenia drzew i drzewostanów – Ol	K1	036	
M1 - epifity nadrzewne – porosty	M1	055-072	powierzchnie badawcze, monitoring porostów



Ryc. 2.1. Rozmieszczenie powierzchni i punktów badawczych w zlewni Świerszcza w 2016 roku

Program pomiarowy METEOROLOGIA – A1

Posterunek meteorologiczny położony w śródleśnej enklawie osady Florianka, na wysokości 277 m n.p.m. Leży w obrębie polany śródleśnej (o pow. 26 ha), zajętej przez pastwiska. Pomiary są prowadzone od roku 2011. Uzupełnieniem pomiarów klimatologicznych, jest posterunek w Zwierzyńcu, przy Ośrodku Edukacyjno-Muzealnym (w pobliżu ujścia Świerszcza), w którym od roku 1998 prowadzi się pomiary: temperatury, wilgotności i opadów atmosferycznych.
Wyniki pomiarów są na bieżąco wizualizowane na stronie internetowej Parku.

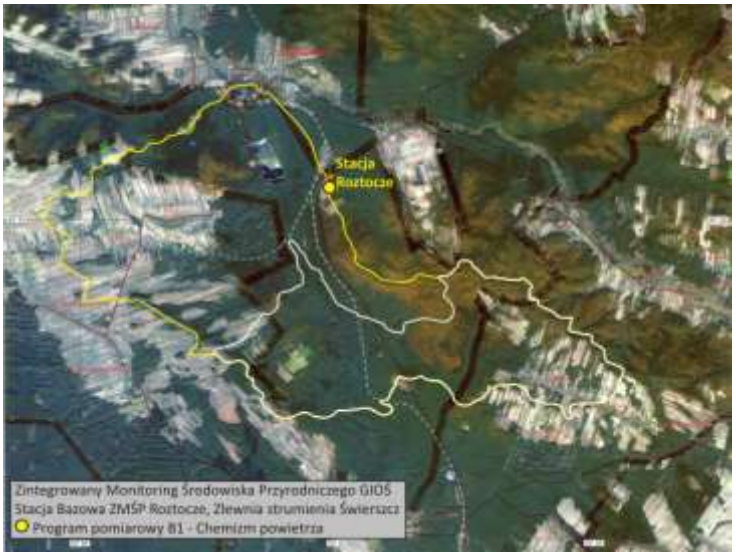
Tab. 2.2. Metodyka pomiarów meteorologicznych w Stacji ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Parametr	Częstość pomiaru	Przyrząd pomiarowy
ciśnienie atmosferyczne	rejestracja ciągła	
temperatura powietrza na 2 m	rejestracja ciągła	stacja meteorologiczna Vaisala MAWS310
minimalna temperatura powietrza na 2 m	rejestracja ciągła	
maksymalna temperatura powietrza na 2 m	rejestracja ciągła	
temperatura minimalna powietrza przy powierzchni gruntu (na 5 cm nad gruntem)	brak pomiaru	
temperatura gruntu na głębokościach 5, 20 i 50 cm	brak pomiaru	
wilgotność względna powietrza na 2 m	rejestracja ciągła	
wysokość opadów na 1 m	raz na dobę	deszczomierz Hellmanna, stacja meteorologiczna Vaisala MAWS310
prędkość wiatru na 10 m	rejestracja ciągła	stacja meteorologiczna Vaisala MAWS310
kierunek wiatru na 10 m	rejestracja ciągła	
grubość pokrywy śnieżnej	raz na dobę	Śniegowskaz (łata)
usłonecznienie	rejestracja ciągła	stacja meteorologiczna Vaisala MAWS310
natężenie promieniowania całkowitego – suma dobowa	rejestracja ciągła	

Ryc. 2.2. Powierzchnia badawcza programu A1 oraz stacja meteorologiczna w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze.

Program pomiarowy CHEMIZM POWIETRZA – B1

Chemizm powietrza realizowany jest w obszarze obecnej Stacji od 2005 roku przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Lublinie. W roku 2011 zainstalowano stację monitoringu powietrza przy siedzibie Stacji Roztocze, w śródleśnej enklawie zajętej w ponad 60% przez pastwiska. Pozostały obszar enklawy stanowią tereny zurbanizowane oraz infrastruktura kolejowa i drogowa. Automatyczna stacja zanieczyszczeń powietrza wyposażona jest w analizatory: SO_2 (Thermo Scientific 43i), NO (Thermo Scientific 42i), NO_2 (Thermo Scientific 42i), NO_x (Thermo Scientific 42i) i stężeń O_3 (ozonu atmosferycznego) (Thermo Scientific 49i) oraz panel meteorologiczny dokonujący pomiarów temperatury oraz prędkości i kierunku wiatru. Stacja prowadzi ciągłe pomiary, przekazując dane bezpośrednio do WIOŚ w Lublinie. Stacja monitoringu znajduje się w systemie monitoringu jakości powietrza województwa lubelskiego. Równocześnie Stacja Roztocze prowadzi pomiary zanieczyszczenia powietrza metodą pasywną od maja 2015.



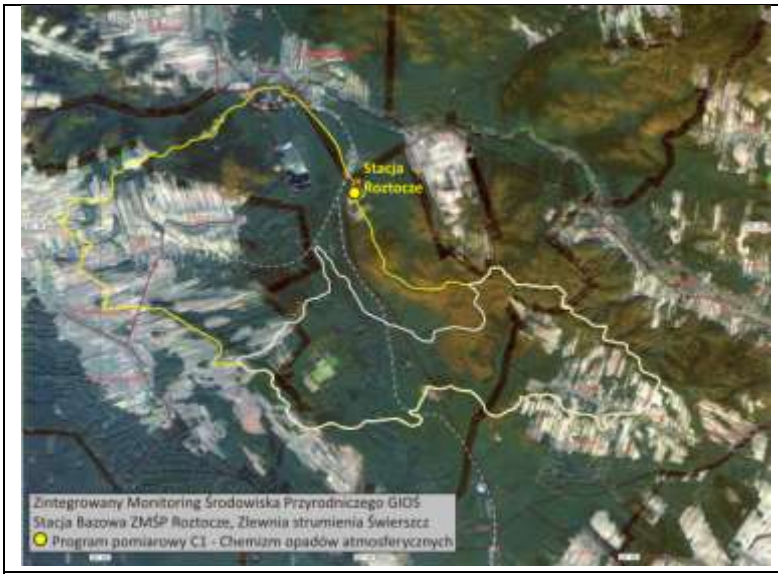
Ryc. 2.3. Punkt pomiarowy programu B1 (metoda automatyczna i pasywna).

Program pomiarowy CHEMIZM OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH – C1

Program jest realizowany od listopada 2011 roku. Chemizm opadów atmosferycznych określany jest w próbkach pobieranych przez kolektor opadu mokrego Eigenbrodt, który zainstalowany jest przy automatycznej stacji zanieczyszczeń powietrza w enklawie Biały Słup. Próbki opadu w okresie pomiarów zlewane są raz w tygodniu (po pomiarze przewodności elektrolitycznej i pH) do pojemnika przechowywanego w chłodziarce laboratoryjnej (temperatura 4^{o}C).

Próby codziennych opadów atmosferycznych, pobierane ze standardowego kolektora (opad całkowity), umieszczonego przy Stacji (po pomiarze przewodności elektrolitycznej i pH) zlewane były do pojemnika przechowywanego w chłodziarce laboratoryjnej (temperatura 4^{o}C).

Sumaryczne próbki miesięczne z obu kolektorów poddano badaniom właściwości fizykochemicznych w laboratorium Stacji Roztocze. W próbkach określono stężenia podstawowych kationów i anionów.

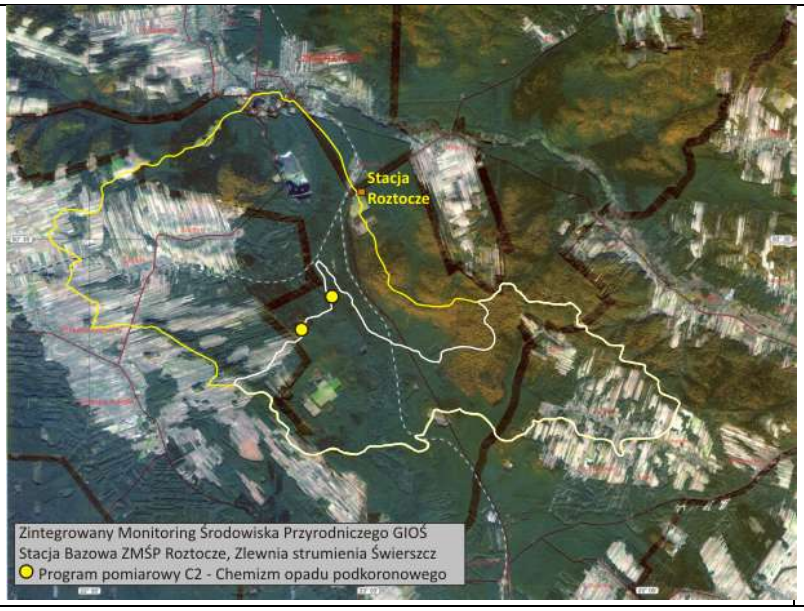


Ryc. 2.4. Powierzchnia badawcza programu C1 (kolektor opadu mokrego i opadu całkowitego).

Program pomiarowy CHEMIZM OPADU PODKORONOWEGO – C2

Program jest realizowany od listopada 2011. W roku hydrologicznym 2016 monitoring chemizmu opadu podkoronowego prowadzono na dwóch powierzchniach testowych (o areale 2200 m^2 każda) w drzewostanach jodłowym i bukowym, reprezentujących charakterystyczne dla lasów Roztoczańskiego Parku Narodowego i zlewni Świerszcza zbiorowiska roślinne: żyznej buczyny oraz wyżynnego jodłowego boru mieszanego. Na powierzchni jodłowej (oddz. 247d) obwodu ochronnego Bukowa Góra, występuje różnowiekowy (60-140 lat) i wielopiętrowy drzewostan jodłowy z niewielką domieszką sosny 120 lat i świerka 80 lat oraz podrostem jodły, świerka i buka. Na powierzchni bukowej(oddz. 249k) obwodu ochronnego Bukowa Góra, drzewostan jest jednopiętrowy w wieku około 80 lat (65-100 lat). Obok pojedynczo występują domieszki: jodły 100 lat, modrzewia i dębu – 65 lat oraz przestoje buka w wieku ponad 150 lat.

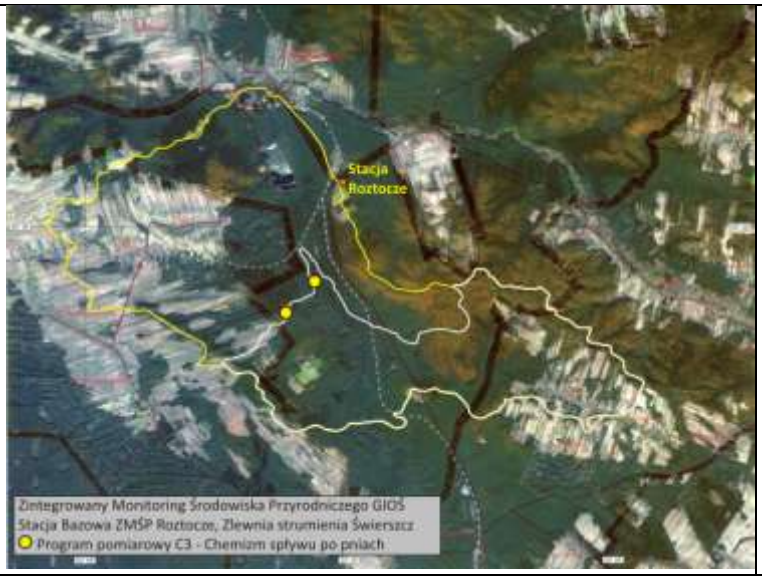
System pomiarowy opadu podkoronowego na każdej z założonych powierzchni obejmuje 9 chwytaczy, rozmieszczonych na planie krzyża, w odstępach co 3,5 m. Wlot kolektorów znajdował się na wysokości 1,2 m nad powierzchnią gruntu, a pojemniki chronione były siatką polietylenową przed zanieczyszczeniami organicznymi



Ryc. 2.5. Powierzchnie badawcze programu C2.

Program pomiarowy CHEMIZM SPŁYWU PO PNIACH – C3

Program jest realizowany od listopada 2011 roku na dwóch próbnych powierzchniach (o areale 22 ar każda) w drzewostanach jodłowym i bukowym, reprezentujących charakterystyczne typy lasów naturalnego pochodzenia RPN. System pomiarowy spływu po pniach obejmuje po 5 drzew jednego gatunku na każdej powierzchni. Chwytacze zostały zainstalowane na jodłach i bukach o różnych pierśnicach i o różnej wielkości korony. Próby spływu po pniach zbierane są raz w tygodniu i zlewane do pojemników próby miesięcznej przechowywanej w chłodziarce laboratoryjnej (temperatura 4^{o}C). Podczas cotygodniowej kontroli na powierzchniach wykonywano pomiary objętości oraz parametrów fizykochemicznych. Sumaryczne próbki miesięczne poddawane są analizie chemicznej w laboratorium Stacji Roztocze.



Ryc. 2.6. Powierzchnie badawcze programu C3.

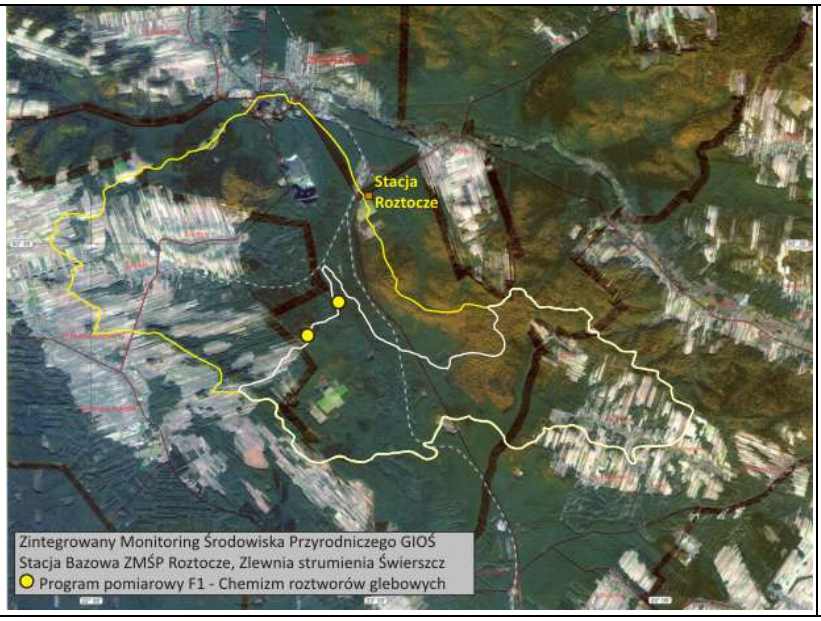
Program pomiarowy METALE CIĘŻKIE I SIARKA W POROSTACH – D1

W roku hydrologicznym 2015/2016, 4 zestawy pustułki pęcherzykowatej, pochodzące z Borów Tucholskich (o oznaczonej, referencyjnej zawartości badanych pierwiastków), transplantowano na powierzchni badawczej A1 i po kilkumiesięcznej ekspozycji – przekazano do analiz do Katedry Ochrony i Kształtowania Środowiska UJK w Kielcach.

Ryc. 2.7. Punkty badawcze programu D1.

Program pomiarowy ROZTWORY GLEBOWE – F1

Program realizowano na dwóch stałych powierzchniach leśnych: jodłowej i bukowej (tych samych, na których prowadzony jest monitoring w ramach programów C2 i C3). Próby pobierano dwa razy w miesiącu. Na powierzchni jodłowej monitoringiem objęto glebę bielicową. Roztwory pobierano na głębokościach: 20, 50 oraz 80 cm. Na powierzchni bukowej monitoringiem objęto glebę brunatną. Roztwory pobierano na głębokościach: 20 i 50 cm. Próby do analiz pobierano za pomocą próbników podciśnieniowych teflonowo-kwarcowych. W trakcie każdego pomiaru mierzono objętości roztworów, pH oraz przewodność elektrolityczną właściwą. Zakres analiz laboratoryjnych obejmował pomiar stężeń podstawowych jonów.



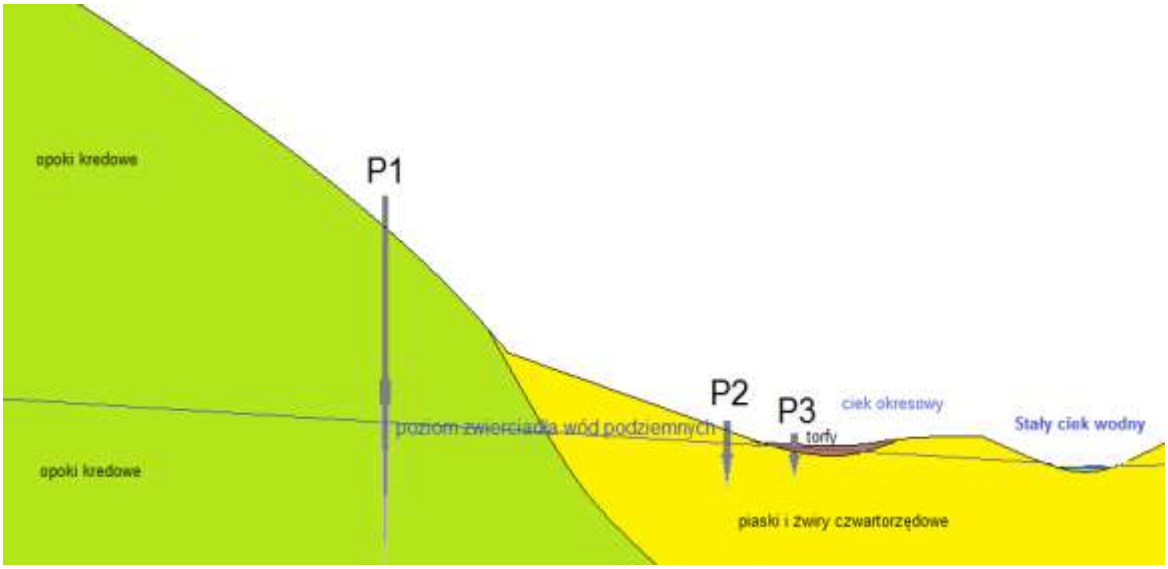
Ryc. 2.8. Powierzchnie badawcze programu F1.

Program pomiarowy WODY PODZIEMNE – F2

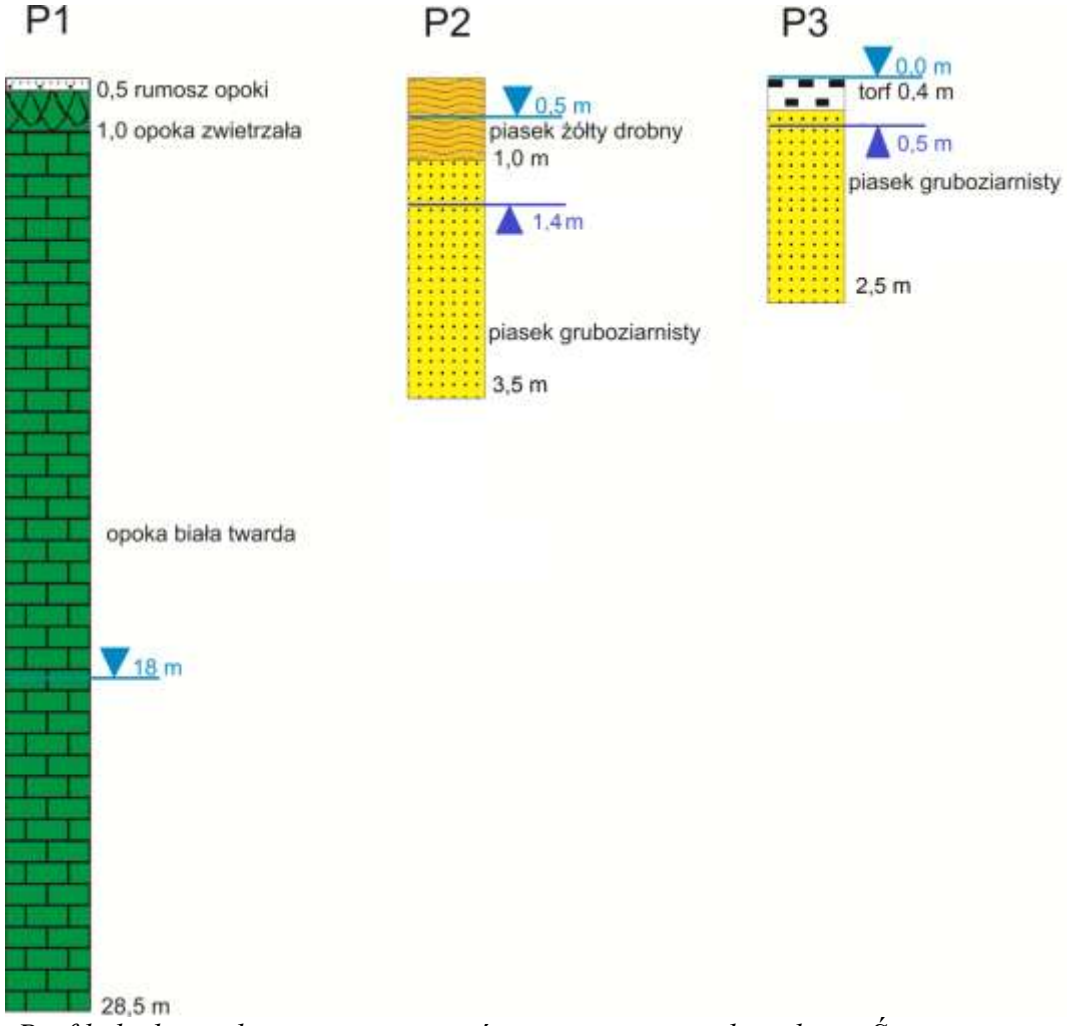
Program realizowano w oparciu o trzy stałe punkty pomiarowe – piezometry głębinowe zainstalowane w zlewni reprezentatywnej. Wody z wymienionych ujęć reprezentują dwa poziomy wodonośne. Dwa piezometry umieszczone są w poziomie wód czwartorzędowych: na torfowisku i w piaskach rzecznych terasy nadzalewowej, a jeden – w poziomie wodonośnym kredowym.

Próbki wody do badań właściwości fizykochemicznych były pobierane z częstotliwością 2 razy na miesiąc za pomocą pompy. Przed pobraniem wody, mierzono stan poziomu wodonośnego za pomocą gwizdka. Następnie, zanim pobrano próbę do analiz – przepompowywano wodę w studni. Podczas pobierania próby mierzono: temperaturę, pH, ilość rozpuszczonego tlenu i przewodność elektrolityczną właściwą. Zakres analiz laboratoryjnych obejmował pomiar stężeń podstawowych jonów.

Punkty obserwacyjne wód podziemnych rozlokowano po wschodniej stronie, zalesionej doliny rzeki Świerszcz, w środkowym jej biegu. Piezometr P1 ujmuje wody w utworach kredowych. Umiejscowiony jest w dolnej części zbocza wzniesienia garbu „Nart" w znacznym oddaleniu od osi doliny. Piezometry P2 i P3 umiejscowiono w dnie dolinki denudacyjnej przebiegającej równolegle do rzeki Świerszcz, oddzielonej od niej nie wysokim wałem wydmowym. Piezometr P2 jest głębszy, ujmuje wody w luźnych utworach piaszczystych, piezometr P3 - w obrębie małego śródleśnego torfowiska.



Ryc. 2.9.1. Schemat położenia piezometrów w systemie krążenia i drenażu wód podziemnych



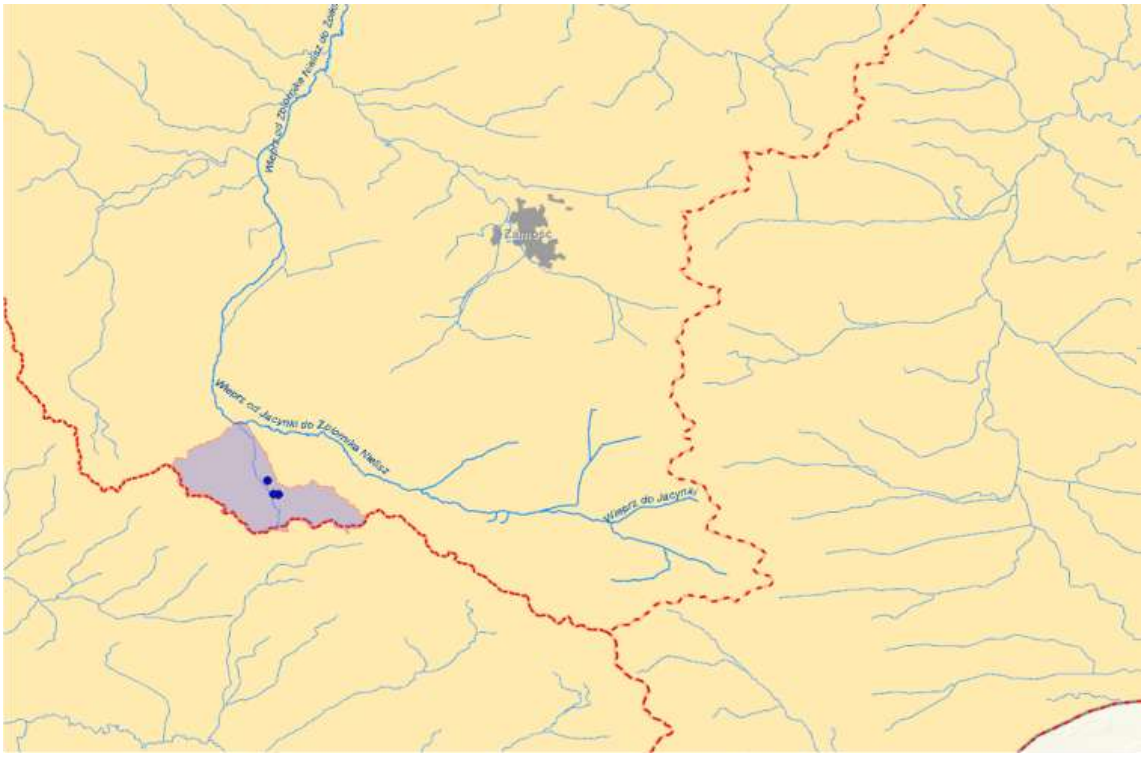
Ryc. 2.9.2. Profile hydrogeologiczne piezometrów opomiarowanych w zlewni Świerszcza

Tab. 2.3. Zestawienie informacji o punkcie monitoringowym obserwacji wód podziemnych

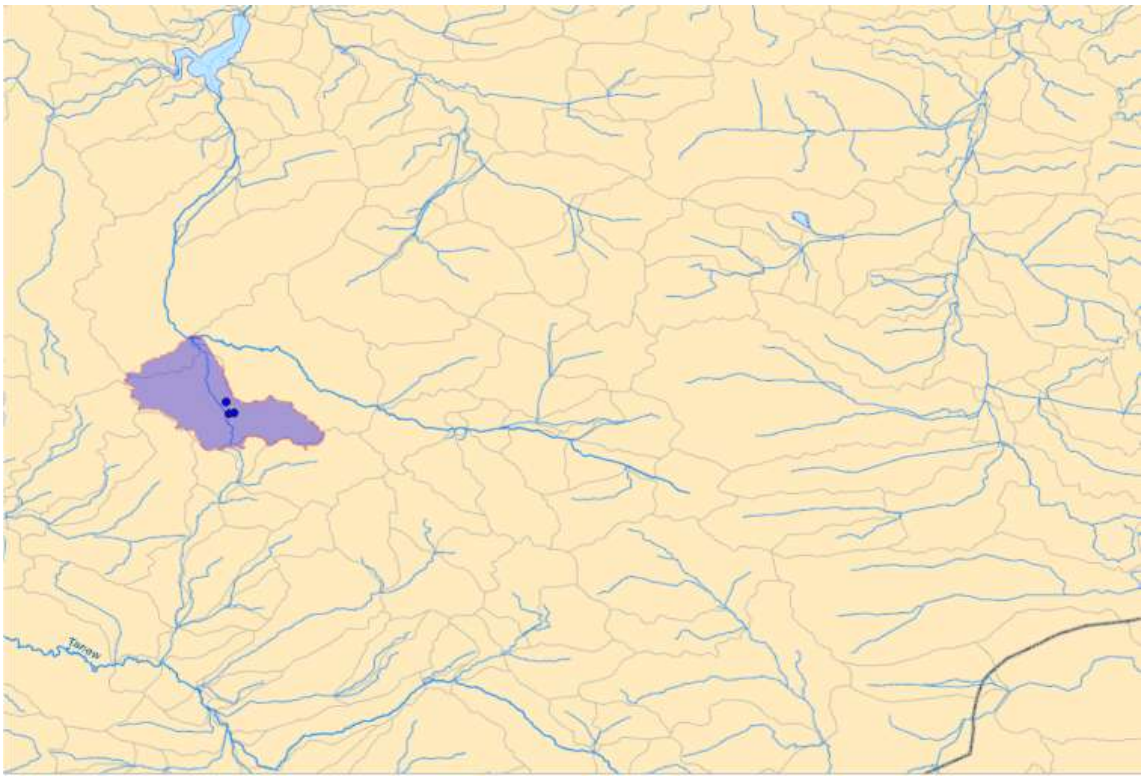
Nr punktu	Rodzaj punktu	Rzędna terenu [m n.p.m.]	Stratygrafia warstwy wodonośnej	Litologia warstwy wodonośnej	Głębokość maksymalna otworu [m]	Głębokość stropu poziomu wodonośnego [m]	Głębokość spągu poziomu wodonośnego [m]	Głębokość zwierciadła ustalonego [m]	Głębokość zafiltrowania otworu od - do [m]	Rok rozpoczęcia obserwacji
1	piezometr – kreda	259,8	Kreda góma	Opoka	40	-	-	16	18-28,5	2011
2	piezometr – torf	244,6	Czwart orzęd	Piasek wodnol odowco wy	3,5	-	-	1	05-1,4	2011
3	piezometr – piach	243,5	Czwart orzęd	Torf	2,5	-	-	0	0,5-0,55	2011

Tab. 2.4. Metodyka pomiarów hydrogeologicznych i hydrogeochemicznych (program F2) w Stacji ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Parametr	Częstotliwość pomiarów	Jednostka pomiarowa	Metodyka pomiaru
Poziom wód podziemnych lub wydajność źródła	1 raz/miesiąc		Taśma miernicza z gwizdkiem
temperatura wody			Miernik terenowy
odczyn pH			Potencjometryczna
przewodność elektrolityczna właściwa			Konduktometryczna z kompensacją do 25^{o}C
wodorowęglany (jeżeli pH > 4,5)			-
wapń Ca			Chromatografia jonowa
magnez Mg			Chromatografia jonowa
sód Na			Chromatografia jonowa
potas K			Chromatografia jonowa
siarka siarczanowa S-SO_4			Chromatografia jonowa
azot azotanowy N-NO_3			Chromatografia jonowa
azot amonowy N-NH_4			Chromatografia jonowa
fosfor ogólny $P_{ogól.}$			Chromatografia jonowa
chlorki Cl			Chromatografia jonowa
BZT5			Chromatografia jonowa
tlen rozpuszczony			Potencjometryczna
glin Al			Chromatografia jonowa



Ryc. 2.9.3. Lokalizacja piezometrów (program F2) na tle JCWPd



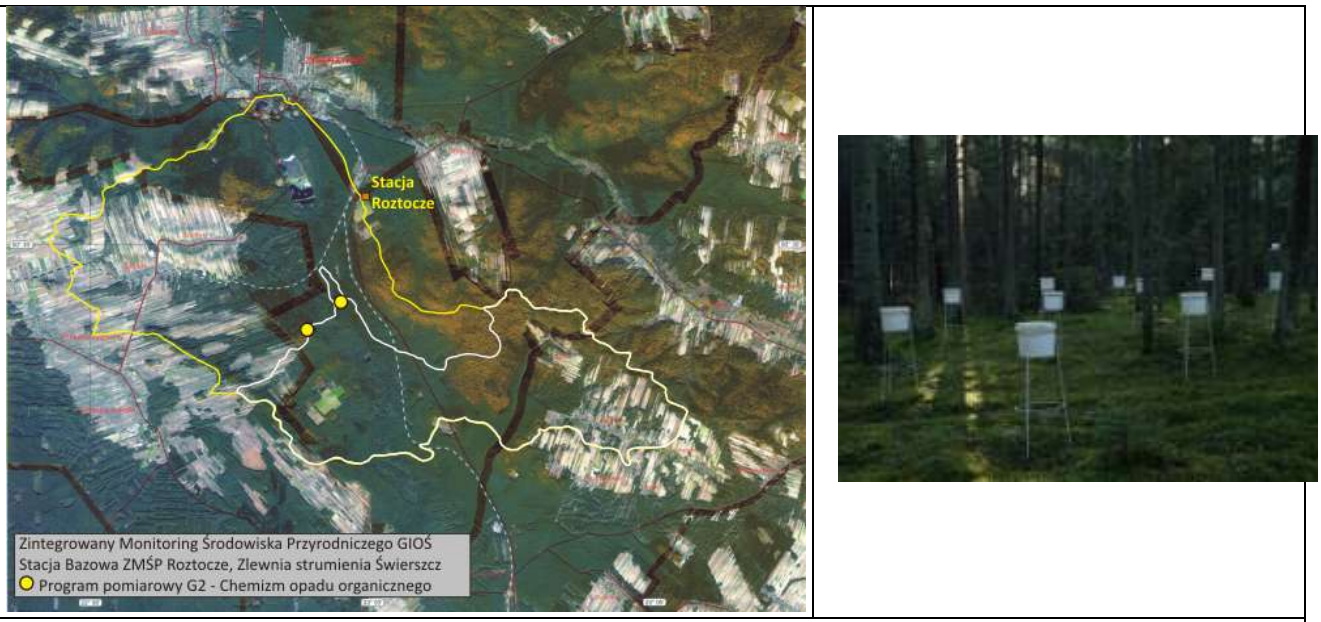
Ryc. 2.9.4. Lokalizacja piezometrów (program F2) na tle mapy hydrograficznej

Ryc. 2.9.5. Lokalizacja piezometrów (program F2) na tle użytkowania ziemi

Ryc. 2.9.6. Punkty pomiarowe programu F2.

Program pomiarowy CHEMIZM OPADU ORGANICZNEGO – G2

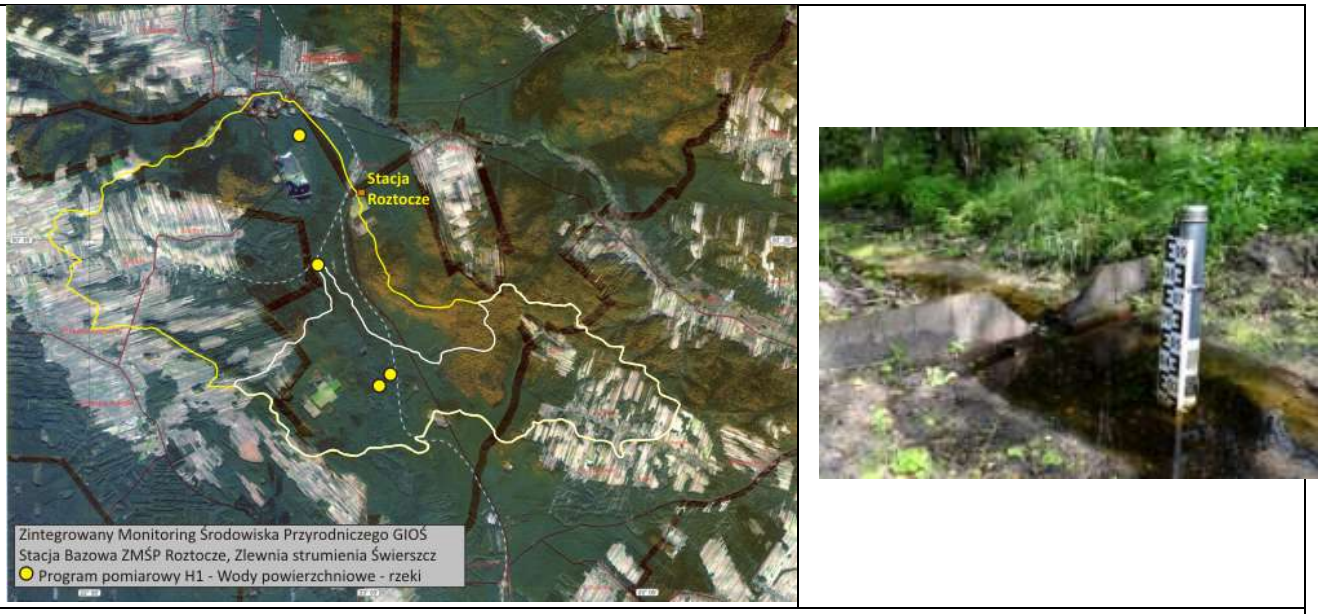
Badania prowadzono od listopada 2011 roku w zlewni reprezentatywnej na dwóch powierzchniach leśnych: w drzewostanie jodłowym i drzewostanie bukowym. Opad organiczny zbierany był za pomocą 15 chwytaczy testowych o łącznej powierzchni wynoszącej 1,06 m^2, dla każdego z typów drzewostanów. Zebrane próbki opadu dzielone były na frakcje: igły, liście, owoce oraz inne, które następnie ważono, suszono w temperaturze 60°C i ważono ponownie. Całość materiału przekazywano do analizy laboratoryjnej do specjalistów regionalnych w UMCS.



Ryc. 2.10. Powierzchnie badawcze programu G2.

Program pomiarowy WODY POWIERZCHNIOWE RZEKI – H1

Monitoring wód w strumieniu Świerszcz jest prowadzony od roku 2012 (seria archiwalna od roku 1998) na czterech stanowiskach: Wygoda I (strefa źródliskowa - dopływ prawy kredowy), Wygoda II (strefa źródliskowa - dopływ lewy torfowiskowy), Malowany Most (stacja hydrometryczna zamykająca zlewnię cząstkową do bilansowania) oraz Ostoja. W ciągu roku kontrolowane są przepływy: na Wygodach I i II metodą hydrometryczną (przelew Thomsona), na Malowanym Moście metodą ultradźwiękową AV. Próbki wody są pobierane cotygodniowo. W czasie pobierania prób mierzy się przewodność elektrolityczną, pH i temperaturę wody oraz ilość rozpuszczonego tlenu. Szczegółowy skład chemiczny określano z częstością raz w tygodniu w laboratorium stacji. Codzienny pomiar stanu wody jest wykonywany automatycznie przy pomocy czujników ciśnieniowych (co 1 godz.), a kontrolny z łat wodowskazowych 1 raz w tygodniu. Okresowo wykonywany jest kontrolny ręczny pomiar przepływu.



Ryc. 2.11. Punkty pomiarowe programu H1.

Program pomiarowy HYDROBIOLOGIA RZEK – MAKROFITY I OCENA HYDROMORFOLOGICZNA KORYTA RZECZNEGO – I1

Badania wykonane były w ramach programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) realizowanego w latach 2015-2017 i dotyczyły Zadania pt. *Hydrobiologia rzek – makrofity i ocena hydromorfologiczna koryta rzecznego*. Badania prowadzono w pełni sezonu wegetacyjnego, który jest optymalnym okresem do badań makrofitowych i hydromorfologicznych, tj. 23 czerwca i 18-19 września. Wyznaczono trzy odcinki rzeczne, na których prowadzono zarówno badania makrofitowe, jak i hydromorfologiczne, zgodnie z metodyką Makrofitowej Metody Oceny Rzek (MMOR) opracowanej w roku 2006 (Szoszkiewicz i in. 2010). Na etapie przygotowawczym wybrano stanowiska do badań terenowych kierując się występowaniem roślin i reprezentatywnością stanowisk badawczych dla zlewni objętych ZMŚP.

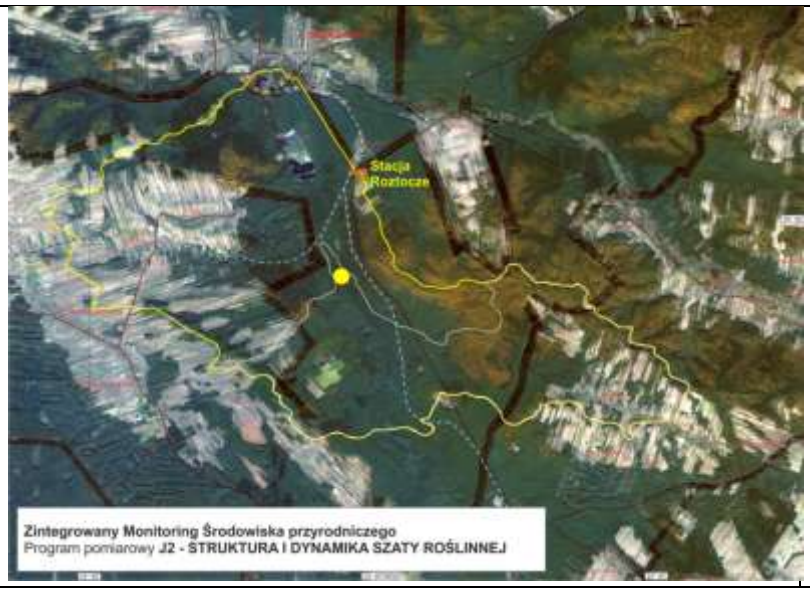
Ryc. 2.12. Punkty pomiarowe programu I1.

Program pomiarowy STRUKTURA I DYNAMIKA SZATY ROŚLINNEJ – J2

Monitoring szaty roślinnej przeprowadzony został w roku 2016. Przed rozpoczęciem kartowania fitosocjologicznego wytypowano, wyznaczono i oznakowano stałe powierzchnie badawcze przeznaczone do realizacji prac monitoringowych w ramach programu J2 w zakresie obligatoryjnym i rozszerzonym. Prace związane z wytypowaniem, wyznaczeniem, oznakowaniem stałych powierzchni badawczych oraz kartowaniem struktury roślinności wykonane zostały zgodnie ze wskazaniami metodycznymi ustalonymi dla programu J2.

Celem programu pomiarowego J2 dotyczącego szaty roślinnej realizowanego na terenie Stacji Bazowej „Roztocze" w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Polsce jest:

- ocena stanu oraz dynamiki flory i roślinności,
- kontrola stanu oraz dynamiki populacji gatunków runa leśnego.



Ryc. 2.13. Powierzchnie badawczeprogramu J2.

Program pomiarowy MONITORING GATUNKÓW INWAZYJNYCH OBCEGO POCHODZENIA – ROŚLINY J3

Rok 2016 był pierwszym sezonem, w którym realizowano program dotyczący inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia. Był on realizowany zarówno na terenie całej zlewni badawczej (monitoring ogólny), jak i na 12 stałych stanowiskach - powierzchniach 10 x 10 m, na których wyznaczono po 5 powierzchni próbnych 1 x 1 m (monitoring szczegółowy).

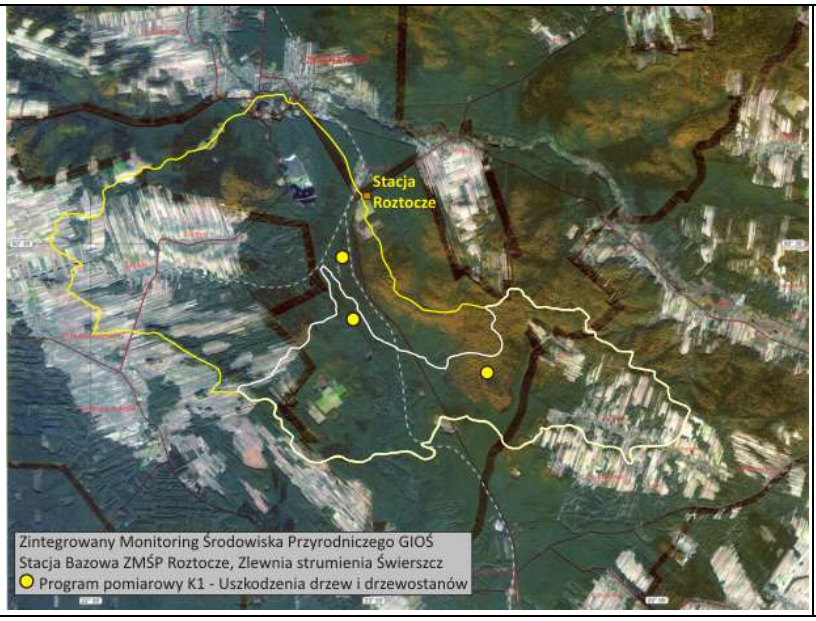
Na potrzeby monitoringu ogólnego cały obszar zlewni badawczej został pokryty siatką MGRS (Military Grid Reference System) 100 x 100 m (łącznie 4886 kwadratów), opartej na układzie UTM (Universal Transverse Mercator). Wyniki monitoringu ogólnego - lokalizacja stanowiska z podaniem gatunku rośliny inwazyjnej, zostały naniesione na mapę zlewni z siatką MGRS.

Ryc. 2.14. Powierzchniebadawcze programu J3.

Program pomiarowy USZKODZENIA DRZEW I DRZEWOSTANÓW – K1

W roku 2016 program realizowano na trzech stałych powierzchniach monitoringowych. Pierwsza – w drzewostanie bukowym położona jest w typie siedliskowym lasu wyżowego świeżego w wieku około 120 lat. Drugie stanowisko założono w typie siedliskowym olsu (drzewostan olchowy) w wieku około 100 lat, a trzecie w drzewostanie jodłowym w wieku 130 lat, na siedlisku lasu mieszanego wyżynnego świeżego.

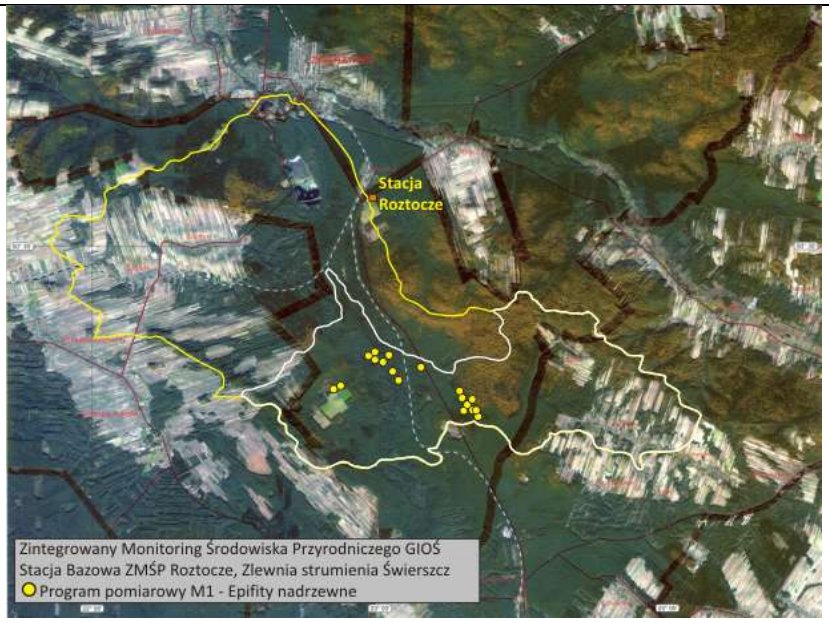
Dla każdego z wybranych do monitorowania drzew oznaczano: rodzaje uszkodzeń drzewa, stopień defoliacji i odbarwienia, a także mierzono pierśnicę, wysokość drzewa oraz wysokość i szerokość korony.



Ryc. 2.15. Powierzchnie badawcze programu K1.

Program pomiarowy EPIFITY NADRZEWNE – M1

W 2015 roku wyznaczono nowe powierzchnie do monitoringu epifitów wg nowych wytycznych. Specjalista krajowy programu M1 wytypował 18 powierzchni monitoringowych zlokalizowanych na drzewach, wykonując pomiar i opis referencyjny wraz z dokumentacją fotograficzną. Monitoringiem objęto: porosty krzaczkowate oraz pustułką pęcherzykowatą i tarczownicę bruzdkowaną. Od roku 2016 monitoring epifitów wykonują pracownicy Stacji.



Ryc. 2.16. Powierzchnie badawcze programu M1.

Tabela 2.5.Metodyka poboru, analiz hydrochemicznych i ilość próbek nie spełniających kryterium bilansu jonowego w 2016 roku

Program	Składnik	Metoda poboru	Metoda oznaczania	Ilość próbek	Ilość próbek nie spełniających kryterium bilansu jonowego
C1 Chemizm opadu atmosferycznego	SO4	1 raz/miesiąc z próbek tygodniowych; kolektor opadu mokrego i kolektor opadu całkowitego	Chromatografia jonowa	94	-
	NO3		Chromatografia jonowa		
	NH4		Chromatografia jonowa		
	Cl		Chromatografia jonowa		
	Na		Chromatografia jonowa		
	K		Chromatografia jonowa		
	Mg		Chromatografia jonowa		
	Ca		Chromatografia jonowa		
	pH		Potencjometryczna		
	przewodność		Konduktometryczna z kompensacją do 25^{o}C		
C2 Chemizm opadu podkoronowego	SO4	12 razy/rok; kolektor opadu	Chromatografia jonowa	84	-
	NO3		Chromatografia jonowa		
	NH4		Chromatografia jonowa		
	Cl		Chromatografia jonowa		
	Na		Chromatografia jonowa		
	K		Chromatografia jonowa		
	Mg		Chromatografia jonowa		
	Ca		Chromatografia jonowa		
	pH		Potencjometryczna		
	przewodność		Konduktometryczna z kompensacją do 25^{o}C		
C3 Chemizm spływu o pniach	SO4	12 razy/rok z próbek dobowych lub tygodniowych; kolektor spływu	Chromatografia jonowa	61	-
	NO3		Chromatografia jonowa		
	NH4		Chromatografia jonowa		
	Cl		Chromatografia jonowa		
	Na		Chromatografia jonowa		
	K		Chromatografia jonowa		
	Mg		Chromatografia jonowa		

	Ca		Chromatografia jonowa		
	pH		Potencjometryczna		
	przewodność		Konduktometryczna z kompensacją do 25°C		
F1 Chemizm roztworów glebowych	SO4	1 raz/miesiąc; lizymetry glebowe	Chromatografia jonowa	42	-
	NO3		Chromatografia jonowa		
	NH4		Chromatografia jonowa		
	HCO3		Chromatografia jonowa		
	Cl		Chromatografia jonowa		
	Na		Chromatografia jonowa		
	K		Chromatografia jonowa		
	Mg		Chromatografia jonowa		
	Ca		Chromatografia jonowa		
	Pogól		Spektrofotometria		
	pH		Potencjometryczna		
	przewodność		Konduktometryczna z kompensacją do 25°C		
F2 Wody podziemne	SO4	1 raz/miesiąc; studnie głębinowe	Chromatografia jonowa	66	-
	NO3		Chromatografia jonowa		
	NH4		Chromatografia jonowa		
	HCO3		Chromatografia jonowa		
	Cl		Chromatografia jonowa		
	Na		Chromatografia jonowa		
	K		Chromatografia jonowa		
	Mg		Chromatografia jonowa		
	Ca		Chromatografia jonowa		
	Pogól		Spektrofotometria		
	pH		Potencjometryczna		
	przewodność		Konduktometryczna z kompensacją do 25°C		
H1 Wody powierzchniowe rzeki	SO4	1 raz/tydzień	Chromatografia jonowa	212	-
	NO3		Chromatografia jonowa		
	NH4		Chromatografia jonowa		
	HCO3		Chromatografia jonowa		
	Cl		Chromatografia jonowa		

	Na		Chromatografia jonowa		
	K		Chromatografia jonowa		
	Mg		Chromatografia jonowa		
	Ca		Chromatografia jonowa		
	Pog.		Spektrofotometria		
	pH		Potencjometryczna		
	przewodność		Konduktometryczna z kompensacją do 25^{o}C		

3. PROGRAMY POMIAROWE ZMŚP W STACJI BAZOWEJ ROZTOCZE W 2016 ROKU

3.1. METEOROLOGIA – A1

Tab. 3.1.1. Średnie miesięczne i roczne wartości elementów meteorologicznych w Stacji ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Element	2016												Rok	Uwagi
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-X	
SOL_P (h)	65	87	69	62	127	181	319	357	309	301	253	70	2 200	Suma miesięczna usłonecznienia
SOL_T_S ($MJ \cdot m^{-2}$)	90	83	91	113	255	377	604	612	571	551	382	141	3 870	Suma promieniowania słonecznego
TA_$X_{max\ abs}$ (°C)	15,5	10,5	7,6	12,7	14,5	24,2	27,2	33,4	31,8	30,7	29,4	23,5	33,4	Najwyższa temperatura w miesiącu
TA_X_{max} (°C)	4,6	2,8	-3,9	3,5	3,9	9,6	14,7	19,1	19,4	18,2	15,4	6,9	9,5	Średnia temperatura z maksimów dobowych
TA_D (°C)	4,3	2,4	-4,2	3,2	3,5	9	13,8	18,3	18,6	17,4	14,7	6,5	9,0	Średnia temperatura powietrza
TA_N_{min} (°C)	3,9	2,1	-4,6	2,8	3,1	8,4	13,0	17,5	17,9	16,7	14,0	6,2	8,4	Średnia temp. z minimów dobowych
TA_$N_{min\ abs.}$ (°C)	-6,2	-13,3	-18,4	-7,5	-7,4	-2,6	-0,3	3,2	5,5	4,2	2,8	-3,6	-18,4	Najniższa temp. w miesiącu
TA_$G_{min\ 5\ cm}$ (°C)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Średnia temp. z minimów przy gruncie
TA_$G_{min\ abs.5cm}$ (°C)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Najniższa temp. przy gruncie
T_S_{5cm} (°C)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Średnia temperatura gruntu na głębokości 5 cm
T_S_{20cm} (°C)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Średnia temperatura gruntu na głębokości 20 cm
T_S_{50cm} (°C)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Średnia temperatura gruntu na głębokości 50 cm
HH (%)	89	88	88	85	80	78	74	70	75	74	78	87	81	Średnia wilgotność względna
RR_T (mm)	76,9	35,4	53,4	64,2	62,5	68,8	64	25,4	81,9	38	35,7	109,1	715,3	Suma opadów atmosferycznych
SC_H_{max} (cm)	4		15	2	7								15	Maks. grubość pokrywy śnieżnej
PRES (hPa)	1 018,1	1 029,0	1 017,3	1 013,6	1 015,3	1 013,0	1 014,5	1 014,7	1 015,7	1 019,5	1 019,6	1 022,2	1 017,7	Średnie ciśnienie na poziomie morza
WIV ($m \cdot s^{-1}$)	2,0	2,4	1,9	2,5	1,8	1,7	1,6	1,7	1,8	1,4	1,2	2,3	1,9	Średnia prędkość wiatru
*Awaria sprzętu														

Ciśnienie atmosferyczne

W roku hydrologicznym 2016 średnie ciśnienie atmosferyczne (PRES), po zredukowaniu do poziomu morza, wynosiło 1017,7 hPa (Tab. 3.1.1.) i był to drugi najwyższy wynik w badanym pięcioletnim okresie na poziomie stacji (Tab. 3.1.9.). Oznacza to, że ciśnienie było niższe o 1,3 hPa od najwyższej średniej wartości odnotowanej w 2015 roku, oraz wyższew odniesieniu do kolejnych lat 2012, 2014 i 2013: o 0,3 hPa, 0,5 hPa i 1,5 hPa. Najniższe średnie miesięczne ciśnienie atmosferyczne zanotowano w kwietniu (1013,0 hPa) a najwyższe w grudniu 2015 roku (1029,0 hPa). Zakres zmienności średnich dobowych wartości ciśnienia w roku hydrologicznym 2016 był mniejszy od roku poprzedniego o 7,7 hPa i wynosił 52,6 hPa. Najwyższą wartość 1044,5 hPa zanotowano 30 grudnia 2015 roku, zaś najniższą – wynoszącą 991,9 hPa - w dniu 12 stycznia 2016 roku.

Promieniowanie całkowite i usłonecznienie

W roku hydrologicznym 2016 roczna suma usłonecznienia (SOL_P) wynosiła 2200 godzin (Tab. 3.1.1.) i była najwyższa w badanym pięcioletnim okresie. W porównaniu z latami poprzednimi, kolejno 2015, 2014, 2013 i 2012, wartość była większa o 251 h, 217 h, 423 h i 305 h (Tab. 3.1.9.). W przebiegu rocznym najwyższą sumę usłonecznienia zanotowano w czerwcu (357 h), w maju (319 h), w lipcu (309 h) i w sierpniu (301 h) (Tab. 3.1.1.). Tak dużych miesięcznych sum usłonecznienia nie odnotowano do tej pory w badanym okresie. Najniższa wartość wystąpiła w listopadzie 2015 roku i wynosiła 65 h.

Roczna suma promieniowania całkowitego (SOL_T_S) w roku hydrologicznym 2016 wynosiła 3870 MJ/m^2 (Tab. 3.1.1.) i była drugą najwyższą wartością w badanym okresie. Suma roczna w 2016 była niższa o 69 MJ/m^2, niż w poprzednim roku hydrologicznym 2015 i wyższa: 294 MJ/m^2 niż w roku 2014, 126 MJ/m^2 niż w roku 2013 i 35 MJ/m^2 niż w roku 2012 (Tab. 3.1.9). Najwyższą miesięczną sumę w ciągu badanego roku odnotowano w maju (612 MJ/m^2), zaś najniższą w grudniu 2015 roku (83 MJ/m^2).

Temperatura powietrza

W roku hydrologicznym 2016 średnia roczna temperatura powietrza (TA_D) wyniosła 9,0 °C i była razem ze średnią z 2014 roku najwyższą wartością. Nieznacznie niższa, bo o 0,1°C była średnia wartość z 2015 roku, w 2012 roku była to wartość 8,0 °C i w 2013 roku - 7,7 °C(Tab. 3.1.9.).

Natomiast średnia temperatura w latach kalendarzowych trochę inaczej szereguje badane lata pod względem najwyższej i najniższej temperatury: najwyższa była w roku 2015 z wartością 9,1 °C, następnie 8,9 °C w 2014 roku, 8,5 °C w 2016 roku, 8,0 °C w 2013 roku i 7,9 °C w 2012 roku.

Najcieplejszymi miesiącami w roku 2016 był lipiec ze średnią temperaturą wynoszącą 18,6°C i czerwiec z temperaturą 18,3 °C (Tab. 3.1.1.). W analizowanym pięcioletnim okresie sierpień w 2016 roku ze średnią 17,4 °C był najchłodniejszym sierpniem, zaś w 2015 roku, ze średnią 21,0 °C najcieplejszym (Tab. 3.1.7.). Najchłodniejszym miesiącem w 2016 roku był styczeń ze średnią temperaturą wynoszącą -4,2 °C.

Maksymalną wartość temperatury powietrza (TA_X) zanotowano 26 czerwca 2016 roku, która wyniosła ona 33,4°C. Natomiast minimalną temperaturę powietrza (TA_N) o wartości -18,4°C zanotowano 4 stycznia 2016 (Tab. 3.1.1.).

W roku kalendarzowym 2016 okres wegetacyjny (TA_D≥ 5°C) trwał od 24 marca do 25 października (Ryc. 3.1.3).

Dodatkowo, dla analizowanego okresu, przedstawiono liczbę dni o charakterystycznej temperaturze (Tab. 3.1.2.).

W 2016 roku dni bardzo upalnych (TA_X > 35°C) nie zanotowano. Dni upalne (TA_X > 30°C) występowały w czerwcu, lipcu i sierpniu. Łącznie zanotowano 11 takich dni. Jest to o 15 takich dni mniej niż w 2015 roku i 7 dni mniej niż 2012 roku, zaś 2 dni więcej niż w 2013 roku i 4 dni więcej niż w 2014 roku.

Dni gorące (TA_X > 25°C) notowano od maja do września. W porównaniu z rokiem poprzednim okres występowania dni gorących był dłuższy o 20 dni i zaczął się miesiąc wcześniej. Łącznie zanotowano 45 takich dni, tj. o 15 dni mniej niż w roku hydrologicznym 2012, 4 dni mniej niż w roku 2013 i 5 dni więcej niż w 2014 roku. Najwięcej gorących dni wystąpiło we wrześniu - 12 i w czerwcu – 11.

Dni bardzo mroźnych (TA_N < -10°C) w roku hydrologicznym 2016 zanotowano 14, czyli najwięcej w badanym pięcioletnim okresie: 2 dni w grudniu 2015 roku i 12 dni w styczniu. W poprzednim roku stwierdzono 5 takich dni, w roku 2014 – 4, w roku 2013 – 0, zaś w 2012 roku było ich 11.

Zanotowano 5 dni mroźnych (TA_X< 0°C), najmniej w pięcioletnim analizowanym okresie. W porównaniu z latami 2015, 2014, 2013, 2012, było ich mniej kolejno: 20 dni, 11 dni, 57 dni i 36 dni.

W roku hydrologicznym 2016 zanotowano największą liczbę dni przymrozkowych w badanym pięcioletnim okresie tj. 82 dni (TA_N< 0°C), co stanowi 24 takich dni więcej niż w 2015 roku, 12 dni

więcej niż w 2014 roku, 41 dni więcej niż w 2013 roku i 28 dni więcej niż w 2012 roku. Dni przymrozkowe nie występowały od czerwca do września (Tab. 3.1.2.)

Wilgotność względna powietrza

W roku hydrologicznym 2016 średnia wilgotność względna wyniosła 81 %. Wynik stanowi najwyższą wartość, razem z latami: 2012 i 2013. W 2014 roku hydrologicznym była to wartość równa 80%, zaś w roku 2015 średnia wartość była najniższa w badanym pięcioletnim okresie i wynosiła 77 % (Tab. 3.1.1).

Najniższą średnią wartość miesięczną w ciągu roku oraz w przedziale czasowym od listopada 2011 roku zanotowano w sierpniu 2015 roku (62%), zaś najwyższą w roku 2011 w listopadzie i grudniu (91 %).

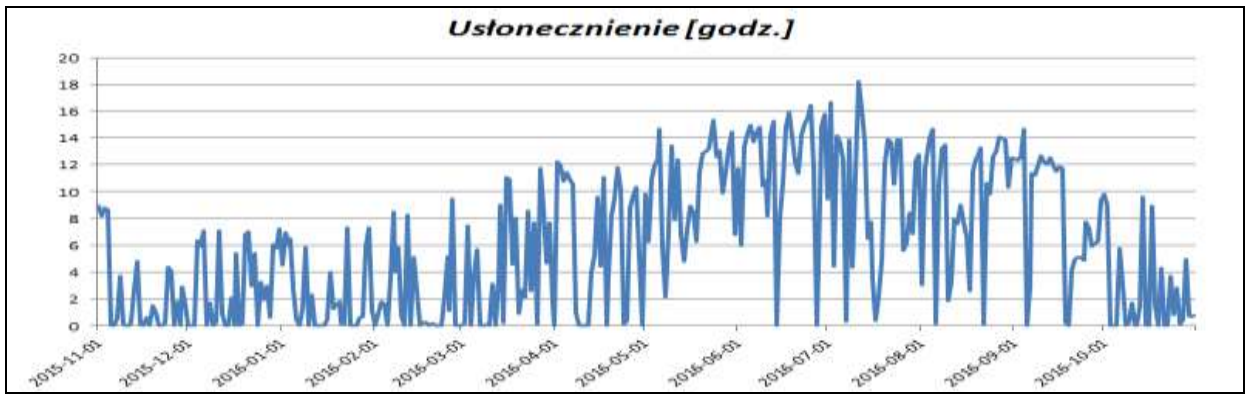
W roku hydrologicznym 2016 najwilgotniejszym miesiącem był listopad 2015 roku (89%), a najmniejszą średnią wartość osiągnął czerwiec (70 %).

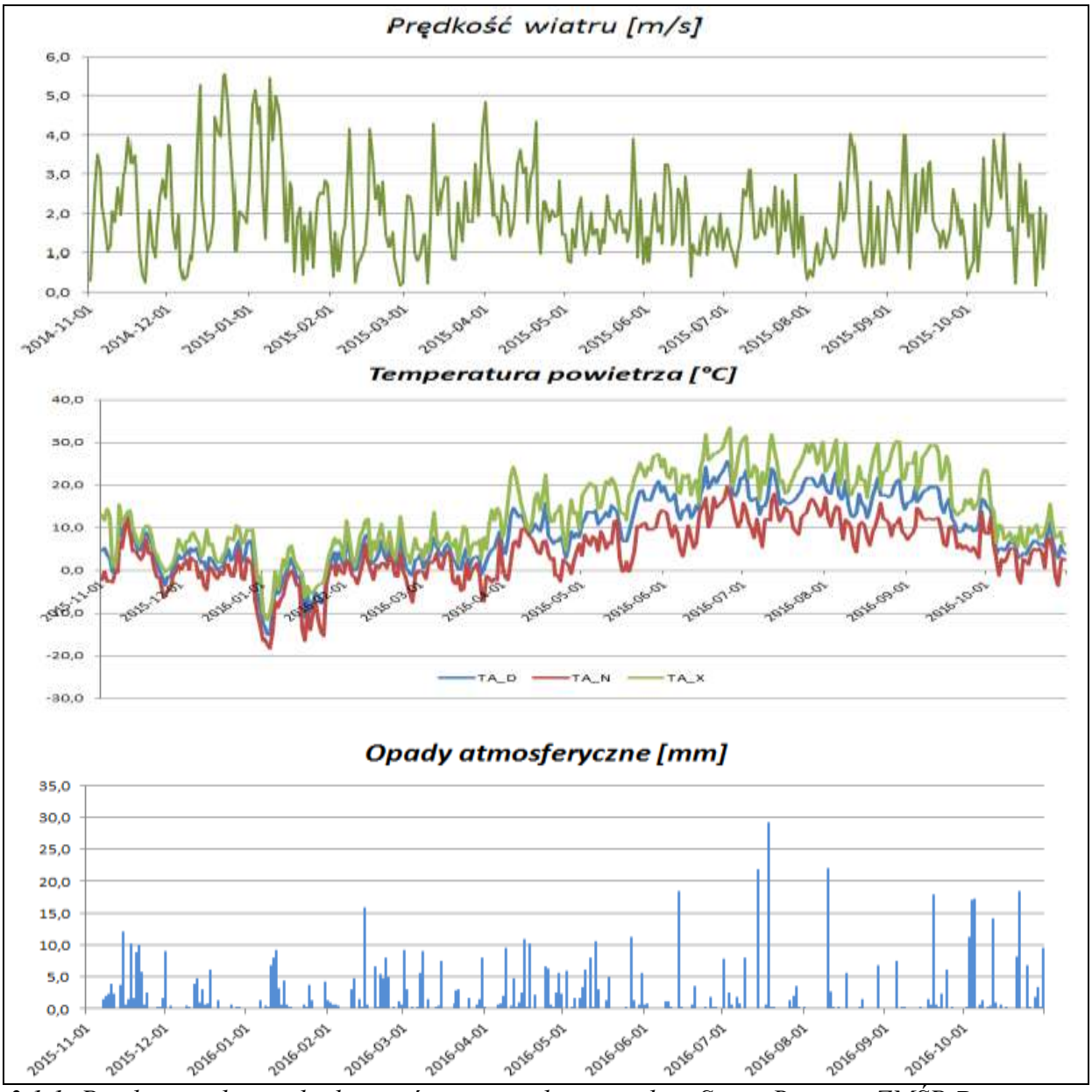
Warunki anemometryczne

W roku hydrologicznym 2016 średnia prędkość wiatru (WIV) wynosiła 1,9 m/s (Tab. 3.1.1.) i była to druga – wraz ze średnią z 2012 roku - najwyższa wartość w badanym pięcioletnim okresie (0,1 m/s mniej niż rok wcześniej i 0,1 m/s więcej niż w latach 2013 i 2014) (Tab. 3.1.9.). Najwyższą średnią miesięczną prędkość wiatru zanotowano w lutym (2,5 m/s), a najniższą we wrześniu (1,2 m/s). Maksymalną prędkość wiatru (max z 1 godziny) wynoszącą 17,4 m/s zanotowano 13 grudnia 2015 roku.

W roku hydrologicznym 2016 dominowały wiatry z kierunku SW (15 %), NW (14,8 %) oraz wiatry z kierunku NE (10,6 %) i W (9,1 %). Najrzadziej występował wiatr z kierunku E (4,3 %) (Ryc. 3.1.3.), (Tab. 3.1.5.) i (Tab. 3.1.6). Zanotowano także duży udział cisz atmosferycznych (WIV< 0,4 m s-1) wynoszący 25,6% tj. o 2,4 % więcej niż w roku poprzednim.

Pomiary anemometryczne w 2016 roku wykazują te same dominujące kierunki wiatru co w roku 2015 i w pozostałych badanych latach. Sugerują występowanie trendu dla rejonu Stacji.





Ryc. 3.1.1. Przebieg wybranych elementów meteorologicznych w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w roku hydrologicznym 2016

Przebieg wybranych elementów meteorologicznych w Stacji Roztocze (Ryc. 3.1.1.) przedstawia cykliczne zmiany usłonecznienia, temperatury powietrza, prędkości wiatru i opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2016. Najbardziej zależne od pory dnia i roku są usłonecznienie i temperatura powietrza. Najwyższe wartości osiągają w miesiącach letnich, najniższe w miesiącach zimowych. Najwyższe średnie miesięczne prędkości wiatru zanotowano w miesiącach zimowych, a najniższe w miesiącach letnich. W roku hydrologicznym 2016 obserwowano rekordową liczbę dni z opadem atmosferycznymw analizowanym pięcioletnim okresie, bo 196 dni. Najmniej dni z opadem w 2016 roku było w sierpniu, a najwięcej w kwietniu .

Opady atmosferyczne i pokrywa śnieżna

Suma opadów atmosferycznych (RR_T) w roku hydrologicznym 2016 wyniosła 715,3 mm (Tab. 3.1.1.) i była to trzecia najwyższa wartość w badanym pięcioletnim okresie. Najwyższa suma została

zanotowana w 2014 roku i wynosiła 764,4 mm, następnie w 2013 roku – 761,1 mm. Najniższa suma roczna opadów atmosferycznych wystąpiła w 2015 roku i wynosiła 593,3 mm. W roku 2012 suma opadu atmosferycznego była o 51,8 mm większa niż w roku 2015.

W roku hydrologicznym 2016 najwyższą sumę miesięczną opadu wynoszącą 109,1 mm zanotowano w październiku, a najniższą w czerwcu – 25,4 mm (Ryc. 3.1.2) (Tab. 3.1.4.). Dobowe maksimum opadu wystąpiło 18 lipca i wynosiło 29,2 mm.

W roku hydrologicznym 2016 obserwowano 196 dni z opadem atmosferycznym, czyli o 34 dni więcej niż w roku poprzednim 2015. Była to największa suma dni z opadem w analizowanym pięcioletnim okresie. Najmniej dni z opadem było zaś w roku 2013, bo 158.
Miesiącem z najmniejszą liczbą dni z opadem w 2016 roku był sierpień (9), a najwięcej takich dni odnotowano w kwietniu (21).

Dni z pokrywą śnieżną (SC_H) w roku hydrologicznym 2016, występowały w listopadzie 2015 i od stycznia do marca 2016 roku. Łącznie liczba ich wynosiła 30 (Tab. 3.1.2.) i była to najniższa liczba w badanym okresie tj. o 12 dni mniej niż w roku 2015. W poprzednich latach, a więc w 2014 roku tych dni było 8 więcej, w 2013 roku o 15 dni więcej i w 2012 roku – 28 dni więcejniż w 2016 roku. Najwięcej takich dni (24), z największą pokrywą śnieżną (15 cm) zanotowano w styczniu. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej zanotowana w 2016 roku jest najniższa w pięcioletnim okresie. W roku hydrologicznym 2015 maksymalna grubość wynosiła o 16 cm więcej niż w 2016, w 2014 roku – 1 cm więcej, w 2013 roku - 30 cm więcej, a w roku 2012 – 18 cm więcej.

Suma opadu śniegu w roku hydrologicznym wyniosła 34,2 mm i była o 7,7 mm mniejsza niż rok wcześniej. Stanowi jednak, drugą najniższą wartość w ciągu badanych pięciu lat. W roku 2014 suma opadu śniegu była najmniejsza i wynosiła 0,8 mm, zaś w roku 2013 suma opadu była większa o 36,5 mm niż w 2016 roku, a w 2012 roku aż o 66,9 mm.

Suma śniegu z deszczem w roku hydrologicznym 2016 wyniosła 67,5 mm. Najwyższą sumę dobowa opadu śniegu zanotowano 15 marca 2016 roku, która w wyniosła 7,4 mm. Opady śniegu oraz śniegu z deszczem występowały od listopada 2015 roku do marca 2016 roku.

Liczba dni z opadem śniegu w roku hydrologicznym 2016 wyniosła 22 (o 4 dni mniej niż w roku 2015), a śniegu z deszczem - 14 (o 5 dni mniej niż w 2015 roku). Są to drugie najniższe wartości w ciągu analizowanego pięcioletniego okresu. Najwięcej dni z opadem śniegu i śniegu z deszczem zanotowano w styczniu.

Tab. 3.1.2. Liczba dni charakterystycznych w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Dni	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok	Uwagi
TA_X>35°C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Dni bardzo upalne
TA_X>30°C	.	.	.	.	.	.	.	3	5	3	.	.	11	Dni upalne
TA_X>25°C	.	.	.	.	.	.	4	11	9	9	12	.	45	Dni gorące
TA_N<0°C	14	12	11	14	17	6	3	.	.	.	.	5	82	Dni przy-mrozkowe
TA_X<0°C	1	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	Dni mroźne
TA_N<-10°C	.	2	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	Dni bardzo mroźne
RR_T≥0,1 mm	4	8	8	9	6	8	4	8	7	4	7	9	82	Dni z opadem
RR_T≥1,0 mm	12	7	9	10	11	11	11	4	7	4	4	6	96	Dni z opadem
RR_T≥10,0 mm	3	.	.	1	.	2	2	1	2	1	1	5	18	Dni z opadem
RR_Tmax	12,1	9,0	9,2	15,8	9,2	10,9	11,2	18,3	29,2	21,9	17,8	18,4	29,2	Maksymalny

	15.11	01.12	12.01	15.02	01.03	16.04	27.05	14.06	18.07	10.08	19.09	22.10	18.07	opad dobowy Data wystąpienia
SC_H-dni	3	.	24	1	2	.	.	.	.	.	.	.	30	Dni z pokrywą śnieżną
SC_H-max	4	.	15	2	7	.	.	.	.	.	.	.	15	Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej

* - przy braku dni charakterystycznych w danym miesiącu/roku stawiamy kropkę

Tab. 3.1.3. Pojawy i czas trwania termicznych pór roku oraz okresu wegetacyjnego w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Pora roku	Kryterium	Początek	Koniec	Czas trwania
Przedzimie	0,0°C< t ≤ 5,0°C		26.12.2015	
Zima	t ≤ 0,0°C	27.12.2015	01.02.2016	37
Przedwiośnie	0,0°C< t≤ 5,0°C,	02.02.2016	23.03.2016	51
Wiosna	5,0°C< t ≤ 15,0°C	24.03.2016	23.05.2016	61
Lato	t ≥ 15,0°C	24.05.2016	11.09.2016	111
Jesień	5,0°C< t≤ 15,0°C	12.09.2016	25.10.2016	44
Przedzimie	0,0°C< t ≤ 5,0°C	26.10.2016	05.12.2016	11
Zima	t ≤ 0,0°C	06.12.2016		
Okres wegetacyjny	t ≥ 5,0°C	24.03.2016	25.10.2016	216
Okres intensywnej wegetacji	t ≥ 10,0°C	20.04.2016	30.09.2016	164

*-daty pojawów pór roku obliczono metodą rachunkową wg Gumińskiego (1948)

W roku 2016 najdłuższą termiczną porą roku było lato, które trwało 111 dni tj. od 24 maja do 11 września, zaś najkrótszą porą roku było przedzimie (na końcu roku hydrologicznego), które trwało od 26 października 2016 roku do 5 grudnia 2016 roku, czyli 11 dni. Termiczna zima (na początku roku hydrologicznego 2016) zaczęła się 27 grudnia 2015 roku i trwała do 1 lutego 2016 roku, czyli 37 dni. Przedwiośnie trwało 51 dni, od 2 lutego 2016 roku do 23 marca 2016 roku. Wiosna trwała o 10 dni dłużej, czyli 61 dni, od 24 marca do 23 maja. Termiczna jesień zaczęła się 12 września, trwała 44 dni, do 25 października 2016 roku. Udało się również obliczyć początek kolejnej zimy, który wypada na 6 grudnia 2016 roku (Tab. 3.1.3.).

Warunki meteorologiczne w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w 2016 roku na tle okresu 2012-2015

Tab. 3.1.4. Temperatura powietrza (T) i opady atmosferyczne (P) w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w 2016 r. na tle okresu 2012-2015

Rok	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok
T_{2016}	4,3	2,4	-4,2	3,2	3,5	9	13,8	18,3	18,6	17,4	14,7	6,5	9,0
$T_{2012-2015}$	4,1	-0,5	-2,3	-2,1	2,8	8,4	13,6	16,8	19,4	18,7	13,5	8,3	8,4
T_{2016}-$T_{śr}$	0,2	2,9	-1,9	5,3	0,7	0,6	0,2	1,5	-0,8	-1,3	1,2	-1,8	0,6
P_{2016}	76,9	35,4	53,4	64,2	62,5	68,8	64	25,4	81,9	38	35,7	109,1	715,3
$P_{2012-2015}$	29,4	39,1	57,5	18,7	44,4	46,6	118,2	110,8	77,7	47,0	57,8	44,0	691,0
$P_{2016}/P_{2012-2015}{}^{x}100$	261,6	90,5	92,9	343,3	140,8	147,6	54,1	22,9	105,4	80,9	128,8	248,0	103,5

Ryc. 3.1.2. Przebieg roczny temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Stacji Bazowej Roztocze w 2016 roku na tle okresu 2012–2015

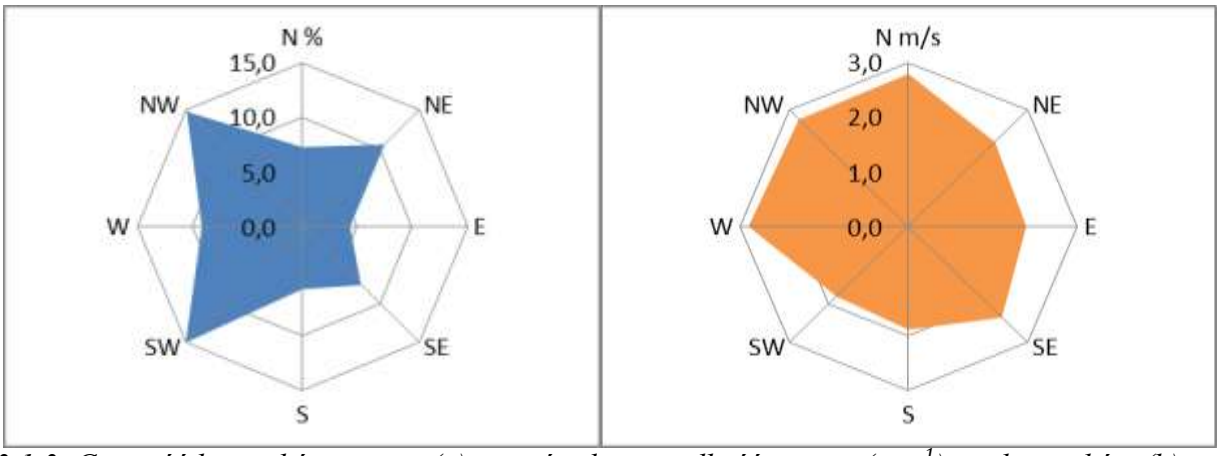
Tab. 3.1.5. Częstość kierunków wiatru i cisz (C) w % w Stacji Bazowej ZMŚP w Roztocze w 2016 roku

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Uwagi
XI	4,2	2,6	1,0	5,1	5,3	15,6	12,2	33,1	21,0	Częstość w %
XII	5,9	2,7	1,7	3,6	3,0	15,5	24,7	24,1	18,8	Częstość w %
I	6,5	4,2	2,6	7,0	7,1	20,3	16,3	16,9	19,2	Częstość w %
II	6,5	3,6	1,0	3,2	7,6	32,9	13,6	22,1	9,5	Częstość w %
III	5,4	11,3	9,0	14,4	2,8	13,2	4,0	18,0	21,9	Częstość w %
IV	10,4	22,5	6,5	2,1	3,1	12,8	5,7	11,5	25,4	Częstość w %
V	6,6	13,7	7,3	17,2	8,9	6,5	2,6	4,8	32,5	Częstość w %
VI	3,8	15,0	4,4	15,7	7,2	11,3	6,7	7,4	28,6	Częstość w %
VII	15,3	12,4	4,7	2,6	2,2	9,1	6,7	15,9	31,2	Częstość w %
VIII	11,2	20,0	1,6	1,3	1,3	13,8	8,3	6,6	35,8	Częstość w %
IX	4,7	11,9	8,9	9,7	2,6	5,3	5,3	8,9	42,6	Częstość w %
X	6,5	7,1	3,4	8,6	17,6	24,3	3,5	9,4	19,6	Częstość w %

Tab. 3.1.6. Częstość kierunków wiatru (N i %) oraz średnia prędkość wiatru (V, $m \cdot s^{-1}$) według kierunków w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w 2016 roku

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Uwagi
N	637	931	382	664	503	1316	802	1304	2245	Liczba pomiarów
%	7,3	10,6	4,3	7,6	5,7	15,0	9,1	14,8	25,6	Częstość w %
V	2,8	2,2	2,1	2,4	1,9	1,8	2,9	2,8		Średnia prędkość wg kierunków

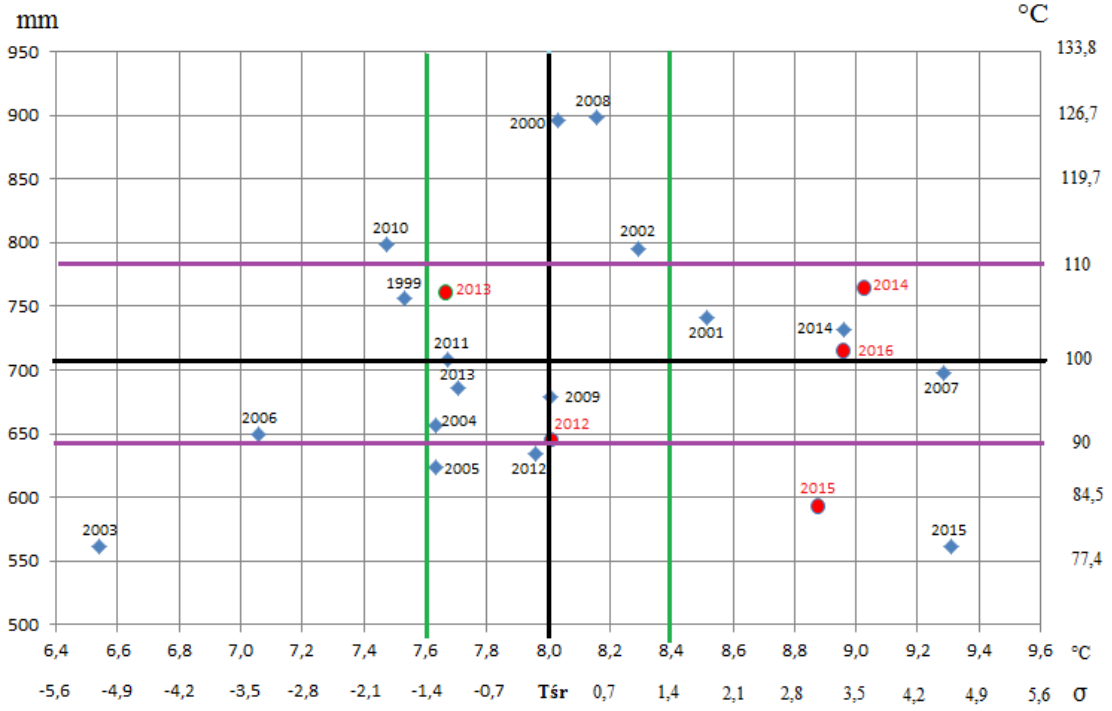
a b



Ryc. 3.1.3. Częstość kierunków wiatru (a) oraz średnia prędkość wiatru (m·s^{-1}) wg kierunków (b) w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w 2016 roku

Klasyfikacja termiczno-opadowa w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w 2016 roku na tle danych ze Zwierzyńca (1999-2015)

Rok 2016, na tle lat 2012-2015 nie należał do wyróżniających się pod względem termiczno-opadowym. Średnia roczna temperatura powietrza wynosząca 9,0 °C klasyfikowała go jako rok ciepły, tak jak lata poprzednie: 2015 i 2014. Roczna suma opadu atmosferycznego, wynosząca 715,3 mm, zaliczyła zaś rok hydrologiczny 2016 do lat normalnych, tak jak rok 2014. Rok 2015 wyróżnił się małą sumą opadów rocznych i był rokiem suchym (Ryc. 3.1.4.).



Ryc. 3.1.4. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w poszczególnych latach w SB Roztocze na tle danych ze Zwierzyńca (1999-2015)

Klasyfikacja termiczna przedstawia rok hydrologiczny 2016 jako rok ciepły, z normalnym termicznie listopadem, kwietniem, majem, lipcem i sierpniem. Ciepłymi miesiącami okazały się: grudzień, czerwiec i wrzesień. Bardzo ciepły był luty, a lekko chłodny okazał się styczeń i październik (Tab. 3.1.7.).

Tab. 3.1.7. Klasyfikacja termiczna w Stacji ZMŚP Roztocze w latach 2012-2016 na podstawie wartości normowych ze stacji meteorologicznej w Zwierzyńcu z okresu 1999-2015

ROK	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ROK
2012	1,7	1,4	-2,7	-8,6	3,7	8,8	14,3	17,0	20,6	17,9	14,1	7,9	8,0
2013	5,1	-3,9	-3,7	-1,2	-2,3	8,1	14,9	17,7	18,1	18,2	11,2	9,8	7,7
2014	5,1	0,6	-2,8	1,0	5,7	9,4	13,2	15,6	20,0	17,5	14,0	9,0	9,0
2015	4,3	0,0	0,2	0,3	4,0	7,3	12,1	16,9	19,0	21,0	14,8	6,6	8,9
2016	4,3	2,4	-4,2	3,2	3,5	9,0	13,8	18,3	18,6	17,4	14,7	6,5	9,0
Średnia	4,1	0,1	-2,6	-1,1	2,9	8,5	13,7	17,1	19,3	18,4	13,8	8,0	8,5

1	EKSTREMALNIE CIEPŁ	7	LEKKO CHŁODNY
2	ANOMALNIE CIEPŁY	8	CHŁODNY (MROŹNY)
3	BARDZO CIEPŁY	9	BARDZO CHŁODNY (B. MROŹNY)
4	CIEPŁY	10	ANOMALNIE CHŁODNY (A. CHŁODNY)
5	LEKKO CIEPŁY	11	EKSTREMALNIE CHŁODNY (E. MROŹNY)
6	NORMALNY		

Klasyfikacja opadowa przedstawia rok hydrologiczny 2016 jako rok normalny, z normalnym pod względem opadu grudniem, styczniem i lipcem. Miesiącami suchymi okazały się: maj, czerwiec, sierpień i wrzesień, zaś szczególnie wilgotnymi miesiącami okazały się: listopad, luty, marzec, kwiecień i październik (Tab. 3.1.8.).

Tab. 3.1.8. Klasyfikacja opadowa (mm) i (%) w Stacji ZMŚP Roztocze w latach 2012-2016 na podstawie wartości normowych ze stacji meteorologicznej w Zwierzyńcu z okresu 1999-2015

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ROK
2012	**1,1**	**47,1**	**37,4**	**22,9**	**29,5**	**42,1**	**73,4**	**130,9**	**66,2**	**89,7**	**32,4**	**72,4**	**645,1**
2013	**22,1**	**38,9**	**88,7**	**26,0**	**53,5**	**53,4**	**150,4**	**196,6**	**47,9**	**9,2**	**65,4**	**9,0**	**761,1**
2014	**77,9**	**16,2**	**55,1**	**18,4**	**52,4**	**35,0**	**144,8**	**88,5**	**101,3**	**82,8**	**48,9**	**43,1**	**764,4**
2015	**16,4**	**54,2**	**48,9**	**7,3**	**42,0**	**55,8**	**104,3**	**27,1**	**95,4**	**6,1**	**84,4**	**51,4**	**593,3**
2016	**76,9**	**35,4**	**53,4**	**64,2**	**62,5**	**68,8**	**64,0**	**25,4**	**81,9**	**38,0**	**35,7**	**109,1**	**715,3**
średnia	**38,9**	**38,4**	**56,7**	**27,8**	**48,0**	**51,0**	**107,4**	**93,7**	**78,5**	**45,2**	**53,4**	**57,0**	**695,8**

do 90%	90%-110%	pow.110%	
			dla roku
do 75%	75%-125%	pow.125%	
			dla miesiąca

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	ROK
2012	2,4	119,8	78,4	61,9	61,1	82,0	85,5	154,8	61,4	135,7	60,2	171,7	90,7
2013	47,6	99,0	186,0	70,3	110,9	104,0	175,3	232,5	44,4	13,9	121,5	21,3	107,1
2014	167,8	41,2	115,5	49,8	108,6	68,2	168,8	104,7	93,9	125,2	90,8	102,2	107,5
2015	35,3	137,9	102,5	19,7	87,0	108,7	121,6	32,1	88,5	9,2	156,7	121,9	83,5
2016	165,6	90,1	112,0	173,6	129,5	134,0	74,6	30,0	76,0	57,5	66,3	258,7	100,6
średnia	83,7	97,6	118,9	75,1	99,4	99,4	125,2	110,8	72,8	68,3	99,1	135,2	97,9

		do 90%		90%-110%		pow.110%							
								dla roku					
		do 75%		75%-125%		pow.125%							
								dla miesiąca					

Zmienność i trend warunków klimatycznych

Średnie roczne ciśnienie atmosferyczne w 2016 roku było o 0,2 °C wyższe niż średnia z badanych pięciu lat (Tab. 3.1.9). Najwyższe ciśnienie atmosferyczne wystąpiło w 2013 roku i wynosiło 1016,2 hPa, najniższe zaś w 2015 roku – 1019,0 hPa. Odchylenie standardowe dla średniego rocznego ciśnienia atmosferycznego wynosi 0,9.

Średnia roczna temperatura powietrza w roku hydrologicznym 2016 jest o 0,5 °C wyższa od średniej z badanego okresu. Najwyższa średnia roczna temperatura została odnotowana w roku 2016 i 2014, zaś najniższa w 2013 roku. Odchylenie standardowe średnich rocznych temperatur powietrza wynosi 0,6 (Tab. 3.1.9.) (Ryc. 3.1.5.).

Średnia roczna wilgotność powietrza w roku 2016 była o 1 % większa niż średnia z badanego okresu. Średnie roczne wartości z lat: 2016, 2013 i 2012 wynoszące 81 % były najwyższą wartością, najniższa została odnotowana w 2015 roku. Odchylenie standardowe wynosi 1,5 (Tab. 3.1.9.).

Roczne sumy opadów znajdują się w przedziale od 593,3 mm w 2015 roku do 764,4 mm w 2014 roku (Tab. 3.1.9.). Roczna suma opadów z 2016 roku jest wyższa od średniej z badanych lat o 19,5 mm, zaś odchylenie standardowe wynosi 67 (Ryc. 3.1.5.).

Średnia prędkość wiatru w 2016 roku była równa średniej z badanych pięciu lat – 1,9 ms^{-1}. Wartość najwyższa wyniosła 2,0 ms^{-1} i została odnotowana w 2015 roku, wartość minimalna wystąpiła w 2013 i 2014 roku i wyniosła 1,8 ms^{-1}. Odchylenie standardowe wyniosło 0,08 (Tab. 3.1.9) (Ryc. 3.1.5.).

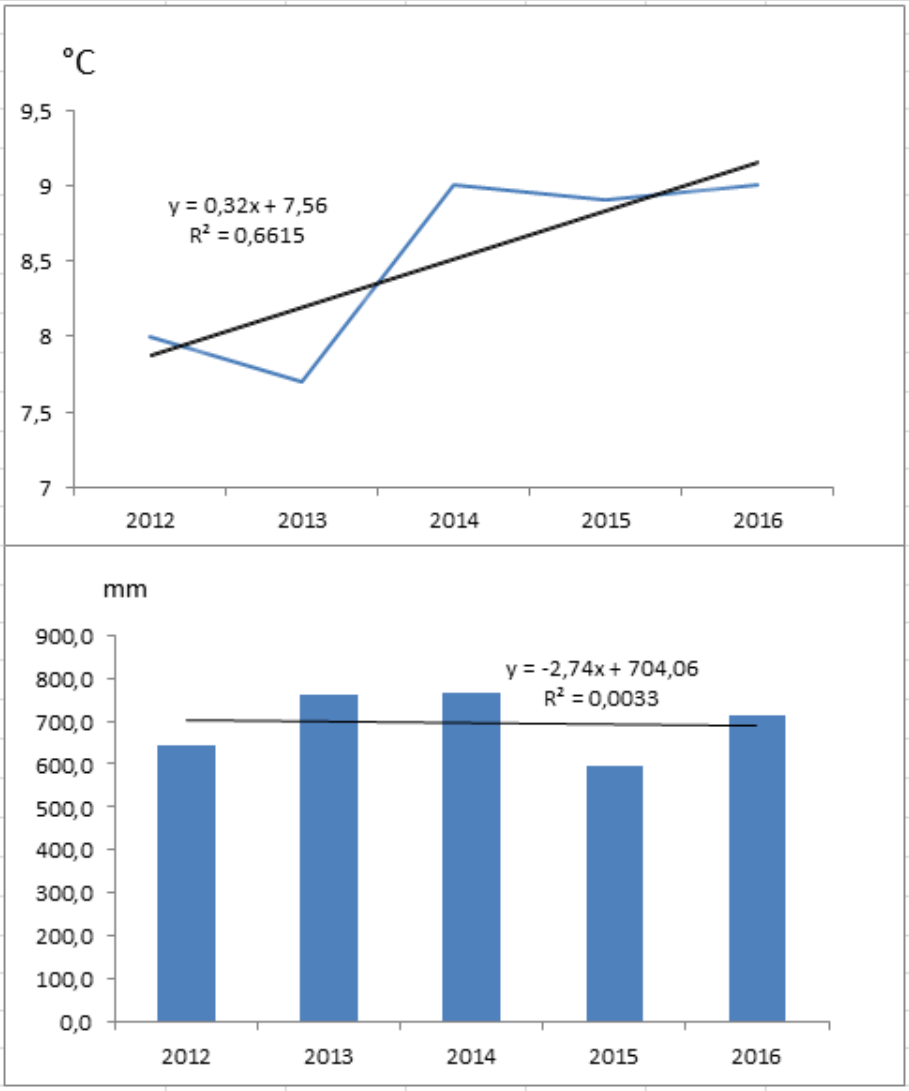
Roczna suma usłonecznienia w 2016 roku była najwyższa w badanym okresie i była wyższa od średniej o 239 h. Roczne sumy usłonecznienia znajdowały się w przedziale od 1777 h w 2013 roku do 2200 h w 2016 roku (Tab. 3.1.9.). Odchylenie standardowe wyniosło 138,5.

Suma promieniowania słonecznego w roku hydrologicznym 2016 była wyższa od średniej o 55 MJm^{-2}. Wartości roczne znajdowały się w przedziale od 3576 MJm^{-2} w 2014 roku do 3939 MJm^{-2} w 2015 roku. Odchylenie standardowe osiągnęło wartość 122,3 (Tab. 3.1.9.).

Tab. 3.1.9. Średnie/sumy wybranych elementów meteorologicznych w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze w latach 2012-2016

Lata	PRES zred.	TA_D	HH	RR_T	WIV	SOL	SOL_T_S
	hPa	°C	%	mm	ms^{-1}	h	MJ m^{-2}
2012	1 017,4	8,0	81	645,1	1,9	1 895	3 835
2013	1 016,2	7,7	81	761,1	1,8	1 777	3 744
2014	1 017,2	9,0	80	764,4	1,8	1 983	3 576
2015	1 019,0	8,9	77	593,3	2,0	1 949	3 939
2016	1 017,7	9,0	81	715,3	1,9	2 200	3 842
2012-2016	1 017,5	8,5	80	695,8	1,9	1 961	3 787
STD	**0,903**	**0,556**	**1,549**	**66,973**	**0,076**	**138,536**	**122,313**

STD – odchylenie standardowe



Ryc. 3.1.5. Przebieg temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Stacji Bazowej Roztocze w okresie 2012-2016

Ekstremalne zjawiska pogodowe

Z analizy danych dotyczących opadu, Stacja odnotowała w 2016 roku dwa opady deszczu o natężeniu opadu α równym 1,5; 1,4 [mm/min^{-1}], kolejno: 18 lipca i 10 sierpnia. Według skali Chomicza, pierwszy był to deszcz ulewny, drugi silny deszcz.

Susza meteorologiczna, czyli brak opadów przez co najmniej 15 dni, nie wystąpiła w 2016 roku.

Bardzo silny wiatr, wiejący z prędkością powyżej 15 m/s (prędkość średnia 10-minutowa) odnotowano od listopada 2015 do października 2016 – 6 razy:

Listopad 2015 – 1 raz (18.11 = 16,1 m/s),
Grudzień 2015 - 1 raz (13.12 = 17,4 m/s),
Styczeń 2016 – 1 raz (30.01 = 16,1 m/s),
Kwiecień 2016 – 1 raz (20.04 = 15,2 m/s),
Czerwiec 2015 – 2 razy (17.04 = 17,3 m/s; 16,8 m/s),

Wszystkie zanotowane prędkości, to wartości do 21 m/s, czyli wiatr bardzo silny. Silniejszych porywów, powyżej 21 m/s nie odnotowano w roku hydrologicznym 2016. W roku 2015 zanotowano silnych porywów o 29 więcej i 1 poryw wiatru charakterystyczny dla gwałtownej wichury lub huraganu.

Absolutne maksimum temperatury powietrza wystąpiło (TA_X) zanotowano 26 czerwca 2016 roku, które wyniosło 33,4 °C. Natomiast absolutne minimum temperatury powietrza (TA_N) o wartości -18,4 °C zanotowano 4 stycznia 2016 (Tab. 3.1.1.).

Skrajne daty przymrozków: pierwszych (jesiennych) – 02 października 2015 roku (-0,8 °C) i ostatnich (wiosennych) – 19 maja 2016 roku (-0,3 °C).

Podsumowanie

Rok hydrologiczny 2016, o średniej rocznej temperaturze powietrza 9,0 ^{o}C, pod względem termicznym okazał się rokiem ciepłym (Tab. 3.1.7.), zaś pod względem opadowym z sumą roczną opadu, wynoszącą 715,3 mm – rokiem normalnym (Tab. 3.1.8.).

Amplituda roczna temperatury powietrza osiągnęła wartość 22,8 ^{o}C, co stanowi drugą (razem z wartością z 2014 roku) najwyższą wartość w badanym okresie. W porównaniu z rokiem 2015, wartość amplitudy jest o 2 ^{o}C większa.

Suma temperatur efektywnych T_{ef}, to wartość, którą oblicza się w okresie intensywnej wegetacji.Pomimo, że okres intensywnej wegetacji był dłuższy w 2016 roku o 11 dni niż 2015 roku, wartość stanowi najniższą sumę w ciągu badanych pięciu lat (969,6 ^{o}C) i w porównaniu z rokiem 2015 jest niższa o 68,7 ^{o}C.

Warunki meteorologiczne występujące w zlewni w 2016 roku, tj znaczne amplitudy temperatur, wahające się od -4,2 ^{o}C w styczniu do 18,6 ^{o}C w lipcu, z sumą opadów atmosferycznych 720 mm oraz wysoką roczną sumą usłonecznienia, wynoszącą 2200 h i 30 % współczynnikiem kontynentalizmu Gorczyńskiego, świadczą o wpływie kontynentalizmu klimatu.

Wskaźnik nierównomierności opadu jest dość niski, co świadczy o równomiernych opadach w ciągu roku.

Pod względem występowania sezonów opadowych w 2016 roku, nie wykazano znacznej różnicy w sumie opadów półrocza letniego i zimowego oraz opadów wiosny i jesieni. Udział opadów półrocza letniego (IV-IX) wynoszący 343,8 mm był wyższy o niecałe 9,6 % w stosunku do opadów półrocza zimowego (X-III), które wynosiły 313,8 mm. Opady jesieni (IX-XI) wynoszące 207,0 mm były większe o niecałe 6,5 % w stosunku do opadów wiosny (III-V) wynoszących 195,3 mm.

Pomiary anemometryczne w roku hydrologicznym 2016 są bardzo zbliżone do poprzednich badanych lat i sugerują występowanie trendu dla rejonu Stacji.

W 2016 roku w Stacji Bazowej Roztocze nie odnotowano ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych, które zasadniczo mogły wpłynąć na stan środowiska przyrodniczego zlewni rzeki Świerszcz.

3.2. ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA – B1

Stacja monitoringu powietrza w Zwierzyńcu Biały Słup funkcjonująca w ramach Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze włączona jest do wojewódzkiego systemu oceny jakości powietrza. Wyniki pomiarów przesyłane są bezpośrednio na serwer stacji centralnej za pomocą systemu CS należącego do Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Lublinie, następnie gromadzone są w bazie danych JPOAT 2.0. Dane ze stacji są na bieżąco prezentowane na Portalu Jakości Powietrza GIOŚ na stronie internetowej*http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/home*.

Analiza zawartości SO2, NO2 i O3 w powietrzu przeprowadzona została na podstawie wyników automatycznych pomiarów gromadzonych od roku 2012. Dodatkowo, w kontekście porównania uzyskanych wyników z pozostałymi stacjami, prowadzone są również pomiary metodą pasywną.

Średnie miesięczne stężeniegłównych substancjizanieczyszczających obliczone dla 2016 roku w porównaniu z wieloleciem 2012-2016, na podstawie wyników z analizatorów Stacji przedstawiono w tab. 3.2.1. i 3.2.1.a.

Tab. 3.2.1. Zanieczyszczenie powietrza, metoda pasywna w Stacji Bazowej Roztocze w 2016 roku

miesiąc	$S\text{-}SO_2$	SO_2	$N\text{-}NO_2$	NO_2
	[$\mu g\ m^{-3}$]			
XI 2015	1,15	2,3	3,9	12,84
XII 2015	1,45	2,9	3,99	13,13
I 2016	2,8	5,6	5,89	19,4
II 2016	1,8	3,6	2,46	8,1
III 2016	1,35	2,7	2,0	6,6
IV 2016	1,1	2,2	1,73	5,7
V 2016	0,95	1,9	1,33	4,4
VI 2016	0,75	1,5	1,61	5,3
VII 2016	0,9	1,8	1,42	4,7
VIII 2016	0,85	1,7	2,03	6,7
IX 2016	1,0	2,0	1,82	6,0
X 2016	1,15	2,3	2,0	6,6
rok 2016				
kompletność [%]	87,7	87,7	95,6	95,6
średnia arytm.	1,27	2,54	2,51	8,28
SD				
MAX	4,95	9,9	23,41	77,02
MIN	0,3	0,6	0,09	0,3
ilość wyników < próg wykrywalności				
wielolecie XXXX-2016				
kompletność [%]	82,0	82,0	85,6	85,6
średnia arytm.	1,47	2,95	2,86	9,44
SD				
MAX	15,5	31,0	23,74	78,3
MIN	0,15	0,3	0,03	0,1
ilość wyników < próg wykrywalności				

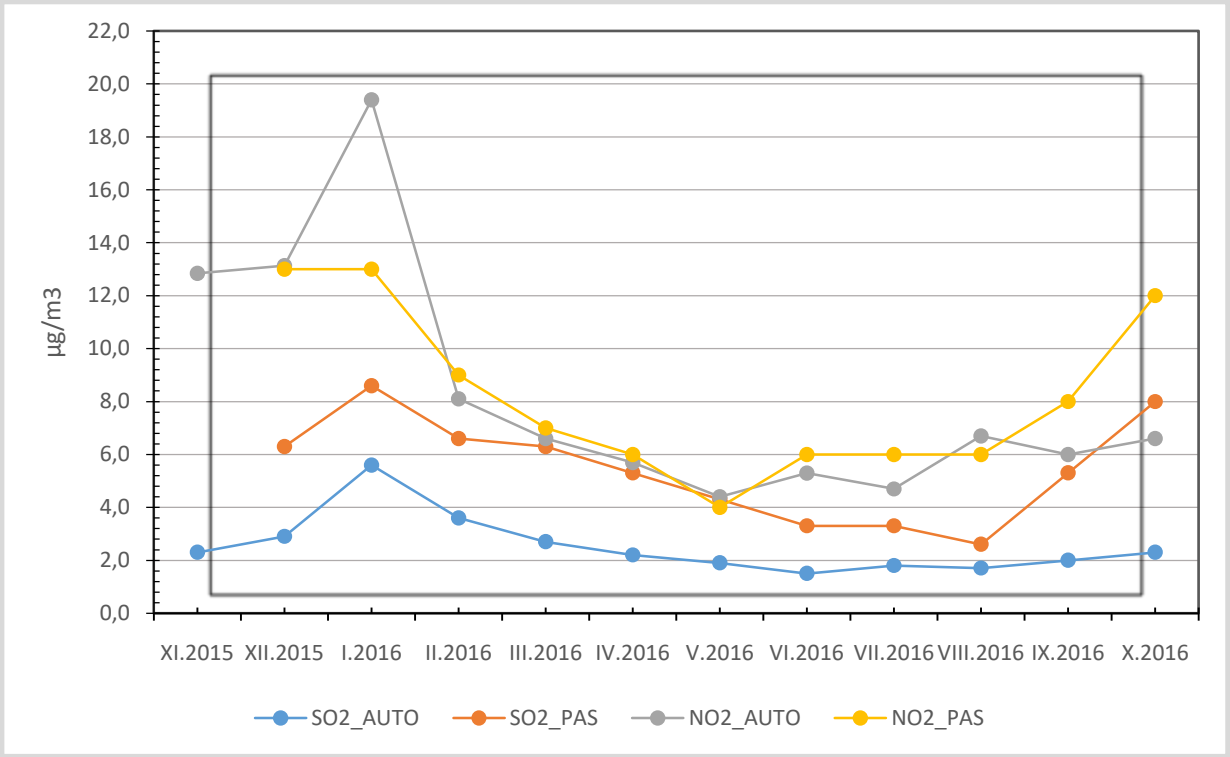
Tab. 3.2.1.a. Średnie roczne stężenia S-SO_2 i N-NO_2 z lat 2012-2016.

Wskaźnik	2012 r.		2013 r.		2014 r.		2015 r.		2016 r.	
	rok hydrologiczny	rok kalendarzowy	rok hydrologiczny	rok kalendarzowy	rok hydrologiczny	rok kalendarzowy	rok hydrologiczny	rok kalendarzowy	rok hydrologiczny	rok kalendarzowy
SO_2 (µg/m^3)	3,63	3,27	3,06	3,06	2,76	2,89	2,65	2,42	2,34	2,75
S-SO_2 (µg/m^3)	1,82	1,64	1,53	1,53	1,39	1,45	1,33	1,21	1,17	1,38
NO_2 (µg/m^3)	9,95	10,54	12,24	12,30	9,12	8,32	7,72	8,73	8,38	7,68
N-NO_2 (µg/m^3)	3,02	3,20	3,7	3,74	2,77	2,53	2,35	2,65	2,79	2,56

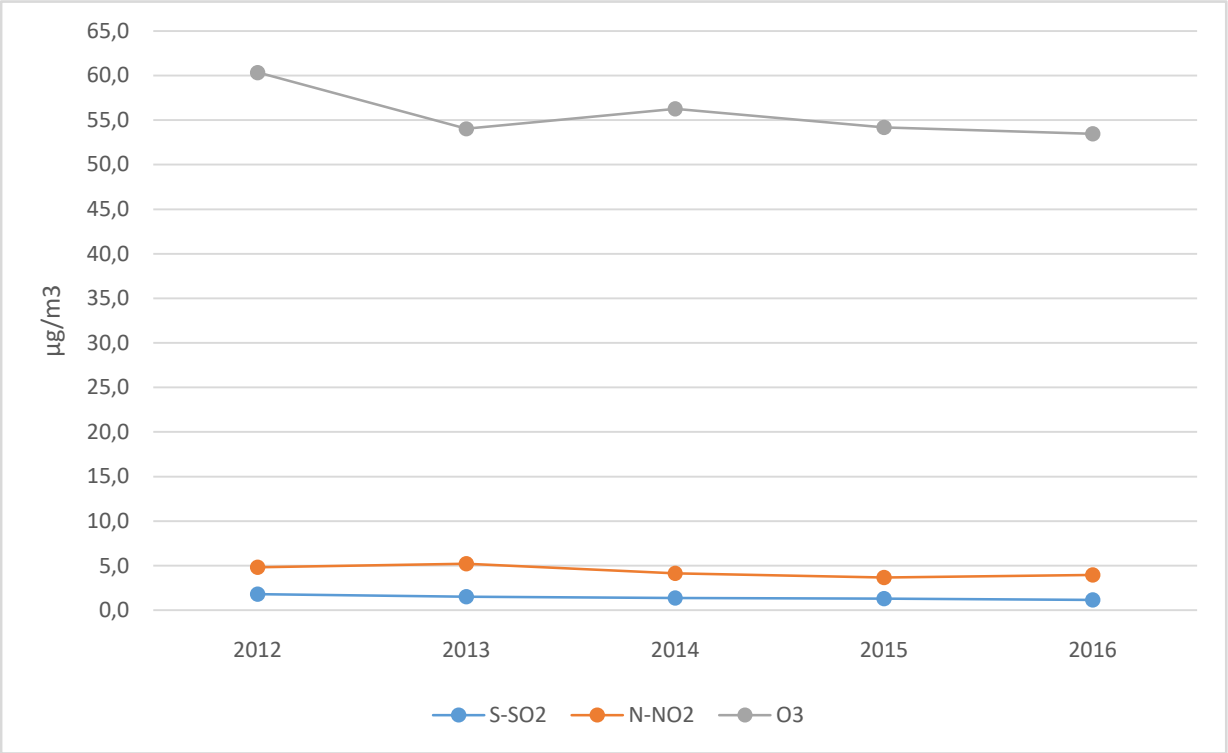
Tab. 3.2.1.b. Średnie roczne stężenia substancji w zlewni Świerszcza w wieloleciu 2012-2016

Rok hydrologiczny	S-SO_2	SO_2	N-NO_2	NO_2	O_3
	µg·m^{-3}	µg·m^{-3}	µg·m^{-3}	µg·m^{-3}	µg·m^{-3}
2012	1,82	3,06	3,02	9,9	55,50
2013	1,53	2,76	3,72	12,24	48,80
2014	1,38	2,65	2,77	7,72	52,20
2015	1,33	2,34	2,35	8,38	56,40
2016	1,17	2,34	2,54	8,38	49,50

Miesięczny rozkład zanieczyszczeń w roku hydrologicznym przedstawiono na ryc. 3.2.1. Zaznacza się stały przebieg tego rozkładu, wynikający z emisji lokalnej związanej z sezonem grzewczym: wzrost stężeń od listopada, trwający do lutego, następnie spadek do wartości minimalnych i ponowny wzrost jesienią.



Ryc. 3.2.1. Średnie miesięczne stężenia SO_2 i NO2 w 2016 roku w Stacji Bazowej Roztocze (dla metod pasywnej PAS, automatycznej AUTO)



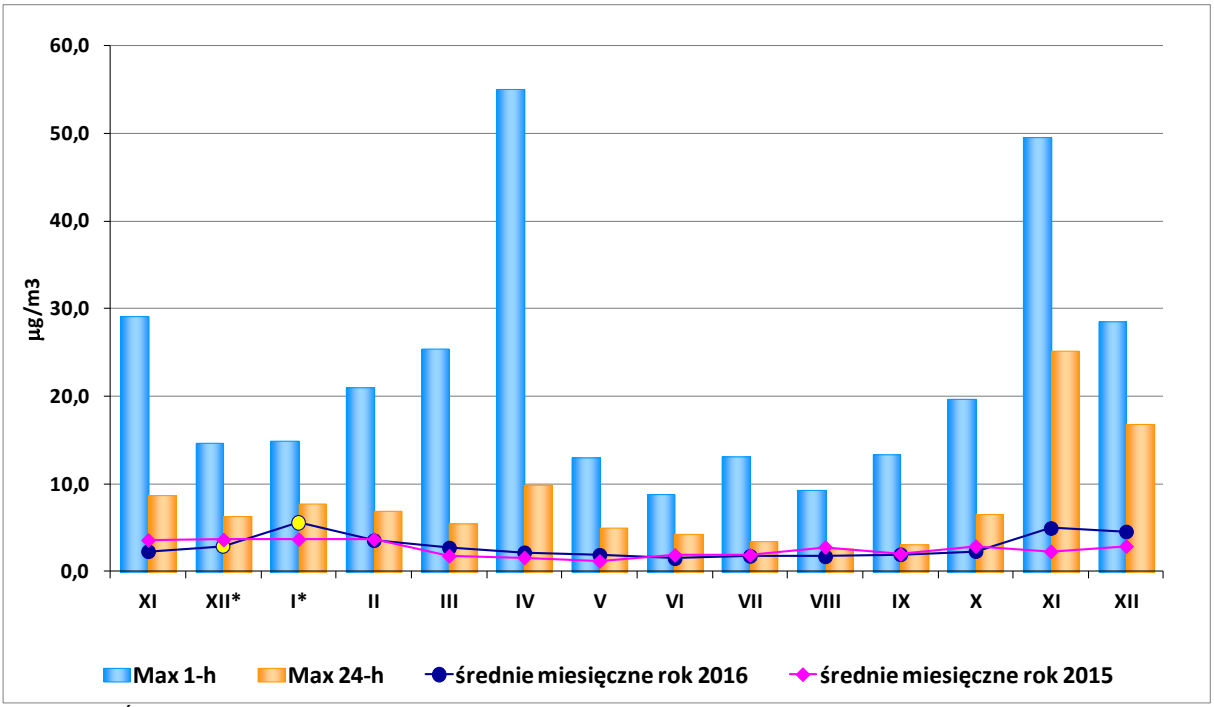
Ryc. 3.2.2. Średnie roczne stężenia S-SO_2 , N-NO_2 i innych zanieczyszczeń w latach 2012-2016 w Stacji Bazowej Roztocze

Dwutlenek siarki

Zestawienie parametrów wyznaczonych z pomiarów dwutlenku siarki w okresie 01.11.2015 – 31.12.2016 r. przedstawia tab. 3.2.2.

Tab. 3.2.2. Średnie miesięczne, maksymalne, minimalne i roczne stężenia SO_2 w Stacji Roztocze w 2016 roku (hydrologicznym i kalendarzowym).

Parametr		2015 r.		2016 r.												**Rok hydr**	**Rok 2016**
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Ilość wyników 1h		710	137	301	694	742	718	743	719	741	743	719	739	694	743	**7706**	**8296**
Kompletność %		98,6	18,4	40,5	99,7	99,7	99,7	99,9	99,9	99,6	99,9	99,9	99,3	96,4	99,9	**87,7**	**94,4**
Średnia [µg/m^3]		2,3	2,9	5,6	3,6	2,7	2,2	1,9	1,5	1,8	1,7	2,0	2,3	5,0	4,6	**2,3**	**2,8**
Max [µg/m^3]	1-h	29,1	14,7	14,9	21,0	25,5	55,1	13,0	8,8	13,1	9,3	13,4	19,7	49,5	28,5	**55,1**	**55,1**
	24-h	8,8	6,3	7,7	6,9	5,4	9,9	5,0	4,3	3,4	2,6	3,1	6,6	25,2	16,9	**9,9**	**25,2**
Min [µg/m^3]	1-h	0,0	0,2	1,9	0,0	1,3	0,5	0,6	0,3	0,9	0,6	0,9	0,5	1,3	1,4	**0,0**	**0,0**
	24-h	0,6	1,1	2,9	1,5	1,6	1,0	1,1	0,8	1,4	1,3	1,3	0,7	1,7	2,0	**0,6**	**0,8**



Ryc. 3.2.3. Średnie miesięczne i maksymalne stężenia dwutlenku siarki w Stacji Roztocze w okresie od 01.11.2015 r. do 31.12. 2016 r.

Rozporządzenie Ministra Środowiska,określa wartości poziomów dopuszczalnych dla dwutlenku siarki ze względu na ochronę zdrowia ludzi dla czasu uśredniania stężeń wynoszącego 1 godzinę i 24 godziny oraz ze względu na ochronę roślin dla roku kalendarzowego i pory zimowej.

W roku 2016 stężenia SO_2 osiągnęły niski poziom. Najwyższe stężenie 1-godzinne SO_2w roku 2016wystąpiło03.04.2016 r. godz.10:00i wyniosło 55,1µg/m^3 (15,7% poziomu dopuszczalnego ze względu na ochronę zdrowia ludzi. Poziom dopuszczalny ze względu na ochronę zdrowia ludzi określony dla stężenia 1-godzinnego wynosi 350µg/m^3 z możliwością przekraczania go przez 24 razy w roku. Najwyższą wartość stężenia 24-godzinnego dwutlenku siarki wynoszącą 25,1µg/m^3 (20,0% poziomu dopuszczalnego ze względu na ochronę zdrowia ludzi)zarejestrowano 23.11.2016r.Poziom dopuszczalny ze względu na ochronę zdrowia ludzi określony dla stężenia średniodobowego wynosi 125 µg/m^{3}z możliwością przekraczania go przez 3 dni w roku. Dotrzymane zostały zatem dopuszczalne poziomy określone dla ochrony zdrowia. Zarówno stężenia średnie miesięczne jak i średnie roczne dwutlenku siarki utrzymały się na poziomie stężeń w roku poprzednim (Ryc. 3.2.3.).

Stacja Monitoringu Powietrza w Białym Słupie spełnia kryteria lokalizacyjne dla celu oceny ze względu na ochronę roślin. Stężenie średnie dla roku kalendarzowego 2016 wyniosło 2,75µg/m^3,(13,7% poziomu dopuszczalnego określonego ze względu na ochronę roślin). Stężenie średnie dla pory zimowej wyniosło 3,13µg/m^3 (15,7% poziomu dopuszczalnego określonego ze względu na ochronę roślin). Poziom dopuszczalny ze względu na ochronę roślin określony dla roku kalendarzowego i pory zimowej (1.X-31.III) wynosi 20µg/m^3. Dotrzymany był więc dopuszczalny poziom określony dla ochrony roślin.

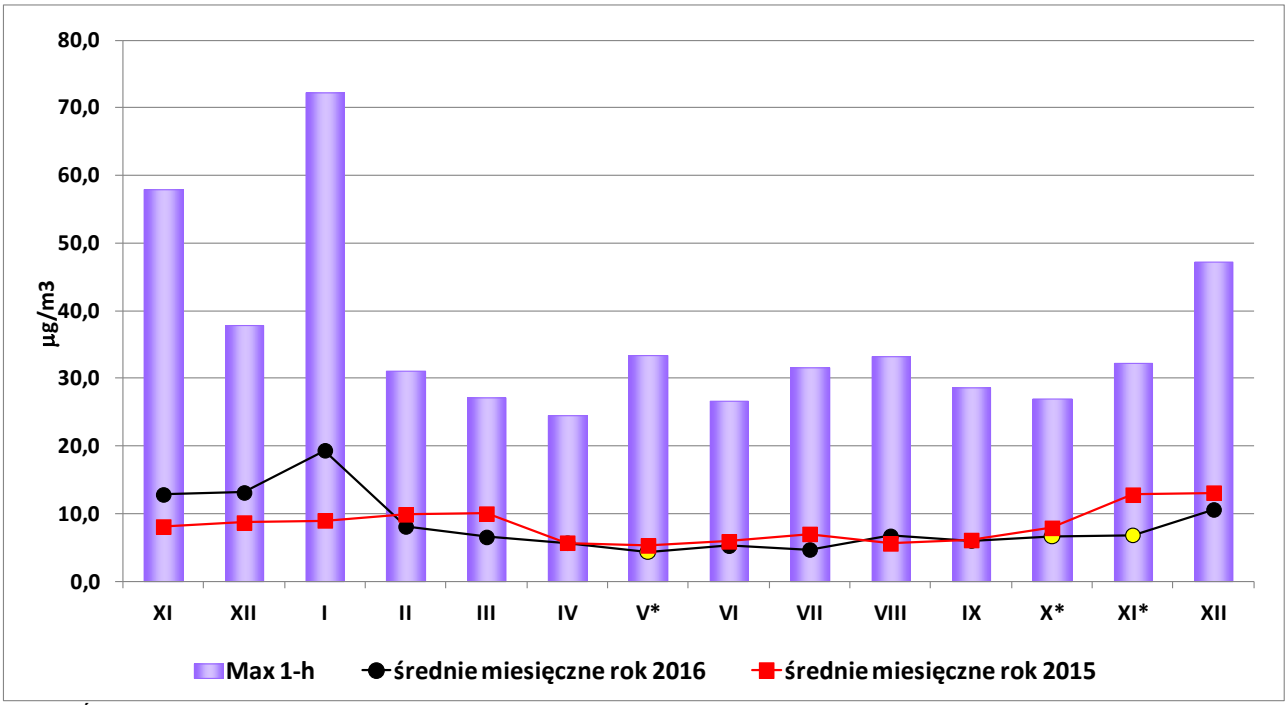
Stężenie średnie dla roku hydrologicznego w Białym Słupie wyniosło 2,34µg/m^3 i było porównywalne ze średnią dla roku kalendarzowego.

Dwutlenek azotu

Zestawienie parametrów wyznaczonych z pomiarów dwutlenku azotu w okresie 01.11.2015 – 31.12.2016 r.przedstawia tab. 3.2.3. oraz ryc. 3.2.4.

Tab. 3.2.3. Średnie miesięczne, maksymalne, minimalne i roczne stężenia NO_2 w Stacji Roztocze w 2016 roku (hydrologicznym i kalendarzowym).

Parametr	2015 r.		2016 r.												Rok hydr	Rok 2016
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X*	XI*	XII		
Ilość wyników 1h	710	731	742	666	742	718	634	719	741	743	719	510	370	743	**8374**	**8047**
Kompletność %	98,6	98,3	99,7	95,7	99,7	99,7	85,2	99,9	99,6	99,9	99,9	68,5	51,4	99,9	**95,6**	**91,6**
Średnia [µg/m^3]	12,84	13,13	19,4	8,1	6,6	5,7	4,4	5,3	4,7	6,7	6,0	6,6	6,7	10,6	**8,4**	**7,7**
Max 1h [µg/m^3]	58,02	37,90	72,2	31,1	27,2	24,5	33,5	26,7	31,6	33,3	28,6	27,1	32,3	47,3	**77,2**	**77,2**
Min 1h [µg/m^3]	2,91	2,51	2,4	1,4	0,6	0,7	0,3	0,6	0,3	1,4	0,9	1,3	1,2	0,5	**0,3**	**0,3**



Ryc. 3.2.4 Średnie miesięczne i maksymalne stężenia dwutlenku azotu w Stacji Roztocze w okresie od 01.11.2015 r. do 31.12. 2016 r.

Rozporządzenie Ministra Środowiska[1] określa poziomy dopuszczalne dla dwutlenku azotu ze względu na ochronę zdrowia ludzi dla czasu uśredniania stężeń wynoszącego 1 godzinę oraz dopuszczalną częstość przekraczania tej wartości oraz dla roku kalendarzowego.

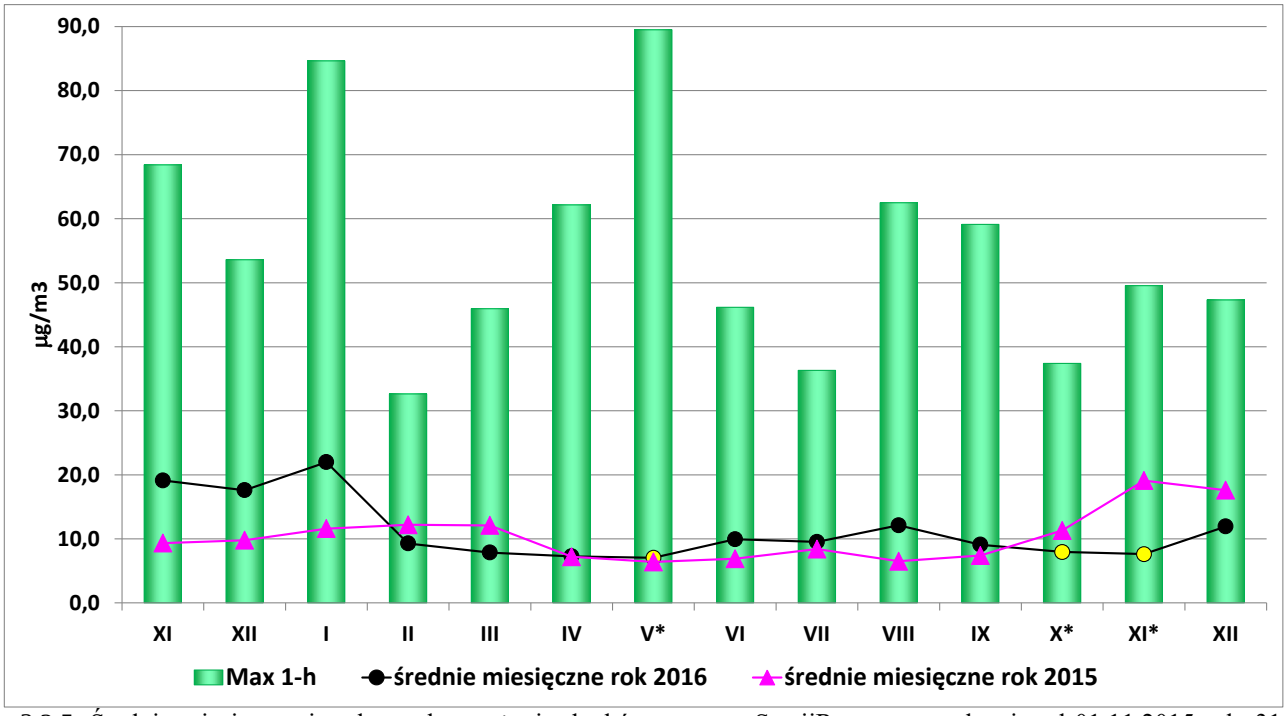
Wartości stężeń dwutlenku azotu uzyskane w roku 2016 potwierdzają utrzymanie dobrej jakości powietrza. Najwyższe stężenie 1-godzinne NO_2w roku 2016 wyniosło 72,2µg/m^3 (36,1% poziomu dopuszczalnego) w dniu 26.01.2016 r. godz. 21:00.Stężenie średnie roczne wyniosło 7,7µg/m^3 (19,3% poziomu dopuszczalnego). Poziom dopuszczalny ze względu na ochronę zdrowia ludzi określony dla stężenia 1-godzinnego wynosi 200µg/m^3 z możliwością przekraczania go 18 razy w ciągu roku i 40µg/m^{3}dla roku kalendarzowego, dotrzymane zostały kryteria dla poziomów dopuszczalnych. Stężenia średnie miesięczne w roku 2016 były porównywalne z rokiem 2015.

Tlenki azotu

Zestawienie parametrów wyznaczonych z pomiarów tlenków azotu w okresie 01.11.2015 – 31.12.2016 r. przedstawia tab. 3.2.4. oraz ryc. 3.2.5.

Tab. 3.2.4. Średnie miesięczne, maksymalne, minimalne i roczne stężenia NO_x w Stacji Roztocze w 2016 roku (hydrologicznym i kalendarzowym).

Parametr	2015 r.		2016 r.												Rok hydr	Rok 2016
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X*	XI	XII		
Ilość wyników 1h	710	731	742	666	742	718	634	719	741	743	719	510	370	743	**8374**	**8047**
Kompletność %	98,6	98,3	99,7	95,7	99,7	99,7	85,2	99,9	99,6	99,9	99,9	68,5	51,4	99,9	**95,6**	**91,6**
Średnia [µg/m^3]	19,1	17,6	22,0	9,3	7,9	7,3	7,0	9,9	9,5	12,1	9,1	8,0	7,6	11,9	**11,7**	**10,4**
Max 1h [µg/m^3]	68,4	53,6	84,7	32,6	45,9	62,2	89,5	46,2	36,3	62,5	59,1	37,4	49,5	47,3	**89,5**	**89,5**
Min 1h [µg/m^3]	7,1	3,0	2,6	2,0	1,5	1,3	0,7	2,0	2,2	2,4	1,1	1,5	1,3	0,7	**0,7**	**0,7**



Ryc. 3.2.5. Średnie miesięczne i maksymalne stężenia tlenków azotu w StacjiRoztocze w okresie od 01.11.2015r. do 31.12. 2016 r.

Poziom dopuszczalny dla tlenków azotu (NOx), jako wskaźnika oceny jakości powietrza dla kryterium ochrony roślin, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska[1] określony jest dla roku kalendarzowego i wynosi 30 µg/m^3.

Stężenie średnie roczne NO_x wynosiło 10,4µg/m^3 , tj. 34,7% poziomu dopuszczalnego przewidzianego dla kryterium ochrony roślin. Stężenie średnie dla roku hydrologicznego wynosiło 11,7µg/m^3. Zostały dotrzymane obowiązujące standardy dla kryteriów ochrony roślin.

Ozon

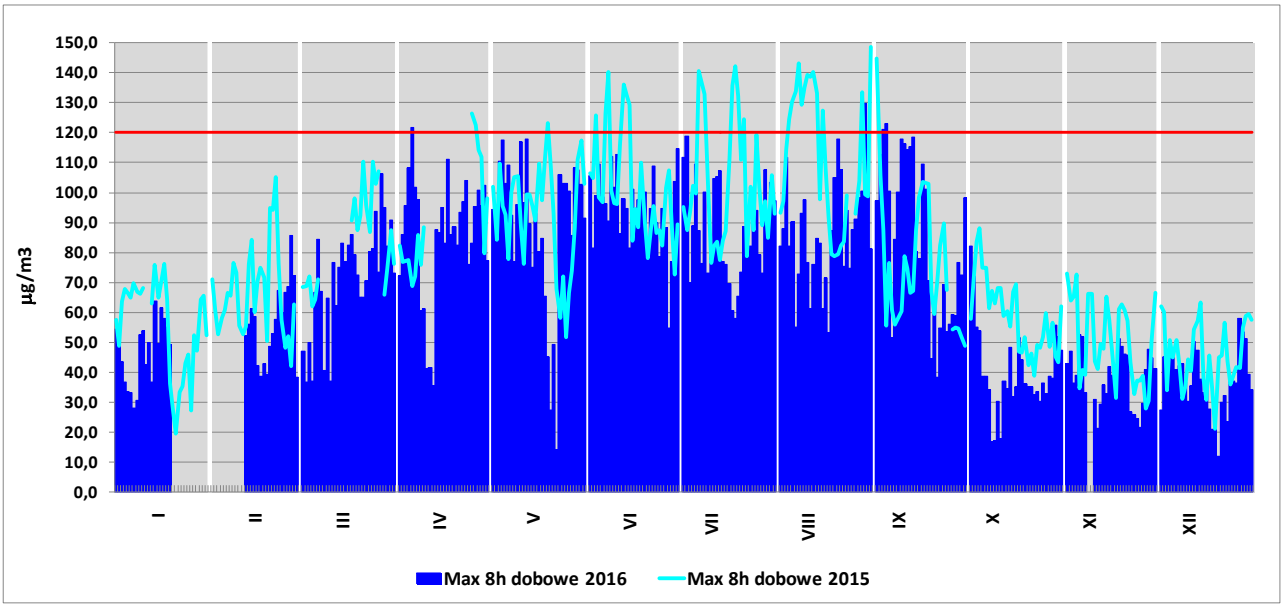
Rozporządzenie Ministra Środowiska[1], jako standard jakości powietrza, określa poziom docelowy w wysokości 120 µg/m^3 wraz z dopuszczalną częstością przekroczeń wynoszącą 25 dni (średnia z 3 kolejnych lat) oraz poziom celu długoterminowego równy 120 µg/m^3 z terminem osiągnięcia w 2020 r.

Zestawienie parametrów wyznaczonych z pomiarówozonu w okresie 01.11.2015 – 31.12.2016 r. przedstawia tab. 3.2.5. oraz ryc. 3.2.4.

Tab. 3.2.5. Średnie miesięczne i roczne, maksymalne 8-godzinne stężenia O_3 oraz liczba dni ze stężeniami maksymalnymi 8-godzinnymi wyższymi od 120 µg/m^3 w Stacji Roztocze w roku 2016 hydrologicznym i kalendarzowym.

Wyszczególnienie		2015 r.		2016 r.												Rok hydr	Rok 2016
		XI	XII	I*	II*	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Ilość pomiarów 1h		711	731	467	444	743	718	743	719	741	743	719	739	690	743	8218	8209
Kompletność %		98,8	98,3	62,8	66,1	99,9	99,7	99,9	99,9	99,6	99,9	99,9	99,3	95,8	99,9	93,6	93,5
Średnia [µg/m^3]		38	34,6	35,7**	42,5**	52,4	63	58,7	67	59,8	56,2	49,2	28,7	29,3	30,1	49,5	48,3
Max 8h [µg/m^3]	8h	72,8	63,3	63,8	85,6	106,4	121,7	117,9	114,8	118,7	129,7	123,2	82,0	52,3	57,8	129,7	129,7
L.d. >120 [µg/m^3]	>120	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	4	4

) – awaria analizatora,* *- średnia z serii pomiarowej nie spełniającej wymagań kompletności***



Ryc. 3.2.4. Maksima ośmiogodzinne dobowe O_3 na Stacji Roztocze w 2015i 2016roku.

Łączna liczba dni z przekroczeniami wartości 120 µg/m^3 w miesiącach letnich tj. od kwietnia do sierpniaw 2016 r. wyniosła 4 i była niższa o 26 od liczby z roku 2015. Większość były to dni o średniej dobowej temperaturze powyżej 20^{o}C orazwysokiej wartości usłonecznienia (SOL_P). W miesiącach chłodniejszych zanieczyszczenie powietrza ozonem było mniejsze. Najwyższą wartość średniej 8-h kroczącej zanotowano w dniu 29.08.2016 r. wynosiła 129,7µg/m^{3}i była o 13% niższa od maksymalnej wartości z roku 2015, natomiast najwyższe stężenie 1-h wystąpiło 29.08.2016 r. o godz. 17:00 wyniosło 138,5µg/m^{3}i było o 12,5% niższe od najwyższego stężenia z roku poprzedniego.

Poziom docelowy oraz poziom celu długoterminowego ozonu w powietrzu dla kryterium ochrony zdrowia określony jest jako maksymalna średnia ośmiogodzinna spośród średnich kroczących obliczanych ze średnich jednogodzinnych w ciągu doby.Poziom docelowy uznaje się za dotrzymany, jeśli liczba dni przekraczających wartość 120 µg/m^3, uśredniona w ciągu kolejnych trzech lat, wynosi nie więcej niż 25. Liczba dni z przekroczeniami wartości 120 µg/m^3 w Stacji Roztocze uśredniona z lat 2014-2016 wyniosła13. Została dotrzymana dopuszczalna częstość przekroczeń, co świadczy o dotrzymaniu poziomu docelowego.

Poziom celu długoterminowego jest dotrzymany, jeżeli nie występują dni ze stężeniami o wartościach powyżej 120 µg/m^3. Termin osiągnięcia poziomu celu długoterminowego O_3 w powietrzu określono na 2020 r. Uzyskane wyniki pomiarów odniesione do drugiego kryterium jakim jest poziom celu długoterminowego świadczą o przekroczeniu poziomu długoterminowego.

Wskaźnikiem oceny jakości powietrza dla ozonu pod kątem ochrony roślin jest parametr AOT40. Jego wartość oblicza się ze stężeń 1-godzinnych, jako sumę różnic pomiędzy stężeniem średnim 1-godzinnym, a wartością 80 µg/m^3, dla każdej godziny w ciągu doby pomiędzy godziną 8:00 a 20:00 czasu środkowoeuropejskiego, dla której stężenie jest większe niż 80 µg/m^3. Wartość tę traktuje się jako dotrzymaną, jeżeli nie przekracza jej średnia z takich sum obliczona dla okresów wegetacyjnych z pięciu kolejnych lat. W przypadku braku danych pomiarowych z pięciu lat dotrzymanie tej wartości sprawdza się na podstawie danych pomiarowych z co najmniej trzech lat.

W Stacji Roztocze średnia wartość parametru AOT40 wyznaczona na podstawie serii pomiarowych z lat 2013-2016wyniosła14 563µg/m^3h (85,3% poziomu docelowego).
Wartości AOT40 z ww. lat nie przekraczają poziomu docelowego (18000µg/m^3h), natomiast przekraczają poziom celu długoterminowego (6000µg/m^3h) o 143%. Zatem zarówno dla kryteriów ochrony zdrowia jak również ochrony roślin dotrzymane jest kryterium poziomu docelowego, natomiast nie jest dotrzymany poziom celu długoterminowego.

Średnie roczne stężenie poszczególnych substancji obliczone dla wielolecia 2012-2016, na podstawie wyników z analizatorów Stacji wyniosło: S-SO2 – 1,45 µg*m-3, N-NO2 – 2,88 µg*m-3, O3 – 52,5 µg*m-3 (Tab. 3.2.1., 3.2.1.a.).

Średnie roczne stężenie S-SO2 w okresie 2012-2016 kształtowało się na poziomie ok. 1,5 µg*m-3 i charakteryzowało się małym zróżnicowaniem wartości (1,17-1,82). Najwyższy poziom osiągnęło w roku 2012 (1,82 µg*m-3), zaś najniższy w roku badawczym (1,17 µg*m-3).

Średnie roczne stężenie N-NO2 osiągnęło w badanym okresie wartość poniżej 3 µg*m-3, osiągając wartość maksymalną w roku 2013 (3,72 µg*m-3). Najniższe wartości natomiast odnotowano w roku 2015 (2,35 µg*m-3). Po maksimum w 2013, stężenia N-NO2 maleją do wartości średnich.
Średnie roczne stężenie O3 w latach 2012-2016 wyniosło 51,28 µg*m-3 i wykazuje niewielkie wahania w poszczególnych latach (48,80-55,50 µg*m-3).

3.3. CHEMIZM OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH – C1

Substancje atmosferyczne pochodzące z lokalnych i dalekich ognisk emisji przedostają się do podłoża głównie w postaci opadu mokrego i suchego. Program pomiaru chemizmu opadów atmosferycznych w Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Roztocze realizowany jest od listopada 2011 roku. Wody opadu mokrego zbierano w interwale tygodniowym, kolektorem opadu firmy Eigenbrodt typu „wet only", który został zainstalowany w ogródku automatycznej stacji pomiaru zanieczyszczeń powietrza. Po wymianie czujnika opadu otwierającego kolektor, istotnie zwiększyła się bezwładność układu, skutkując znacznym obniżeniem ilości chwytanego opadu mokrego. Próbki tygodniowe opadu mokrego zlewane były (po pomiarze przewodności elektrolitycznej właściwej – COND i pH) do pojemnika polietylenowego i przechowywane w chłodziarce laboratoryjnej (w temperaturze 4^oC).

Próbki opadu całkowitego pobierano metodą „bulk" z tygodniowych opadów atmosferycznych, standardowym kolektorem, umieszczonym w ogródku automatycznej stacji pomiaru zanieczyszczeń powietrza na Białym Słupie. Po pomiarze COND i odczynu zlewane były do pojemnika i przechowywanego w chłodziarce laboratoryjnej (temperatura 4^oC).

W sumarycznych próbkach miesięcznych z obu kolektorów wykonywano badania właściwości fizyczno-chemicznych zebranych wód w laboratorium Stacji Roztocze. W próbkach określono stężenia podstawowych kationów i anionów, a na ich podstawie obliczono ładunki zanieczyszczeń wprowadzonych do podłoża z opadem mokrym i całkowitym (Tab. 3.3.1. - 3.3.5.).

Kształtowanie właściwości fizykochemicznych wód opadowych zachodzi pod wpływem naturalnych i antropogenicznych substancji krążących w atmosferze. Wyniki badań wód z opadu mokrego w stacji Roztocze wskazują na przewagę opadów słabo kwaśnych (średnia pH – 4,86), które wg klasyfikacji Jansen Block, Knaack, mieszczą się przeważnie w przedziale wód o odczynie: lekko obniżonym - 36%, normalnym - 32%, znacznie obniżonym - 25%, znacznie podwyższonym - 4% i silnie obniżone 2%. W przypadku wód zbieranych jako opad całkowity (średnia pH – 4,99), dominowały wody o odczynie: normalnym - 40%, lekko obniżonym - 19%, o odczynie lekko podwyższonym i znacznie obniżonym stanowiły po15%, znacznie podwyższonym po 8% i silnie obniżonym 2% (Ryc. 3.3.3.). W półroczu zimowym odczyn opadów wyniósł 4,69 (średnia wartość pH) i był niższy niż w półroczu letnim - średnia wartość pH: 5,73. Zazwyczaj wody z opadu całkowitego miały wyższy odczyn niż wody z opadu mokrego, podobna relacja zachodziła w przypadku COND (Ryc. 3.3.5.).

Stosunkowo niską zawartość w wodach opadu mokrego i całkowitego miały rozpuszczone jony nieorganiczne. Przewodność elektrolityczna właściwa (COND), będąca wskaźnikiem syntetycznym rozpuszczonych jonów w wodzie, zazwyczaj nie przekraczała 2,5 mS/m. Najwyższe wartości notowano w próbkach z dużym udziałem zanieczyszczeń stałych z Afryki Północnej. W ocenie przekształcenia opadów atmosferycznych wg klasyfikacji Jansen, Block, Knaack na podstawie COND, frekwencja wód w opadzie mokrym przedstawiała się następująco: nieznaczne podwyższone 58%, lekko podwyższone 42%. W wodach zbieranych jako opad całkowity frekwencja COND była następująca w grupie: nieznaczne 25%, lekko podwyższone 67%, znacznie podwyższone 8%. Najwyższe wartości notowano w marcu (pyły Sahary) oraz w grudniu i wrześniu, kiedy opady były najniższe.

Zawartość wagowa poszczególnych jonów wykazywała zazwyczaj następujący układ stężeń: w wodach opadu mokrego NO_3>SO_4>Ca>NH_4>Cl>Na>K>Mg>H, natomiast w wodach opadu całkowitego SO_4>NO_3> Ca>NH_4>Cl> K> Na> Mg>H. Typowa zawartość oznaczonych kationów w opadzie całkowitym nie przekraczała łącznie zazwyczaj 3,5 mg/dm^3, z tego jony wapniowe stanowiły około 53 %,

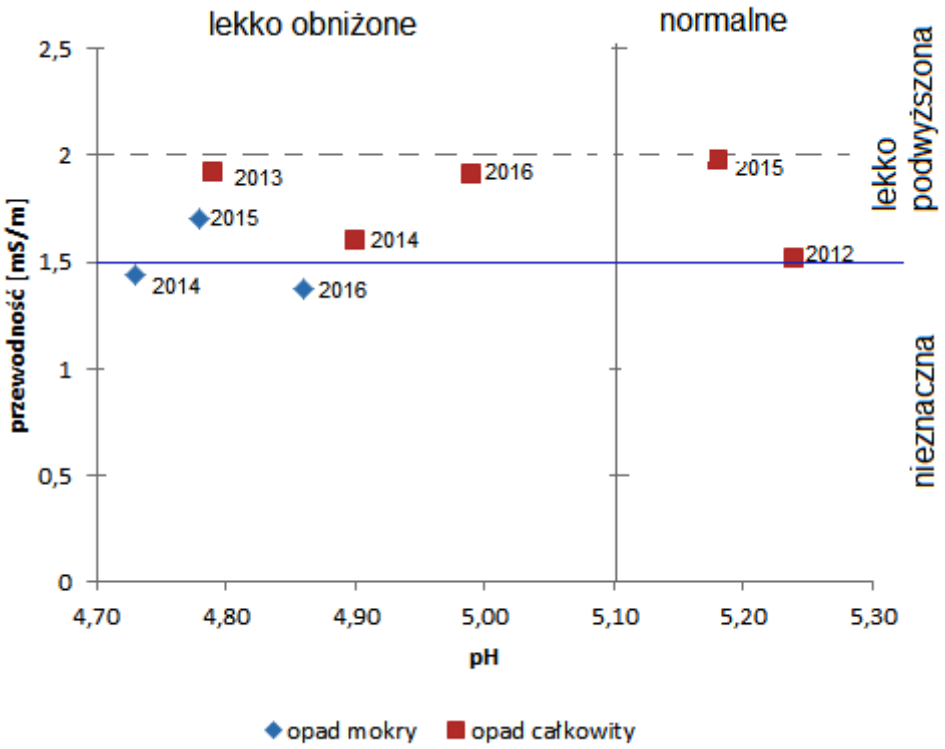
amonowe 23%, potasowe 12%,sodowe 10%, magnezowe 2%. Łączna wagowa zawartość anionów (bez jonu HCO_3)nie przekraczała z reguły 6 mg/dm^3. Jony azotanowe i siarczanowe stanowiły prawie 90% sumy wagowej anionów. Spośród badanych form azotu mineralnego, stężenie jonów azotanowych nie przekraczało przeważnie 0,9 mgN-NO_3/dm^3, a jonu amonowego 1,1mgN-NH_4/dm^3.

Udział procentowy głównych jonów obliczony ze stężeń równoważnikowych w opadzie mokrym i całkowitym (Ryc. 3.3.2.) w roku hydrologicznym 2016 wskazywał na dominację wśród kationów jonu wapniowego i amonowego, natomiast wśród anionów jony Cl, SO_4,NO_3 miały zbliżony udział procentowy.

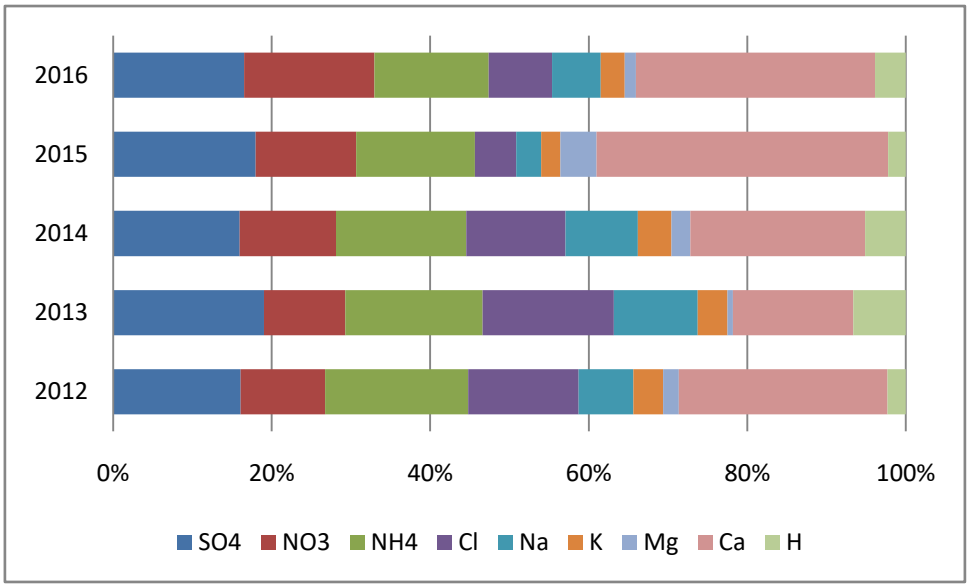
Łączny ładunek pierwiastków wniesiony do podłoża wraz opadem całkowitym, w roku hydrologicznym 2016, osiągnął wartość 4824 mg/m^2 i był znacznie wyższy (18%) od wartości średniej za okres 2012 - 2015, przy sumie opadów również wyższej o18%. Rozkład procentowy pierwiastków docierających do podłoża w formie mineralnej wraz z opadem całkowitym przedstawiał się następująco: wapń 32%, azot 23%, siarka 14%, chlor 15%, potas 8%, sód 6%, magnez 1% i wodór 0,1% i wyraźnie odbiegał od wcześniejszych pomiarów z roku 2015. W stosunku do wartości średniej za okres 2012 – 2015 nie odnotowano istotnych zmian. Łączny ładunek pierwiastków dostarczony z opadem mokrym wyniósł 2827 mg/m^2 i stanowił prawie 60% ładunku opadu całkowitego, a rozkład pierwiastków był następujący: azot 28%, wapń 28%, siarka 17%, chlor 17%, sód 5%, potas 4%, magnez 1% i wodór<1%. Wartości ładunku pierwiastków były zbliżone do średniej z lat 2014-2015. Dostawa pierwiastków do podłoża była w miarę równomierna w przeciągu roku i proporcjonalna do wielkości opadów za wyjątkiem wyraźnego wzrostu ładunku chlorków sodu, potasu i magnezu w marcu (pyły Sahary) (Ryc. 3.3.8., Tab. 3.3.3., Tab. 3.3.5.).

Wśród wskaźników o antropogenicznym pochodzeniu, stosunkowo duże stężenie oraz wysoki poziom depozycji wykazywał azot (jako N-NH_4+N-NO_3) i siarka (jako S-SO_4). Ich obecność w wodach można interpretować jako efekt emisji zanieczyszczeń o charakterze gazowym dalekiego zasięgu oraz miejscowego krążenia. W roku 2016 zaznaczył się nieznacznie mniejszy wpływ mas powietrza pochodzenia morskiego na chemizm badanych wód, które identyfikować można na podstawie zawartości jonów chlorkowych i sodowych, a różnica w ładunku chloru i sodu między opadem mokrym i całkowitym świadczyć może o lokalnym zanieczyszczeniu atmosfery NaCl w formie stałej – pyłowej. Również formie pyłowej, należy przypisywać wyraźny wzrost ładunku wapnia i magnezu w opadzie całkowitym, szczególnie po dłuższych okresach suszy atmosferycznej.

Kontrolę poprawności wykonywanych oznaczeń właściwości fizyczno-chemicznych wód opadowych oparto o udział w porównaniach międzylaboratoryjnych przeprowadzonych w okresie lata 2016 roku (Ryc.3.3.13.).



Ryc.3.3.1. Odczyn i przewodność elektrolityczna właściwa opadów w latach hydrologicznych 2012-2016



Ryc.3.3.2. Udział procentowy składników opadów w latach 2012-2016.

.

Tab.3.3.1. Średnie roczne wartości stężenia i roczne ładunki zanieczyszczeń wniesionych z opadami do podłoża w latach hydrologicznych 2012-2016.

rok	liczba dni z opadem	h	S - SO_4	SO_4	N - NO_3	NO_3	N - NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	H	SEC
		stężenie zanieczyszczeń														
		mm	mg/dm^3											-	µg/dm^3	mS/m
2012	178	645,1	0,65	1,95	0,38	1,67	0,64	0,82	1,25	0,4	0,37	0,06	1,33	5,24	5,8	1,52
2013	158	845,9	0,75	2,25	0,36	1,57	0,6	0,77	1,45	0,6	0,36	0,02	0,75	4,79	16,32	1,92
2014	173	921	0,62	1,86	0,41	1,83	0,56	0,72	1,08	0,51	0,4	0,07	1,07	4,9	12,51	1,6
2015	162	769,6	0,84	2,52	0,52	2,3	0,61	0,79	0,54	0,21	0,28	0,16	2,15	5,18	6,54	1,98
2016	**183**	**971,5**	**0,71**	**2,12**	**0,61**	**2,72**	**0,54**	**0,69**	**0,76**	**0,38**	**0,32**	**0,04**	**1,61**	**4,98**	**10,3**	**1,91**
		ładunek zanieczyszczeń wniesionych do podłoża														
Opad całkowity		mm	mg/m^2												□ g/m^2	
2012	178	645,1	420,94	1263,4	247,83	1084,3	412,09	529,93	805,86	259,03	241,26	37,15	858,62		1,99	
2013	158	845,9	633,93	1901,78	300,42	1330,4	508,73	654,08	1225,26	506,77	303,37	19,84	635,56		13,8	
2014	173	921	572	1715,99	379,65	1681,3	514,66	661,7	993,48	469,94	370,18	62,52	983,72		11,52	
2015	162	769,6	645,91	1937,74	400,2	1772,3	472,46	607,45	416,07	164,98	215,74	125,31	1653,83		5,03	
2016	**183**	**971,5**	**685,68**	**2057,04**	**597,09**	**2644,26**	**522,89**	**672,29**	**736,36**	**365,08**	**308,32**	**43,45**	**1565,51**		**10,02**	
Opad mokry																
2014	173	921	518,65	1555,95	288,55	1277,88	493,59	634,62	485,15	294,11	175,64	30,78	738,2		17,33	
2015	162	769,6	407,76	1223,28	291,05	1288,94	429,76	552,55	246,31	111,64	71,14	23,82	832,17		12,81	
2016	**183**	**971,5**	**482,74**	**1448,21**	**393,64**	**1743,27**	**407,21**	**523,55**	**482,97**	**143,77**	**103,10**	**32,01**	**782,01**		**14,78**	

Tab. 3.3.2. Charakterystyki statystyczne dla stężenia głównych jonów oraz pH i przewodności w opadach w 2016 roku hydrologicznym na tle wartości z wielolecia

Opad całkowity

charakterystyka	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
Rok hydrologiczny - 2016															
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	µg/dm^3	[-]	mS/m
średnia ważona		0,71	2,12	0,61	2,72	0,54	0,69	0,76	0,38	0,32	0,04	1,61	10,3	4,98	1,91
suma	971,5														
max		0,16	0,49	0,17	0,77	0,17	0,40	0,20	0,10	0,18	0,03	1,00	15,6	0,73	0,82
min		0,42	1,27	0,42	1,87	0,42	0,33	0,57	0,24	0,09	0,02	0,79	0,4	4,36	1,25
SD^2		1,01	3,03	0,91	4,02	0,91	1,43	1,25	0,57	0,77	0,12	3,95	43,7	6,44	4,20
Wielolecie – 2012-2016															

średnia / suma	830,6	0,71	2,14	0,46	2,02	0,59	0,76	1,02	0,42	0,35	0,07	1,38	10,3	5,02	1,79
SD^2	128,8	0,09	0,26	0,11	0,48	0,03	0,05	0,37	0,15	0,05	0,05	0,53	4,3	0,19	0,21
min	645,1	0,62	1,86	0,36	1,57	0,56	0,69	0,54	0,21	0,28	0,02	0,75	5,8	4,79	1,52
max	971,5	0,84	2,52	0,61	2,72	0,64	0,82	1,45	0,60	0,40	0,16	2,15	16,3	5,24	1,98
Wielolecie – 2012-2015															
średnia / suma	795,4	0,71	2,14	0,42	1,84	0,60	0,77	1,08	0,44	0,35	0,08	1,30	10,72	4,97	1,76
SD^2	117,73	0,10	0,30	0,07	0,32	0,03	0,04	0,39	0,17	0,05	0,06	0,60	5,02	0,22	0,23
min	645,1	0,62	1,86	0,36	1,57	0,56	0,72	0,54	0,21	0,28	0,02	0,75	5,8	4,79	1,52
max	921	0,84	2,52	0,52	2,3	0,64	0,82	1,45	0,6	0,4	0,16	2,15	16,32	5,24	1,98

Opad mokry

charakterystyka	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m
średnia ważona		0,50	1,49	0,41	1,79	0,42	0,54	0,50	0,15	0,11	0,03	0,80	15,2	4,86	1,37
suma	971,5														
max		0,16	0,47	0,14	0,64	0,28	0,37	0,92	0,09	0,13	0,05	0,56	12,2	0,38	0,44
min		0,34	1,03	0,20	0,90	0,22	0,28	0,11	0,06	0,03	0,00	0,15	1,6	4,39	0,76
SD^2		0,80	2,40	0,66	2,94	1,09	1,40	3,43	0,41	0,52	0,17	1,74	40,7	5,79	2,29

Tab.3.3.3. Wartości ładunków zanieczyszczeń wniesionych z opadami do podłoża w 2016 roku hydrologicznym na tle średnich wartości z wielolecia.

suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	$\mu g/m^2$
Rok hydrologiczny 2016												
971,5	685,68	2057,04	597,09	2644,26	522,89	672,29	736,36	365,08	308,32	43,45	1565,51	10,02
Wielolecie 2012-2016												
830,6	591,69	1775,19	385,04	1702,52	486,17	625,09	835,41	353,16	287,77	57,65	1139,45	8,47
Wielolecie 2012- 2015												
795,4	568,20	1704,73	332,03	1467,09	476,99	613,29	860,17	350,18	282,64	61,21	1032,93	8,09

Tab.3.3.4.a. Średnie miesięczne stężenie zanieczyszczeń w opadzie całkowitym w roku hydrologicznym 2016

miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	(-)	mS/m
XI	110,5	0,72	2,16	0,72	3,17	0,42	0,55	0,62	0,34	0,13	0,06	0,90	10,7	4,97	1,72
XII	41,1	0,70	2,09	0,88	3,90	0,34	0,44	0,74	0,26	0,09	0,12	1,14	38,0	4,44	2,72
I	67,1	0,72	2,16	0,57	2,53	0,28	0,36	1,25	0,54	0,35	0,07	1,40	23,4	4,63	1,90
II	85,1	0,84	2,51	0,77	3,42	0,42	0,54	0,80	0,38	0,22	0,04	0,79	22,4	4,65	2,03
III	63,1	0,84	2,53	0,91	4,02	0,41	0,53	1,01	0,43	0,26	0,05	1,81	43,7	4,36	4,20
IV	73,8	0,96	2,87	0,77	3,40	1,08	1,39	0,70	0,36	0,39	0,04	1,48	0,7	5,95	1,92
V	47,4	0,73	2,18	0,64	2,83	0,89	1,15	1,01	0,57	0,49	0,06	1,15	4,6	5,34	2,34
VI	42,4	0,70	2,09	0,44	1,95	0,26	0,33	0,86	0,37	0,77	0,06	2,56	0,9	6,07	1,96
VII	194,1	0,53	1,58	0,42	1,87	0,61	0,79	0,67	0,38	0,36	0,02	0,81	2,2	5,65	1,25
VIII	59,7	0,42	1,27	0,53	2,35	0,28	0,36	0,74	0,38	0,33	0,06	2,97	0,7	6,13	1,33
IX	40,6	1,01	3,03	0,83	3,66	1,12	1,43	0,67	0,24	0,47	0,04	3,95	0,4	6,44	2,85
X	146,6	0,70	2,09	0,46	2,05	0,46	0,59	0,57	0,31	0,26	0,03	2,58	1,7	5,78	1,50

Tab. 3.3.4.b. Średnie miesięczne stężenie zanieczyszczeń w opadzie mokrym w roku hydrologicznym 2016

miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	(–)	mS/m
XI	110,5	0,43	1,28	0,52	2,31	0,22	0,28	0,44	0,17	0,07	0,06	1,74	25,7	4,59	1,83
XII	41,1	0,47	1,42	0,63	2,81	0,30	0,38	0,37	0,11	0,05	0,02	0,15	40,7	4,39	2,29
I	67,1	0,52	1,57	0,54	2,37	0,30	0,38	0,52	0,18	0,14	0,05	1,20	35,5	4,45	1,93
II	85,1	0,43	1,29	0,41	1,83	0,24	0,31	0,19	0,08	0,03	0,03	0,30	20,0	4,70	1,46
III	63,1	0,79	2,37	0,66	2,94	0,90	1,16	3,43	0,41	0,52	0,17	1,54	11,7	4,93	2,00
IV	73,8	0,66	1,97	0,47	2,10	0,67	0,87	0,66	0,20	0,16	0,03	0,96	1,6	5,79	1,36
V	47,4	0,80	2,40	0,48	2,12	0,53	0,68	0,21	0,11	0,12	0,01	0,34	9,1	5,04	1,26
VI	42,4	0,46	1,38	0,32	1,40	0,25	0,32	0,19	0,11	0,07	0,02	1,29	12,9	4,89	1,24
VII	194,1	0,40	1,20	0,27	1,20	0,38	0,49	0,14	0,07	0,05	0,01	0,59	12,0	4,92	1,07
VIII	59,7	0,34	1,03	0,20	0,90	0,27	0,35	0,18	0,13	0,07	0,00	0,24	6,3	5,20	0,76

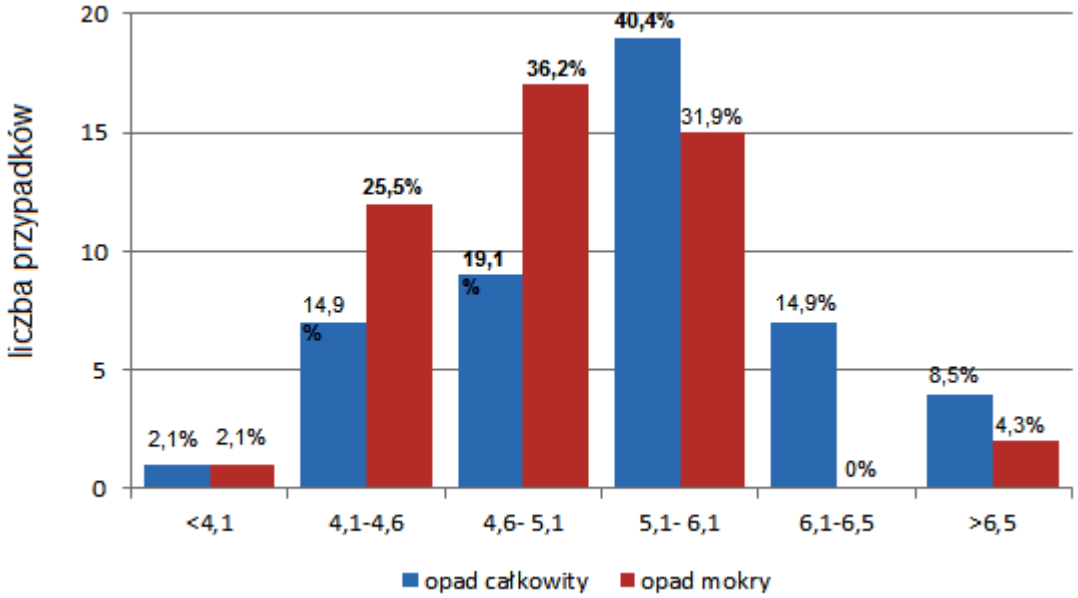
IX	40,6	0,68	2,05	0,42	1,86	1,09	1,40	0,11	0,06	0,06	0,00	0,24	5,9	5,23	1,55
X	146,6	0,43	1,29	0,30	1,34	0,38	0,48	0,30	0,19	0,08	0,01	0,69	9,5	5,02	1,19

Tab. 3.3.5.a. Wartości miesięcznych ładunków zanieczyszczeń wniesionych do podłoża z opadem całkowitym w roku hydrologicznym 2016

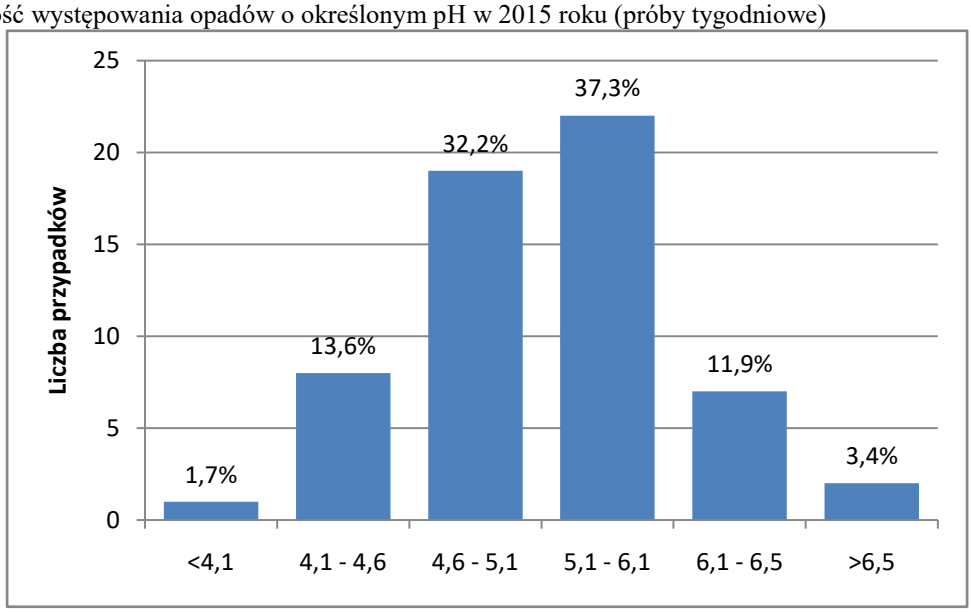
miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
XI	110,5	79,71	239,12	79,10	350,29	46,93	60,33	68,73	38,01	14,14	6,41	98,90	1,18
XII	41,1	28,59	85,78	36,21	160,37	14,16	18,21	30,21	10,69	3,78	4,81	46,94	1,56
I	67,1	48,20	144,60	38,36	169,90	18,79	24,16	83,94	36,30	23,22	4,63	94,14	1,57
II	85,1	71,14	213,43	65,74	291,13	35,41	45,53	67,91	32,68	19,06	3,57	66,80	1,91
III	63,1	53,24	159,71	57,29	253,73	25,96	33,38	63,98	27,07	16,53	3,28	113,90	2,75
IV	73,8	70,53	211,58	56,59	250,62	79,90	102,73	51,88	26,86	28,86	2,66	109,30	0,05
V	47,4	34,41	103,24	30,28	134,09	42,25	54,32	47,97	26,78	23,27	2,65	54,65	0,22
VI	42,4	29,47	88,40	18,62	82,47	10,92	14,03	36,46	15,77	32,69	2,71	108,54	0,04
VII	194,1	101,90	305,71	82,05	363,36	118,96	152,95	130,24	73,76	69,49	3,11	157,03	0,43
VIII	59,7	25,35	76,06	31,64	140,12	16,72	21,49	44,06	22,39	19,70	3,70	177,07	0,04
IX	40,6	41,01	123,02	33,51	148,39	45,28	58,22	27,12	9,62	19,16	1,66	160,17	0,01
X	146,6	102,13	306,39	67,70	299,80	67,62	86,93	83,86	45,15	38,41	4,25	378,08	0,24

Tab. 3.3.5.b. Wartości miesięcznych ładunków zanieczyszczeń wniesionych do podłoża z opadem mokrym w roku hydrologicznym 2016.

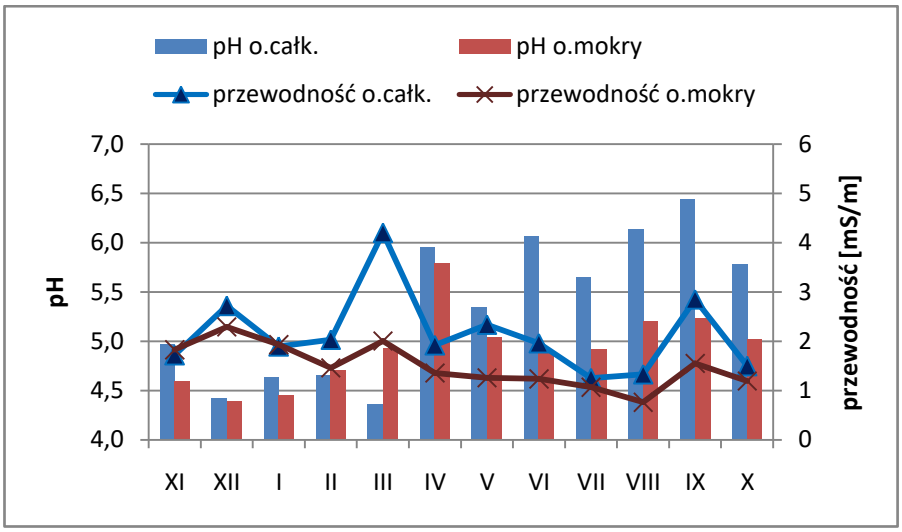
miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
XI	110,5	46,96	140,89	57,56	254,92	23,81	30,61	48,62	19,12	7,40	6,41	192,38	2,84
XII	41,1	19,51	58,53	26,06	115,41	12,28	15,78	15,37	4,52	1,93	0,99	6,12	1,67
I	67,1	35,18	105,55	35,95	159,23	19,99	25,70	35,03	12,15	9,26	3,29	80,59	2,38
II	85,1	36,51	109,52	35,22	155,99	20,25	26,04	15,74	6,64	2,30	2,38	25,79	1,70
III	63,1	49,81	149,42	41,85	185,32	56,78	73,01	216,12	25,56	32,81	10,85	96,98	0,74
IV	73,8	48,46	145,39	35,01	155,05	49,65	63,84	48,93	14,54	11,66	2,44	70,77	0,12
V	47,4	37,89	113,67	22,72	100,63	25,00	32,14	10,14	4,98	5,74	0,57	16,02	0,43
VI	42,4	19,52	58,55	13,38	59,23	10,68	13,74	7,97	4,49	3,05	0,81	54,65	0,55
VII	194,1	77,45	232,34	52,42	232,14	73,37	94,33	26,20	14,36	10,29	2,33	114,32	2,33
VIII	59,7	20,48	61,43	12,12	53,67	16,07	20,66	10,69	7,88	4,06	0,18	14,33	0,38
IX	40,6	27,74	83,23	17,05	75,52	44,15	56,76	4,47	2,27	2,44	0,16	9,62	0,24
X	146,6	63,23	189,70	44,29	196,15	55,19	70,95	43,69	27,27	12,17	1,61	100,42	1,40



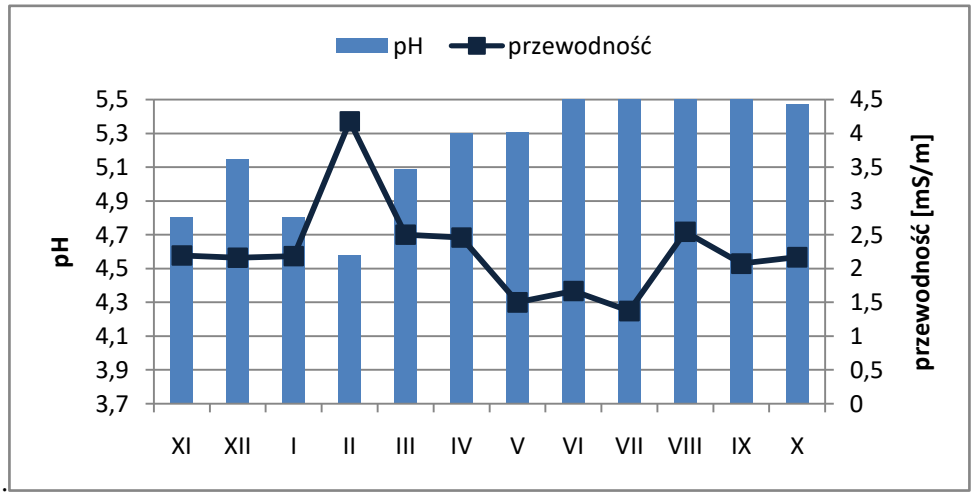
Ryc. 3.3.3. Częstość występowania opadów o określonym pH w 2015 roku (próby tygodniowe)



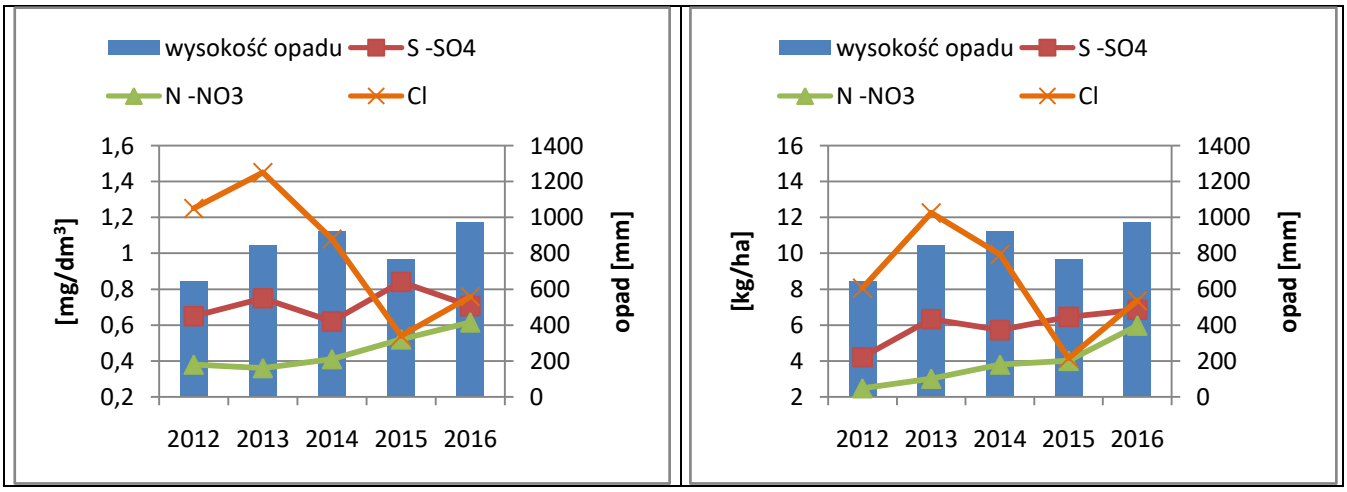
Ryc. 3.3.4. Częstość występowania opadów o określonym pH w wieloleciu 2012 - 2016 roku (opad całkowity, próby miesięczne)

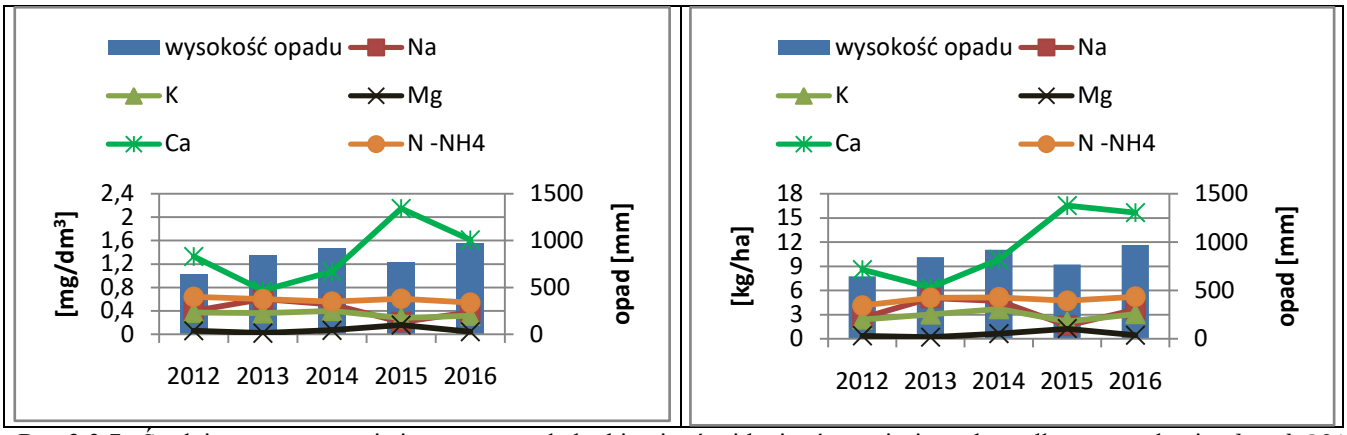


Ryc. 3.3.5. Średnie miesięczne wartości odczynu wody oraz przewodności elektrolitycznej właściwej w roku hydrologicznego2016

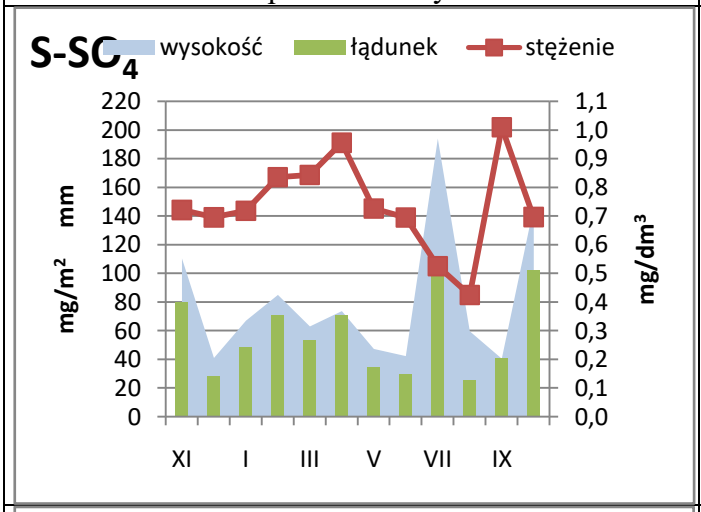
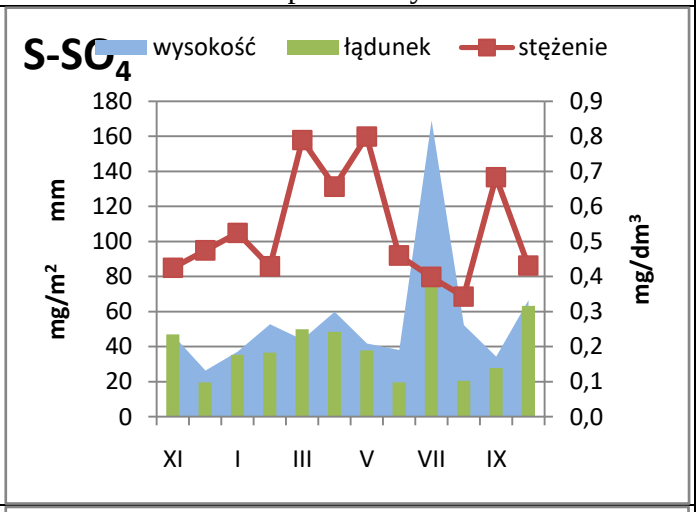
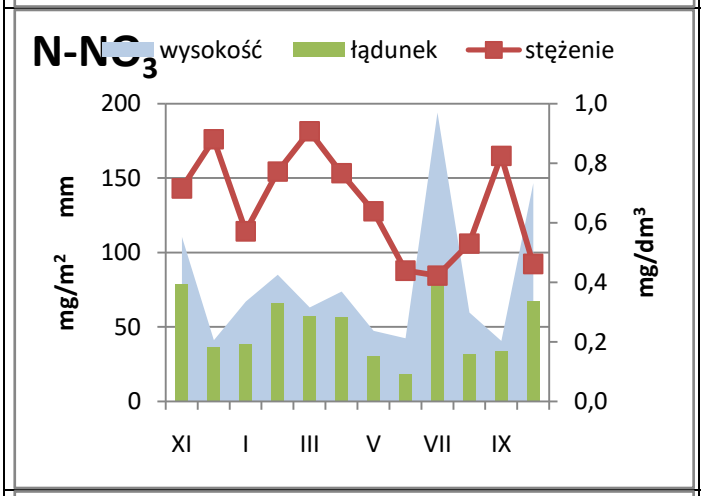
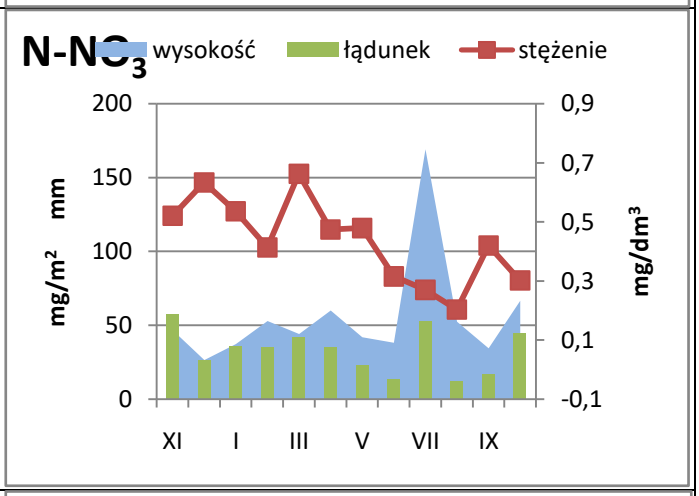
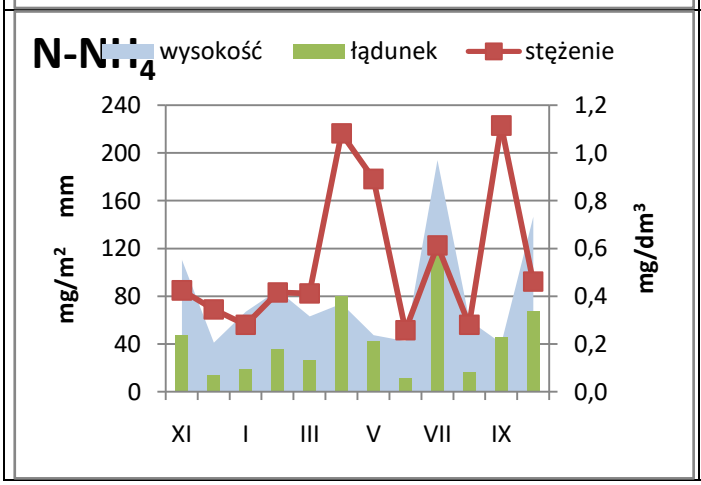
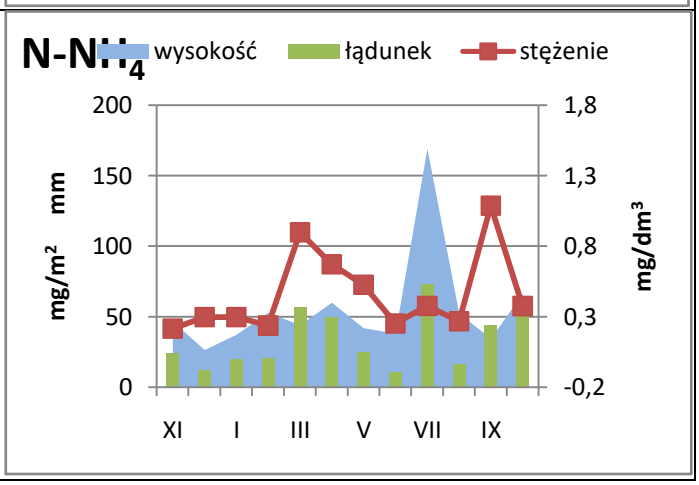


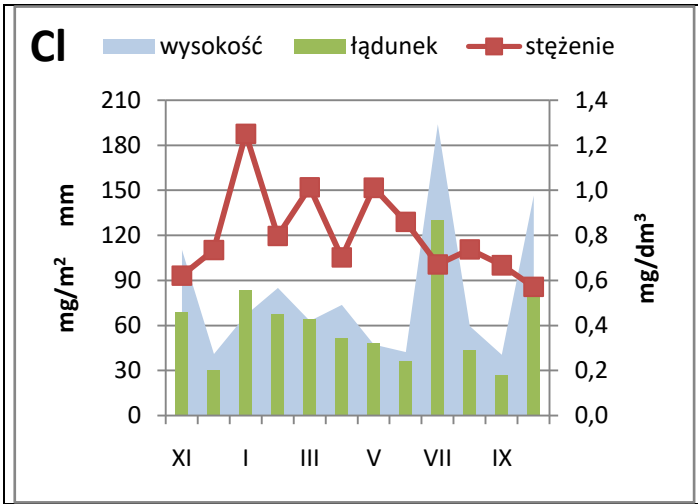
Ryc. 3.3.6. Średnie miesięczne wartości odczynu wody oraz przewodności elektrolitycznej właściwej w opadzie całkowitym w wieloleciu 2012- 2016.

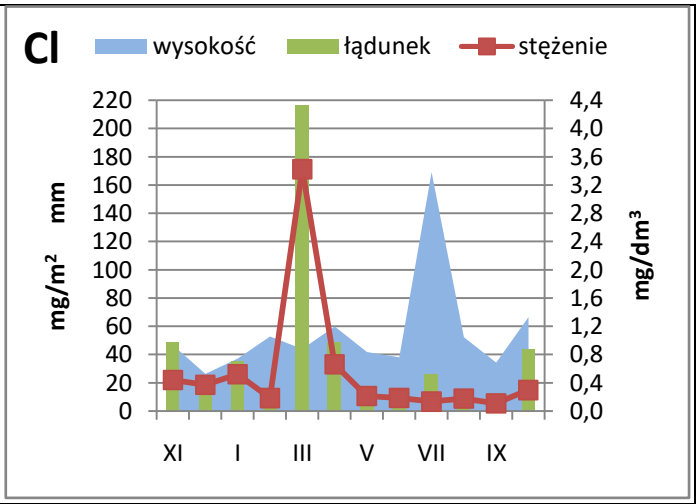


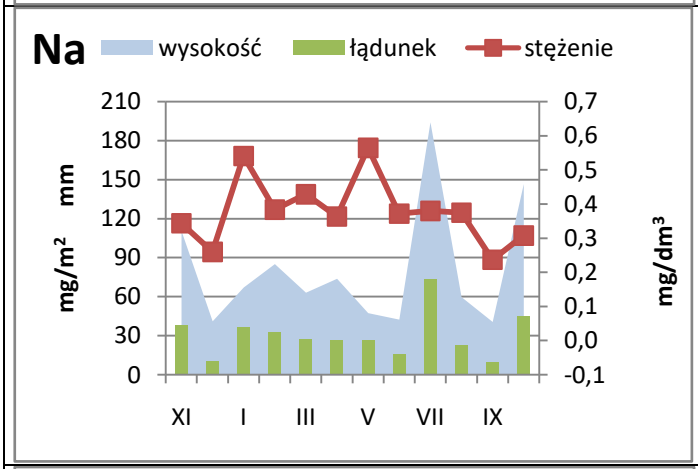


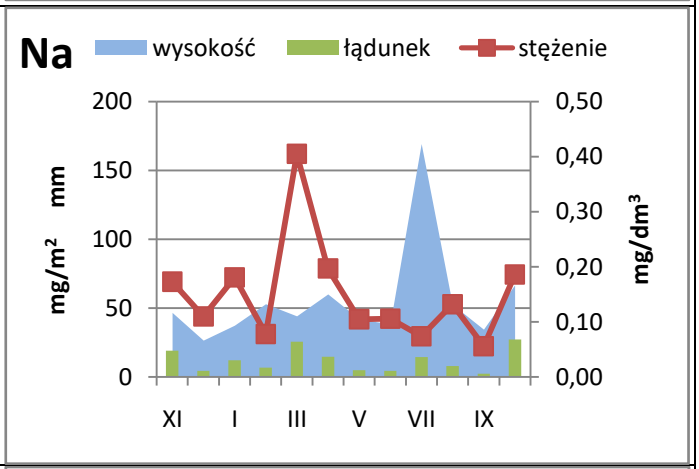
Ryc.3.3.7. Średnie roczne stężenia i sumaryczne ładunki anionów i kationów wniesione do podłoża z opadami w latach 2012 - 2016

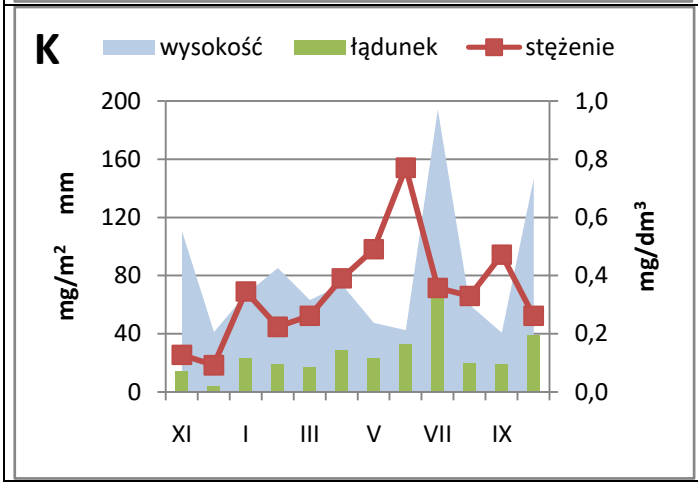
Opad całkowity	Opad mokry
	
	
	

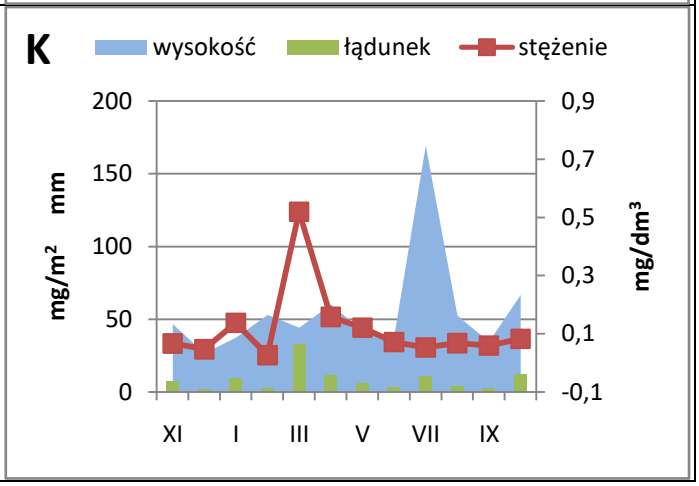

Cl
wysokość
ładunek
stężenie
mm
mg/m²
mg/dm³
210
180
150
120
90
60
30
0
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
XI
I
III
V
VII
IX

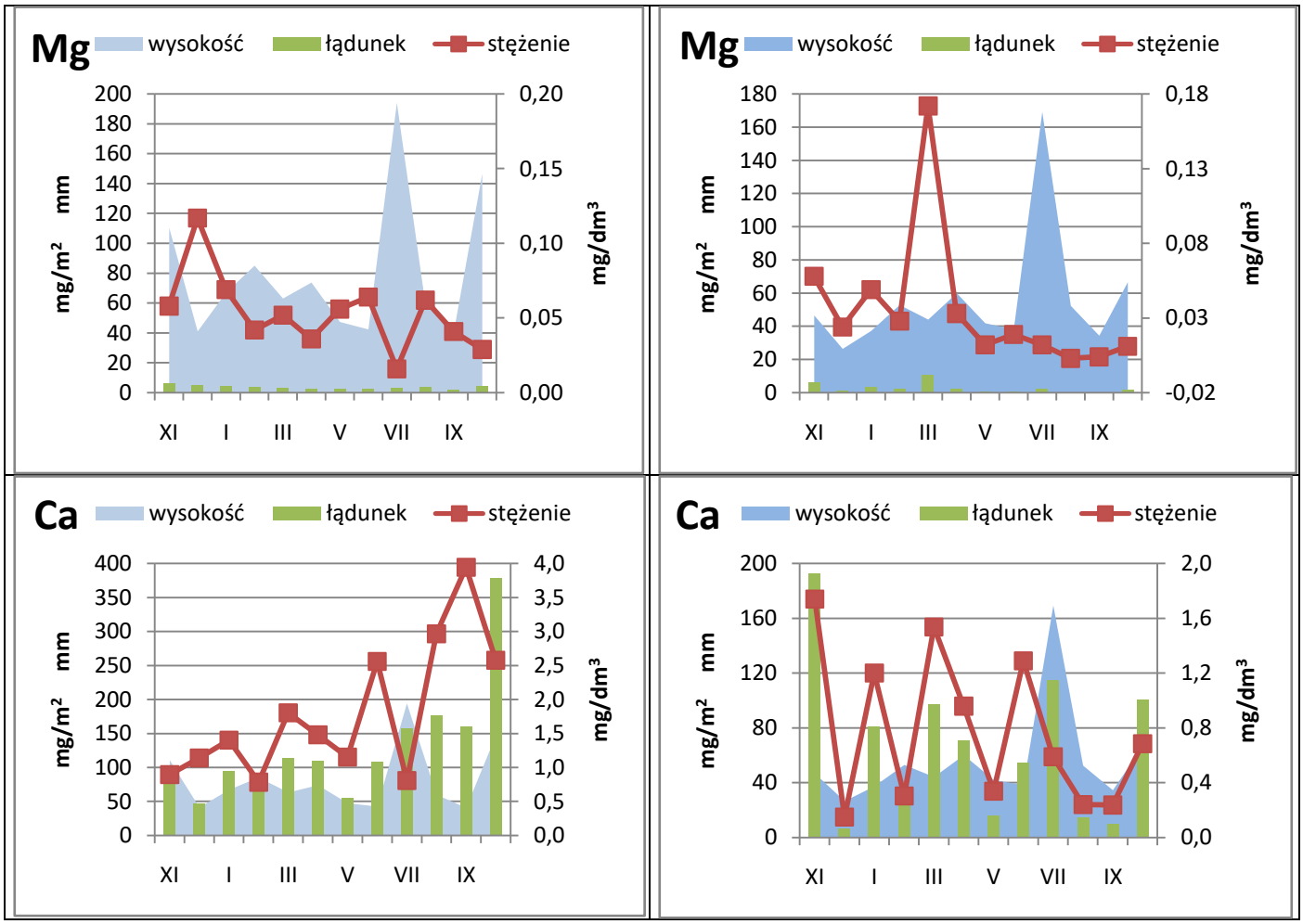

Cl
wysokość
ładunek
stężenie
mm
mg/m²
mg/dm³
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
4,4
4,0
3,6
3,2
2,8
2,4
2,0
1,6
1,2
0,8
0,4
0,0
XI
I
III
V
VII
IX


Na
wysokość
ładunek
stężenie
mm
mg/m²
mg/dm³
210
180
150
120
90
60
30
0
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
-0,1
XI
I
III
V
VII
IX

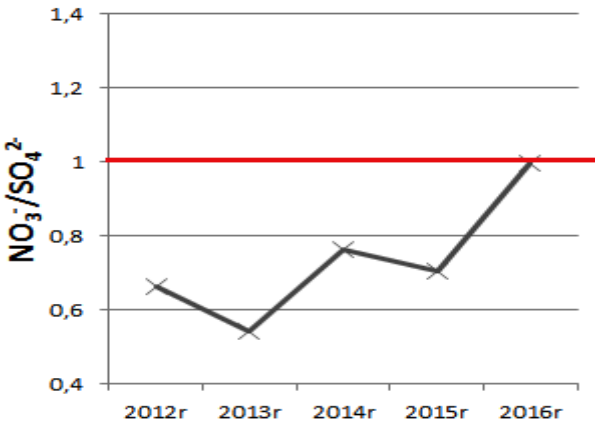

Na
wysokość
ładunek
stężenie
mm
mg/m²
mg/dm³
200
150
100
50
0
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
XI
I
III
V
VII
IX


K
wysokość
ładunek
stężenie
mm
mg/m²
mg/dm³
200
160
120
80
40
0
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
XI
I
III
V
VII
IX

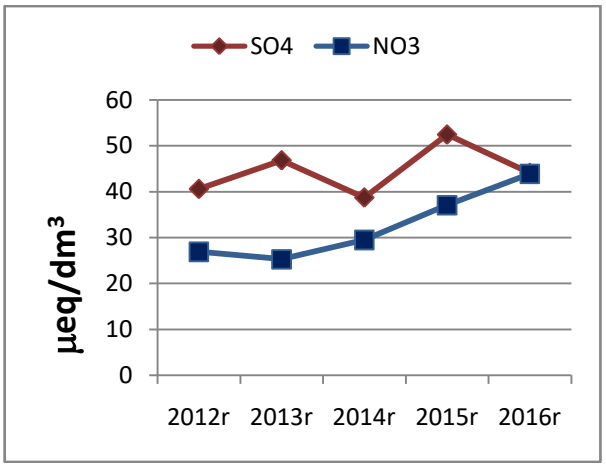

K
wysokość
ładunek
stężenie
mm
mg/m²
mg/dm³
200
150
100
50
0
0,9
0,7
0,5
0,3
0,1
-0,1
XI
I
III
V
VII
IX



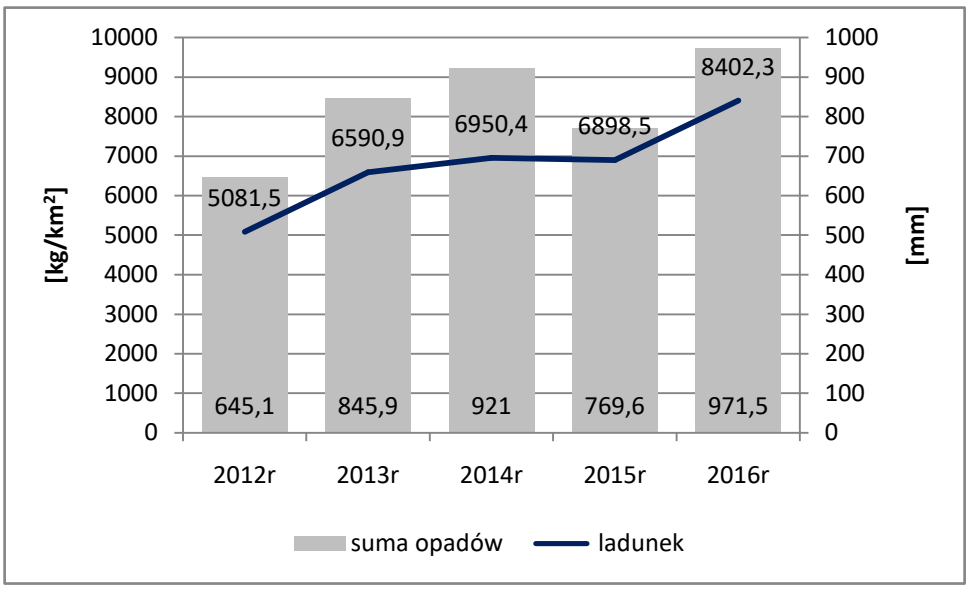
Ryc. 3.3.8. Ładunki sumaryczne i średnie miesięczne stężenia anionów i kationów w opadach na tle miesięcznych sum wysokości opadu w 2016 roku hydrologicznym



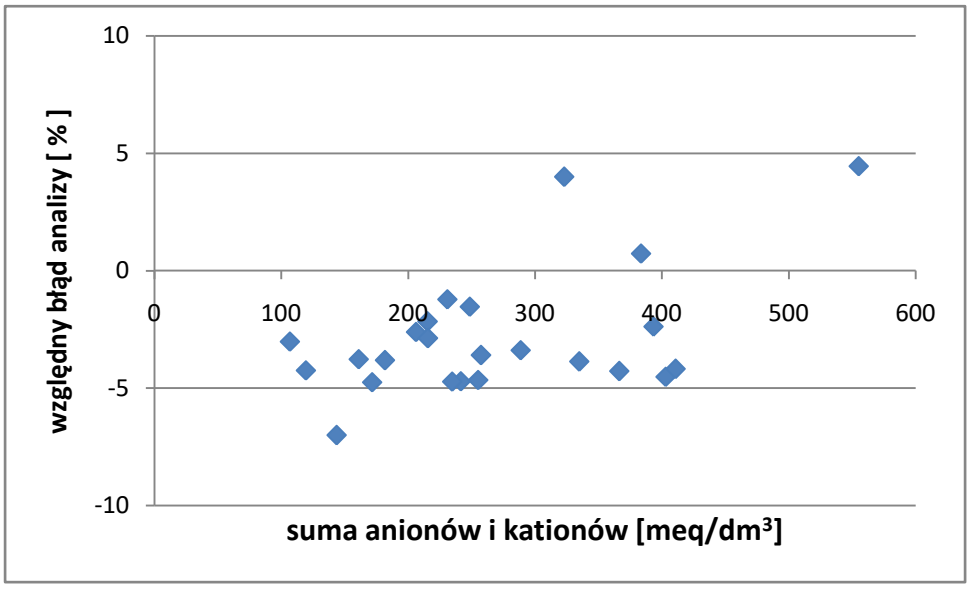
Ryc. 3.3.9. Stosunek średnich ważonych stężeń jonów NO_3 do średnich ważonych stężeń jonów SO_4 (eq/dm^3)



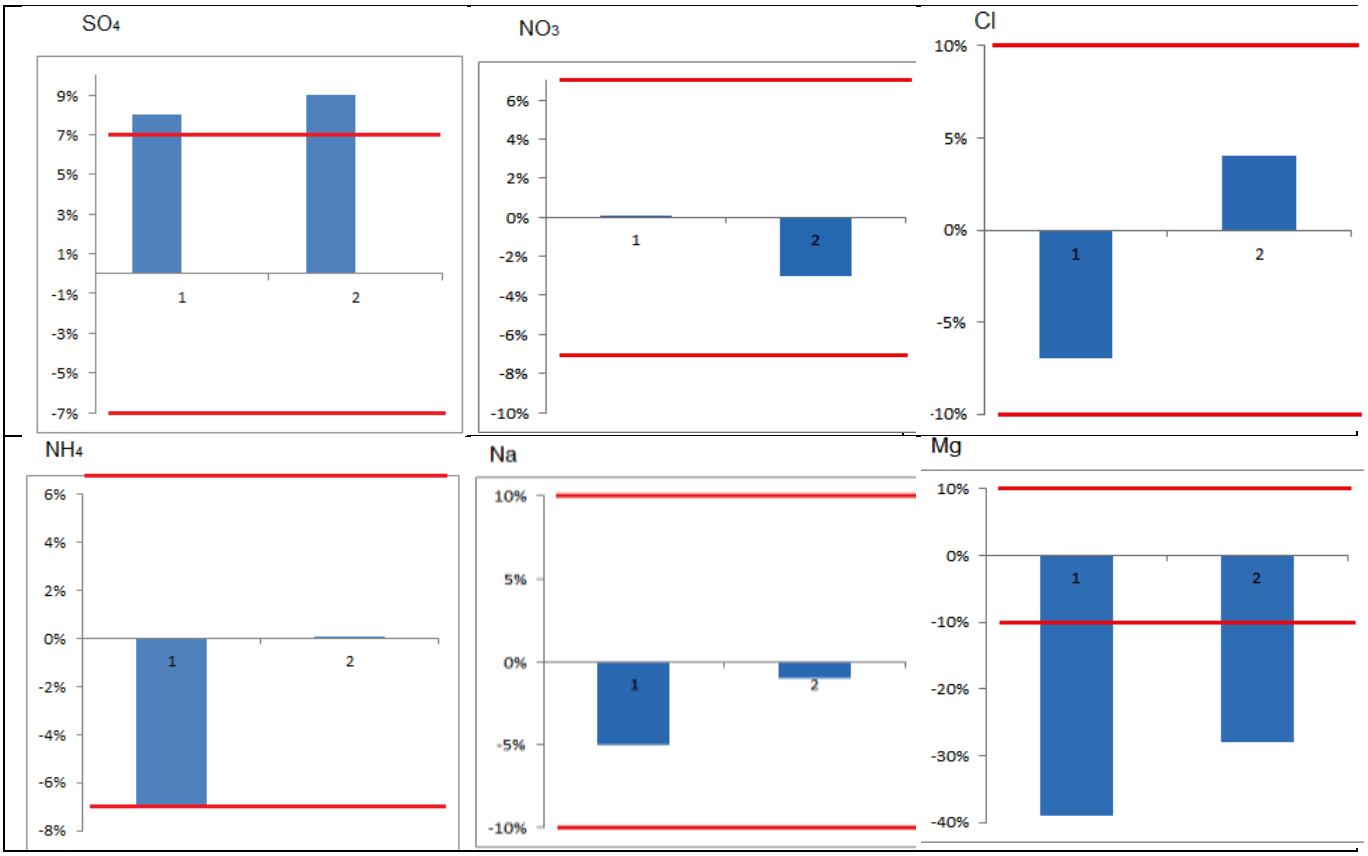
Ryc. 3.3.10. Roczne stężenia jonów NO_3 i SO_4 w opadzie całkowitym.

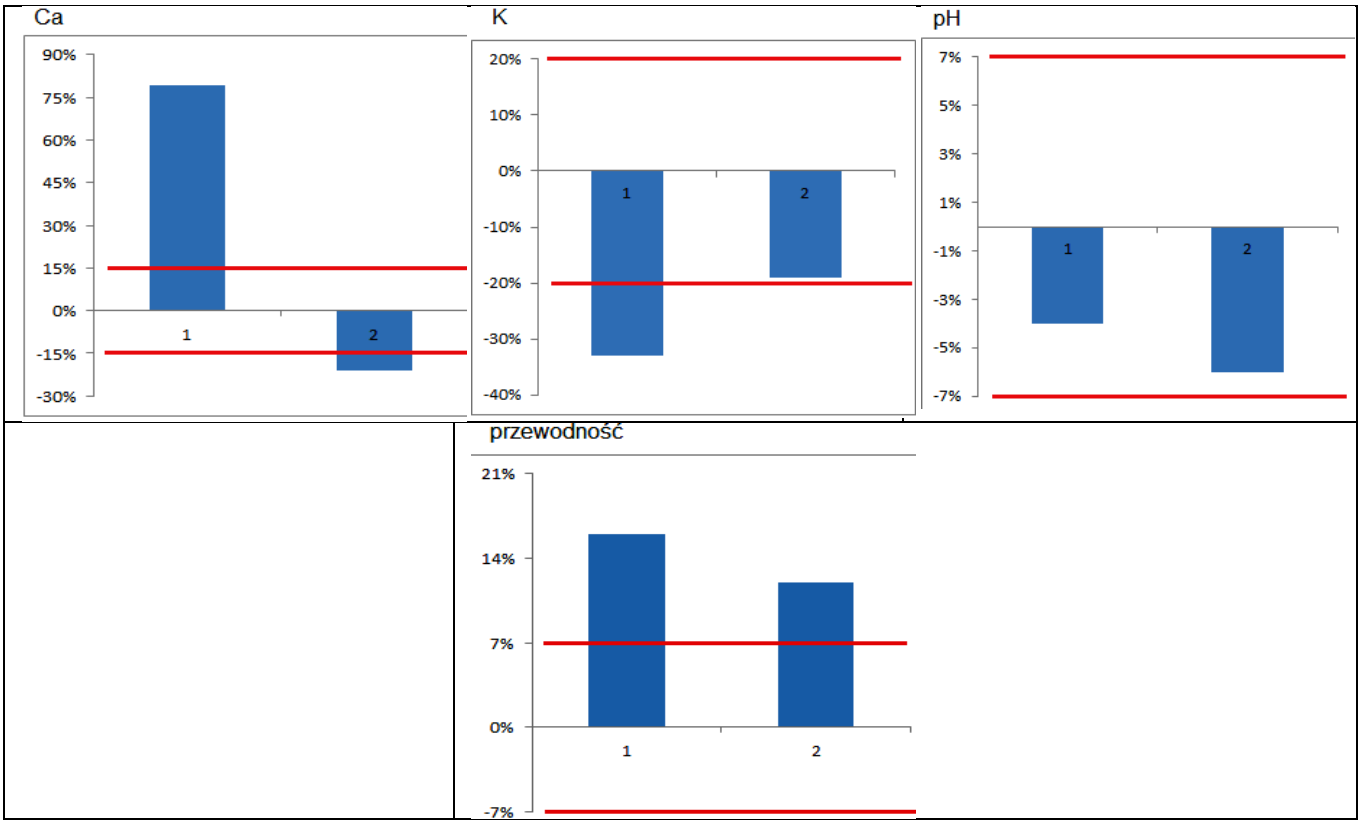


Ryc. 3.3.11. Całkowity ładunek składników rozpuszczonych wprowadzony do podłoża z opadami w latach hydrologicznych 2012-2016.



Ryc. 3.3.12. Względny błąd analizy próbek opadu całkowitego w roku hydrologicznym 2016.

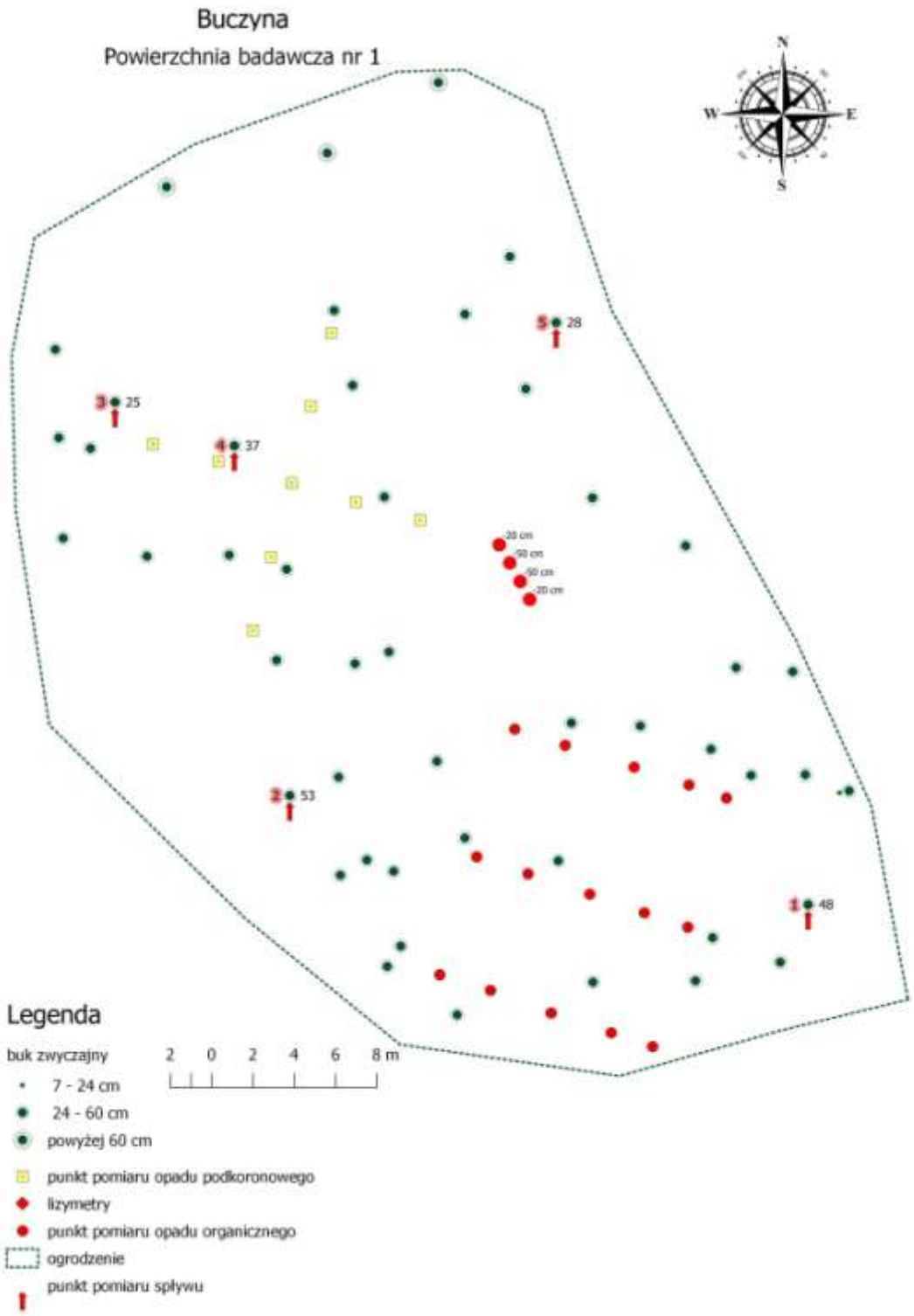




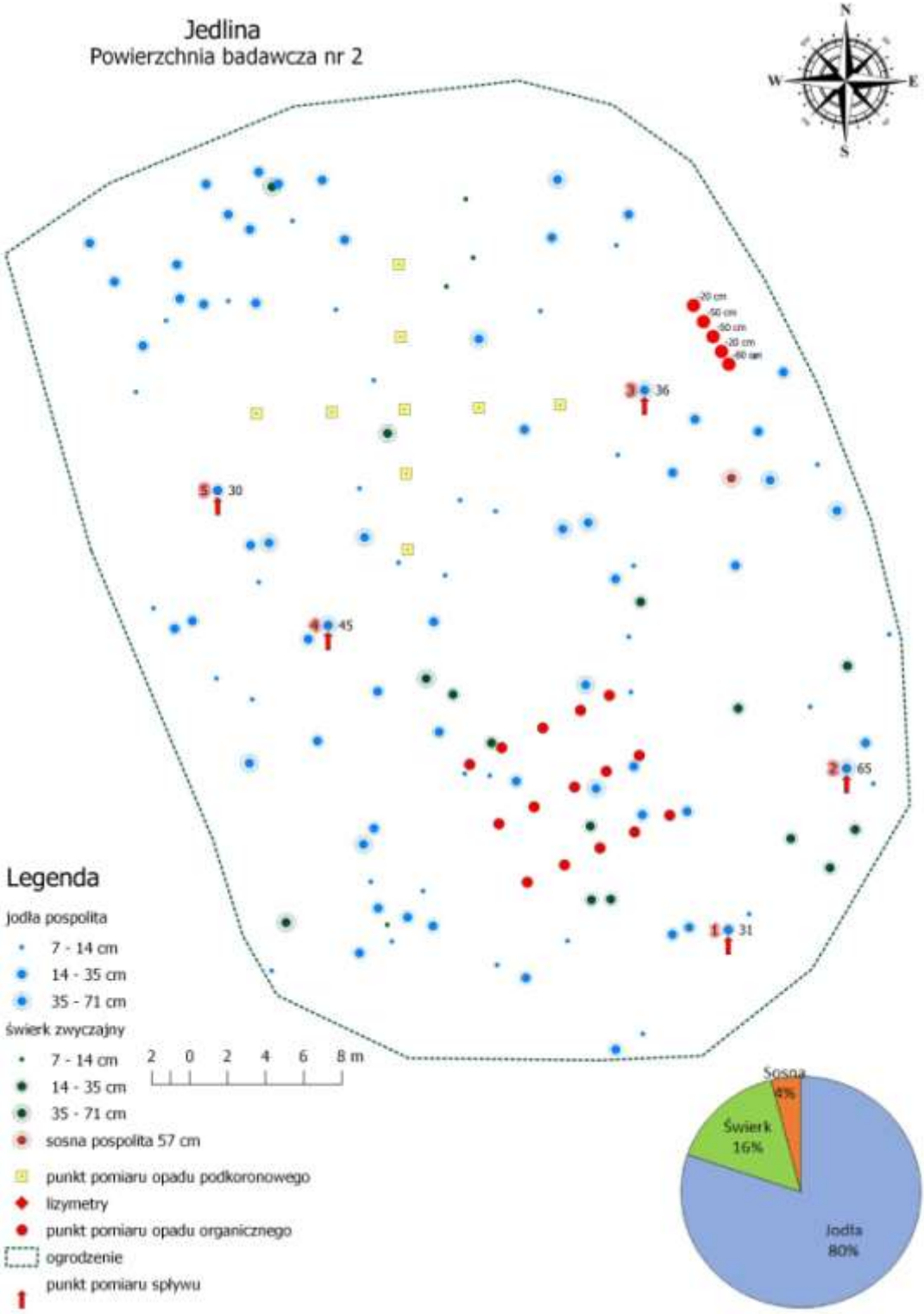
Ryc. 3.3.13. Względne odchylenie wyników uzyskanych w 2016 roku w ramach porównania międzylaboratoryjnego od wartości oczekiwanej na tle wartości kryterialnych

3.4. CHEMIZM OPADU PODKORONOWEGO – C2

Badania ilościowe i jakościowe wód spływających po pniach drzew w ramach programu C3 realizowano na dwóch powierzchniach w drzewostanie bukowym i jodłowym (Ryc. 3.4.1a, 3.4.1.b).



Ryc. 3.4.1.a. Struktura drzewostanu powierzchni testowej nr 1 opadu podkoronowego w Stacji Roztocze.



Ryc. 3.4.1.b. Struktura drzewostanu powierzchni testowej nr 2 opadu podkoronowego w Stacji Roztocze.

W roku hydrologicznym 2016 suma opadu podkoronowego wyniosła: w buczynie – 618,2 mm i w jedlinie – 734,4 mm, co stanowiło odpowiednio 63,6% oraz 75,6% opadu na terenie otwartym (kolektor opadu całkowitego). Są to wartości wyraźnie wyższe w od wartości średniej z poprzednich lat pomiarowych. Rozkład opadu w drzewostanie bukowym w poszczególnych kolektorach był dość

równomierny. W jedlinie rozkład opadu podkoronowego był bardziej zróżnicowany, a dużej dyspersji sprzyjało występowanie niewielkich opadów.

Średnia roczna ważona wartość odczynu była najwyższa od początku pomiarów w obu drzewostanach i wynosiła: 5,08 w jedlinie i 5,89 w buczynie. W skali roku hydrologicznego niższe wartości pH notowano w półroczu zimowym (Ryc.3.4.5.), odpowiednio: 4,87 w jedlinie i 5,64 w buczynie, niż w letnim - średnia ważona wartość pH z 6 miesięcy wyniosła odpowiednio dla: jedliny – 5,36 i buczyny - 6,51. Wartości skrajne odczynu w skali roku kształtowały się na poziomie: od 4,51 do 5,81 w jedlinie, i od 4,79 do 6,73 w buczynie (wartości średnie miesięczne).

Średnia roczna ważona wartość przewodności elektrolitycznej właściwej (COND) w skali całego roku wyniosła odpowiednio: w jedlinie – 2,07 mS/m, w buczynie – 2,21 mS/m. Są to wielkości niższe od średniej z poprzednich lat pomiarowych. Średnia miesięczna ważona wielkość przewodności była odwrotnie proporcjonalna do miesięcznej sumy opadu. W skali roku hydrologicznego najwyższe wartości przewodności elektrolitycznej w drzewostanie jodłowym notowano w półroczu zimowym z maksimum w styczniu 4,81 mS/m, w buczynie natomiast rozkład jest bardziej równomierny i zależny od miesięcznej sumy opadu, (najwyższa wartość to: 2,67 mS/m w czerwcu). (Ryc.3.4.5.). W buczynie zazwyczaj we wszystkich kolektorach COND osiągała bardzo zbliżone wartości. W jedlinie natomiast występowały bardzo duże różnice w zależności od miejsca ustawienia kolektora.

W ocenie przekształcenia opadów atmosferycznych wg klasyfikacji Jansen, Block, Knaack na podstawie COND (wartości średnie miesięczne), frekwencja wód w opadzie podkoronowym jedliny przedstawiała się następująco: nieznacznie 25%, lekko podwyższone 50%, znacznie podwyższone 17%, mocno podwyższone 8%. W wodach zbieranych po okapem buczyny frekwencja COND była następująca w grupie: lekko podwyższone 100%.

Średnia roczna ważona zawartość wagowa poszczególnych jonów wykazywała następujący układ stężeń w wodach opadu podkoronowego: jedlina - SO_4>K>Ca>Cl>NO_3>Na>NH_4>Mg>H, buczyna - K>SO_4>Ca>NO_3>Cl>NH_4>Na>Mg>H. Średniaroczna wagowa zawartość oznaczonych kationów wyniosła w buczynie 4,67 mg/dm^3 i jedlinie 4,83 mg/dm^3. W opadzie podkoronowym w buczynie jony potasowe stanowiły ponad 54%, wapniowe 32%, amonowe 7%, sodowe 5%, magnezowe prawie 2% sumy wagowej kationów. W opadzie podkoronowym w jedlinie jony potasowe stanowiły około 52%, wapniowe 34%, sodowe 7%, amonowe 4% i magnezowe 3% sumy wagowej kationów. Średnia roczna wagowa zawartość badanych anionów wyniosła w buczynie 4,56 mg/dm^3 i jedlinie 4,95 mg/dm^3. W opadzie podkoronowym buczyny jony siarczanowe stanowiły około 55% sumy wagowej anionów, azotanowe 30%, chlorkowe 15%. W opadzie podkoronowym jedliny jony siarczanowe stanowiły około 65% sumy wagowej anionów, chlorkowe około 25%, a azotanowe 10%. Spośród badanych form azotu mineralnego, stężenie jonów azotanowych nie przekraczało przeważnie 1,3 mgN-NO_3/dm^3, a jonu amonowego 0,2 mgN-NH_4/dm^3 w jedlinie oraz 2mgN-NO_3/dm^3 i 0,5 mgN-NH_4/dm^3 w buczynie.

Udział procentowy głównych jonów obliczony ze stężeń równoważnikowych w opadzie podkoronowym zarówno buczyny, jak jedliny w roku hydrologicznym 2015 wskazuje na dominację wśród kationów jonu potasowego i wapniowego, natomiast wśród anionów jonu siarczanowego.

Łączny ładunek pierwiastków docierających w formie mineralnej do podłoża z opadu podkoronowego buczyny wynosił 3972 mg/m^2 i był nieco niższy od średniej z lat 2012-2015 przy wyższej sumie opadów. Z czego potas stanowił 39%, wapń 23%, siarka 13%, chlor 11%, azot 9% sód 3%, magnez ponad 1%. Na uwagę zasługują maksymalne wartości ładunku jonów: potasowego i siarczanowego. Dostawa obu form azotu była na poziomie niskim (jon azotanowy) i minimalnym (jon

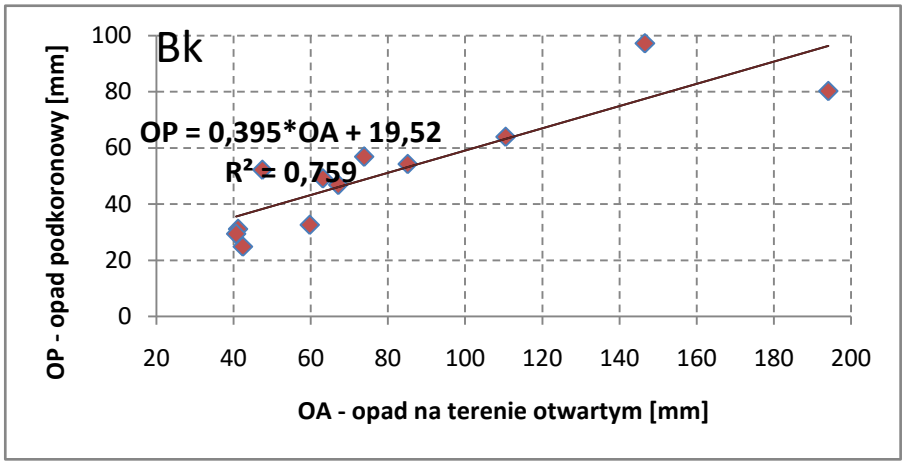
amonowy). Ładunek opadu podkoronowego w jedlinie był o 1/3 wyższy niż w buczynie – 5278 mg/m^2 i również był nieco niższy od średniej z lat 2012-2015 przy wyższej sumie opadów. Rozkład procentowy pierwiastków w formie mineralnej wniesionych do podłoża pod jedliną przedstawiał się następująco: potas 35%, wapń 23%, siarka 15%, chlor 17 %, azot 4%, sód 5%, magnez ponad 1%. W stosunku do rozkładu z lat ubiegłych, w jedlinie na uwagą zasługuje najniższa od 2012 roku dostawa obu form azotu.

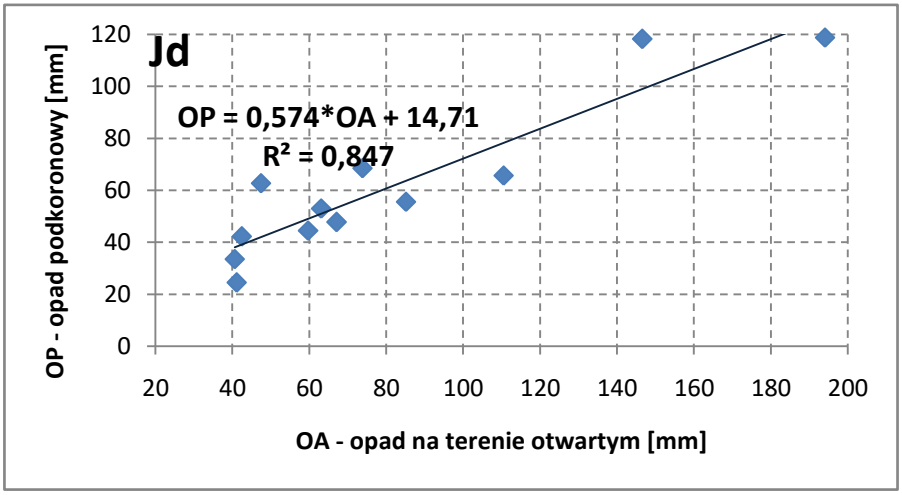
Kontrolę poprawności wykonywanych oznaczeń właściwości fizyczno-chemicznych wód opadowych oparto o udział w porównaniach międzylaboratoryjnych przeprowadzonych w okresie lata 2016 roku.

Stężenia podstawowych anionów i kationów wykorzystano do obliczeń ładunków zanieczyszczeń wprowadzonych do podłoża wraz z opadem podkoronowym w drzewostanie bukowym i jodłowym (Tab. 3.4.2.-3.4.6).

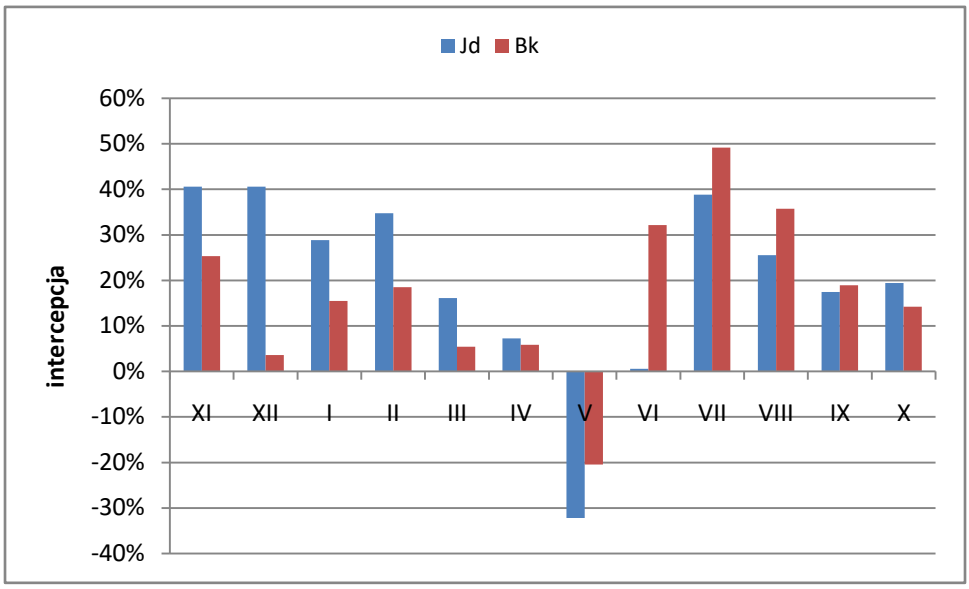
Tab. 3.4.1. Współczynnik intercepcji I [%]

miesiąc	h_{otw}	h_{podk}Bk	I Bk	h_{podk}Jd	I Jd
	mm	mm	%	mm	%
XI 2016	110,5	63,9	42,2	65,7	40,5
XII 2016	41,1	31,0	24,6	24,4	40,6
I 2016	67,1	46,8	30,3	47,7	28,9
II 2016	85,1	54,2	36,3	55,5	34,8
III 2016	63,1	49,1	22,2	52,9	16,2
IV 2016	73,8	56,8	23,0	68,4	7,3
V 2016	47,4	52,2	-10,1	62,7	-32,3
VI 2016	42,4	24,8	41,5	42,2	0,5
VII 2016	194,1	80,2	58,7	118,8	38,8
VIII 2016	59,7	32,6	45,4	44,5	25,5
IX 2016	40,6	29,3	27,8	33,5	17,5
X 2016	146,6	97,2	33,7	118,2	19,4





Ryc.3.4.2.Zależność miesięcznej wysokości opadu podkoronowego od opadu na terenie otwartym w 2016 roku hydrologicznym



Ryc.3.4.3. Miesięczna intercepcja opadów atmosferycznych pod okapem drzewostanu w 2016 roku hydrologicznym

Tab.3.4.2.a.Średnie roczne wartości stężenia zanieczyszczeń w opadzie podkoronowym w latach hydrologicznych 2012-2016.

	Buczyna														
rok	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	μg/dm^3	[-]	mS/m
2012	544,1	0,88	2,65	0,53	2,33	0,61	0,78	0,87	0,5	2,69	0,07	1,32	3,3	5,49	2,64
2013	657,2	0,82	2,46	0,47	2,1	0,49	0,62	0,81	0,28	1,8	0,05	0,82	16,9	4,8	2,45
2014	626,8	0,81	2,43	0,27	1,19	0,39	0,5	1,2	0,63	2,28	0,05	1,16	6,49	5,19	1,92
2015	487,1	0,96	2,87	0,41	1,83	0,51	0,65	0,92	0,33	3,18	0,1	1,94	7,3	5,13	3,02
2016	**618,2**	**0,83**	**2,49**	**0,31**	**1,38**	**0,27**	**0,35**	**0,69**	**0,21**	**2,53**	**0,07**	**1,51**	**2,61**	**5,89**	**2,21**
	Jedlina														
rok	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	μg/dm^3	[-]	mS/m
2012	605,8	1,29	3,87	0,46	2,02	0,39	0,51	1,25	0,57	3,27	0,15	1,73	7,3	5,14	3,00
2013	748,9	1,19	3,56	0,34	1,5	0,24	0,31	1,25	0,29	2,24	0,13	1,19	25,31	4,64	2,79
2014	709,6	1,17	3,51	0,2	0,9	0,2	0,26	1,37	0,52	2,39	0,13	2,07	16,88	4,77	2,24
2015	561,7	1,28	3,84	0,29	1,29	0,26	0,33	1,67	0,52	3,39	0,22	2,04	15,4	4,81	3,22
2016	**734,4**	**1,07**	**3,21**	**0,12**	**0,52**	**0,14**	**0,18**	**1,21**	**0,36**	**2,52**	**0,11**	**1,65**	**8,15**	**5,08**	**2,07**

Tab. 3.4.2.b. Sumaryczne ładunki zanieczyszczeń wniesione do podłoża z opadem podkoronowym w latach hydrologicznych 2012-2016.

Buczyna													
charakterystyka	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
rok hydrologiczny 2012	544,1	481,04	1443,41	286,75	1269,95	329,86	424,13	475,51	272,27	1463,07	38,1	716,69	1,8
rok hydrologiczny 2013	657,2	539,64	1618,93	311,97	1381,58	319,1	410,27	533,18	181,2	1182,18	33,04	536,79	11,11

rok hydrologiczny 2014	626,8	506,86	1520,58	168,55	746,42	245,43	315,56	754,41	397,22	1430,58	30,13	727,72	4,07
rok hydrologiczny 2015	487,1	466,28	1398,85	201,23	891,17	247,4	318,09	447,05	159,77	1550,42	50,11	944,9	3,56
rok hydrologiczny 2016	**618,2**	**512,18**	**1536,55**	**192,27**	**851,49**	**169,40**	**217,80**	**428,76**	**130,20**	**1565,93**	**40,74**	**932,99**	**1,61**
Jedlina													
charakterystyka	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
rok hydrologiczny 2012	605,8	780,64	2341,99	275,86	1221,57	238,37	306,41	758,34	347,63	1979,63	93,12	1050,29	4,42
rok hydrologiczny 2013	748,9	887,92	2663,77	254,45	1126,86	178,56	229,58	939,21	216,13	1679,67	95,62	894,24	18,95
rok hydrologiczny 2014	709,6	831,32	2493,95	143,76	636,63	141,25	181,61	969,41	368,28	1695,19	94,56	1466,52	11,98
rok hydrologiczny 2015	561,7	718,29	2154,88	163,49	724,05	144,02	185,17	937,76	291,87	1906,46	124,02	1147,71	8,65
rok hydrologiczny 2016	**734,4**	**786,48**	**2359,43**	**86,30**	**382,17**	**105,05**	**135,07**	**891,31**	**264,79**	**1850,17**	**81,96**	**1212,30**	**5,99**

Tab.3.4.3. Charakterystyki statystyczne dla stężenia głównych jonów oraz pH i przewodności w opadzie podkoronowymw 2016 roku hydrologicznym na tle wartości z wielolecia

	Buczyna														
charakterystyka	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m
Rok hydrologiczny 2016															
Śr.waż./suma	618,2	0,83	2,49	0,31	1,38	0,27	0,35	0,69	0,21	2,53	0,07	1,51	2,61	5,89	2,21
SD^2		0,26	0,79	0,21	0,92	0,20	0,26	0,46	0,09	1,81	0,03	0,73	5,0	0,67	0,39
min		0,41	1,22	0,03	0,15	0,04	0,06	0,34	0,08	0,49	0,03	0,65	0,2	4,79	1,77

max		1,40	4,19	0,66	2,90	0,73	0,93	1,98	0,46	6,71	0,12	3,09	16,2	6,73	2,91
Wielolecie 2012-2016															
Średnia ważona	586,7	0,85	2,56	0,39	1,75	0,45	0,57	0,90	0,39	2,45	0,07	1,32	7,55	5,30	2,42
SD^2	69,5	0,06	0,18	0,11	0,48	0,13	0,16	0,19	0,17	0,51	0,02	0,42	5,72	0,41	0,42
min	487,1	0,81	2,43	0,27	1,19	0,27	0,35	0,69	0,21	1,80	0,05	0,82	2,61	4,80	1,92
max	657,2	0,96	2,87	0,53	2,33	0,61	0,78	1,20	0,63	3,18	0,10	1,94	16,90	5,89	3,02
Wielolecie 2012-2015															
Średnia ważona	578,8	0,86	2,58	0,42	1,85	0,50	0,63	0,95	0,44	2,43	0,07	1,27	8,87	5,07	2,47
SD^2	77,6	0,07	0,20	0,11	0,49	0,09	0,12	0,17	0,16	0,59	0,02	0,47	5,86	0,28	0,46
min	487,1	0,81	2,43	0,27	1,19	0,39	0,5	0,81	0,28	1,8	0,05	0,82	3,3	4,8	1,92
max	657,2	0,96	2,87	0,53	2,33	0,61	0,78	1,2	0,63	3,18	0,1	1,94	16,9	5,49	3,02

	Jedlina														
charakterystyka	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m
Rok hydrologiczny 2016															
Śr.waż./suma	734,4	1,07	3,21	0,12	0,52	0,14	0,18	1,21	0,36	2,52	0,11	1,65	8,15	5,08	2,07
SD^2		1,10	3,29	0,15	0,67	0,11	0,14	0,87	0,27	0,80	0,07	0,57	8,58	0,34	1,01
min		0,22	0,65	0,00	0,01	0,04	0,05	0,58	0,20	1,59	0,07	1,11	1,55	4,51	1,39
max		3,44	10,32	0,45	2,00	0,41	0,52	3,22	1,19	4,15	0,28	3,11	30,90	5,81	4,81
Wielolecie 2012-2016															
Średnia ważona	672,1	1,19	3,58	0,28	1,22	0,24	0,31	1,34	0,48	2,71	0,14	1,72	14,88	4,88	2,63
SD^2	86,2	0,09	0,27	0,13	0,57	0,09	0,12	0,19	0,11	0,53	0,04	0,36	7,34	0,21	0,49
min	561,7	1,07	3,21	0,12	0,52	0,14	0,18	1,21	0,29	2,24	0,11	1,19	7,30	4,64	2,07
max	748,9	1,29	3,87	0,46	2,02	0,39	0,51	1,67	0,57	3,39	0,22	2,07	25,31	5,14	3,22
Wielolecie 2012-2015															
Średnia ważona	656,5	1,23	3,68	0,32	1,41	0,27	0,35	1,37	0,47	2,76	0,15	1,73	16,76	4,79	2,78
SD^2	87,4	0,06	0,19	0,11	0,47	0,08	0,11	0,20	0,13	0,59	0,04	0,41	7,38	0,21	0,42

min	561,7	1,17	3,51	0,2	0,9	0,2	0,26	1,25	0,29	2,24	0,13	1,19	7,3	4,64	2,24
max	748,9	1,29	3,87	0,46	2,02	0,39	0,51	1,67	0,57	3,39	0,22	2,07	25,31	5,14	3,22

Tab.3.4.4. Wartości ładunków zanieczyszczeń wniesionych z opadem podkoronowym w 2016 roku hydrologicznym na tle średnich wartości z wielolecia

Buczyna													
charakterystyka	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
rok hydrologiczny 2016	**618,2**	**512,18**	**1536,55**	**192,27**	**851,49**	**169,40**	**217,80**	**428,76**	**130,20**	**1565,93**	**40,74**	**932,99**	**1,61**
Średnia z lat 2012 - 2015	578,8	498,46	1495,44	242,13	1072,28	285,45	367,01	552,54	252,62	1406,56	37,85	731,53	5,14
Średnia z lat 2012 - 2016	586,7	501,20	1503,66	232,15	1028,12	262,24	337,17	527,78	228,13	1438,44	38,42	771,82	4,43
Jedlina													
charakterystyka	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
rok hydrologiczny 2016	**734,4**	**786,48**	**2359,43**	**86,30**	**382,17**	**105,05**	**135,07**	**891,31**	**264,79**	**1850,17**	**81,96**	**1212,30**	**5,99**
Średnia z lat 2012 - 2016	672,1	800,93	2402,80	184,77	818,26	161,45	207,57	899,21	297,74	1822,22	97,86	1154,21	10,00
Średnia z lat 2012 - 2015	656,5	804,54	2413,65	209,39	927,28	175,55	225,69	901,18	305,98	1815,24	101,83	1139,69	11,00

Tab.3.4.5. Średnie miesięczne stężenie zanieczyszczeń w opadzie podkoronowym.

	Buczyna														
miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m

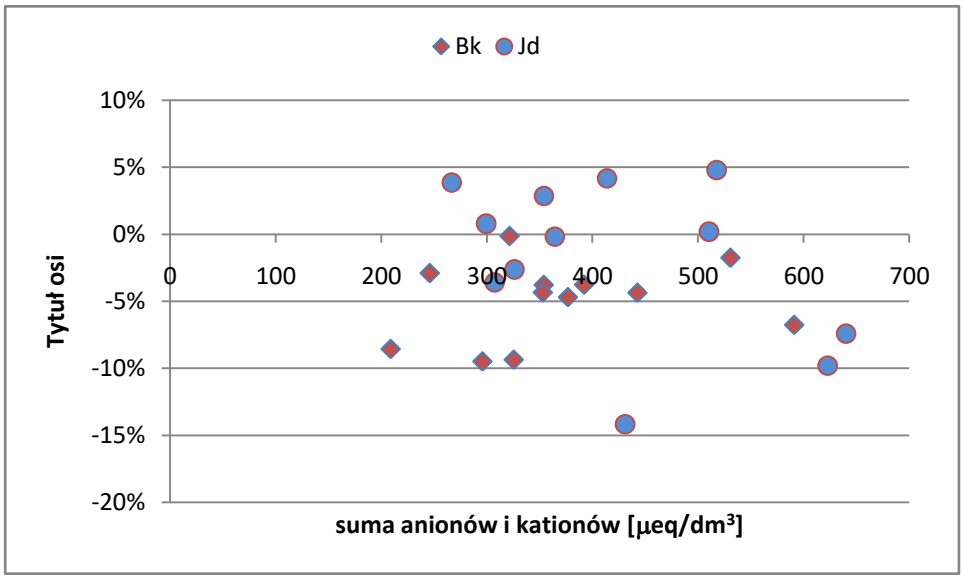
XI	63,9	0,88	2,65	0,03	0,15	0,09	0,12	1,98	0,46	6,71	0,08	2,23	0,25	6,61	2,91
XII	31,0	1,40	4,19	0,08	0,35	0,04	0,06	1,08	0,24	0,99	0,09	1,09	0,49	6,31	1,79
I	46,8	0,95	2,85	0,66	2,90	0,46	0,59	0,77	0,22	0,58	0,04	1,17	9,55	5,02	2,08
II	54,2	0,81	2,42	0,46	2,06	0,14	0,18	0,55	0,14	0,49	0,06	0,65	16,22	4,79	1,77
III	49,1	1,17	3,51	0,57	2,51	0,35	0,46	0,72	0,22	0,60	0,08	2,08	2,63	5,58	2,13
IV	56,8	0,88	2,64	0,44	1,93	0,56	0,72	0,64	0,21	1,05	0,09	1,56	0,55	6,26	1,96
V	52,2	0,92	2,77	0,16	0,70	0,28	0,36	0,41	0,08	3,19	0,09	0,95	0,19	6,73	2,35
VI	24,8	0,71	2,12	0,34	1,52	0,26	0,34	0,34	0,13	2,74	0,12	3,09	0,19	6,72	2,67
VII	80,2	0,58	1,74	0,35	1,55	0,23	0,29	0,34	0,19	2,62	0,03	2,17	0,54	6,27	1,83
VIII	32,6	0,41	1,22	0,40	1,76	0,16	0,21	0,39	0,15	1,86	0,04	0,86	0,31	6,51	1,81
IX	29,3	0,65	1,94	0,50	2,20	0,73	0,93	0,43	0,15	2,70	0,04	1,08	0,32	6,50	2,53
X	97,2	0,75	2,24	0,07	0,32	0,18	0,24	0,50	0,22	3,91	0,06	1,20	0,21	6,67	2,53

	Jedlina														
miesiące	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	μg/dm^3	[-]	mS/m
XI	65,7	1,30	3,89	0,05	0,22	0,08	0,10	3,22	1,19	4,15	0,13	1,79	5,37	5,27	2,03
XII	24,4	3,04	9,12	0,02	0,08	0,04	0,05	2,66	0,53	3,15	0,28	3,11	7,59	5,12	3,20
I	47,7	3,44	10,32	0,45	2,00	0,41	0,52	2,31	0,42	3,83	0,23	2,05	30,90	4,51	4,81
II	55,5	2,12	6,37	0,20	0,88	0,08	0,11	1,34	0,29	2,58	0,07	1,11	21,38	4,67	3,04
III	52,9	1,64	4,91	0,31	1,37	0,22	0,28	1,15	0,30	1,59	0,08	1,87	7,59	5,12	2,51
IV	68,4	1,03	3,09	0,31	1,36	0,18	0,23	1,03	0,25	1,68	0,12	1,55	7,94	5,10	2,11
V	62,7	0,63	1,89	0,03	0,13	0,19	0,25	0,72	0,24	2,46	0,13	1,88	4,37	5,36	1,52
VI	42,2	0,31	0,93	0,04	0,17	0,04	0,06	0,86	0,24	3,13	0,17	2,47	4,27	5,37	1,85
VII	118,8	0,37	1,12	0,03	0,14	0,09	0,12	0,59	0,25	2,01	0,09	1,56	5,89	5,23	1,40
VIII	44,5	0,22	0,65	0,00	0,01	0,09	0,12	1,01	0,38	2,28	0,07	1,28	1,55	5,81	1,39
IX	33,5	0,39	1,17	0,12	0,54	0,24	0,31	1,02	0,28	2,75	0,08	1,53	3,80	5,42	1,85
X	118,2	0,58	1,74	0,01	0,05	0,12	0,16	0,58	0,20	2,18	0,07	1,17	4,17	5,38	1,46

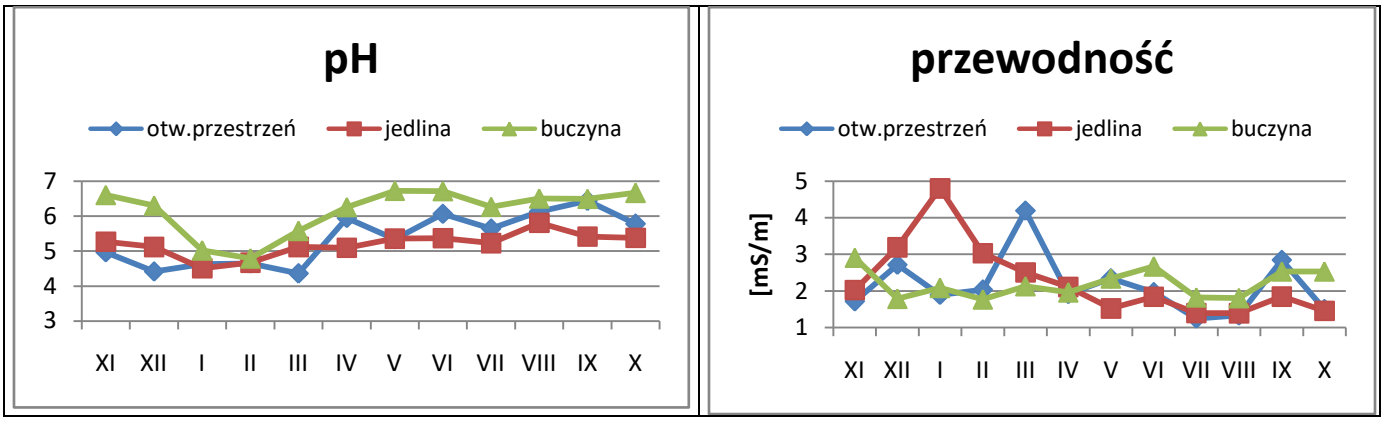
Tab. 3.4.6. Wartości miesięcznych ładunków zanieczyszczeń opadzie podkoronowym w 2016 roku hydrologicznym.

Buczyna													
miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
XI	63,9	56,49	169,46	2,12	9,39	5,96	7,67	126,39	29,14	428,77	5,37	142,50	0,02
XII	31,0	43,28	129,83	2,45	10,85	1,35	1,74	33,45	7,35	30,66	2,67	33,70	0,02
I	46,8	44,49	133,47	30,66	135,77	21,59	27,75	35,99	10,11	27,05	1,83	54,66	0,45
II	54,2	43,69	131,06	25,15	111,38	7,42	9,54	29,92	7,70	26,61	2,98	35,01	0,88
III	49,1	57,43	172,29	27,85	123,34	17,38	22,34	35,20	10,80	29,21	4,12	102,03	0,13
IV	56,8	49,97	149,90	24,77	109,68	31,94	41,07	36,30	12,04	59,64	4,88	88,66	0,03
V	52,2	48,16	144,49	8,30	36,75	14,62	18,79	21,40	4,23	166,52	4,91	49,80	0,01
VI	24,8	17,50	52,50	8,52	37,75	6,48	8,33	8,53	3,10	68,00	2,90	76,73	0,00
VII	80,2	47,68	143,03	28,73	127,25	18,80	24,17	27,87	15,95	215,36	2,47	178,29	0,04
VIII	32,6	13,26	39,77	12,92	57,21	5,30	6,81	12,78	4,76	60,57	1,43	27,97	0,01
IX	29,3	18,90	56,70	14,52	64,31	21,26	27,34	12,72	4,42	79,11	1,03	31,53	0,01
X	97,2	72,51	217,53	6,98	30,91	17,77	22,84	48,89	21,00	379,66	6,22	116,45	0,02

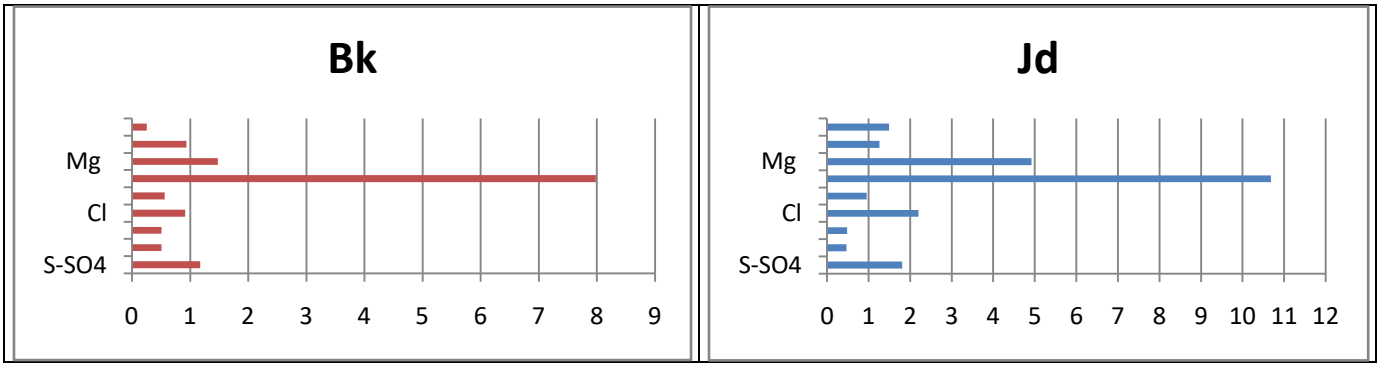
Jedlina													
miesiące	suma opadu mm	$S\text{-}SO_4$ mg/m^2	SO_4 mg/m^2	$N\text{-}NO_3$ mg/m^2	NO_3 mg/m^2	$N\text{-}NH_4$ mg/m^2	NH_4 mg/m^2	Cl mg/m^2	Na mg/m^2	K mg/m^2	Mg mg/m^2	Ca mg/m^2	H mg/m^2
XI	65,7	85,19	255,57	3,23	14,32	4,96	6,37	211,55	78,45	272,85	8,61	117,87	0,35
XII	24,4	74,19	222,58	0,45	2,00	0,91	1,17	64,78	12,88	76,86	6,93	75,79	0,19
I	47,7	164,12	492,36	21,57	95,54	19,33	24,85	110,28	20,13	182,69	11,07	97,98	1,47
II	55,5	117,86	353,59	10,99	48,67	4,58	5,88	74,20	16,04	143,36	4,05	61,55	1,19
III	52,9	86,60	259,79	16,34	72,37	11,60	14,92	60,89	15,66	84,01	4,13	99,08	0,40
IV	68,4	70,45	211,36	21,05	93,23	12,40	15,94	70,18	16,83	115,19	8,28	106,02	0,54
V	62,7	39,48	118,44	1,85	8,21	12,19	15,68	44,83	15,05	154,12	8,21	117,94	0,27
VI	42,2	13,08	39,25	1,66	7,34	1,87	2,41	36,08	9,96	132,04	7,05	104,40	0,18
VII	118,8	44,23	132,70	3,76	16,63	10,90	14,02	70,33	30,06	238,31	10,22	184,73	0,70
VIII	44,5	9,58	28,75	0,09	0,40	4,12	5,30	45,08	16,69	101,28	3,03	57,00	0,07
IX	33,5	13,01	39,03	4,09	18,12	7,95	10,22	34,07	9,41	92,02	2,71	51,29	0,13
X	118,2	68,67	206,02	1,20	5,32	14,25	18,32	69,03	23,64	257,44	7,68	138,65	0,49



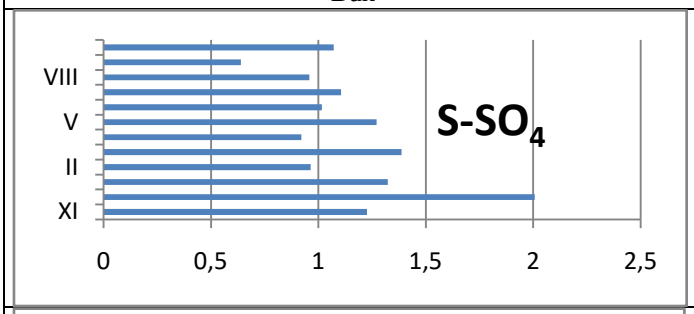
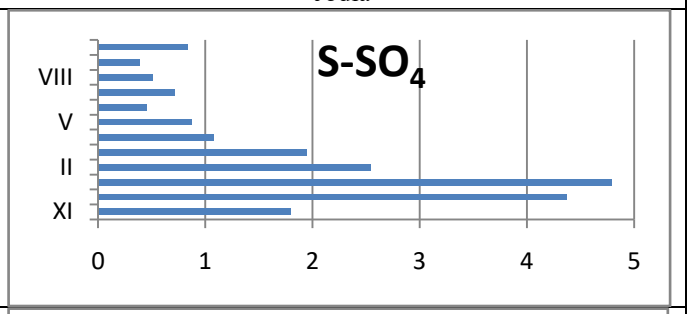
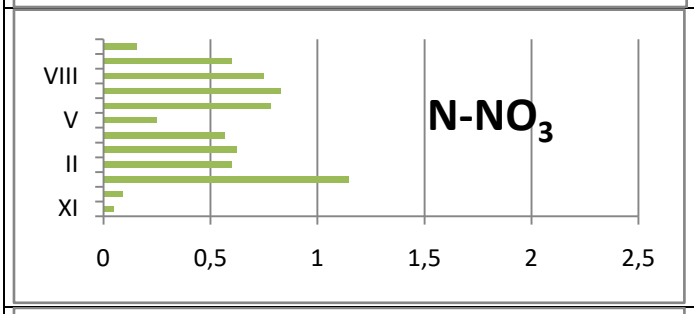
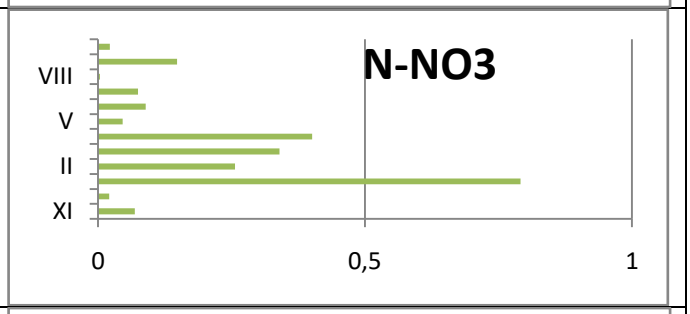
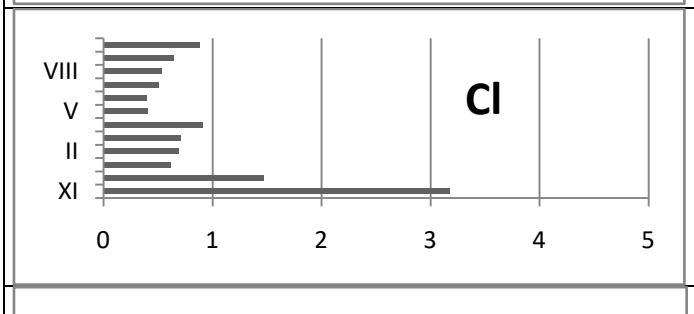
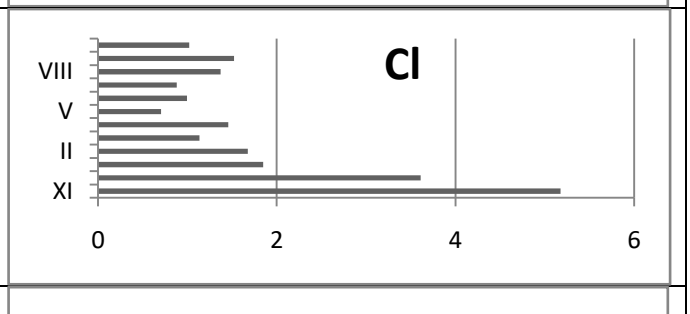
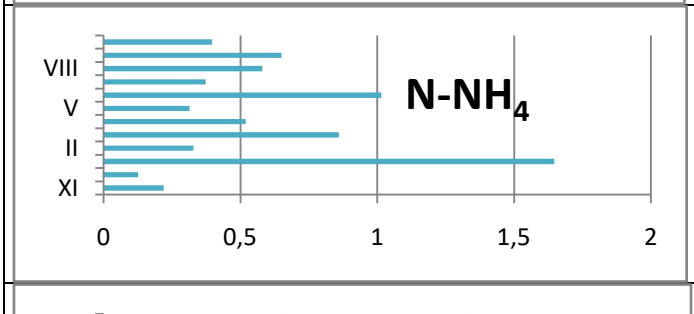
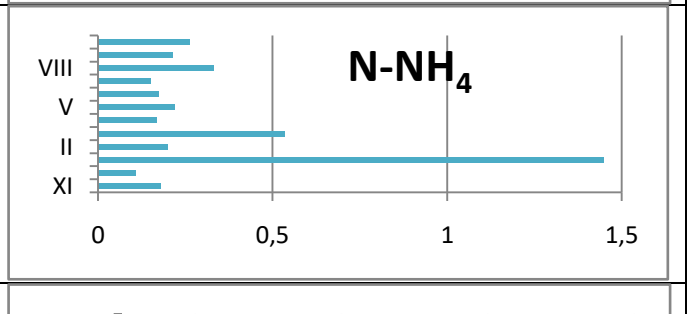
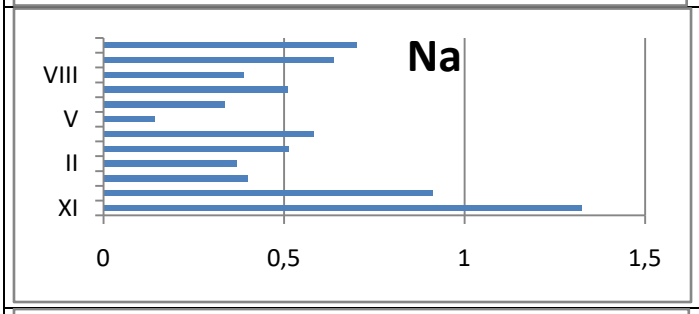
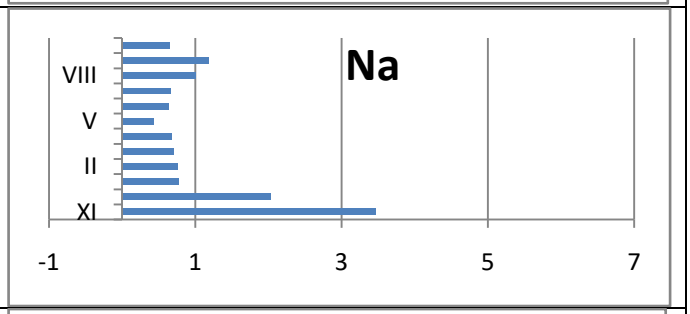
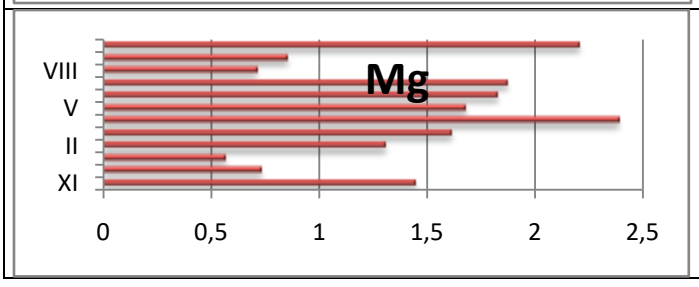
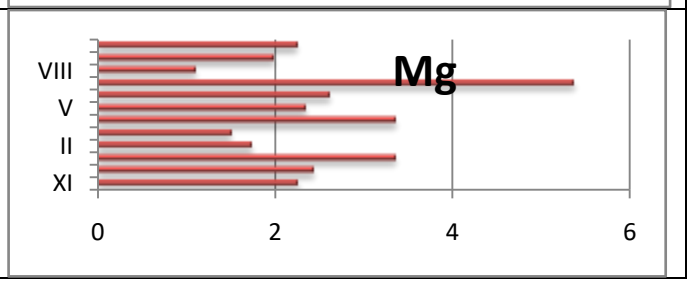
Ryc.3.4.4.Względny błąd analizy próbek opadu podkoronowego w 2016 roku hydrologicznym

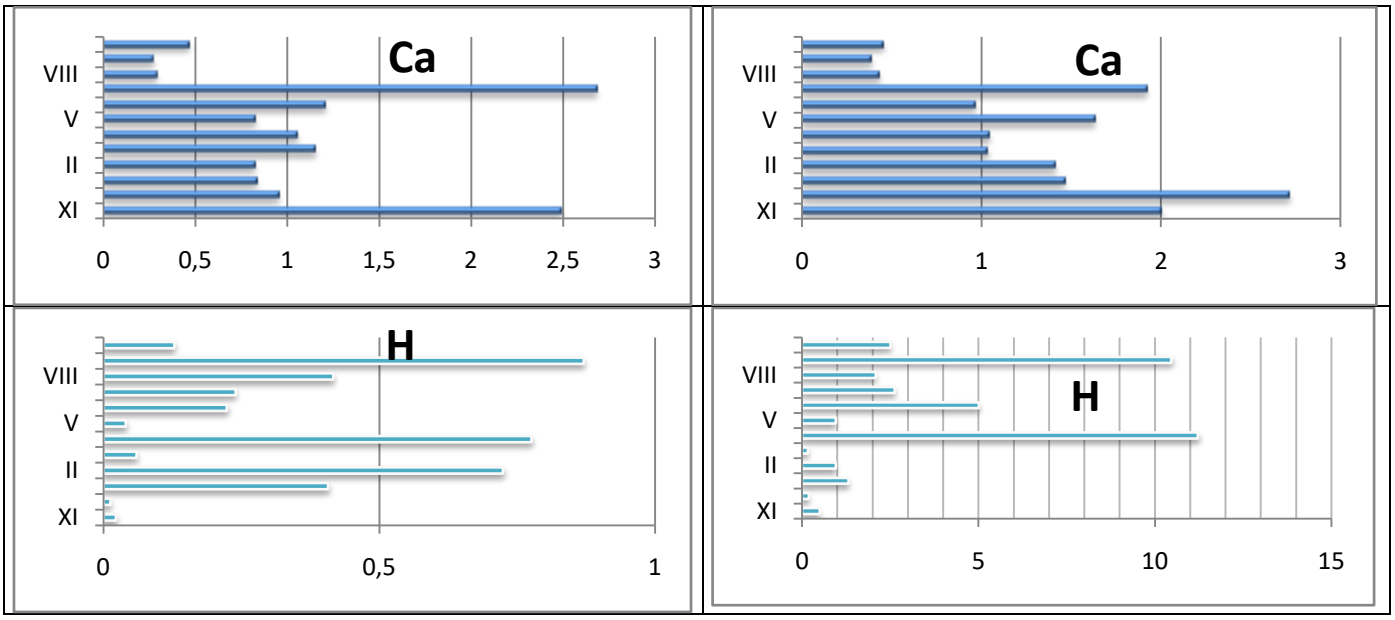


Ryc.3.4.5.Odczyn i przewodność opadów podkoronowych i opadów na otwartej przestrzeni w poszczególnych miesiącach 2016 roku hydrologicznego.

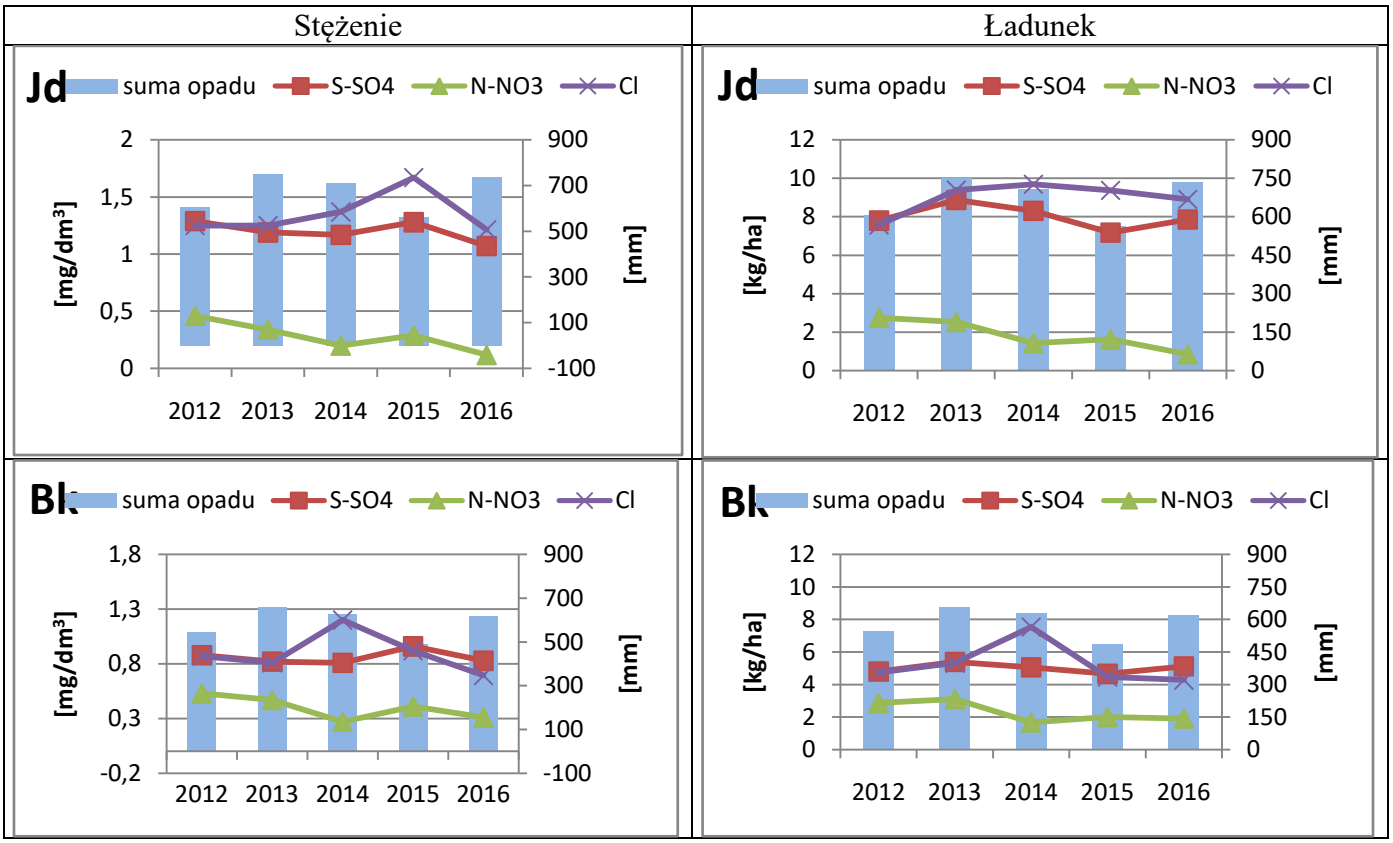


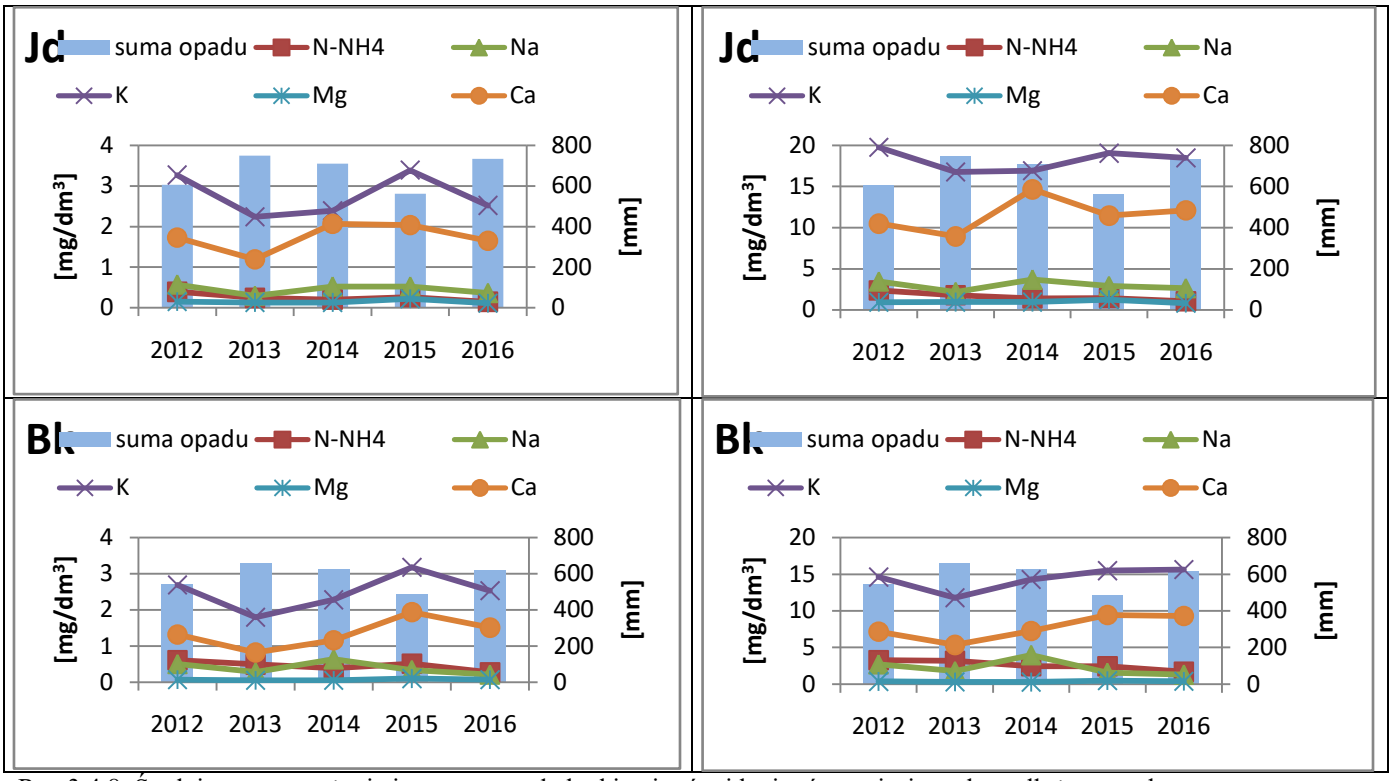
Ryc.3.4.6. Współczynniki koncentracji dla wartości średnich rocznych stężeń głównych jonów dla drzewostanów

Buk	Jodła
 S-SO4 VIII V II XI 0 0,5 1 1,5 2 2,5	 S-SO4 VIII V II XI 0 1 2 3 4 5
 N-NO3 VIII V II XI 0 0,5 1 1,5 2 2,5	 N-NO3 VIII V II XI 0 0,5 1
 Cl VIII V II XI 0 1 2 3 4 5	 Cl VIII V II XI 0 2 4 6
 N-NH4 VIII V II XI 0 0,5 1 1,5 2	 N-NH4 VIII V II XI 0 0,5 1 1,5
 Na VIII V II XI 0 0,5 1 1,5	 Na VIII V II XI -1 1 3 5 7
 Mg VIII V II XI 0 0,5 1 1,5 2 2,5	 Mg VIII V II XI 0 2 4 6

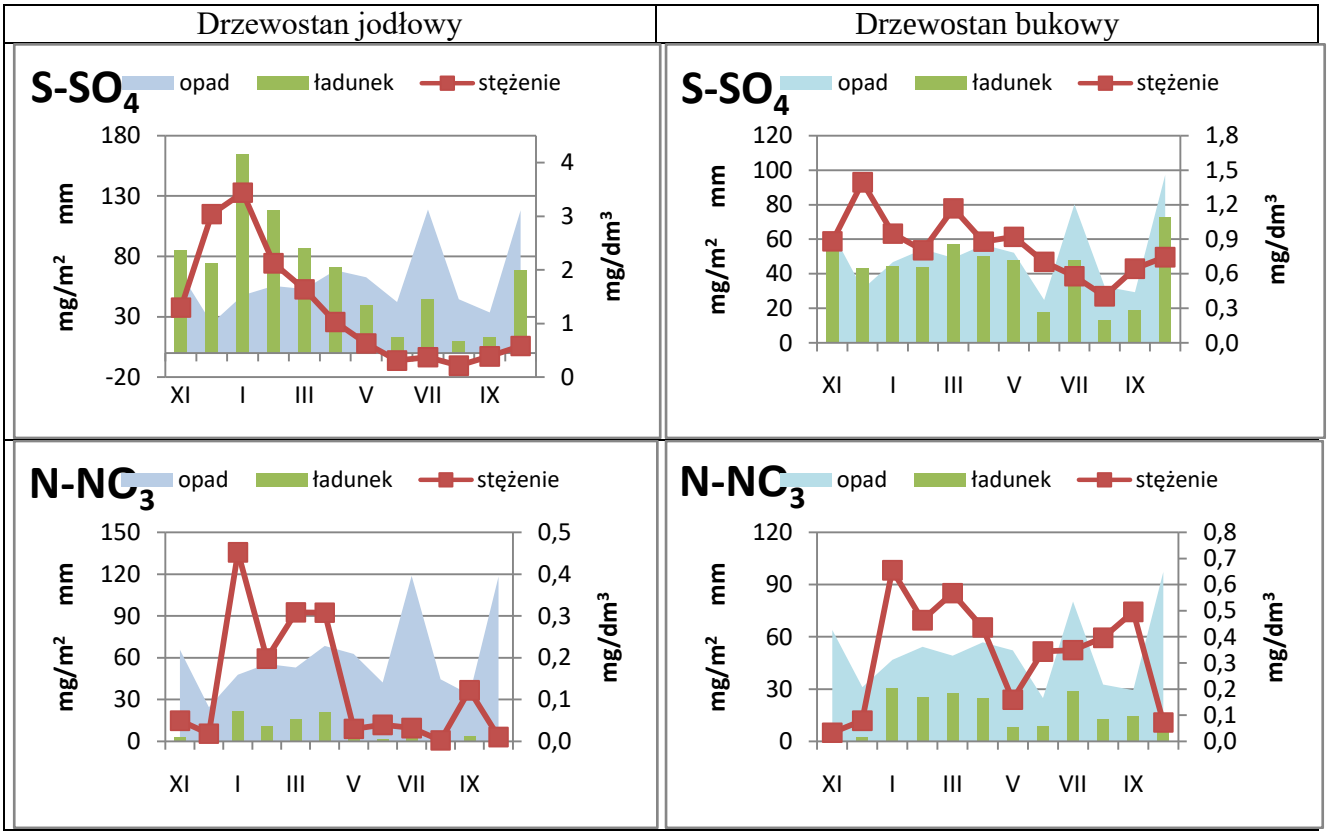


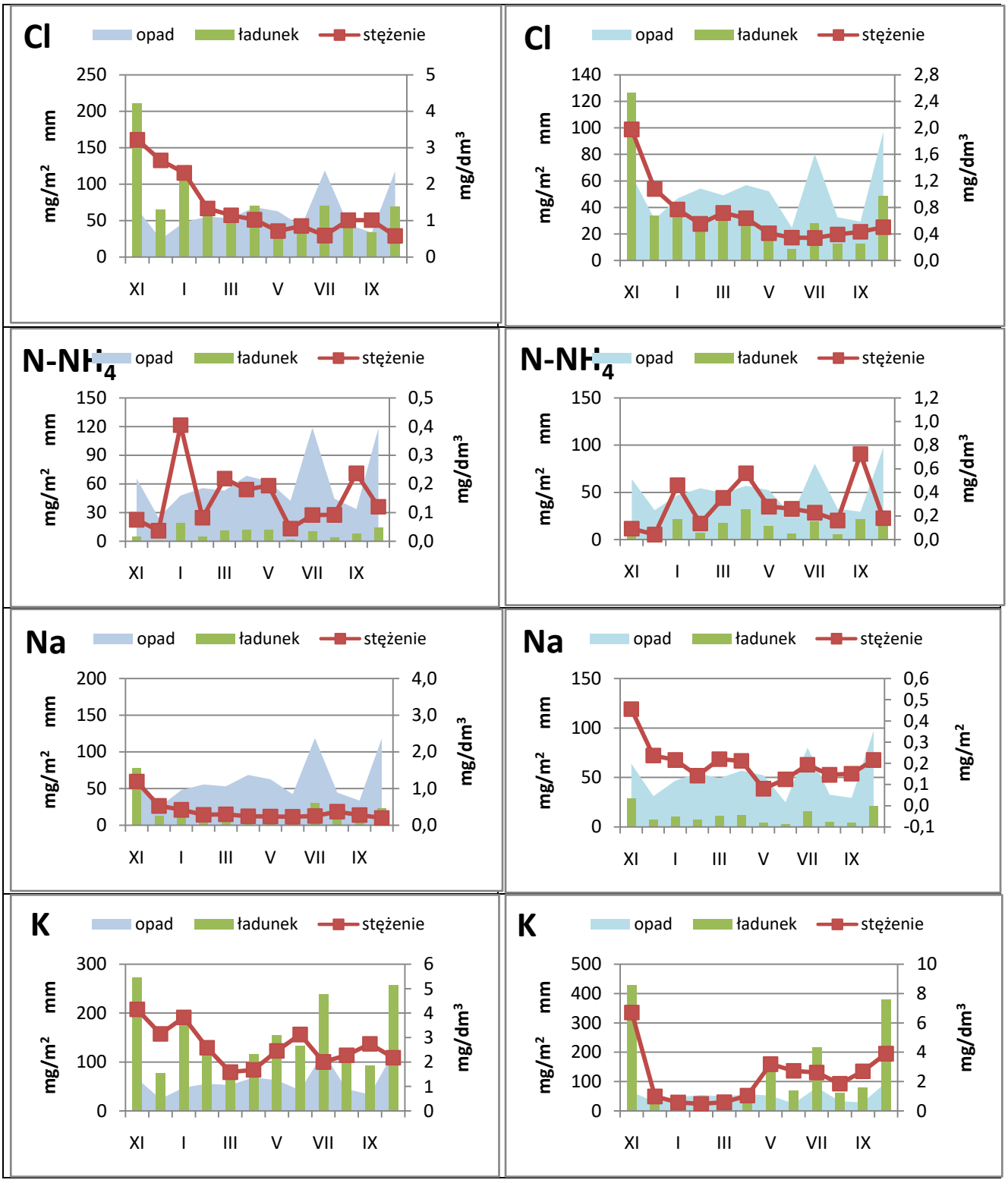
Ryc.3.4.7. Przebieg miesięcznych wartości współczynnika koncentracji dla głównych jonów w 2016 roku hydrologicznym

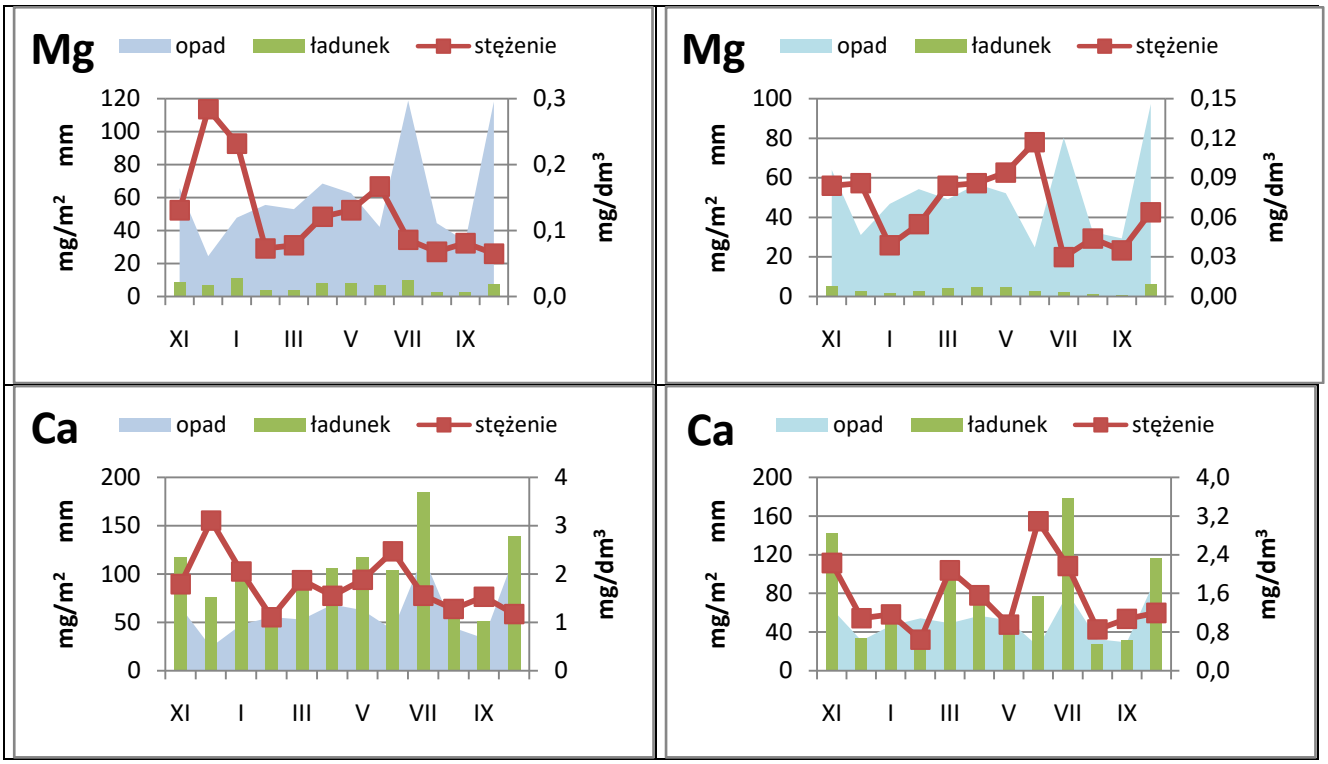




Ryc.3.4.8. Średnie roczne stężenia i sumaryczne ładunki anionów i kationów wniesione do podłoża z opadem podkoronowym w latach hydrologicznych 2012-2016



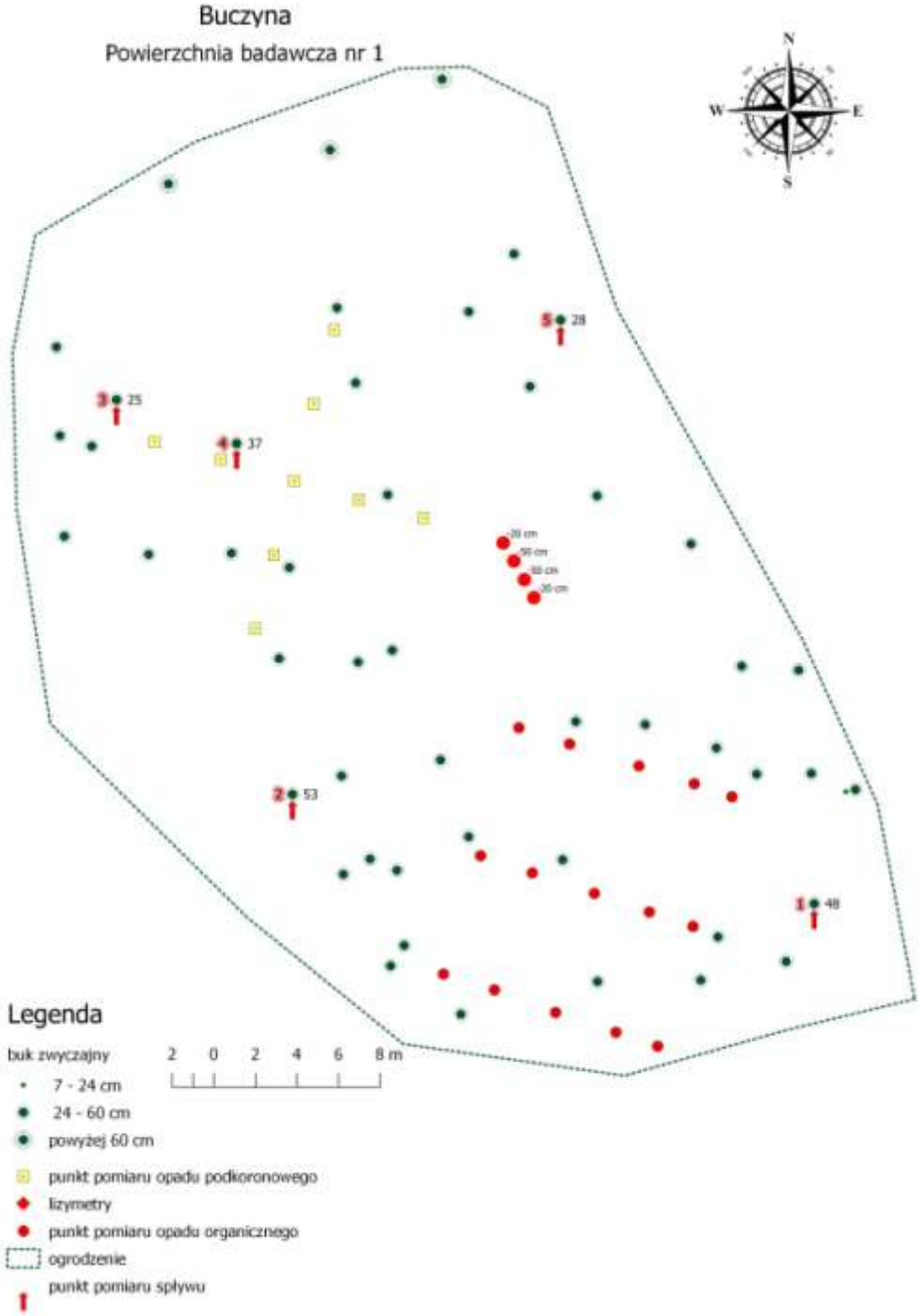

Cl
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/dm³
250
200
150
100
50
0
5
4
3
2
1
0
XI I III V VII IX
Cl
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/dm³
140
120
100
80
60
40
20
0
2,8
2,4
2,0
1,6
1,2
0,8
0,4
0,0
XI I III V VII IX
N-NH4
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/dm³
150
120
90
60
30
0
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
XI I III V VII IX
N-NH4
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/dm³
150
100
50
0
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
XI I III V VII IX
Na
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/dm³
200
150
100
50
0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
XI I III V VII IX
Na
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/m²
150
100
50
0
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
-0,1
XI I III V VII IX
K
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/dm³
300
200
100
0
6
5
4
3
2
1
0
XI I III V VII IX
K
opad
ładunek
stężenie
mg/m² mm
mg/dm³
500
400
300
200
100
0
10
8
6
4
2
0
XI I III V VII IX



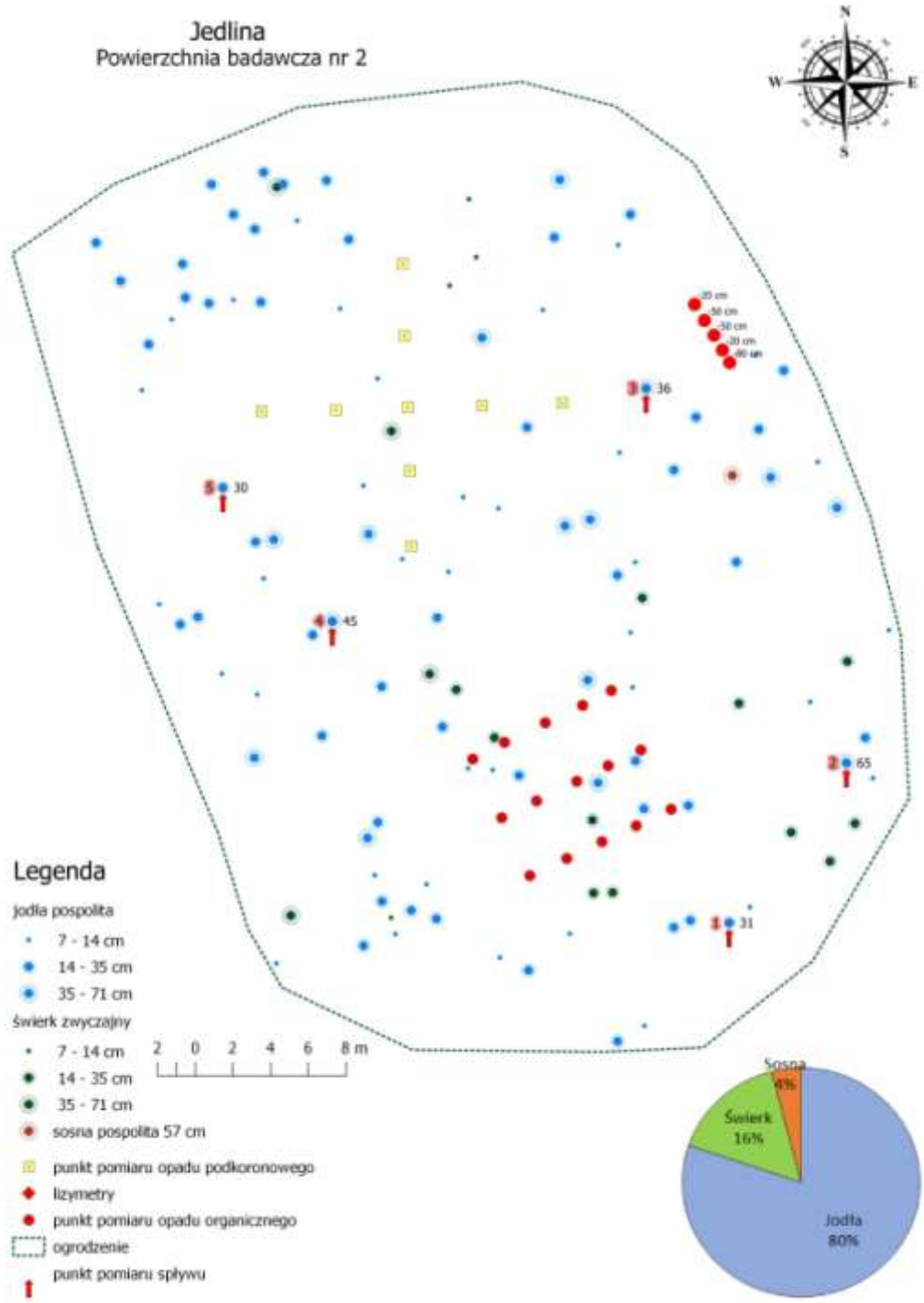
Ryc. 3.4.9. Ładunki sumaryczne i średnie miesięczne stężenia anionów i kationów w opadzie podkoronowym na tle miesięcznych sum wysokości opadu podkoronowego w 2016 roku hydrologicznym

3.5. CHEMIZM SPŁYWU PO PNIACH – C3

Badania ilościowe i jakościowe wód spływających po pniach drzew w ramach programu C3 realizowano na dwóch powierzchniach w drzewostanie bukowym i jodłowym (Ryc. 3.5.1a, 3.5.1.b).



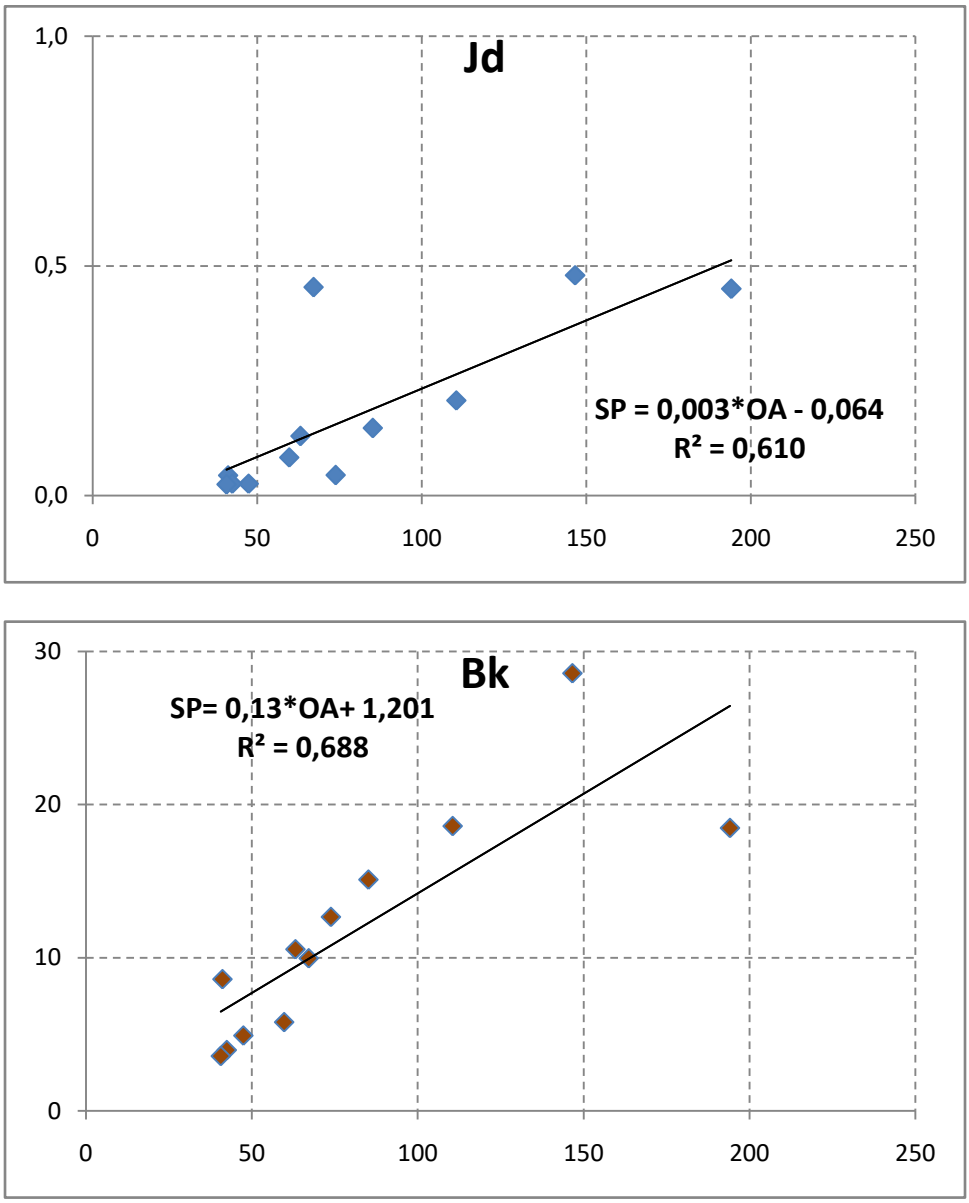
Ryc. 3.5.1.a.Struktura drzewostanu powierzchni testowej nr 1 w Stacji Roztocze.



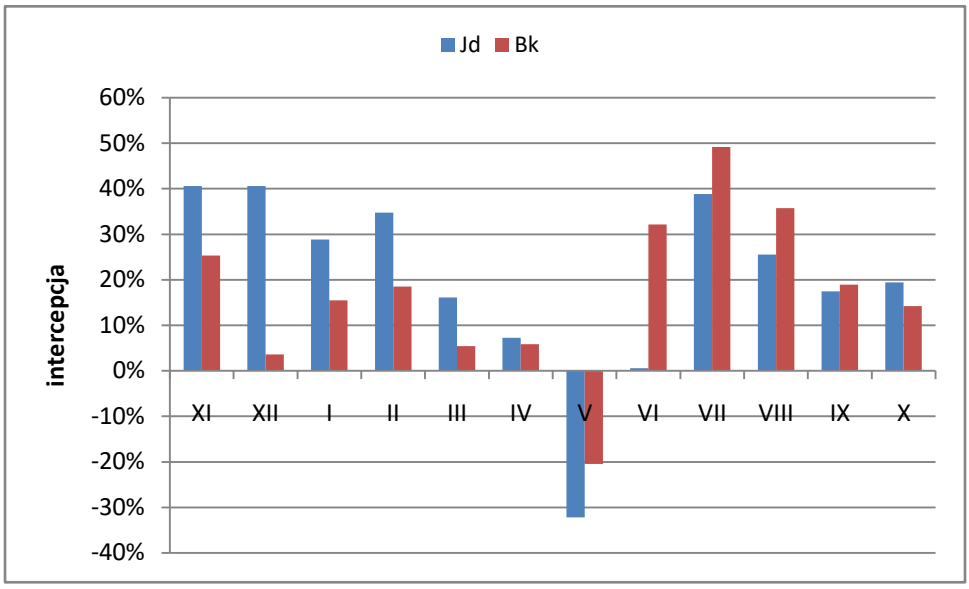
Ryc. 3.5.1.b.Struktura drzewostanu powierzchni testowej nr 2 w Stacji Roztocze.

W roku hydrologicznym 2016 suma spływu po pniach jedliny wyniosła – 2,1 mm, a buczyny 140,7 mm (Tab. 3.5.1). Wartości te stanowiły odpowiednio niespełna 0,2% oraz 15,1% opadu na terenie otwartym. W jedlinie najwyższe miesięczne wartości spływu po pniach zanotowano w styczniu i lipcu – 0,45 mm. Miesięczny spływ po pniach buczyny były najwyższy w październiku– 28,6mm, a najniższy we wrześniu– 3,6 mm (Tab. 3.5.4). W stosunku do lat poprzednich nie odnotowano większych zmian udziału opadu spływającego po pniach jodły i buka w ogólnej sumie opadu docierającego do podłoża.

Średnia roczna ważona wartość odczynu wynosiła: 4,25 w jedlinie - wartość zbliżona do średniej z lat 2012-2015 i 5,91 w buczynie - wartości wyższa o 0,7 jednostki w stosunku do średniej z lat 2012-2015. Wartości skrajne odczynu w skali roku kształtowały się na poziomie: od 4,07 do 4,48 w jedlinie i od 5,56 do 6,54 w buczynie (wartości średnie miesięczne). W półroczu zimowym, z uwagi na łagodną zimę, średnia ważona wartość pH była nieznacznie niższa niż w letnim i wyniosła odpowiednio: 4,15 i 4,36 w jedlinie oraz 5,79 i 6,12 dla buczyny. Odczyn wody w spływie po pniach buczyny był wyższy (0,92 jednostki) do wartości opadu całkowitego na otwartej przestrzeni. W przypadku spływu po pniach jodły nastąpiło znaczne zakwaszenie wód opadowych (0,74 jednostki pH).



Ryc. 3.5.2.Zależność miesięcznej wysokości spływu po pniach od opadu na terenie otwartym w 2016 roku hydrologicznym.



Ryc. 3.5.3. Miesięczna intercepcja opadów atmosferycznych pod okapem drzewostanu w 2016 roku hydrologicznym

Ocena kwasowości spływów po pniu w roku 2015 na podstawie wartości miesięcznych (wg Jansen, Block, Knaack):

- spływ po pniu jodły - odczyn silnie obniżony - 1 próbka, znacznie obniżony 11 próbek
- spływu po pniu buka - odczyn normalny 8 próbek, lekko podwyższony 4 próbki.

Średnia roczna ważona wartość przewodności elektrolitycznej właściwej w skali całego roku wyniosła odpowiednio: w jedlinie – 15,0 mS/m, w buczynie – 2,37 mS/m. Wartości maksymalne COND w spływie po pniach występowały po okresach ubogich w opady, dla buka w styczniu i wrześniu, dla jodły w styczniu.

Ocena COND w spływach po pniu w roku 2015 na podstawie wartości miesięcznych (wg Jansen, Block, Knaack):

- spływ po pniu jodły – wszystkie analizowane próbki były w grupie bardzo silnie zmienione (>6,0 mS/m)
- spływu po pniu buka – COND znacznie podwyższone 2 próbki, lekko podwyższone 10 próbek.

Średnia roczna wagowa zawartość poszczególnych jonów wykazywała następujący układ stężeń w spływie po pniach: buczyny $K>SO_4>Ca>Cl>NO_3>NH_4>Na>Mg>H$, jedliny $SO_4>K>Cl>Ca>Na>Mg>NH_4>NO_3>H$. Spośród badanych form azotu mineralnego, stężenie jonów azotanowych nie przekraczało przeważnie 0,3 mgN-NO_3/dm^3, a jonu amonowego 0,5 mgN-NH_4/dm^3 w opadach spływających po pniach jodeł oraz 0,1 mgN-NO_3/dm^3 i 1,0 mgN-NH_4/dm^3 po bukach.

Udział procentowy głównych jonów obliczony ze stężeń równoważnikowych w spływie po pniu zarówno buczyny, jak i jedliny w roku hydrologicznym 2016 wskazuje na dominację wśród kationów jonu potasowego, natomiast wśród anionów jonu siarczanowego.

Łączny ładunek pierwiastków docierających w formie mineralnej do podłoża w spływie po pniu buczyny wynosił 1167,1 mg/m^2, z czego potas stanowił 59%, wapń i siarka po około 13%, chlorki 9%, azot 3% , sód 2%, magnez poniżej1%. Ładunek w spływie po pniach jedliny był ponad 10-krotnie niższy (100 mg/m^2) od spływu po pniach buczyny. Rozkład procentowy pierwiastków w formie mineralnej wniesionych do podłoża w spływie po pniu jedliny przedstawiał się następująco: potas 55%, siarka i chlor po niespełna 17%, wapń 8%, sód 2%, magnez prawie 2% i azot <1%. Najwięcej pierwiastków docierało do podłoża w spływie po pniu jodły w okresie większych opadów

zimowych(w styczniu), natomiast w przypadku buczyny było to mniej wyraźne, największa dostawa pierwiastków była w październiku szczególnie potasu, a siarki w okresie zimowym (Ryc. 3.5.13.). Sumaryczne roczne wielkości ładunków pierwiastków antropogenicznego pochodzenia w roku 2016 w obu drzewostanach były w przypadku siarki wyższe, a w przypadku azotu (obie formy) niższe od średniej z lat 2012-2015 oraz 2012-2016(Tab. 3.5.3.).

Kontrolę poprawności wykonywanych oznaczeń właściwości fizyczno-chemicznych wód opadowych oparto o udział w porównaniach międzylaboratoryjnych przeprowadzonych w okresie lata 2016 roku.

Tab. 3.5.1. Średnie roczne wartości stężenia i sumaryczne ładunki zanieczyszczeń w spływie po pniach w latach hydrologicznych 2012-2016.

stężenie zanieczyszczeń - Buczyna															
Rok	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	μg/dm^3	[-]	mS/m
2012	141,0	0,98	2,93	0,26	1,14	0,37	0,47	1,96	0,30	4,03	0,09	1,31	4,37	5,36	2,65
2013	136,7	0,97	2,90	0,23	1,00	0,24	0,30	1,32	0,46	3,57	0,08	0,92	8,66	5,06	2,32
2014	147,5	1,25	3,75	0,08	0,35	0,30	0,39	1,13	0,36	4,92	0,07	1,24	4,02	5,09	2,51
2015	112,0	1,09	3,26	0,20	0,87	0,31	0,40	0,74	0,21	5,65	0,10	1,05	1,9	5,73	2,62
2016	**140,7**	**1,07**	**3,22**	**0,09**	**0,42**	**0,17**	**0,22**	**0,77**	**0,21**	**4,85**	**0,06**	**1,12**	**1,21**	**5,91**	**2,37**
stężenie zanieczyszczeń - Jedlina															
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	μg/dm^3	[-]	mS/m
2012	1,9	8,93	26,78	0,05	0,22	0,15	0,19	5,75	1,1	31,86	1,1	7,37	62,8	4,20	17,1
2013	3,5	12,44	37,33	0,05	0,22	0,20	0,25	5,69	1,21	31,61	1,56	5,18	82,01	4,10	15,3
2014	2,0	11,57	34,71	0,02	0,08	0,58	0,75	5,70	1,13	28,35	0,71	5,86	46,06	4,34	14,6
2015	1,4	11,88	35,63	0,030	0,13	0,39	0,51	11,92	1,40	38,90	1,20	5,83	70,8	4,15	20,9
2016	**2,12**	**13,70**	**41,09**	**0,02**	**0,09**	**0,28**	**0,36**	**7,06**	**0,94**	**30,83**	**0,77**	**7,00**	**5,58**	**4,25**	**14,96**
ładunek zanieczyszczeń wniesionych do podłoża - Buczyna															
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2		
2012	141,0	138,18	413,13	36,66	160,74	52,17	66,27	276,36	42,30	568,23	12,69	184,71	0,62		
2013	136,7	131,98	395,93	30,93	136,96	32,34	41,58	180,26	62,51	487,98	11,56	126,30	1,18		
2014	147,5	184,25	552,75	11,80	52,24	44,90	57,73	166,67	53,05	725,08	11,05	183,31	0,59		
2015	112,0	121,83	365,48	21,98	97,32	35,22	45,28	82,79	23,96	632,52	11,12	117,95	0,21		
2016	**140,7**	**150,83**	**452,48**	**13,32**	**58,98**	**24,36**	**31,32**	**108,71**	**29,28**	**682,79**	**8,50**	**157,85**	**0,17**		
ładunek zanieczyszczeń wniesionych do podłoża - Jedlina															
2012	1,9	16,97	50,88	0,10	0,42	0,29	0,36	10,93	2,09	60,53	2,09	14,00	0,12		
2013	3,5	43,10	129,31	0,17	0,75	0,69	0,88	19,70	4,18	109,52	5,40	17,96	0,28		
2014	2,0	22,52	67,57	0,03	0,15	1,13	1,45	11,09	2,20	55,18	1,38	11,40	0,09		
2015	1,4	16,89	50,66	0,04	0,19	0,56	0,72	16,95	2,00	55,30	1,71	8,28	0,10		
2016	**2,1**	**29,04**	**87,12**	**0,04**	**0,19**	**0,60**	**0,76**	**14,96**	**2,00**	**65,36**	**1,63**	**14,84**	**0,01**		

Tab.3.5.2. Charakterystyki statystyczne dla stężenia głównych jonów oraz pH i przewodności w spływie po pniach w 2016 roku hydrologicznym na tle wartości z wielolecia

Buczyna															
charakterystyka	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	μg/dm^3	[-]	mS/m
Rok hydrologiczny 2016															
średnia ważona	140,7	1,07	3,22	0,09	0,42	0,17	0,22	0,77	0,21	4,85	0,06	1,12	1,21	5,91	2,37
SD^2		0,81	2,43	0,10	0,46	0,13	0,17	0,53	0,11	0,83	0,03	0,54	0,77	0,29	0,50
min		0,24	0,72	0,01	0,03	0,05	0,07	0,14	0,10	3,59	0,03	0,31	0,40	5,56	1,93
max		2,87	8,60	0,33	1,46	0,49	0,63	1,76	0,44	6,10	0,13	2,51	2,75	6,40	3,44
Wielolecie 2012-2015															
średnia ważona	134,3	1,07	3,21	0,19	0,84	0,31	0,39	1,29	0,33	4,54	0,09	1,13	4,74	5,22	2,5
SD^2	15,5	0,13	0,40	0,08	0,34	0,05	0,07	0,51	0,11	0,93	0,01	0,18	2,83	0,31	0,2
min	112,0	0,97	2,90	0,08	0,35	0,24	0,30	0,74	0,21	3,57	0,07	0,92	1,90	5,06	2,3
max	147,5	1,25	3,75	0,26	1,14	0,37	0,47	1,96	0,46	5,65	0,10	1,31	8,66	5,73	2,7
Wielolecie 2012-2016															
średnia ważona	135,6	1,07	3,22	0,17	0,75	0,28	0,36	1,20	0,31	4,57	0,08	1,13	4,09	5,39	2,49
SD^2	13,7	0,11	0,34	0,08	0,35	0,07	0,10	0,50	0,11	0,81	0,02	0,15	2,92	0,38	0,15
min	112,0	0,97	2,90	0,08	0,35	0,17	0,22	0,74	0,21	3,57	0,06	0,92	1,21	5,06	2,32
max	147,5	1,25	3,75	0,26	1,14	0,37	0,47	1,96	0,46	5,65	0,10	1,31	8,66	5,91	2,65

Jedlina															
charakterystyka	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	μg/dm^3	[-]	mS/m
Rok hydrologiczny 2015															
średnia ważona	2,1	13,70	41,09	0,02	0,09	0,28	0,36	7,06	0,94	30,83	0,77	7,00	5,58	4,25	14,96
SD^2		4,23	12,68	0,02	0,09	0,30	0,37	2,98	0,28	8,61	0,54	3,25	1,65	0,13	4,58
min		7,41	22,23	0,00	0,02	0,05	0,06	3,46	0,52	17,74	0,13	2,21	3,31	4,07	8,79
max		22,71	68,14	0,07	0,31	1,07	1,29	12,90	1,38	45,40	1,76	10,41	8,51	4,48	23,73

Wielolecie 2012-2015															
średnia ważona	2,2	11,21	33,61	0,04	0,16	0,33	0,43	7,27	1,21	32,68	1,14	6,06	65,42	4,18	17,00
SD^2	0,9	1,56	4,68	0,02	0,07	0,20	0,26	3,10	0,13	4,44	0,35	0,93	15,12	0,10	2,80
min	1,4	8,93	26,78	0,02	0,08	0,15	0,19	5,69	1,10	28,35	0,71	5,18	46,06	4,10	14,60
max	3,5	12,44	37,33	0,05	0,22	0,58	0,75	11,92	1,40	38,90	1,56	7,37	82,01	4,34	20,90
Wielolecie 2012-2016															
średnia ważona	2,2	11,84	35,52	0,04	0,16	0,30	0,39	6,77	1,15	31,84	1,13	6,12	55,90	4,24	16,14
SD^2	0,8	1,75	5,26	0,02	0,07	0,17	0,22	2,69	0,17	3,94	0,35	0,91	29,79	0,09	2,60
min	1,4	8,93	26,78	0,02	0,08	0,15	0,19	5,69	0,94	28,35	0,71	5,18	5,58	4,10	14,60
max	3,5	13,70	41,09	0,05	0,22	0,58	0,75	11,92	1,40	38,90	1,56	7,37	82,01	4,34	20,90

Tab. 3.5.3. Wartości ładunków zanieczyszczeń wniesionych ze spływem po pniach w 2016 roku hydrologicznym na tle średnich wartości z wielolecia

charakterystyka	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
Buczyna													
rok hydrologiczny 2016	**140,7**	**150,83**	**452,48**	**13,32**	**58,98**	**24,36**	**31,32**	**108,71**	**29,28**	**682,79**	**8,50**	**157,85**	**0,17**
Wielolecie 2012-2016													
	135,6	145,41	435,95	22,94	101,25	37,80	48,44	162,96	42,22	619,32	10,98	154,02	0,55
Wielolecie 2012-2015													
	134,3	144,06	431,82	25,34	111,81	41,16	52,71	176,52	45,45	603,45	11,60	153,07	0,65
Jedlina													
rok hydrologiczny 2016	**2,1**	**29,04**	**87,12**	**0,04**	**0,19**	**0,60**	**0,76**	**14,96**	**2,00**	**65,36**	**1,63**	**14,84**	**0,01**
Wielolecie 2012-2016													
	2,2	25,70	77,11	0,08	0,34	0,65	0,83	14,73	2,49	69,18	2,44	13,30	0,12
Wielolecie 2012-2015													
	2,2	24,87	74,61	0,09	0,38	0,67	0,85	14,67	2,62	70,13	2,64	12,91	0,15

Tab. 3.5.4.a. Średnie miesięczne stężenia zanieczyszczeń w spływie po pniach w 2016 roku hydrologicznym

Buczyna															
miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m
XI	18,6	1,12	3,36	0,14	0,61	0,11	0,14	0,84	0,16	6,10	0,08	0,90	0,45	6,35	2,34
XII	8,6	2,11	6,33	0,01	0,03	0,06	0,08	1,49	0,27	5,25	0,13	1,02	1,00	6,00	2,74
I	10,0	2,87	8,60	0,03	0,14	0,05	0,07	1,76	0,22	6,01	0,08	0,87	2,75	5,56	3,44
II	15,1	1,45	4,36	0,02	0,07	0,05	0,07	1,35	0,44	3,89	0,05	0,31	2,19	5,66	2,02
III	10,5	1,77	5,30	0,01	0,04	0,14	0,18	1,21	0,38	4,42	0,06	0,51	1,82	5,74	2,68
IV	12,7	0,79	2,38	0,02	0,08	0,10	0,12	0,77	0,28	3,59	0,04	0,66	1,82	5,74	1,94
V	4,9	0,79	2,37	0,01	0,04	0,18	0,23	0,38	0,11	5,49	0,10	0,85	1,70	5,77	2,40
VI	4,0	0,45	1,34	0,07	0,33	0,23	0,29	0,39	0,14	5,87	0,07	0,91	1,74	5,76	2,58
VII	18,5	0,45	1,34	0,05	0,21	0,21	0,27	0,14	0,10	4,50	0,06	0,91	0,60	6,22	1,93
VIII	5,8	0,24	0,72	0,13	0,59	0,32	0,41	0,39	0,18	4,92	0,06	1,01	1,00	6,00	2,25
IX	3,6	0,46	1,39	0,33	1,46	0,49	0,63	0,54	0,16	5,58	0,05	0,86	0,40	6,40	3,37
X	28,6	0,55	1,64	0,23	1,03	0,30	0,38	0,34	0,11	4,59	0,03	2,51	0,58	6,24	2,31

Tab. 3.5.4.b. Średnie miesięczne stężenia zanieczyszczeń w spływie po pniach w 2016 roku hydrologicznym

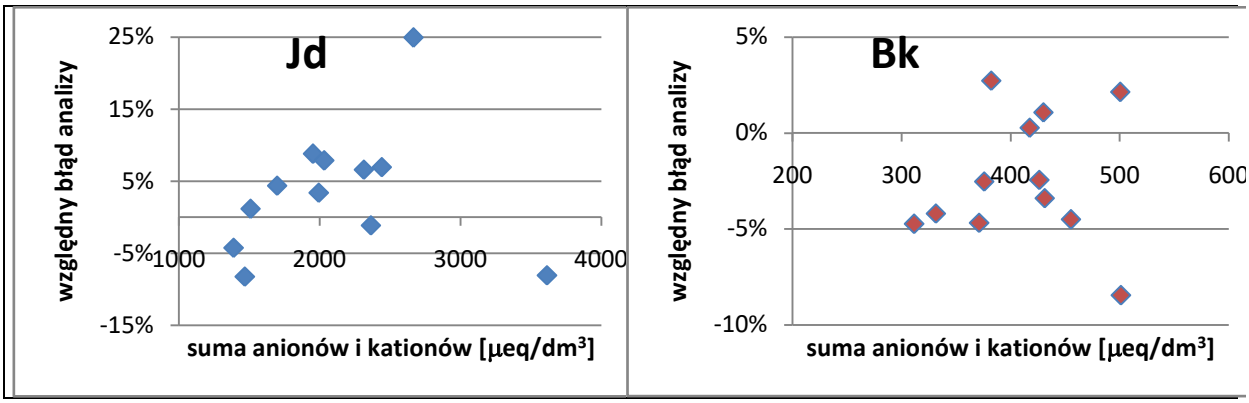
Jedlina															
miesiące	suma opadu	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	pH	przewo-dność
	mm	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	mg/dm^3	$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m
XI	0,21	7,94	23,82	0,01	0,04	1,07	1,29	12,90	1,38	36,59	1,76	7,28	6,61	4,18	16,30
XII	0,04	8,06	24,18	0,06	0,25	0,05	0,06	6,32	0,52	19,17	0,54	2,80	5,01	4,30	10,60
I	0,45	22,71	68,14	0,01	0,04	0,05	0,07	11,79	1,18	45,40	1,52	10,34	8,51	4,07	23,73
II	0,15	11,74	35,22	0,07	0,31	0,20	0,25	5,58	0,83	29,02	0,97	3,62	5,50	4,26	14,11
III	0,13	14,02	42,06	0,00	0,02	0,15	0,19	7,31	1,07	36,52	0,95	3,17	6,61	4,18	18,88
IV	0,04	9,41	28,24	0,01	0,03	0,72	0,93	4,54	0,82	22,30	0,27	2,21	3,63	4,44	10,76
V	0,03	11,59	34,76	0,03	0,11	0,19	0,25	6,33	1,09	34,72	0,39	2,88	4,79	4,32	14,51
VI	0,03	14,10	42,31	0,02	0,10	0,13	0,17	7,49	1,34	35,90	0,95	5,60	7,24	4,14	19,62

VII	0,45	10,95	32,86	0,01	0,06	0,35	0,45	3,46	0,77	26,70	0,33	2,87	4,57	4,34	11,10
VIII	0,08	15,53	46,59	0,03	0,13	0,19	0,25	5,09	1,21	25,77	0,20	10,08	3,31	4,48	11,50
IX	0,02	7,41	22,23	0,03	0,11	0,31	0,40	3,66	0,68	17,74	0,22	7,50	3,72	4,43	8,79
X	0,48	12,04	36,11	0,03	0,12	0,18	0,23	4,75	0,70	20,70	0,13	10,41	3,80	4,42	10,58

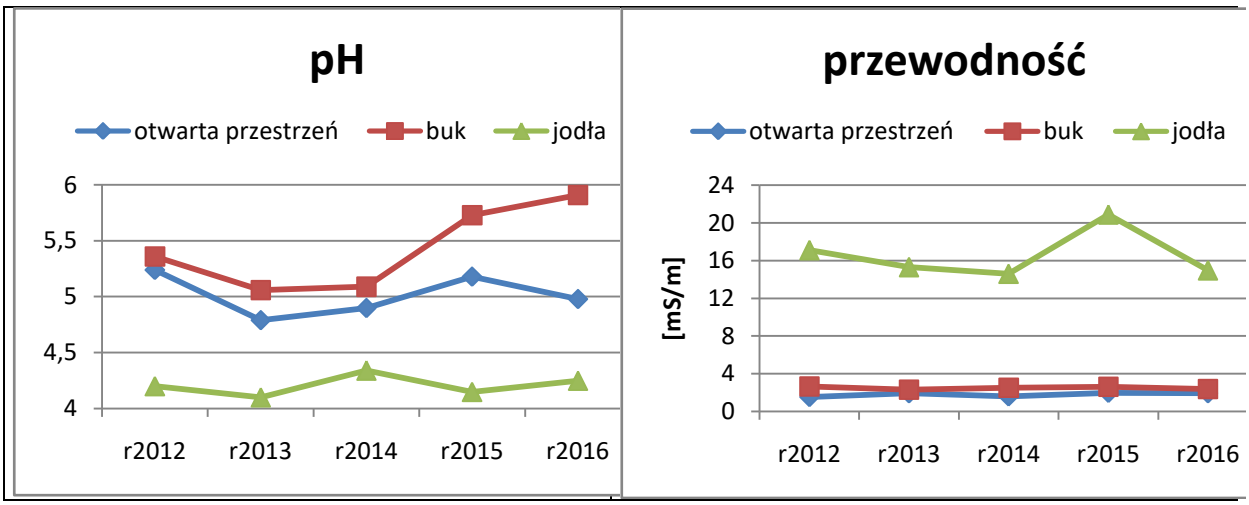
Tab. 3.5.5. Wartości miesięcznych ładunków zanieczyszczeń w spływie po pniach w 2016 roku hydrologicznym.

Buczyna													
miesiące	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
XI	18,6	20,82	62,46	2,57	11,36	2,08	2,68	15,68	2,99	113,39	1,47	16,72	0,01
XII	8,6	18,14	54,41	0,05	0,22	0,50	0,65	12,80	2,36	45,13	1,11	8,75	0,01
I	10,0	28,67	86,02	0,32	1,42	0,51	0,66	17,60	2,16	60,06	0,84	8,73	0,03
II	15,1	21,93	65,78	0,24	1,07	0,82	1,06	20,34	6,64	58,72	0,74	4,70	0,03
III	10,5	18,56	55,68	0,10	0,46	1,45	1,87	12,74	3,98	46,36	0,65	5,32	0,02
IV	12,7	10,07	30,20	0,23	1,02	1,21	1,56	9,77	3,59	45,58	0,53	8,34	0,02
V	4,9	3,87	11,62	0,05	0,21	0,86	1,10	1,88	0,51	26,91	0,47	4,14	0,01
VI	4,0	1,79	5,37	0,30	1,31	0,91	1,17	1,55	0,58	23,49	0,26	3,64	0,01
VII	18,5	8,28	24,85	0,86	3,83	3,86	4,96	2,52	1,78	83,27	1,11	16,76	0,01
VIII	5,8	1,39	4,16	0,78	3,44	1,84	2,37	2,23	1,03	28,52	0,35	5,88	0,01
IX	3,6	1,67	5,00	1,19	5,26	1,76	2,26	1,95	0,59	20,09	0,19	3,11	0,00
X	28,6	15,64	46,93	6,63	29,37	8,54	10,98	9,67	3,06	131,27	0,77	71,76	0,02
Jedlina													
miesiące	suma opadu	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	H
	mm	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2	mg/m^2
XI	0,21	1,67	5,00	0,00	0,01	0,22	0,27	2,71	0,29	7,68	0,37	1,53	0,001
XII	0,04	0,32	0,97	0,00	0,01	0,00	0,00	0,25	0,02	0,77	0,02	0,11	0,000
I	0,45	10,22	30,66	0,00	0,02	0,02	0,03	5,30	0,53	20,43	0,68	4,65	0,004
II	0,15	1,76	5,28	0,01	0,05	0,03	0,04	0,84	0,12	4,35	0,15	0,54	0,001
III	0,13	1,82	5,47	0,00	0,00	0,02	0,02	0,95	0,14	4,75	0,12	0,41	0,001
IV	0,04	0,38	1,13	0,00	0,00	0,03	0,04	0,18	0,03	0,89	0,01	0,09	0,000
V	0,03	0,35	1,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,19	0,03	1,04	0,01	0,09	0,000

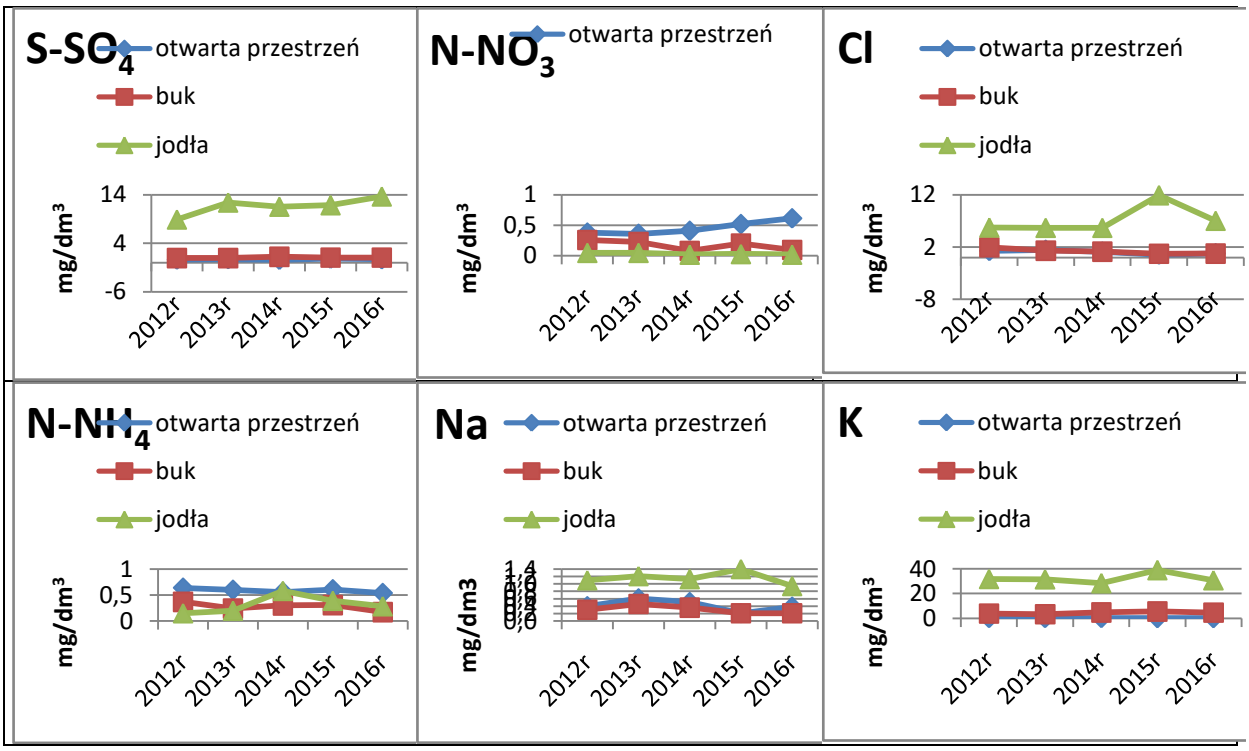
VI	0,03	0,42	1,27	0,00	0,00	0,00	0,01	0,22	0,04	1,08	0,03	0,17	0,000
VII	0,45	4,93	14,79	0,01	0,03	0,16	0,20	1,56	0,35	12,02	0,15	1,29	0,002
VIII	0,08	1,24	3,73	0,00	0,01	0,02	0,02	0,41	0,10	2,06	0,02	0,81	0,000
IX	0,02	0,15	0,44	0,00	0,00	0,01	0,01	0,07	0,01	0,35	0,00	0,15	0,000
X	0,48	5,78	17,33	0,01	0,06	0,08	0,11	2,28	0,34	9,93	0,06	5,00	0,002

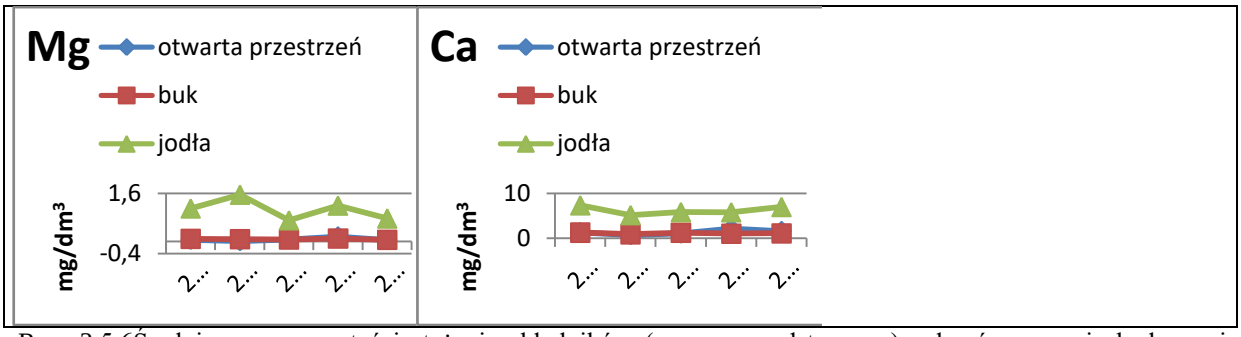


Ryc. 3.5.4.Względny błąd analizy próbek w spływie po pniach w 2016 roku hydrologicznym.

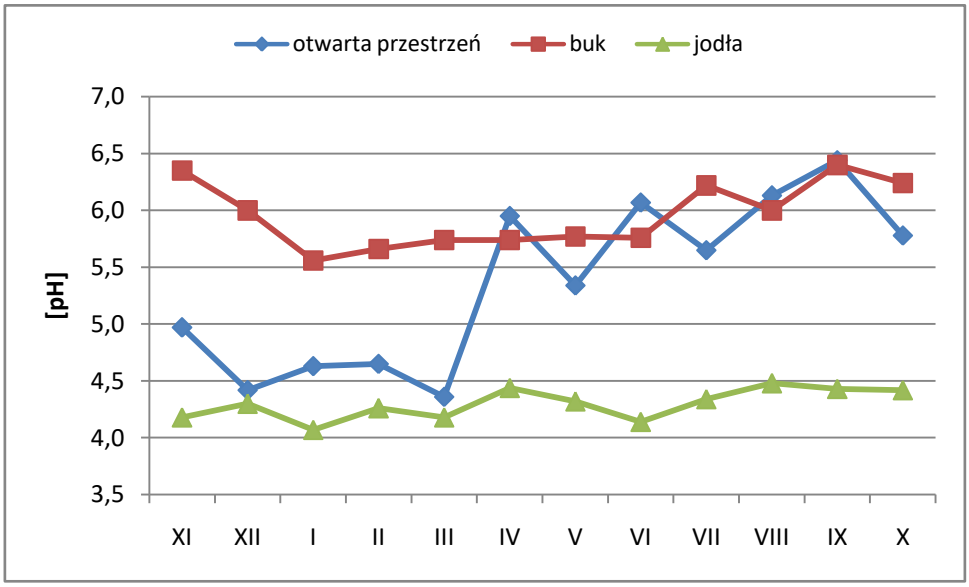


Ryc.3.5.5.Odczyn i przewodność spływu po pniach i opadów na otwartej przestrzeni w latach hydrologicznych 2012-2016

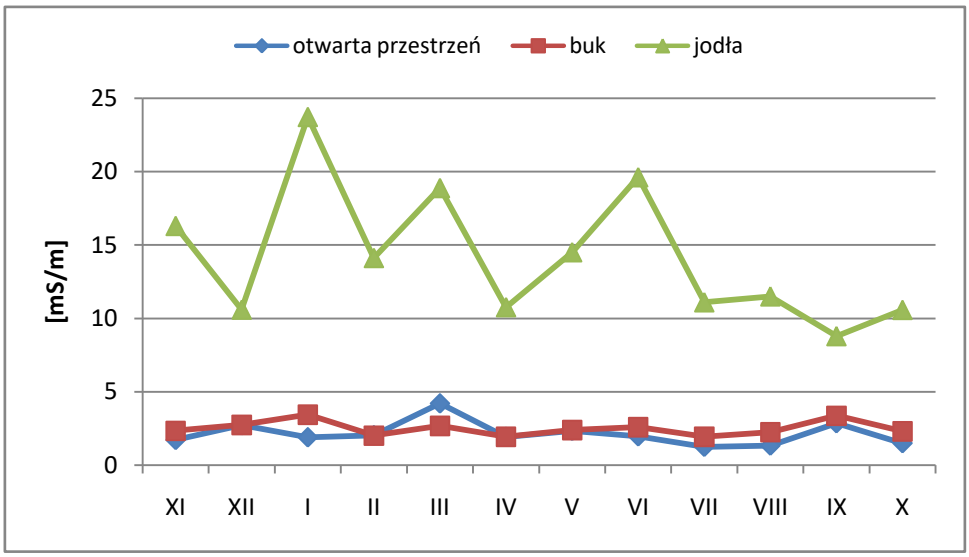




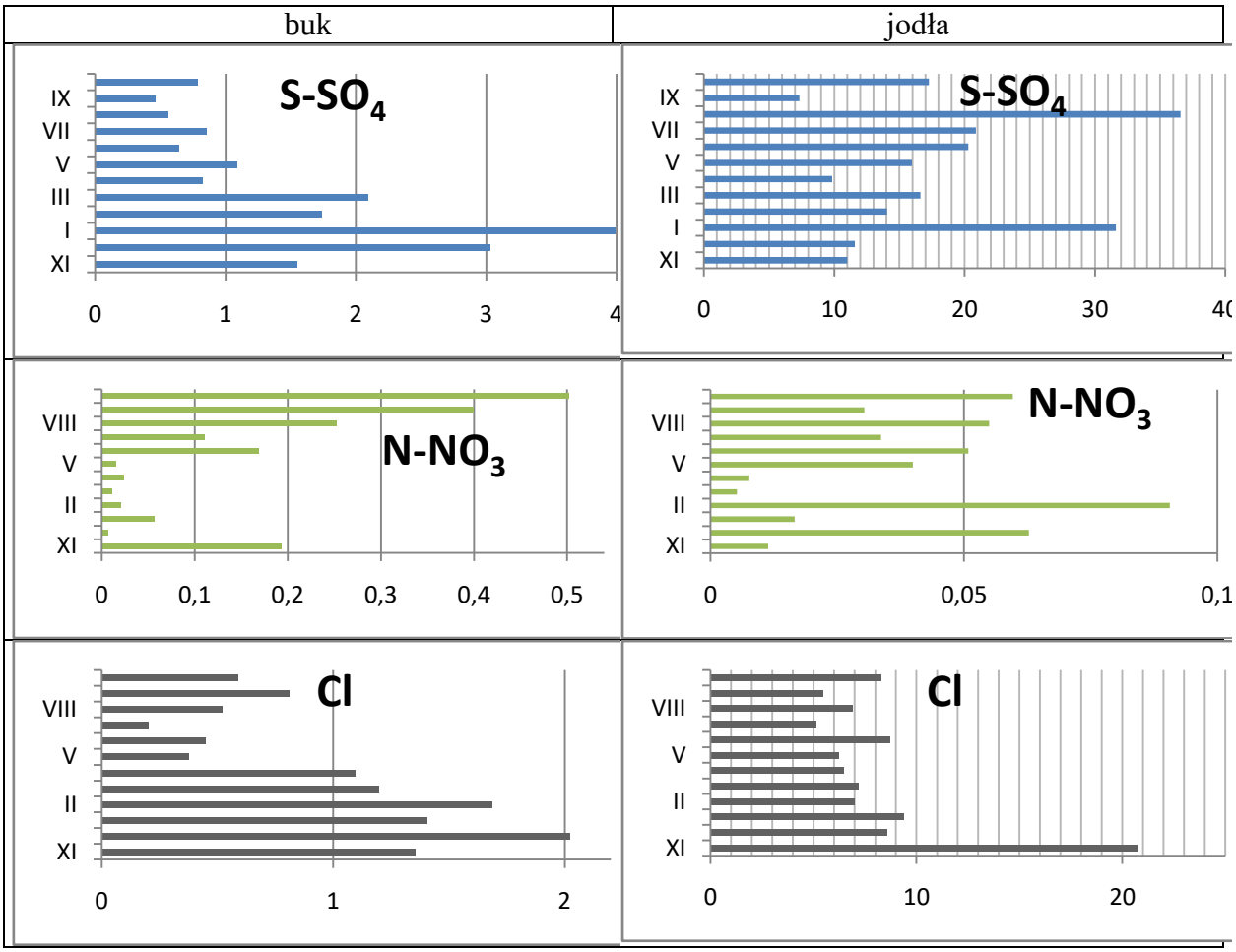
Ryc. 3.5.6Średnie roczne wartości stężenia składników (program podstawowy) spływów po pniach drzew i opadu na otwartej przestrzeni w latach hydrologicznych 2012-2016.



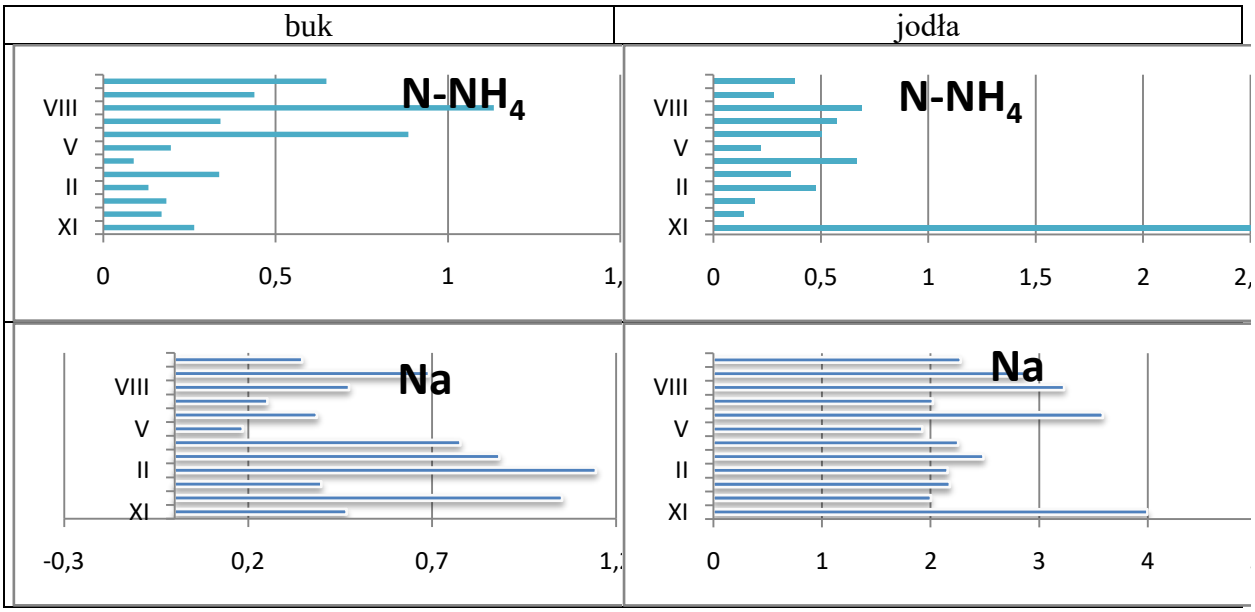
Ryc.3.5.7.Odczyn spływu po pniach i opadów na otwartej przestrzeni w poszczególnych miesiącach 2016 roku hydrologicznego.

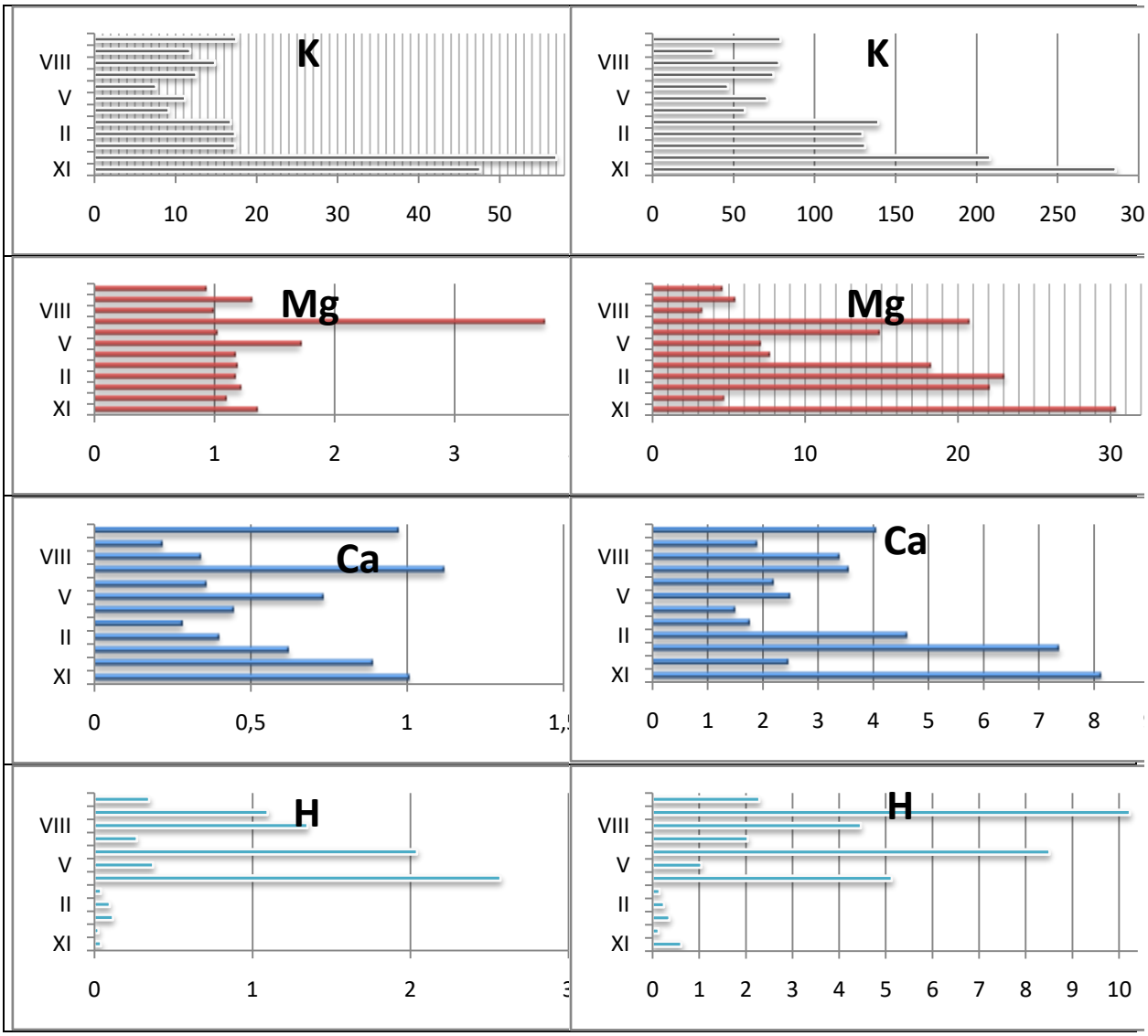


Ryc.3.5.8.Przewodność spływu po pniach i opadów na otwartej przestrzeni w poszczególnych miesiącach 2016 roku hydrologicznego.

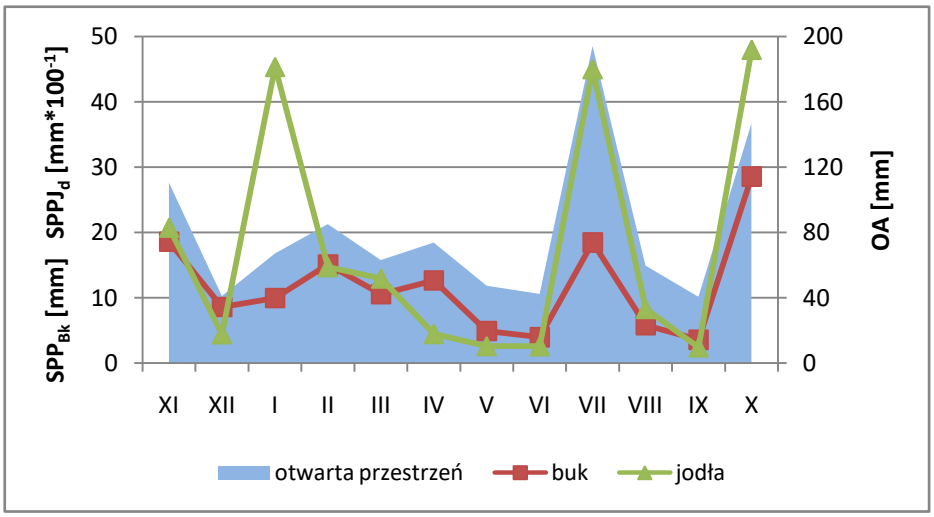


Ryc. 3.5.9.Przebiegi miesięcznych wartości współczynnika koncentracji dla anionów dla różnych gatunków drzew w 2016 roku hydrologicznym.

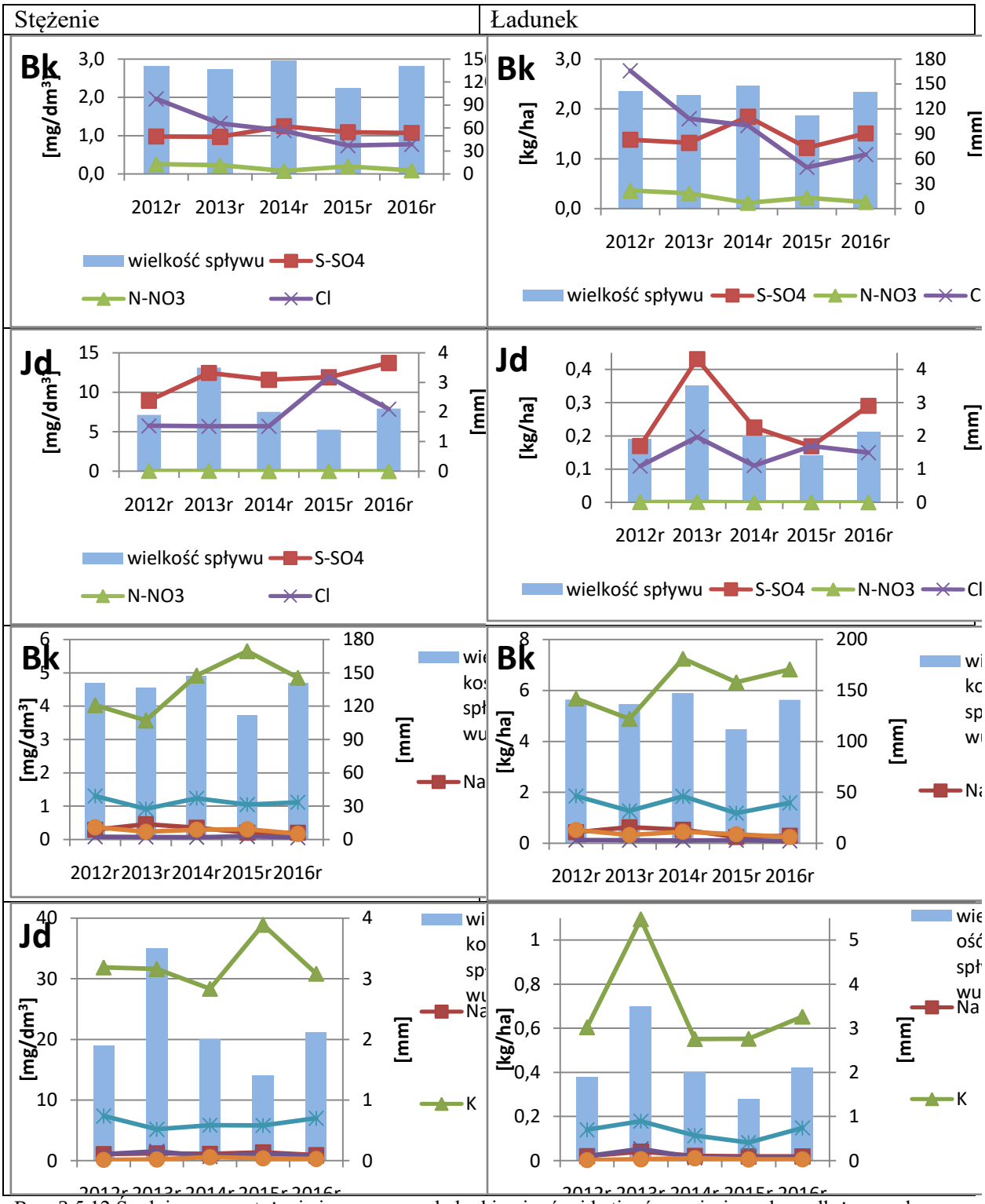




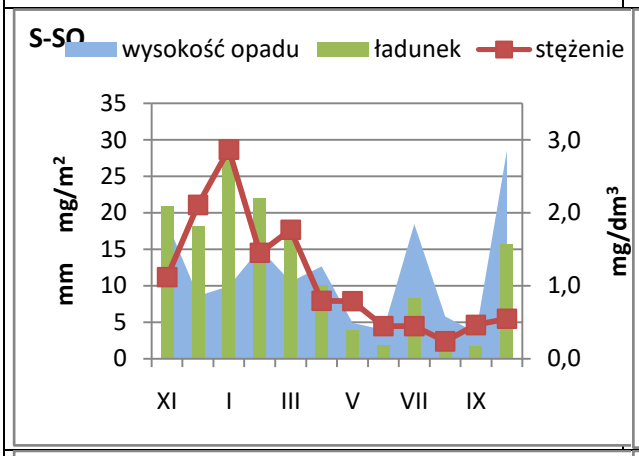
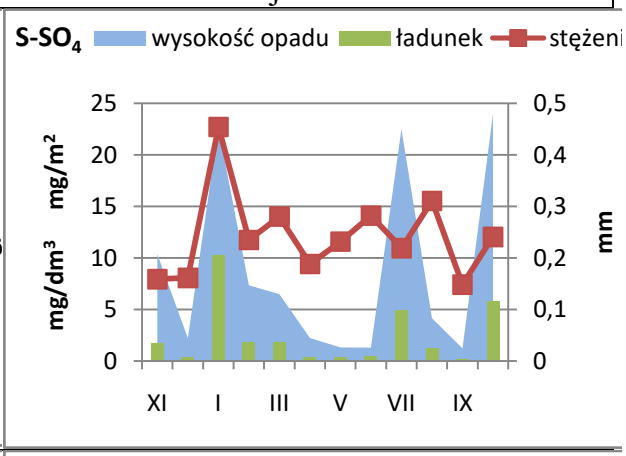
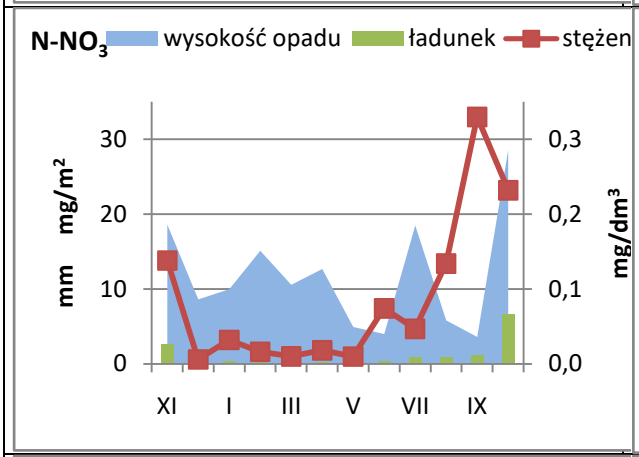
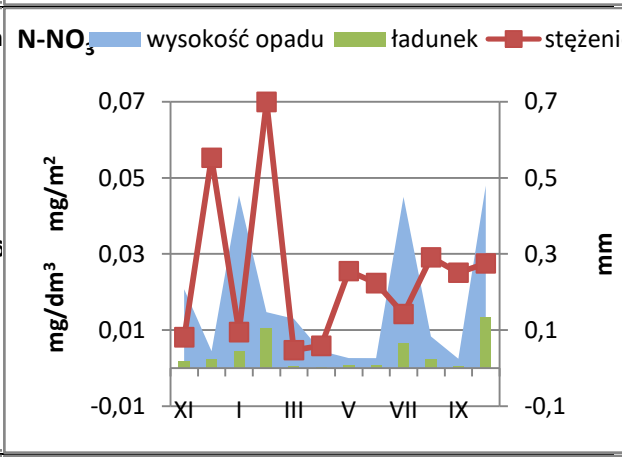
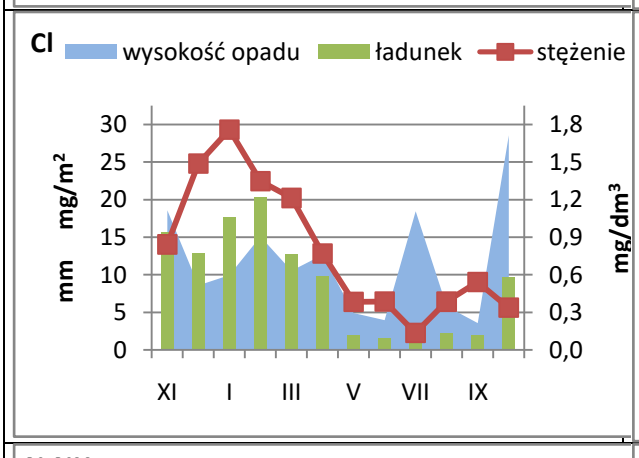
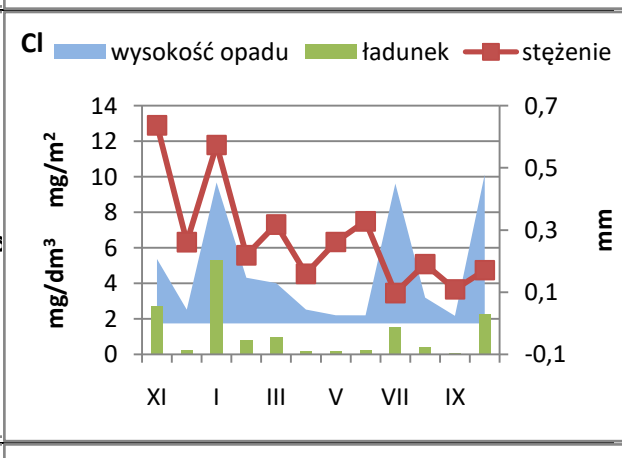
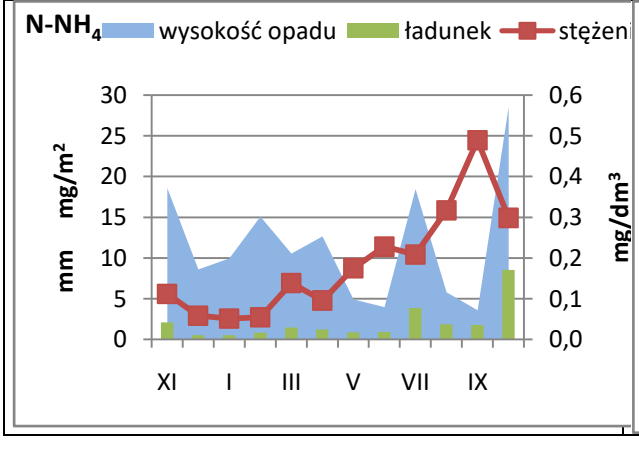
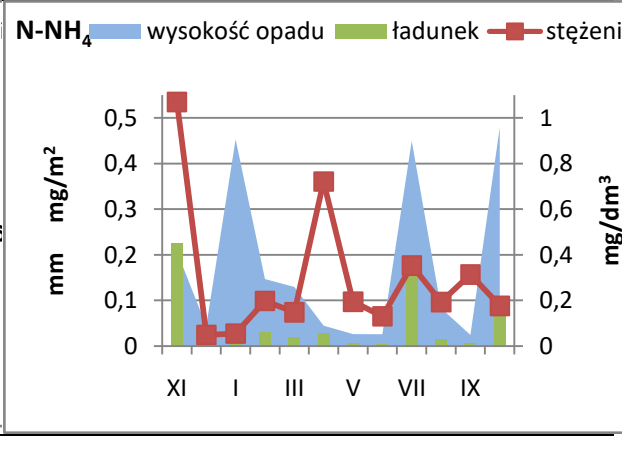
Ryc. 3.5.10.Przebiegi miesięcznych wartości współczynnika koncentracji dla kationów dla różnych gatunków drzew w 2016 roku hydrologicznym.

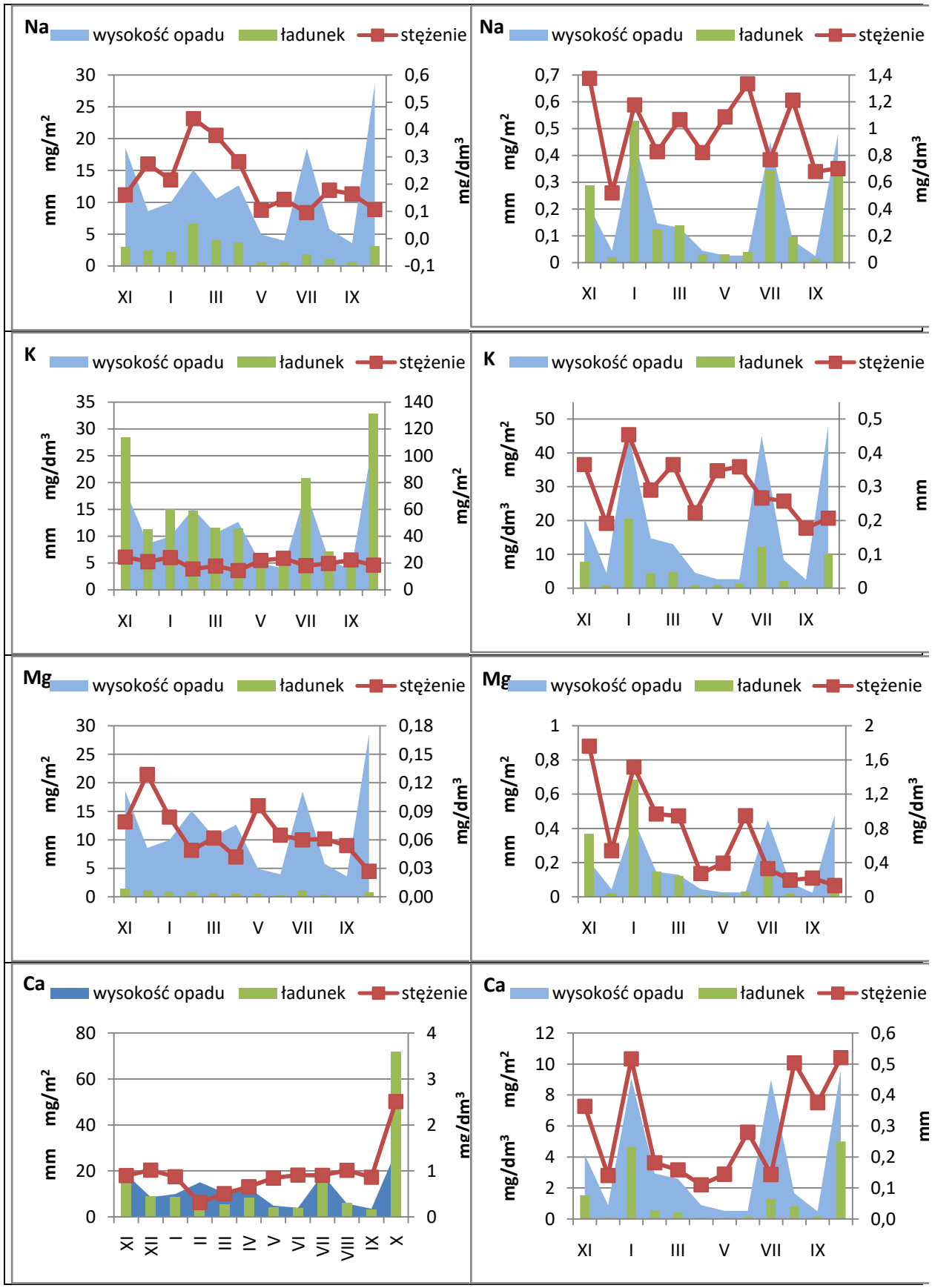


Ryc. 3.5.11.Miesięczne wskaźniki spływu po pniach dla każdego gatunku drzew w 2016 roku hydrologicznym.



Ryc. 3.5.12.Średnie roczne stężenia i sumaryczne ładunki anionów i kationów wniesione do podłoża ze spływem po pniach w latach hydrologicznych 2012-2016.

buk	jodła
 S-SO wysokość opadu ładunek stężenie mm mg/m² mg/dm³ XI I III V VII IX	 S-SO4 wysokość opadu ładunek stężeni mg/dm³ mg/m² mm XI I III V VII IX
 N-NO3 wysokość opadu ładunek stężen mm mg/m² mg/dm³ XI I III V VII IX	 N-NO3 wysokość opadu ładunek stężeni mg/dm³ mg/m² mm XI I III V VII IX
 Cl wysokość opadu ładunek stężenie mm mg/m² mg/dm³ XI I III V VII IX	 Cl wysokość opadu ładunek stężenie mg/dm³ mg/m² mm XI I III V VII IX
 N-NH4 wysokość opadu ładunek stężeni mm mg/m² mg/dm³ XI I III V VII IX	 N-NH4 wysokość opadu ładunek stężeni mm mg/m² mg/dm³ XI I III V VII IX



Ryc.3.5.13.Ładunki sumaryczne i średnie miesięczne stężenia anionów i kationów w spływie po pniach na tle miesięcznych sum wysokości spływu po pniach w 2016 roku hydrologicznym

3.6. METALE CIĘŻKIE I SIARKA W POROSTACH – D1

Na terenie Stacji Bazowej Roztocze dokonano ekspozycji porostu pustułki pęcherzykowatej *(Hypogymniaphysodes (L.)Nyl*.), na gałązkach w dwóch terminach: zimowym (XI 2015 – IV 2016) i letnim (V – X 2016). Porosty na gałązkach były eksponowane w 4 kierunkach: północ, południe, wschód i zachód. Zebrane po ekspozycji porosty oczyszczono z kory i wysuszono w temp. 60^{o}C. Następnie poddano mineralizacji. Koncentracje siarki i metali ciężkich oznaczane były z wykorzystaniem metody rentgenowskiej analizy fluorescencji z całkowitym odbiciem wiązki padającej (TXRF) z wykorzystaniem spektrometru S2 Picofox firmy Brucker oraz ASA. Wyniki podano w mg *kg^{-1} suchej masy.

Kumulacja metali ciężkich i siarki w plechach zebranych porostów

Tab. 3.6.1. Metale ciężkie i siarka [mg*kg^{-1}s.m.] w porostach eksponowanych w okresie od listopada 2015 r. do kwietnia 2016 r. na terenie SB Roztocze

Pierwiatek	Ekspozycja zimowa				średnia
	N	W	S	E	
	mg*kg^{-1} s.m.				
Cd	0,703	0,697	0,984	0,617	0,750
S	27	549	0	207	195,750
Cr	0	0	0	0,17	0,043
Fe	39	323	174	191	181,750
Ni	0,92	0,69	0,53	0,44	0,645
Cu	0	0,25	0	0,01	0,065
Zn	15,2	19,2	19,2	35,2	22,200
Pb	6,9	8,5	9,8	6,9	8,025

Tab. 3.6.2. Metale ciężkie i siarka [mg*kg^{-1}s.m.] w porostach eksponowanych w okresie od maja do października 2016 r. na terenie SB Roztocze

Pierwiatek	Ekspozycja letnia				średnia
	N	W	S	E	
	mg*kg^{-1} s.m.				
Cd	0,816	0,931	0,592	0,994	0,833
S	211	348	392	0	237,750
Cr	0	0	0	0	0
Fe	66	0	0	0	16,500
Ni	0,21	0	0,14	0,56	0,228
Cu	1,21	0,36	1,54	0	0,778
Zn	0	3,5	10,2	0,7	3,600
Pb	3,6	1,8	1,7	6,5	3,400

Analizę mikroskopową wykonano przy użyciumikroskopu stereoskopowego z aparatem foto NikonMSZ 1500. Mikroskop wyposażony jest standardowo w oświetlacze do prac w świetle odbitym i przechodzącym. Posiadagłowicę z płynną zmianą powiększenia. Okulary szerokopolowe o powiększeniu 10x w nasadce okularowej o regulowanym rozstawie

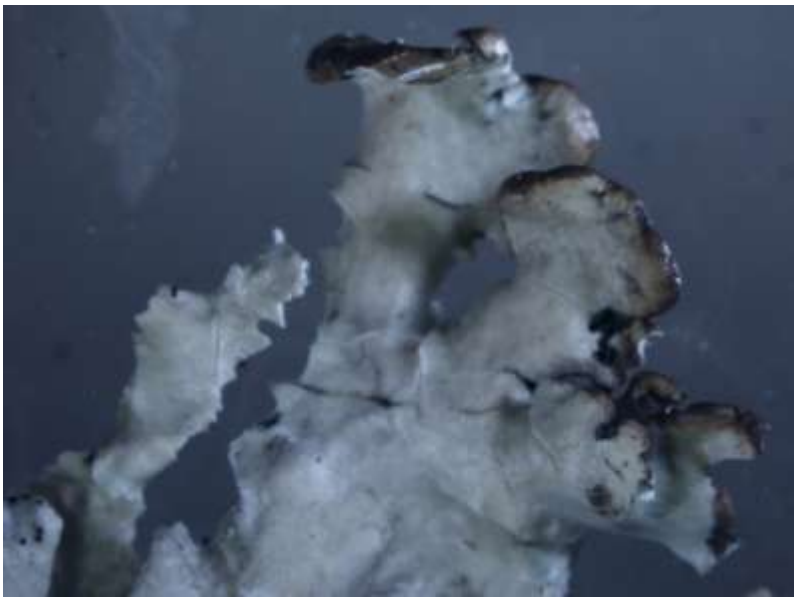
i z korekcją dioptryjną każdy. Wersja MSZ TRI wyposażona jest w nasadkę trinokularową ze złączem c-mount z podłączoną kamerą i możliwością podłączenia wybranych modeli aparatów cyfrowych wyposażonych w dodatkowy adapter. Materiał biologiczny przeznaczony do analizy wybierano losowo z próbek przysłanych po okresie półrocznej ekspozycji. Analizie podlegały takie parametry plechy jak:

- typowa dla gatunku morfologia,
- przebarwienia wynikające z wpływu czynników środowiskowych,
- ubytki plechy wynikające ze zmian nekrotycznych (wykruszenia martwych rozet),
- obecność lub brak organów rozmnażania wegetatywnego – wywiniętych soraliów wargowych,
- obecność szczelin oddechowych – pseudocyfeli.

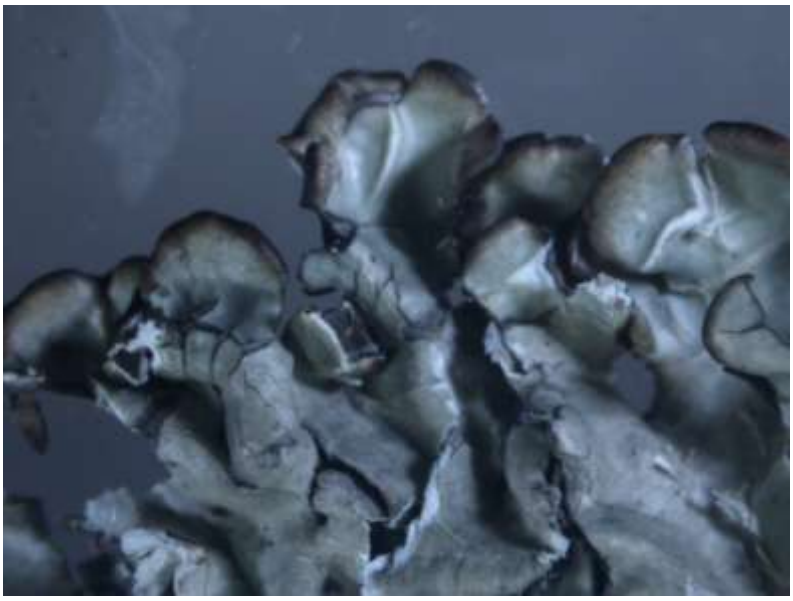
Uwzględniając powyższe cechy oceniano stan plechy w kategoriach: stan bardzo dobry, dobry, zadawalający, zły.

EKSPOZYCJA ZIMOWA XI 2015-IV2016

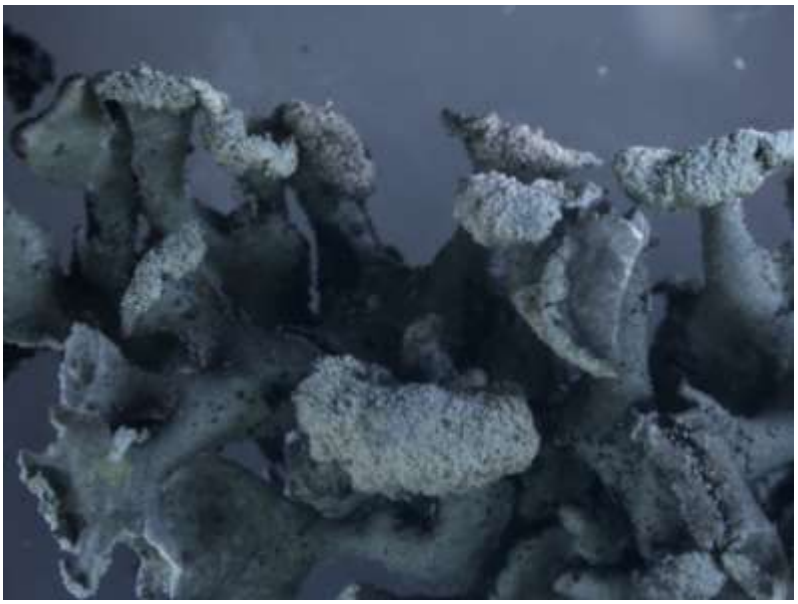
Fot. 3.6.1 Wystawa E. Plecha wykazuje cechy charakterystyczne dla gatunku. Sino-zielony kolor świadczy o obecności chlorofilu w komórkach fotobionta i nie zakłóconych procesach asymilacyjnych w plesze. Zachowany jest dychotomiczny układ listów terminalnych z charakterystycznymi, zewnętrznymi wywinięciami wargowymi. Wykazują one w końcowych odcinkach zmiany barwne (zbrązowienia) co uniemożliwi wykształcanie soraliów. Uniemożliwi to procesy rozmnażania wegetatywnego plechy. U podstawy rozet widoczne pojedyncze, zaczerniałe obszary nekrotyczne. Na powierzchni plechy widoczne podłużne szczeliny oddechowe. Plecha w stanie dobrym.



Fot. 3.6.2 Wystawa W. Sino-zielony kolor plechy. Plecha asymilacyjnie aktywna. Końcowe odcinki rozet plechy dychotomicznie rozgałęzione. Zakończenia rozet w miejscach tworzenia soraliów wargowych zbrązowiałe i nekrotycznie zaczerniałe co świadczy o rozpoczynającym się procesie degeneracji plechy. Na powierzchni widoczne szczeliny oddechowe pseudocyfeli. Na stwierdzonym etapie zmian w strukturze plechy zachowane są szanse na jej regenerację. Stan plechy zadawalający.



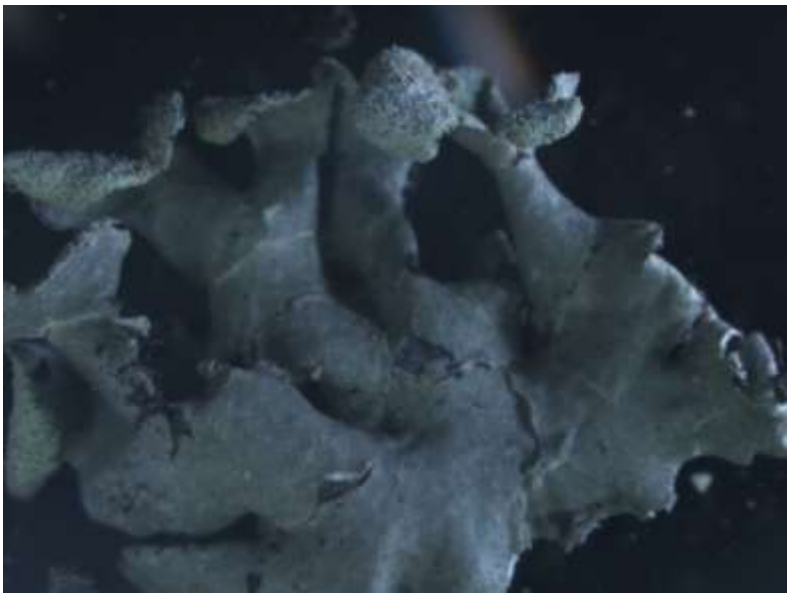
Fot. 3.6.3. Wystawa S. Plecha o kolorze charakterystycznym dla gatunku. Asymilacyjnie aktywna z widocznymi na powierzchni szczelinami oddechowymi pseudocyfeli. Końcowe odcinki rozet plechy nachodzą na siebie warstwowo i są dychotomicznie rozgałęzione. Zakończenia rozet w miejscach tworzenia soraliów wargowych zbrązowiałe i nekrotycznie zaczerniałe co świadczy o rozpoczynającym się procesie degeneracji plechy. Na stwierdzonym etapie zmian w strukturze plechy zachowane są możliwości na jej regenerację. Stan plechy zadawalający.



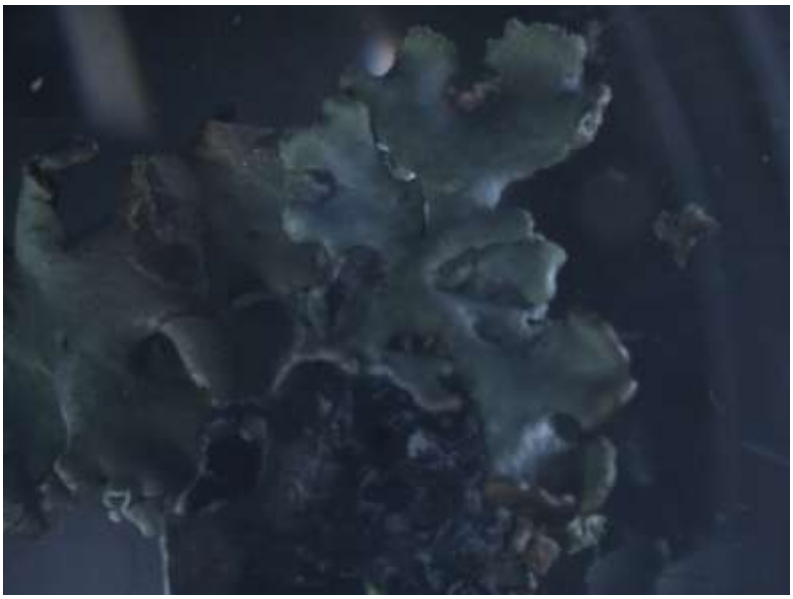
Fot.3.6.4 Wystawa N. Stan plechy zachowuje wszystkie cechy typowe dla gatunku. Pecha asymilacyjnie aktywna z obecnością chlorofilu. Warstwowy, dorsoventralny układ listków terminalnych zakończonych bardzo dobrze wykształconymi soraliami wargowymi. Soralia w pełni mączyste co wskazuje na dojrzałość plechy i intensywnie zachodzące procesy rozmnażania. U podstawy soralium położonego w części centralnej fotografii pojedyncza zmiana barwna. Stan plechy bardzo dobry.

EKSPOZYCJA LETNIA V-X 2016.

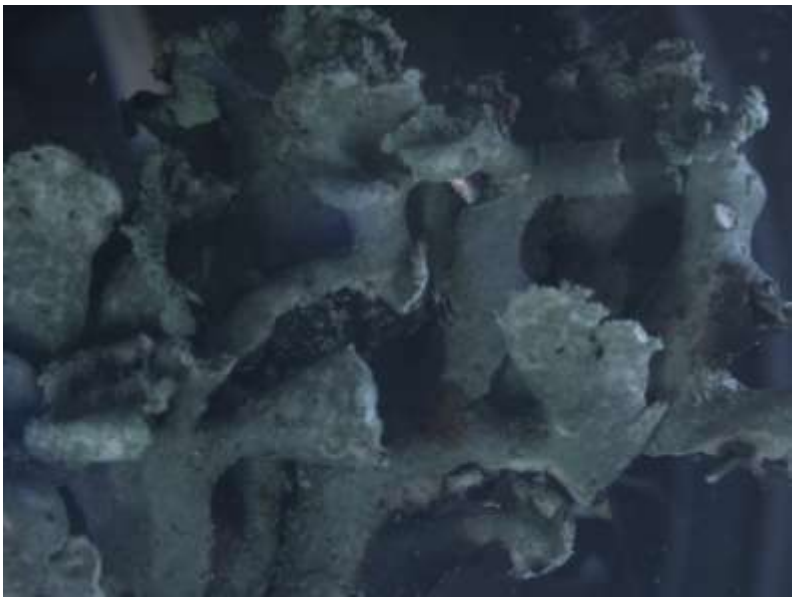
Fot. 3.6.5. Wystawa E. Plecha rozetowa, dychotomicznie rozgałęziona z listkami terminalnymi zachodzącymi na siebie. Zakończenia wachlarzowych rozet wykazują obecność tworzących się licznie soraliów wargowych. Brak patologicznych zmian barwnych. W analizowanym preparacie nie stwierdzono obecności szczelin oddechowych. Zielony kolor plechy wskazuje na asymilacyjną aktywność życiową . Plecha w stanie bardzo dobrym.



Fot. 3.6.6. Wystawa W. Plecha dorsoventralna, rozetowa . Listki terminalne zachodzące na siebie, dychotomicznie rozgałęzione. Zakończenia rozet wykazują obecność licznych soraliów wargowych w pełnej fazie rozwojowej. Wywinięcia warg pełne , mączyste, obfite w soralia. Plecha w fazie rozmnażania wegetatywnego. Liczne szczeliny oddechowe wskazują na intensywny przebieg procesów metabolicznych wewnątrz plechy. Brak patologicznych zmian barwnych .Stan plechy bardzo dobry.



Fot. 3.6.7. Wystawa S. Liczne wykruszenia w części przyśrodkowej i terminalnej plechy. Widoczne obszary nekrotyczne. Zachowane fragmenty listków końcowych z typową dychotomiczną budową. Pojedyncze soralia występujące na listkach brzegowych uszkodzone Buławkowe zgrubienia końcowych odcinków pojedynczych listków wskazują na rozpoczynające się procesy powstawania nowych soraliów. Zachowane żywe fragmenty plechy sino-zielone, zawierające barwniki asymilacyjne. Zmiany barwne (zbrązowienia) w dużych obszarach badanej plechy. Stan plechy zły.



Fot. 3.6.8. Wystawa N. Końcowe odcinki plechy dychotomicznie rozgałęzione. Palczaste rozgałęzienia zakończone liczny soraliami. Soralia wywinięte zewnętrznie, wargowo w licznych miejscach uszkodzone, słabo mączyste. Plecha zielona asymilacyjnie aktywna. Nakładanie listków plechy typowe dla gatunku. Niewidoczne w preparacie szczeliny oddechowe. Brak zmian barwnych i nekrotycznych. Stan plechy dobry.

3.7. CHEMIZM ROZTWORÓW GLEBOWYCH – F1

Woda z powierzchni terenu w procesie infiltracji przez strefę aeracji istotnie modyfikuje swój skład chemiczny. Zmiany chemizmu wód glebowym, wynikają z wzajemnych relacji między procesami: rozpuszczania/wytrącania, parowania, sorpcji/desorpcji, utleniania, redukcji, oddychania biologicznego gleby.

W okresie badań następuje stabilizacja średniej rocznej wartości odczynu wody pobranej z gleby bielicowej i brunatnej w odniesieniu do średniej wieloletniej 2012-2015. Dla gleby bielicowej wartość pH poniżej średniej wieloletniej występuje na poziomie -50 cm – 3,66 (wobec średniej wieloletniej 3,78), dla poziomów wartość występuje w podobnym zakresie wobec średniej wieloletniej, nie zauważamy większych zmian wartości pH (Tab. 3.7.1.). Największa zmiana odczynu wody w skali pH nastąpiła w warstwie powierzchniowej -20cm o mniej niż 5% (wobec średniej wieloletniej dla tego poziomu), dla pozostałych poziomów zmiany wobec średniej wieloletniej wynosiły poniżej 2%.

W glebie brunatnej średnia roczna wartość odczynu wody zmniejszyła się nieznacznie wynosiła dla poziomu: -20cm – 5,48 (wobec średniej wieloletniej 5,51), a dla poziomu -50 cm – 5,14 (wobec średniej wieloletniej 5,38) (Tab. 3.7.2.). Zmiana odczynu wody w skali pH nastąpiła w warstwie powierzchniowej gleby brunatnej dla obu badanych roztworów wynosiła poniżej 2% wobec średniej wieloletniej.

W skali roku miesięczne wartości odczynu kształtowały się w glebie bielicowej od 3,51 do 5,77 (Tab. 3.7.1., 3.7.3. – 3.7.5.), natomiast w glebie brunatnej od 5,02 do 5,69 (Tab. 3.7.6, 3.7.7.). Zakres zmian odczynu roztworów glebowym gleby bielicowej w porównaniu wobec średniej wieloletniej dla tych poziomów jest mniejszy, wartość odchylenia standardowego wynosi SD<0,1 co świadczy o stabilności roztworów glebowych, szczególnie dla poziomów: -20cm i dla -80cm (Tab. 3.7.1, 3.7.2.). Zakres zmian odczynu roztworów glebowym gleby brunatnej w wobec średniej wieloletniej dla tych poziomów wynosi ok. 2% - następuje bardzo powolne, nieznaczne zakwaszenie gleby. Odczyn wody roztworów glebowych był znacznie niższy od wartości odczynu wody w spływie po pniach oraz opadu podkoronowego.

Średnia roczna wartość przewodności elektrolitycznej właściwej (COND) wody w roztworach glebowych uległa niewielkim zmianom. Niewielkie zmiany stężenia jonów wodorowych i wartości pH wymusiło ustanowienie układu stężeń wagowych jonów. Średnie roczne stężenie wagowe poszczególnych jonów wykazywało zazwyczaj następujący układ w wodach gleby bielicowej (poziom -20cm): SO4>Ca>Cl>Na>K>Mg>NH4>NO3>H podobnie jak średniej wieloletniej. W roztworach pobranych z gleby brunatnej (poziom -20cm) zaś: HCO3>SO4>Ca>Cl>K>Na>Mg>NH4>NO3>H analogicznie w stosunku średniej wieloletniej.

Udział procentowy głównych jonów obliczony ze stężeń równoważnikowych w wodach gleby bielicowej, jak i brunatnej w roku hydrologicznym 2016, wskazuje na dominację wśród kationów jonu wapniowego i potasowego, natomiast wśród anionów jonu siarczanowego i chlorkowego w wodach gleby bielicowej oraz jonu wodorowęglanowego, siarczanowego i chlorkowego w wodach gleby brunatnej.

Rok hydrologiczny 2016 był rokiem średnio suchym, dlatego w kilku miesiącach pobieranie próbek i ich oznaczenia nie było możliwe.

Poprawność wykonanych analiz chemicznych zinterpretowano także na podstawie bilansu jonowego (wg kryterium GAW 2004). Próbki pobrane w roku hydrologicznym 2016

mieściły się w zakresie dopuszczalnym. W bilansie jonowym uwzględniono tylko jony z zakresu pomiarowego.

Tab. 3.7.1. Roczne właściwości fizykochemiczne roztworów glebowych z gleby bielicowej – charakterystyki podstawowe w roku 2016.

Rok hydrologiczny 2016	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	H	$P_{ogól.}$	Al	SEC
	mg/dm^3												[-]	µg/dm^3			mS/m
N - 10	**gleba bielicowa -20 cm**																
Średnia 2016	1,09	3,28	0,01	0,06	0,00	0,06	0,08	0,96	0,56	0,42	0,07	1,89	4,02	137	1,57	88,00	68,52
SD	0,72	2,17	0,01	0,05	0,00	0,05	0,07	0,41	0,40	0,17	0,03	1,02	0,62	54,8	0,89	11,35	8,10
min	0,35	1,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,44	0,26	0,13	0,04	0,31	3,73	1,70	0,33	70,00	58,60
max	2,55	7,66	0,04	0,17	0,00	0,19	0,25	1,73	1,64	0,74	0,13	3,80	5,77	186	3,26	100,0	85,90
Średnia 2015	1,52	4,56	0,02	0,09	0,0	0,09	0,12	1,25	0,52	0,70	0,19	1,86	3,81	154	1,58	117	57
średnia 2014	1,47	4,41	0,01	0,05	0,03	0,13	0,17	1,68	0,68	1,34	0,22	2,28	3,73	186	9,60	-	86
średnia 2013	1,57	4,70	0,02	0,08	0,0	0,16	0,20	1,75	0,58	1,35	0,24	2,48	3,77	170	33,12	-	76
średnia 2012	1,50	4,51	0,02	0,11	0,0	0,08	0,10	1,31	0,58	3,74	0,19	2,77	4,00	100	39	-	90
średnia 2012-2015	1,52	4,55	0,02	0,08	0,01	0,12	0,15	1,50	0,59	1,78	0,21	2,35	3,83	153	20,83	117	77,25
SD	0,04	0,12	0,00	0,03	0,02	0,04	0,05	0,25	0,07	1,34	0,02	0,38	0,12	37,4	18,05		14,73
min	1,47	4,41	0,01	0,05	0,00	0,08	0,10	1,25	0,52	0,70	0,19	1,86	3,73	100	1,58	117	57,00
max	1,57	4,70	0,02	0,11	0,03	0,16	0,20	1,75	0,68	3,74	0,24	2,77	4,00	186	39,00	117	90,00
N - 10	**gleba bielicowa -50 cm**																
średnia 2016	1,09	3,26	0,07	0,12	0,00	0,07	0,09	1,42	0,99	0,93	0,13	0,82	3,66	221	3,07	242,2	94,22
SD	0,71	2,12	0,07	0,12	0,00	0,04	0,06	0,50	0,32	0,46	0,08	0,70	0,08	42,7	3,22	88,9	21,62
min	0,34	1,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,03	0,70	0,64	0,46	0,06	0,18	3,51	178	0,65	170,0	60,00
max	2,59	7,76	0,24	0,35	0,00	0,16	0,21	2,26	1,68	1,99	0,28	1,93	3,75	309	9,00	450,0	131
średnia 2015	2,43	7,29	0,08	0,08	0,0	0,14	0,19	1,62	1,31	0,94	0,20	1,13	3,63	237,9	2,54	338,9	12,68
średnia 2014	1,66	4,98	0,01	0,07	0,0	0,24	0,31	2,17	1,16	1,66	0,19	1,77	3,72	190,5	11,63	-	9,8
średnia 2013	0,81	2,42	0,02	0,10	0,0	0,20	0,26	1,73	0,63	1,75	0,18	2,84	3,81	154,9	28,13	-	6,8
średnia 2012	1,98	5,94	0,02	0,11	0,0	0,10	0,13	1,48	0,86	2,96	0,30	2,00	3,94	114,8	38	-	9,4
średnia 2012-2015	1,72	5,16	0,03	0,09	0,00	0,17	0,22	1,75	0,99	1,83	0,22	1,94	3,78	175	20,08	338,9	9,67
SD	0,68	2,06	0,03	0,02	0,00	0,06	0,08	0,30	0,30	0,84	0,06	0,71	0,13	52,4	15,97		2,41
min	0,81	2,42	0,01	0,07	0,00	0,10	0,13	1,48	0,63	0,94	0,18	1,13	3,63	115	2,54	338,9	6,80
max	2,43	7,29	0,08	0,11	0,00	0,24	0,31	2,17	1,31	2,96	0,30	2,84	3,94	238	38,00	338,9	12,68
N - 4	**gleba bielicowa -80 cm**																
średnia 2016	5,22	15,65	0,01	0,04	0,00	0,17	0,22	1,19	2,66	0,20	0,06	0,37	4,32	49,3	3,61	1643	64,54
SD	1,07	3,20	0,01	0,04	0,00	0,19	0,24	0,99	0,47	0,17	0,03	0,34	0,12	13,9	1,75	604	11,15
min	4,31	12,94	0,00	0,01	0,00	0,04	0,05	0,46	2,25	0,08	0,03	0,16	4,15	37,2	1,63	600	56,20
max	7,03	21,09	0,02	0,10	0,00	0,50	0,64	2,80	3,44	0,48	0,12	0,97	4,43	70,8	6,00	2160	83,80
średnia 2015	6,21	18,62	0,02	0,08	0,00	0,16	0,20	2,05	3,23	0,20	0,13	0,39	4,31	49,7	2,50	1983	6,46

średnia 2014	5,07	15,20	0,02	0,08	0,75	0,14	0,18	2,88	2,98	0,50	0,16	2,65	4,29	51,3	10,2	-	5,1
średnia 2013	5,17	15,52	0,06	0,28	0,78	0,28	0,27	1,82	2,27	0,39	0,25	1,95	4,28	52,5	32,7	-	4,42
średnia 2012	7,44	22,31	0,38	1,67	1,4	0,09	0,12	1,26	3,58	0,61	0,29	0,98	4,30	50,1	32	-	6,6
średnia 2012-2015	5,97	17,91	0,12	0,53	0,73	0,17	0,19	2,00	3,02	0,43	0,21	1,49	4,30	50,9	19,4	1983	5,65
SD	1,11	3,31	0,17	0,77	0,57	0,08	0,06	0,67	0,55	0,17	0,07	1,00	0,01	1,3	15,3		1,06
min	5,07	15,20	0,02	0,08	0,00	0,09	0,12	1,26	2,27	0,20	0,13	0,39	4,28	49,7	2,5	1983	4,42
max	7,44	22,31	0,38	1,67	1,40	0,28	0,27	2,88	3,58	0,61	0,29	2,65	4,31	52,5	32,7	1983	6,60

Tab. 3.7.2. Roczne właściwości fizykochemiczne roztworów glebowych z gleby brunatnej – charakterystyki podstawowe rok 2016.

Rok hydrologiczny 2016	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	H	$P_{ogól.}$	Al	SEC
	mg/dm^3												[-]	µg/dm^3			mS/m
N - 8	**gleba brunatna -20 cm**																
średnia 2016	1,40	4,20	0,02	0,08	5,36	0,14	0,18	0,92	0,28	0,70	0,10	2,76	5,48	3,62	7,62	27,14	23,17
SD	0,63	1,88	0,01	0,05	1,05	0,13	0,16	0,74	0,06	0,08	0,07	1,23	0,18	1,67	4,13	11,13	6,36
min	0,76	2,28	0,00	0,01	4,30	0,03	0,03	0,17	0,21	0,61	0,04	1,55	5,22	2,04	2,61	10,00	16,50
max	2,66	7,99	0,03	0,13	7,10	0,35	0,45	2,28	0,38	0,83	0,23	4,80	5,69	6,03	13,00	40,00	31,90
średnia 2015	1,79	5,36	0,01	0,03	4,88	0,11	0,14	1,52	0,44	0,85	0,17	3,62	5,44	3,90	3,06	27,50	26,84
średnia 2014	2,13	6,4	0,02	0,07	7,28	0,18	0,23	1,26	0,48	1,05	0,16	3,53	5,29	5,13	12,18	-	30,4
średnia 2013	1,87	5,61	0,01	0,06	9,58	0,12	0,15	1,22	0,57	0,96	0,08	2,17	5,59	2,57	14,52	-	20,5
średnia 2012	2,75	8,25	0,03	0,12	9,6	0,08	0,10	1,59	0,42	1,48	0,25	4,00	5,70	2,00	41	-	37
średnia 2012-2015	2,14	6,41	0,02	0,07	7,84	0,12	0,16	1,40	0,48	1,09	0,17	3,33	5,51	3,40	17,69	27,50	28,69
SD	0,43	1,31	0,01	0,04	2,25	0,04	0,05	0,18	0,07	0,28	0,07	0,80	0,18	1,40	16,31		6,89
min	1,79	5,36	0,01	0,03	4,88	0,08	0,10	1,22	0,42	0,85	0,08	2,17	5,29	2,00	3,06	27,50	20,50
max	2,75	8,25	0,03	0,12	9,60	0,18	0,23	1,59	0,57	1,48	0,25	4,00	5,70	5,13	41,00	27,50	37,00
N - 8	**gleba brunatna -50 cm**																
średnia 2016	1,83	5,50	0,00	0,01	5,31	0,04	0,05	1,84	0,26	0,65	0,13	3,82	5,14	7,34	3,16	38,57	28,14
SD	0,91	2,73	0,00	0,01	1,37	0,02	0,03	1,36	0,03	0,19	0,06	1,30	0,08	1,27	2,87	6,90	8,13
min	0,72	2,17	0,00	0,00	2,40	0,01	0,01	0,37	0,20	0,43	0,05	2,46	5,02	5,50	0,33	30,00	20,00
max	3,03	9,08	0,01	0,03	6,30	0,07	0,09	3,79	0,32	0,99	0,24	5,83	5,26	9,55	8,81	50,00	40,00
średnia 2015	1,60	4,79	0,01	0,03	6,14	0,02	0,03	1,41	0,29	0,64	0,13	3,61	5,31	5,11	2,57	36,25	27,9
średnia 2014	1,83	5,49	0,00	0,01	8,87	0,12	0,15	2,21	0,53	1,02	0,13	3,91	5,24	5,75	14,39	-	29
średnia 2013	1,51	4,52	0,01	0,03	6,38	0,04	0,05	1,59	0,84	1,29	0,13	2,66	5,35	4,47	26,35	-	20,8
średnia 2012	1,91	5,74	0,01	0,04	9,4	0,04	0,05	0,76	0,45	1,13	0,22	4,20	5,63	2,34	31	-	30
średnia 2012-2015	1,71	5,14	0,01	0,03	7,70	0,06	0,07	1,49	0,53	1,02	0,15	3,60	5,38	4,42	18,58	36,25	26,93
SD	0,19	0,57	0,01	0,01	1,68	0,04	0,05	0,60	0,23	0,28	0,05	0,67	0,17	1,48	12,76		4,17
min	1,51	4,52	0,00	0,01	6,14	0,02	0,03	0,76	0,29	0,64	0,13	2,66	5,24	2,34	2,57	36,25	20,80
max	1,91	5,74	0,01	0,04	9,40	0,12	0,15	2,21	0,84	1,29	0,22	4,20	5,63	5,75	31,00	36,25	30,00

Tab. 3.7.3. Miesięczne właściwości fizykochemiczne roztworów glebowych z gleby bielicowej – głębokość -20 cm.

Miesiące	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	H	$P_{ogól.}$	Al	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	SEC
	mg/dm^3					$\mu g/dm^3$			mg/dm^3							[-]	mS/m
XI	0,95	2,86	0,04	0,2	0	134,90	1,3	90	0,02	0,02	1,1	0,4	0,5	0,1	0,3	3,9	66,5
XII	0,87	2,62	0,01	0,1	0	125,89	0,3	80	0,05	0,07	0,7	0,3	0,4	0,1	2,3	3,90	59,3
I																	
II	2,26	6,778	0,02	0,1	0	186,21	1,3	100	0,02	0,02	1,7	0,4	0,5	0,1	3,8	3,7	85,9
III	2,55	7,655	0,00	0	0	128,82	1,0	70	0,02	0,03	0,4	1,6	0,1	0,1	1	3,9	60,9
IV	0,71	2,141	0,01	0	0	144,54	2,0	100	0,07	0,09	0,6	0,6	0,7	0,1	1,4	3,8	68,5
V	0,98	2,939	0,01	0,1	0	181,97	2,0	100	0,09	0,11	0,8	0,6	0,6	0,1	1,8	3,7	74,1
VI	0,35	1,041	0,00	0	0	1,70	0,7	90	0,06	0,07	0,7	0,4	0,4	0	1,3	5,8	70,9
VII	0,51	1,538	0,01	0,1	0	165,96	3,3	90	0,10	0,13	0,9	0,5	0,4	0,1	1,5	3,8	70,4
VIII																	
IX	0,82	2,454	0,01	0,1	0	186,21	1,3	90	0,02	0,03	1,2	0,5	0,4	0,1	2,3	3,7	70,1
X	0,93	2,779	0,01	0,1	0	109,65	2,6	70	0,19	0,25	1,5	0,3	0,2	0,1	3,1	4	58,6

Tab. 3.7.4. Miesięczne właściwości fizykochemiczne roztworów glebowych z gleby bielicowej – głębokość -50 cm.

Miesiące	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	H	$P_{ogól.}$	Al	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	SEC
	mg/dm^3					$\mu g/dm^3$			mg/dm^3							[-]	mS/m
XI	1,68	5,038	0,04	0,241	0	223,87	0,98	230	0,03	0,04	2,1	1,2	0,9	0,3	1,8	3,7	114,0
XII	1,30	3,897	0,05	0,345	0	177,83	0,98	220	0,08	0,11	1,2	1	0,7	0,2	1,2	3,8	85,0
I																	
II	2,59	7,764	0,24	0,199	0	218,78	3,26	320	0,07	0,09	1,3	0,8	0,6	0,2	1,9	3,7	98,0
III	1,19	3,584	0,06	0,062	0	186,21	1,63	190	0,02	0,03	0,7	0,6	0,5	0,1	0,2	3,7	85,0
IV	0,89	2,66	0,06	0,046	0	181,97	0,65	200	0,05	0,06	1,1	0,9	0,6	0,1	0,2	3,7	81,0
V	0,34	1,032	0,06	0,052	0	199,53	1,31	170	0,04	0,05	1,2	0,6	0,9	0,1	0,3	3,70	82,0
VI	0,58	1,737	0,06	0,004	0	223,87	1,63	200	0,10	0,13	1,2	0,9	1,2	0,1	0,3	3,7	60,0
VII	0,47	1,403	0,02	0,063	0	263,03	8,16	200	0,08	0,11	1,7	1,1	1	0,1	0,4	3,6	112,0
VIII																	
IX	0,75	2,254	0,02	0,043	0	309,03	9,00	450	0,16	0,21	2,3	1,7	2	0,1	1,1	3,5	131,0
X																	

Tab. 3.7.5. Miesięczne właściwości fizykochemiczne roztworów glebowych z gleby bielicowej – głębokość -80 cm.

Miesiące	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	H	$P_{ogól.}$	Al	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	SEC
	mg/dm^3					$\mu g/dm^3$			mg/dm^3							[-]	mS/m
XI																	
XII																	
I																	
II	7,03	21,09	0,02	0,1	0	38,90	3,59	2160	0,04	0,05	1,4	3,4	0,1	0,1	0,3	4,4	62,8
III	4,31	12,94	0,00	0	0	37,15	4,57	600	0,16	0,21	0,5	2,7	0,1	0,1	0,2	4,4	57,5
IV	4,58	13,74	0,00	0	0	44,67	6,00	1796	0,05	0,06	0,5	2,4	0,1	0,1	0,2	4,4	56,2
V	5,16	15,49	0,00	0	0	70,79	2,28	1900	0,11	0,14	0,7	2,3	0,2	0,1	1	4,2	62,4
VI	5,00	14,99	0,02	0,1	0	54,95	1,63	1760	0,50	0,64	2,8	2,6	0,5	0	0,3	4,3	83,8
VII																	
VIII																	
IX																	
X																	

Tab. 3.7.6. Miesięczne właściwości fizykochemiczne roztworów glebowych z gleby brunatnej – głębokość -20 cm.

Miesiące	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	H	$P_{ogól.}$	Al	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	SEC
	mg/dm^3					$\mu g/dm^3$			mg/dm^3							[-]	mS/m
XI																	
XII	2,7	7,994	0,03	0,1	7,1	6,03	2,61	30	0,09	0,12	2,3	0,3	0,8	0,2	4,8	5,2	31,9
I																	
II	1,5	4,63	0,02	0,1	4,8	3,02	2,94	20	0,04	0,05	1,5	0,3	0,7	0,1	3,82	5,5	24,6
III	1,1	3,204	0,02	0,1	4,3	2,88	6,53	10	0,03	0,03	1	0,2	0,7	0,2	2,61	5,5	20,7
IV	1	2,991	0,00	0	5,6	2,57	12,07	40	0,05	0,07	0,6	0,2	0,7	0,1	1,74	5,6	16,5
V	1,2	3,686	0,03	0,1	5,1	2,04	13,00	40	0,14	0,18	0,5	0,3	0,7	0	1,72	5,7	17,9
VI	0,8	2,278	0,01	0	6,3	2,75	6,53	20	0,28	0,36	0,5	0,4	0,6	0	1,55	5,6	19,1
VII	1,5	4,601	0,03	0,1	4,3	6,03	9,70	30	0,35	0,45	0,2	0,3	0,8	0,1	3,09	5,2	31,5
VIII																	
IX																	
X																	

Tab. 3.7.7. Miesięczne właściwości fizykochemiczne roztworów glebowych z gleby brunatnej – głębokość -50 cm.

Miesiące	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	H	$P_{ogól.}$	Al	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	SEC
	mg/dm^3					$\mu g/dm^3$			mg/dm^3							[-]	mS/m
XI																	
XII	3,03	9,08	0,00	0,005	6,2	7,24	4,24	30	0,02	0,04	3,79	0,32	0,99	0,24	5,83	5,1	40,0
I																	
II	2,85	8,54	0,00	0,005	2,4	7,94	1,96	40	0,04	0,03	3,41	0,27	0,69	0,14	5,36	5,10	38,0
III	1,95	5,85	0,00	0,002	5,2	7,76	0,65	30	0,03	0,01	2,12	0,2	0,48	0,15	3,89	5,1	28,0
IV	2,01	6,04	0,00	0,008	5,1	6,61	3,59	40	0,01	0,09	1,73	0,26	0,77	0,14	3,32	5,2	28,0
V	1,51	4,52	0,00	0,006	6,2	5,50	2,55	40	0,01	0,05	1,01	0,25	0,66	0,08	2,78	5,3	23,0
VI	0,77	2,3	0,01	0,032	5,8	6,76	0,33	50	0,04	0,08	0,48	0,27	0,53	0,05	2,46	5,2	20,0
VII	0,72	2,17	0,00	0,012	6,3	9,55	8,81	40	0,01	0,06	0,37	0,26	0,43	0,09	3,07	5	20,0
VIII																	
IX																	
X																	

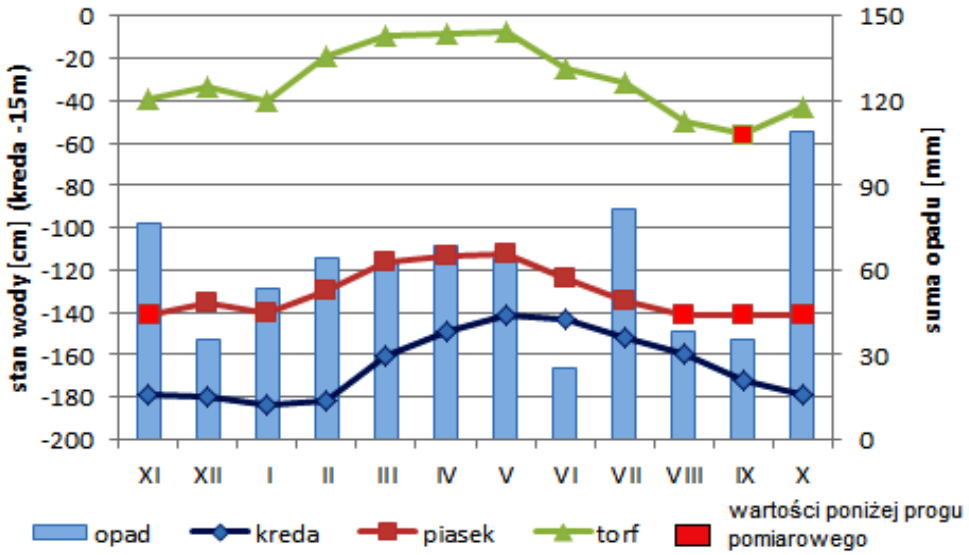
3.8. WODY PODZIEMNE – F2

Ocena sytuacji hydrogeologicznej w 2016 roku hydrologicznym

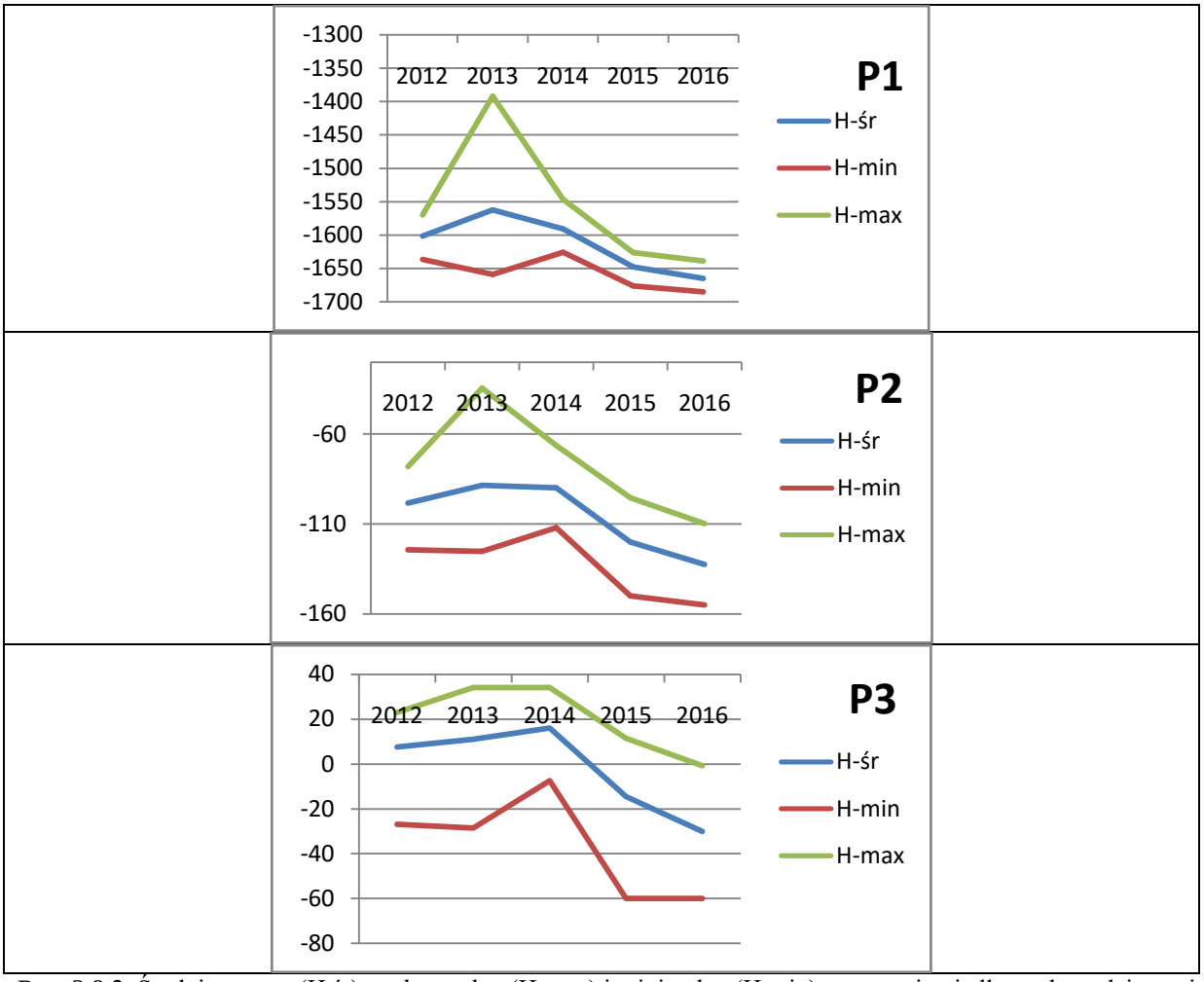
Stan zwierciadła wód podziemnych.

Wody poziomu kredowego

Na początku obserwacji w roku hydrologicznym 2016 zwierciadło wody występowało na głębokości -1677 cm p.p.t. Do końca stycznia 2016 r. następował spadek stanów wody by ustabilizować się na najniższej głębokości -1685 cm p.p.t., najniższy stan od początku pomiarów (1 listopada 2011r.) Od lutego do końca maja lustro wody podniosło się o 46 cm by osiągnąć stan maksymalny w roku hydrologicznym na poziomie -1639 cm p.p.t.. W kolejnych miesiącach stany wody obniżały się dość szybko – do wartości -1680 cm p.p.t. na koniec października. Roczna amplituda wahań w 2016 roku wyniosła 46 cm, była najniższa od początku pomiarów, a średni roczny stan wody był niższy o 64 cm od średniej z czterech poprzednich lat. W wodach poziomu kredowego obserwuje się słabą i opóźnioną reakcję na pojedyncze opady, nawet o dużej wielkości, szczególnie w okresie letnim (Ryc. 3.8.1.). Zmiany położenia zwierciadła wody nie były tak gwałtowne jak w płytszych poziomach wodonośnych mimo występowania długich okresów suszy atmosferycznej i ciągów wysokich temperatur.



Ryc. 3.8.1. Średni miesięczny stan zwierciadła wody podziemnej i opady atmosferyczne w 2016 roku hydrologicznych w trzech w punktach pomiarowych



Ryc. 3.8.2. Średnie roczne (H śr), maksymalne (H max) i minimalne (H min) stany zwierciadła wody podziemnej w Stacji BazowejRoztocze w trzech w punktach pomiarowych

Tab. 3.8.1. Średnie miesięczne stany wód podziemnych w 2016 roku hydrologicznym

Punkty pomiarowe	SG_M												SG_Z	SG_L	SG_R
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1	-1679	-1679	-1684	-1682	-1661	-1649	-1641	-1644	-1651	-1660	-1672	-1679	-1672	-1658	-1665
2	<-140	-135	-140	-129	-117	-114	-112	-124	-134	<-140	<-140	<-140	<-127	<-130	<-127
3	-40	-34	-40	-19	-9	-8	-7	-25	-31	-50	<-55	-43	-25	<-31	-30

Tab.3.8.2. Minimalne miesięczne stany wód podziemnych w 2016 roku hydrologicznym

Punkty pomiarowe	NG_M												NG_Z	NG_L	NG_R
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1	-1681	-1682	-1685	-1685	-1674	-1652	-1644	-1649	-1654	-1666	-1677	-1680	-1685	-1680	-1685
2	<-140	-139	<-140	-136	-121	-117	-116	-134	-140	<-140	<-140	<-140	<-140	<-140	<-140
3	-50	-41	-47	-31	-14	-15	-17	-39	-47	-55	<-55	<-55	-50	<-55	<-55

Tab. 3.8.3.Maksymalne miesięczne stany wód podziemnych w 2016 roku hydrologicznym.

Punkty pomiarowe	MG_M												SG_Z	SG_L	SG_R
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			

1	-1676	-1678	-1682	-1674	-1652	-1645	-1639	-1640	-1649	-1654	-1666	-1678	-1645	-1639	-1639
2	-133	-133	-137	-121	-115	-110	-110	-114	-127	-138	<-140	<-140	-110	-110	-110
3	-14	-24	-30	-6	-2	-1	-1	-5	-4	-13	-52	-7	-1	-1	-1

Wody poziomu czwartorzędowego

Wahania płytkich wód poziomu czwartorzędowego w piezometrach P-2 i P-3 charakteryzują się prostym i synchronicznym z opadami rytmem zmian (Ryc. 3.8.1.). Na początku roku hydrologicznego utrzymywał się trend spadkowy z poprzedniego okresu. Od końca listopada do końca stycznia odnotowano tylko niewielkie wahania związane z naprzemiennym występowaniem okresów suchszych i wilgotniejszych. Znaczące podniesienie poziomu wody spowodowały roztopy i opady w końcówce zimy i na początku wiosny. W maju stany wody osiągnęły swoje maksima w obu piezometrach: P-2 (piaski) – -110cm, P-3 (torfowisko) – -1cm. Okresy suszy meteorologicznej powiązanej z występowaniem wysokich temperatur w czerwcu, a następnie w sierpniu i wrześniu zdecydowały o wyraźnym obniżeniu zwierciadła wody, aż poniżej możliwości pomiarów w piezometrach. W P-2 stan poniżej -140 cm utrzymywał się od początku sierpnia do końca roku hydrologicznego z niewielką trzydniową przerwą w połowie sierpnia. W P-3 okres bez możliwości pomiaru był krótszy. Stan wody poniżej -55 cm trwał od 1-18.09., a następnie trzy dni 19-21.10.Decydujące znaczenie w kształtowaniu zasobów wód podziemnych w 2016 roku miały ekstremalne warunki meteorologiczne w roku poprzednim oraz bezśnieżna zima. Roczna amplituda zmian stanów wody piętra czwartorzędowego w piezometrach P-2 i P-3przekroczyła odpowiednio 45 cm i 50 cm, a średni roczny stan wody był najniższy od 2012 roku.

Charakterystyczne strefy stanów wód podziemnych.

Tab. 3.8.4. Wartości graniczne stref stanów wód podziemnych w poszczególnych punktach pomiarowych dla wielolecia 2012 – 2016 [cm]

Wartości graniczne stanów	Nr punktu pomiarowego		
	1	2	3
Hd	-1657	-133	-37
Hg	-1555	-77	20

Tab.3.8.5. Liczba dni charakterystycznych w punkcie pomiarowym nr1 w 2016 roku hydrologicznym

Dni	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok	uwagi
≥ Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Dni wysokiej wody
Hg ÷ Hd	0	0	0	0	12	30	31	30	31	8	0	0	142	Dni średniej wody
≤Hd	30	31	31	29	19	0	0	0	0	23	30	31	224	Dni niskiej wody

Tab.3.8.6. Liczba dni charakterystycznych w punkcie pomiarowym nr2 w 2016 roku hydrologicznym

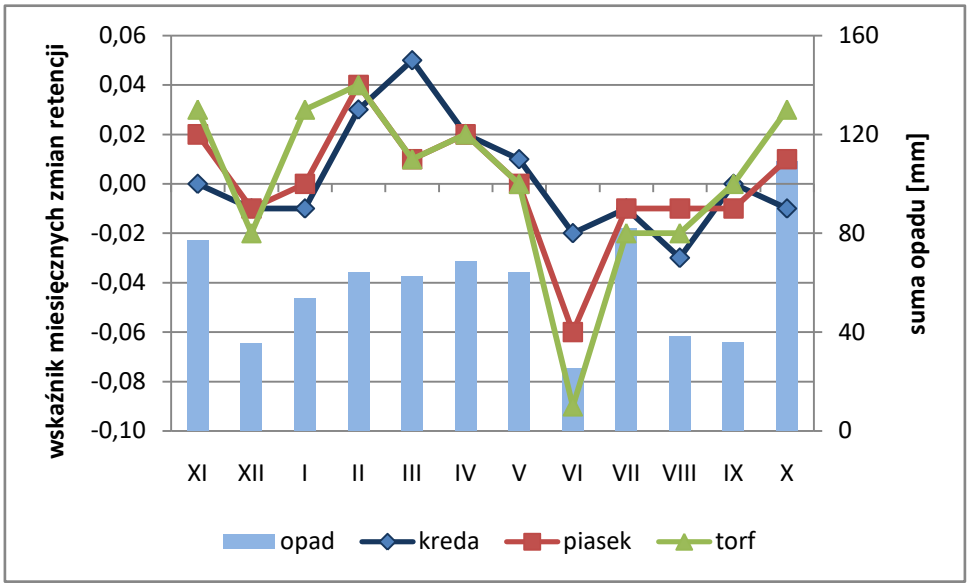
Dni	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok	uwagi
≥ Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Dni wysokiej wody
Hg ÷	0	0	0	19	31	30	31	28	9	0	0	0	148	Dni średniej wody

Hd														
≤Hd	30	31	31	10	0	0	0	2	22	31	30	31	218	Dni niskiej wody

Tab.3.8.7. Liczba dni charakterystycznych w punkcie pomiarowym nr3 w 2016 roku hydrologicznym

Dni	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok	uwagi
≥ Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Dni wysokiej wody
Hg ÷ Hd	13	26	6	29	31	30	31	25	14	2	0	4	211	Dni średniej wody
≤Hd	17	5	25	0	0	0	0	5	17	29	30	27	155	Dni niskiej wody

Retencja wód podziemnych.



Ryc. 3.8.3. Wykres przebiegu zmienności czasowej wskaźnika miesięcznych zmian retencji wód podziemnych na tle sum dobowych opadów atmosferycznych (w mm) w roku hydrologicznym dla poszczególnych punktów pomiarowych.

Tab. 3.8.8. Wskaźnik miesięcznych zmian retencji Rm, przy założeniu, że μ = 0,25 w 2016 roku hydrologicznym*.

Punkty pomiarowe	R_M											
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	0	-0,01	-0,01	0,03	0,05	0,02	0,01	-0,02	-0,01	-0,03	0	-0,01
2	0,02	-0,01	0	0,04	0,01	0,02	0	-0,06	-0,01	-0,01	-0,01	0,01
3	0,03	-0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0	-0,09	-0,02	-0,02	0	0,03

* wartość $R_M \leq -0,02$ – spadek retencji;
$-0,01 \leq R_M \leq 0,01$ – retencja bez zmian;
$R_M \geq 0,02$ – wzrost retencji.

Zagrożenie niżówką hydrogeologiczną oraz spełnienia usług geoekosystemowych (optymalnych warunków hydrogeologicznych dla zbiorowisk roślinnych).

Tab. 3.8.9. Wskaźnik zagrożenia niżówką hydrogeologiczną k_n w 2016 roku hydrologicznym*.

Punkty pomiarowe	k_n											
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,2
3	-0,3	0,4	-0,1	0,2	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	-0,3	-0,5	-0,4

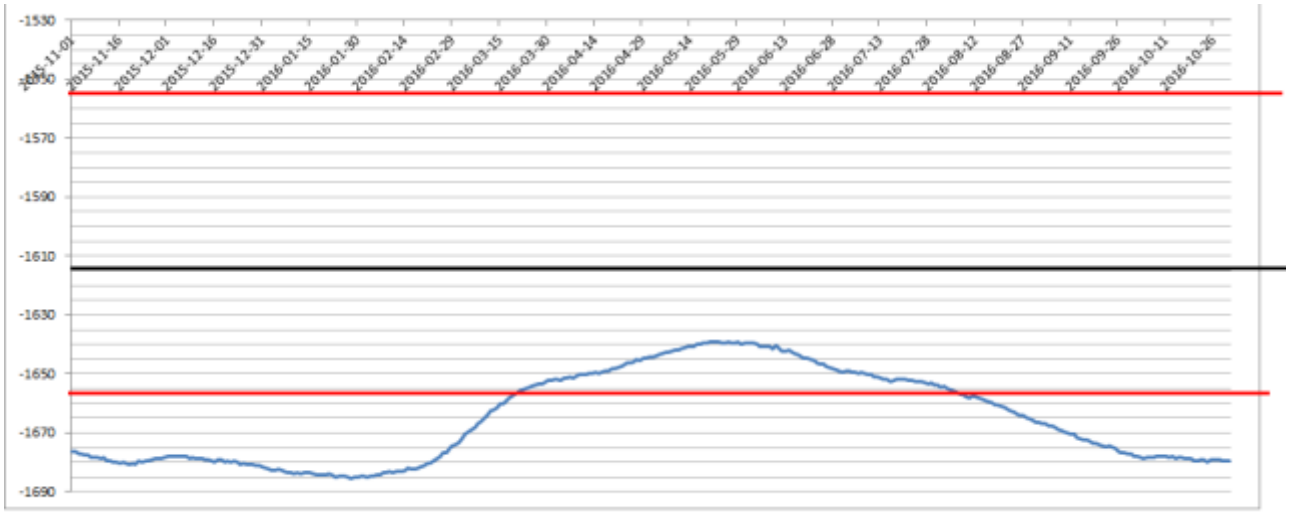
* wartość $k_n > 0,1$ – brak zagrożenia niżówką hydrogeologiczną;
$-0,1 \le k_n \le 0,1$ – zagrożenie pojawienia się niżówki;
$-0,3 \le k_n \le -0,2$ – wystąpienie płytkiej niżówki;
$k_n < -0,3$ – wystąpienie głębokiej niżówki.

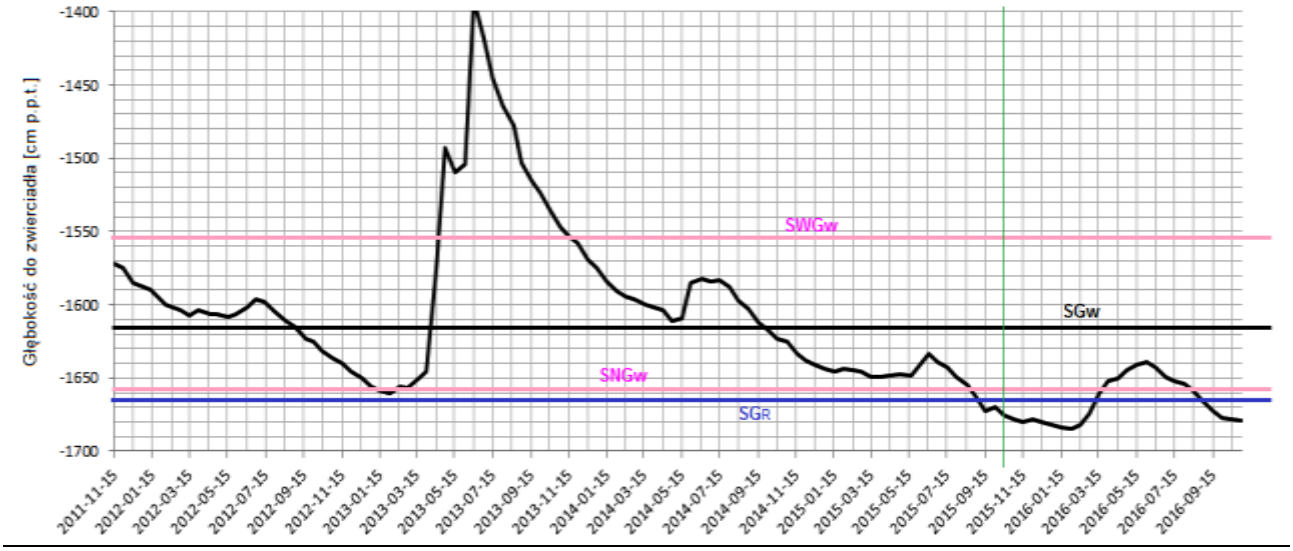
Sytuacja hydrogeologiczna w Stacji Bazowej ZMŚP w 2016 roku na tle okresu 2012-2015

Tab. 3.8.10. Odchylenie stanu średniego miesięcznego w 2016 roku hydrologicznym od stanu średniego miesięcznego miarodajnego dla wielolecia 2012–2015.

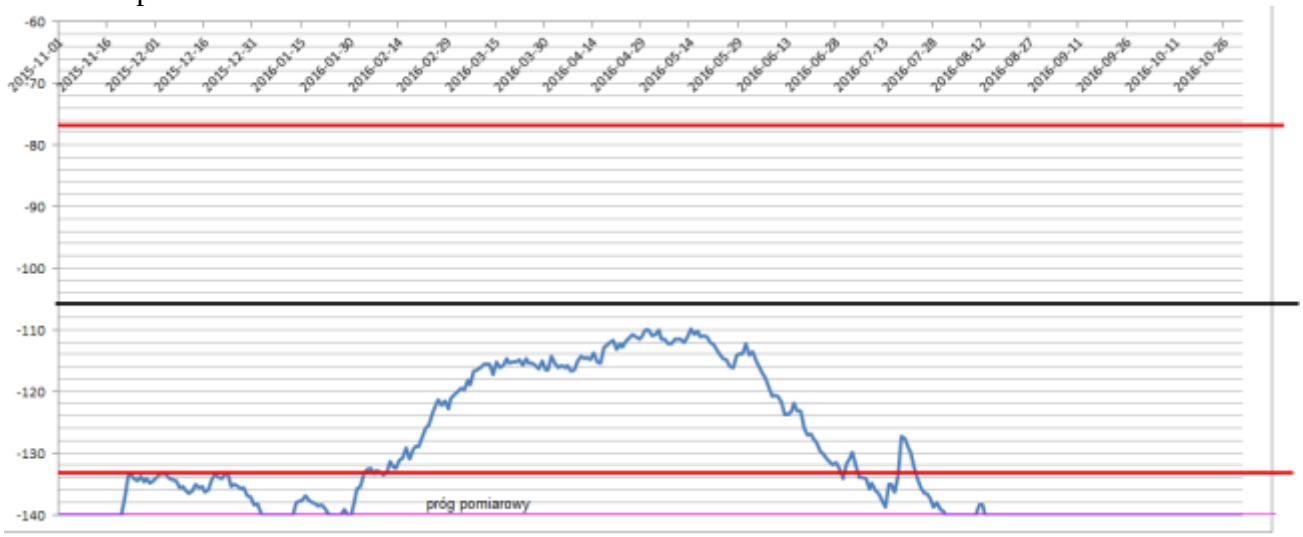
miesiąc	$SG_{M(2016)}$-$SG_{M(2012-2015)}$ w poszczególnych punktach pomiarowych		
	1	2	3
XI	-80	-44	-47
XII	-70	-35	-38
I	-66	-41	-49
II	-58	-31	-29
III	-35	-19	-21
IV	-40	-21	-22
V	-52	-22	-21
VI	-80	-38	-39
VII	-84	-40	-38
VIII	-74	-35	-41
IX	-69	-38	-45
X	-63	-37	-34
rok	**-64**	**-28**	**-34**

P1 kreda


-1530
-1550
-1570
-1590
-1610
-1630
-1650
-1670
-1690

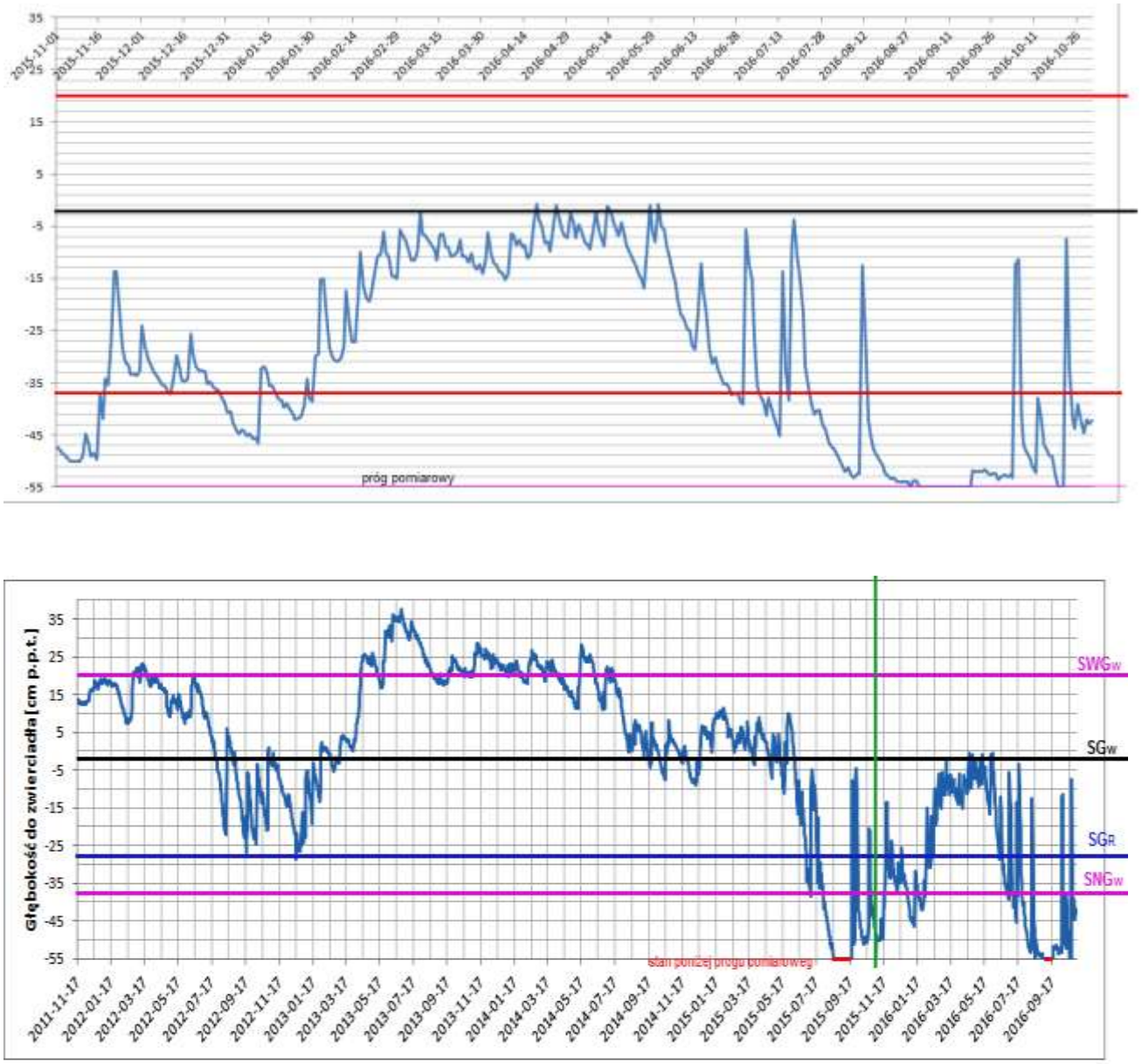

Głębokość do zwierciadła [cm p.p.t.]
-1400
-1450
-1500
-1550
-1600
-1650
-1700
SWGw
SGw
SNGw
SGR

P2 piasek


próg pomiarowy

Głębokość do zwierciadła [cm p.p.t.]
SWGw
SSGw
SNGw = SGR

P2 torf



Ryc. 3.8.4. Wykresy wahań zwierciadła wody pkt pomiarowych z naniesionymi charakterystykami hydrogeologicznymi, gdzie: WG_W – średni wysoki stan wody z okresu wielolecia 2012-2015 (różowa linia); SG_W – średni średni stan (zwierciadła) wody z okresu wielolecia (czarna linia); NG_W – średni niski stan (zwierciadła) wody z okresu wielolecia (różowa linia); SG_R – średni roczny stan wody w 2016r. (lnia niebieska) .

Stan jakościowy wód podziemnych

Wody kredowego poziomu wodonośnego cechuje stosunkowo mała zmienność cech fizyczno-chemicznych. Temperatura wód podziemnych zmieniała się w przedziale od 8,0°C na początku roku hydrologicznego, do 8,1°C na końcu lata. Średnia temperatura w 2016 roku wniosła 8,0 °C. Wody podziemne poziomu kredowego charakteryzowały się słabo alkaliczny odczynem, mineralizacją w zakresie wód słodkich, niską zawartością tlenu. Były to wody dwujonowe typu HCO_3-Ca, jony te stanowiły ponad 85% sumy milivali anionów i kationów. Udział pozostałych jonów poza siarczanami i chlorkami był niewielki, zwłaszcza uznawanych za typowe wskaźniki antropopresji wód – jony azotanowe, amonowe i ortofosforanowe (Tab.3.8.14). Były to wartości typowe dla obszarów o leśnym pokryciu terenu. W stosunku do lat poprzednich nie odnotowano

większych zmian. Stężenia jonów azotanowych mimo niewielkiego wzrostu, nie przekroczyły: 2mg/dm^3 .Według klasyfikacji zawartej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23.07.2008, badane wskaźniki fizyczno-chemiczne wód poziomu kredowego umiejscawiają ujęcie w II klasie jakości wód podziemnych (wody dobrej jakości) - jedynie z uwagi na zawartość Ca powyżej 50mg/l, pozostałe mierzone parametry nie przekraczały wartości progowych I klasy.

Płytko występujące wody poziomu czwartorzędowego cechuje mniejsza stabilność właściwości fizyczno-chemicznych niż wód poziomu kredowego. Wody te bowiem były pod bezpośrednim wpływem warunków meteorologicznych i wyraźnie reagowały na zmiany przede wszystkim temperatury powietrza. Temperatura wód w lutym w P-2 i P-3 spadła poniżej 5°C. Maksymalne temperatury zarejestrowano w sierpniu przy niskich stanach wody, odpowiednio w P2 – 12,0°C i P3 – 13,3°C.

Wody podziemne poziomu czwartorzędowego, gdzie strefę saturacji tworzą piaski (piezometr P2), charakteryzowały się słabo kwaśnym odczynem, mineralizacją w zakresie wód ultrasłodkich, niską zawartością tlenu. Wartości miesięczne składu jonowego wód były dość zróżnicowane na co wskazuje ich zmienny typ hydrochemiczny od dwu- do czterojonowego (Tab. 3.8.11.), w skali roku uśredniony skład miał typ hydrochemiczny trzyjonowy SO_4-Ca-Mg. Jony te stanowiły prawie 80% sumy milivali anionów i kationów. Stężenie jonów uznawanych za typowe wskaźniki antropopresji wód – azotanowych, amonowych, ortofosforanowych było niskie (Tab.3.8.14.). Stosunkowo wysoka zawartość jonów glinu i niska zawartość wodorowęglanów wskazuje na brak minerałów węglanowych w strefie aeracji i saturacji. Mimo niepełnego cyklu badań spowodowanego suszą, nie odnotowano znaczących różnic w zakresie składu chemicznego i cech fizykochemicznych wody w stosunku do lat poprzednich.

Według klasyfikacji zawartej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23.06.2008, badane wskaźniki fizyczno-chemiczne poziomu czwartorzędowego ujętego piezometrem P2 mieściły się w IV klasie jakości wód podziemnych (wody niezadowalającej jakości). Ocena ta jest wynikiem niskiego odczynu wody, niskiej zawartości tlenu oraz wysokiej temperatury w okresie letnim. Poziom tych wskaźników wynikał z naturalnych procesów zachodzących w środowisku. Pod względem przyrodniczym wody te nie były poddane presji antropogenicznej wynikającej z działalności człowieka.

Wody podziemne poziomu czwartorzędowego, ujętego w torfach, charakteryzowały się słabo kwaśnym lub kwaśnym odczynem, mineralizacją w zakresie wód ultrasłodkich, niską zawartością tlenu i wysokim BZT_5. Były to wody często wielojonowe, uśredniona woda roczna była typu Ca - SO_4(Tab.3.8.11). Jony te stanowiły po około 80% sumy milivali anionów i kationów. Ze wskaźników uznawanych za typowe wskaźniki antropopresji wód – jony azotanowe, jony amonowe, fosfor ogólny – w roku 2016 miały stosunkowo niskie stężenia. W roku 2015 nastąpiła zasadnicza przebudowa składu chemicznego wody w piezometrze P-3. Woda napływająca do piezometru od września – po okresie suszy, cechuje się znacznie wyższą mineralizacją ogólną (kilkukrotny wzrost stężenia jonu siarczanowego). Woda ta pod względem cech fizykochemicznych podobna jest do wody ujmowanej w piezometrze P-2 (Tab. 3.8.14.).

Według klasyfikacji zawartej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23.06.2008, badane wskaźniki fizyczno-chemiczne poziomu czwartorzędowego ujętego piezometrem P3 mieściły się w IV klasie jakości wód podziemnych (wody niezadowalającej jakości). Ocena ta jest wynikiem niskiego odczynu wody oraz wysokiej temperatury w okresie letnim, wynikających z naturalnych

procesów zachodzących w środowisku. Pod względem przyrodniczym wody te nie były poddane presji antropogenicznej wynikającej z działalności człowieka.

Poprawność wykonywanych analiz chemicznych na podstawie bilansu jonowego. Do obliczeń bilansu jonowego wody uwzględniono składniki główne i drugorzędne: HCO_3^-,Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, NO_2^-, F^-, K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, NH_4^+, Al^{3+}(nie uwzględniono: CO_3^{2-}, Fe^{2-}). Kontroli bilansu jonowego poddano 26 próbek wody. Kryteriów bilansu jonowego nie spełniło 7 próbek, odpowiednio:

- wody poziomu kredowego, piezometr P1: 2 z 12
- wody poziomu czwartorzędowego, piezometr P2 – 3 z 6
- wody poziomu czwartorzędowego, piezometr P3 – 2 z 8

Typ chemiczny wód podziemnych

Tab. 3.8.11. Zestawienie stężeń poszczególnych składników chemizmu wód podziemnych wyrażonych w % mval, określonych odrębnie dla kationów i anionów – wartości średnie roczne

Nr punktu pomiarowego	Ca	Na	Mg	K	HCO_3	Cl	SO_4	NH_4	mineralizacja
	% mval	% mval	% mval	% mval	% mval	% mval	% mval	% mval	mg/dm^3
1	93,0	3,0	3,2	0,7	80,0	4,4	15,4	0,2	291,8
2	54,8	11,0	27,1	6,6	8,3	15,2	76,5	0,6	59,1
3	77,3	7,2	11,5	2,5	9,3	10,3	80,4	1,4	30,3

Zakres tła chemicznego wód podziemnych

Tab. 3.8.12. Zakres tła chemicznego wód podziemnych dla wskaźników fizykochemicznych

Tło, granice	Wskaźnik statystyczny	Temperatura	Odczyn pH	PEW	Mineralizacja
		[^{O}C]	[1]	[mS/m]	[Mg/dm^3]
Dolna granica	Tło dla obszaru Polski	4	6,5	20	-
Górna granica		20	8,5	70	-
Dolna granica	Tło dla regionu	7,3	5,5	5,5	40
Górna granica		15,0	7,5	65	590
Dolna granica	Tło lokalne	4,5	4,6	3,5	15
Górna granica		12,5	7,5	37,5	310

Tab.3.8.13. Zakres tła chemicznego wód podziemnych dla składników chemicznych

Tło, granice	Wskaźnik statystyczny	Składniki chemizmu wód podziemnych [Mg/dm^3]										
		Ca	Na	Mg	K	Fe	PO_4	HCO_3	Cl	SO_4	NO_3	NH_4
Dolna	dla obszaru Polski	2	1	0,5	0,5	0,02	0,1	60	2	5	0	0
Górna		200	60	30	10	5	1	360	60	60	5	1
Dolna	Tło dla regionu	5	0,5	0,5	0,5	0,01	0,05	61	3	6	2	0
Górna		135	8	19	4	0,5	1	420	30	52	25	0,15
Dolna	Tło lokalne	4	0,7	0,3	0,3	-	0	1,2	0,2	0,6	0	0,03
Górna		74	3	2,3	1,6	-	0,2	188	7,8	35	0,6	0,3

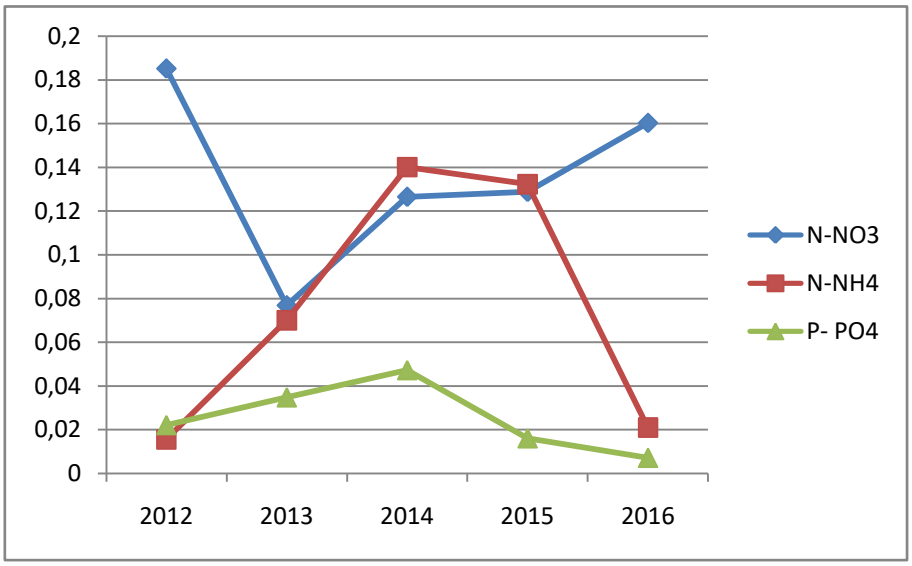
Charakterystyka poszczególnych składników chemizmu wód podziemnych w 2016roku hydrologicznym

Tab. 3.8.14. Wyniki analizy chemicznej wód podziemnych w 2016 roku hydrologicznym.

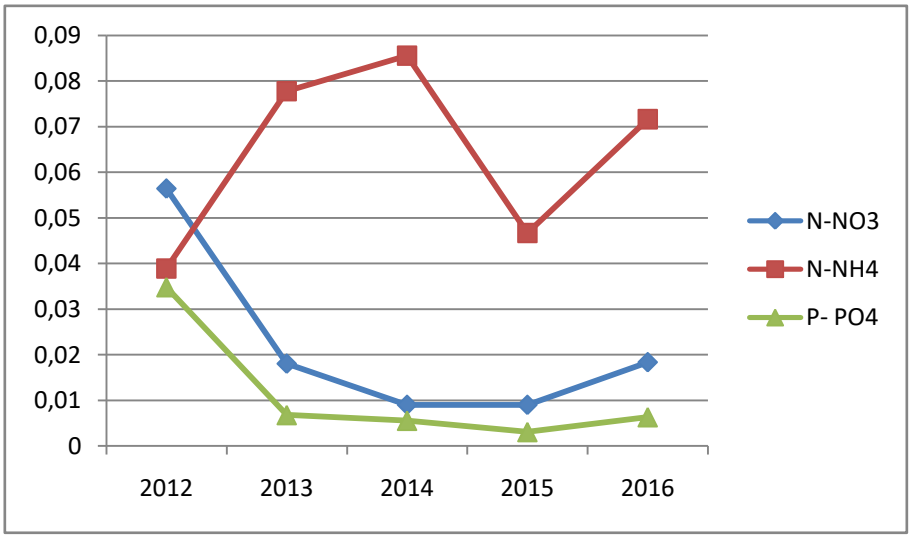
Nr pkt	$S\text{-}SO_4$	$N\text{-}NO_3$	HCO_3	$N\text{-}NH_4$	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	Al.	pH	Cond	Miner. ogól.	O_2	BZT_5
	mg/dm^3									$\mu g/dm^3$		[-]	mS/m	mg/dm^3		
XI - I																
1	12,20	0,05	163,10	0,05	6,13	2,73	0,96	1,49	65,44	8,27	1	7,48	36,8	276,8	0,5	0,5
2																
3	8,76	0,00	0	0,02	1,06	0,69	0,10	0,84	8,86	118,7	120	4,34	7,2	41,1	2,3	3,0
II -IV																
1	12,31	0,09	175,60	0,01	6,02	2,58	1,13	1,69	67,69	8,48	1	7,51	36,2	292,1	0,7	0,5
2	14,46	0,00	1,90	0,01	4,01	2,19	2,20	2,80	9,15	4,24	100	5,66	8,9	65,7	5,8	0,7
3	3,58	0,01	0	0,03	1,13	1,23	0,95	0,74	5,13	104,4	90	4,06	6,2	28,1	2,6	2,7
V -VII																
1	13,06	0,43	168,40	0,02	5,03	2,41	1,12	1,20	69,03	5,22	1	7,55	36,2	288,3	2,9	0,5
2	10,29	0,01	4,20	0,02	3,58	2,07	1,79	1,75	10,21	2,28	70	5,53	8,4	54,5	2,7	0,5
3	1,70	0,00		0,07	0,42	0,63	0,22	0,72	4,79	99,85	50	4,41	5,2	22,2	1,7	4,3
VIII - X																
1	8,71	0,08	189,20	0,01	4,66	2,85	0,83	1,36	71,21	6,62	1	7,56	37,8	296,8	0,6	0,5
2																
3																

Tendencje zmian stężeń wskaźników chemizmu wód podziemnych

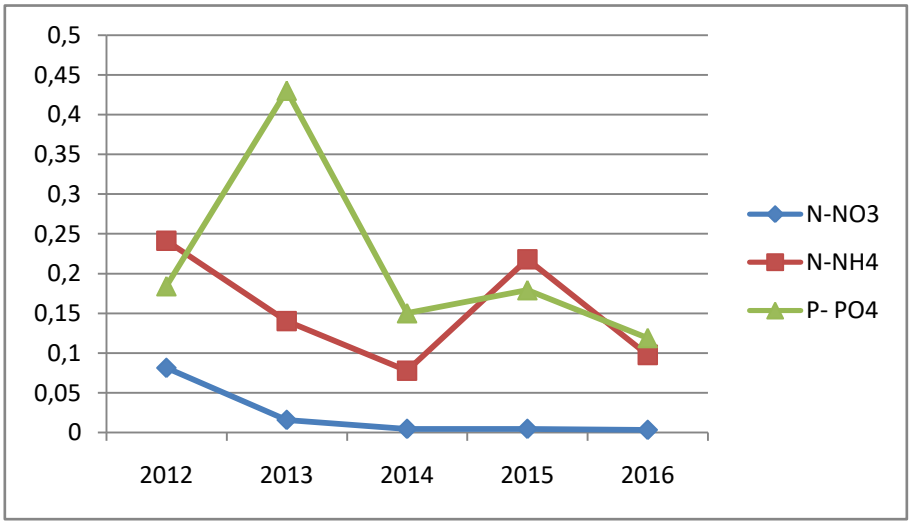
P1-kreda



P2-piasek



P3-torf



Ryc. 3.8.5.Wykresy przebiegu zmienności czasowej średnich rocznych wartości stężeńbiogenów na tle linii trendu liniowego dla poszczególnych punktów pomiarowych za wielolecie (2012-2016).

Określenie stanu chemicznego wód podziemnych w 2016roku hydrologicznym

Tab. 3.8.15. Zestawienie wartości wybranych wskaźników chemizmu wód podziemnych i określonych dla nich wartości klas jakości (środowiskowej) wód podziemnych

Rok klasa	Pkt.	Odcz.	PEW	Ca	Na	Mg	K	PO4	HCO 3	Cl	SO4	NO3	Al	NH4	mineral izacja	Stan chemiczny
	pom.	[pH]	[mS/ m]	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		zlewni
2012	1	7,36	36,5	74,77	2,47	1,49	0,92	0,07	188,5	6,53	28,3	0,82	_	0,02	304	dobry
klasa		I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2013		7,55	35,5	71,1	2,95	1,36	1,25	0,1	187,5	6,82	32,1	0,34	_	0,09	304	dobry
klasa		I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2014		7,49	34,9	75,42	2,89	1,2	1,16	0,14	187,7	7,82	28,2	0,56	_	0,18	315	dobry
klasa		I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2015		7,51	36,5	71,1	14,4	1,2	0,4	0,05	186,3	5,9	28,3	0,57	0	0,17	297	dobry
klasa		I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2016		**7,53**	**36,8**	**68,34**	**2,64**	**1,43**	**1,01**	**0,02**	**174,1**	**5,46**	**34,7**	**0,71**	**0**	**0,03**	**288**	**dobry**
klasa		**I**	**I**	**II**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**		
2012	2	5,41	10,1	9,93	2,61	2,04	1,57	0,1	9,72	2,96	35,2	0,25	_	0,05	64	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2013		5,11	8,05	6,76	2,55	1,71	1,53	0,02	8,25	4,11	30,9	0,08	_	0,1	56	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2014		5,28	7,67	6,94	2,31	1,54	1,41	0,02	7,44	4,27	25,5	0,04	_	0,11	50	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2015		5,41	10,2	10,02	2,46	2,45	1,52	0,01	4,8	5,07	34,6	0,04	0,07	0,06	51	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2016		**5,6**	**8,62**	**9,68**	**2,13**	**2,27**	**1,99**	**0,01**	**3,05**	**3,79**	**37,1**	**0,04**	**0,08**	**0,02**	**60**	**dobry**
klasa		**IV**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**		
2012	3	5,06	5,3	7,35	1,02	0,55	1,98	0,56	12,1	3,44	4,3	0,36	_	0,31	31	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	III	I	I	I	I	I	I		
2013		4,45	4,79	4,93	0,84	0,53	0,54	1,32	3,13	1,83	5,71	0,07	_	0,18	18	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	III	I	I	I	I	I	I		
2014		4,81	3,54	5,29	0,9	0,3	0,5	0,46	4,17	2,41	6,5	0,02	_	0,1	14	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		
2015		4,7	5,02	7,73	0,79	0,59	0,27	0,55	6,01	1,46	8,57	0,02	0,09	0,28	26	dobry
klasa		IV	I	I	I	I	I	III	I	I	I	I	I	I		
2016		**4,27**	**6,16**	**6,26**	**0,85**	**0,77**	**0,42**	**0,33**	**0**	**0,87**	**14,0**	**0,02**	**0,09**	**0,05**	**30**	**dobry**
klasa		**IV**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**	**I**		

Podsumowanie

Rok 2016 był stosunkowo ciepły i bogaty w opady atmosferyczne, szczególnie wysokie w listopadzie i październiku.a średnia temperatura miesięczna września w Zwierzyńcu osiągnęły wartości najwyższe od 1998 roku. Nie odnotowano dłuższych okresów suszy meteorologicznej. Mimo tego nie nastąpiła odbudowa zasobów wodnych. W głębszych warstwach wodonośnych stany na koniec roku były niższe niż na początku. Tylko w torfowisku po październikowych opadach stan wody był nieco wyższy niż na początku roku hydrologicznego. W listopadzie, a następnie od końca lipca do października wystąpiła susza hydrologiczna najgłębsza na przełomie sierpnia i września. Objawy suszy wystąpiły we wszystkich ekosystemach, a najbardziej odczuły je zbiorowiska torfowiskowe i mokradłowe.

Tab.3.8.15. Ogólna charakterystyka składu chemicznego i ocena jakości wód podziemnych ujmowanych w piezometrach w roku hydrologicznym 2016 – charakterystyki roczne (program podstawowy)

Punkt pomiarowy		$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2	BZT_5	Typ hydro-chemiczny	Klasa monitoringu
		mg/dm^3												$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m	mg/dm^3				
P1	Średnia	9,42	28,27	0,13	0,57	186,30	0,13	0,17	5,91	2,42	0,96	1,21	71,10	16,07	7,51	36,5	296,9	1,21	0,70	HCO_3-Ca	II
	SD	0,53	1,58	0,06	0,25	2,81	0,10	0,13	0,68	0,13	0,16	0,08	1,59	13,61	0,02	1,1	2,8	0,40	0,13		
	Max	10,44	31,32	0,24	1,07	190,25	0,34	0,43	7,47	2,71	1,25	1,36	74,08	38,18	7,54	37,7	302,1	1,82	0,85		
	Min	8,67	26,01	0,03	0,13	180,35	0,02	0,03	4,92	2,15	0,73	1,11	68,76	2,61	7,49	34,1	292,8	0,60	0,50		

Punkt pomiarowy		$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	Al	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2	BZT_5	Typ hydro-chemiczny	Klasa monitoringu.
		mg/dm^3												$\mu g/dm^3$	$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m	mg/dm^3				
P2	Średnia	11,55	34,64	0,01	0,04	4,75	0,05	0,06	5,08	2,46	1,52	2,45	10,02	3,08	73	5,41	10,15	51,1	2,26	0,84	SO_4-Ca-Mg	IV
	SD	1,16	3,48	0,00	0,02	2,18	0,02	0,02	2,48	0,44	0,12	0,17	0,94	1,41	28,1	0,16	1,11	3,5	0,79	0,13		
	Max	13,12	39,36	0,02	0,07	8,60	0,08	0,10	8,56	3,23	1,68	2,74	11,18	5,22	110	5,67	11,54	57,4	3,70	1,05		
	Min	9,80	29,40	0,00	0,02	1,50	0,03	0,04	2,56	1,99	1,37	2,26	8,23	0,98	45	5,23	8,18	47,2	1,16	0,65		
Punkt pomiarowy		$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	Al	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2	BZT_5	Typ hydro-chemiczny	Klasa monitoringu.
		mg/dm^3													$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m	mg/dm^3				
P3	Średnia	2,86	8,57	0,005	0,02	6,10	0,22	0,28	1,46	0,79	0,27	0,59	7,73	0,18	89	4,70	50,15	26,07	2,15	3,85	SO_4-HCO_3-Ca-	IV
	SD	4,27	12,82	0,006	0,03	3,73	0,38	0,49	0,95	0,29	0,18	0,33	3,29	0,10	59,6	0,21	34,75	16,51	0,71	0,59		
	Max	12,19	36,58	0,022	0,10	15,20	1,40	1,80	3,44	1,20	0,59	1,20	14,55	0,47	230	5,22	137,80	64,74	3,20	4,85		
	Min	0,35	1,06	0,000	0,00	0,55	0,01	0,01	0,44	0,28	0,11	0,27	4,16	0,10	25	4,35	26,70	11,14	0,95	3,15		

Tab. 3.8.16. Miesięczne charakterystyki składu chemicznego i ocena jakości wód podziemnych ujmowanych w piezometrze kredowym (P1) w roku hydrologicznym 2016 (program podstawowy)

miesiąc	SO_4	$S\text{-}SO_4$	NO_3	$N\text{-}NO_3$	HCO_3	NH_4	$N\text{-}NH_4$	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2	BZT_5	Typ hydrochemiczny	Klasa monitoringu
	mg/dm^3												$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m	mg/dm^3				
XI	28,06	9,35	0,77	0,17	186,50	0,10	0,08	7,47	2,71	1,12	1,29	74,08	38,18	7,53	37,7	302,1	1,72	0,70	HCO_3-Ca	II
XII	28,28	9,43	0,57	0,13	186,40	0,30	0,23	6,64	2,52	1,04	1,25	72,69	25,45	7,52	37,7	299,7	1,48	0,50	HCO_3-Ca	II
I	27,55	9,18	0,48	0,11	185,20	0,29	0,22	6,31	2,45	0,95	1,27	68,76	28,06	7,51	37,6	293,3	1,20	0,50	HCO_3-Ca	II
II	27,36	9,12	0,53	0,12	186,80	0,43	0,34	5,97	2,35	1,19	1,36	70,16	33,45	7,50	37,0	296,1	1,12	0,60	HCO_3-Ca	II
III	28,25	9,42	0,73	0,16	186,70	0,12	0,09	5,84	2,43	0,87	1,12	71,17	6,53	7,52	36,7	297,2	1,02	0,60	HCO_3-Ca	II
IV	28,52	9,51	0,50	0,11	186,80	0,26	0,21	5,66	2,40	0,87	1,30	71,25	30,02	7,51	36,7	297,6	1,12	0,60	HCO_3-Ca	II
V	30,92	10,31	0,81	0,18	182,20	0,08	0,06	6,10	2,44	1,25	1,12	69,33	7,83	7,52	36,4	294,2	1,82	0,75	HCO_3-Ca	II
VI	31,32	10,44	1,07	0,24	180,35	0,25	0,19	5,81	2,42	0,88	1,11	69,62	7,02	7,49	34,9	292,8	1,78	0,75	HCO_3-Ca	II
VII	26,01	8,67	0,48	0,11	188,60	0,07	0,05	5,17	2,43	0,86	1,20	72,70	2,61	7,54	34,1	297,5	1,03	0,80	HCO_3-Ca	II
VIII	29,04	9,68	0,47	0,11	186,05	0,07	0,06	5,45	2,15	0,73	1,25	69,95	5,87	7,50	35,9	295,2	0,84	0,85	HCO_3-Ca	II
IX	27,57	9,19	0,26	0,06	190,25	0,05	0,04	5,65	2,49	0,91	1,12	71,66	3,75	7,50	36,4	299,9	0,83	0,85	HCO_3-Ca	II
X	26,42	8,81	0,13	0,03	189,70	0,03	0,02	4,92	2,29	0,83	1,18	71,82	4,08	7,49	36,5	297,3	0,60	0,85	HCO_3-Ca	II

Tab.3.8.17. Miesięczne charakterystyki składu chemicznego i ocena jakości wód podziemnych ujmowanych w piezometrze czwartorzędowym (P2) w roku hydrologicznym 2016 (program podstawowy)

miesiąc	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	Al	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2	BZT_5	Typ hydrochemiczny	Klasa monitoringu
	mg/dm^3												$\mu g/dm^3$		[-]	mS/m	mg/dm^3				
XI	9,80	29,40	0,01	0,05	5,45	0,04	0,03	6,84	3,23	1,65	2,26	10,14	2,12	110	5,37	9,60	49,0	2,17	0,85	SO_4-Ca-Na	IV
XII	10,82	32,46	0,01	0,06	5,70	0,04	0,03	6,48	2,82	1,48	2,34	9,73	3,43	110	5,25	10,20	51,5	1,92	0,65	SO_4-Ca	IV
I	11,87	35,61	0,02	0,07	6,05	0,05	0,04	8,56	2,78	1,51	2,71	11,18	1,47	110	5,23	11,54	57,4	1,16	0,75	SO_4-Cl-Ca-Mg	IV
II	12,25	36,76	0,01	0,02	4,00	0,05	0,04	8,30	2,72	1,45	2,74	11,11	5,22	65	5,36	11,38	56,1	3,7	0,75	SO_4-Cl-Ca-Mg	IV
III	13,12	39,36	0,01	0,03	1,50	0,07	0,05	4,36	2,40	1,38	2,51	10,62	3,26	50	5,42	10,90	51,7	2,86	0,75	SO_4-Ca-Mg	IV
IV	12,71	38,14	0,00	0,02	2,15	0,05	0,04	3,05	2,14	1,37	2,41	10,09	4,89	45	5,63	10,54	49,4	1,57	0,85	SO_4-Ca-Mg	IV
V	12,27	36,82	0,00	0,02	3,60	0,09	0,07	2,86	2,07	1,53	2,34	9,07	3,10	55	5,67	10,10	49,4	1,64	0,95	SO_4-Ca	IV
VI	10,83	32,50	0,01	0,06	5,70	0,10	0,08	2,72	1,99	1,65	2,39	8,23	3,26	55	5,5	8,94	47,2	2,58	1,05	SO_4-Ca-Mg	IV
VII	10,23	30,69	0,01	0,04	8,60	0,08	0,06	2,56	2,01	1,68	2,34	9,99	0,98	60	5,28	8,18	48,1	2,74	1,00	SO_4-Ca-Mg	IV
VIII																					
IX																					
X																					

Tab. 3.8.18. Miesięczne charakterystyki składu chemicznego i ocena jakości wód podziemnych ujmowanych w piezometrze czwartorzędowym (P3) w roku hydrologicznym 2016 (program podstawowy)

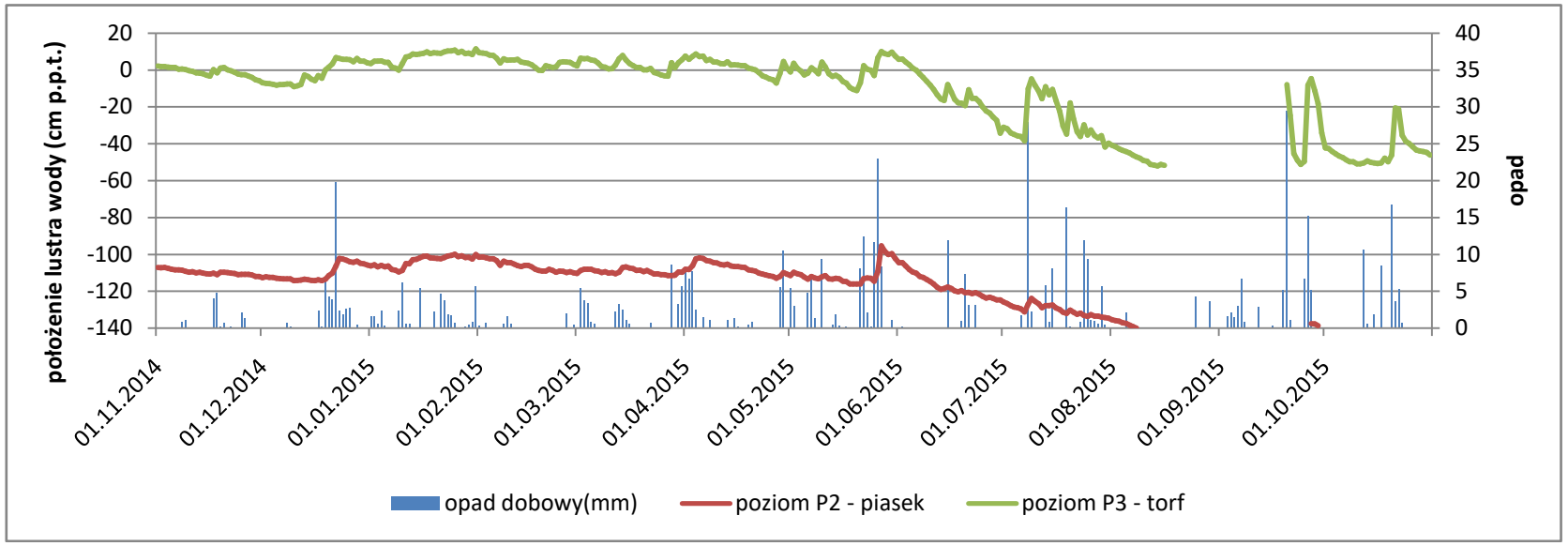
miesiąc	SO_4	$S\text{-}SO_4$	NO_3	$N\text{-}NO_3$	HCO_3	NH_4	$N\text{-}NH_4$	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	Al	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2	BZT_5	Typ hydrochemiczny	Klasa monitoringu
	mg/dm^3													$\mu g/dm^3$	[-]	mS/m	mg/dm^3				
XI	1,99	0,66	0,03	0,006	0,55	0,07	0,06	3,44	1,14	0,41	0,48	5,86	0,15	85	4,54	35,7	14,1	2,31	3,30	SO_4-Cl-Ca	IV
XII	3,24	1,08	0,02	0,004	7,70	0,04	0,03	1,75	0,67	0,11	0,41	5,91	0,13	85	4,76	31,7	19,9	3,20	3,25	SO_4-HCO_3-Ca	IV
I	3,86	1,29	0,01	0,002	7,05	0,04	0,03	1,77	1,12	0,45	1,20	5,79	0,10	50	4,64	31,6	21,3	1,44	3,15	SO_4-HCO_3-Ca	IV
II	3,94	1,31	0,01	0,003	7,55	0,06	0,04	2,60	1,20	0,54	0,46	7,82	0,12	25	4,63	33,6	24,2	3,03	3,40	SO_4-HCO_3-Cl-Ca	IV
III	2,64	0,88	0,02	0,004	6,20	0,07	0,05	0,76	0,82	0,11	0,27	6,57	0,12	35	4,65	28,7	17,5	2,14	3,45	SO_4-HCO_3-Ca	IV
IV	1,77	0,59	0,01	0,002	5,05	0,13	0,10	0,54	0,86	0,15	0,37	5,92	0,15	50	4,69	26,7	14,9	2,10	4,40	SO_4-HCO_3-Ca	IV
V	1,06	0,35	0,03	0,006	6,45	0,25	0,19	0,79	0,69	0,21	0,34	6,31	0,16	70	4,75	34,8	16,2	0,95	4,75	SO_4-HCO_3-Ca	IV
VI	1,70	0,57	0,01	0,003	3,30	0,21	0,16	0,44	0,50	0,15	0,31	4,16	0,25	95	4,63	35,2	10,9	1,63	4,85	SO_4-HCO_3-Ca	IV
VII	4,65	1,55	0,01	0,002	6,70	0,38	0,29	1,03	0,53	0,17	0,66	8,99	0,26	95	4,69	51,2	23,2	2,53	4,25	SO_4-HCO_3-Ca	IV
VIII	6,31	2,10	0,01	0,003	15,20	0,27	0,21	0,74	0,28	0,14	0,48	6,79	0,13	70	4,90	50,2	30,4	1,80	4,00	SO_4-HCO_3-Ca	IV
IX	36,58	12,19	0,10	0,022	6,20	1,80	1,40	2,47	1,04	0,59	1,06	14,55	0,47	180	5,22	137,8	64,6	1,60	3,80	SO_4-Ca	IV
X	35,07	11,69	0,00	0,000	1,20	0,01	0,01	1,23	0,61	0,16	1,09	14,07	0,11	230	4,35	104,6	53,5	3,04	3,60	SO_4-Ca	IV

Tab. 3.8.19. Średnia roczna charakterystyka składu chemicznego i cech fizykochemicznych wód podziemnych ujmowanych w piezometrach w latach 2012 – 2015

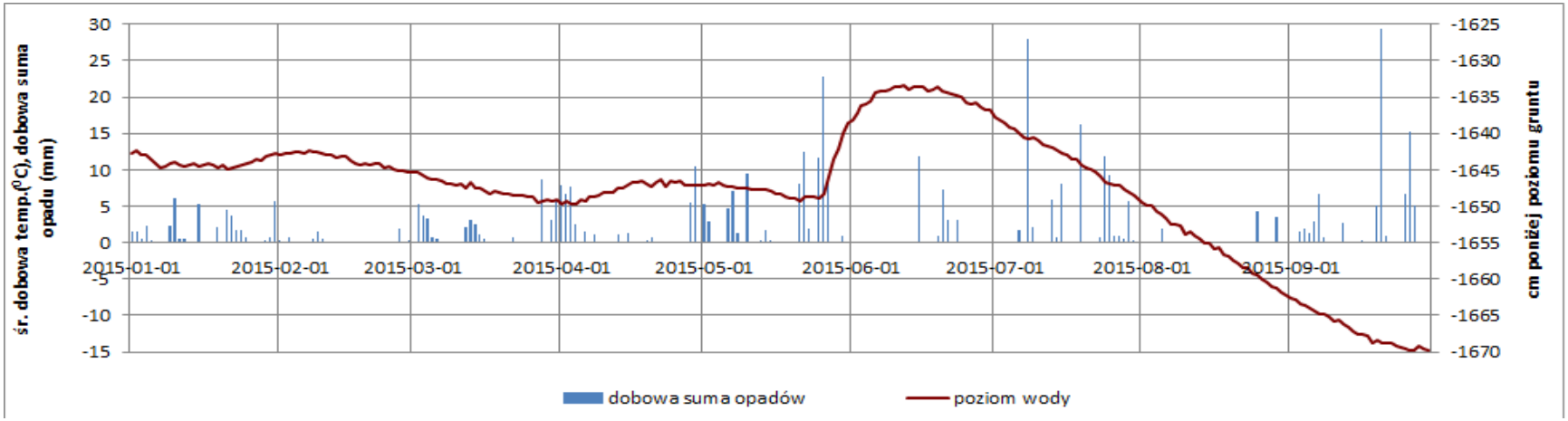
	ROK	poziom	SO_4	NO_3	HCO_3	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	$P_{og.}$	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2
		cm p.p.t.	mg/dm3									µg/dm^3	[-]	mS/m	mg/dm^3	
P1	2012	-1604	28,34	0,82	188,5	0,02	6,53	2,47	0,92	1,49	74,77	22,12	7,36	36,56	304	2,9
	2013	-1559	32,09	0,34	187,57	0,09	6,82	2,95	1,25	1,36	71,1	34,81	7,55	35,49	304	1,0
	2014	-1594	28,19	0,56	187,78	0,18	7,82	2,89	1,16	1,2	75,42	47,26	7,49	34,92	315	0,9
	2015	**-1650**	**28,27**	**0,57**	**186,3**	**0,17**	**5,91**	**2,42**	**0,96**	**1,21**	**71,1**	**16,07**	**7,51**	**36,46**	**297**	**1,2**
	średnia	-1602	29,22	0,57	187,54	0,12	6,77	2,68	1,07	1,32	73,10	30,07	7,48	35,86	305	1,5

	ROK	poziom	SO_4	NO_3	HCO_3	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	Al.	$P_{og.}$	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2
		cm p.p.t.	mg/dm3									µg/dm^3	µg/dm^3	[-]	mS/m	mg/dm^3	
P2	2012	-96	35,18	0,25	9,72	0,05	2,96	2,61	1,57	2,04	9,93		34,81	5,41	10,11	64	4,5
	2013	-86	30,93	0,08	8,25	0,10	4,11	2,55	1,53	1,71	6,76		6,80	5,11	8,05	56	1,9
	2014	-88	25,55	0,04	7,44	0,11	4,27	2,31	1,41	1,54	6,94		5,55	5,28	7,67	50	0,9
	2015	**< -120**	**34,64**	**0,04**	**4,75**	**0,06**	**5,07**	**2,46**	**1,52**	**2,45**	**10,02**	**73,3**	**3,08**	**5,41**	**10,15**	**51**	**2,3**
	średnia	< -98	31,58	0,10	7,54	0,08	4,10	2,48	1,51	1,94	8,41	73,3	12,56	5,30	9,00	55	2,4

	ROK	poziom	SO_4	NO_3	HCO_3	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	Al.	$P_{og.}$	pH	Cond	Miner. ogólna	O_2
		cm p.p.t.	mg/dm3									µg/dm^3	µg/dm^3	[-]	mS/m	mg/dm^3	
P3	2012	8	4,30	0,36	12,10	0,31	3,44	1,02	1,98	0,55	7,35		184	5,06	5,30	31	1,2
	2013	11	5,71	0,07	3,13	0,18	1,83	0,84	0,54	0,53	4,93		430	4,45	4,79	18	4,2
	2014	16	0,65	0,02	4,17	0,10	2,41	0,90	0,50	0,30	5,29		150	4,81	3,54	14	0,6
	2015	**< -15**	**8,57**	**0,02**	**6,01**	**0,28**	**1,46**	**0,79**	**0,27**	**0,59**	**7,73**	**89**	**179**	**4,70**	**5,02**	**26**	**2,1**
	średnia	< 5	4,81	0,12	6,35	0,22	2,29	0,89	0,82	0,49	6,33	89	236	4,76	4,66	22	2,0



Ryc. 3.8.5. Wahania zwierciadła wód czwartorzędowych na tle dobowych sum opadów atmosferycznych



Ryc. 3.8.6. Wahania zwierciadła wód kredowych na tle dobowych sum opadów atmosferycznych

3.9. CHEMIZM OPADU ORGANICZNEGO – G2

Badania monitoringowe opadu organicznego prowadzone były w roku hydrologicznym 2015/2016 w zlewni rzeki Świerszcz reprezentatywnej na dwóch powierzchniach leśnych: w drzewostanie jodłowym i drzewostanie bukowym.

Opad organiczny w każdej z dwóch wyznaczonych powierzchni zbierany był za pomocą 15 chwytaczy testowych o łącznej powierzchni wynoszącej 1,06 m^2, w cyklu miesięcznym.

Zebrane próbki opadu dzielone były na frakcje:

1. liście, drzewostan bukowy,
2. owoce, drzewostan bukowy,
3. pozostałe, drzewostan bukowy,
4. liście, drzewostan jodłowy,
5. owoce, drzewostan jodłowy,
6. pozostałe, drzewostan jodłowy.

Wszystkie próby suszono w temperaturze 65°C przez 4 godziny i ważono w rozbiciu na frakcje.

Próby z poszczególnych miesięcy zostały następnie połączone, zhomogenizowane i zmielone (frakcje „owoce” i „pozostałe” zostały potraktowane łącznie). W tak przygotowanym materiale oznaczono zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego, fosforu ogólnego oraz wapnia, magnezu, sodu i potasu (Tab. 3.9.1.).

Tab. 3.9.1. Wartości opadu organicznego (masa sucha) [g/m2] w 2016 roku hydrologicznym na tle okresu 2012-2015

Miesiące	Buczyna 2016				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
XI		85,98	5,80	0,35	92,13
XII		1,13	6,74	2,72	10,59
I		0,42	0	1,65	2,07
II		0,08	0,65	0,33	1,06
III		0,17	0,96	0,71	1,84
IV		0,06	0,95	3,62	4,63
V		1,51	4,26	24,41	30,18
VI		7,85	3,58	11,84	23,27
VII		5,17	0,89	12,87	18,93
VIII		5,17	2,42	1,98	9,57
IX		5,96	7,18	0,94	14,08
X		189,00	12,69	2,46	204,15
Suma materii organicznej		302,50	46,12	63,88	412,50
Miesiące	Buczyna - wielolecie (2012-2015)				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
XI		68,17	4,38	1,52	74,07
XII		1,92	5,82	0,61	8,34
I		0,42	1,95	4,23	6,60
II		0,60	0,85	1,90	3,35
III		0,31	1,42	1,41	3,14
IV		1,45	0,75	14,80	16,99
V		2,25	3,93	29,76	35,94
VI		3,27	0,84	2,70	6,81
VII		4,10	0,66	5,62	10,37
VIII		6,95	0,85	7,37	15,17
IX		25,61	26,42	3,77	55,81
X		401,50	16,33	0,83	418,66
Suma materii organicznej		516,55	64,19	74,50	655,24
Miesiące	Jedlina 2016				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
XI	18,77		15,82	6,17	40,76
XII	16,68		5,8	7,46	29,94
I	11,49		2,08	2,60	16,17
II	28,85		3,90	7,78	35,53
III	3,23		0,81	3,40	7,44
IV	7,23		1,92	8,12	17,27
V	4,38		0,60	16,04	21,02
VI	8,68		0,80	34,85	44,33
VII	18,63		0,84	25,45	43,92
VIII	22,00		0,26	3,98	26,24

IX	14,01		0,05	3,30	17,36
X	33,76		0,08	16,78	50,62
Suma materii organicznej	182,71		32,96	135,93	350,60
Miesiące	Jedlina - wielolecie (2012-2015)				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
XI	25,11		5,01	3,42	33,53
XII	11,66		3,74	10,71	26,11
I	8,55		1,18	8,75	18,47
II	6,28		0,74	4,11	11,13
III	12,27		1,14	7,49	20,89
IV	12,77		0,59	9,81	23,17
V	8,99		0,55	11,32	20,86
VI	6,81		0,44	12,11	19,37
VII	21,28		0,33	16,83	38,43
VIII	32,03		0,22	8,09	40,33
IX	20,11		12,60	13,52	46,22
X	18,68		20,49	3,58	42,74
Suma materii organicznej	184,51		47,00	109,72	341,23

Całkowita dostawa materiału była wyższa w drzewostanie liściastym, gdzie większość zebranej masy stanowiły organy asymilacyjne. Udział owoców w ogólnej sumie opadu był wyższy niż w roku 2012 i 2015 ale niższy niż w roku 2013 (rok urodzaju nasion jodły i buka) i 2014. Największa dostawa materiału organicznego dla buczyny wystąpiła w październiku i stanowiła 73% ogólnej sumy opadu. W przypadku drzewostanu iglastego dostawa materiału wykazywała mniejsze zróżnicowanie i stanowiła 52%. Maksymalne wartości notowano w listopadzie, czerwcu, lipcu i październiku (tab. 3.9.1.).

Tab. 3.9.2. Roczne stężenie pierwiastków docierających do gleby z opadem organicznym drzewostanie bukowym [g/kg suchej masy]

Buk

Parametr	2016				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
całk. węgiel org. Corg		372,7		389,6	377,20
azot ogólny Nogól.		6,2		4,02	5,61
fosfor ogólny Pogól.		3,83		2,24	3,40
potas K		2,47		1,90	2,31
Parametr	Wielolecie (2012-2015)				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
całk. węgiel org. Corg		477,93		457,87	473,99
azot ogólny Nogól.		9,40		9,11	9,42
fosfor ogólny Pogól.		4,97		4,47	4,86
potas K		5,22		4,39	5,00

Jodła

Parametr	2016				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
całk. węgiel org. Corg	479,4			481,3	481,68
azot ogólny Nogól.	7,15			7,8	7,48
fosfor ogólny Pogól.	3,12			3,24	3,18
potas K	2,33			1,56	1,96
Parametr	Wielolecie (2012-2015)				
	organy asymilacyjne igły	organy asymilacyjne liście	owoce	pozostałe	suma materii organicznej
całk. węgiel org. Corg	499,25			499,61	499,23
azot ogólny Nogól.	9,01			12,16	10,51
fosfor ogólny Pogól.	3,41			1,49	2,56
potas K	2,68			2,42	3,13

Tab. 3.9.3. Porównanie wielkości frakcji opadu organicznego (masa sucha) [g/m^2] w kolejnych latach

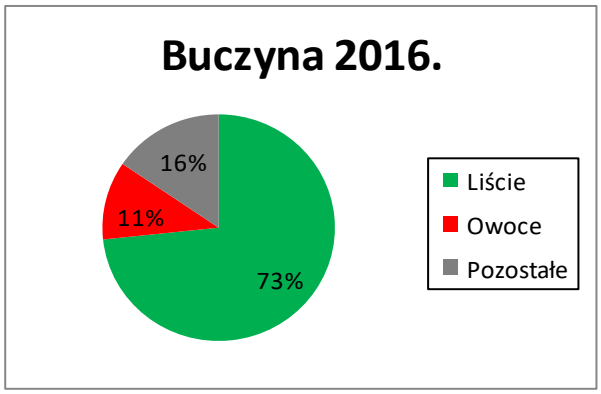
		BUCZYNA				JEDLINA			
ROK HYD.	Jed-nos-tka	Organy asymilac.	Owoce	Pozostałe	Suma mat. org	Organy asymilac.	Owoce	Pozostałe	Suma mat. org
2012	g/m^2	568	12	76	656	257	3	92	352
	%	86,6	1,8	11,6	100	73,0	0,9	26,1	100
2013	g/m^2	887	138	65	1090	145	103	103	351
	%	81,4	12,7	5,9	100	41,3	29,3	29,3	100
2014	g/m^2	281	67	83	431	168	52	113	333
	%	65,2	15,5	19,3	100	50,5	15,6	33,9	100
2015	g/m^2	331	40	73	444	167	30	131	328
	%	74,6	9	16,4	100	51	9,1	39,9	100

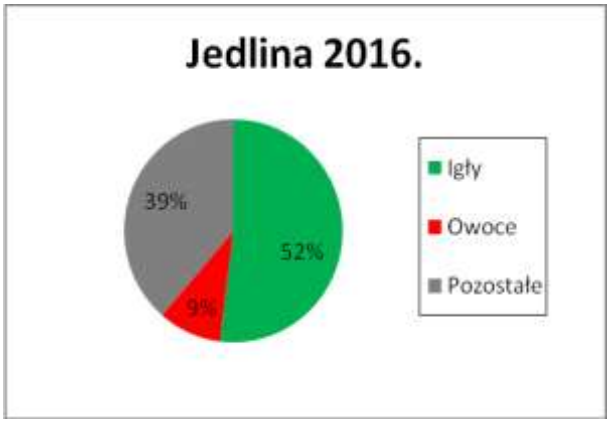
2016	g/m^2	**303**	**46**	**64**	**413**	**183**	**33**	**136**	**352**
	%	73,3	11,2	15,5	100	52,0	9,4	38,7	100
średnia	g/m^2	474	61	72	607	184	44	115	1716

Tab. 3.9.4. Całkowity roczny ładunek pierwiastków docierających do gleby z opadem organicznym [kg/ha/rok suchej masy]

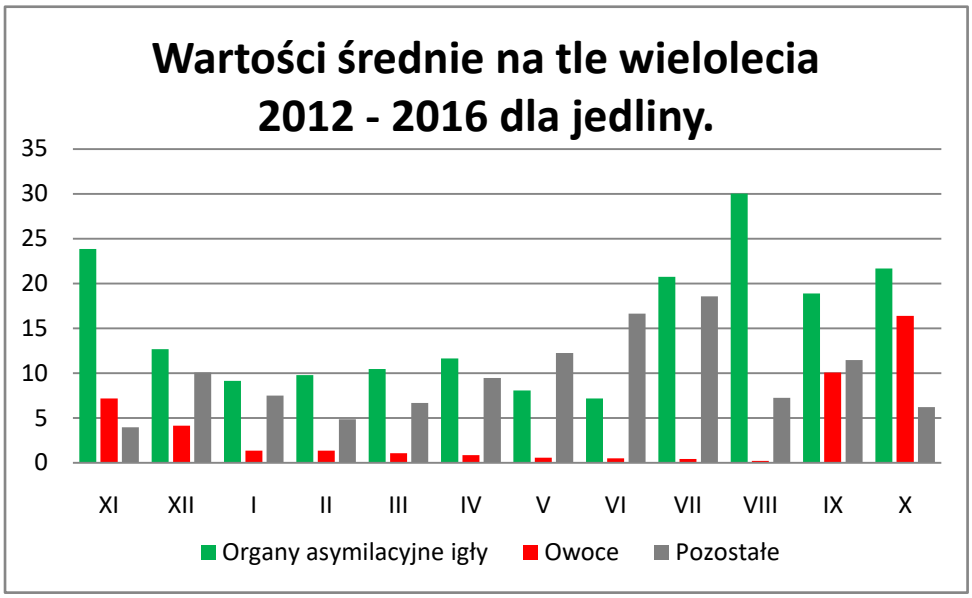
Parametr	2016 - Buczyna	
	kg•ha^{-1}·rok^{-1}s.m.	Suma materii organicznej
całkowity węgiel organiczny Corg	1546,52	377,20
azot ogólny Nogól.	23,00	5,61
fosfor ogólny Pogól.	13,9	3,40
potas K	9,4	2,31
Parametr	Wielolecie (2012-2015) - Buczyna	
	kg•ha^{-1}·rok^{-1}s.m.	suma materii organicznej
całkowity węgiel organiczny Corg	2688,65	
azot ogólny Nogól.	70,65	
fosfor ogólny Pogól.	14,02	
potas K	34,07	

Parametr	2016 - Jedlina	
	kg•ha^{-1}·rok^{-1}s.m.	Suma materii organicznej
całkowity węgiel organiczny Corg	1685,88	481,68
azot ogólny Nogól.	26,18	7,48
fosfor ogólny Pogól.	11,13	3,18
potas K	6,86	1,96
Parametr	Wielolecie (2012-2015) - Jedlina	
	kg•ha^{-1}·rok^{-1}s.m.	suma materii organicznej
całkowity węgiel organiczny Corg	2109,37	
azot ogólny Nogól.	42,56	
fosfor ogólny Pogól.	9,92	
potas K	9,77	

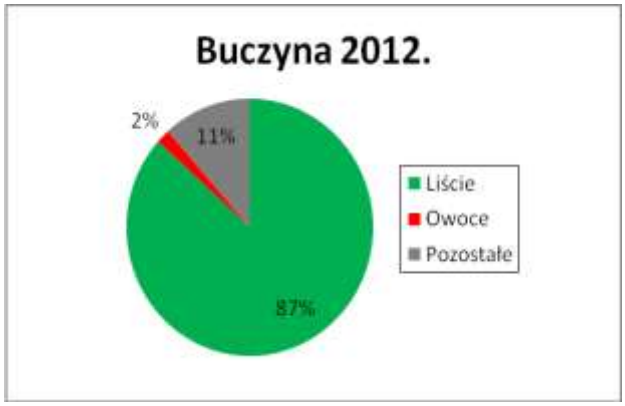


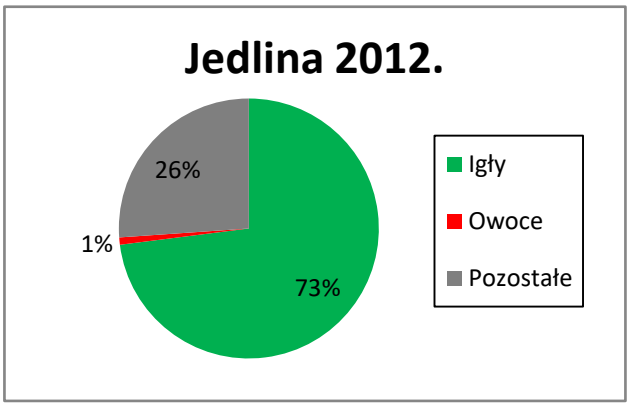


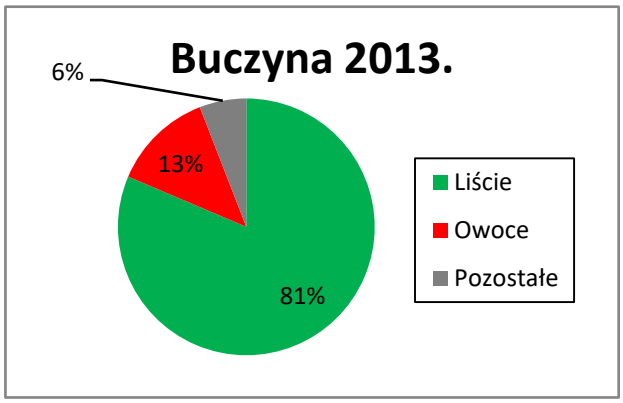
Ryc. 3.9.1. Udział procentowy poszczególnych frakcji w rocznym suchym opadzie organicznym w 2016 roku

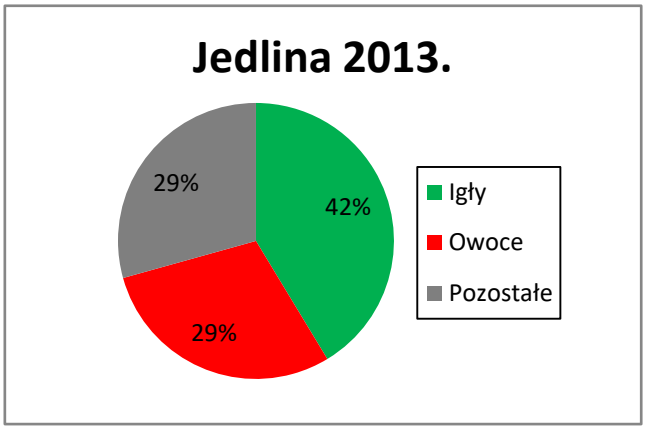


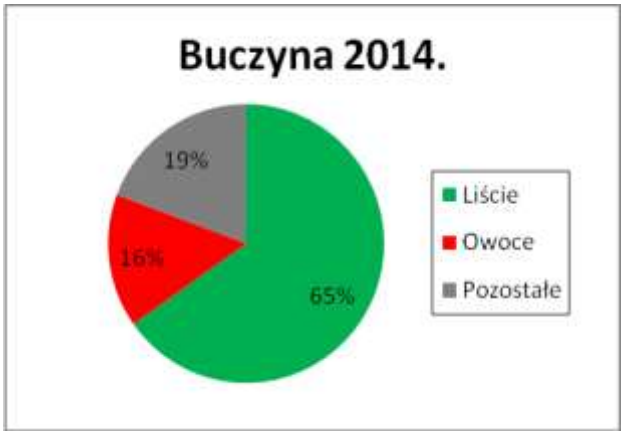
Ryc. 3.9.2. Dynamika suchego opadu organicznego w latach 2012-2016 (wartości średnie)

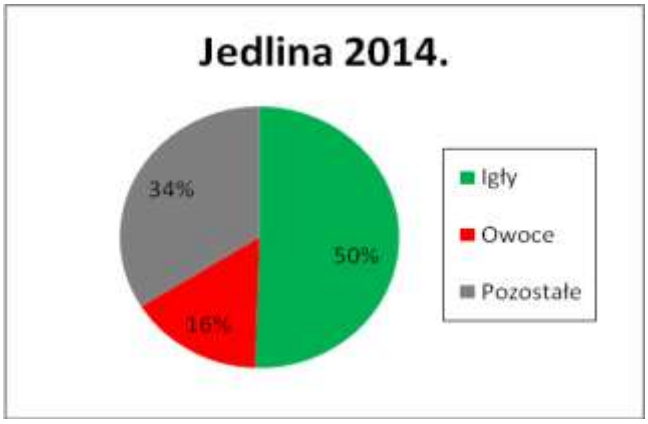


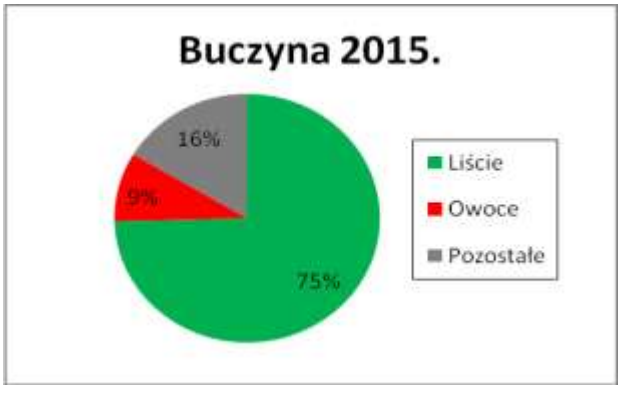


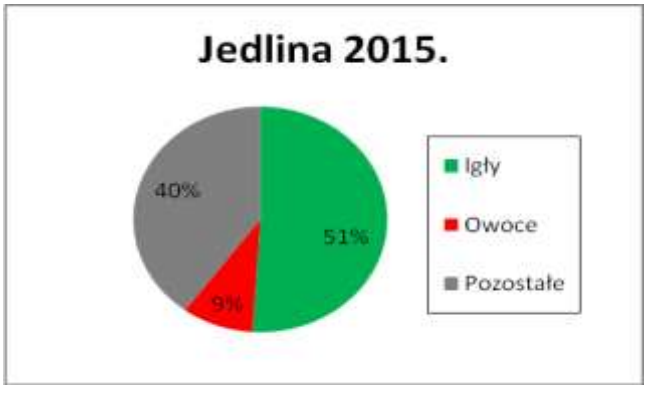












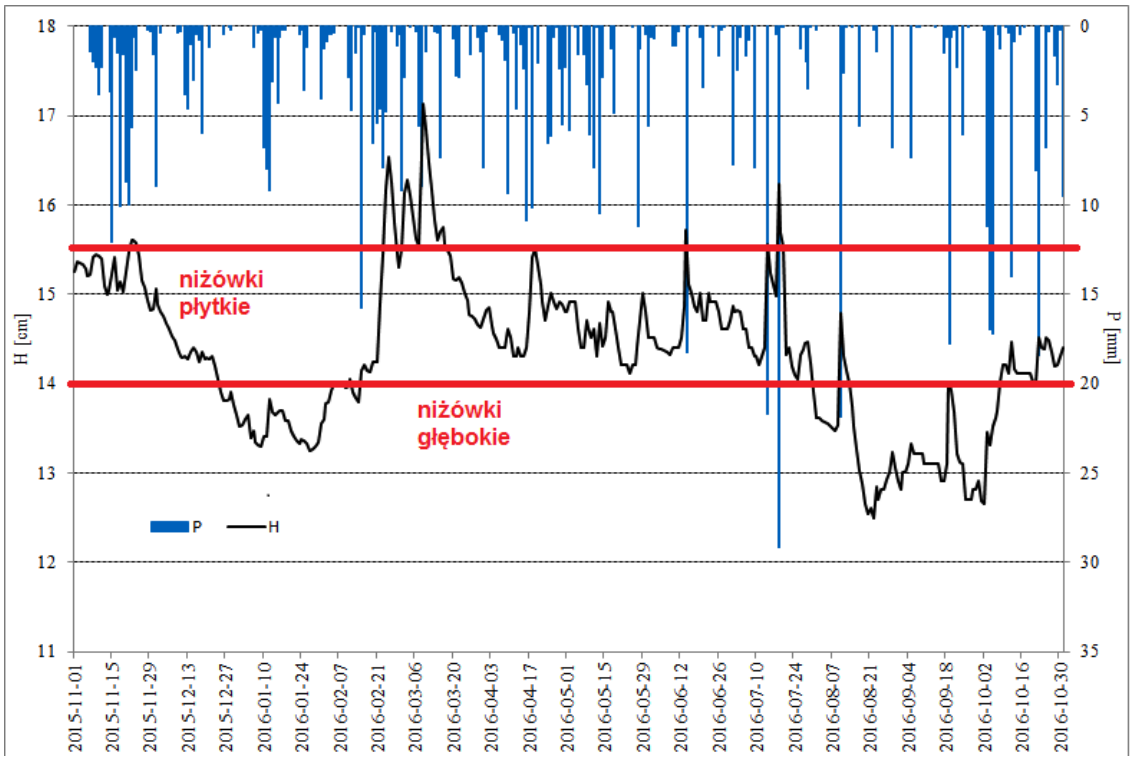
Ryc. 3.9.3. Udział procentowy poszczególnych frakcji w rocznym opadzie organicznym w latach 2012 - 2015

3.10.WODY POWIERZCHNIOWE – RZEKI – H1

Odpływ wody ze zlewni reprezentatywnej Świerszcza w 2016 r.

W roku hydrologicznym 2016 kontynuowano obserwacje hydrologiczne rzeki Świerszcz, w ramach badań zlewni reprezentatywnej SB ZMŚP Roztocze. Ocenę wielkości zasobów wodnych dorzecza Świerszcza oparto na podstawie obserwacji i pomiarów prowadzonych w profilu wodowskazowym Malowany Most.

W dnie koryta rzeki Świerszcz profil Malowany Most, zamykającym zlewnię o powierzchni 18,15 km^2, zainstalowano przepływomierz typu 750 AV firmy Teledyne Isco z automatem do poboru prób 6712. Przepływomierz do obliczania wartości przepływu wykorzystuje wysokość napełnienia kanału w oparciu o pomiar ciśnienia hydrostatycznego i prędkości średniej strumienia wody liczoną metodą rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w efekcie Dopplera. Mierzone przez sondę AV chwilowe wartości napełnienia i średniej prędkość strumienia są następnie wykorzystywane przez wewnętrzny układ miernika ISCO do obliczenia chwilowego natężenia przepływu (Q). W badaniach wykonanych w korycie rzeki Świerszcz do obliczania natężenia przepływu wykorzystano metodę „prędkość x powierzchnia" w kanale prostokątnym o szerokości dna równej 2,4 m. Obserwacje prowadzone były w godzinowym kroku czasowym z 10 minutowym czasem uśredniania. Średnie dobowe przepływy obliczano na podstawie średniej arytmetyczne z wartości średnich godzinowych i aktualnej krzywej przepływu.



Ryc. 3.10.1. Wykres przebiegu zmienności czasowej średnich dobowych wartości stanów wody (w cm) na tle sum dobowych opadów atmosferycznych (w mm) w roku hydrologicznym 2016.

W analizowanym roku hydrologicznym 2016 suma opadów atmosferycznych wyniosła 736,8 mm i była o 43 mm wyższa od średniej z wielolecia 2012-2016. Przebieg krzywej stanów wody nawiązuje do wielkości opadów atmosferycznych oraz czasu ich wystąpienia. W półroczu zimowym

2016 w przekroju Malowany Most najniższe stany wody obserwowano w styczniu. Stan średni wyniósł w tym miesiącu 14 cm (ryc. 3.10.1.). Zwiększone zasilanie atmosferyczne oraz tajanie pokrywy śnieżnej w lutym i marcu spowodowało nieznaczne podniesienie stanów. Średni stan wody podniósł się o 1 cm. Najwyższą wartość 17 cm zarejestrowano w dniu 9 marca po wystąpieniu serii większych opadów. Od końca półrocza zimowego do końca lipca stany wód utrzymywał się na poziomie 15cm. W kolejnych miesiącach obserwowano spadek stanów wody trwający do końca września osiągając swoje minimalne wartości pod koniec sierpnia (12,5 cm). Sprzyjały temu wyraźnie niższe sumy opadów oraz długotrwały okres z dniami o średniej temperaturze powietrza powyżej 20°C. Pod koniec półrocza letniego, po znacznych opadach w październiku stany wód podniosły się.

Należy zwrócić uwagę, że stany wód Świerszcza w przekroju Malowany Most w 2016 roku były wyrównane, a amplitudy ich wahań w poszczególnych miesiącach były nieznaczne i nie przekraczały kilku centymetrów (ryc. 3.10.1.)

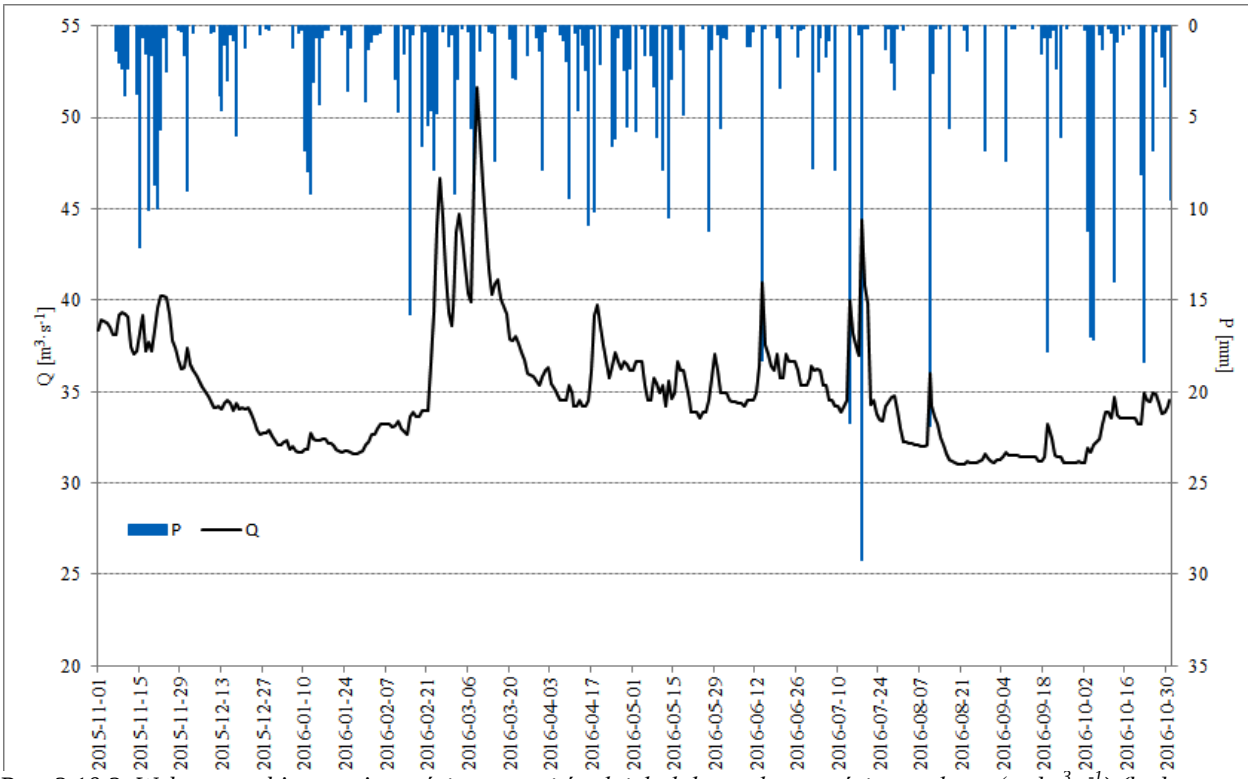
Wykorzystując zestawienie charakterystycznych stanów wody i przyjmując granice wezbrań i niżówek za E. Bajkiewicz-Grabowską i Z. Mikulskim (2006), można stwierdzić, że w 2016 roku dominowały niżówki płytkie, wystąpiły dwie niżówki głębokie, a wezbrań nie odnotowano.

Tab. 3.10.1. Charakterystyczne stany wody w cm w profilu wodowskazowym Malowany Most.

Stany charakterystyczne I stopnia (rok hydrologiczny 2016)					
NW		SW		WW	
13		14		17	
Stany charakterystyczne II stopnia (2012 - 2016)					
minimalne		średnie		maksymalne	
NNW	13	SNW	14	WNW	16
NSW	15	SSW	17	WSW	18
NWW	22	SWW	34	WWW	47

Tab. 3.10.2. Charakterystyczne przepływy wody w cm w profilu wodowskazowym Malowany Most

Przepływy charakterystyczne I stopnia (rok hydrologiczny 2016)					
NQ		SQ		WQ	
0,031		0,035		0,52	
Przepływy charakterystyczne II stopnia (2012 - 2016)					
minimalne		średnie		maksymalne	
NNQ	0,031	SNQ	0,035	WNQ	0,052
NSQ	0,043	SSQ	0,063	WSQ	0,235
NWQ	0,056	SWQ	0,095	WWW	0,575



Ryc. 3.10.2. Wykres przebiegu zmienności czasowej średnich dobowych wartości przepływu (w $dm^3 \cdot s^{-1}$) (hydrogram odpływu) na tle sum dobowych opadów atmosferycznych (w mm) w roku hydrologicznym 2016.

Dobowe wartości przepływu Świerszcza w roku hydrologicznym 2016 zostały przedstawione na rycinie 3.10.2. Rzeka stosunkowo słabo reaguje na niskie opady. Przepływy w badanym roku były niskie i wyrównane, z zaznaczeniem tendencji wzrostowej po opadach deszczu w okrasie zimowym i wiosennym. Letnie opady nie powodowały wzrostu przepływu z uwagi na silne przesuszenie gruntu. Cały rok charakteryzował się stabilnymi warunkami zasilania z wyraźnym trendem spadkowym i niewielką zmiennością przepływów. Najwyższy przepływ stwierdzono 09 marca – 0,052 $m^3 \cdot s^{-1}$ po kilkudniowych intensywnych opadach deszczu, a najniższe rzędu 0,031 $m^3 \cdot s^{-1}$ wystąpiły w końcu sierpnia i w połowie września pod koniec bardzo gorącego i dość suchego lata.

Średni przepływ Świerszcza w profilu Malowany Most w latach 2012-2015 wyniósł 0,063 $m^3 \cdot s^{-1}$ (tab. 3.10.2.), co dopowiada odpływowi jednostkowemu 3,47 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$. Jest to wartość niższa od średniego odpływu jednostkowego dla obszaru Polski (5,5 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$).

Sezonowy rytm odpływu Świerszcza był charakterystyczny dla rzek o zasilaniu śnieżno-deszczowym. Najwyższe średnie miesięczne przepływy rejestrowane były od marca do czerwca, a najniższe w sierpniu, wrześniu (ryc. 3.10.2.). Zebrany materiał hydrometryczny wskazuje na znaczne wyrównanie średnich przepływów miesięcznych na niskim poziomie mimo znacznych opadów. Powodem tego stanu była całkowita retencja wód opadowych w górnej części zlewni, w stawach bobrowych.

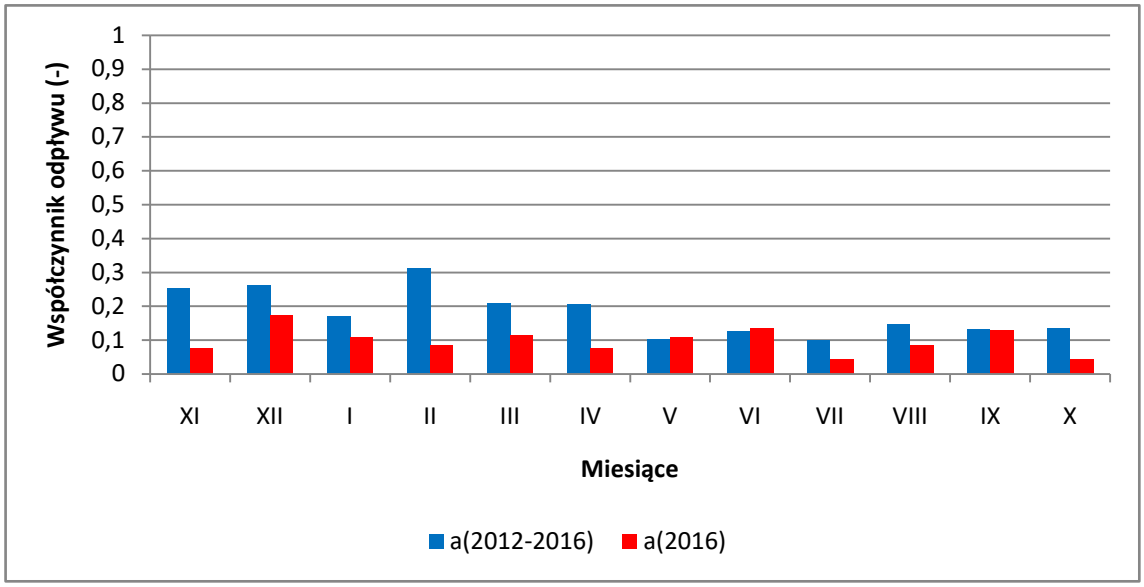
Tab. 3.10.3. Miesięczne wysokości warstwy opadu i odpływu [mm], średnie wartości współczynnika odpływu [-] i odpływu jednostkowego oraz ekstremalne dobowe odpływy jednostkowe [$dm^{-3} \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$] w 2016 roku hydrologicznym

Miesiąc	Opad atmosferyczny	Odpływ	Współczynnik odpływu	Średni miesięczny odpływ jednostkowy	Maksymalny dobowy odpływ jednostkowy	Minimalny dobowy odpływ jednostkowy
	[mm]		[-]	[$dm^3\ s^{-1}\ km^{-2}$]		
XI	72,6	5,5	0,08	2,11	2,22	2,00
XII	29,0	5,1	0,17	1,89	2,06	1,78
I	44,3	4,7	0,11	1,76	1,80	1,74
II	57,0	4,7	0,08	1,95	2,57	1,78
III	51,8	6,0	0,12	2,23	2,84	1,95
IV	67,6	5,1	0,08	1,98	2,19	1,88
V	48,3	5,2	0,11	1,94	2,04	1,85
VI	38,0	5,1	0,13	1,97	2,26	1,89
VII	120,4	5,3	0,04	1,97	2,45	1,82
VIII	56,1	4,7	0,08	1,76	1,99	1,71
IX	34,7	4,5	0,13	1,74	1,83	1,71
X	117,0	4,9	0,04	1,84	1,93	1,71
Półrocze zimowe	322,3	31,1	0,10	1,99	2,84	1,74
Półrocze letnie	414,5	29,7	0,07	1,87	2,45	1,71
Rok hydrologiczny	736,8	60,8	0,08	1,93	2,84	1,71

Obliczone wartości miesięczne współczynnika odpływu zlewni Świerszcza w roku hydrologicznym 2016 wykazuje niewielką czasową i sezonową zmienność. Małe zróżnicowanie wielkości wskaźnika odpływu zawierającego się w przedziale od 4,5 mm do 6,0 mm wskazuje na decydującą rolę wielkości zasilania atmosferycznego w kształtowaniu się wielkości współczynnika odpływu. Największą wartość – 0,17 współczynnik osiągnął w miesiącu grudniu, który charakteryzował się najniższą sumą opadów – 29 mm. Najniższe wartości obliczono dla lipca i października. W tych miesiącach sumy opadów były najwyższe, znacznie przewyższające wartości dla pozostałych miesięcy.

Ocena wielkości zasobów wodnych możliwa jest między innymi na podstawie analizy jednostkowych zasobów wodnych terenu. W tabeli 3.10.3. zestawiono średnie, maksymalne i minimalne odpływy jednostkowe zlewni Świerszcza. W poszczególnych miesiącach układ wartości odpływu jednostkowego był mało zróżnicowany. Wartości średniego odpływu jednostkowego półrocza zimowego są wyższe od otrzymanych dla miesięcy letnich. Bardzo niskie wartości poniżej 2 $dm^3\ s^{-1}\ km^{-2}$ utrzymywały się przez większą część roku. Wyższe odpływy jednostkowe wystąpiły tylko w listopadzie i marcu.

Opady półrocza zimowego stanowiły 44 % rocznej sumy opadów, półrocza letniego 56 %. Odpływ półrocza zimowego był nieco większy i stanowił 51 % odpływu rocznego, na półrocze letnie przypadało 49 %.

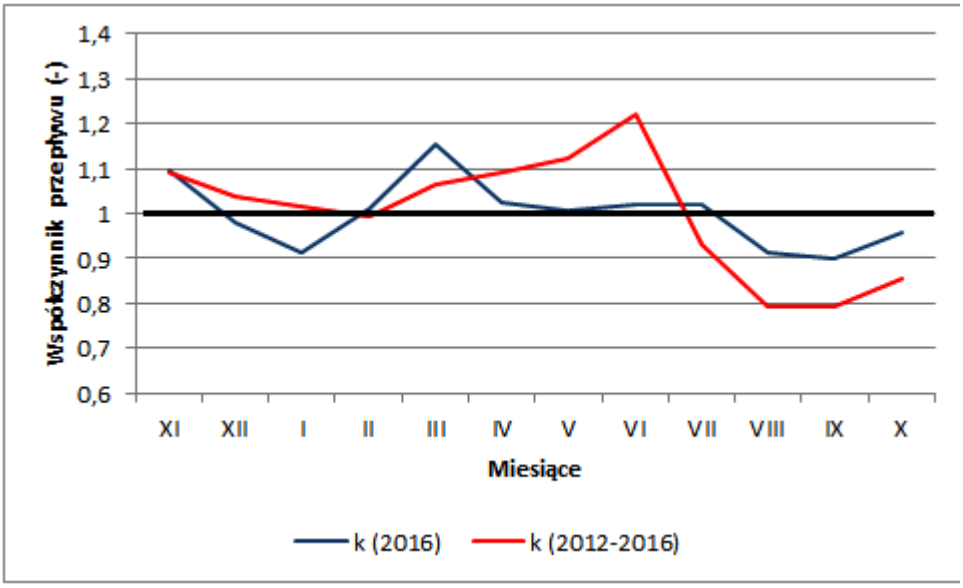


Ryc. 3.10.3. Wykres zmienności czasowej miesięcznej wartości współczynnika odpływu [-] w roku hydrologicznym 2015 na tle średnich miesięcznych wartości współczynnika odpływu z wielolecia 2012-2016.

Krótki pięcioletni okres obserwacji hydrologicznych bardzo utrudnia pogłębioną analizę zmienności parametru miesięcznych wartości współczynnika odpływu (ryc. 3.10.3.). Uwidacznia się to zwłaszcza w listopadzie w którym na bardzo wysoką wartość współczynnika z wielolecia 2012-2016, była sytuacja braku opadów w listopadzie 2011 roku (zaledwie 1,1 mm) co spowodowało że jego miesięczna wartość osiągnęła 7,63. W konsekwencji wartości współczynnika odpływu w listopadzie 2015 jest kilkukrotnie mniejsza od średniej z wielolecia. Duże zróżnicowanie wartości współczynnika obserwuje się ponadto w lutym i październiku. W tych miesiącach wartości z wielolecia są znacznie wyższe od otrzymanych w roku 2016 (wystąpiły wyjątkowo wysokie opady).

Tab.3.10.4. Roczne wysokości warstwy opadów atmosferycznych i odpływu oraz wartości współczynnika odpływu dla lat obserwacji (2012 - 2016).

Rok	Opad atmosferyczny	Odpływ	Współczynnik odpływu
	[mm]		[-]
2012	645,1	121,8	0,19
2013	761,1	165,5	0,22
2014	702,3	119,9	0,17
2015	561,2	76,9	0,14
2016	736,8	60,8	0,08



Ryc. 3.10.4. Wykres zmienności czasowej współczynników miesięcznych przepływu w roku hydrologicznym 2016 na tle zmienności czasowej wartości współczynników miesięcznych przepływu z wielolecia 2012-2016.

Stan jakościowy wód rzeki Świerszcz

Na podstawie wykonanych pomiarów stwierdzono, że średnia roczna temperatura wody wyniosła 8,3°C. Była równa wartości z dwu lat poprzednich i wyższa odpowiednio o 0,1°C i o 0,6°C od średniej z lat 2012 i 2013.

W roku hydrologicznym 2015 średni ważony odczyn wody rzeki Świerszcz w profilu Malowany Most wyniósł 7,78, przy zmienności w zakresie 7,59-7,93 (Tab. 3.10.5.) i był znacznie wyższy od średniej z lat poprzednich. Zmiany wartości pH oraz w większym stopniu zmiany poziomu rozpuszczonych związków chemicznych, określone poprzez przewodność elektrolityczną właściwą, uwarunkowane były zasobnością wodną rzeki. W roku 2016 dominowały niskie przepływy, a wezbrania były niewielkie i krótkotrwałe. Średnia ważona wartość COND wyniosła 28,7 mS/m i była wyraźnie wyższa od wartości z lat poprzednich, a zakres zmienności był w przedziale 26,4 - 30,3 mS/m. Mineralizacja wody obliczona jako suma jonów była najwyższa z ostatniego pięciolecia (średnia ważona 231 mg/dm^3), a zakres zmian zawierał się w niewielkim przedziale 216,6-246,5 mg/dm^3.

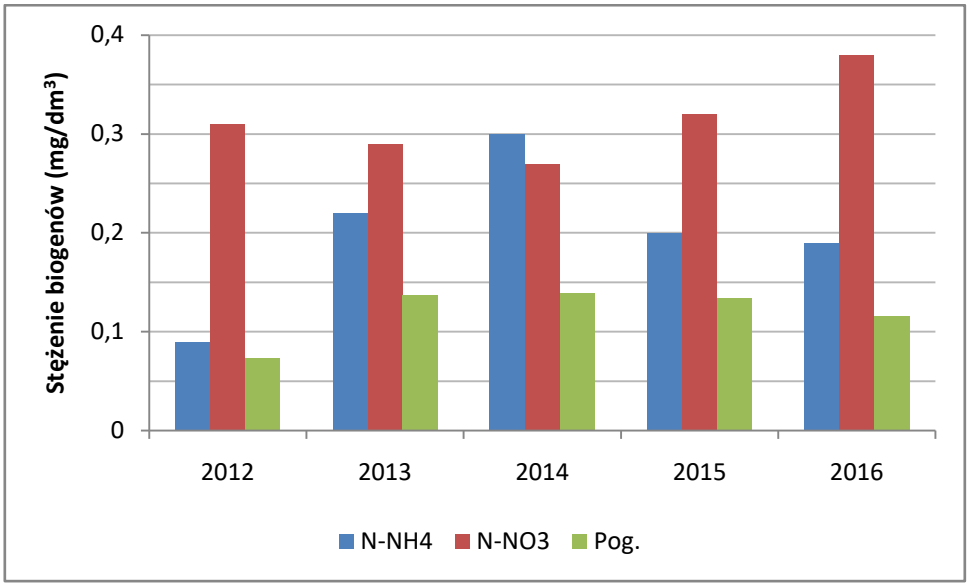
Wody rzeki Świerszcz były typu HCO_3-Ca, jony te stanowiły ponad 80% sumy jonów wyrażonych w formie wagowej. Pozostałe jony poza jonem siarczanowym występowały zatem w niskich stężeniach. W wodach rzecznych zawartość azotu mineralnego ($N\text{-}NO_3$+$N\text{-}NH_4$) wynosiła średnio 0,57 mg/dm^3. Forma azotanowa stanowiła około 67% zawartości azotu mineralnego. Średnia zawartość fosforu ogólnego wyniosła 0,116 mg/dm^3. Zarówno w przypadku azotu i fosforu ogólnego, niskie wartości oraz zmiany stężeń i odprowadzonych ładunków związane były z niewielkim rytmem wezbraniowym i wielkością spływu powierzchniowego w zlewni.

W ogólnym ładunku odprowadzonych jonów ze zlewni Świerszcza dominowały produkty dysocjacji minerałów węglanów: HCO_3 i Ca, które stanowiły ponad 90% łącznej ilości wynoszonych jonów. W stosunku do okresu 2012-2015 nastąpił wyraźny spadek ładunku wszystkich odprowadzonych składników (tab. 3.10.6.). Wynikało to głównie z najniższego odpływu rocznego.

Na podstawie klasyfikacji zawartej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21.07.2016 r., większość badanych wskaźników fizyczno-chemicznych wód cieku Świerszcz odpowiadała I klasie jakości. Przy założeniu, że „Świerszcz" należy do kategorii wód – potok wyżynny węglanowy z substratem drobnoziarnistym - należy go zaliczyć do II klasy jakość wód, z uwagi na wysoką zawartość węglanów i wapnia. Zaznaczyć trzeba, że pod względem przyrodniczym wody te nie były poddane istotnej presji antropogenicznej wynikającej z działalności człowieka.

Poprawność wykonanych analiz chemicznych określono na podstawie bilansu jonowego w 52 próbkach tygodniowych (zastosowano kryterium wg PN-89/C-04638/02): dopuszczalny błąd analizy do 5% - 25 badanych próbek; przekroczony błąd analizy powyżej 5% - 27 próbek.

Z bilansu jonowego wynika, że w wykonanych 52 analizach próbek wody, suma oznaczanych anionów była niższa w 9 przypadkach od sumy oznaczanych kationów.



Ryc. 3.10.5. Wykres rozkład stężeń biogenów dla dostępnych lat obserwacji (N-NO3, N-NH4, Pog.).

Tab. 3.10.5. Właściwości fizyczno-chemiczne wód rzeki Świerszcz w profilu Malowany Most w roku hydrologicznym 2016.

Charakterystyka	S-SO_4	SO_4	N-NO_3	NO_3	HCO_3	$P_{og.}$	Al	N-NH_4	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	pH	Cond	zawiesina	O_2	BZT_5	Temp
	mg/dm^3					µg/dm^3		mg/dm^3							[-]	mS/m	mg/dm^3			[^{0}C]
2016																				
Średnia	7,29	21,88	0,38	1,67	146,22	116	0	0,19	0,24	3,31	2,31	0,97	1,51	52,36	7,78	28,74	13,97	9,6	0,64	8,3
SD	1,02	3,06	0,07	0,29	8,32	23	0	0,15	0,19	0,44	0,16	0,12	0,23	3,00	0,11	1,03	2,31	0,8	0,13	2,9
Min	5,78	17,33	0,25	1,09	134,39	75	0	0,04	0,06	2,69	2,12	0,81	1,18	48,22	7,59	26,56	10,84	8,3	0,47	2,9
Max	8,16	24,49	0,50	2,20	161,44	157	0	0,41	0,53	4,09	2,62	1,19	1,93	57,93	7,93	30,26	19,12	10,8	0,95	12,3
Wielolecie 2012-2015																				
Średnia	5,88	17,64	0,30	1,35	142,09	120	0	0,20	0,26	3,46	2,46	1,27	1,28	50,03	7,60	26,24	16,15	10,29	0,71	7,9
SD	0,78	2,35	0,04	0,18	6,61	28		0,08	0,09	0,41	0,14	0,22	0,19	3,38	0,21	1,70		0,82		0,4
Min	5,23	15,69	0,27	1,2	133,25	73		0,09	0,12	2,78	2,31	0,97	1,13	44,99	7,37	24,93		9,48		7,4

Max	7,29	21,88	0,38	1,67	150,73	139		0,3	0,38	3,82	2,63	1,51	1,51	53,23	7,87	28,74		11,52		8,3

Tab. 3.10.6. Ładunek substancji rozpuszczonych odprowadzany z odpływem rzecznym Świerszcza w profilu malowany Most, w okresie 2012- 2016.

Miesiąc	$S\text{-}SO_4$	SO_4	$N\text{-}NO_3$	NO_3	HCO_3	$P_{og.}$	$N\text{-}NH_4$	NH_4	Cl	Na	K	Mg	Ca	SUS	War. odpływu
	kg/ha														mm
XI	0,43	1,28	0,02	0,09	8,01	0,01	0,00	0,01	0,22	0,14	0,07	0,09	2,82	0,85	5,5
XII	0,41	1,22	0,03	0,11	7,45	0,01	0,00	0,01	0,18	0,13	0,05	0,08	2,64	0,55	5,1
I	0,37	1,12	0,02	0,09	7,08	0,01	0,00	0,00	0,15	0,10	0,04	0,08	2,51	0,54	4,7
II	0,38	1,14	0,02	0,09	6,50	0,01	0,00	0,00	0,16	0,11	0,05	0,07	2,33	0,62	4,7
III	0,49	1,47	0,02	0,11	8,37	0,01	0,00	0,00	0,21	0,13	0,07	0,12	3,00	0,87	6,0
IV	0,41	1,22	0,02	0,08	6,89	0,01	0,02	0,03	0,17	0,11	0,04	0,08	2,47	0,98	5,1
V	0,42	1,25	0,02	0,09	7,11	0,00	0,02	0,03	0,21	0,12	0,05	0,09	2,57	0,83	5,2
VI	0,40	1,19	0,02	0,09	7,62	0,01	0,01	0,02	0,17	0,11	0,04	0,08	2,78	0,58	5,1
VII	0,31	0,93	0,02	0,09	8,51	0,01	0,02	0,02	0,15	0,12	0,05	0,07	3,05	0,70	5,3
VIII	0,29	0,87	0,02	0,07	7,35	0,01	0,01	0,02	0,15	0,12	0,04	0,06	2,63	0,69	4,7
IX	0,26	0,78	0,01	0,06	6,94	0,00	0,01	0,01	0,12	0,10	0,04	0,05	2,49	0,62	4,5
X	0,29	0,86	0,01	0,05	7,33	0,00	0,00	0,00	0,13	0,11	0,04	0,06	2,65	0,69	4,9
2016	**4,44**	**13,33**	**0,23**	**1,02**	**89,15**	**0,07**	**0,12**	**0,15**	**2,02**	**1,41**	**0,59**	**0,92**	**31,92**	**8,51**	**60,8**
XI	0,42	1,26	0,02	0,09	11,02	0,01	0,02	0,03	0,27	0,19	0,08	0,09	3,90	1,21	7,2
XII	0,40	1,20	0,02	0,10	10,60	0,01	0,03	0,03	0,25	0,18	0,08	0,09	3,68	1,07	7,2
I	0,42	1,25	0,02	0,11	11,41	0,02	0,02	0,02	0,29	0,21	0,09	0,10	4,02	1,55	8,4
II	0,34	1,03	0,02	0,09	9,37	0,01	0,02	0,03	0,21	0,15	0,06	0,09	3,31	1,10	6,3
III	0,36	1,09	0,02	0,09	9,51	0,01	0,01	0,01	0,23	0,15	0,09	0,08	3,39	0,99	6,2
IV	0,38	1,14	0,02	0,09	9,93	0,01	0,02	0,02	0,22	0,16	0,07	0,08	3,53	1,28	6,8
V	0,42	1,27	0,03	0,12	11,14	0,01	0,01	0,02	0,29	0,20	0,08	0,09	3,94	1,37	7,2
VI	0,33	0,99	0,02	0,09	8,87	0,01	0,01	0,01	0,19	0,16	0,06	0,07	3,08	1,22	5,8
VII	0,32	0,96	0,02	0,08	8,82	0,01	0,01	0,01	0,18	0,13	0,05	0,08	3,12	0,97	5,6
VIII	0,31	0,92	0,02	0,07	8,04	0,01	0,01	0,01	0,18	0,12	0,04	0,06	2,83	0,94	5,2
IX	0,32	0,95	0,02	0,08	8,03	0,01	0,01	0,01	0,18	0,14	0,05	0,06	2,83	1,03	5,2
X	0,35	1,05	0,02	0,08	9,26	0,01	0,00	0,01	0,19	0,15	0,06	0,07	3,32	1,18	5,9
2015	**4,36**	**13,09**	**0,25**	**1,10**	**115,99**	**0,10**	**0,15**	**0,19**	**2,66**	**1,95**	**0,80**	**0,95**	**40,96**	**13,91**	**76,9**
XI	0,75	2,26	0,04	0,16	21,32	0,023	0,030	0,038	0,65	0,42	0,22	0,18	7,96		16,0
XII	0,60	1,79	0,03	0,13	16,68	0,017	0,025	0,032	0,40	0,28	0,14	0,13	5,94		11,7
I	0,55	1,65	0,03	0,12	14,86	0,014	0,019	0,024	0,35	0,25	0,11	0,12	5,52		10,6
II	0,54	1,62	0,03	0,15	14,03	0,015	0,025	0,032	0,43	0,29	0,15	0,12	4,95		10,4
III	0,53	1,60	0,03	0,12	13,91	0,015	0,025	0,032	0,39	0,31	0,13	0,11	4,86		10,3
IV	0,41	1,22	0,02	0,10	10,91	0,011	0,017	0,022	0,29	0,21	0,10	0,09	3,90		7,9
V	0,63	1,90	0,03	0,15	16,76	0,018	0,027	0,035	0,46	0,33	0,15	0,14	5,97		12,2
VI	0,39	1,17	0,02	0,09	11,38	0,011	0,024	0,031	0,26	0,19	0,09	0,09	4,09		8,3
VII	0,48	1,45	0,03	0,12	13,86	0,013	0,026	0,034	0,34	0,24	0,14	0,13	4,90		9,7
VIII	0,42	1,25	0,02	0,10	11,71	0,009	0,028	0,037	0,31	0,22	0,10	0,10	4,20		7,2
IX	0,41	1,22	0,02	0,10	10,78	0,010	0,038	0,049	0,26	0,18	0,08	0,07	3,81		7,1

X	0,46	1,38	0,02	0,10	11,80	0,009	0,043	0,055	0,31	0,21	0,10	0,08	4,33		7,7
2014	**6,17**	**18,50**	**0,32**	**1,41**	**168,01**	**0,17**	**0,33**	**0,42**	**4,44**	**3,13**	**1,49**	**1,35**	**60,44**		**119,2**
XI	0,60	1,81	0,02	0,09	16,12	0,011	0,020	0,021	0,54	0,28	0,13	0,13	5,40		10,5
XII	0,88	2,63	0,04	0,19	18,57	0,013	0,031	0,036	0,42	0,29	0,17	0,14	6,11		11,5
I	0,83	2,50	0,05	0,20	17,15	0,015	0,022	0,025	0,48	0,29	0,13	0,15	5,93		11,1
II	0,65	1,94	0,03	0,14	13,56	0,011	0,021	0,020	0,35	0,27	0,17	0,13	4,67		9,8
III	0,70	2,11	0,04	0,18	15,91	0,015	0,021	0,024	0,43	0,27	0,14	0,15	5,34		11,2
IV	0,92	2,76	0,05	0,24	16,37	0,023	0,040	0,071	0,60	0,39	0,23	0,17	5,80		17,8
V	0,79	2,36	0,03	0,15	18,66	0,023	0,039	0,066	0,46	0,37	0,36	0,16	6,17		17,0
VI	1,01	3,04	0,02	0,07	20,34	0,050	0,037	0,110	0,95	0,58	0,35	0,20	6,61		29,9
VII	0,74	2,21	0,04	0,16	17,32	0,023	0,030	0,042	0,54	0,34	0,17	0,15	5,52		13,9
VIII	0,74	2,22	0,04	0,18	16,43	0,018	0,041	0,044	0,45	0,30	0,15	0,14	5,54		10,8
IX	0,72	2,15	0,03	0,15	16,28	0,015	0,017	0,019	0,45	0,28	0,11	0,12	5,60		10,7
X	0,77	2,32	0,04	0,16	17,11	0,015	0,019	0,021	0,42	0,29	0,11	0,12	5,95		11,5
2013	**9,35**	**28,05**	**0,44**	**1,93**	**203,81**	**0,23**	0,34	**0,50**	**6,10**	**3,94**	**2,22**	**1,77**	**68,64**		**165,5**
XI	0,37	1,11	0,02	0,09	13,06	0,002	0,006	0,008	0,21	0,22	0,08	0,15	4,81		8,4
XII	0,86	2,58	0,04	0,17	17,11	0,018	0,018	0,023	0,45	0,29	0,20	0,21	5,91		11,4
I	0,60	1,79	0,03	0,14	16,17	0,003	0,012	0,016	0,29	0,23	0,12	0,16	5,55		10,9
II	0,58	1,75	0,04	0,16	14,87	0,005	0,018	0,023	0,29	0,24	0,13	0,17	5,56		9,5
III	0,76	2,28	0,04	0,18	18,28	0,010	0,019	0,024	0,41	0,31	0,14	0,20	6,82		14,3
IV	0,68	2,03	0,04	0,16	17,49	0,013	0,007	0,009	0,32	0,27	0,11	0,18	6,52		12,3
V	0,61	1,84	0,03	0,12	16,73	0,009	0,004	0,006	0,31	0,27	0,11	0,16	5,92		11,3
VI	0,55	1,65	0,03	0,12	15,96	0,001	0,005	0,007	0,26	0,24	0,09	0,16	5,79		11,1
VII	0,49	1,47	0,03	0,12	13,64	0,005	0,005	0,006	0,22	0,21	0,07	0,13	4,72		8,6
VIII	0,53	1,58	0,03	0,15	12,50	0,009	0,004	0,005	0,23	0,20	0,07	0,12	4,42		8,1
IX	0,47	1,41	0,03	0,13	12,03	0,008	0,003	0,004	0,22	0,18	0,06	0,11	4,30		7,3
X	0,59	1,78	0,04	0,16	13,62	0,01	0,004	0,005	0,26	0,21	0,07	0,12	4,90		8,6
2012	**7,09**	**21,25**	**0,39**	**1,70**	**181,44**	**0,09**	**0,11**	**0,14**	**3,46**	**2,88**	**1,25**	**1,88**	**65,22**		**121,8**

3.11. HYDROBIOLOGIA RZEK – MAKROFITY I OCENA HYDROMORFOLOGICZNA KORYTA RZECZNEGO – I1

Badania wykonane były w ramach programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) realizowanego w latach 2015-2017 i dotyczyły Zadania pt. *Hydrobiologia rzek – makrofity i ocena hydromorfologiczna koryta rzecznego*.

Badania w roku 2016 prowadzono w pełni sezonu wegetacyjnego, który jest optymalnym okresem do badań makrofitowych i hydromorfologicznych, tj. 23 czerwca i 18-19 września. Wyznaczono trzy odcinki rzeczne, na których prowadzono zarówno badania makrofitowe, jak i hydromorfologiczne (Tab. 3.11.1, Ryc. 3.11.1).

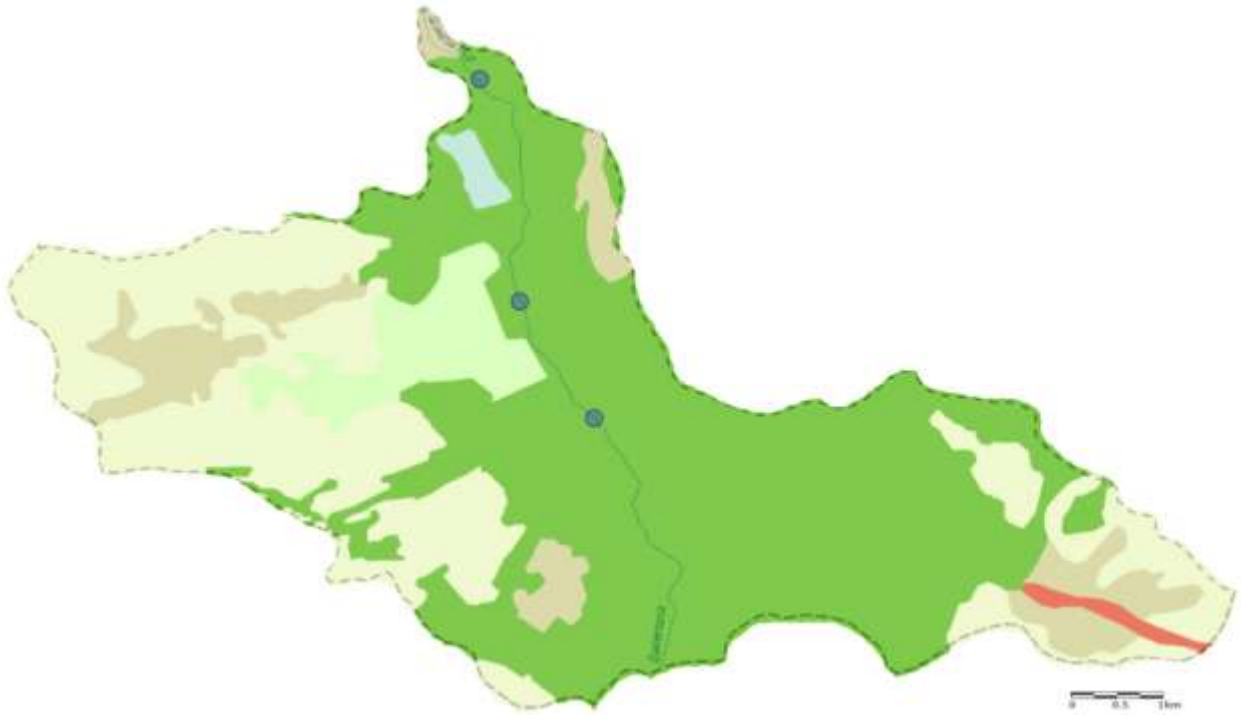
Tabela 3.11.1. Wykaz odcinków rzek badawczych badanych w roku 2016

Rzeka	Stanowisko	Współrzędne geograficzne odcinka badawczego					
		Początek		Środek		Koniec	
Świerszcz	górny odc.	N 50 34 06,2	E 22 59 44,0	N 50 34 12,6	E 22 59 37,6	N 50 34 20,2	E 22 59 26,4
	środkowy odc.	N 50 34 48,2	E 22 59 04,1	N 50 34 55,5	E 22 58 59,8	N 50 35 01,8	E 22 58 57,1
	dolny odc.	N 50 36 07,9	E 22 58 49,2	N 50 36 14,9	E 22 58 44,3	N 50 36 19,8	E 22 58 35,7

Jednolite Części Wód Powierzchniowych (JCWP) w obrębie których są zlokalizowane badane rzeki należą do 3 typów abiotycznych (6, 18 i 25), reprezentują również 3 typy makrofitowe (M-IV, M-VI, M-VII) (Tab. 3.11.2).

Tabela 3.11.2. Usytuowanie badanych odcinków rzek względem JCWP oraz ich typologia

Rzeka	Stanowisko	Kod JCWP	Nazwa JCWP	Typ abiotyczny JCWP	Typ makrofitowy badanego odcinka
Świerszcz	górny odc.	RW200062414	Świerszcz	6	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym
	środkowy odc.			6	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym
	dolny odc.			6	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym

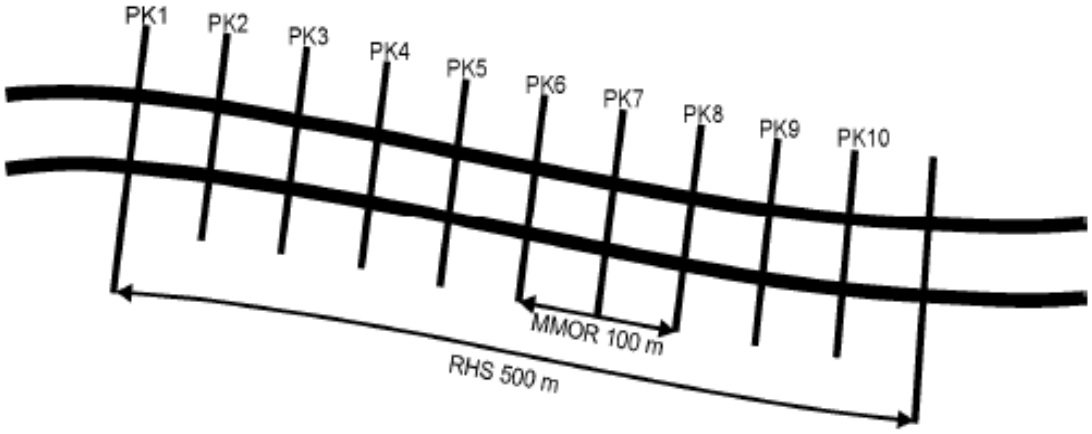


Ryc. 3.11.1. Lokalizacja stanowisk badawczych na Stacji ZMŚP Roztocze na tle JCWP Świerszcz (RW200062414)

Metody

Badania makrofitowe

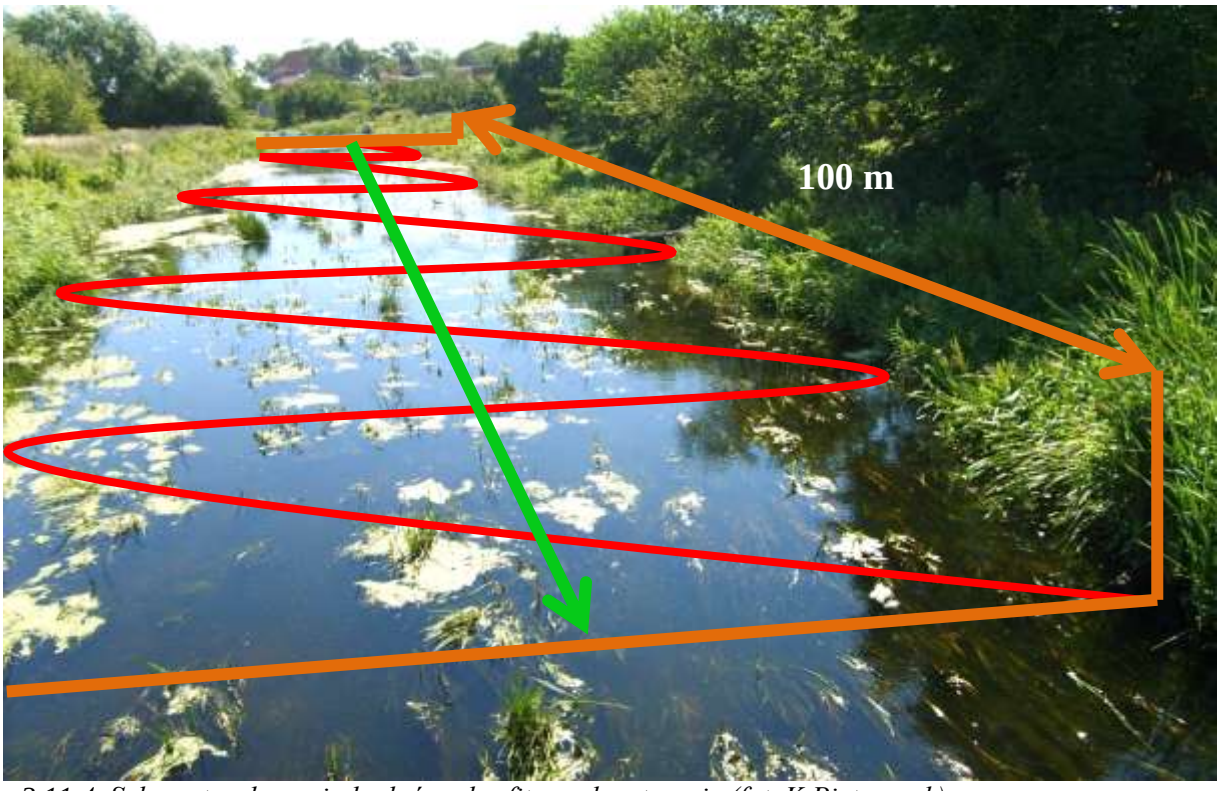
Badania terenowe wykonano zgodnie z metodyką **Makrofitowej Metody Oceny Rzek(MMOR)** opracowanej w roku 2006 (Szoszkiewicz i in. 2010). Na etapie przygotowawczym wybrano stanowiska do badań terenowych kierując się występowaniem roślin i reprezentatywnością stanowisk badawczych dla zlewni objętych ZMŚP. Usytuowanie odcinków do badań makrofitowych i hydromorfologicznych było ściśle określone (Ryc. 3.11.3).



Ryc. 3.11.3. Plan sytuacyjny odcinka badawczego (PK – profil kontrolny) (Szoszkiewicz i Gebler, 2011)

Procedura terenowa polega na dwukrotnym przejściu całego dystansu badanej rzeki w dwóch kierunkach (Ryc. 3.11.4). Na wszystkich ciekach badanych w roku 2016 badania prowadzono

brodząc w korycie rzeki. W korycie przemieszczano się trawersem, obejmując obserwacjami całą szerokość cieku. Makrofity zanurzone pod wodą odnotowywano idąc w górę cieku (nie ograniczona widoczność zmąconymi osadami dennymi). Drugie przejście odcinka badawczego wykonano w odwrotnym kierunku, aby z odmiennej perspektywy spróbować dostrzec dodatkowe elementy znajdujące się pod wodą. Do obserwacji podwodnych wykorzystywano skrzynkę oglądową (aquaskop).



Ryc. 3.11.4. Schemat wykonania badań makrofitowych w terenie (fot. K.Pietruczuk)

Wszystkie rośliny naczyniowe identyfikowano do gatunku, natomiast wszystkie glony makroskopowe oraz większość wątrobowców i mchów do rodzaju, zgodnie z metodyką MMOR. Dla każdego z gatunków określono stopień pokrycia dna dla odcinka rzeki o długości 100 m, według 9-stopniowej skali (Tab. 3.11.3).

Tabela 3.11.3. Skala ilościowości wykorzystywana do oceny pokrycia roślin

Współczynnik pokrycia	Procentowy udział w pokryciu
1	<0,1%
2	0,1-1%
3	1-2,5%
4	2,5-5%
5	5-10%
6	10-25%
7	25-50%
8	50-75%
9	75-100%

Ocena stanu ekologicznego

Badania realizowane zgodnie z metodyką Makrofitowej Metody Oceny Rzek opierają się na ilościowej i jakościowej ocenie roślin wodnych i szuwarowych występujących na wyznaczonym odcinku badawczym rzeki. Poszczególnym gatunkom roślin wodnych przypisane są dwie liczby wskaźnikowe. Pierwsza liczba, to tzw. **liczba wartości wskaźnikowej - *L*** wskazuje na średni poziom trofii środowiska, w którym dany takson występuje. Wskaźnik *L* przyjmuje wartości w granicach od 1 dla zaawansowanej eutrofii do 10 dla oligotrofii. Druga liczba wskaźnikowa, to tzw. **współczynnik wagowy – *W***. Jest on miarą tolerancji ekologicznej gatunku (od steno- do eurytopowości). Współczynnik wagowy *W* przyjmuje wartości od 1 dla gatunków eurytopowych (czyli roślin o szerokiej skali ekologicznej i przez to o słabszej wartości wskaźnikowej) do 3 dla stenotopowych (czyli roślin o wąskiej skali ekologicznej i dużej wartości wskaźnikowej).

W oparciu o badania botaniczne obliczono wskaźnik liczbowy – **Makrofitowy Indeks Rzeczny (MIR)**, który pozwala na ocenę stanu ekologicznego zgodnie z wymaganiami Ramowej Dyrektywy Wodnej. Wskaźnik ten wykorzystuje 153 taksony makrofitów, w tym 103 rośliny nasienne, 3 paprotniki, 20 mchów, 10 wątrobowców oraz 17 glonów.

Makrofitowy Indeks Rzeczny obliczany był zgodnie z poniższą formułą (Szoszkiewicz i in. 2010):

$$MIR = \frac{\sum \left(L_i \cdot W_i \cdot P_i \right)}{\sum \left(W_i \cdot P_i \right)} \cdot 10$$

gdzie: *MIR* – Makrofitowy Indeks Rzeczny;
L_i – liczba wartości wskaźnikowej dla stwierdzonego *i*-tego gatunku;
W_i – współczynnik wagowy dla *i*-tego gatunku;
P_i – współczynnik pokrycia dla *i*-tego gatunku, według 9-cio stopniowej skali.

Obliczony wskaźnik MIR pozwolił na zaklasyfikowanie do odpowiedniej klasy stanu ekologicznego zgodnie z wymaganiami Ramowej Dyrektywy Wodnej. Wykorzystano system pięciu klas wód powierzchniowych odpowiadający stanowi: bardzo dobremu, dobremu, umiarkowanemu, słabemu i złemu. Wartości graniczne indeksu MIR dla 5 klas stanu ekologicznego dla każdego typu makrofitowego rzek podano poniżej (Tab. 3.11.4), zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2016 poz. 1187).

Tabela 3.11.4. Wartości wskaźnika MIR dla typów makrofitowych rzek Polski (Dz.U. 2016 poz. 1187)

Typ makrofitowy		**Typ wysokościowy**	**Stan ekologiczny**				
			bardzo dobry	dobry	umiarkowany	słaby	zły
M-I	Potoki alpejskie	cieki wyżynne i górskie (> 200m n.p.m.)	≥ 65,6	(65,6-50,7>	(50,7-38,8>	(38,8-24,0>	< 24,0

M-II	Rzeki krzemianowe		≥ 61,8	(61,8-48,1>	(48,1-37,0>	(37,0-23,3>	< 23,3
M-III	Rzeki węglanowe		≥ 55,4	(55,4-42,0>	(42,0-31,4>	(31,4-18,0>	< 18,0
M-IV	Potoki wyżynne o charakterze nizinnym		≥ 48,3	(48,3-37,7>	(37,7-27,0>	(27,0-16,4>	< 16,4
M-V	Duże rzeki wyżynne		≥ 46,5	(46,5-37,8>	(37,8-29,0>	(29,0-20,3>	< 20,3
M-VI	Rzeki piaszczyste	cieki nizinne (< 200m n.p.m.)	≥ 46,8	(46,8-36,6>	(36,6-26,4>	(26,4-16,1>	< 16,1
M-VII	Rzeki kamienisto-żwirowe		≥ 47,1	(47,1-36,8>	(36,8-26,5>	(26,5-16,2>	< 16,2
M-VIII	Rzeki organiczne		≥ 44,5	(44,5-35,0>	(35,0-25,4>	(25,4-15,8>	< 15,8
M-IX	Duże rzeki nizinne		≥ 44,7	(44,7-36,5>	(36,5-28,2>	(28,2-20,0>	< 20,0

Inne wskaźniki makrofitowe

Badania MMOR pozwoliły na określenie bogactwa gatunkowego i innych wskaźników różnorodności biologicznej. Na ich podstawie można było wykazać występowanie roślin cennych przyrodniczo oraz stopień zagrożenia ze strony gatunków inwazyjnych. Obliczono następujące parametry:

- bogactwo gatunkowe (S) – liczba wszystkich gatunków makrofitów występujących na odcinku badawczym MMOR,
- wskaźnik Shannona-Wiennera (H') - ogólny wskaźnik różnorodności biologicznej, uwzględniający liczbę gatunków wraz z ich udziałem, obliczany zgodnie z poniższym wzorem:
  $H' = -\sum(pi \cdot \ln pi)$
- wskaźnik równomierności (J),
- wskaźnik Simpsona (D),
- obecność gatunków chronionych.

Wyniki

Ocena stanu ekologicznego

Na podstawie wyników badań terenowych, które dostarczyły informacji o składzie gatunkowym makrofitów oraz ich pokryciu na stanowiskach, obliczono Makrofitowy Indeks Rzeczny (MIR). W celu oceny stanu ekologicznego badanych odcinków cieków obliczone wartości wskaźnika MIR odniesiono do wartości granicznych dla pięciu klas stanu ekologicznego, specyficznych dla różnych typów makrofitowych rzek (Tab. 3.11.4), określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2016 poz. 1187). Wartości wskaźnika MIR wahały się od 35,0 na stanowisku Pokrzywianka Serwis do 63,3 na stanowisku Świerszcz górny odcinek. Trzy stanowiska zaklasyfikowano do

bardzo dobrego stanu ekologicznego, siedem do dobrego i dwa do umiarkowanego stanu ekologicznego (Tab. 3.11.5).

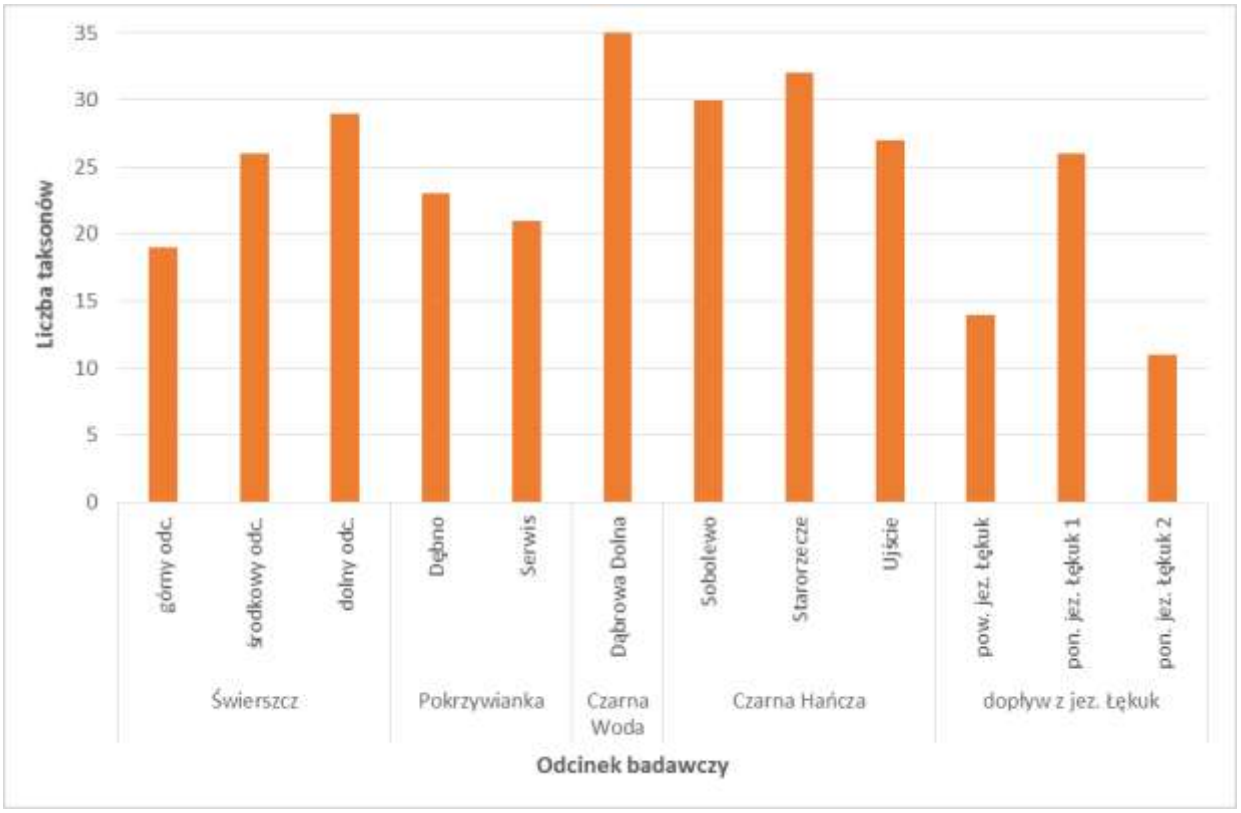
Tabela 3.11.5. Wartości indeksu MIR wraz z oceną stanu ekologicznego

Rzeka	Stanowisko	Wartość wskaźnika MIR	Typ makrofitowy badanego odcinka	Klasa stanu ekologicznego
Świerszcz	górny odc.	63,3	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym	1
	środkowy odc.	50,3	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym	1
	dolny odc.	51,7	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym	1
Pokrzywianka	Dębno	38,7	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym	2
	Serwis	35,0	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym	3
Czarna Woda	Dąbrowa Dolna	40,6	M-IV rzeki wyżynne o charakterze nizinnym	2
Czarna Hańcza	Sobolewo	43,0	M-VII rzeki nizinne kamienisto-żwirowe	2
	Starorzecze	39,9	M-VI rzeki nizinne piaszczyste	2
	Ujście	36,6	M-VI rzeki nizinne piaszczyste	2
Dopływ z J. Łękuk	Powyżej J. Łękuk	44,2	M-VI rzeki nizinne piaszczyste	2
	Poniżej J. Łękuk 1	35,5	M-VI rzeki nizinne piaszczyste	3
	Poniżej J. Łękuk 2	41,3	M-VI rzeki nizinne piaszczyste	2

W obrębie poszczególnych stacji bazowym Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego występuje duża zgodność klas stanu ekologicznego, związana ze stosunkowo niewielką zmiennością wartości wskaźnika MIR w danej JCWP. Odchylenie standardowe indeksu MIR dla badanych JCWP wynosi odpowiednio: Świerszcz 7,15, Pokrzywianka i Czarna Woda 2,85, Czarna Hańcza 3,22 oraz dopływ z jeziora Łękuk 4,56. Duże różnice indeksu MIR zaobserwowane w rzece Świerszcz wynikają z nieco innego charakteru odcinka górnego. Mianowicie prawie w pełni jest on zdominowany przez mszaki, a makrofity naczyniowe występują sporadycznie. Podsumowując, rzeki na wszystkich stacjach bazowych zbadanych w 2016 roku należy uznać za niezdegradowane troficznie.

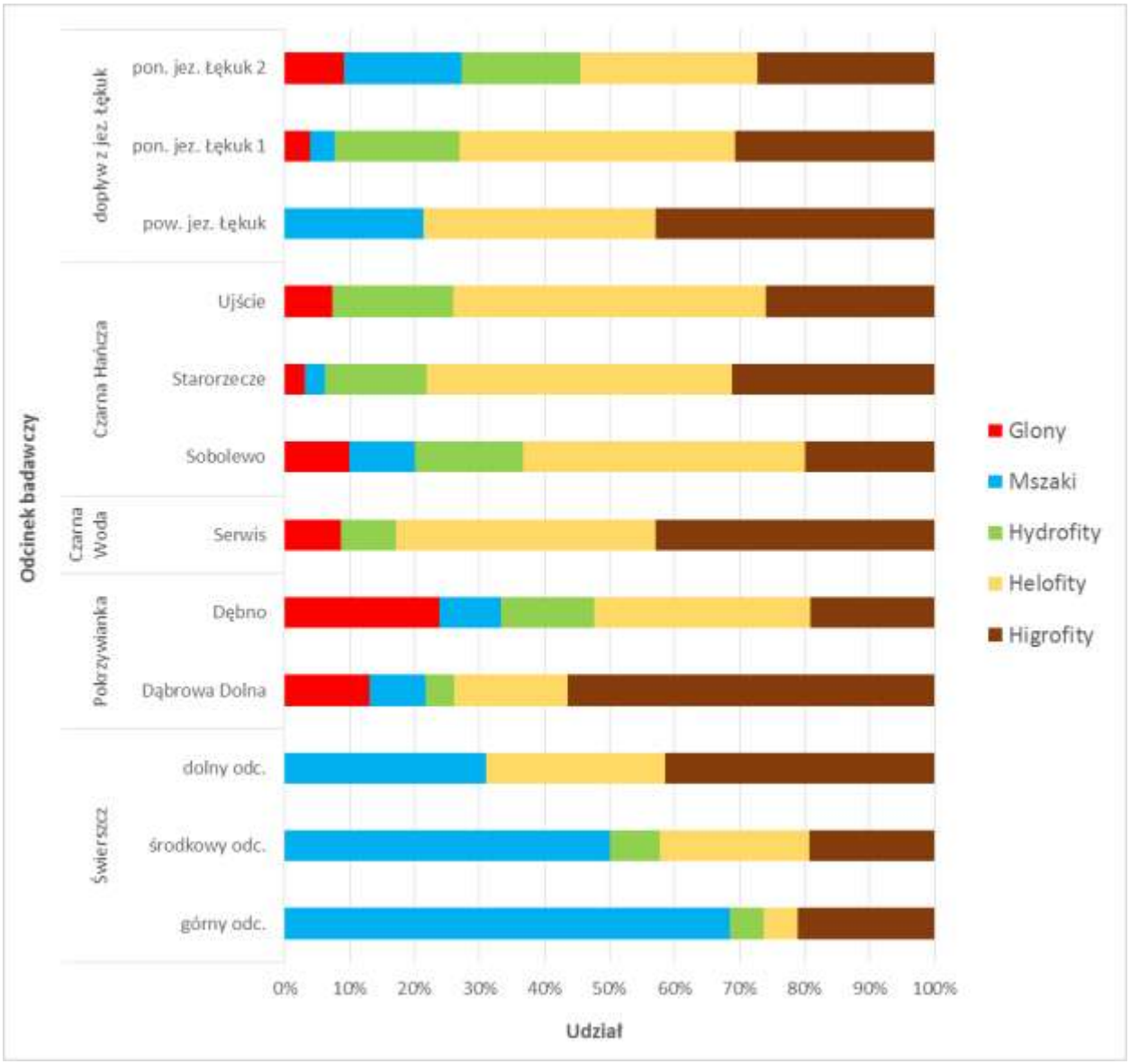
Charakterystyka makrofitowa odcinków badawczych

Ogółem podczas badań stwierdzono występowanie 96 taksonów makrofitów (51 wskaźnikowych w Makrofitowym Indeksie Rzecznym), w tym: 7 glonów strukturalnych, 4 wątrobowce, 15 mchów, 2 paprotniki, 39 roślin naczyniowych dwuliściennych i 29 jednoliściennych (Tab. 3.11.6). Liczba taksonów na stanowiskach była stosunkowo mało zróżnicowana i wynosiła średnio 24 oraz wahała się od 11 w przypadku dopływu z jez. Łękuk na stanowisku poniżej jeziora 2 do 35 w przypadku Czarnej Wody na stanowisku Serwis (Ryc. 3.11.5). Zaobserwowana liczba taksonów wskaźnikowych, zgodnie z metodyką MMOR (Szoszkiewicz i in. 2010), jest wystarczająca do prawidłowej oceny stanu ekologicznego badanych rzek (waha się od 8 do 23, średnio 15).



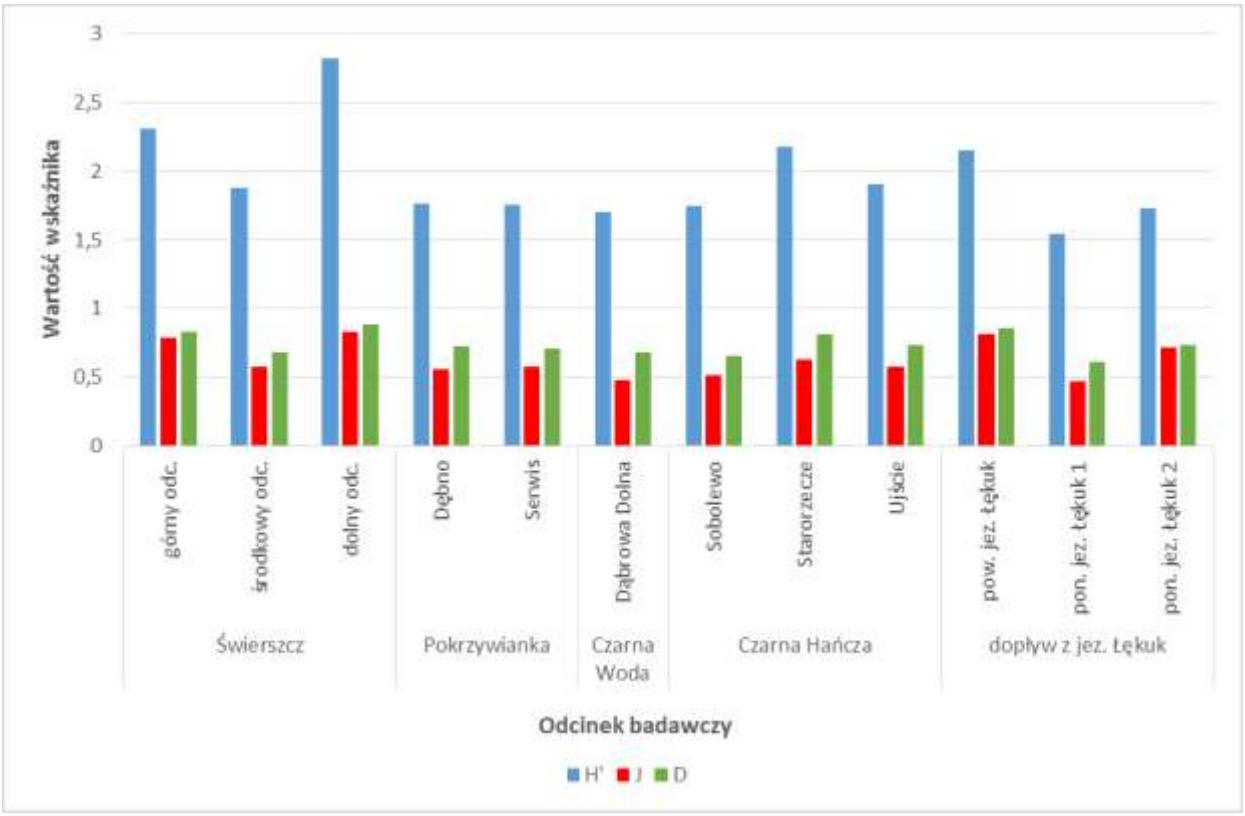
Ryc. 3.11.5. Liczba taksonów makrofitów na badanych stanowiskach

Pod względem grup ekologicznych dominowały gatunki należące do naczyniowych roślin wynurzonych – helofitów oraz higrofitów. W większości przypadków stanowiły one 70-80% wszystkich zanotowanych na stanowiskach taksonów (Ryc. 3.11.6). Na uwagę zasługuje rzeka Świerszcz, w której zaobserwowano bardzo dużo gatunków mszaków (od 9 do 13 na stanowisku). Wynika to prawdopodobnie z bardzo silnego zacienienia koryta przez konary drzew, ograniczającego rozwój roślinności naczyniowej oraz obecności w korycie dużej ilości grubego rumoszu drzewnego, stanowiącego podłoże dla mszaków wodnych.



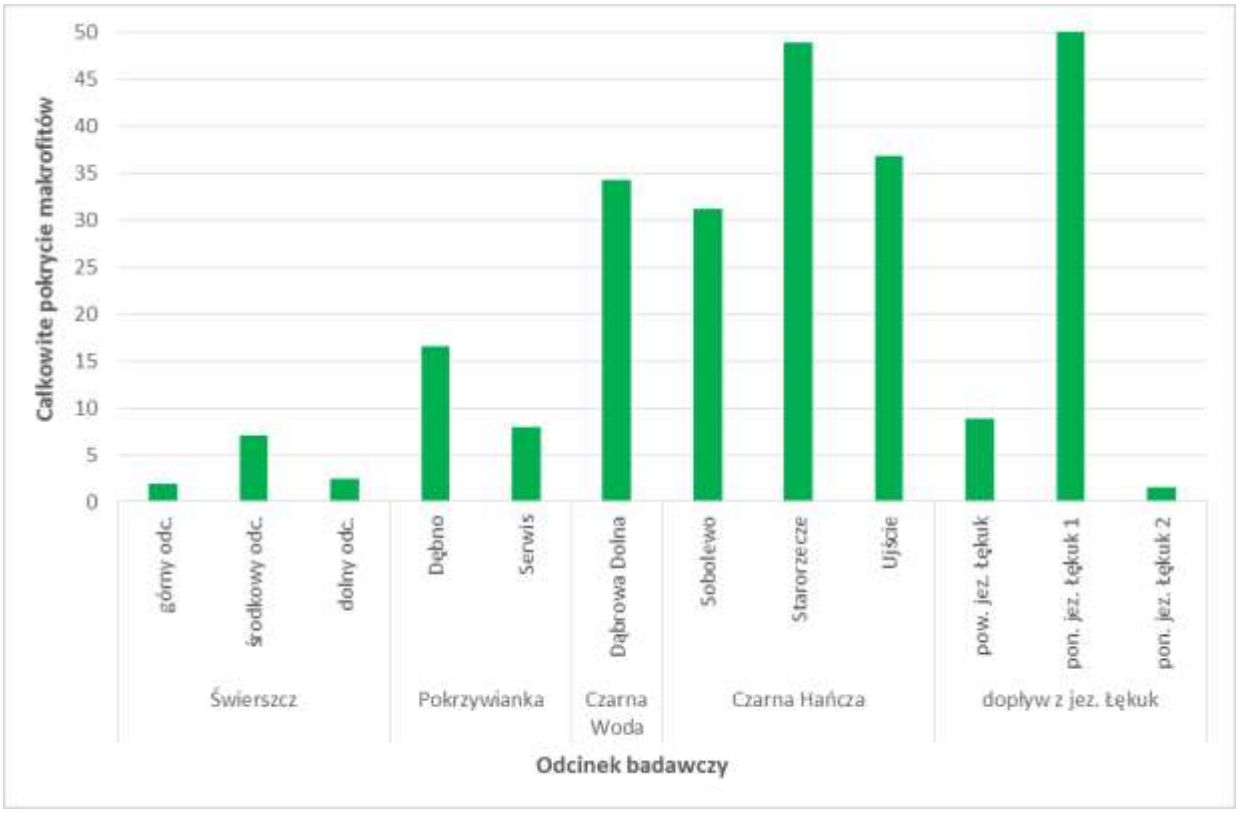
Ryc. 3.11.6. Udział taksonów makrofitów należących do różnych grup ekologicznych na badanych stanowiskach

Różnorodność biologiczna wszystkich badanych odcinków była zbliżona. Wartości wskaźnika Shannona-Wienara (H') wynosiły średnio 1,96, równomierności (J) 0,63, a Simpsona 0,75 (Ryc. 3.11.7). Największą różnorodność biologiczną obliczono dla rzeki Świerszcz na dolnym odcinku, gdzie oceniane wskaźniki wynosiły odpowiednio: H' = 2,81; J = 0,84; D = 0,89.



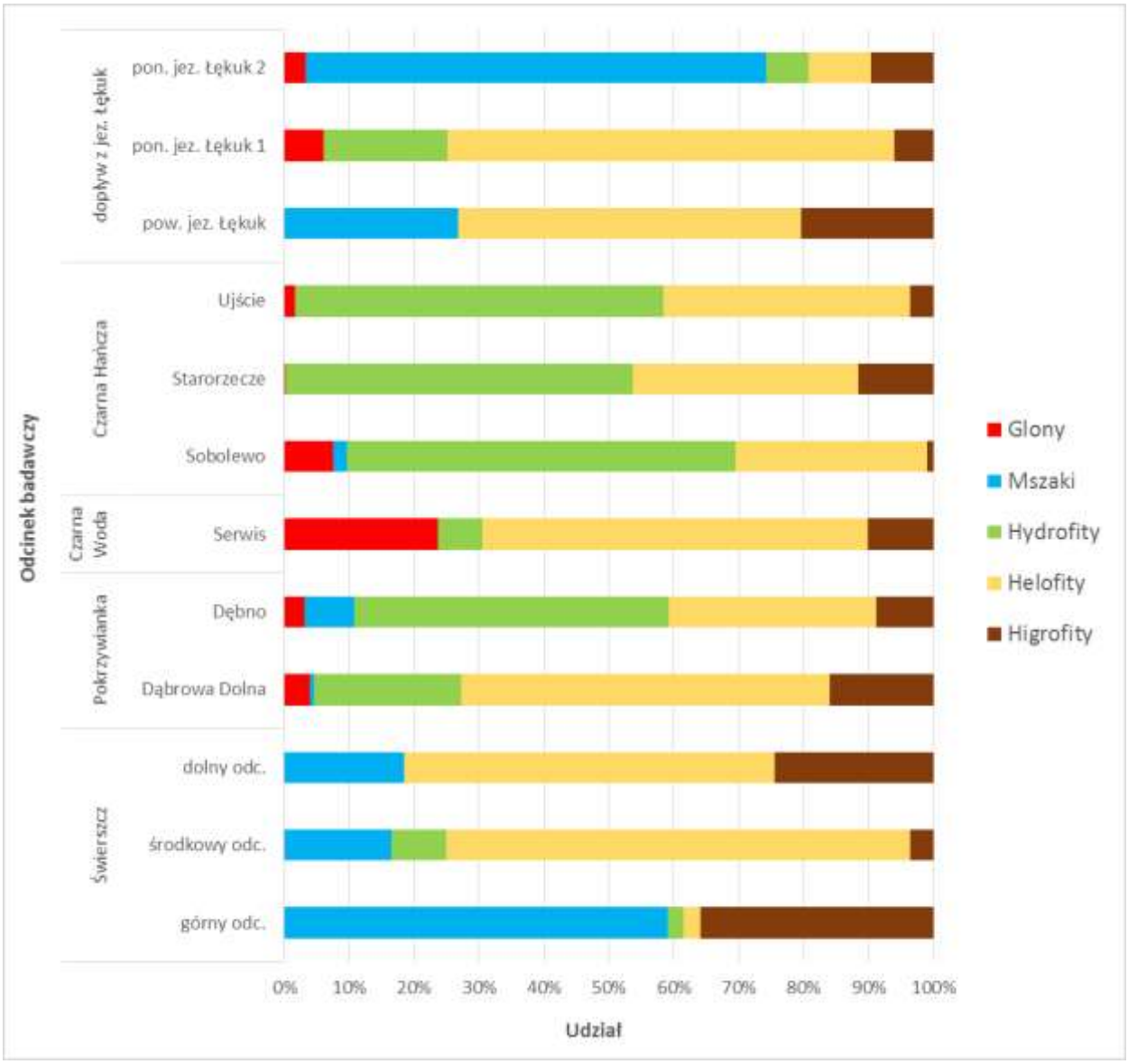
Ryc. 3.11.7. Wartości wskaźników różnorodności gatunkowej makrofitów na badanych stanowiskach

Na podstawie sumarycznego pokrycia makrofitów przeanalizowano również stopień zarośnięcia koryt rzecznych przez roślinność wodną. Parametr ten jest bardzo zróżnicowany (Ryc. 3.11.8). Stanowiska silnie zacienione przez nadbrzeżne drzewa i krzewy (np. rzeki Świerszcz, Pokrzywianka oraz dopływ z jeziora Łękuk na stanowisku poniżej jez. 2) charakteryzują się słabym rozwojem roślinności i niewielkim sumarycznym pokryciem makrofitów poniżej 10-20 % powierzchni koryta. Podczas gdy odcinki rzek słabiej zacienione, są silniej zarośnięte roślinnością, a całkowite pokrycie wynosi tam 30-50 % powierzchni koryta.



Ryc. 3.11.8. Całkowite pokrycie makrofitów na badanych stanowiskach

Pod względem udziału grup ekologicznych w całkowitym pokryciu makrofitów na większości stanowisk dominowały hydrofity (rośliny zanurzone) lub helofity (rośliny szuwarowe). W większości przypadków łącznie stanowiły one ponad 80 % całkowitego pokrycia makrofitów (Ryc. 3.11.9). Stanowiskami zdominowanymi przez hydrofity, w tym głównie elodeidy (rośliny naczyniowe całkowicie zanurzone) były: Czarna Hańcza na wszystkich 3 stanowiskach oraz Pokrzywianka Dębno. Natomiast dominacja helofitów (roślin naczyniowych wynurzonych, zakorzenionych w osadach dennych) wystąpiła w: Czarnej Wodzie, Pokrzywiance Dąbrowa Dolna, Świerszczu (w dolnym i środkowym odcinku) oraz w dopływie z jeziora Łękuk (na stanowiskach powyżej jeziora i poniżej jeziora 1). Na uwagę zasługują stanowiska Świerszcz górny odcinek oraz dopływ z jeziora Łękuk odcinek poniżej jeziora 2, znacznie różniące się od pozostałych, gdzie a mszaki stanowiły 60-70 % całkowitego pokrycia.



Ryc.3.11.9. Udział grup ekologicznych w całkowitym pokryciu makrofitów na badanych stanowiskach

Badania hydromorfologiczne

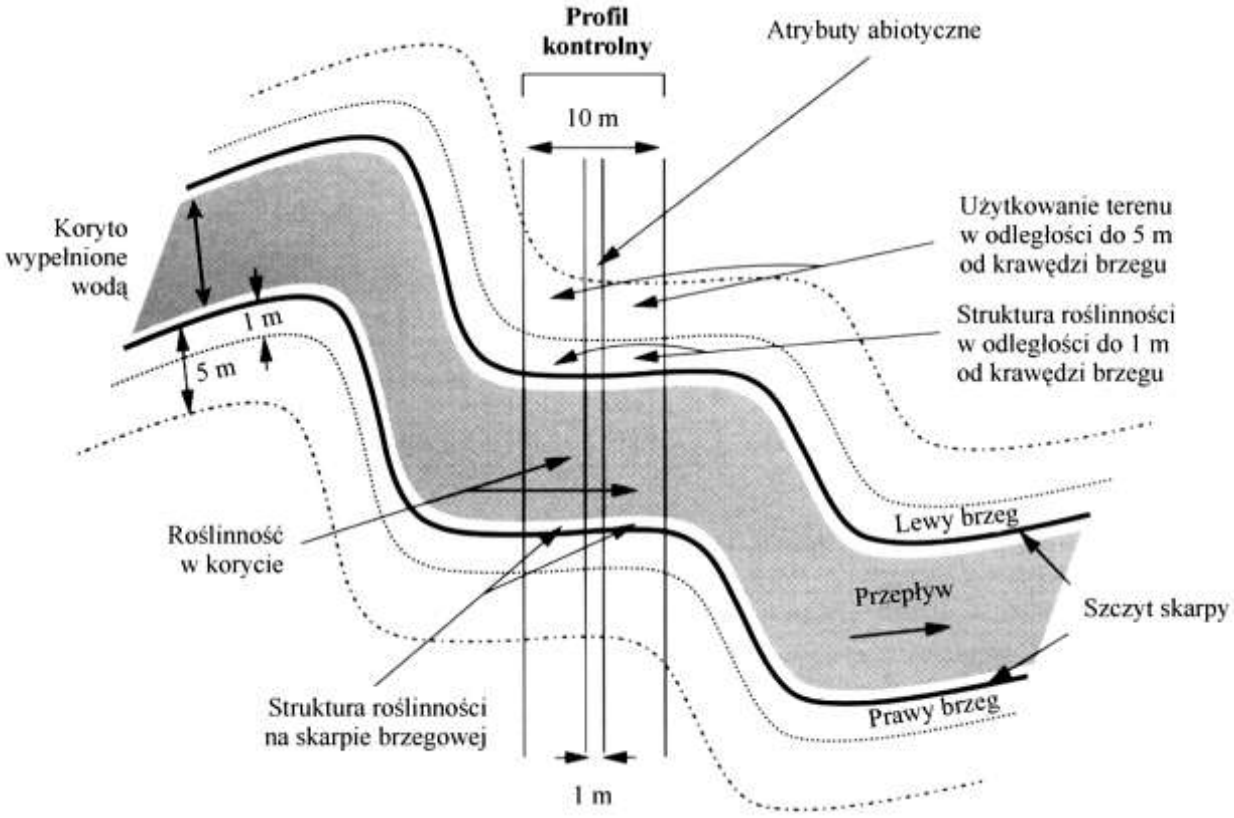
Metody

Badania hydromorfologiczne były prowadzone w oparciu o metodę oceny wód płynących – River Habitat Survey (RHS) (Environment Agency 2007), wg jej polskiej wersji (Szoszkiewicz i in. 2012). Metoda ta umożliwia szczegółowe scharakteryzowanie koryta rzecznego oraz w mniejszym stopniu doliny rzecznej. Dzięki temu możliwa jest ocena stopnia naturalności i przekształcenia morfologicznego rzeki (Szoszkiewicz i in. 2012).

Metoda RHS oparta jest na wizualnej inwentaryzacji prowadzonej w terenie. Badania tą metodą wykonywane były w dwóch etapach na odcinku o długości 500 metrów. W pierwszym etapie dokonano oceny w 10 profilach kontrolnych, rozmieszczonych równomiernie co 50 metrów. Ocena ta dotyczy parametrów fizycznych koryta, przepływu, roślin występujących w wodzie, sposobu użytkowania terenu oraz struktury roślinności na stoku i szczycie brzegu. Parametry biologiczne rejestrowane były w profilach o szerokości 10 m, natomiast parametry abiotyczne w transektach o szerokości 1 m, co przedstawiono schematycznie na Ryc. 3.11.17. (Szoszkiewicz i in. 2012).

Drugi etap badań obejmował syntetyczne podsumowanie całego 500 m odcinka cieku. Uwzględniał on ocenę wszystkich formy morfologicznych siedliska, zarówno tych oznaczonych już w profilach, jak i te, który znajdowały się poza nimi. Zebrane informacje uzupełniono o profil doliny rzecznej, profile poprzeczne brzegów, typ zadrzewień i elementy morfologiczne z nimi związane oraz użytkowanie terenu w pasie 50 m od szczytu brzegu (Szoszkiewicz i in. 2012).

Dodatkowo zweryfikowano występowania gatunków roślin inwazyjnych (również w obrębie doliny), cennych przyrodniczo elementów środowiska oraz działania antropogeniczne, które powodują degradację środowiska rzecznego. Określono także wymiary koryta. Schemat wykonywania badań terenowych metodą RHS i jego usytuowanie względem badań makrofitowych został przedstawiony na Ryc. 3.11.10.



Ryc. 3.11.10. Schemat wykonywania badań terenowych metodą RHS (Szoszkiewicz i in. 2012)

Informacje uzyskane w terenie pozwoliły na ocenę stanu hydromorfologicznego rzek za pomocą dwóch wskaźników:

1. wskaźnika naturalności siedliska (*Habitat Quality Assessment* – HQA)
2. wskaźnika przekształcenia siedliska (*Habitat Modification Score* – HMS)

Wskaźniki te syntetyzują kilkadziesiąt parametrów zarejestrowanych w metodzie RHS, które odnoszą się do koryta, brzegów i terenów położonych w pobliżu cieku. Wysokie wartości pierwszego z nich świadczą m.in. o znacznej liczbie naturalnych elementów morfologicznych występujących w korycie rzecznym i dużej heterogenności siedliska rzecznego, natomiast drugiego – o dużej liczbie antropogenicznych elementów przekształceń rzeki (Szoszkiewicz i in. 2012). Dzięki tym wskaźnikom możliwe jest określenie klasy stanu hydromorfologicznego siedliska rzecznego w odniesieniu do

pięcioklasowej skali sporządzonej przez Walkera i in. (2002), a opracowanej dla polskich rzek przez Jusika i Szoszkiewicza (2009) (Tab. 3.11.6).

Tabela 3.11.6. Klasy stanu hydromorfologicznego polskich rzek na podstawiewskaźników HQA i HMS (Jusik i Szoszkiewicz 2009)

		Kategorie wartości wskaźnika HQA				
		HQA ≥ 57	**HQA 50-56**	**HQA 37-49**	**HQA 30-36**	**HQA ≤ 30**
Kategorie wartości wskaźnika HMS	naturalny (HMS 0-2)	**I**	**II**	**II**	**III**	**III**
	słabo zmodyfikowany (HMS 3-8)	**II**	**II**	**III**	**III**	**IV**
	umiarkowanie zmodyfikowany (HMS 9-20)	**III**	**III**	**III**	**IV**	**IV**
	znacząco zmodyfikowany (HMS 21-44)	**III**	**IV**	**IV**	**IV**	**V**
	silnie zmodyfikowany (HMS ≥ 45)	**IV**	**IV**	**V**	**V**	**V**

Wyniki

Ocena stanu hydromorfologicznego

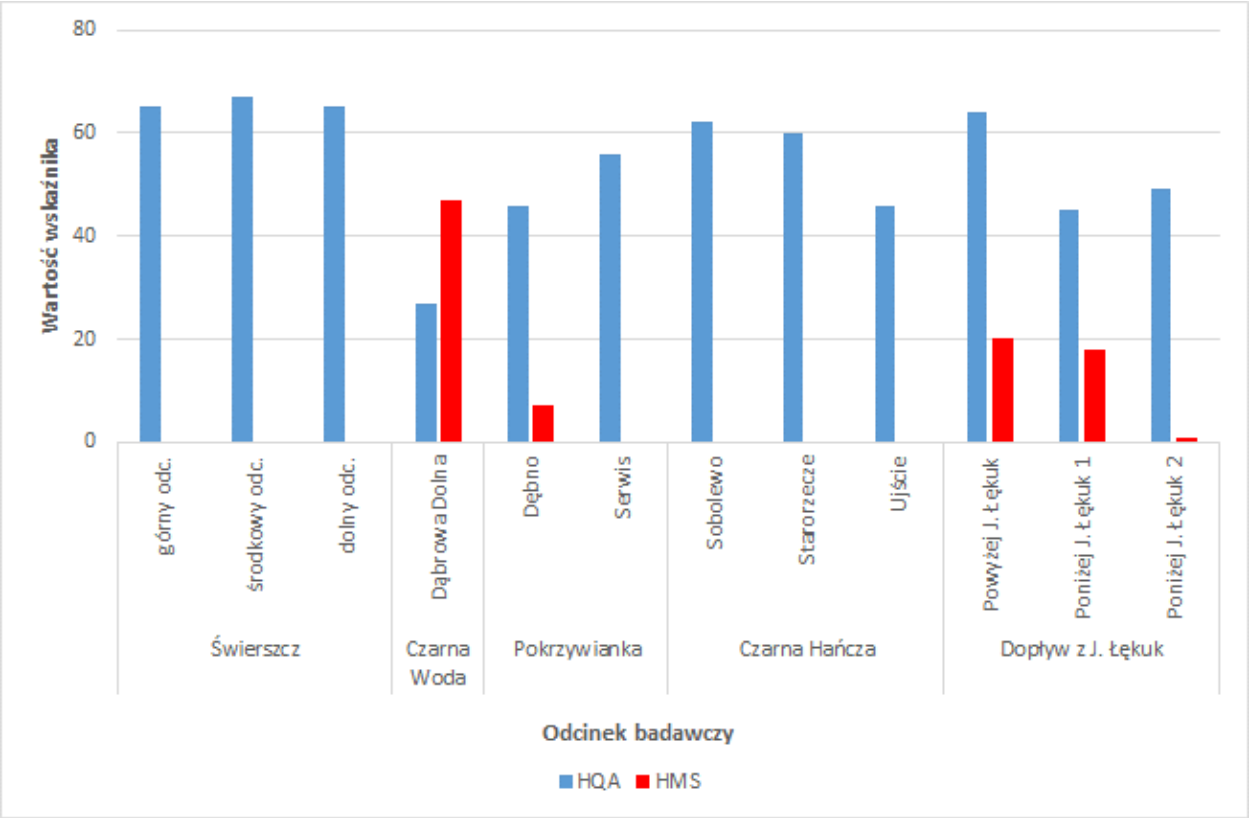
Przebadane odcinki rzek charakteryzowały się zróżnicowanym poziomem naturalności hydromorfologicznej. Wartości wskaźnika naturalności HQA oscylowały w granicach 27-67 (Tab. 3.11.7., Ryc. 3.11.11.). Ponad połowa została zaklasyfikowana powyżej dobrego stanu hydromorfologicznego. Były to wszystkie odcinki zlokalizowane na rzece Świerszcz, dwa na Czarnej Hańczy, a także jeden odcinek Dopływu z J. Łękuk i Pokrzywianki. Wysokie wartości wskaźnika naturlaności siedliska w tych przepadkach były wynikiem dość dużej heterogenności siedliska tych odcinków rzecznych: przepływu, występowania elementów morfologicznych charakterystycznych dla naturalnych koryt rzecznych, takich jak odsypy, plosa, podcięcia brzegowe i elementy związane z występowaniem drzew na skarpach brzegowych oraz dużym stopniu w przypadku rzeki Świerszcz także struktury roślinności brzegowej i wodnej. Cztery odcinki zaklasyfikowano do trzeciej klasy naturalności. Był to m.in. odcinek Czarnej Hańczy przy ujściu do Jeziora Hańcza. Pomimo naturalnej charakterystyki tego odcinka niższa wartość wskaźnika HQA wynika z tego, że bardzo często odcinki przyujściowe charakteryzują się dużą głębokością oraz niewielką energią płynącej wody, co ogranicza możliwość tworzenia się licznych naturalnych form hydrormofologicznych. O naturalności takich odcinków świadczyć może bardziej naturalność strefy brzegowej i dolinowej, niż obecność i liczebność naturalnych atrybutów koryta rzecznego. Do klasy trzeciej naturalności zostały także zaklasyfikowane dwa odcinki Dopływu z J. Łękuk zlokalizowane poniżej tego jeziora. Jest to efektem prowadzonych w przeszłości prac regulacyjnych, na skutek których i pomimo upływu czasu, który minął rzeka nie osiągnęła jeszcze wyższego stanu naturalności. Do piątek klasy naturalności zaklasyfikowano jeden odcinek badawczy zlokalizowany na rzece Czarna Woda. W tym przypadku niska naturalność cieku jest związana bezpośrednio z przekształceniami jego koryta.

Na podstawie wskaźnika HMS oceniono stopień przekształcenie badanych odcinków rzecznych (Tab. 3.11.7., Ryc. 3.11.11). Pod względem przekształceń siedliska 8 odcinków zaklasyfikowano do stanu powyżej dobrego i były to te same odcinki, które otrzymały ocenę powyżej dobrego stanu naturalności siedliska oraz dodatkowo odcinek ujściowe Czarnej Hańczy. Cztery odcinki zaklasyfikowano do trzeciej klasy naturalności, były m.in. odcinki Dopływu z J. Łękuk (powyżej i poniżej jeziora), co jest efektem wspomnianych prowadzonych w przeszłości prac regulacyjnych. Jeden odcinek do klasy piątej i podobnie jak w przypadku wskaźnika HQA była to rzeka Czarna Woda.

Tabela 3.11.7. Wartości wskaźników hydromorfologicznych wraz z oceną stanu hydromorfologicznego

Rzeka	Stanowisko	Wartość wskaźnika HQA	Klasa HQA	Wartość wskaźnika HMS	Klasa HMS	Klasa stanu hydromorfologicznego
Świerszcz	górny odc.	65	1	0	0	1
	środkowy odc.	67	1	0	0	1
	dolny odc.	65	1	0	0	1
Czarna Woda	Dąbrowa Dolna	27	5	47	5	5
Pokrzywianka	Dębno	46	3	7	3	3
	Serwis	56	2	0	0	2
Czarna Hańcza	Sobolewo	62	1	0	0	1
	Starorzecze	60	1	0	0	1
	Ujście	46	3	0	0	2
Dopływ z J. Łękuk	Powyżej J. Łękuk	64	1	20	3	3
	Poniżej J. Łękuk 1	45	3	18	3	3
	Poniżej J. Łękuk 2	49	3	1	0	2

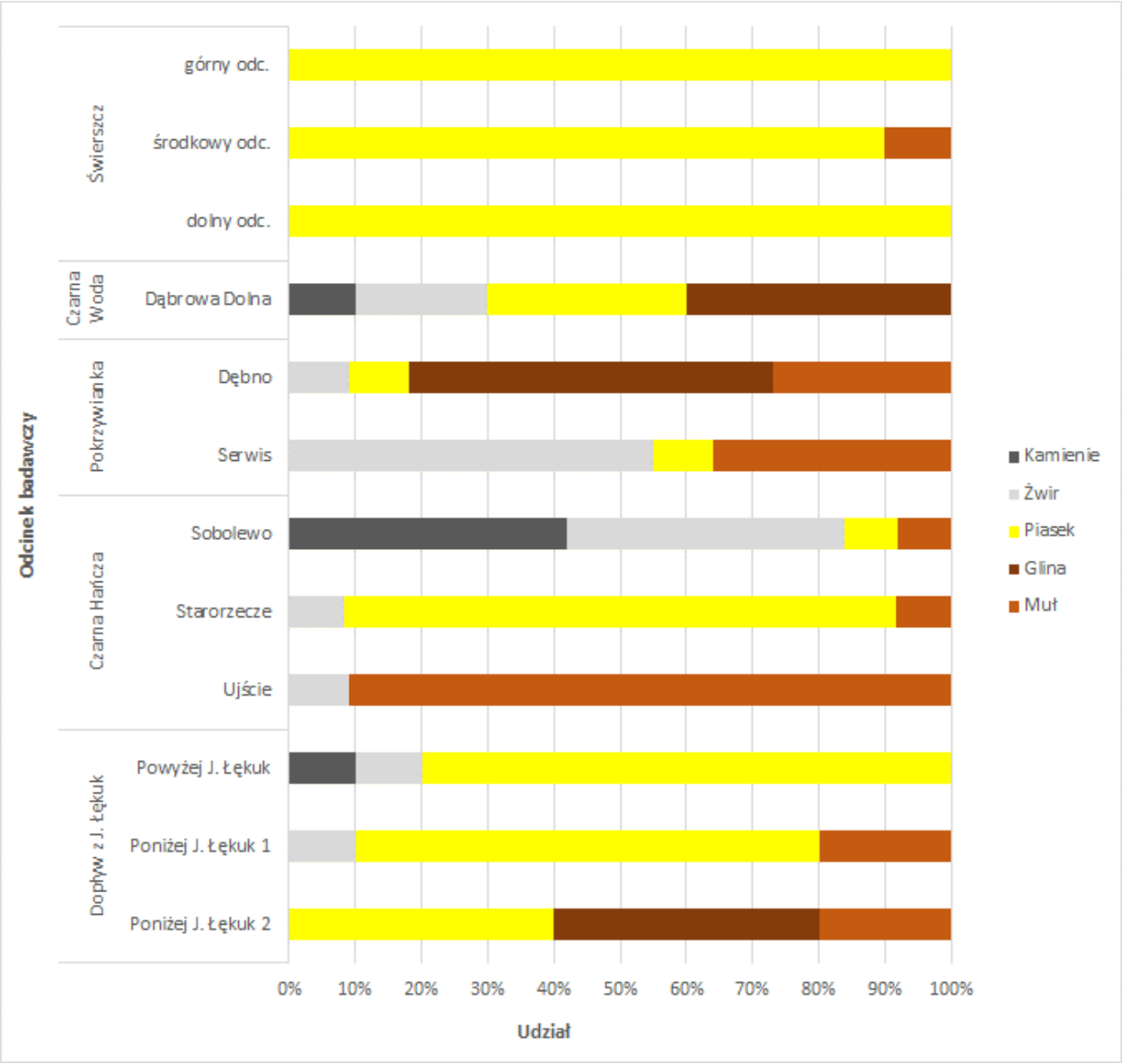
Ocenę stanu hydromorfologicznego metodą RHS wykonano jako wypadkową wskaźników naturalności i przekształcenia siedliska. Na tej podstawie 9 odcinków zaklasyfikowano do co najmniej dobrego stanu hydromorfologicznego, były to wszystkie odcinki zlokalizowane na rzece Świerszcz, Czarnej Hańczy oraz po jednym odcinku na Pokrzywiance (Serwis) i Dopływu z J. Łękuk (poniżej jeziora). Dwa pozostałe odcinki zlokalizowane na Dopływie z J. Łękuk oraz jeden na Pokrzywiance (Dębno) zaliczono do trzeciej klasy stanu hydromorfologicznego. Stan hydromorfologiczny tylko jednego odcinka badawczego Czarnej Woody, który charakteryzował się niewielką naturalnością siedliska rzecznego i dość dużym jego przekształceniem oceniono jako zły.



Ryc. 3.11.11. Wartości wskaźników hydromorfologicznych dla odcinków badawczych

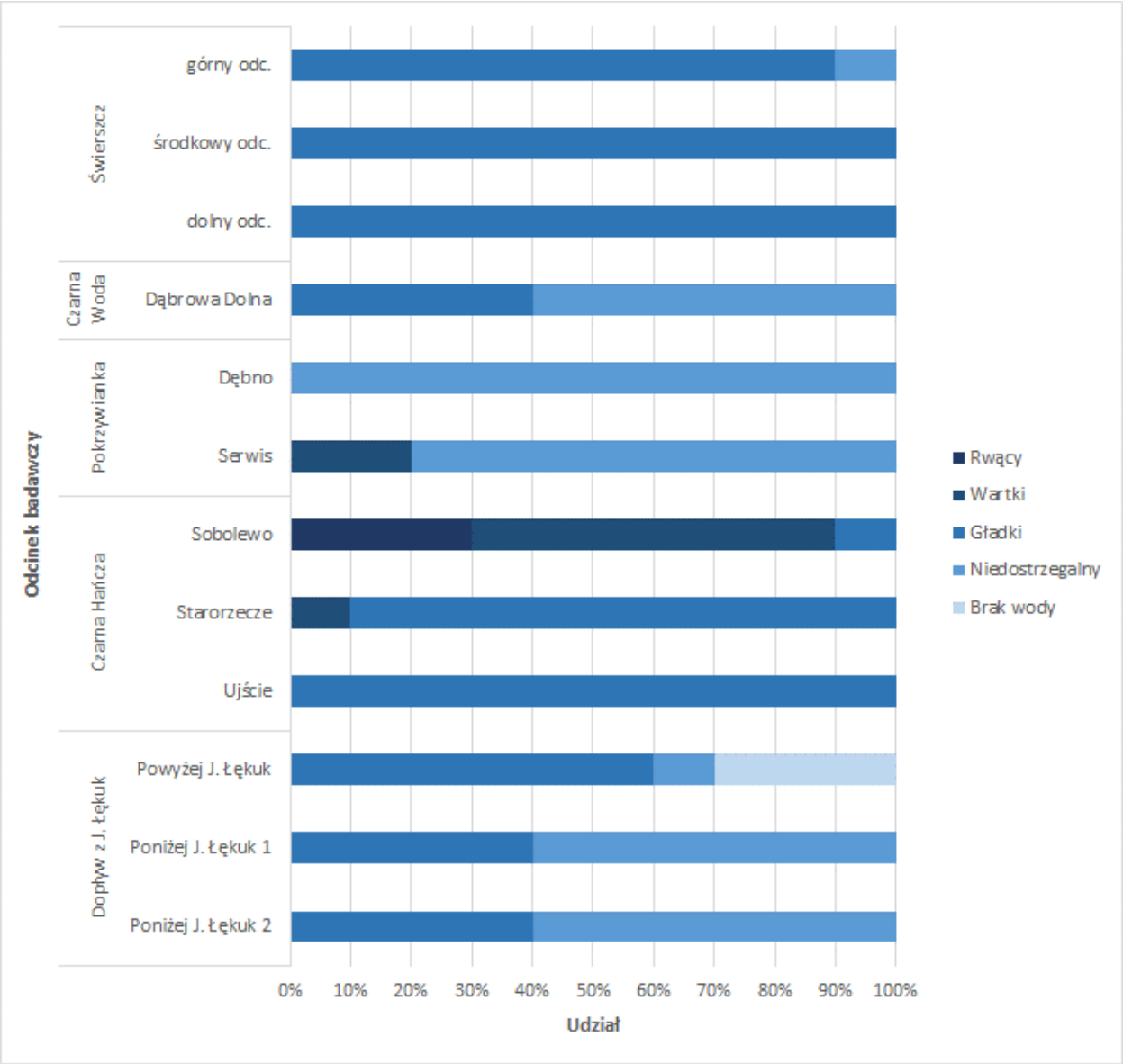
Charakterystyka hydromorfologiczna odcinków badawczych

W badanych odcinkach rzecznych dominujący substrat dna był zróżnicowany w dużym stopniu w zależności od badanej rzeki (Ryc. 3.11.12). W przypadku rzeki Świerszcz zlokalizowanej na stacji bazowej Roztocze dominującym substratem dna był piasek. W rzekach Pokrzywiance i Czarnej Wodzie (stacja Święty Krzyż) występowała większa różnorodność substratu zarówno w obrębie poszczególnych odcinków jak i pomiędzy nimi. Badane odcinki charakteryzowały się dużym udziałem żwiru, gliny oraz mułu w substracie dna. W mniejszej ilości występowały także kamienie oraz piasek. Dużymi różnicami substratu pomiędzy poszczególnymi odcinkami badawczymi. Na odcinku zlokalizowanym najdalej w górze cieku (Sobolewo) dominował substrat kamienisto-żwirowy (w tym przypadku pod względem różnych cech odcinek była charakterystyczny dla rzek/potoków kamienisto-żwirowych). Na odcinek zlokalizowanym w środkowej części dominował piasek, a w dole cieku na odcinku przyujściowym do jeziora dominował muł. W przypadku Dopływu z J. Łękuk zaobserwować można dominację piasku oraz mułu i gliny w dnie.



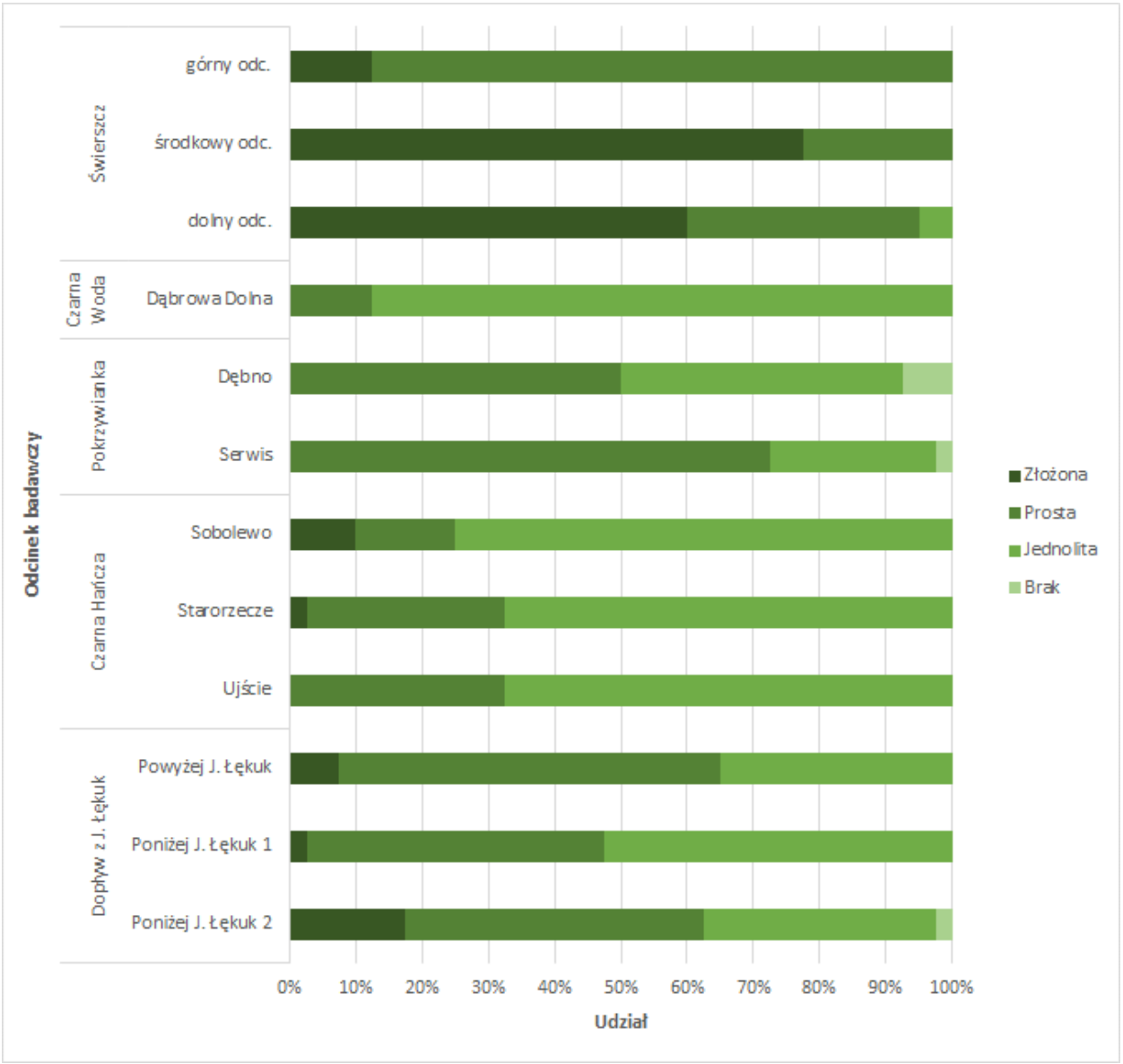
Ryc. 3.11.12. Substrat dna na badanych stanowiskach

Na badanych odcinkach odnotowano niewielką różnorodność przepływów. W większość analizowanych odcinków dominowała dwa typy przepływów o małej energii płynącej wody: gładki i niedostrzegalny (Ryc. 3.11.13). Przepływ wartki odnotowano jedynie w trzech odcinkach badawczych, a rwący w jednym. Pod względem przepływów najbardziej różnorodnym odcinkiem była Czarna Hańcza na stanowisku w Sobolowie. Dominowały tam szybkie typy przepływów (wartki i rwący), a występował także przepływ gładki. W jednym przypadku (Dopływ z J. Łękuk – Pow. J. Łękuk) zaobserwowano brak wody w korycie. W tym punkcie badawczym ciek ten charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami i niedużą ilością prowadzonej wody. W górnej części tego odcinka badawczego woda w ogóle nie występowała, natomiast w dolnej części woda płynęła w korycie, a pochodziła głównie z ujścia drenażu z pobliskich użytków zielonych doprowadzonego do cieku.



Ryc. 3.11.13. Udział różnych typów przepływu na badanych stanowiskach

Struktura roślinności na szczycie i stoku skarpy brzegu, odzwierciedlająca kompleksowość struktury tworzonej przez poszczególne grupy roślin, była zróżnicowana w ramach badanych odcinków (Ryc. 3.11.14). W większości z nich dominowały lub współdominowały struktura jednolita i prosta. Złożoną strukturę roślinności brzegowej (co najmniej cztery typy roślinności), związaną głównie z leśnymi odcinkami cieków, zanotowano w przypadku 3 rzek, ale dominowała ona jedynie na dwóch odcinkach rzeki Świerszcz (odcinek środkowy i dolny).



Ryc. 3.11.14. Struktura roślinności na stoku i szczycie brzegów

3.12.STRUKTURA I DYNAMIKA SZATY ROŚLINNEJ – J2

Wartość pokrycia powierzchni przez rośliny wg warstw (a, b, c, d)

Powierzchnie badawcze zlokalizowane są na działce ewid. nr 1092 w pobliżu osady Florianka. Działka ta jest własnością Skarbu Państwa położoną administrowana przez Roztoczański Park Narodowy (adres leśny: 98-86-1-04-02-247-d-00).W układzie administracyjnym działka ta zlokalizowana jest na terenie gruntów miejscowości Florianka, gmina Zwierzyniec, powiat zamojski, województwo lubelskie. W podziale fizycznogeograficznym Kondrackiego (2000) powierzchnie stałe zawierają się w obrębie następujących jednostek: Mezoregion Roztocze Środkowe, Makroregion Roztocze, Podprowincja Wyżyna Lubelsko-Lwowska, Prowincja Wyżyny Polskie. Z kolei w podziale biogeograficznym wg Matuszkiewicza (2008) badane powierzchnie stałe wchodzą w skład Okręgu Roztocze Środkowe, Krainy Roztoczańskiej i Działu Wyżyn Południowopolskich.Zgodnie z podziałem przyrodniczo-leśnym (Zielony, Kliczkowska 2010) badane powierzchnie położone są w następujących jednostkach: Kraina Małopolska, Mezoregion Roztocze Środkowe.

Przedmiotowe powierzchnie położone są na wysokości 240 m n.p.m. na łagodnym stoku opadającym łagodnie w kierunku NE. Powierzchnie stałe zlokalizowane są wewnątrz zwartego kompleksu leśnego na siedlisku boru mieszanego świeżego (BMŚw). Płaty fitocenozy leśnej objętej monitoringiem reprezentują wyżynny jodłowy bór mieszany *Abietetum polonicom* (Dziub. 1928) Br.-Bl. et Vlieger in Br.-Bl. et al. 1939. Wg Banku Danych Leśnych mapy drzewostanowej z roku 2011 drzewostan liczy 140 lat. Kompleks leśny w granicach którego zlokalizowana jest monitorowana powierzchnia położony jest na obszarze chronionym Roztoczańskiego Parku Narodowego na którym realizowana jest też ochrona w ramach sieci Natura 2000: Roztocze PLB060012 oraz Roztocze Środkowe PLH060017.

W poszczególnych warstwach lasu w granicach monitorowanych powierzchni wyraźnie zaznacza się zróżnicowany pod względem wiekowym dominujący udział jodły pospolitej *Abies alba*.

Wyższa warstwa drzewostanu „a1" jest wyraźnie zaznaczona (maksymalnie osiąga wartość pokrycia 60%). Widoczne są jednak luki (w obrębie kwadratu B i D osiąga tylko wartość 30%) (tab. 3.12.1., ryc. 3.12.2). W jej składzie zaznacza się dominacja jodły pospolitej *Abies alba*, która buduje warstwę wyższą drzewostanu we wszystkich kwadratach objętych monitoringiem w zakresie obligatoryjnym. Inne gatunki drzew: buk zwyczajny *Fagus sylvatica,* sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* oraz świerk pospolity *Picea abies*. Współtworzą warstwę „a1" w nie we wszystkich kwadratach i w znacznie mniejszych niż jodła ilościowościach.

Warstwa niższa drzewostanu „a2" jest bardzo dobrze wykształcona i osiąga wartości pokrycia tylko nieznacznie ustępujące warstwie „a1". Osiąga wartość pokrycia 20-40% (tab. 3.12.1., ryc. 3.12.3.).

Warstwa podszytu leśnego (warstwa „b") jest dobrze wykształcona – generuje pokrycie 10-30% (tab. 3.12.1., ryc. 3.12.4.). Zbudowana jest wyłącznie przez podrost drzew wchodzących w skład warstwy „a1" i „a2". Brakuje w niej gatunków krzewiastych (nanofanerofitów).

Warstwa runa leśnego (warstwa „c") jest bardzo słabo wykształcona (10%). Tylko w obrębie kwadratu C osiąga wartość pokrycia 30% (tab. 3.12.1., ryc. 3.12.5.). Cechuje się jednocześnie ubóstwem gatunkowym. Łącznie z siewkami i nalotem gatunków drzewiastych runo budowane jest przez 15 gatunków roślin naczyniowych.

Pokrycie warstwy porostowo-mszysta naziemnej (warstwa „d") wykazuje znaczące zróżnicowanie pomiędzy monitorowanymi kwadratami. W obrębie kwadratu D osiąga maksymalną wartość pokrycia 90%, podczas gdy w kwadracie A tylko 30% (tab. 3.12.1., ryc. 3.12.6.). Pokrycie warstwy porostowo-mszystej wyraźnie negatywnie komponuje się z pokryciem powierzchni przez ściółkę leśną (por. tab. 3.12.2. i ryc. 3.12.7.).

Tabela 3.12.1. Wartość pokrycia warstw roślinnych w % w roku 2016

Oznaczenie warstwy roślinnej	Oznaczenie kwadratu			
	A	B	C	D
a	0	0	0	0
a1	50	30	60	30
a2	40	40	20	30
b	10	20	10	30
c	10	10	30	10
d	30	70	60	90

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A											
B											
C											
D											

0	< 11	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	> 80

Ryc. 3.12.2. Dynamika zmian pokrycia w warstwie „a1"

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A											
B											
C											
D											

0	< 11	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	> 80

Ryc. 3.12.3. Dynamika zmian pokrycia w warstwie „a2"

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A											
B											
C											
D											

0	< 11	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	> 80

Ryc. 3.12.4.Dynamika zmian pokrycia w warstwie „b"

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	
A											
B											
C											
D											

0	< 11	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	> 80

Ryc. 3.12.5. Dynamika zmian pokrycia w warstwie „c”

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A											
B											
C											
D											

0	< 11	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	> 80

Ryc. 3.12.6. Dynamika zmian pokrycia w warstwie „d”

Pokrycie przez ściółkę

Pokrycie gleby przez ściółkę leśną na monitorowanych powierzchniach jest bardzo zróżnicowane. Osiąga maksymalnie wartość 70% w obrębie kwadratu A (tab. 3.12.2., ryc. 3.12.7.). Znaczący udział w zalegającej tam ściółce ma trudno rozkładające się listowie buka. W obrębie kwadratów, gdzie w drzewostanie występują wyłącznie iglaste gatunki drzew ściółka pokrywa od 10 do 30% powierzchni podłoża.

Tabela 3.12.2. Wartość pokrycia przez ściółkę w % w roku 2016

Oznaczenie kwadratu			
A	B	C	D
70	30	30	10

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A											
B											
C											
D											

0	< 11	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	> 80

Ryc. 3.12.7. Dynamika zmian pokrycia ściółki leśnej

Ogólna liczba gatunków w poszczególnych kwadratach

Łącznie na wszystkich czterech powierzchniach stwierdzono obecność 16 gatunków. Wskaźnik bogactwa gatunkowego w poszczególnych kwadratach zawiera się między 10 a 14 gatunkami (tab. 3.12.3.). W kolejnych edycjach monitoringu dynamika bogactwa ogólnego oraz w poszczególnych warstwach zilustrowana zostanie serią wykresów liniowych (dla każdego kwadratu odrębny wykres).

Tabela 3.12.3. Bogactwo gatunkowe roślin naczyniowych w poszczególnych warstwach leśnych w roku 2016

Oznaczenie warstwy leśnej	Oznaczenie kwadratu				
	A	B	C	D	A+B+C+D
a	0	0	0	0	0
a1	4	2	3	3	4
a2	1	2	1	3	3
b	3	4	4	4	4
c	9	9	12	13	15
Razem*	10	10	13	14	16

*Uwaga! Niektóre gatunki w obrębie kwadratu mogły wystąpić w więcej, niż jednej warstwie

Struktura zbiorowiska roślinnego wyrażona współczynnikiem pokrycia gatunków w skali Braun-Blanqueta

Fitocenozy badanych płatów roślinnych reprezentują zbiorowisko wyżynnego jodłowego boru mieszanego *Abietetum polonicom* (Dziub. 1928) Br.-Bl. et Vlieger in Br.-Bl. et al. 1939. W składzie gatunkowym zdecydowanie dominują acydofilne gatunki z klasy *Vaccinio-Piceetea*. Sporadycznie towarzyszą im gatunki siedlisk żyźniejszych z klasy *Querco-Fagetea* (tab. 3.12.4.).

Drzewostan pod względem struktury warstwowej jest zróżnicowany. W warstwie „a1" występuje przede wszystkim jodła pospolita *Abies alba*. Towarzyszy jej świerk pospolity *Picea abies* oraz sosna zwyczajna *Pinus sylvestris*. W kwadracie A znaczący jest udział buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* w warstwie „a1".

W niższej warstwie drzewostanu „a2" największe znaczenie ma także jodła pospolita *Abies alba*. Znacznie mniej zauważalny jest udział świerka pospolitego *Picea abies* i buka zwyczajnego *Fagus sylvatica*.

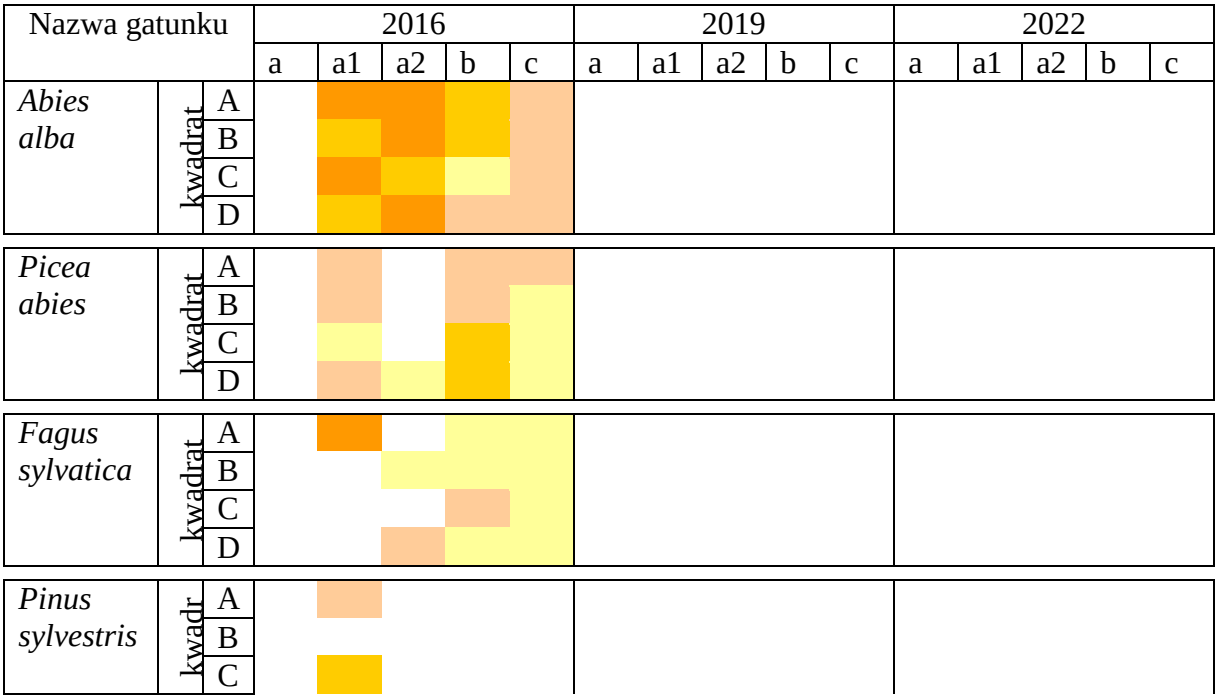
W bardzo dobrze wykształconej warstwie podszytu leśnego (warstwa „b") największe znaczenie ma podszyt jodły i świerku (tab. 3.12.4.). W tej warstwie brakuje jednak gatunków krzewiastych. Jedynie jarząb pospolity *Sorbus aucuparia* bywa sporadycznie obserwowany.

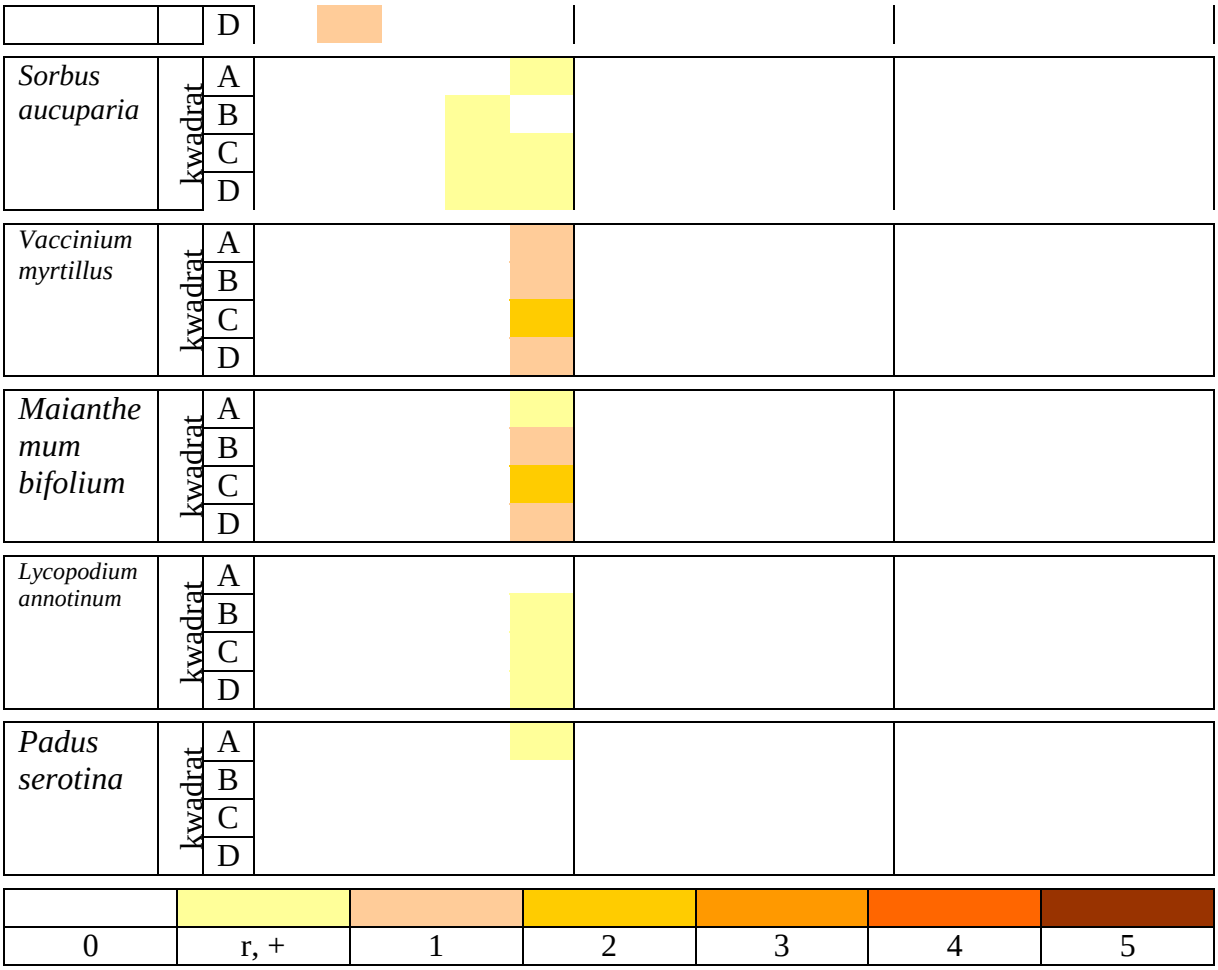
W ubogim pod względem gatunkowym runie leśnym (warstwa „c") wyraźnym dominantem jest borówka czernica *Vaccinium myrtillus* i konwalijka dwulistna *Maianthemum bifolium* (maks. wartość indeksu B.-B. =2). Pozostałe gatunki nie przekraczają wartości indeksu B.-B. =1.

Tabela 3.12.4. Tabela fitosocjologiczna roślinności (wartość pokrycia gatunku w warstwie wyrażona w skali Braun-Blanqueta) – stan w roku 2016

Wykaz gatunków	Numer kwadratu															
	A				B				C				D			
	Oznaczenie warstwy															
	a1	a2	b	c	a1	a2	b	c	a1	a2	b	c	a1	a2	b	c
Ch. *Querco-Fagetea*																
Abies alba	3	3	2	1	2	3	2	1	3	2	+	1	2	3	1	1
Fagus sylvatica	3		+	+		+	+	+			1	+		1	+	r
Oxalis acetosella				+				+				+				+
Ch. *Vaccinio-Piceetea*																
Dryopteris carthusiana				+				+				1				1
Frangula alnus								r				r				
Luzula pilosa												+				+
Lycopodium annotinum								r				+				+
Maianthemum bifolium				+				1				2				1
Picea abies	1		1	1	1		1	+	+		2	+	1	+	2	+
Pinus sylvestris	1								2				1			
Pteridium aquilinum																+
Sorbus aucuparia				+			r				+	r			+	+
Trientalis europaea												+				+
Vaccinium myrtillus				1				1				2				1
Inne																
Carex pallescens																r
Padus serotina				+												

Na rycinie 3.12.8. zaprezentowano stan zasobów wybranych gatunków mających znaczenie diagnostyczne, dominujących lub istotnych z perspektywy dynamiki monitorowanych płatów roślinnych.





Ryc. 3.12.8. Dynamika zasobów wybranych gatunków wyrażona wartością współczynnika Braun-Blanqueta

Jodła pospolita *Abies alba* tworzy górny pułap drzewostanu. Osiąga wartość indeksu B.-B.=3. Jest też dominującym drzewem w warstwie „a2". Regularna obecność jodły w warstwie „b" oraz w warstwie „c" wskazuje na intensywny i efektywny proces obsiewania się tego gatunku na monitorowanych powierzchniach.

Świerk pospolity *Picea abies* notowany był zarówno w warstwie „a1" (maksymalna wartość indeksu B.-B. =1), w warstwie „a2" (tylko w kwadracie D), jak i w warstwie podszytu leśnego (warstwa „b") i w runie leśnym (warstwa „c"). Świerk, podobnie jak jodła także intensywnie się też obsiewa.

Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* w warstwie „a1" notowany był tylko w granicy kwadratu A (wartość indeksu B.-B. =3). Notowany jest też w warstwie „a2" (kwadraty B i D). Jest stałym elementem warstwy podszytu leśnego (warstwa „b") i runa leśnego (warstwa „c").

Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* notowana była wyłącznie w warstwie „a1". Jej brak w niższych warstwach lasu wskazuje na brak możliwości regeneracji generatywnej. Jej obecność prawdopodobnie łączyć można z przeszłym użytkowaniem gospodarczym lasu.

W warstwie podszytu niewielkie znaczenie ma jarząb pospolity *Sorbus aucuparia*. Notowany był z wartością pokrycia równoważną indeksowi B.-B. =+ oraz r. W podszycie (tylko w kwadracie A) sporadycznie występuje czeremcha amerykańska *Padus serotina*. Interesującym pod względem

poznawczym będzie dalsza obserwacja tempa ekspansji tego adwentywnego gatunku postrzeganego w wielu regionach Polski niżowej, jako zdecydowanie inwazyjnego.

W runie leśnym dominujący jest udział liczebny acydofilnych gatunków borowych. Z wyjątkiem borówki czernicy *Vaccinium myrtillus* oraz konwalijki dwulistnej *Maianthemum bifolium,* który dość regularnie notowane były na wszystkich powierzchniach monitorowanych (maks. wartość indeksu B.-B. =2) zdecydowana większość obserwacji pozostałych gatunków występujących w runie dotyczy najniższych wartości indeksu B.-B. (tab. 3.12.4., ryc. 3.12.8.).

Liczba gatunków o ilościowości <1% (w skali Braun-Blanqueta = „r" lub „+")

Gatunki sporadycznie notowane wystąpiły we wszystkich monitorowanych kwadratach. Ich liczebność w poszczególnych kwadratach wykazuje nieznaczne różnice – wynosi od 5 do 8 gatunków. W relacji do pełnego składu florystycznego poszczególnych kwadratów gatunki sporadycznie obserwowane stanowiły od 50,0 do 60,0% wszystkich gatunków.

Tabela 3.12.5. Liczba gatunków sporadycznie notowanych (wartość pokrycia terenu znikome, tj. < 1% - w skali Braun-Blanqueta = „r" lub „+")*

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A	5										
B	6										
C	7										
D	8										

*Uwaga! W przypadku gdy gatunek wystąpił przynajmniej w dwóch warstwach, to uwzględniono łączną sumę jego pokrycia w rzucie pionowym

Liczba gatunków o ilościowości >25% (w skali Braun-Blanqueta > 2)

Wartość pokrycia 25% (przynajmniej w jednym kwadracie) osiągnęły 3 gatunki: jodła pospolita *Abies alba*, świerk pospolity *Picea abies,* oraz buk zwyczajny *Fagus sylvatica*.

W warstwie „a1" wartość indeksu B.-B. =3 osiąga jodła pospolita *Abies alba*. Występuje ona licznie też w niższych warstwie drzewostanu „a2" osiągając także wartość indeksu B.-B. =3. Zdecydowanie mniejsze znaczenie ma świerk pospolity *Picea abies* oraz buk zwyczajny *Fagus sylvatica*.

W warstwie „b" żaden z gatunków nie przekroczył 25% pokrycia. W tej warstwie maksymalną wartość indeksu B.-B. =2 osiągnęły: jodła pospolita *Abies alba* oraz świerk pospolity *Picea abies* (kwadrat A i C).

W warstwie „c" żaden z gatunków nie przekroczył wartości pokrycia przynajmniej 25%.

Tabela 3.12.6. Liczba gatunków obficie występujących (wartość pokrycia terenu > 25% - w skali Braun-Blanqueta > 2)*

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A	2										
B	1										
C	2										
D	1										

*Uwaga! W przypadku gdy gatunek wystąpił przynajmniej w dwóch warstwach, to uwzględniono łączną sumę jego pokrycia w rzucie pionowym

Struktura flory (w płaszczyźnie systematycznej, form życiowych Raunkiaera, geograficzno-historycznej)

Łącznie we florze czterech monitorowanych powierzchni reprezentowanych jest 16 rodzajów. W granicach monitorowanych powierzchni obserwowano przedstawicieli 10 do 14 rodzajów. Wszystkie rodzaje reprezentowane są po jednym gatunku.

Tabela 3.12.7. Liczba rodzajów

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A	10										
B	10										
C	13										
D	14										

Łącznie we florze czterech monitorowanych powierzchni reprezentowanych jest 13 rodzin. W poszczególnych kwadratach obserwacyjnych występują przedstawiciele 7-12 rodzin (tab. 3.12.8.). Najliczniej reprezentowana jest rodzina sosnowatych *Pinaceae* (3) i różowatych *Rosaceae* (2 gatunki). Pozostałe 11 rodzin reprezentowane są po jednym gatunku.

Tabela 3.12.8. Liczba rodzin

Nr kwadratu	Lata obserwacji										
	2016	2019	2022	2025	2028	2031	……	……	……	……	….
A	7										
B	9										
C	11										
D	12										

We florze czterech monitorowanych powierzchni reprezentowanych jest 5 głównych kategorii form życiowych (tab. 3.12.9., ryc. 3.12.9.).

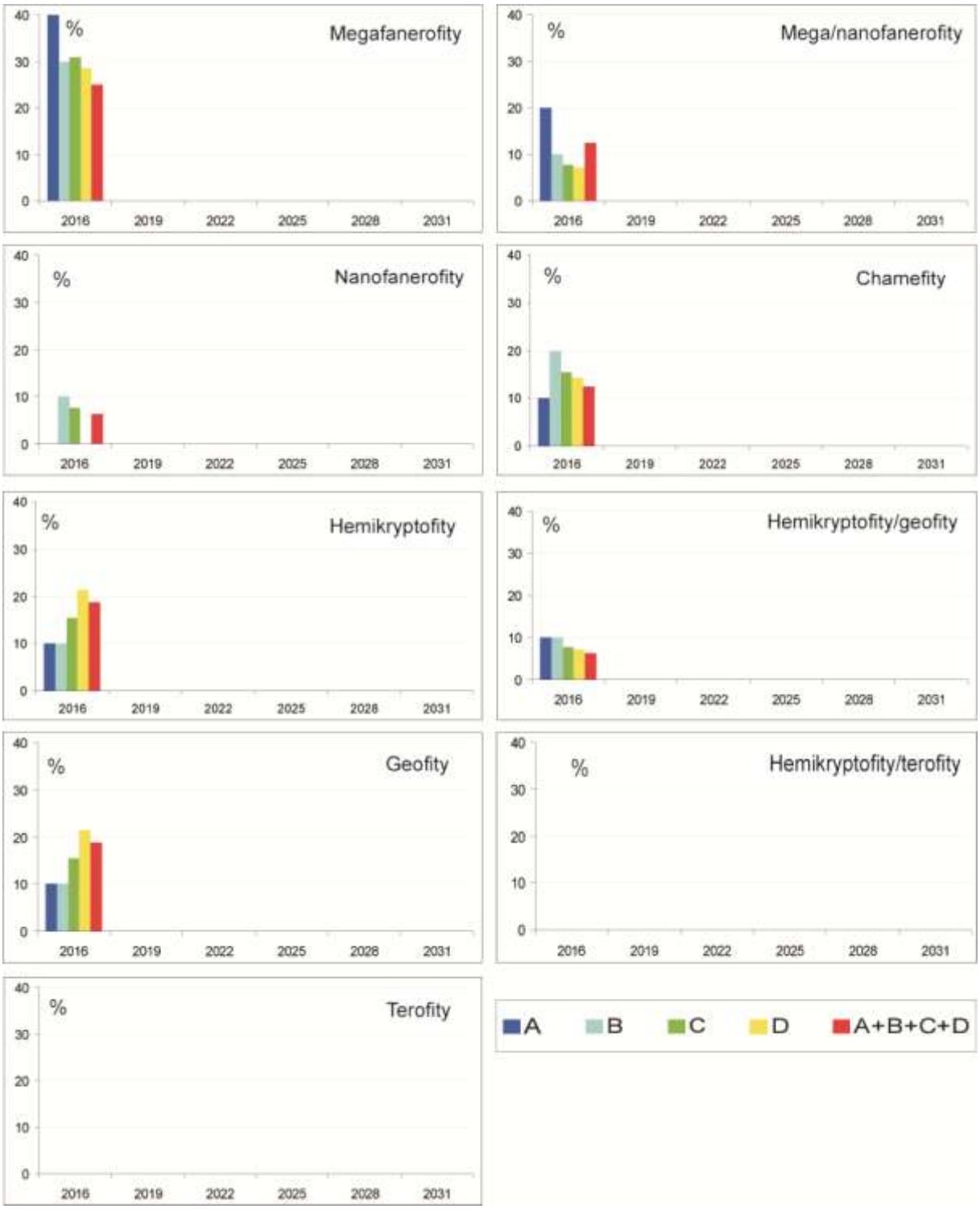
Pod względem liczebnym przewagę mają megafanerofity: 3-4 gatunki, co stanowi 28,6 do 40,0% bogactwa gatunkowego poszczególnych kwadratów.

W składzie gatunkowym runa leśnego dość trudno jest wskazać na grupę dominującą. Relatywnie najliczniejsze hemikryptofity (naziemnopączkowe) reprezentowane są zaledwie przez 1-3 gatunki (10,0 do 21,4% flory).

Na monitorowanych powierzchniach nie stwierdzono obecności gatunków jednorocznych (terofitów).

Tabela 3.12.9. Liczebność gatunków reprezentujących formy życiowe Raunkiaera (dane z roku 2016)

Kategorie form życiowych Raunkiaera	Oznaczenie kwadratu									
	A		B		C		D		A+B+C+D	
	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%
megafanerofity (M)	4	40,0	3	30,0	4	30,8	4	28,6	4	25
mega/nanofanerofity (M/N)	2	20,0	1	10,0	1	7,7	1	7,1	2	12,5
nanofanerofity (N)	0	0,0	1	10,0	1	7,7	0	0	1	6,3
chamefity (Ch(C))	1	10,0	2	20,0	2	15,4	2	14,3	2	12,5
hemikryptofity (H)	1	10,0	1	10,0	2	15,4	3	21,4	3	18,8
Hemikryptofit/geofit (H/G)	1	10,0	1	10,0	1	7,7	1	7,1	1	6,3
geofit (G)	1	10,0	1	10,0	2	15,4	3	21,4	3	18,8
Hemikryptofit/terofit (H/T)	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
terofity (T)	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Razem	10	100	10	100	13	100	14	100	16	100



Ryc. 3.12.9. Zmiany w strukturze form życiowych Raunkiaera

Grupą gatunków, których zasoby osiągają wartości indeksu B.-B. =3 są megafanerofity reprezentowane przede wszystkim przez jodłę pospolitą *Abies alba*.

Spośród głównych grup form życiowych najmniej obficie występują nanofanerority, tj. krzewy, którym przypisano wartość wskaźnika B.-B. =r. Gatunki jednoroczne (terofity) na monitorowanych w roku 2016 powierzchniach w ogóle nie wystąpiły .

Tabela 3.12.10. Rozkład liczebny notowań gatunków reprezentujących formy życiowe Raunkiaera wg wartości indeksu B.-B. (dane z roku 2016)

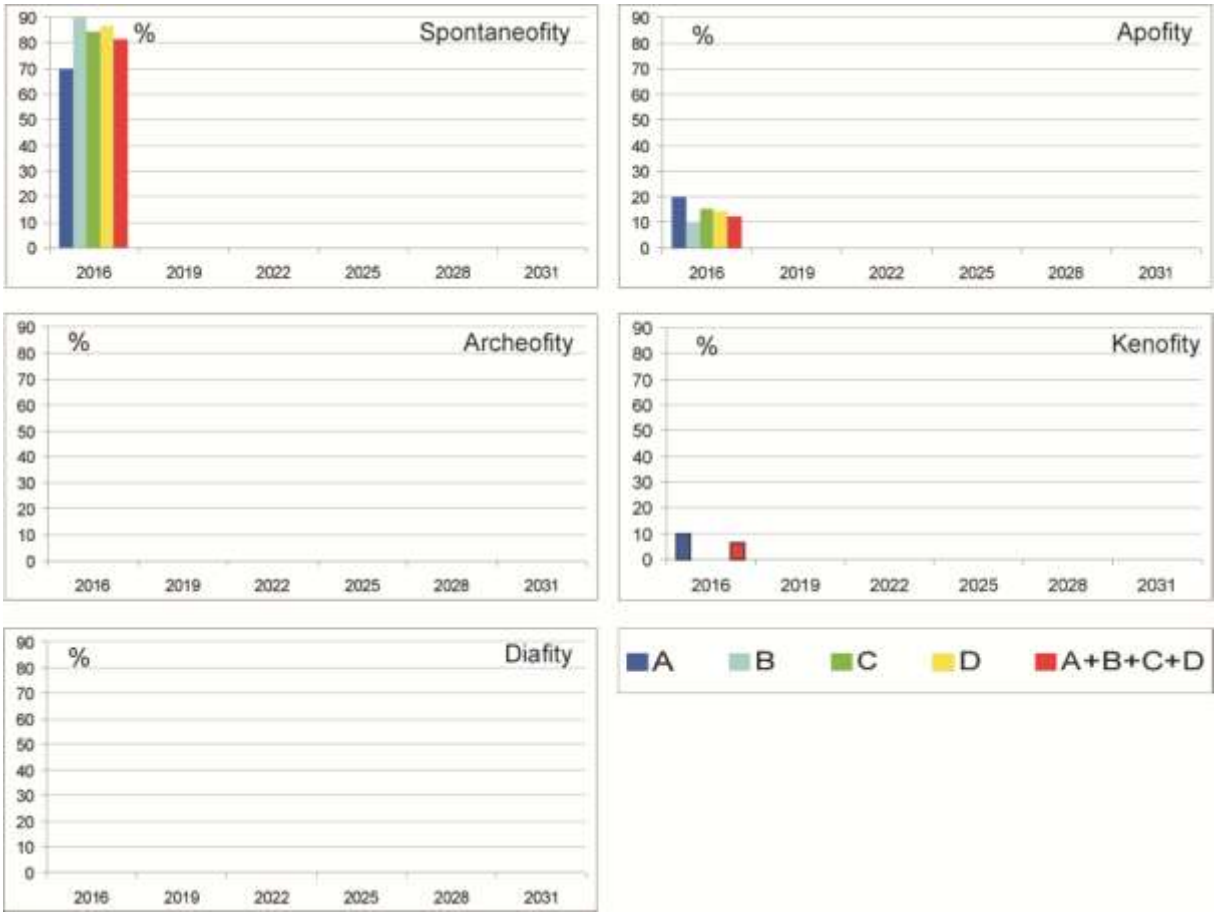
Wartość indeksu B.-B.	Liczba notowań gatunków reprezentujących grupę form życiowych								
	M	M/N	N	Ch(C)	H	G	H/G	H/T	T
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	6	0	0	0	0	0	0	0	0
2	8	0	0	1	1	1	0	0	0
1	15	0	0	3	2	2	0	0	0
+	13	5	0	2	6	4	4	0	0
r	1	2	2	1	88	0	0	0	0
razem	43	7	2	7	97	7	4	0	0

Ryc. 3.12.10. Częstotliwość uzyskiwania ocen pokrycia w skali Braun-Blanqueta przez grupy form życiowych Raunkiaera

Na powierzchniach monitorowanych stwierdzono niemal wyłącznie gatunki rodzime (tab. 3.12.11., ryc. 3.12.11.). Pod względem liczebnym zdecydowaną przewagę mają spontaneofity niesynantropijne – stanowią 81,3% flory. Jedynym gatunkiem obcym (kenofitem) jest czeremcha amerykańska *Padus serotina*. Odnotowano jej pojedyncze wystąpienie, tylko w na powierzchni kwadratu A z wartością pokrycia B.-B. = +.

Tabela 3.12.11. Liczebność gatunków reprezentujących grupy geograficzno-historyczne (dane z roku 2016)

Grupy geograficzno-historyczne	Oznaczenie kwadratu									
	A		B		C		D		A+B+C+D	
	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%
spontaneofity (Sp)	7	70,0	9	90,0	11	84,6	12	86,7	13	81,3
apofity (Ap)	2	20,0	1	10,0	2	15,4	2	14,3	2	12,5
archeofity (Ar)	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
kenofity (Kn)	1	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	6,3
diafity (D)	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Razem	10	100	10	100	13	100	14	100	16	100

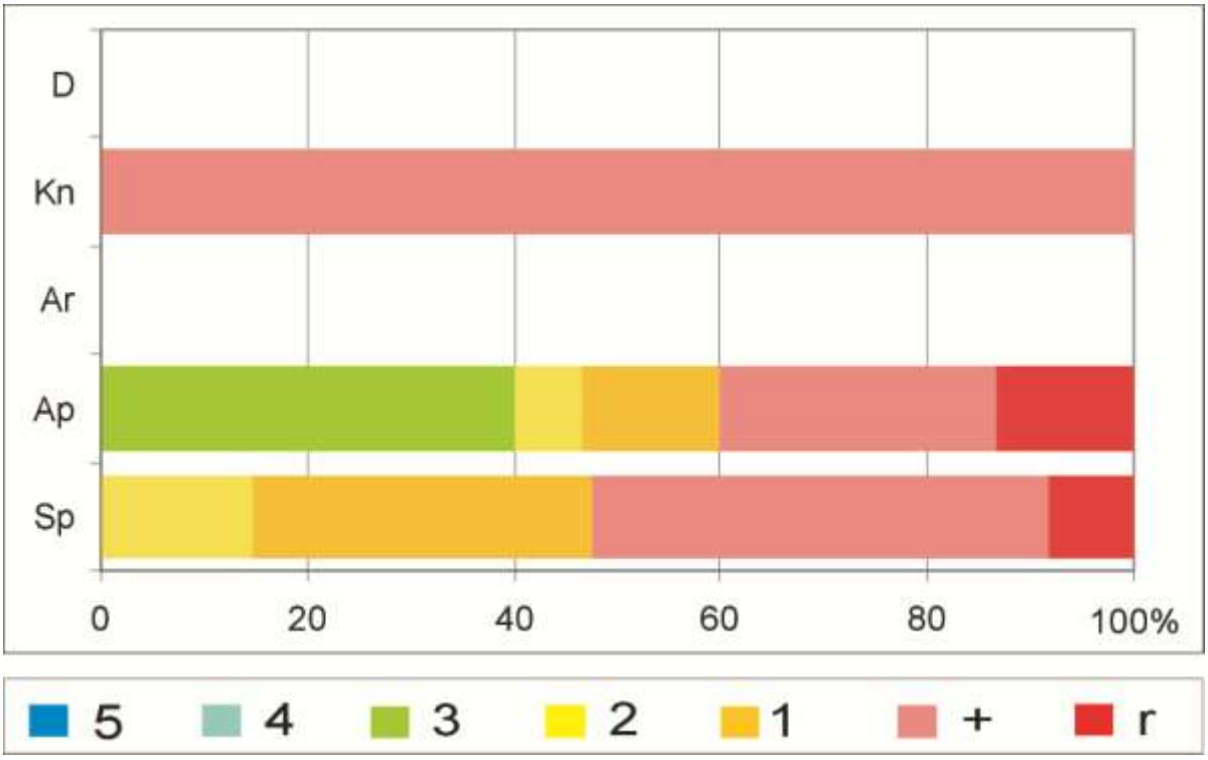


Ryc. 3.12.11. Zmiany w strukturze geograficzno-historycznej

Liczebna dominacja spontaneofitów niesynantropijnych nad synantropijnymi na monitorowanych powierzchniach nie przekłada się zbyt wyraźnie na frekwencje wystąpień z wyższymi wartościami indeksu B.-B. (tab. 3.12.12., ryc. 3.12.12.). Gatunki rodzime synantropijne występowały z indeksem B.-B. =3, podczas, gdy niesynantropijne najwyżej indeksem B.-B =2.

Tabela 3.12.12. Rozkład liczebny notowań gatunków reprezentujących formy życiowe Raunkiaera wg wartości indeksu B.-B. (dane z roku 2016)

Wartość indeksu B.-B.	Liczba notowań gatunków reprezentujących grupę geograficzno-historyczną				
	Sp	Ap	Ar	Kn	D
5	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
3	0	6	0	0	0
2	9	1	0	0	0
1	20	2	0	0	0
+	27	4	0	1	0
r	5	2	0	0	0
razem	61	15	0	1	0

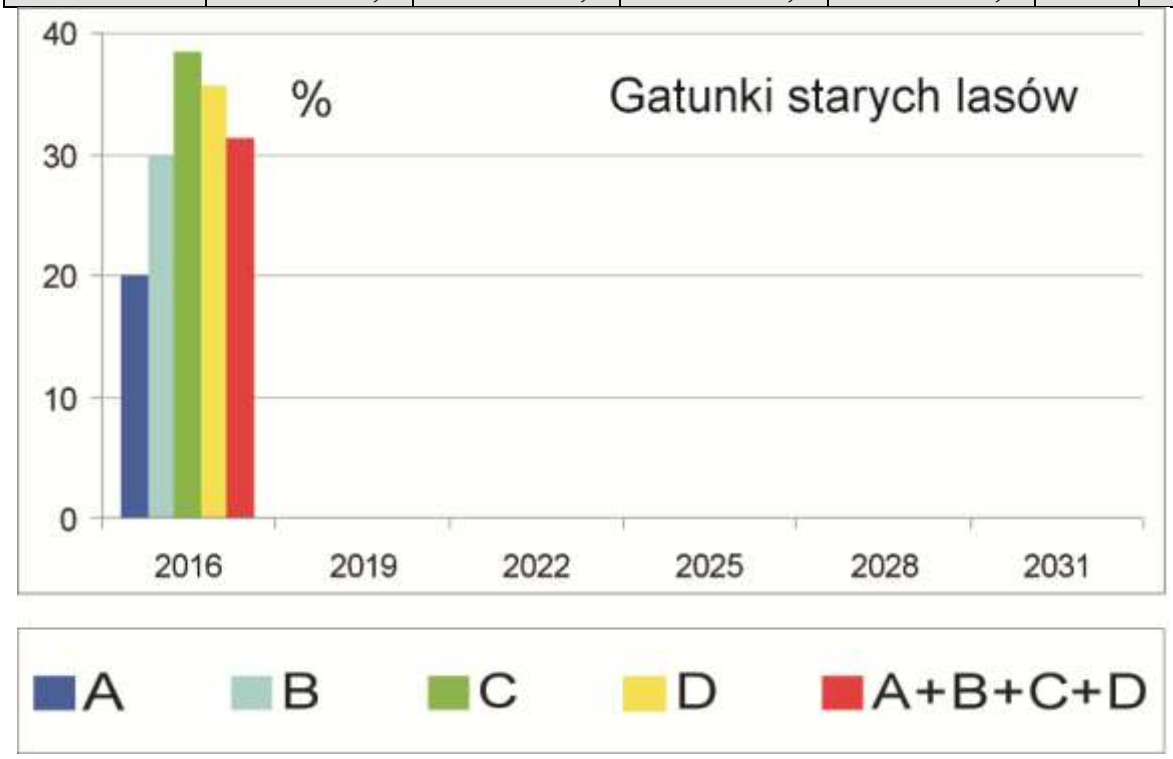


Ryc. 3.12.12. Częstotliwość uzyskiwania ocen pokrycia w skali Braun-Blanqueta przez grupy geograficzno-historyczne

Na powierzchniach monitorowanych odnotowano relatywnie znaczący udział gatunków spełniających kryteria gatunku „starych lasów" – stanowią 31,3% flory (tab. 3.12.13., ryc. 3.12.13.). Maksymalnie osiągają wartość indeksu B.-B. = 2 (tab. 3.12.14., ryc. 3.12.14.).

Tabela 3.12.13. Liczebność gatunków reprezentujących kategorię gatunków „starych lasów” (dane z roku 2016)

Gatunki „starych lasów”	Oznaczenie kwadratu									
	A		B		C		D		A+B+C+D	
	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%	l. gat.	%
gatunki „starych lasów”	2	20,0	3	30,0	5	38,5	5	35,7	5	31,3
gatunki pozostałe	8	80,0	7	70,0	8	61,5	9	64,3	11	68,8
Razem	10	100,0	10	100,0	13	100,0	14	100,0	16	100,0



Ryc. 3.12.13. Zmiany liczebności gatunków „starych lasów”

Tabela 3.12.14. Rozkład liczebny notowań gatunków reprezentujących gatunki „starych lasów” wg wartości indeksu B.-B. (dane z roku 2016)

Wartość indeksu B.B	Liczba notowań gatunków reprezentujących gatunki „starych lasów”	
	gat. starych lasów	pozostałe
5	0	0
4	0	0
3	0	6
2	1	9
1	2	20
+	11	21
r	1	6
razem	15	61

Ryc. 3.12.14. Częstotliwość uzyskiwania ocen pokrycia w skali Braun-Blanqueta przez gatunki „starych lasów”

Elementy charakterystyki dendrologicznej

Wg Banku Danych Leśnych z roku 2011 drzewostan monitorowanych powierzchni liczy 140 lat (VII klasa wieku). Jest dwuwarstwowy: warstwę wyższą drzewostanu (a1) tworzy jodła pospolita *Abies alba*. Znacznie mniejsze znaczenie ma świerk pospolity *Picea abies*, buk zwyczajny *Fagus sylvatica* i sosna zwyczajna *Pinus sylvestris*. Podobne relacje miedzy wymienionymi gatunkami drzew zachodzą w warstwie niższej drzewostanu (a2) Jedyną różnicą jest brak sosny w warstwie „a2”.

Łącznie w warstwie „a1” rośnie 36 egzemplarzy drzew (24 jodły, 5 sosen, 3 buki i 4 świerki) (tab. 3.12.15.). Jodła najczęściej reprezentowany jest przez drzewa o pniach w obwodzie 81-90 cm (5 drzew). Wartości skrajne to obwód 79 cm (kwadrat A) oraz 227 cm (kwadrat B). Średnia wartość obwodu jodeł dla wszystkich powierzchni w warstwie „a1” wynosi 108,4 cm.

Tabela 3.12.15. Rozkład liczebny drzew gatunkami w klasach wartości obwodu w pierśnicy w warstwie „a” oraz „a1” (dane z roku 2016)

Gatunek drzewa	Obwód w pierśnicy [cm]	Oznaczenie kwadratu				
		A	B	C	D	A+B+C+D
Abies alba	71-80	1	-	-	-	1
	81-90	1	2	1	1	5
	91-100	-	1	1	1	3
	101-110	-	1	2	-	3
	111-120	2	-	-	1	3
	121-130	-	-	1	-	1
	131-140	-	1	1	1	3
	141-150	-	-	1	-	1
	151-160	1	-	-	-	1
	161-170	1	-	-	1	2
	221-230	-	1	-	-	1
	liczba drzew	6	6	7	5	24
	wartość średnia obwodu	108,0	121,3	114,0	129,6	108,4
Picea abies	101-110	-	-	1	-	1
	111-120	-	-	-	-	-
	121-130	1	-	-	-	1
	131-140	-	-	-	-	-

	141-150	-	-	-	-	-
	151-160	-	-	-	1	1
	161-170	-	-	-	-	-
	171-180	-	1	-	-	1
	Liczba drzew	1	1	1	1	4
	wartość średnia obwodu	124,0	174,0	110,0	157,0	141,3

Pinus sylvestris	141-150	-	-	-	1	1
	151-160	1	-	-	-	1
	161-170	-	-	-	-	-
	171-180	-	-	1	-	1
	181-190	-	-	-	-	-
	191-200	-	-	-	-	-
	201-210	-	-	2	-	2
	Liczba drzew	1	-	3	1	5
	wartość średnia obwodu	157,0	-	194,3	141,0	176,2

Fagus sylvatica	121-130	1	-	-	-	1
	131-140	-	-	-	-	-
	141-150	-	-	-	-	-
	151-160	-	-	-	-	-
	161-170	-	-	-	-	-
	171-180	-	-	-	-	-
	181-190	-	-	-	-	-
	191-200	-	-	-	-	-
	201-210	1	-	-	-	1
	211-220	-	-	-	-	-
	221-230	1	-	-	-	1
	Liczba drzew	3	-	-	-	3
	wartość średnia obwodu	184,3	-	-	-	184,3

Warstwę niższą „a2” (tylko kwadrat D) tworzy jodła, świerk i buk. Łącznie w tej warstwie leśnej stwierdzono 91 egzemplarze jodeł. Średnia wartość obwodu jodły w warstwie „a2” wynosi 36,1 cm (tab. 3.12.16.). Wartości skrajne obwodu jodeł tworzących warstwę „a2” wynoszą w pierśnicy: 18 cm oraz 76 cm.

Tabela 3.12.16. Rozkład liczebny drzew gatunkami w klasach wartości obwodu w pierśnicy w warstwie „a2” (dane z roku 2016)

Gatunek drzewa	Obwód w pierśnicy [cm]	Oznaczenie kwadratu				
		A	B	C	D	A+B+C+D
Abies alba	11-20	2	8	-	2	12
	21-30	9	11	3	9	42
	31-40	5	5	3	3	14
	41-50	3	6	1	3	13
	51-60	1	2	3	5	11

	61-70	1	-	1	2	4
	71-80	1	-	1	1	3
	liczba drzew	22	32	12	25	91
	wartość średnia obwodu	35,2	30,3	44,9	39,9	36,1

Picea abies	11-20	-	-	-	-	-
	21-30	1	-	-	-	1
	31-40	-	-	-	-	-
	41-50	-	-	-	1	1
	Liczba drzew	1	-	-	1	2
	wartość średnia obwodu	22,0	-	-	49,0	36,5

Fagus sylvatica	11-20	-	-	1	-	1
	21-30	-	1	-	3	4
	31-40	-	-	-	1	1
	41-50	-	-	-	-	-
	51-60	-	1	-	-	1
	Liczba drzew	-	2	1	4	7
	wartość średnia obwodu	-	36,5	16,0	26,3	27,7

Zasoby martwego drewna stojącego

W roku 2016 stwierdzono 8 martwych drzewo: 7 jodeł i 1 świerk. Ogółem objętość martwego drewna stojącego wynosi 0,41m^3 (tab. 3.12.17.).

Tabela 3.12.17. Zasoby martwego drewna stojącego (dane z roku 2016)

Gatunek drzewa	Nazwa parametru	Oznaczenie kwadratu				
		A	B	C	D	A+B+C+D
Abies alba	liczba drzew	3	1	1	2	7
	objętość [m^3]	0,09	0,02	0,02	0,11	0,24
Picea abies	liczba drzew	-	-	1	-	1
	objętość [m^3]	-	-	0,17	-	0,17
Razem	liczba drzew	3	1	2	2	8
	objętość [m^3]	0,09	0,02	0,19	0,11	0,41

Zasoby martwego drewna leżącego

W roku 2016 stwierdzono 7 leżących kłód: 6 jodłowych i 1 świerkowa. Ogółem objętość martwego drewna zalegającego na dnie lasu monitorowanych powierzchni wynosi 1,37 m^3 (tab. 3.12.18.).

Tabela 3.12.18.. Zasoby martwego drewna leżącego (dane z roku 2016)

Gatunek drzewa	Nazwa parametru	Oznaczenie kwadratu				
		A	B	C	D	A+B+C+D
Abies alba	liczba kłód	1	1	2	2	6
	objętość [m^3]	0,07	0,33	0,18	0,26	0,84
Picea abies	liczba kłód	-	-	1	-	1
	objętość [m^3]	-	-	0,53	-	0,53
Razem	liczba drzew	1	1	3	2	7
	objętość [m^3]	0,07	0,33	0,71	0,26	1,37

3.13. GATUNKI INWAZYJNE OBCEGO POCHODZENIA – ROŚLINY – J3

Program realizowano zarówno na terenie całej zlewni badawczej (monitoring ogólny), jak i na 12 stałych stanowiskach - powierzchniach 10 x 10 m, na których wyznaczono po 5 powierzchni próbnych 1 x 1 m (monitoring szczegółowy).

Na potrzeby monitoringu ogólnego cały obszar zlewni badawczej został pokryty siatką MGRS (Military Grid Reference System) 100 x 100 m (łącznie 4886 kwadratów), opartej na układzie UTM (Universal Transverse Mercator). Wyniki monitoringu ogólnego - lokalizacja stanowiska z podaniem gatunku rośliny inwazyjnej, zostały naniesione na mapę zlewni z siatką MGRS.

Monitoring ogólny (cała zlewnia badawcza)

Poszukiwania stanowisk roślin obcego pochodzenia - gatunków inwazyjnych prowadzone były w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego. Dokładnej penetracji dokonano na pond 60% powierzchni zlewni (3144 z 4886 kwadratów). Stopień zbadania zlewni przedstawia rycina 3.13.1. Gatunków inwazyjnych nie stwierdzono na 40% powierzchni zlewni badawczej (1276 z 3144 kwadratów).

Łącznie na terenie zlewni Świerszcza stwierdzono w 2016 roku obecność 38 gatunków roślin inwazyjnych obcego pochodzenia (Tab. 3.13.1) co stanowi 4,25% wszystkich gatunków roślin naczyniowych na tym terenie. Niektóre gatunki o podobnym wyglądzie skartowano łącznie, to jest: nawłoć późna i kanadyjska, włośnica zielona i sina oraz rdestowce. Nie kartowano gatunków o małych rozmiarach, trudnych do zauważenia i nie wykazujących inwazyjności w warunkach Roztocza. Do najbardziej rozpowszechnionych należą dwa gatunki roślin zielnych pochodzących z Ameryki Północnej: przymiotno białe – bylina oraz konyza kanadyjska – roślina roczna. Rosną jako chwasty w uprawach, na nieużytkach, wzdłuż ciągów komunikacyjnych głęboko wnikają w kompleksy leśne. Występują na około 35% powierzchni zlewni. Ponad 30% pokrycia mają dwa inne północno-amerykańskie gatunki: czeremcha amerykańska – drzewo lub krzew, oraz nawłoć późna – bylina. Są one bardzo niebezpieczne dla rodzimej flory, gdyż bardzo dynamicznie się rozprzestrzeniają i tworzą zwarte, jednogatunkowe zarośla uniemożliwiając rozwój rodzimym gatunków.

Tab. 3.13.1. Obce inwazyjne gatunki roślin stwierdzone na terenie zlewni badawczej Świerszcza w roku 2016 (za stanowisko przyjęto pojedynczy kwadrat MGRS)

Lp.	Nazwa łacińska	Nazwa polska	Liczba stwierdzeń		Uwagi
				% pow.	
GATUNKI ZADOMOWIONE – INWAZYJNE W SKALI KRAJU					
1	*Acer negundo*	Klonjesionolistny	**19**	**0,6**	
2	*Amaranthus retroflexus*	Szarłat szorstki	**44**	**1,4**	
3	*Avena fatua*	Owies głuchy	**90**	**2,9**	
4	*Bidens frondosa*	Uczepamerykańsk	**29**	**0,9**	
5	*Bromus carinatus*	Stokłosaspłaszczona	**19**	**0,6**	
6	*Conyza canadensis*	Konyzakanadyjska	**1080**	**34,4**	
7	*Echinochloa crus-galli*	Chwastnicajednostronna	**190**	**6,0**	
8	*Echinocystis lobata*	Kolczurkaklapowana	**15**	**0,5**	
9	*Elodea canadensis*	Moczarkakanadyjska	x	x	Nie kartowano, roślina wodna
10	*Erigeron annuus*	Przymiotnobiałe	**1185**	**37,7**	
11	*Fraxinus pennsylvanica*	Jesionpensylwański	**26**	**0,8**	

12	*Galinsoga ciliata*	Żółtlicaowłosiona	**183**	**5,8**	
13	*Galinsoga parviflora*	Żółtlicadrobnokwiatowa	**275**	**8,7**	
14	*Helianthus tuberosus*	Słonecznikbulwiasty	**35**	**1,1**	
15	*Heracleum sosnowskyi*	BarszczSosnowskiego	**1**	x	
16	*Impatiens glandulifera*	Niecierpekgruczołowaty	**1**	x	
17	*Impatiens parviflora*	Niecierpekdrobnokwiatowy	**153**	**4,9**	
18	*Lupinus polyphyllus*	Łubin trwały	x	x	Nie kartowano w warunkach lokalnych nieinwazyjny
19	*Oxalis fontana*	Szczawik żółty	x	x	Nie kartowano – trudny do zauważenia
20	*Padus serotina*	Czeremchaamerykańska	**965**	**30,7**	
21	*Quercus rubra*	Dąb czerwony	**98**	**3,1**	
22	*Reynoutriasp.*	Rdestowiec	**4**	**0,1**	Nie rozróżniano gatunków rdestowców
23	*Robinia pseudoacacia*	Robinia (akacjowa)	**100**	**3,2**	
24	*Setaria pumila*	Włośnica sina	x	x	Kartowano łącznie z włośnicą zieloną
25	*Setaria viridis*	Włośnica zielona	**882**	**28,3**	Liczniejsza niż włośnica sina, przeważa na większości kwadratów
26	*Solidago canadensis*	Nawłoć kanadyjska	x	x	Kartowano łącznie nawłocią późną
27	*Solidago gigantea*	Nawłoć późna	**975**	**31,0**	Liczniejsza niż nawłoć kanadyjska, przeważa na większości kwadratów
28	*Veronica persica*	Przetacznik perski	x	x	Nie kartowano – trudny do zauważenia
GATUNKI ZADOMOWIONE – INWAZYJNE REGIONALNIE					
29	*Ambrosia artemisiifolia*	Ambrozja bylicolistna	**2**	x	
30	*Amelanchier spicata*	Świdośliwka kłosowa	**55**	**1,7**	
31	*Aster novi-belgii*	Aster nowobelgijski	**35**	**1,1**	
32	*Cornus sericea*	Dereń rozłogowy	x	x	Nie kartowano w warunkach lokalnych mało inwazyjny
33	*Hordeum murinum*	Erechtites jastrzębcowaty	**21**	**0,7**	
34	*Parthenocissus inserta*	Winobluszczzaroślowy	**68**	**2,2**	
35	*Rosa rugosa*	Różapomarszczona	**9**	**0,3**	
36	*Rudbeckia laciniata*	Rudbekianaga	**4**	**0,1**	
37	*Rhus typhina*	Sumak octowiec	**5**	**0,2**	
38	*Spiraea tomentosa*	Tawułakutnerowata	**2**	x	

Erechtites jastrzębcowaty (21 stanowisk) i ambrozja bylicolistna (2 stanowiska) zostały po raz pierwszy stwierdzone na terenie RPN.

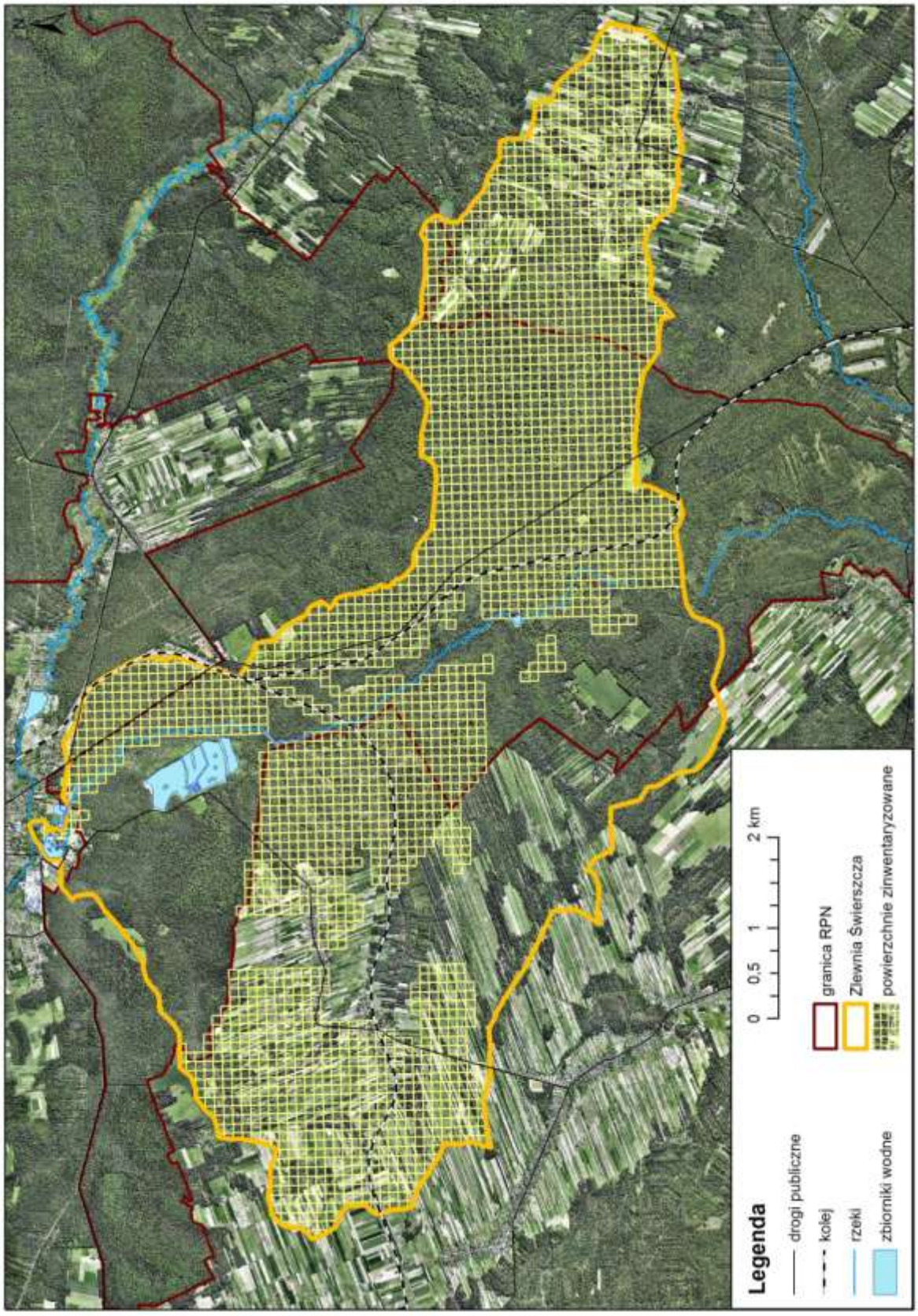
Występowanie poszczególnych inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku obrazują ryciny 3.13.2. – 3.13.20.

Monitoring szczegółowy (powierzchnie stałe)

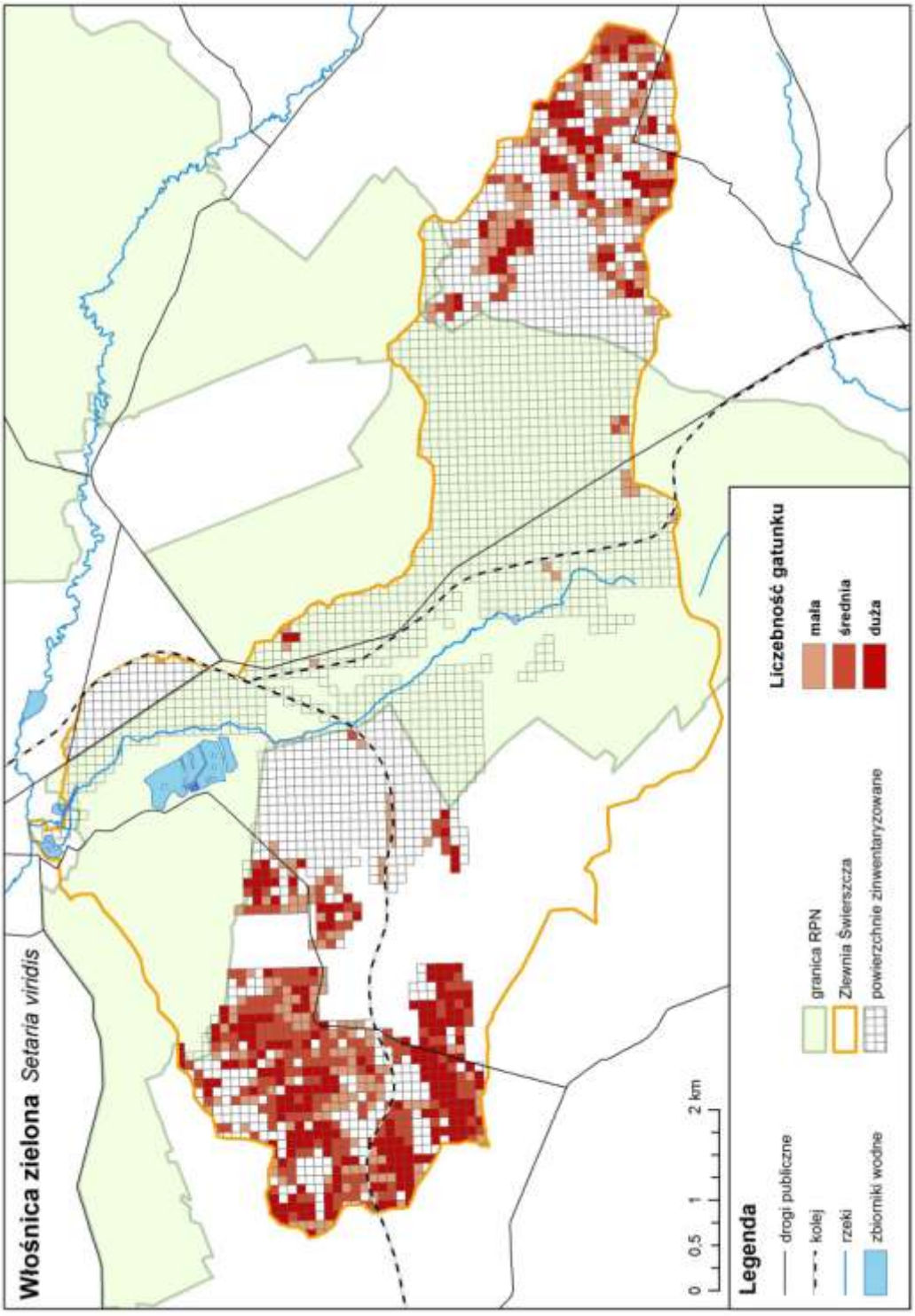
Stałe powierzchnie próbne zostały zastabilizowanych w terenie. Wyznaczono je w obrębie części RPN położonej w zlewni badawczej Świerszcza (ryc. 3.13.21.)

Na 12 stanowiskach (10 x 10 m) wykonane zostały zdjęcia fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta. Na powierzchniach próbnych (1x1m) w obrębie każdego stanowiska zinwentaryzowano pędy występujących tam gatunków inwazyjnych. Szczegółowe wyniki przeprowadzonych badań przedstawiają tabele 3.13.2. i 3.13.3.

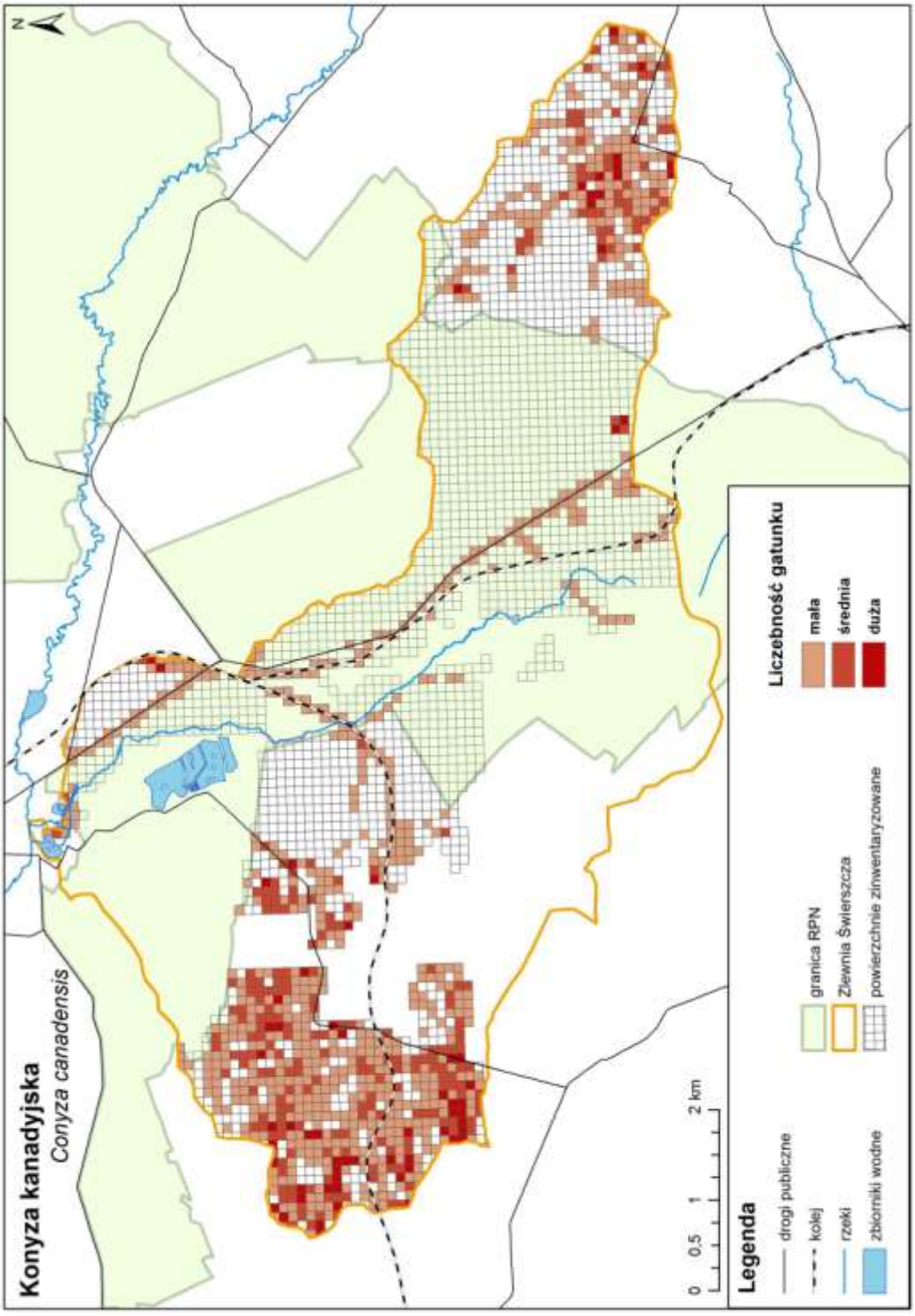
Gatunki inwazyjne stwierdzono na 8 z 12 stanowisk. Łącznie na 8 stanowiskach zinwentaryzowano 10 gatunków; czeremchę amerykańską na 7 stanowiskach, uczep amerykański na 3, niecierpka drobnokwiatowego na 2stanowiskach. Pozostałe gatunki inwazyjne zostały stwierdzone na pojedynczych stanowiskach: nawłoć późna, jesion pensylwański, przymiotno białe, świdośliwa kłosowa, winobluszcz zaroślowy i erechtites jastrzębcowaty. Na stanowisku gatunki inwazyjne obcego pochodzenia stanowiły od 5,13% do 21,43% wszystkich gatunków roślin naczyniowych rosnących w jego obrębie.



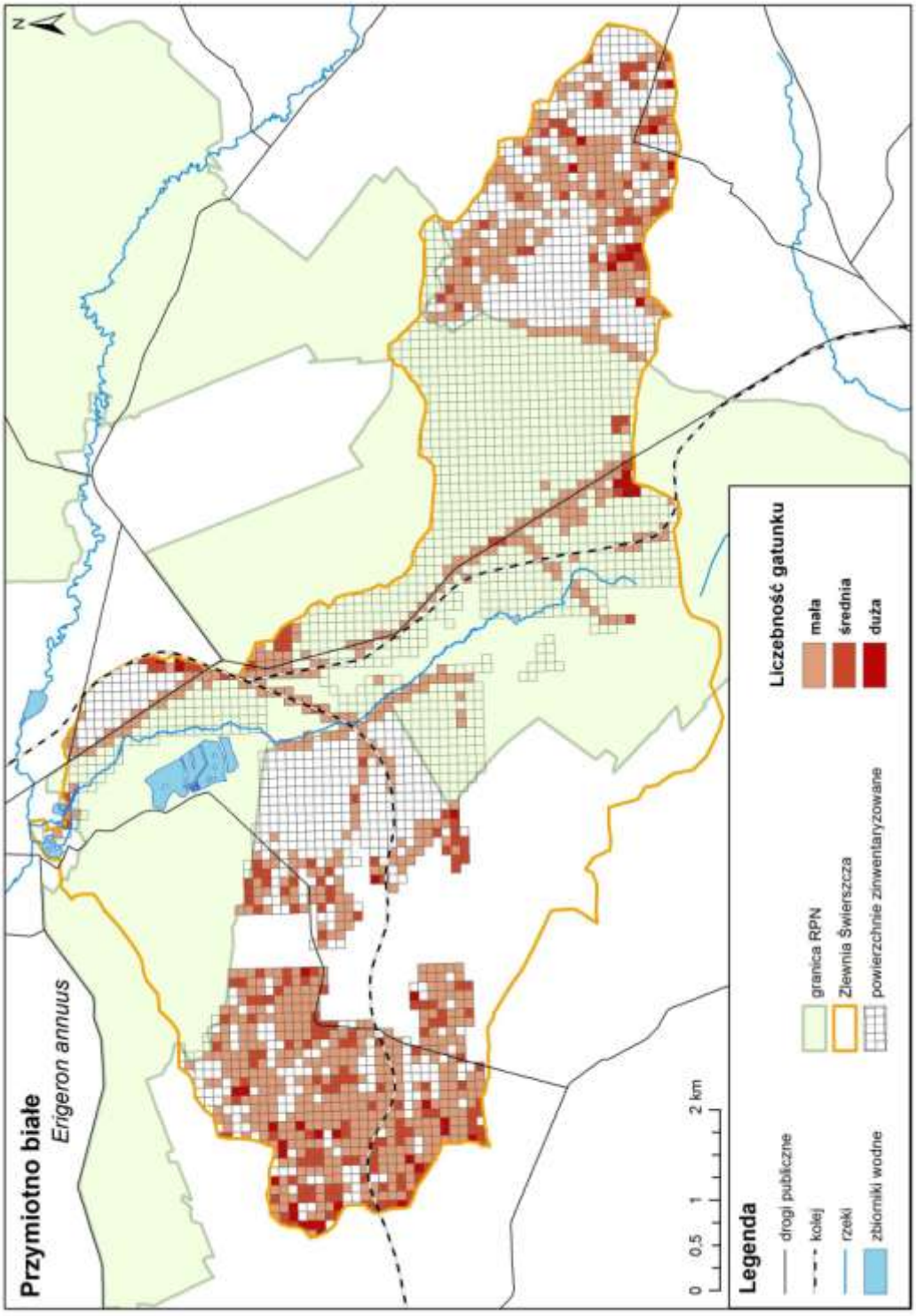
Ryc. 3.13.1. Obszar zlewni badawczej Świerszcza z siatką MGRS i zaznaczonymi kwadratami objętymi badaniami w 2016 roku



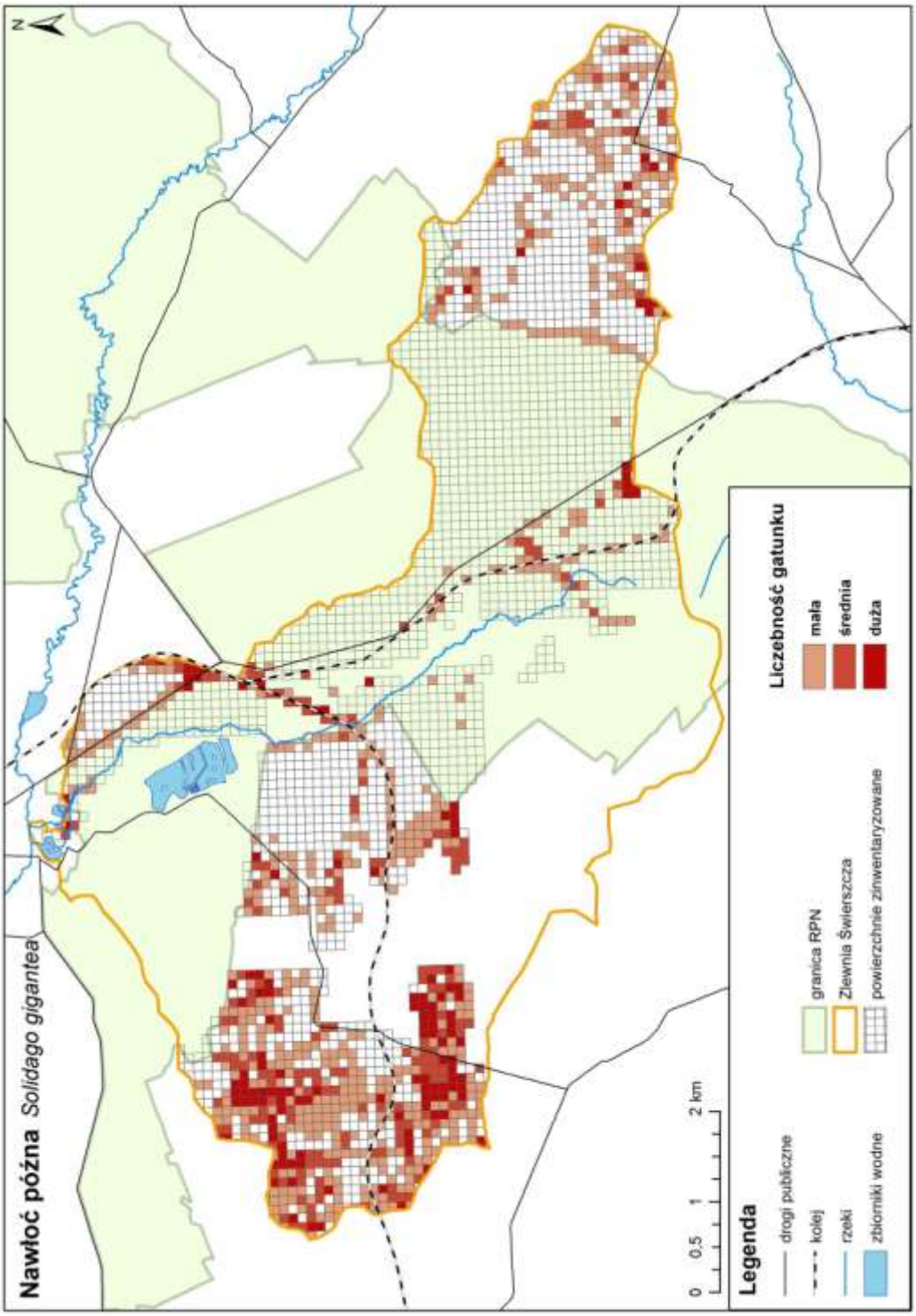
Ryc. 3.13.2.Występowanie włośnicy zielonej i sinej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



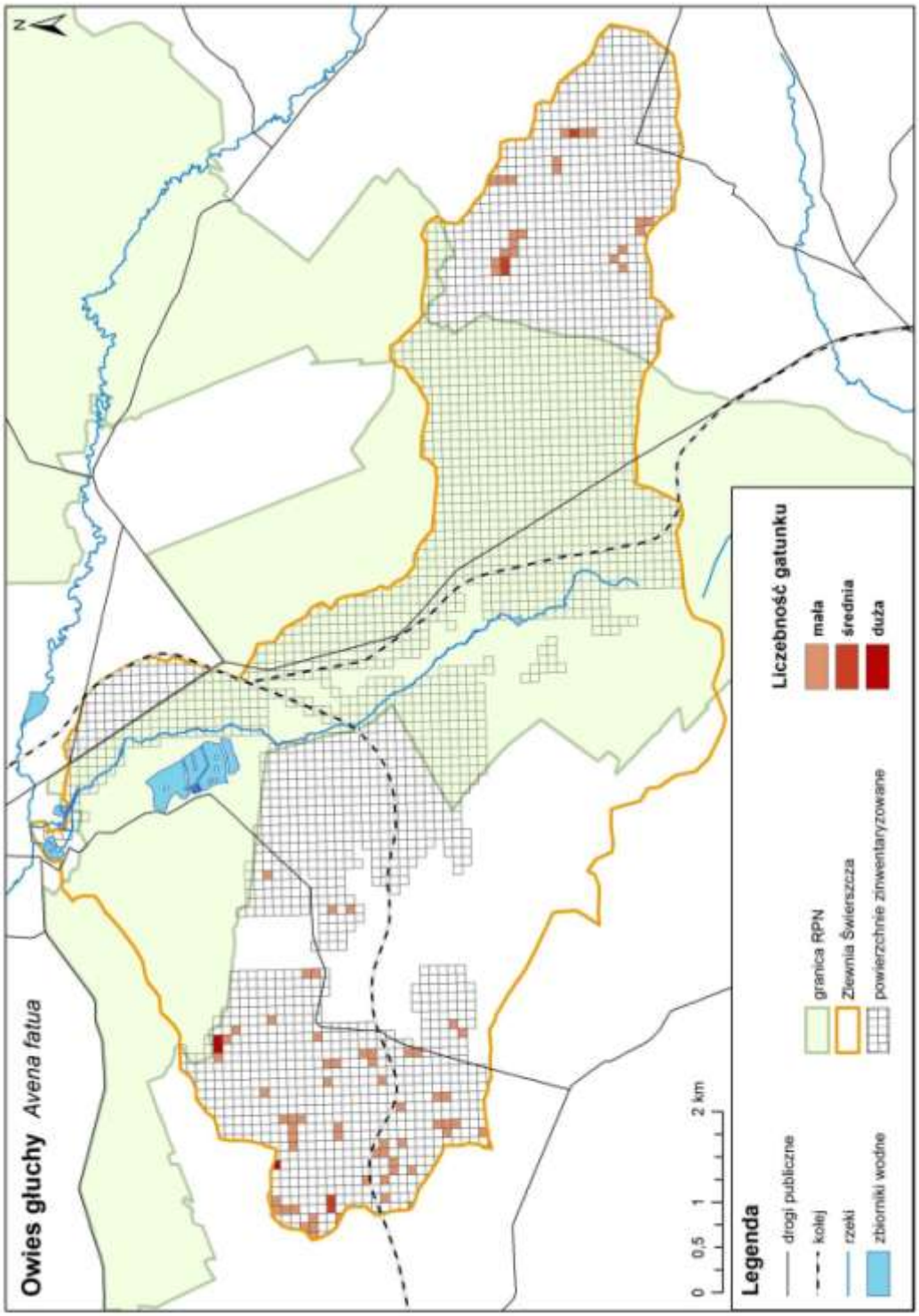
Ryc. 3.13.3.Występowanie konyzy kanadyjskiej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



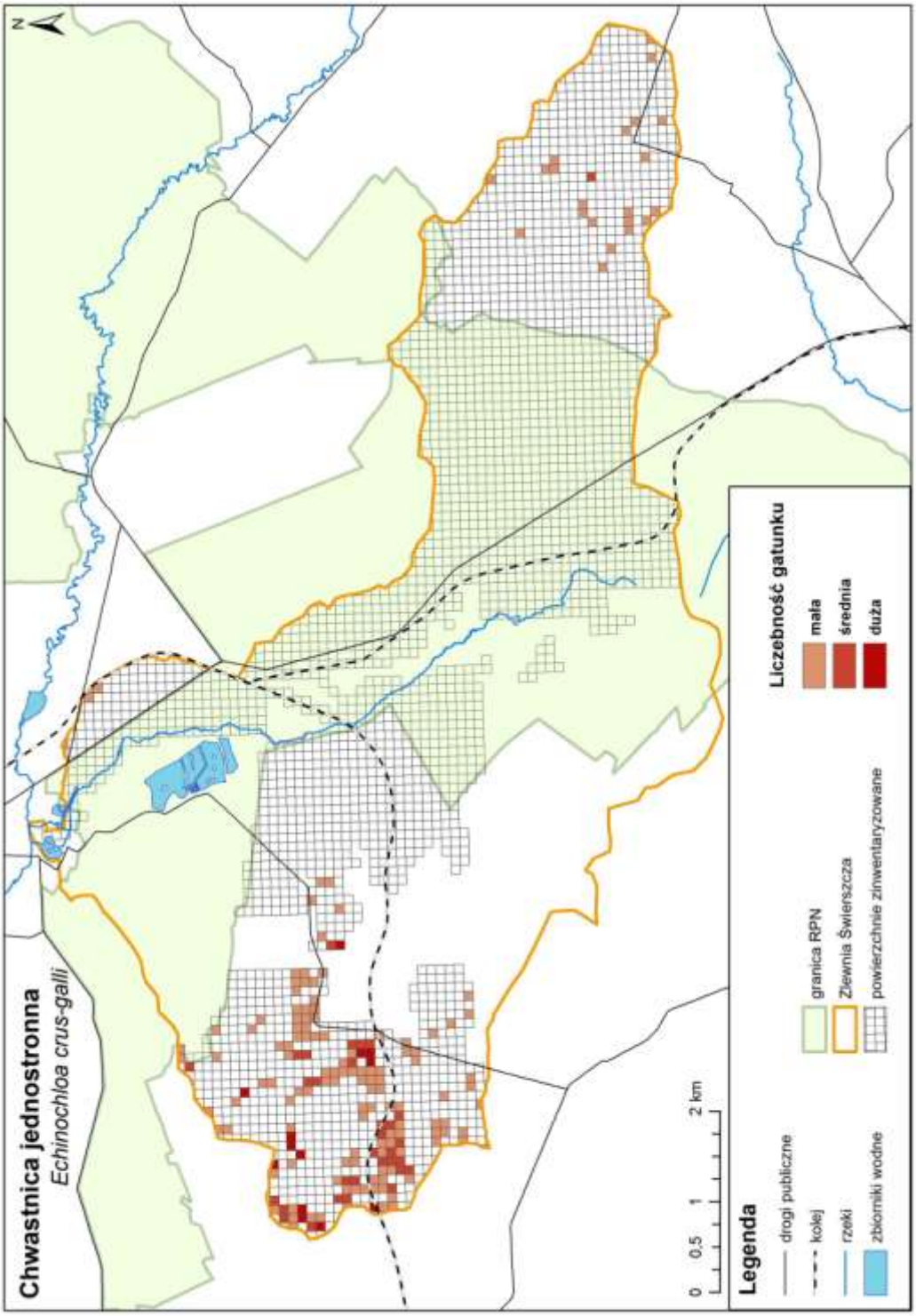
Ryc. 3.13.4.Występowanie przymiotna białego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



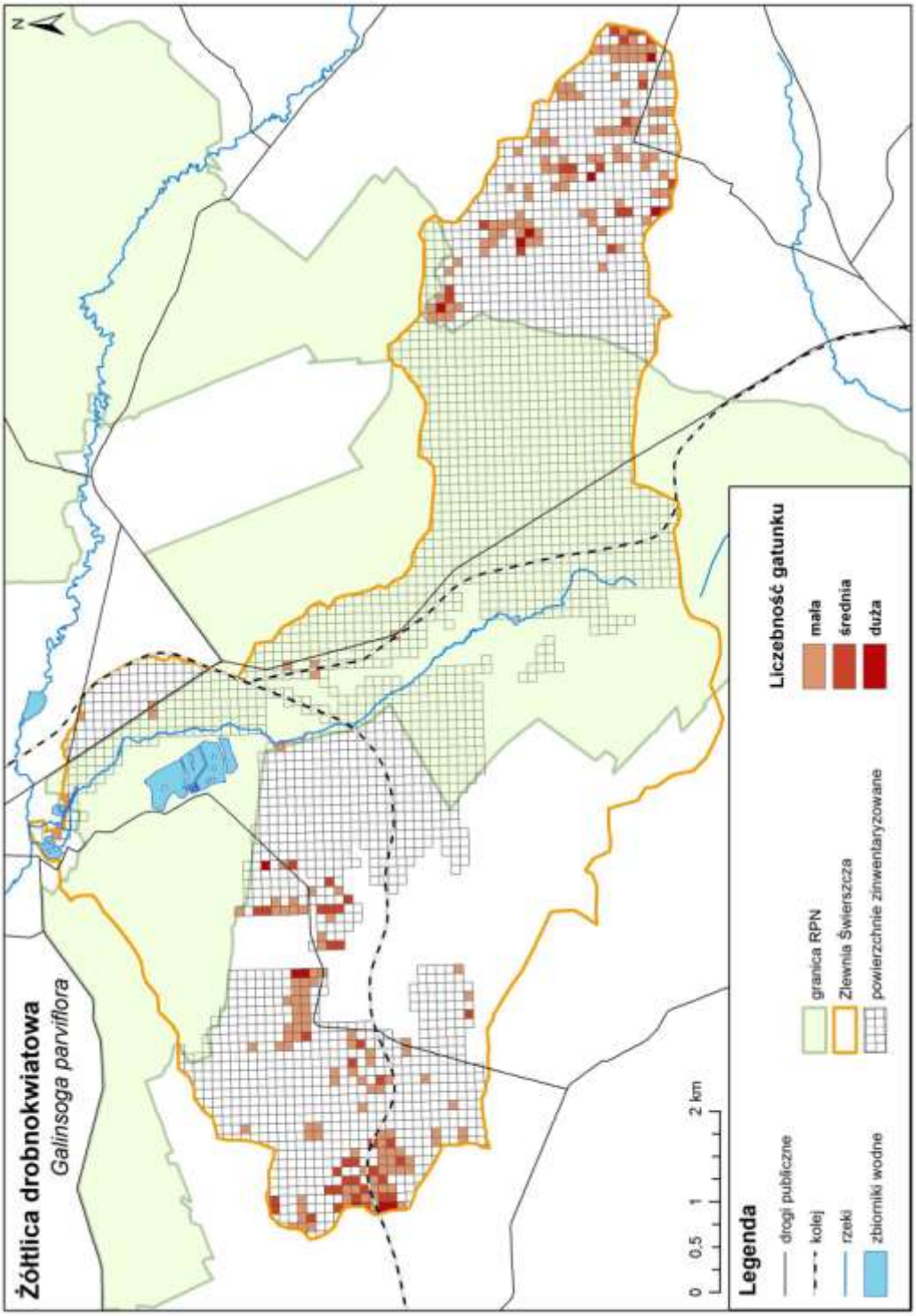
Ryc. 3.13.5.Występowanie nawłoci późnej i kanadyjskiej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



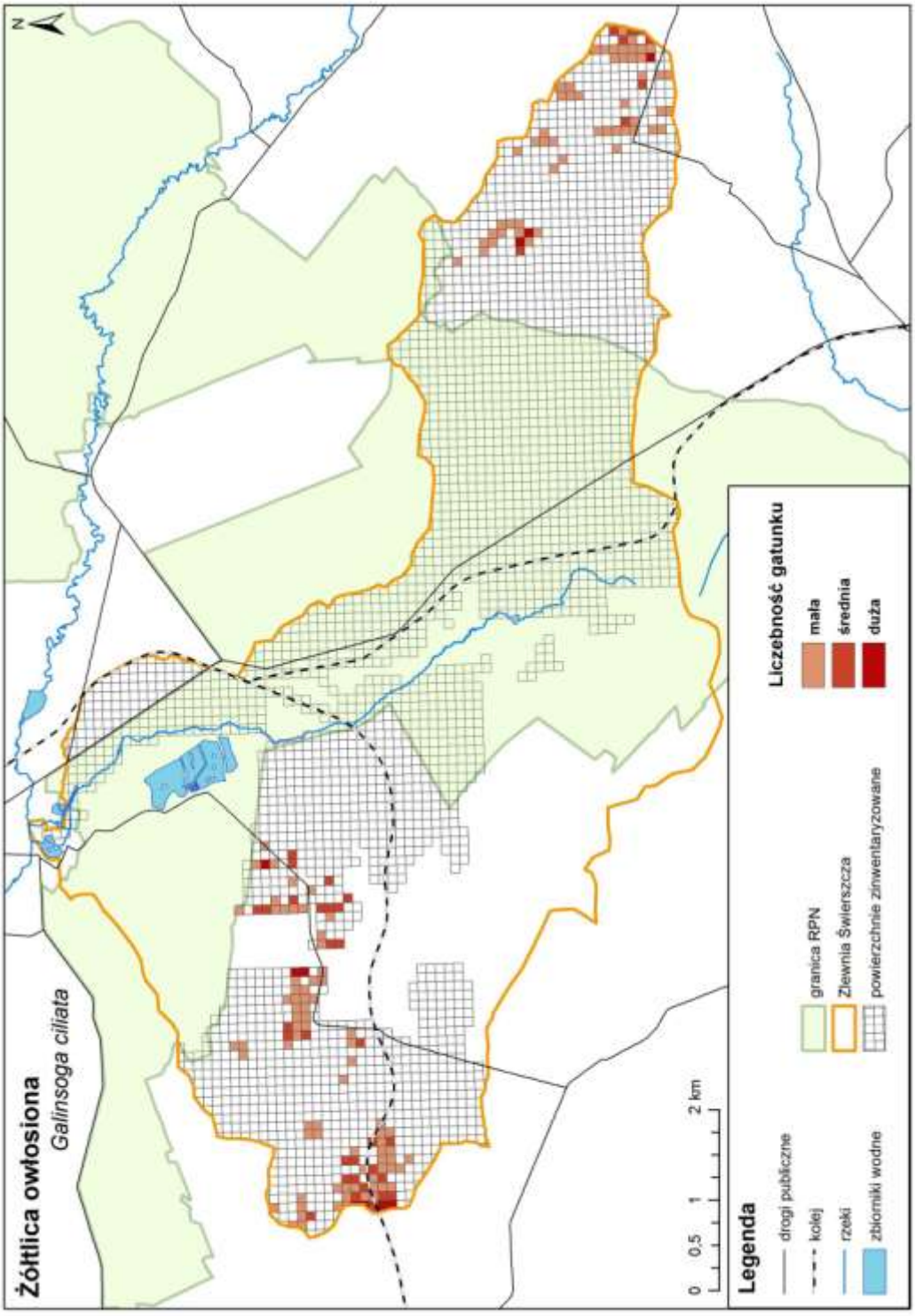
Ryc. 3.13.6.Występowanie owsa głuchego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



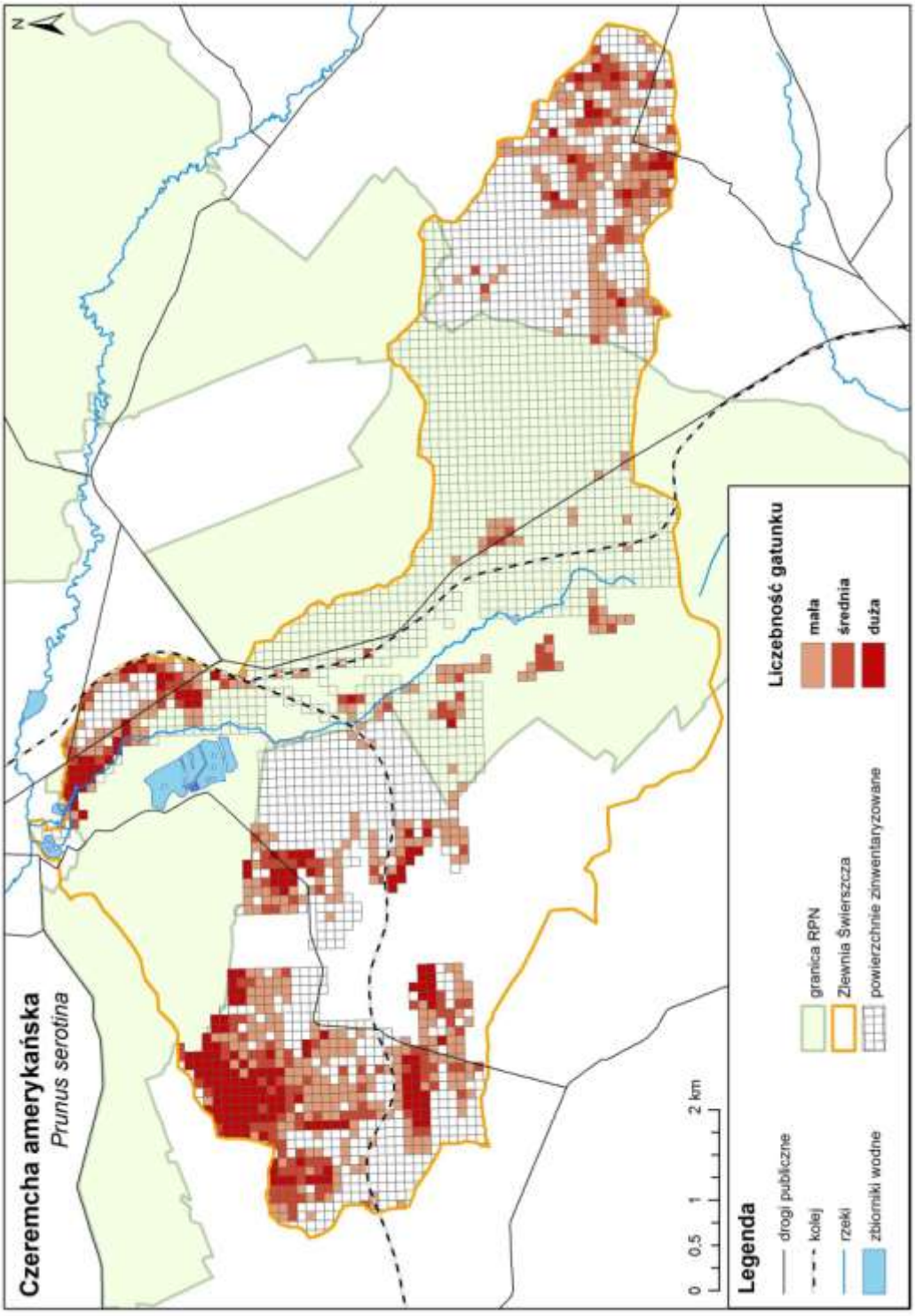
Ryc. 3.13.7.Występowanie chwastnicy jednostronnej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



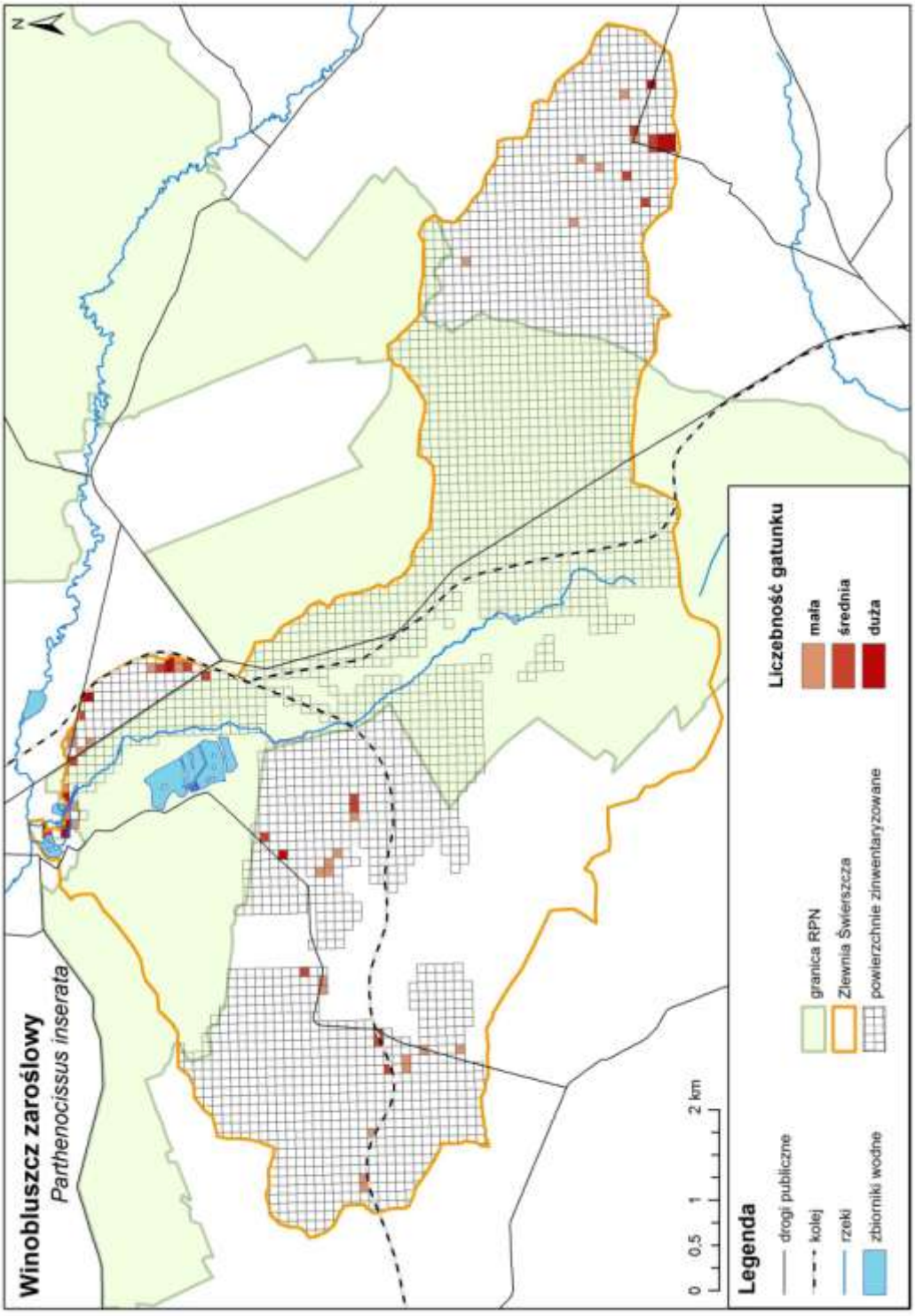
Ryc. 3.13.8.Występowanie żółtlicy drobnokwiatowej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



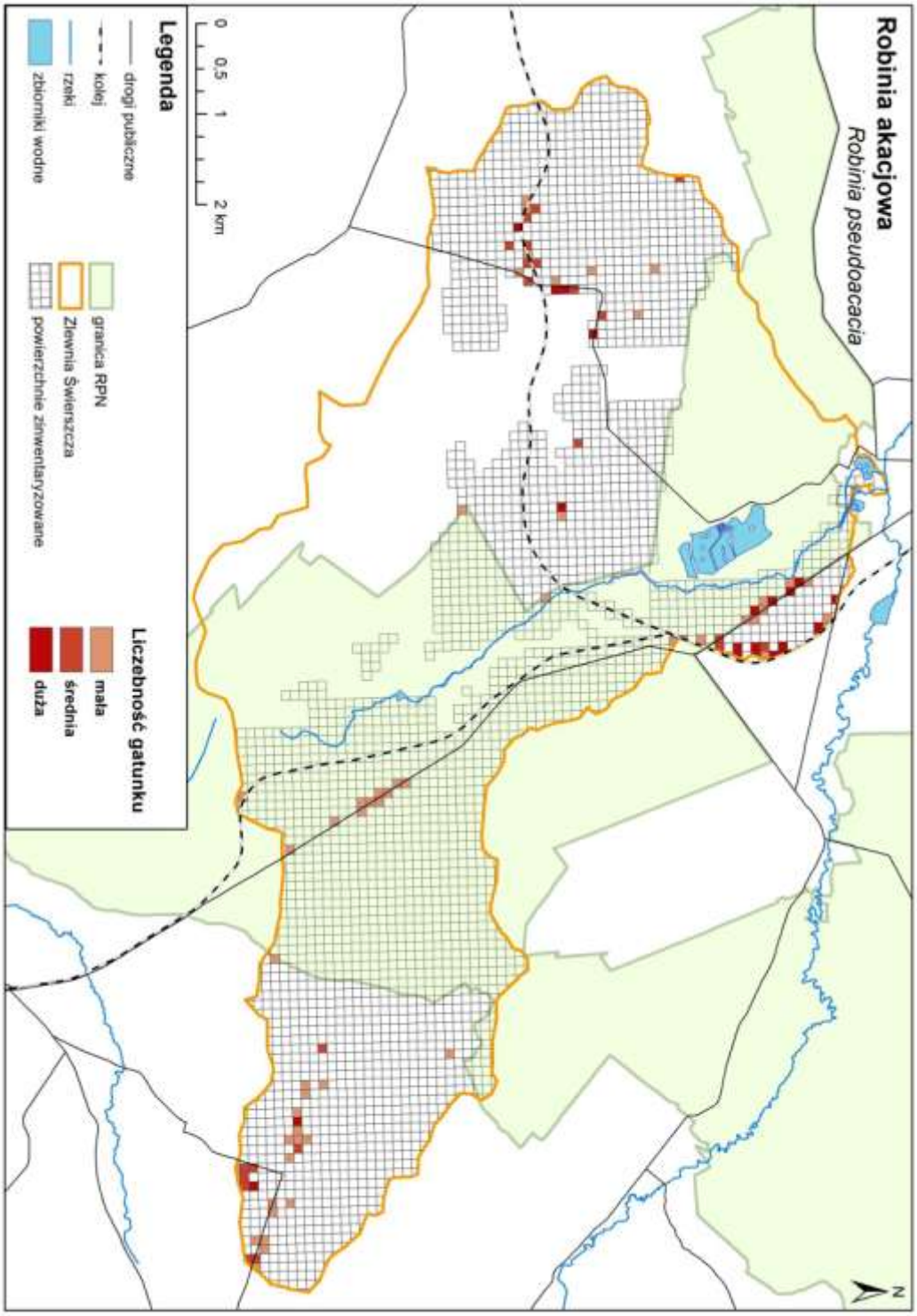
Ryc. 3.13.9.Występowanie żółtlicy owłosionej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



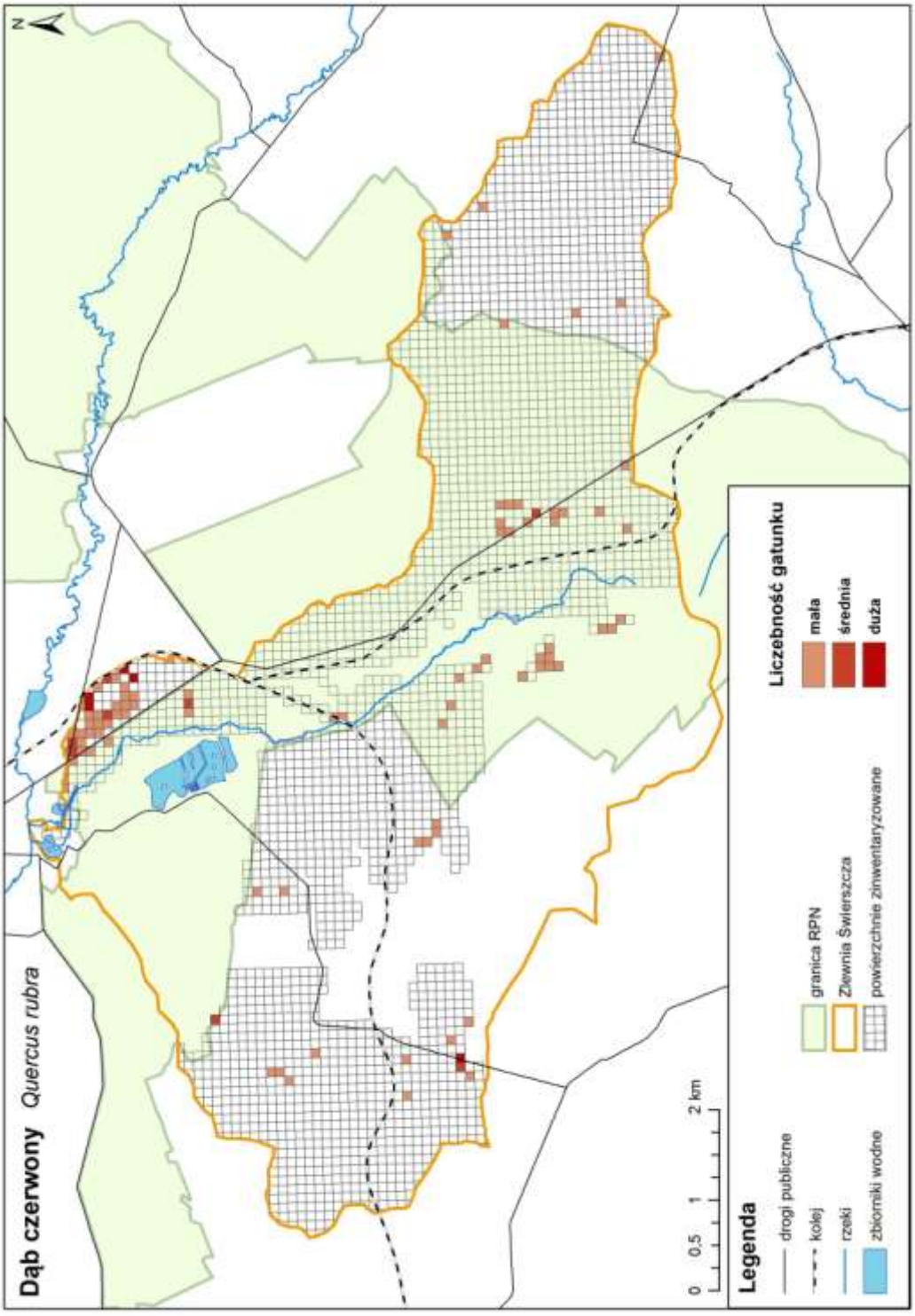
Ryc. 3.13.10.Występowanie czeremchy amerykańskiej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



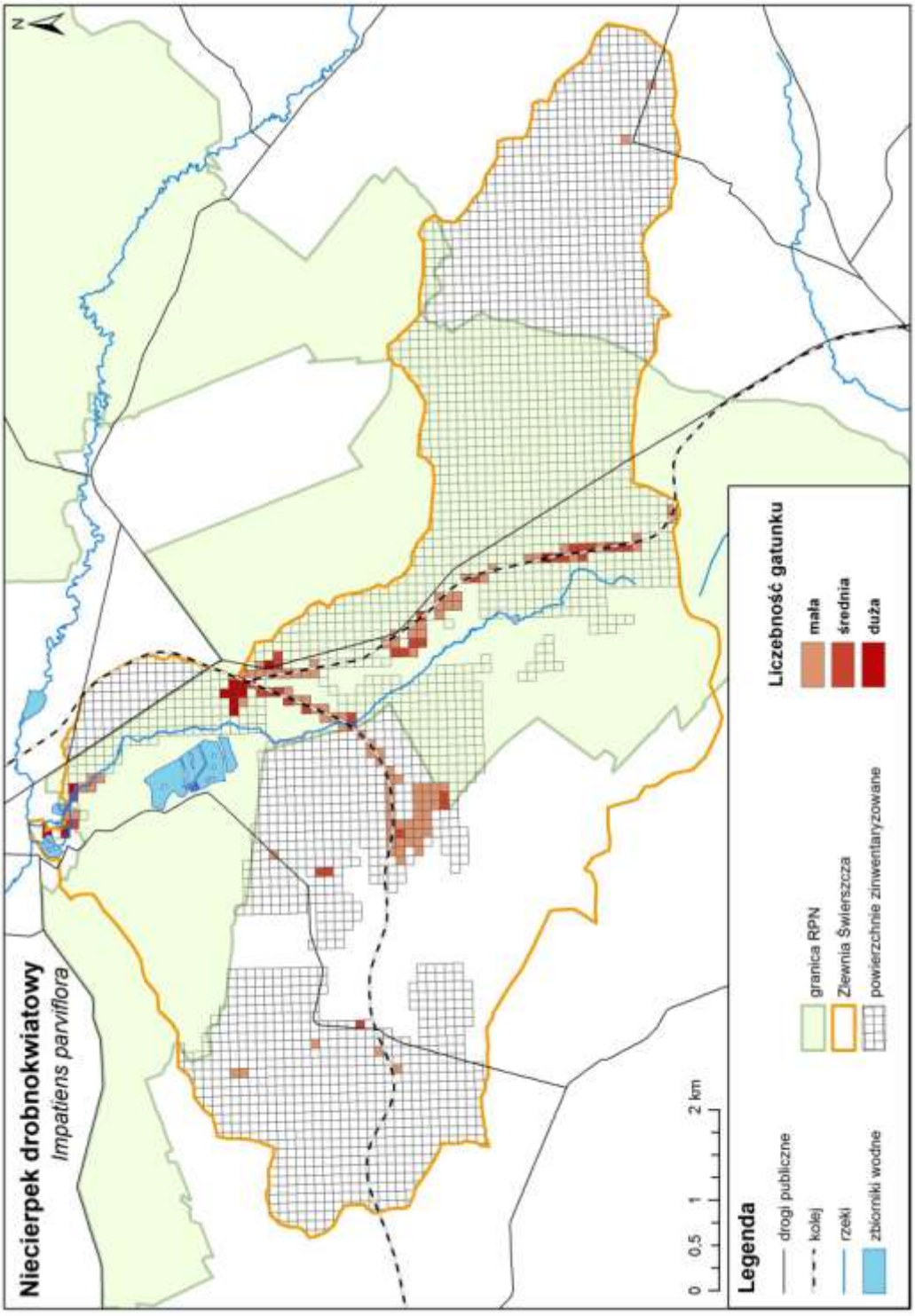
Ryc. 3.13.11.Występowanie winobluszczu zaroślowego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



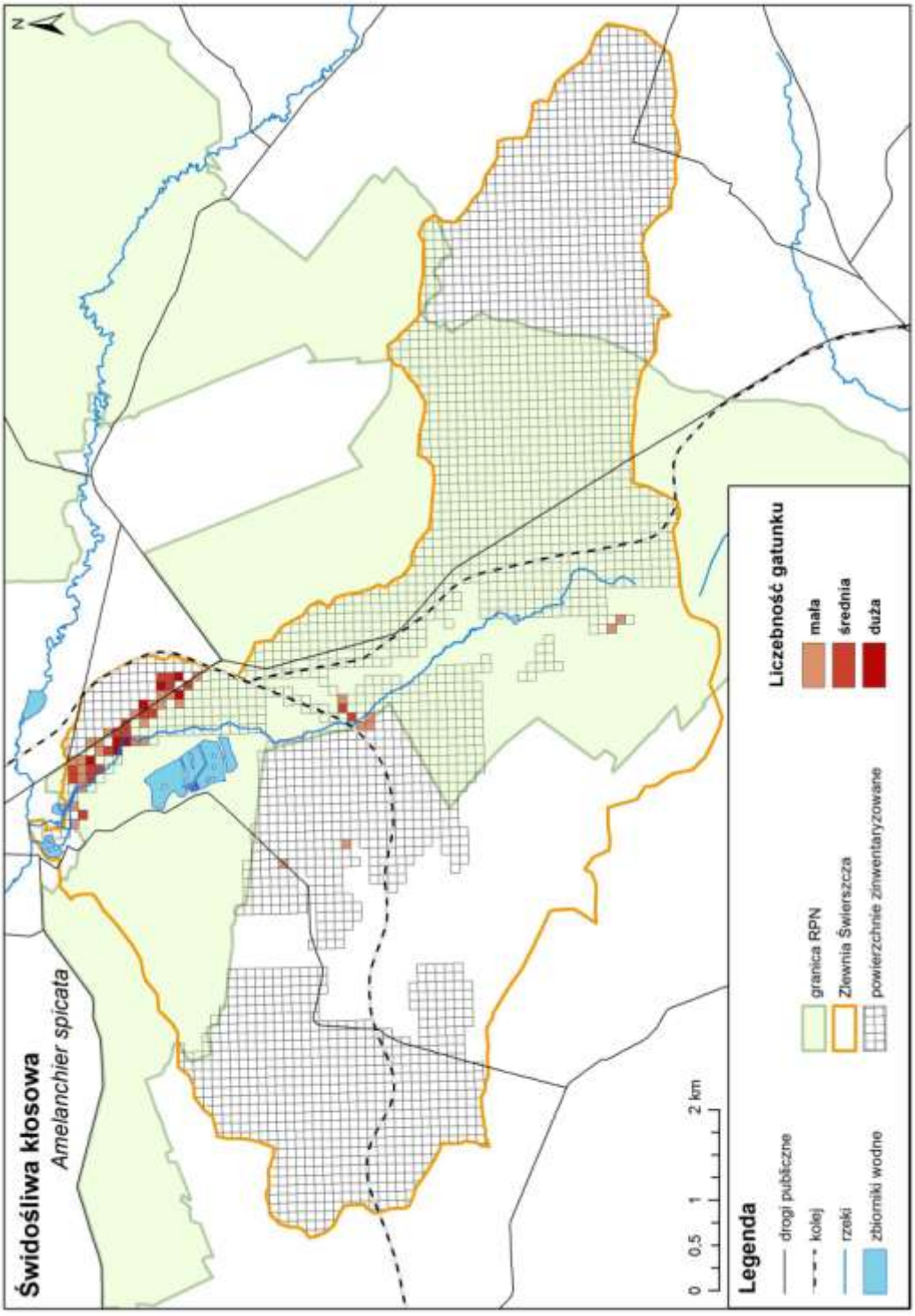
Ryc. 3.13.12.Występowanie robinii akacjowej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



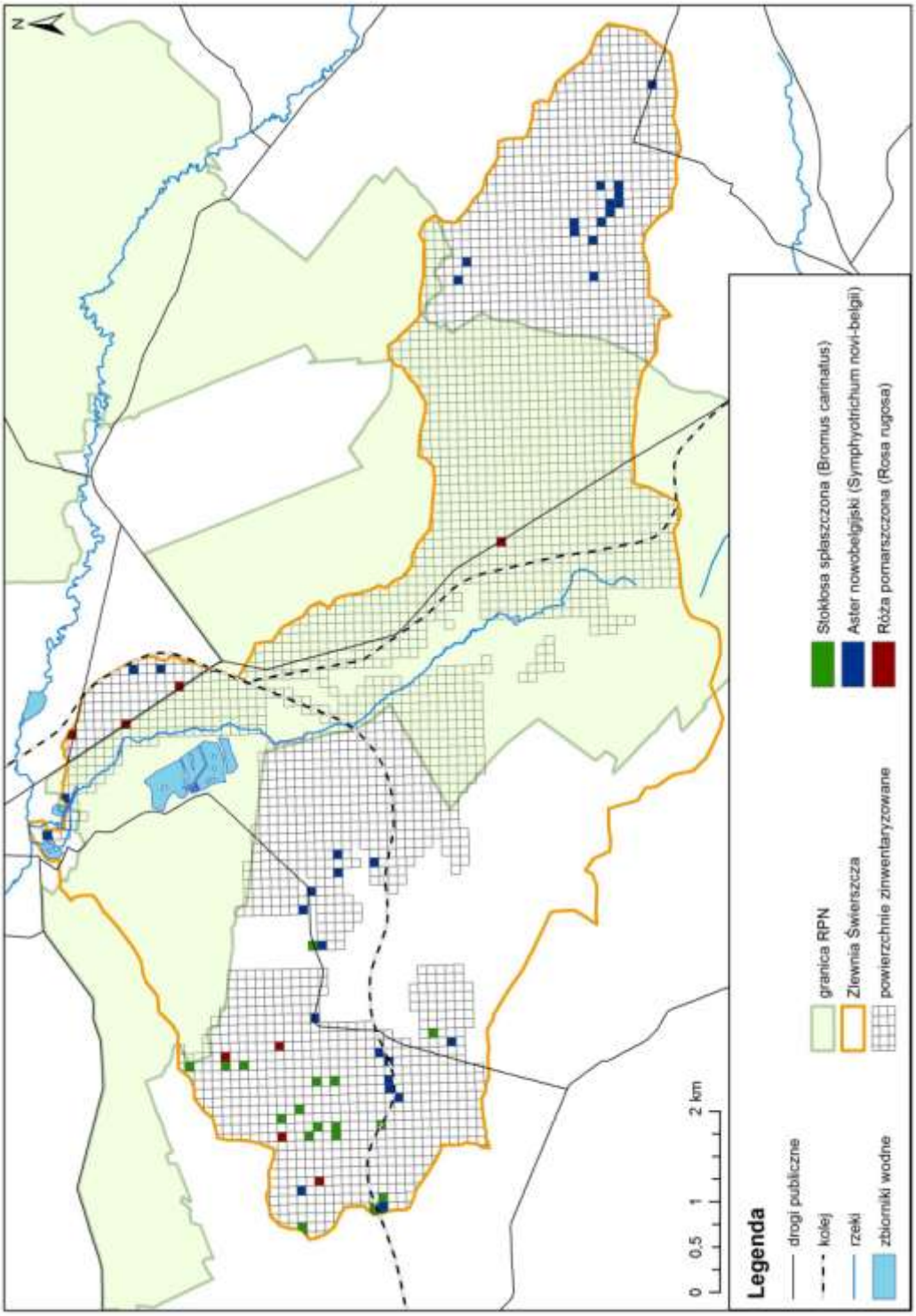
Ryc. 3.13.13.Występowanie dębu czerwonego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



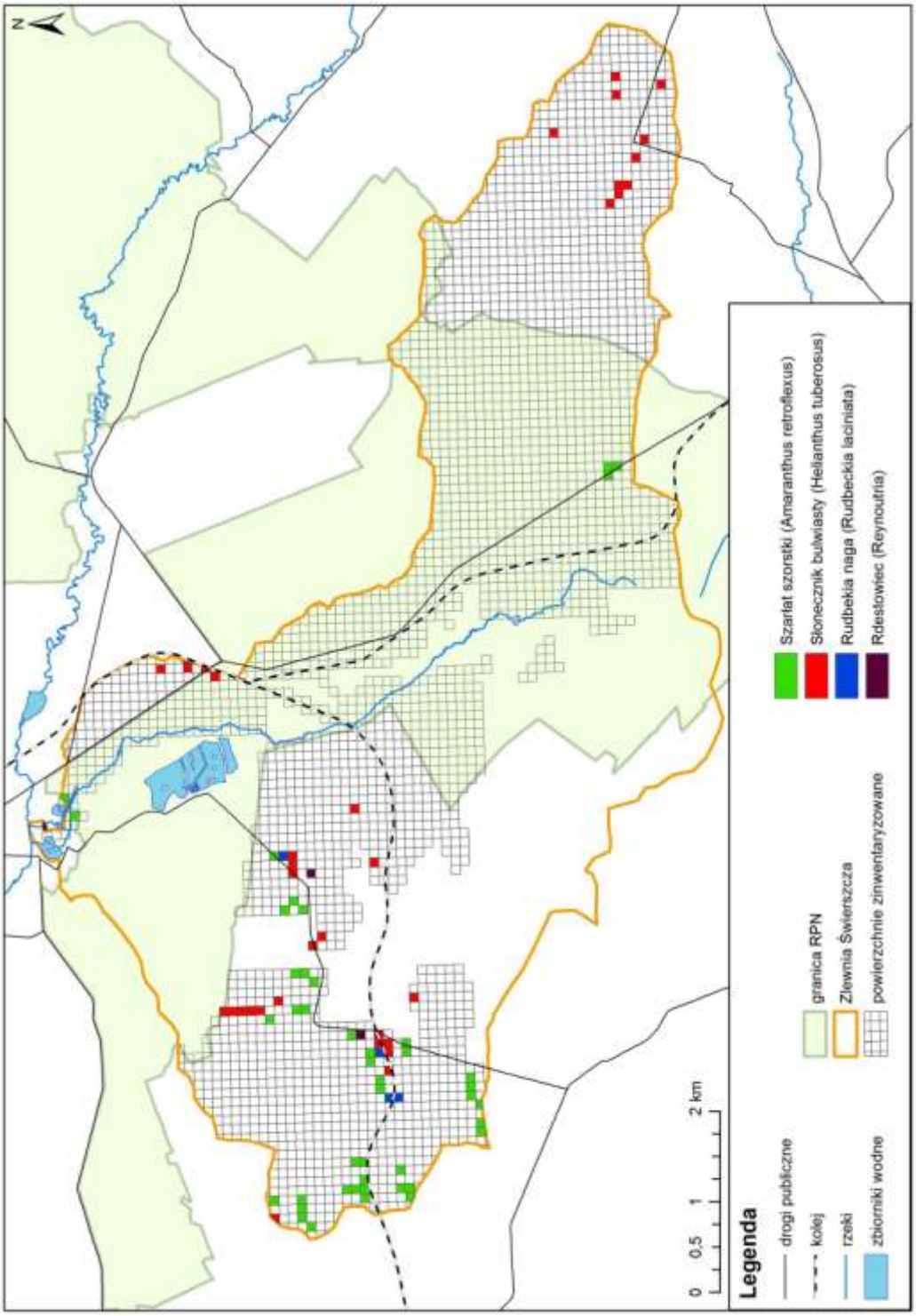
Ryc. 3.13.14.Występowanie niecierpka drobnokwiatowego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



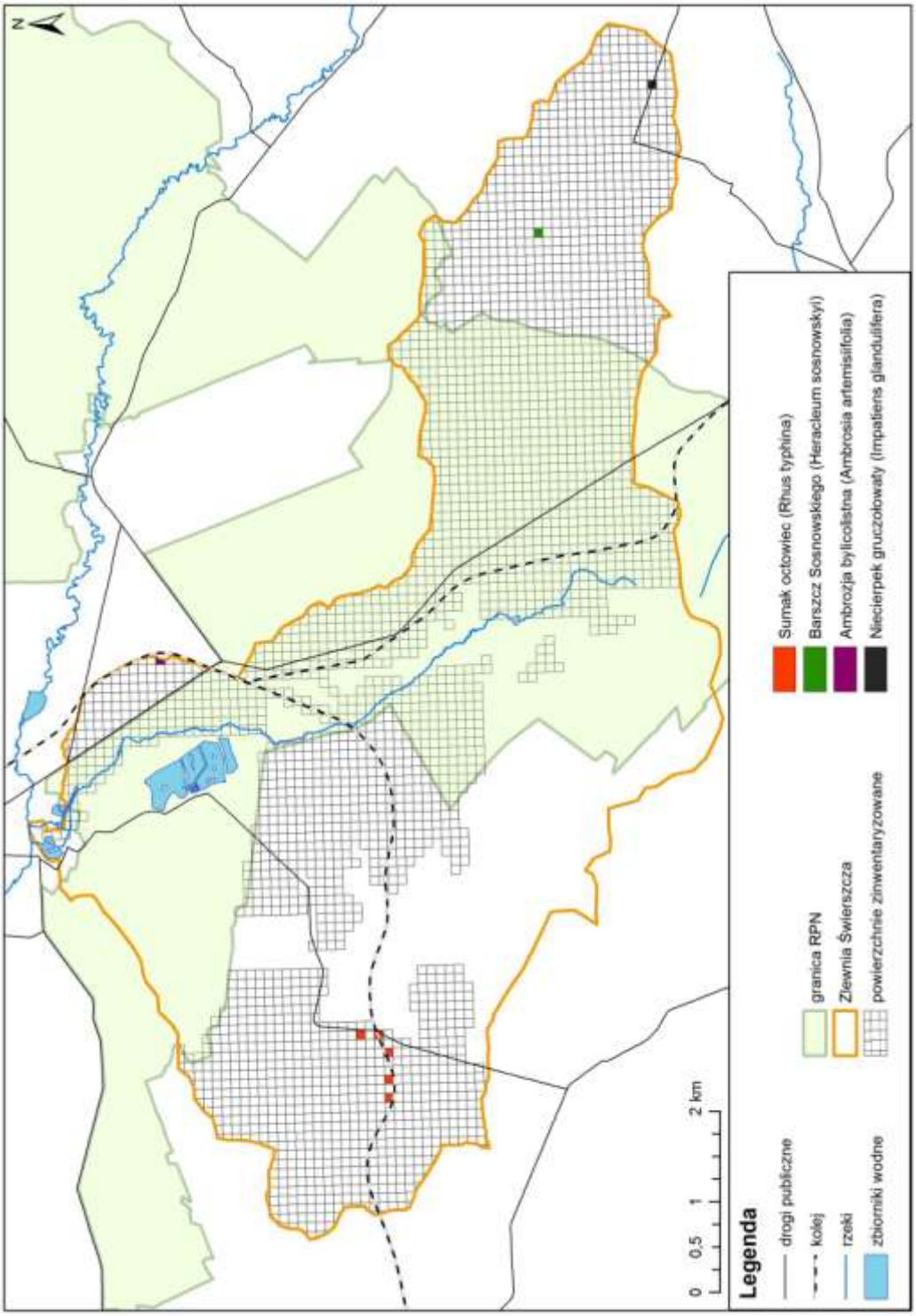
Ryc. 3.13.15.Występowanie świdośliwki kłosowej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



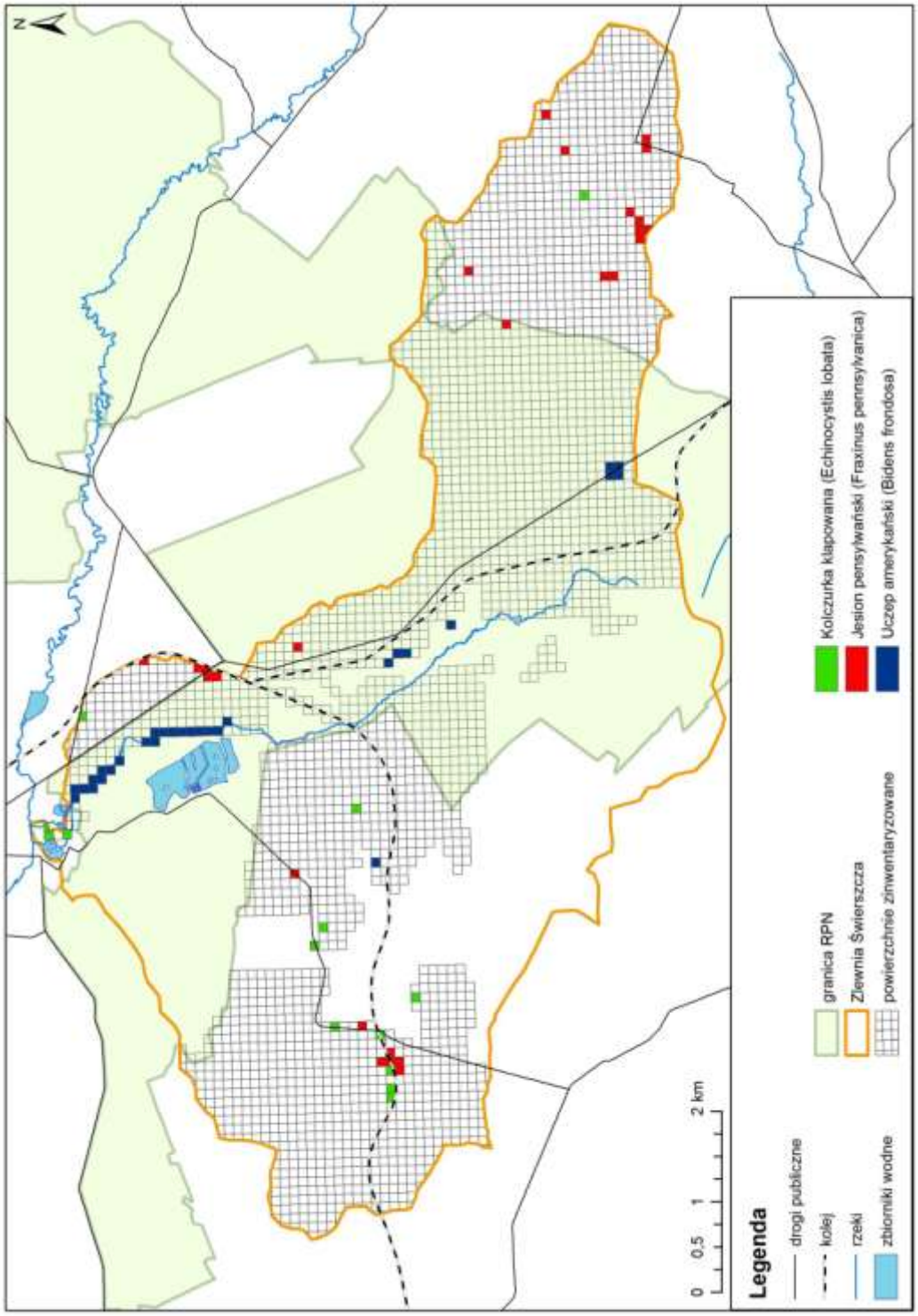
Ryc. 3.13.16.Występowanie stokłosy spłaszczonej, astra nowobelgijskiego i róży pomarszczonej w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



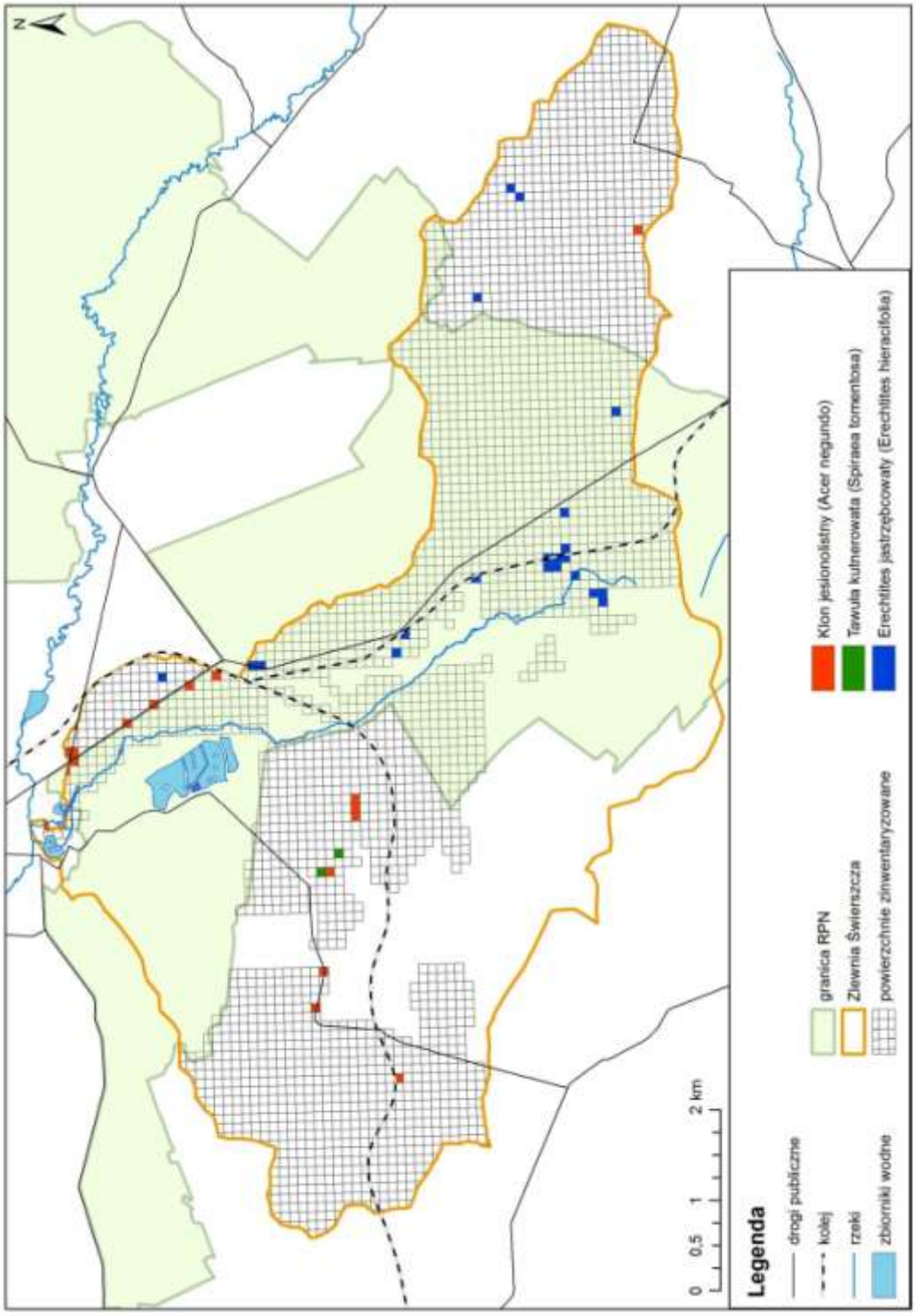
Ryc. 3.13.17.Występowanie szarłatu szorstkiego, słonecznika bulwiastego, rudbekii nagiej i rdestowców w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



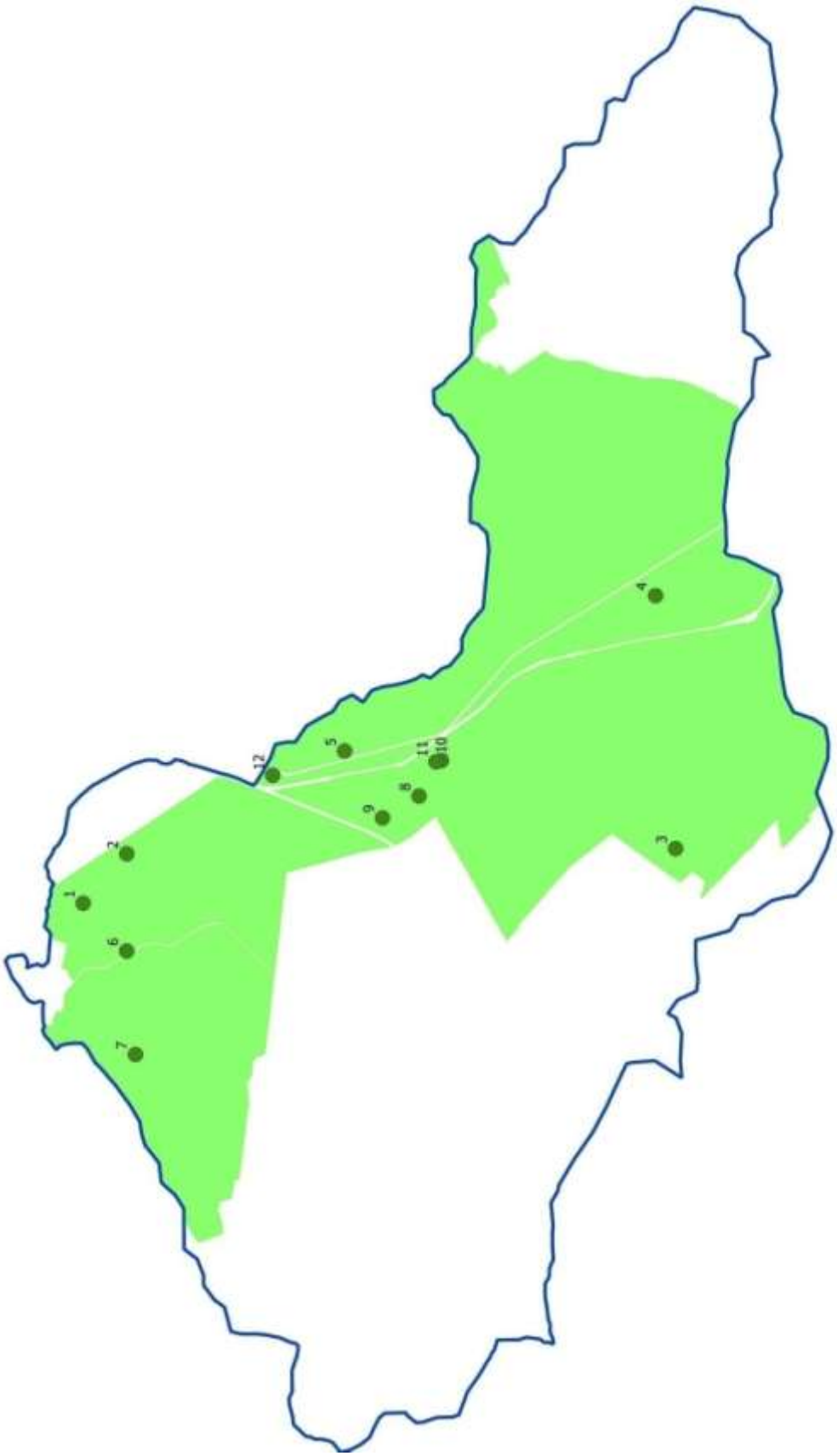
Ryc. 3.13.18.Występowanie sumaka octowca, barszczu Sosnowskiego, ambrozji bylicolistnej i niecierpka gruczołowatego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



Ryc. 3.13.19.Występowanie kolczurki klapowanej, jesionu pensylwańskiego i uczepu amerykańskiego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



Ryc. 3.13.20.Występowanie klonu jesionolistnego, tawuły kutnerowatej i erechtitesa jastrzębcowatego w zlewni badawczej Świerszcza w 2016 roku



Ryc. 3.13.21.Rozmieszczenie stałych powierzchni badawczych (10 x 10 m) na terenie RPN w obrębie zlewni badawczej Świerszcza w 2016

Tab. 3.13.1. Wyniki prac terenowych monitoringu obcych inwazyjnych gatunków roślin na stałych stanowiskach wyznaczonych w zlewni badawczej Świerszcza w roku 2016.

Nr stano-wiska.	Gatunek inwazyjny	Pow. próbna (1x1m)	Liczba pędów gener.	Liczba pędów weget.	Liczba pędów juv.	Zajm. pow. [m^2]	Liczba gat. (inwazyjny/ łączna)
1	*Impatiens parviflora*	A	1	-	-	0,02	3 / 36
		B	1	-	-	0,02	
	Prunus serotina	E	-	2	-	0,08	
		D	-	1	1	0,02	
	Bidens frondosa	D	20	-	-	0,12	
2	*Bidens frondosa*	D	6	1	-	0,06	2 / 23
	Prunus serotina	E	-	1	-	0,02	
3	*Prunus serotina*	A	-	3	-	0,03	4 / 33
	Solidago gigantea	B	3	-	-	0,04	
	Fraxinus pennsylvanica	C	-	6	-	0,08	
	Impatiens parviflora	C	36	-	-	0,33	
		E	13	-	-	0,30	
4	*Prunus serotina*	A	4	3	-	0,06	2 / 32
	Erigeron annuus	A	3	6	-	0,04	
5	brak	x					0 / 25
6	*Quercus rubra*	A	-	2	-	0,02	3 / 14
		D	-	3	-	0,04	
	Prunus serotina	D	-	-	1	0,01	
	Amelanchier spicata	A	-	4	-	0,03	
7	*Prunus serotina*	D	-	1	1	0,32	2 / 19
	Parthenocissus inserata	E	-	7	-	0,04	
8	brak	x					0 / 15
9	*Prunus serotina*	A	-	16	-	0,35	1 / 15
		B	-	2	-	0,08	
		C	-	2	-	0,34	
		D	1	8	1	0,40	
		E	-	-	-	0,22	
10	*Erechtites hieracifolia*	B	2	-	-	0,34	2 / 39
	Bidens frondosa	C	8	-	-	0,24	
11	brak	x					0 / 36
12	brak	x					0 / 20

Tab. 3.13.2. Ekstrapolowane na całą powierzchnię stanowiska wyniki monitoringu obcych inwazyjne gatunki roślin w zlewni badawczej Świerszcza w roku 2016.

Nr stan.	Liczba gatunków inwazyjnych	Udział gat. inwazyjnych (%)	Liczba pędów gener.	Liczba pędów weget.	Liczba pędów juv	Ogólna liczba pędów	Pow. zajęta przez gat. (m^2 = %)	Zmiana pokrycia (%)	Nazwa łacińska gatunku inwazyjnego obcego pochodzenia
1	3	8,33	40	-	-	40	0,80		*Impatiens parviflora*
			-	60	20	80	2,00		*Prunus serotina*
			400	-	-	400	2,40		*Bidens frondosa*
2	2	8,70	-	20	-	20	0,40		*Prunus serotina*
			120	20	-	140	1,20		*Bidens frondosa*
3	4	12,12	980	-	-	980	12,60		*Impatiens parviflora*
			-	60		60	0,60		*Prunus serotina*
			60	-	-	60	0,80		*Solidago gigantea*
			-	120	-	120	1,60		*Fraxinus pennsylvanica*
4	2	6,25	80	60	-	140	1,20		*Prunus serotina*
			60	120	-	180	0,80		*Erigeron annuus*
6	3	21,43	-	-	20	20	0,20		*Prunus serotina*
			-	80	-	80	0,60		*Amelanchier spicata*
			-	100	-	100	1,20		*Quercus rubra*
7	2	10,53	-	20	20	40	6,40		*Prunus serotina*
			-	140	-	140	0,80		*Parthenocissus inserata*
9	1	6,67	20	560	20	600	27,80		*Prunus serotina*
10	2	5,13	160	-	-	160	4,80		*Bidens frondosa*
			40	-	-	40	6,80		*Erechtites hieracifolia*

3.14. USZKODZENIA DRZEW I DRZEWOSTANÓW – K1

Celem prowadzonych badań jest uzyskanie informacji o aktualnym stanie oraz śledzenie zmian w zdrowotności drzewostanów zlewni bazowej górnego Świerszcza. Informacje te uzyskano na podstawie oceny stopnia defoliacji, przebarwienia organów asymilacyjnych oraz oceny innych uszkodzeń pnia i korony (dla gatunków liściastych i iglastych) a także dodatkowo: liczby roczników igieł i występowania wtórnej korony (dla gatunków iglastych).

Stanowiska monitoringowe

Program uszkodzenia drzew i drzewostanów realizowano na trzech powierzchniach monitoringowych, reprezentujących najbardziej charakterystyczne dla badanej zlewni typy drzewostanów. Pierwsza założona została w drzewostanie bukowym, w wieku około 120 lat, w typie siedliskowym lasu wyżynnego świeżego (Lwyżśw). Druga powierzchnia reprezentuje typ siedliskowy olsu, z drzewostanem olchowym, w wieku około 100 lat. Trzecia reprezentuje drzewostan jodłowy w wieku 130 lat, na siedlisku lasu mieszanego świeżego wyżynnego (LMwyżśw).

Zastosowana metodyka pomiarów

Badania realizowano na trzech kołowych powierzchniach monitoringowych, założonych w obrębie charakterystycznych dla tej zlewni, zbliżonych do naturalnych, typach lasu – reprezentujących następujące leśne zespoły roślinne:

1. Wyżynny jodłowy bór mieszany *Abietetum polonicum* (stanowisko nr 035),
2. Ols porzeczkowy *Ribeso nigri-Alnetum* (stanowisko nr 036) oraz
3. Żyzną buczynę karpacką *Dentario glandulosae-Fagetum* (stanowisko nr 037).

W każdym z tych zespołów oceniano dominujące (charakterystyczne) gatunki drzew – odpowiednio: jodłę pospolitą *Abies alba*Mill., buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L. oraz olszę czarną *Alnus glutinosa*(L.) Gaertn.

Na każdej z wyznaczonych powierzchni próbnych wytypowano drzewa w wieku powyżej 40 lat, przeciętnie zdrowe, z koroną prawidłowo rozwiniętą, możliwie wolną od presji drzew sąsiednich, które rokują, że nie wypadną z drzewostanu w kolejnych latach badań. Wybrane drzewa trwale oznakowano - malując jego numer farbą na korze drzewa.

W drugiej połowie lipca (dla buka i olchy) oraz we wrześniu (dla jodły) każde z wytypowanych drzew próbnych poddano ocenie zdrowotności – oszacowując:

1. procent ubytku aparatu asymilacyjnego.
2. stopień defoliacji, oraz zmianę jego koloru.
3. stopień przebarwienia.

Ocenę przeprowadzono wzorując się na: Atlasie ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych (Borecki T., Keczyński A., 1992). Zgodnie z obowiązującą w tej mierze instrukcją, ocenę defoliacji i odbarwienia liści wykonano dla 10% klas przyjmując jako 100% drzewo martwe, całkowicie bezlistne. Ocenie podlegała część korony eksponowana na światło. Dla celów porównawczych dokonano także ocenę defoliacji i odbarwień.

Dla jodły określono dodatkowo liczbę roczników igieł oraz występowanie pędów wtórnych – w części korony drzewa, do której docierają promienie słoneczne. Na drzewach, na których zaobserwowano uszkodzenia starano się wskazać ich przyczynę.

Wyniki

Tab. 3.14.1. Ocena stopnia defoliacji, odbarwienia aparatu asymilacyjnego i uszkodzenia drzew, Stacja Bazowa Roztocze, 2016 rok

Nr powierzchni	Liczba drzew			Średnia defoliacja [%]	Udział drzew w klasach defoliacji [%]		Średnie odbarwienie [%]	Udział drzew w klasach odbarwienia [%]		Uszkodzenia drzew [%]		
	iglastych	liściastych	razem		0	1-4		0	1-4	średnio	maksymalne	przyczyny
35	21	0	21	34,8	23,8	76,2	4	76,2	23,8	21,4	33,3	F,M
36	0	22	22	20,2	18,2	81,8	0	0	0	36,0	100	I
37	0	22	22	18,6	31,8	68,2	0	0	0	34,8	40,9	F,B
Charakterystyki zbiorcze dla monitorowanych gatunków												
	21	44	65	24,53	24,6	75,4	1,3	92,3	7,7	30,2	100	F, I

W 2016 r., ocenie poddano ogółem 65 drzew w tym 21 jodeł, 22 buki i 22 olsze (*Tab. 3.14.1.*).

I. Ubytki aparatu asymilacyjnego

W 2016 r. u wszystkich badanych drzew poszczególnych gatunków stwierdzono ubytki aparatu asymilacyjnego – w zakresie od 10% do 100%. Latem 2015 r., jedna z jodeł została trafiona piorunem i całkowicie zniszczona. Drzewo to wyłączono z dalszych analiz. Podobnie jak w latach ubiegłych, również w 2016 r., nie stwierdzono drzew całkowicie zdrowych, jednakże odsetek drzew o uszkodzeniach poniżej 10% (klasa bez odbarwienia/defoliacji) sięga od ponad 18% u olszy do prawie 32% u buka. Jest to znaczący wzrost w stosunku do roku ubiegłego. Podobnie jak w roku 2015 najwyższą średnią defoliację wykazuje jodła (*Tab. 3.14.1.*) w stosunku do roku 2015 nastąpił wzrost średniej defoliacji u tego gatunku aż o 8%. Było to spowodowane zamarciem 4 jodeł w efekcie żeru owadów (głównie smolika jodłowego). Jednocześnie aż u 24% drzew tego gatunku nie stwierdzono znaczących objawów defoliacji (wzrost o 10 % w stosunku do roku 2015). Wysoki średni procent defoliacji stwierdzono także u olszy (20,2%). Jednocześnie odsetek drzew tego gatunku zaliczonych do 0 klasy defoliacji wzrósł o 5% w stosunku do roku ubiegłego. Tak wysoki stopień defoliacji olszy spowodowany był żerem owada z grupy foliofagów – hurmaka olszowca (*Agelastica alni*L.). Najniższy średni procent defoliacji (18,2%) jak również najwyższy odsetek drzew bez defoliacji (31,8%) stwierdzono u buka. Jest to znacząca poprawa kondycji tego gatunku w stosunku do roku poprzedniego. Podsumowując, w stosunku do stanu z roku 2015, stwierdzono wzrost średniego procentu defoliacji u jodły i olszy oraz znaczny spadek u buka. Jednocześnie liczba drzew każdego z gatunków, u których nie stwierdzono objawów defoliacji zwiększyła się. Zmiany te

nie spowodowały znaczących przesunięć w klasyfikacji generalnej defoliacji poszczególnych gatunków – zgodnie z klasyfikacją Wyrzykowskiego i Zajączkowskiego (1995). Podobnie jak w roku ubiegłym buka i olszę zaliczono do 1 klasy defoliacji – defoliacja lekka, natomiast jodłę do klasy drugiej – defoliacja średnia.

Rozkład liczby oraz udziału drzew badanych gatunków w poszczególnych klasach defoliacji prezentuje tabela (*Tab. 3.14.2*). Wynika z niej, że podobnie jak w roku ubiegłym, najwięcej drzew wszystkich badanych gatunków należało do klasy 1 (tzn. wykazywało lekką defoliację). W bieżącym roku znacznie więcej drzew wszystkich gatunków zaliczono do klasy 0 tj. bez defoliacji. Było to efektem poprawy stanu ulistnienia koron głównie buków i jodeł. Natomiast w drugiej klasie defoliacji od 3 lat notowany jest nieznaczny, lecz systematyczny spadek liczby drzew. Świadczy to również o poprawie stanu drzew badanych gatunków. W 2016 roku po raz pierwszy odnotowano drzewa zamarłe – jodły, sklasyfikowane jako 4 klasa defoliacji. Znaczący wpływ na stopień defoliacji oraz przebarwienia igieł jodły miały czynniki biotyczne (głównie rozwój patogenicznych grzybów i żerowanie owadów kambioksylofagicznych). Decydującą przyczyną defoliacji olchy było żerowanie foliofagów. Z kolei dalszą poprawę stanu ulistnienia buka należy wiązać z regeneracją jego koron po uszkodzeniach mechanicznych, powstałych w wyniku okiści lodowej z 2013 r.

II. Przebarwienia aparatu asymilacyjnego

Podobnie jak w roku 2015, wyraźne przebarwienia aparatu asymilacyjnego na kolor żółto–rudy i szaro–brunatny stwierdzono tylko u jodły (*Tab. 3.14.1.*) i dotyczyło to 7 drzew tj. 33% wszystkich badanych osobników. 4 jodły zamarły wskutek żerowanie owadów kambioksylofagicznych. W czasie prowadzenia oceny posiadały one korony z resztkami brązowych igieł. Natomiast pozostałe przebarwienia dotyczyły głównie pojedynczych gałęzi lub nieznacznych obszarów koron jodeł (poniżej 10%) dlatego zakwalifikowano je do zerowej klasy przebarwienia.

III. Uszkodzenia drzew

Podobnie jak w roku ubiegłym u jodły najczęstszą z rozpoznanych przyczyn uszkodzeń drzew były grzyby (*Tab. 3.14.1.*): rdza jodły i goździkowatych*Melampsorella caryophyllacearum*(DC) Schroet., powodująca chorobę znaną pod nazwą czarcia miotła jodły lub rak jodły oraz czyreń jodłowy (syn. czyreń Hartiga) *Phellinus hartigii* (Allesch. & Schnabl) Pat. (1903), którego rozwój powoduje zgniliznę pnia drzew. Efekty uszkodzeń grzybowych w postaci różnej formy narośli rakowych oraz owocniki grzybów zaobserwowano u 6 badanych drzew. Uszkodzenia mechaniczne stwierdzono u 7 jodeł, natomiast widoczną zgniliznę pnia zaobserwowano tylko u jednego drzewa i była ona także wynikiem rozwoju grzybów patogenicznych. Ponadto potwierdzono takie uszkodzenia jak listwa mrozowa (pęknięcie pnia w wyniku działania niskich temperatur), oraz jemiołę (*Viscum abietis*), półpasożyta rozwijającego się w koronie jodeł. W bieżącym roku odnotowano po raz pierwszy zamarcie 4 jodeł spowodowane żerowaniem owadów z grupy kambioksylofagów – głównie smolika jodłowca (*Pissodes piceae*Illiger. 1807). Uszkodzenia tych jodeł widoczne były już w roku ubiegłym – w postaci odbitej przez dzięcioły korowiny – w obrębie górnej części korony drzew. U jednej z jodeł, powierzchnia odbitej korowiny sięgała nawet około 20% obwodu pnia.

U buka – liczba oraz rodzaj uszkodzeń drzew nie zmieniły się w stosunku do roku przedniego. Najczęstszymi stwierdzonymi uszkodzeniami pni były zgnilizny (9 drzew), którym często towarzyszyły widoczne owocniki grzybów patogenicznych (8 drzew) oraz uszkodzenia mechaniczne (6 drzew). Widoczna jest dalsza regeneracja koron buków po uszkodzeniach mechanicznych, powstałych w wyniku okiści lodowej, która miała miejsce zimą 2013 r.

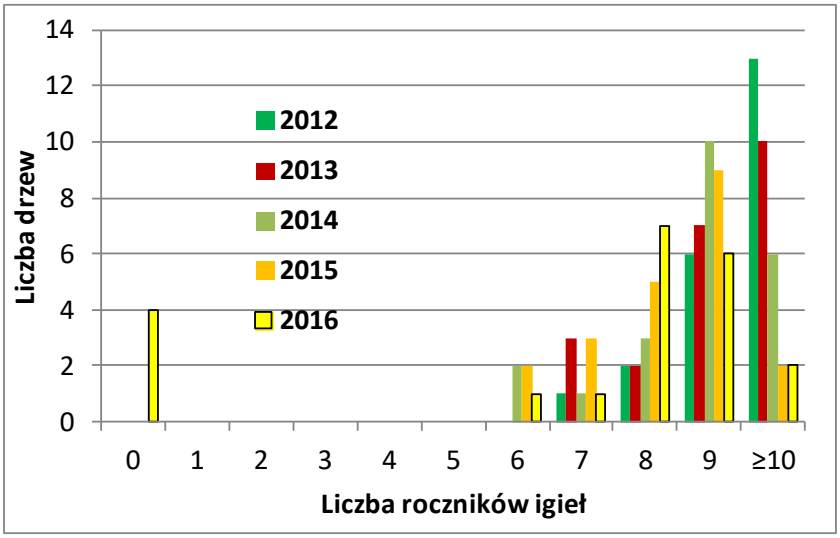
W 2016 r. wszystkie oceniane olsze miały uszkodzenia liści będące efektem żerowania owadów foliofagicznych – głównie hurmaka Olchowca (*Tab. 3.14.1.*). Drugim stosunkowo często występującym uszkodzeniem były widoczne zgnilizny pnia – 4 drzewa, którym – w trzech przypadkach – towarzyszyły owocniki grzybów rosnące na pniu lub gałęziach. Uszkodzenia mechaniczne stwierdzono zaledwie w 3 przypadkach. Wartości te nieznacznie zmieniły się w stosunku do roku ubiegłego.

III. Liczba roczników igieł

Określenie prawidłowej liczby roczników igieł jodeł sprawia duże trudności. W dwu przypadkach gdy roczników igieł było więcej niż 10, nie udało się ich dokładnie policzyć. Drzewa te włączono do kategorii „≥10". Przyjmując te założenia – liczba drzew posiadających 10 lub więcej roczników igieł od 2012 r. systematycznie spada (*Ryc. 3.14.1.*). W latach 2015 i 2016 stwierdzono je zaledwie u 2 drzew (znaczący spadek o w stosunku do lat poprzednich). W 2016 r. nastąpił wyraźny wzrost liczby drzew z przeciętną liczbą roczników igieł, jednocześnie zmniejszyła się liczba drzew mających najniższą liczbę roczników (*Ryc. 3.14.1.*). Średnia liczba roczników igieł w 2016 r., wyniosła 6,8 i była niższa od 2015 r. o 1,5 jednostki. Stan ten był głównie efektem śmierci 4 jodeł. Pomimo ogólnego spadku wielu wskaźników ocenianych drzew w stosunku do lat uprzednich, uzyskane wyniki świadczą nadal o ogólnie dobrej kondycji jodeł na badanej powierzchni.

Tab. 3.14.2. Rozkład liczby oraz udziału drzew badanych gatunków w poszczególnych klasach defoliacji, w roku 2016 r.

Klasa defoliacji	*Abies alba*		*Fagus sylvatica*		*Alnus glutinosa*	
	N	%	N	%	N	%
0	5	23,8	7	31,8	4	13,6
1	9	42,9	11	50,0	16	68,2
2	3	14,3	4	18,2	2	18,2
3	0	0,0		0,0		0,0
4	4	19,0		0,0		0,0
Suma	**21**	**100,0**	**22**	**100,0**	**22**	**100,0**



Ryc. 3.14.1. Zmiany liczby roczników igieł jodeł w latach 2012-2016.

3.15. EPIFITY NADRZEWNE – M1

W 2015 roku wyznaczono w obszarze RPN w granicach zlewni 18 nowych powierzchni do monitoringu epifitów zlokalizowanych na drzewach, wykonując pomiar i opis referencyjny wraz z dokumentacją fotograficzną i ustabilizowaniem za pomocą współrzędnych GPS. Monitoringiem objęto trzy grupy taksonów, wyznaczając dla każdej z nich trzy rodzaje powierzchni badawczych:
a. porosty krzaczkowate (odnożycę i brodaczkę) – 6 powierzchni
b. pustułkę pęcherzykowatą – 6 powierzchni
c. tarczownicę bruzdkowaną – 6 powierzchni
Monitorowane gatunki podczas zakładania powierzchni badawczych były w dobrej kondycji i nie wskazano wobec nich zagrożeń.

W 2016 roku na wszystkich powierzchniach nie zanotowano negatywnych zmian plech porostów w zakresie zdrowotności. Spośród 6 stanowisk pustułki pęcherzykowatej, 4 plechy nieznacznie zwiększyły swoją powierzchnię. Natomiast wśród tarczownicy bruzdkowanej, wzrost powierzchni plech zanotowano na trzech stanowiskach.

Ryc. 3.15.1. Opomiarowana na powierzchni badawczej plecha tarczownicy bruzdkowanej

Tab. 3.15.1. Wykaz monitorowanych gatunków porostów w Stacji Bazowej Roztocze

stanowisko	*Parmelia sulcata*	*Romalina pollinaria*		*Usnea dasopoga*		*Hypogymnie physodes*
		do 1 cm	*>1 cm*	*do 1 cm*	*>1 cm*	
055 ROZ-krz-Apl-1		∞	∞			
056 ROZ-Apl-Ps-1	+					
057 ROZ-Fs-Ps-2	+					
058 ROZ-Fs-Hp-1						+
059 ROZ-krz-Fs-2		3	1			
060 ROZ-Fs-Hp-2						+
061 ROZ-Aa-Hp-3						+
062 ROZ_Fs-Hp-4						+
063 ROZ-Fs-Hp-5						+
064 ROZ-krz-Q-3		-	3			
065 ROZ-Fs-Ps-3	+					
066 ROZ-krz-Fs-4						
067 ROZ-Fs-Ps-4		c. 10	∞			
068 ROZ-Fs-Ps-5	+					
069 ROZ-Fs-Hp-6						+
070 ROZ-krz-Fs-5		-	2			
071 ROZ_Q-Ps-6	+					
072 ROZ-krz-Fs-6		-	∞			

3.16. ZMIANY POKRYCIA TERENU I UŻYTKOWANIE ZIEMI – P1

Wstęp

Mapa pokrycia terenu i użytkowania ziemi w 2010 roku nie była opracowana w ramach programu P1 przez ekspertów ZMŚP, ponieważ zlewnia jeszcze nie należała do sieci ZMŚP, w związku z czym tempo zmian pokrycia terenu i użytkowania ziemi wg Velazqueza i in. (2002) nie zostały obliczone.

Na potrzeby niniejszego Raportu na podstawie Corine Land Cover (CLC) opracowano mapy pokrycia terenu i użytkowania ziemi dla zlewni Świerszcz.

Analiza przestrzenna pokrycia terenu została poprzedzona przygotowaniem i przetworzeniem danych wektorowych z CLC 2000 i 2012, w programie Quantum GIS (QGIS). Dane z CLC przedstawiono na III poziomie szczegółowości, wyróżniono 10 klas pokrycia terenu na terenie zlewni.

Zastosowane źródła:

Corine Land Cover (CLC) jest bazą, która dostarcza aktualne informacje dotyczące pokrycia terenu/użytkowania ziemi na obszarze całej Europy. W opracowaniu skorzystano z najnowszej wersji CLC, czyli z danych 2012, oraz z danych 2000 w celu porównania zachodzących zmian.

CLC2012 jest kontynuacją zrealizowanych przez Europejską Agencję Środowiska (EEA) wcześniejszych warstw CLC1990, CLC2000 i CLC2006, które powstały w oparciu o zdjęcia satelitarne, mapy topograficzne w skali 1:50 000 oraz 1:10 000, plany miast, mapy tematyczne. Każda następna warstwa CLC zawierała aktualizację danych dotycząca pokrycia terenu. Dane CLC są przedstawione na wielkoskalowej mapie – 1:100 000, o wydzielonej minimalnej powierzchni 25 ha. (http://clc.gios.gov.pl/)

Zastosowane narzędzia

Quantum GIS (QGIS) należy do grupy wolnego i otwartego oprogramowania. Program udostępniany jest na licencji GNU GPL *(ang.General Public License).*

Postępowanie badawcze

Dane Corine Land Cover w formie wektorowej (ang. shapefile, shp.) wczytano do programu komputerowego QGIS. Model wektorowy (shp) przedstawia układ przestrzenny za pomocą punktów, linii oraz poligonów, wraz z opisującymi je cechami zawartymi w tabeli atrybutów (Nowatorka i in. 2014)

Za pomocą narzędzi geoprocessingu przycięto warstwy z CLC do granicy obszaru badań. Następnie użyto komendy różnica, w celu wydzielenia obszarów o odrębnych kodach. Każdemu kodowi przypisano odpowiedni kolor, za pomocą RGB.

Tak przygotowana baza danych wektorowych zawierająca elementy pokrycia terenu umożliwiła wychwycenie zmian zachodzących w pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi w przeciągu 12 lat.

Pokrycie terenu Zlewni Świerszcz w latach 2000–2012

Pokrycie terenu to obiekty, które w całości wypełniają teren i w sposób kompletny opisują wszystkie elementy, które tworzą powierzchnie Ziemi na danym obszarze (Dz.U. 2011 nr 279 poz. 1642).

Tab. 3.16.1. Charakterystyka pokrycia terenu i użytkowania zlewni Świerszcza w latach 2000 i 2012.

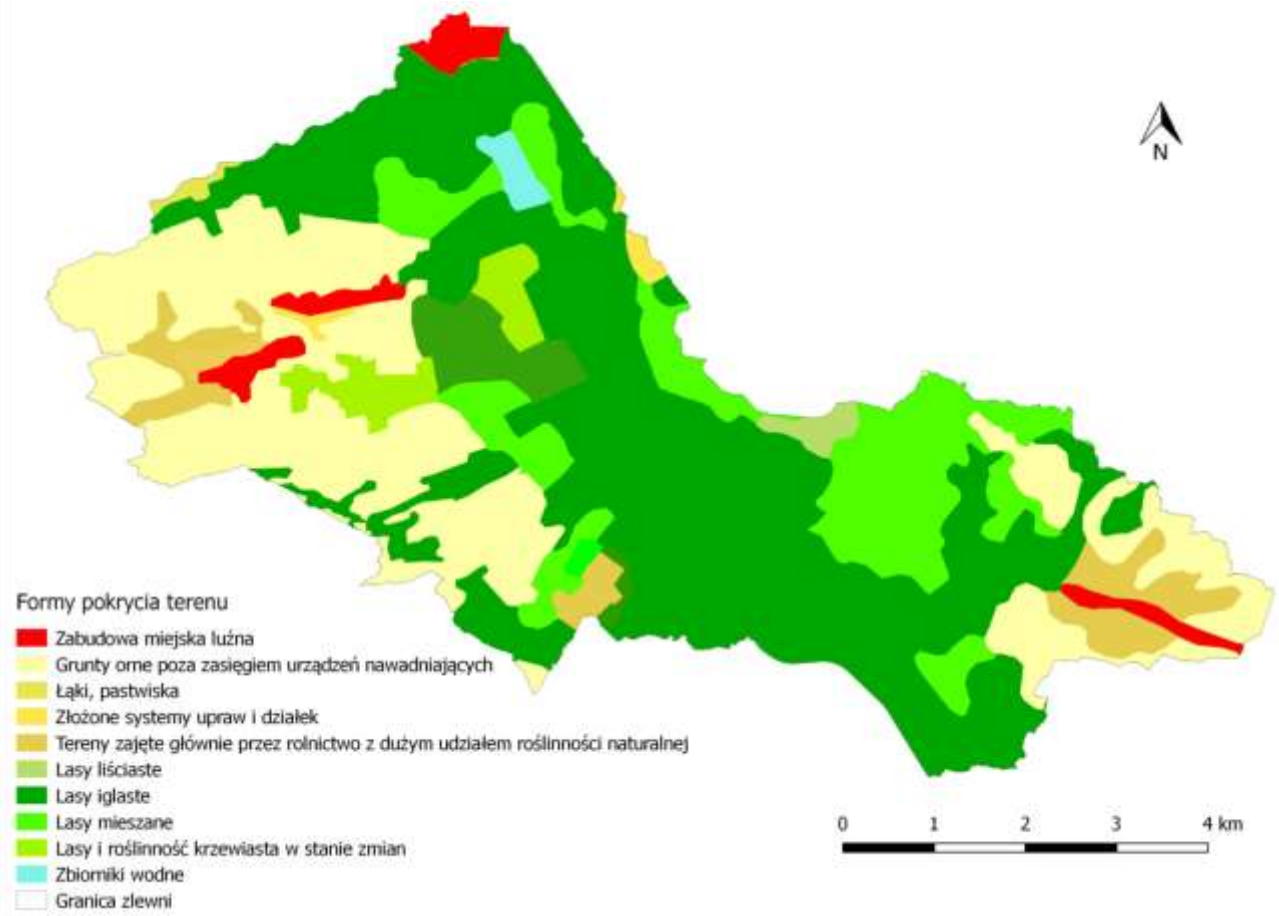
KOD	POZIOM III	CLC 2000		CLC 2012	
		Powierzchnia [ha]	Udział powierzchni zlewni [%]	Powierzchnia [ha]	Udział powierzchni zlewni [%]
112	Zabudowa miejska luźna	139,20	2,92	139,27	2,93
211	Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających	1271,04	26,73	1064,70	22,39
231	Łąki, pastwiska	13,36	0,28	40,69	0,86
242	Złożone systemy upraw i działek	16,33	0,34	16,33	0,34
243	Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej	276,92	5,82	161,11	3,39
311	Lasy liściaste	32,22	0,68	32,22	0,68
312	Lasy iglaste	2259,48	47,64	2265,48	47,64
313	Lasy mieszane	744,89	15,66	744,89	15,66
324	Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian	253,88	5,34	357,40	9,41
512	Zbiorniki wodne	33,31	0,70	33,31	0,70

Źródło: Opracowanie własne na podstawie CLC 2000 i 2012.

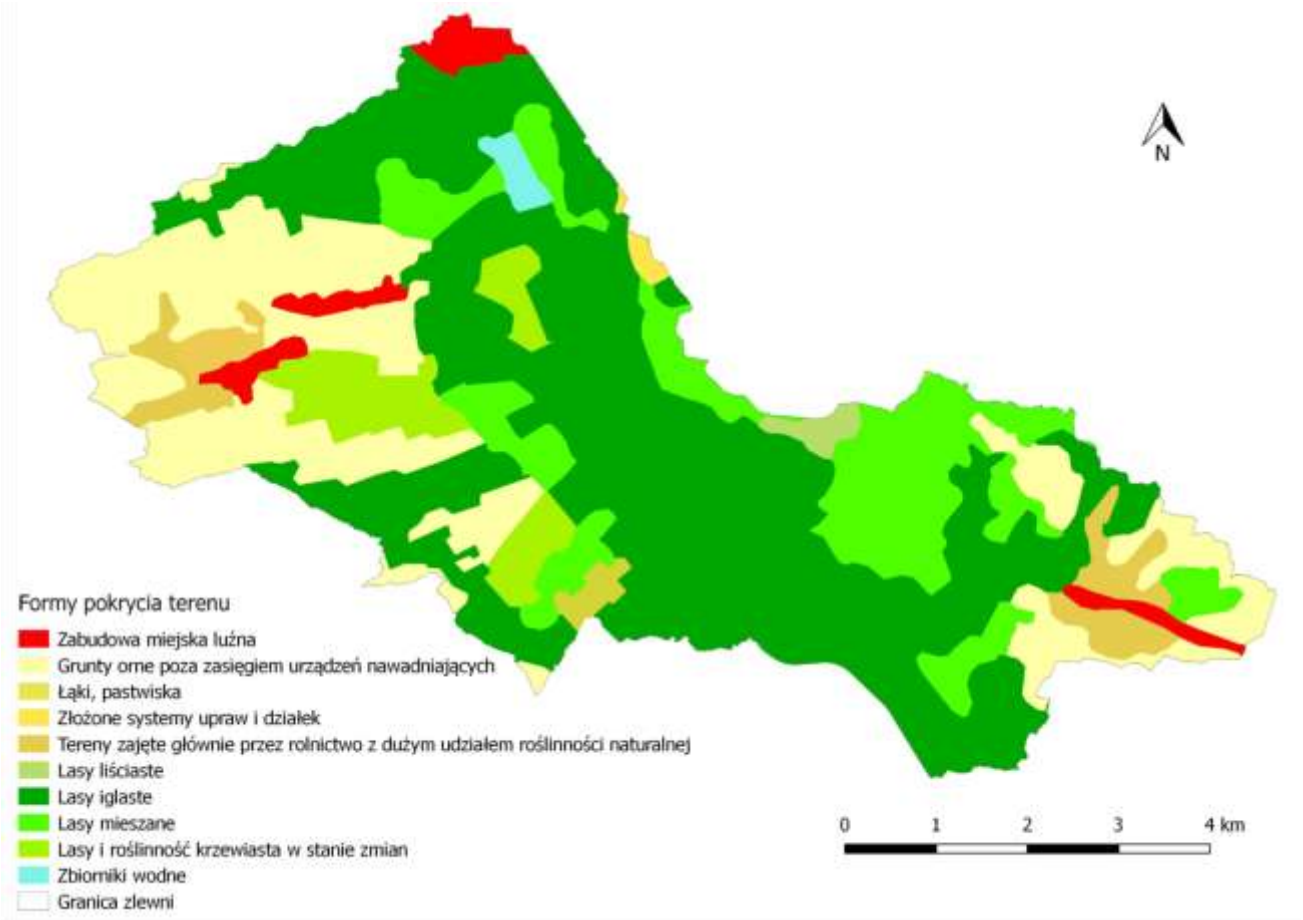
W zakresie zmian pokrycia i użytkowania powierzchni ziemi w obszarze zlewni Świerszcza na przestrzeni lat 2000-2012 kluczowe zmiany dotyczą kształtowania się lasów wskutek naturalnej sukcesji. Nastąpiły wyraźne zmiany w obszarach agrocenoz, które wskutek zaniechania użytkowania ornego, uległy przekształceniu zarastając zapustami, młodnikami i drągowinami. Proces ten najwyraźniej zaznacza się w zachodniej części zlewni, której struktura własności charakteryzuje się silnym rozdrobnieniem działek. WS obrębie zwartych ekosystemów leśnych nie zanotowano zmian.

Również w odniesieniu do nieleśnych ekosystemów lądowych nastąpiły punktowe, ale wyraźne zmiany dotyczące przekształcenia pól uprawnych w pastwiska. Powierzchnia zbiorników wodnych nie uległa zmianom. Na podobnym poziomie kształtował się zasięg obszarów zurbanizowanych.

Opisane zmiany zaprezentowano w tabeli 3.16.1. oraz na rycinach 3.16.1, 3.16.2.



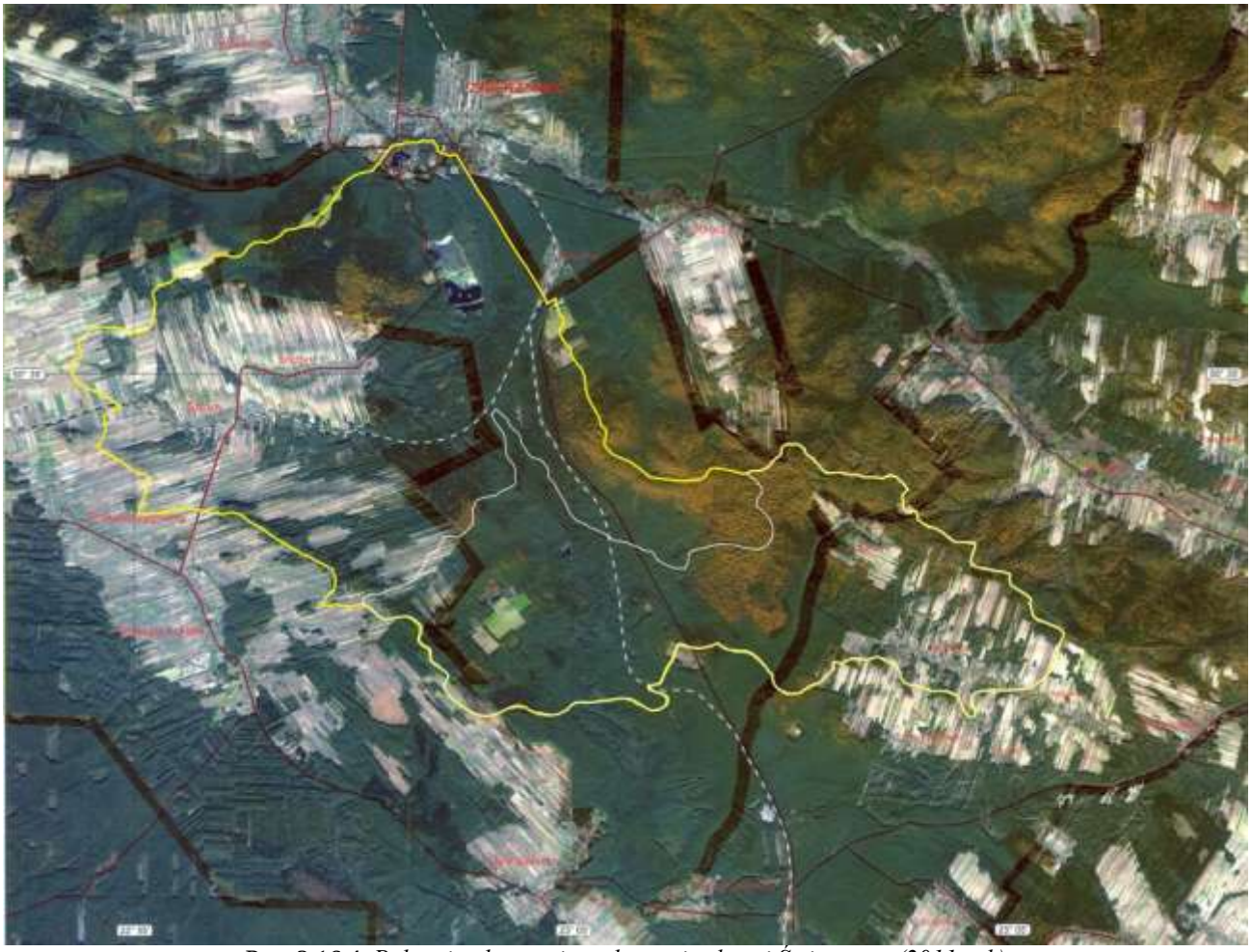
Ryc. 3.16.1. Pokrycie terenu i użytkowanie ziemi w zlewni Świerszcza w roku 2000.



Ryc. 3.16.2. Pokrycie terenu i użytkowanie ziemi w zlewni Świerszca w roku 2012.

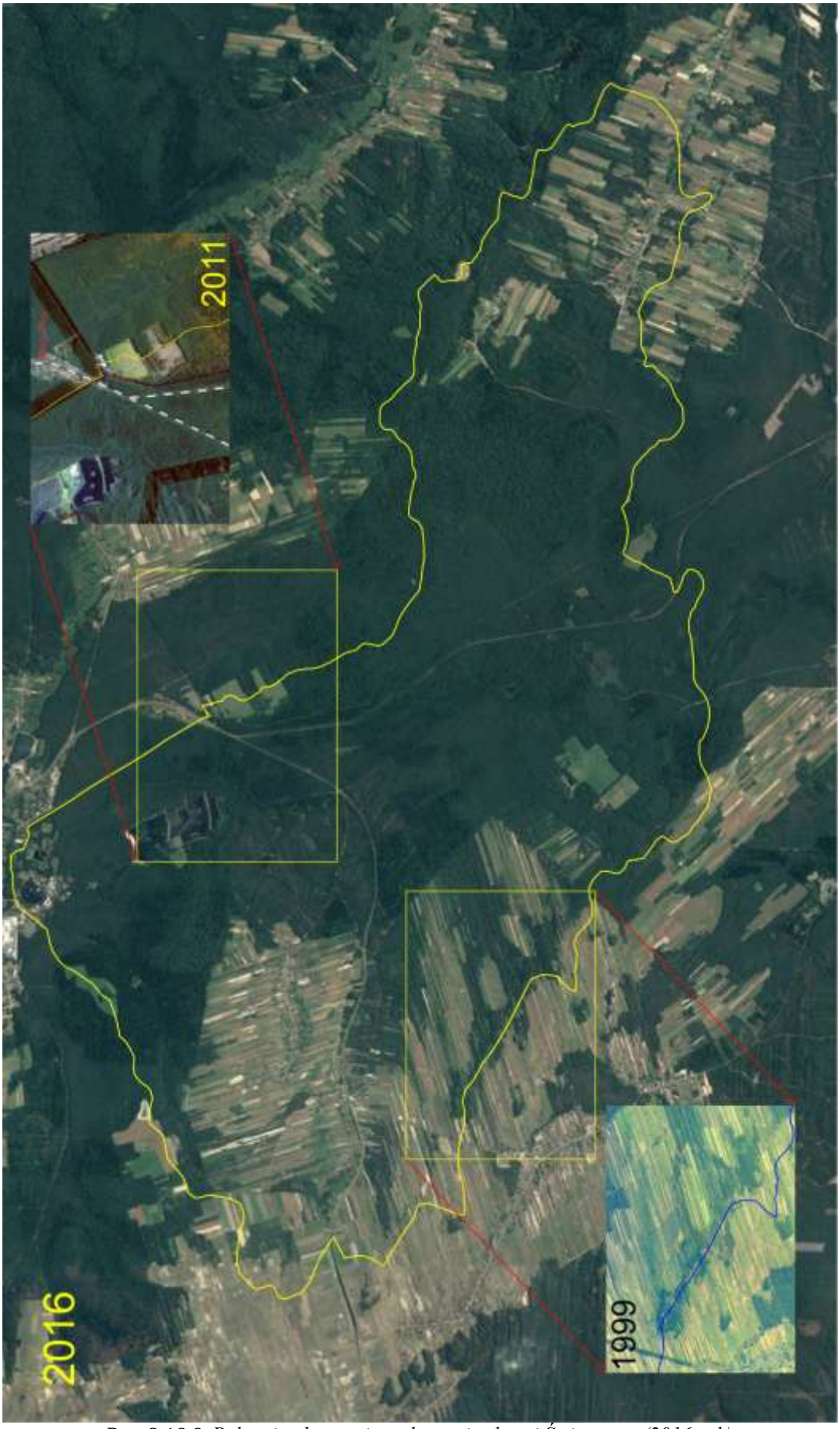
Ponadto, w niniejszym rozdziale przedstawiono zestaw fotografii lotniczych obrazujących pokrycie obszaru zlewni w latach: 1999, 2011, 2014 i 2016, ze wskazaniem przykładowych zmian oraz mapę pokrycia i użytkowania ziemi bazującej na danych BDOT.

Ryc. 3.16.3. Pokrycie obszaru i użytkowanie zlewni Świerszcza (1999 rok)

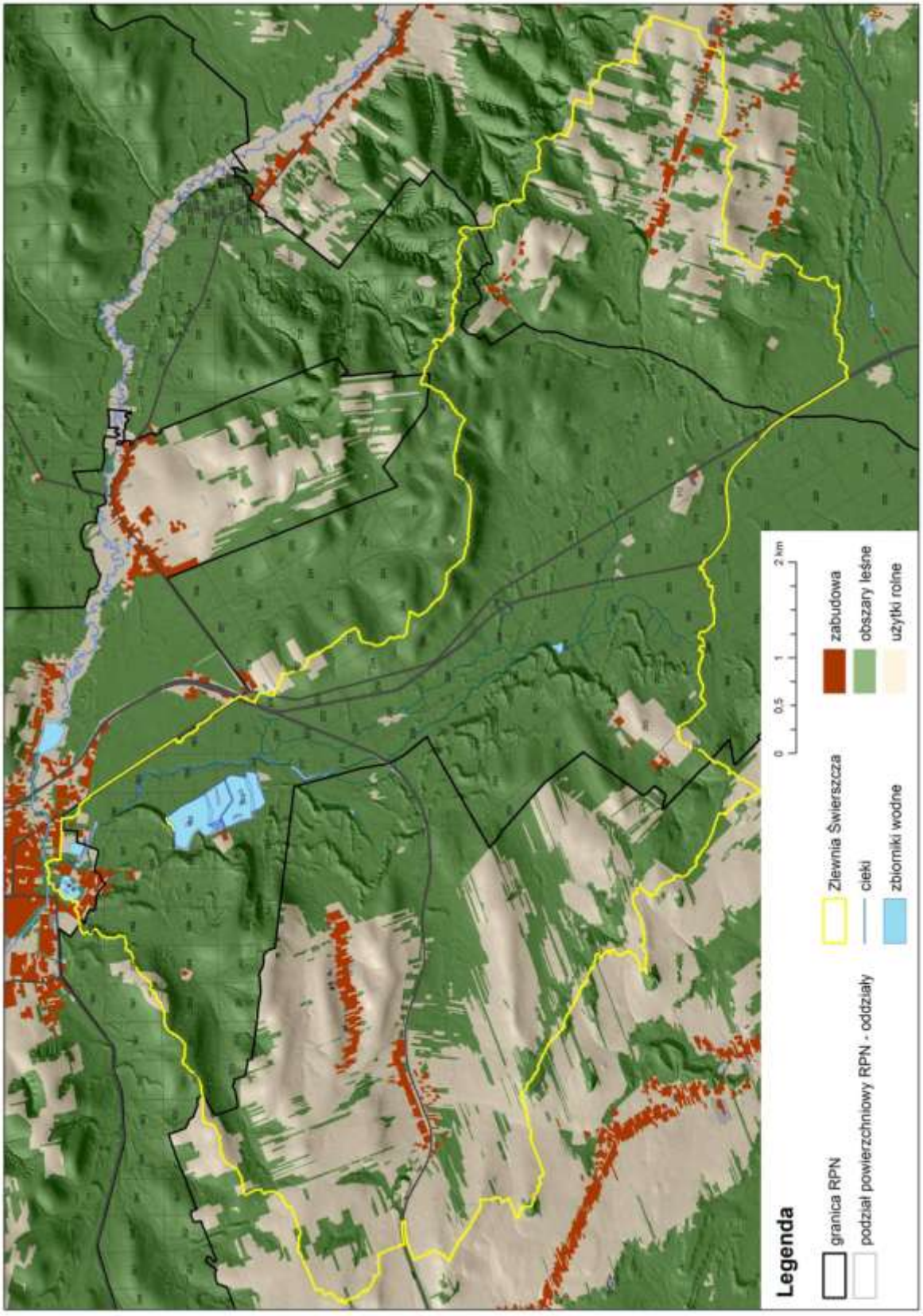


Ryc. 3.16.4. Pokrycie obszaru i użytkowanie zlewni Świerszcza (2011 rok)

Ryc. 3.16.5. Pokrycie obszaru i użytkowanie zlewni Świerszcza (2014 rok)



Ryc. 3.16.6. Pokrycie obszaru i użytkowanie zlewni Świerszcza (2016 rok)



Ryc. 3.16.4. Pokrycie obszaru i użytkowanie zlewni Świerszcza (2016 rok) - BDOT.

4. PROGRAMY SPECJALISTYCZNE ZMŚP W STACJI BAZOWEJ ROZTOCZE W 2016 ROKU

4.1. MONITORING PTAKÓW POLSKI – charakterystyka ogólna oraz wyniki badań

Monitoring ptaków jest częścią dużego systemu monitoringu przyrody prowadzonego w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, koordynowanego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

Ptaki lęgowe są monitorowane w ramach systemu programów dedykowanych grupom gatunków lub pojedynczym gatunkom. Każdy podprogram wykorzystuje metody dostosowane do specyfiki monitorowanej grupy.

Ochrona ptaków, w szczególności gatunków wskazanych w załączniku I Dyrektywy Ptasiej, jest obowiązkiem prawnym państw UE. Monitoring jest częścią sprawnego systemu ochrony populacji ptaków. MPP jest dostarcza corocznych, reprezentatywnych dla obszaru Polski, wskaźników stanu populacji wybranych gatunków ptaków lęgowych. Uzyskiwane wskaźniki dotyczą zmian dwóch podstawowych parametrów: liczebności i rozmieszczenia (dla wszystkich monitorowanych gatunków) oraz parametru rozrodu (dla wybranych gatunków).

Liczebność populacji opisują trzy parametry:

- **Wskaźnik liczebności populacji** – względna liczebność populacji lęgowej w danym roku, wyrażona w relacji do jej liczebności w roku bazowym (pierwszy rok w serii pomiarowej, z reguły 2000 lub 2001),
- **Liczebność populacji** – całkowita liczebność krajowej populacji lęgowej (liczba par) lub sumaryczna liczebność osobników w przypadku ptaków migrujących i zimujących,
- **Wskaźnik efektów rozrodu** (łabędź niemy, bocian biały).

Zmiany rozmieszczenia charakteryzują:

- **Rozpowszechnienie** – stosunek liczby powierzchni, na których stwierdzono dany gatunek do liczby powierzchni, na których liczono ptaki w danym roku.
- **Areał** – wielkość krajowego zasięgu lęgowego oceniana w skali kwadratów 10 km x 10 km (liczba zasiedlonych kwadratów).

Monitoring ma na celu w szczególności pomiar reakcji systemu na zastosowane działania związane z ochroną i zrównoważonym użytkowaniem zasobów przyrodniczych. Dlatego monitoring stanowi integralną część strategii gospodarowania zasobami biologicznymi i procesu podejmowania decyzji z zakresu zarządzania ochroną tychże zasobów.

W Roztoczańskim Parku Narodowym, w Stacji Roztocze, realizowane są cztery specjalistyczne programy monitoringowe dedykowane awifaunie (*Ryc. 4.1.1.*):

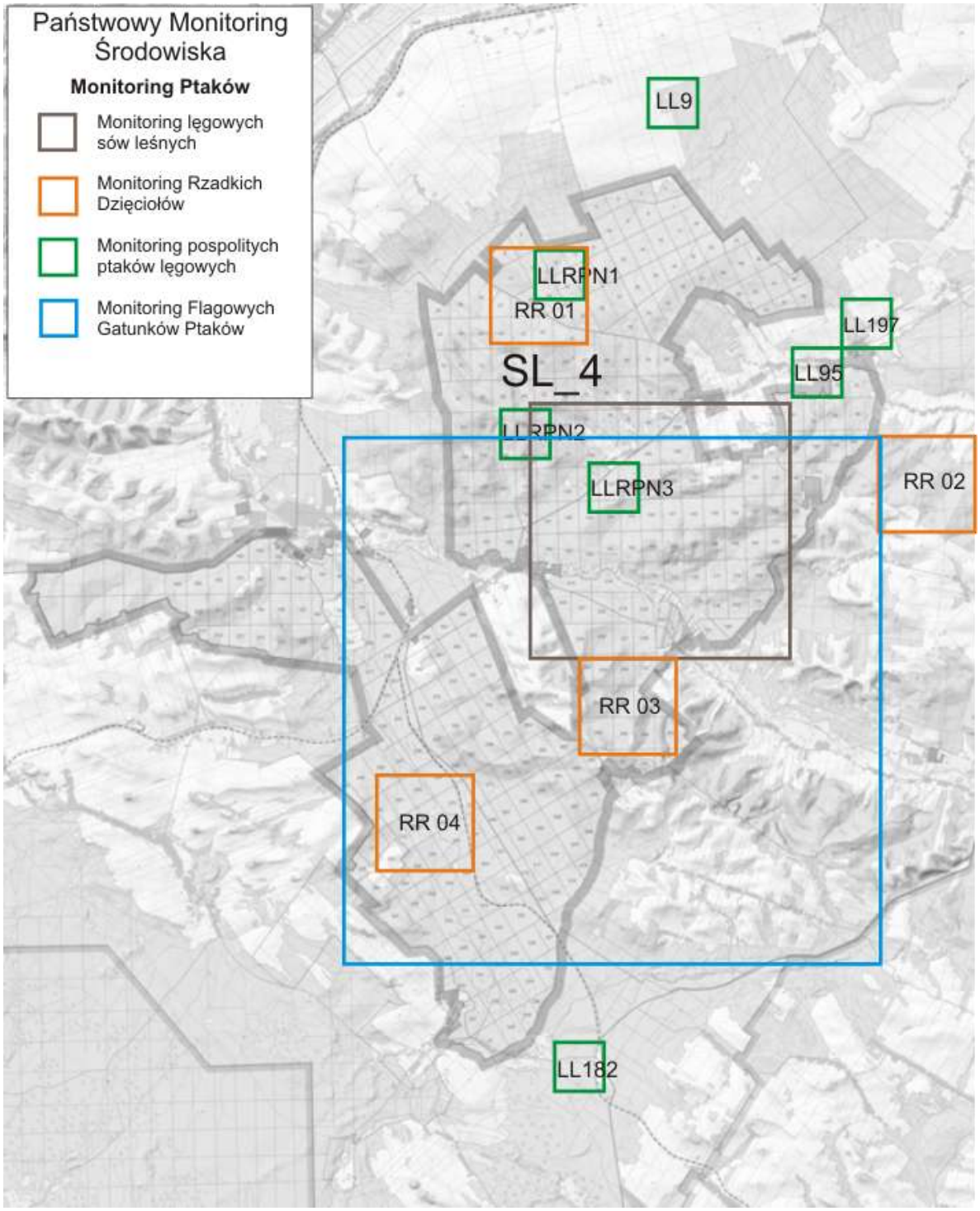
a. Monitoring Lęgowych Sów Leśnych (MLSL) na powierzchni próbnej SL4 (od roku 2009),

b. Monitoring Rzadkich Dzięciołów (RR) na 4 powierzchniach próbnych: RR01, RR02, RR03, RR04 (od roku 2013),

c. Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych (MPPL) na 7 powierzchniach próbnych: LL9, LL95, LL182, LL197, LLRPN1, LLRPN2, LLRPN3 (od roku 2012),

d. Monitoring Flagowych Gatunków Ptaków (MFGP) na powierzchni próbnej MPPL-RPN (od roku 2014). Zasięg monitoringu w ramach wymienionych programów, skupiony jest w granicach zlewni reprezentatywnej Stacji Roztocze oraz jej otulinie (tożsamej z otuliną Roztoczańskiego Parku

Narodowego). Z uwagi na fakt, iż Roztoczański Park Narodowy jest integralną i kluczową składową obszaru specjalnej ochrony ptaków sieci Natura 2000 Roztocze PLB060012, zakres programu ściśle koresponduje ze strategią monitoringu GIOŚ oraz zobowiązaniami Parku, jako instytucji nadzorującej obszar Natura 2000 Roztocze PLB060012 – dostarczając danych będących podstawą raportowania o stanie zachowania oraz zagrożeniach gatunków i ich siedlisk w regionie Roztocza. Szczegółowe wyniki realizowanych prac zdeponowane są w instytucjach wykonujących badania (konsorcjum NGO's i instytucji naukowo-badawczych) oraz instytucji koordynującej (GIOŚ), zaś raport wynikowy powstał jako odrębne opracowanie.



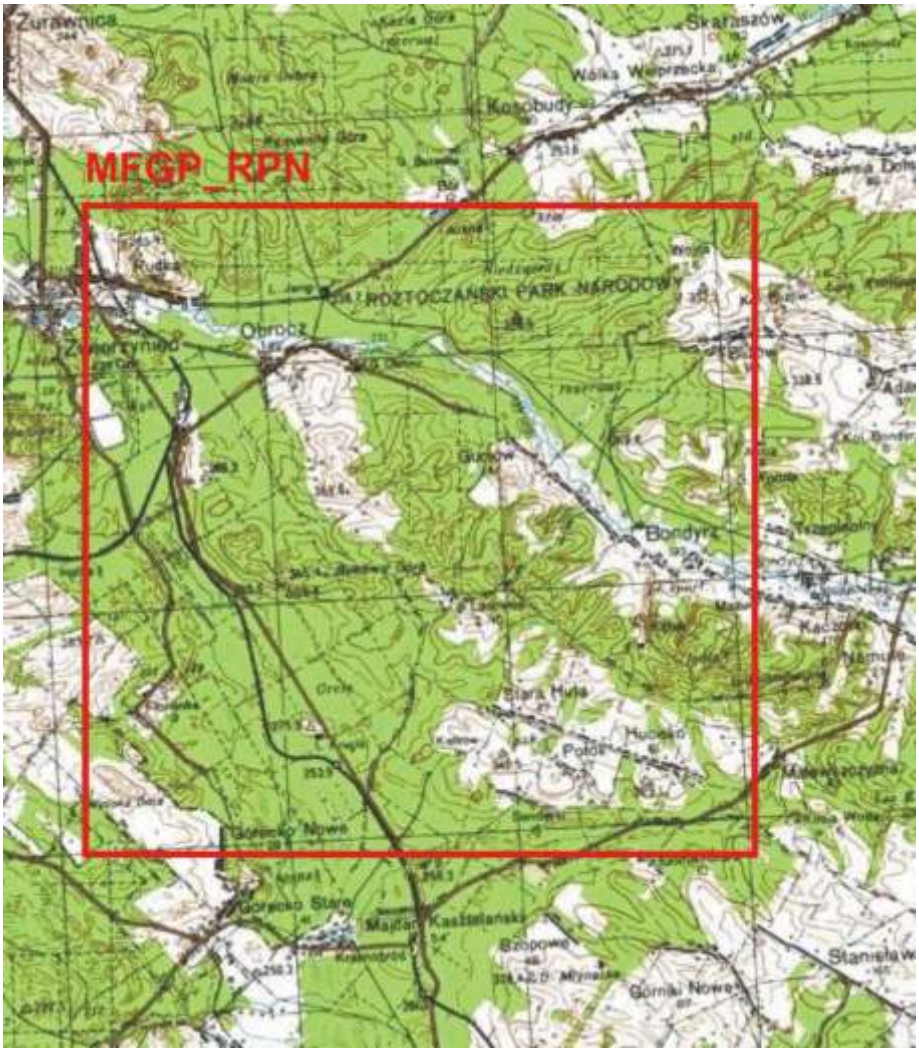
Ryc. 4.1.1. Schemat monitoringu ptaków w Stacji Bazowej Roztocze w ramach Monitoringu Ptaków Polski

Monitoring Flagowych Gatunków Ptaków

Program w obszarze badawczym zlewni Świerszcza rozpoczęto w 2014 r. Obejmuje lęgowe populacje 12 gatunków ptaków głównych środowisk (leśnego, mokradłowego, zurbanizowanego): łabędzia niemego, perkoza rdzawoszyjego, zausznika, bąka, czapli siwej, bociana białego, błotniak stawowy, żurawia, śmieszki, rybitwy rzecznej, rybitwy czarnej, gawrona. Celem programu jest

uzyskanie corocznych wskaźników liczebności i rozpowszechnienia populacji wymienionych gatunków oraz wskaźników efektu rozrodu (dla łabędzia niemego i bociana białego).

Prace realizowane są na powierzchni próbnej (10x10 km), w obszarze której kontrolowane są dogodne siedliska występowania monitorowanych gatunków. Wykonuje są łącznie 15 kontroli powierzchni, dedykowanych poszczególnym gatunkom. Dane wprowadzane są do bazodanowych formularzy wynikowych.



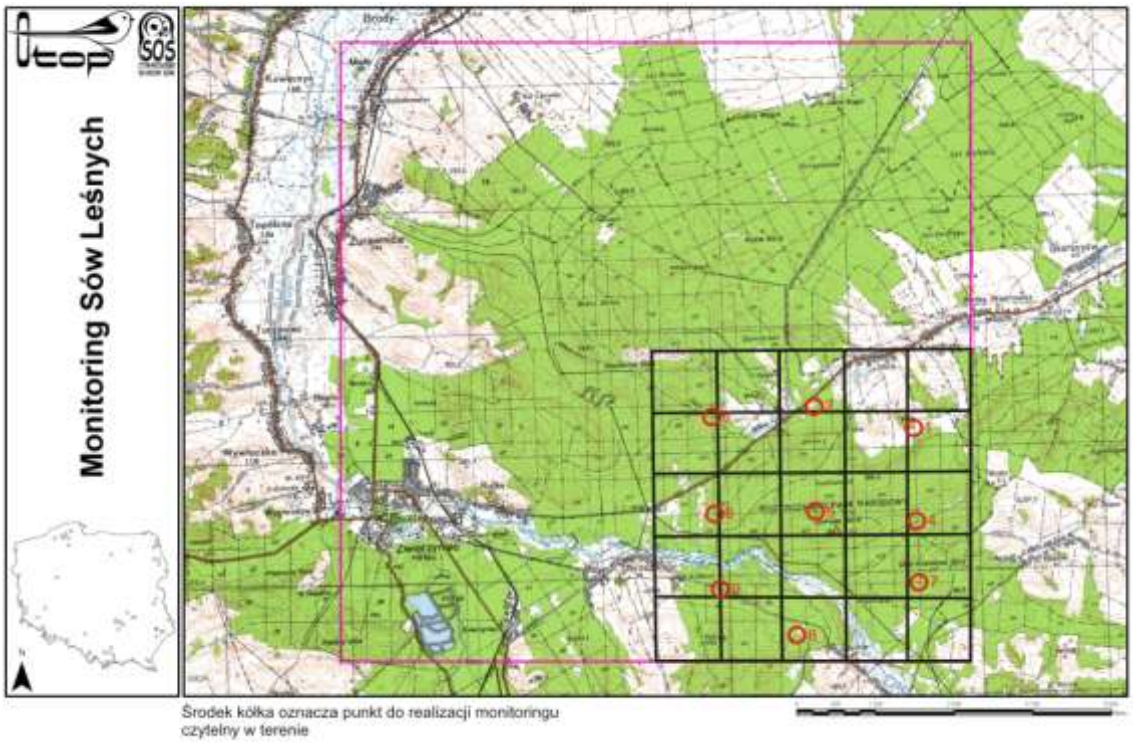
Ryc. 4.1.2. Lokalizacja powierzchni MFGP w obszarze badawczym zlewni

W roku 2016 w badanej powierzchni, spośród monitorowanych gatunków, zanotowano: łabędzia niemego (1 para), bociana białego (16par), błotniaka stawowego (2 pary), żurawia (3 pary). W stosunku do roku 2015 –stwierdzono nieznaczny wzrost liczebności bociana białego i żurawia.

Monitoring Lęgowych Sów Leśnych

Program w obszarze badawczym zlewni Świerszcza rozpoczęto w 2009 r. Obejmuje lęgowe populacje czterech gatunków sów leśnych wymienionych w Załączniku I Dyrektywy Ptasiej UE: puchacza, puszczyka uralskiego, włochatkę, sóweczkę. Dodatkowo liczeniem objęte są również występujące na tych samych powierzchniach dwa kolejne gatunki sów: puszczyk oraz uszatka (traktowane jako gatunki uzupełniające) oraz – jako gatunki dodatkowe – płomykówka, pójdźka i uszatka błotna. Celem programu jest uzyskanie corocznych wskaźników liczebności i rozpowszechnienia populacji wymienionych gatunków.

Prace realizowane są na powierzchni próbnej (5x5 km), w obszarze której wyznacza się 9 punktów, z których wykonywana jest stymulacja i rejestracja gatunków docelowych. Wykonuje się3 kontrole powierzchni próbnej: dwie kontrole nocne ukierunkowane na wykrycie puchacza, włochatki i puszczyka uralskiego oraz jedną kontrolę o zmierzchu lub o świcie, ukierunkowaną na wykrycie sóweczki. Dane wprowadzane są do bazodanowych formularzy wynikowych.



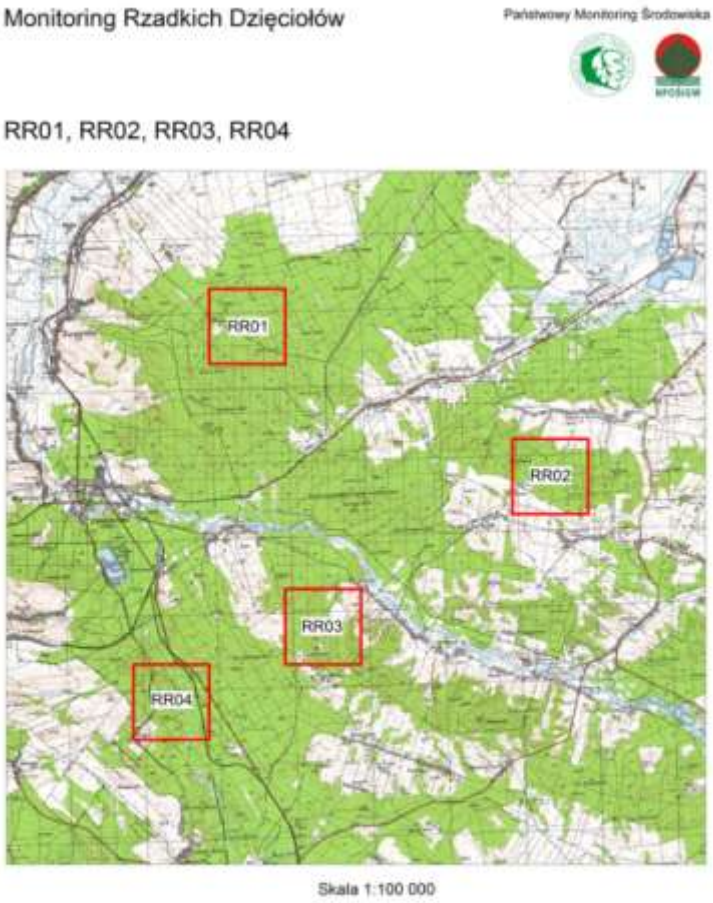
Ryc. 4.1.3.Lokalizacja powierzchni MLSL w obszarze badawczym zlewni

W roku 2016 na badanej powierzchni zanotowano 3 gatunki (2 docelowe oraz 1 uzupełniający): puszczyk uralski (1 para), sóweczka (2-3 pary). W stosunku do lat poprzednich, stwierdzono mniej terytoriów puszczyka uralskiego oraz nowe stanowiska sóweczki, gatunku będącego w ekspansji.

Monitoring Rzadkich Dzięciołów

Program w obszarze badawczym zlewni Świerszcza rozpoczęto w 2013 r. Obejmuje liczenia dwóch najrzadszych gatunków krajowych dzięciołów: dzięcioła białogrzbietego i dzięcioła trójpalczastego (ujętych w zał. I Dyrektywy Ptasiej). Uzupełniająco, notowane są podczas kontroli pozostałe gatunki występujące w obrębie badanej powierzchni. Celem programu jest uzyskanie corocznych wskaźników liczebności i rozpowszechnienia populacji wymienionych gatunków.

Prace realizowane są na powierzchni próbnej 2x2 km, w obszarze które wyznacza się 12 punktów, z których wykonywana jest stymulacja i rejestracja gatunków docelowych. Wykonuje się 2 kontrole powierzchni w okresie od marca do końca kwietnia. Dane wprowadzane są do bazodanowych formularzy wynikowych.



Ryc. 4.1.4. Lokalizacja powierzchni MRD w obszarze badawczym zlewni

W roku 2016 na dwóch powierzchniach (pokrywających się z obszarami ochrony ścisłej – RR01 i RR03) populacje monitorowanego gatunku – dzięcioła białogrzbietego są stabilne (zanotowano 4 i 7 terytoriów). Na jednej powierzchni (w obszarze RPN – RR04) zanotowano wzrost

terytoriów (z 2 do 3), wskutek wydzielenia się znacznych połaci obumarłych drzewostanów olszowych w wyniku bytowania bobra europejskiego. Na czwartej powierzchni (RR02), w gospodarczo użytkowanych lasach państwowych, liczba terytoriów spadła z 3 do 1-2 terytoriów.

Monitoring Ptaków Polski – Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych

Program Monitoringu Pospolitych Ptaków Lęgowych (MPPL) rozpoczęto w 2012 r. Dostarcza on krajowych danych do wskaźnika *Farmland Bird Index* używanego przez Komisję Europejską jako wskaźnik strukturalny i wskaźnik zrównoważonego rozwoju. Program stanowi krajową reprezentację systemu Pan-europejskiego monitoringu pospolitych ptaków.

Liczenia ptaków odbywają się na powierzchniach próbnych 1x1 km. Podczas prac notowane są wszystkie gatunki ptaków stwierdzone na powierzchni – wzdłuż dwóch transektów liniowych o długości 1 km każdy. Powierzchnia próbna kontrolowana jest trzykrotnie: pierwsza kontrola ma na celu rejestrację siedlisk, zaś druga i trzecia wizyta to rejestracja ptaków, widzianych lub słyszanych podczas liczeń na wytyczonej trasie. Dane wprowadzane są do bazodanowych formularzy wynikowych.

Ryc. 4.1.5. Lokalizacja powierzchni MPPL w obszarze badawczym zlewni

W roku 2016 wykonano kompletne liczenia na wszystkich powierzchniach, przekazując dane do bazy centralnej w celu opracowania zestawienia zbiorczego. Z uwagi na wciąż krótki czas

realizacji badań i jednocześnie obszerny materiał, na obecnym etapie nie sposób generować danych o trendzie poszczególnych gatunków oraz trendach jakościowych.

5. OCENA STANU ŚRODOWISKA I ZAGROŻENIA FUNKCJONOWANIA GEOEKOSYSTEMÓW W ZLEWNI ŚWIERSZCZA

W Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze Roztoczańskiego Parku Narodowego w roku 2016 program badawczo-pomiarowy realizowano w zakresie 16 programów: A1, B1, C1, C2, C3, D1, E1, F1, F2, G2, H1, I1, J2, J3, K1, M1 przy czym programy D1, I1 – wykonane zostały przez specjalistów ZMŚP. Monitoring przyrodniczy w Stacji Roztocze został rozszerzony o programy specjalistyczne ujęte w Państwowym Monitoringu Środowiska GIOŚ – Monitoring Ptaków Polski (Monitoring Flagowych Gatunków Ptaków, Monitoring Lęgowych Sów Leśnych, Monitoring Rzadkich Dzięciołów i Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych) – wychodząc naprzeciw konieczności racjonalnego wdrażania działań ochronnych ujętych w projekcie planu ochrony Roztoczańskiego Parku Narodowego oraz rocznych zadaniach ochronnych.

Realizacja poszczególnych programów badawczych odbywała się w oparciu o sprzęt i aparaturę dedykowaną zakresowi monitoringu zintegrowanego i przebiegała bez problemów technicznych i merytorycznych.

Ocenę stanu środowiska i zagrożenia w zlewni Świerszcza omówiono w sposób syntetyczny, bazując na danych roku pomiarowego. Pionierski zakres prac badawczych oraz czas ich realizacji utrudnia ocenę stanu geoekosystemu zlewni badawczej w aspekcie wielolecia. Zebrane bowiem dane nie odzwierciedlają zmienności uwarunkowań przyrodniczych, wskazujących na wyraźne trendy zachodzące w badanym obszarze.

Najbardziej zmiennymi elementami w ramach pomiarów ZMŚP są uwarunkowania klimatologiczne. Mają one decydujący wpływ na kształtowanie się zasobów wody w środowisku i dłuższej perspektywie czasu – na elementy środowiska od wód zależne. Rok 2016, na tle lat 2012-2015 nie należał do wyróżniających się pod względem termiczno-opadowym. Średnia roczna temperatura powietrza wynosząca 9,0 °C klasyfikowała go jako rok ciepły, tak jak lata poprzednie: 2015 i 2014. Roczna suma opadu atmosferycznego, wynosząca 715,3 mm, zaliczyła zaś rok hydrologiczny 2016 do lat normalnych, tak jak rok 2014. Rok 2015 wyróżnił się małą sumą opadów rocznych i był rokiem suchym Oba kluczowe parametry (temperatura i opady) w przebiegu rocznym, połączone z trwającym od roku 2014 niedoborem wody pogłębiły postępujący proces deficytu wód powierzchniowych i podziemnych. W zlewni badawczej nastąpił zanik fragmentów górnego i środkowego biegu Świerszcza w okresie blisko 3 miesięcy. Obniżył się znacząco główny poziom wodonośny a wody podziemne zalegające płytko pod powierzchnią – okresowo zanikły. Pomimo opisanego stanu warunków klimatycznych i hydrologicznych, w górnym odcinku Świerszcza wskutek czynników naturalnych, nastąpiło retencjonowanie wód w obszarach dawniej zmeliorowanych torfowisk dzięki zasiedleniu terenu przez bobra europejskiego. Obszar poddany podtopieniom zajmuje powierzchnię ponad 40 ha i zdeterminował utrzymanie się ważnych pod względem fizjonomii siedlisk przyrodniczych od wód zależnych oraz mokradeł stanowiących siedliska rzadkich i zagrożonych gatunków roślin i zwierząt. Rok pomiarowy cechował się stosunkowo spokojnym przebiegiem warunków meteorologicznych w aspekcie zjawisk ekstremalnych o charakterze klęskowym. Nie wystąpiły gwałtowne opady oraz porywisty wiatr

skutkujące niszczycielskimi konsekwencjami. Brak było również zjawisk, typowych dla Roztocza, okiści śniegowej i lodowej, których występowanie powoduje zwykle znaczące konsekwencje w ekosystemach leśnych (śniegołomy, lodołomy).

Jakość powietrza w układzie zawartości podstawowych substancji zanieczyszczających (dwutlenku siarki, tlenków azotu) w badanym okresie – mieści się w granicach dopuszczalnych norm – osiągając bardzo niskie wartości, nie przekraczające kilkunastu procent poziomu dopuszczalnego – pomimo istniejących źródeł emisji lokalnych oraz istnienia w pobliżu punktu pomiarowego emitorów zanieczyszczeń infrastrukturalnych: węzła drogowego (skrzyżowania dwóch dość ruchliwych dróg powiatowych) i ruchliwej linii kolejowej o przebiegu regionalnym i międzynarodowym (LHS). Poziom zawartości tych substancji wskazuje na bardzo dobrą jakość powietrza w badanym obszarze, która utrzymuje się w na podobnym poziomie w całym cyklu pomiarowym. Przekroczenia w zakresie ozonu miały miejsce w okresie wiosenno-letnim i warunkowane były przede wszystkim panującymi warunkami klimatycznymi (wysokimi temperaturami). Na jakość powietrza wpływają warunki klimatyczne, zwłaszcza napływ mas powietrza ze znacznych odległości. I jakkolwiek kluczowe znaczenie w zanieczyszczeniu powietrza mają głównie uwarunkowania lokalne, to jednak oddziaływania ponadregionalne niekiedy w sposób znaczący mogą przyczynić się do depozycji zanieczyszczeń lub zmiany składu pierwiastków, co zanotowano w składzie chemicznym opadów.

Realizowane badania ujawniły istnienie stałego zjawiska występowania okresowych opadów atmosferycznych o obniżonej wartości pH. Okresem występowania kwaśnego opadu jest zima, gdzie substancje zakwaszające wodę emitowane są przez lokalne osadnictwo (wsie zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie zlewni), toteż charakter tej emisji należy do antropogenicznych. Wyniki badań wód z opadu mokrego w stacji Roztocze wskazują na przewagę opadów słabo kwaśnych. Łączny ładunek pierwiastków wniesiony do podłoża wraz opadem całkowitym, w roku hydrologicznym 2016, osiągnął wartość ponad 4800 mg/m^2 i był znacznie wyższy (18%) od wartości średniej z lat 2012-2015, przy sumie opadów wyższej o 18 % do wartości średniej z ostatnich 4 lat. Rozkład procentowy pierwiastków docierających do podłoża w formie mineralnej wraz z opadem całkowitym był odmienny od notowanych w roku poprzednim. Wśród wskaźników o antropogenicznym pochodzeniu, stosunkowo duże stężenie oraz wysoki poziom depozycji wykazywał azot (jako N-NH_4+N-NO_3) i siarka (jako S-SO_4) – podobnie jak w roku 2015. Ich obecność w wodach można interpretować jako efekt emisji zanieczyszczeń o charakterze gazowym dalekiego zasięgu oraz miejscowego krążenia. W roku 2016zaznaczył się (podobnie jak w 2015) także wyraźnie mniejszy wpływ mas powietrza pochodzenia morskiego na chemizm badanych wód, które identyfikować można na podstawie zawartości jonów chlorkowych i sodowych, a różnica w ładunku chloru i sodu między opadem mokrym i całkowitym świadczyć może o lokalnym zanieczyszczeniu atmosfery NaCl w formie stałej – pyłowej. Również formie pyłowej, należy przypisywać wyraźny wzrost ładunku wapnia i magnezu w opadzie całkowitym, szczególnie po dłuższych okresach suszy atmosferycznej.

Chemizm opadów podkoronowych i spływu po pniach kształtowany był również pod decydującym wpływem warunków meteorologicznych. W roku badawczym sumy opadów podkoronowych w głównych typach siedliskowych lasu były wyższe w stosunku do terenów otwartych, niż średnia z lat poprzednich. Nie wpłynęło to jej parametry fizykochemiczne w zakresie odczynu, który osiągnął wartości lekko kwaśne (w jedlinie) lub obojętne (w buczynie). Zawartość

kationów i anionów w obu typach drzewostanów kształtowały się na poziomie wartości z lat poprzednich. Zasadniczo, związki docierające do podłoża w buczynie i jedlinie, nie generowały zjawisk negatywnych dla charakteru badanych typów siedliskowych lasu (nie stwierdzono dotychczas działania czynników degenerujących).

W stosunku do lat poprzednich, nie odnotowano większych zmian udziału opadu spływającego po pniach jodły i buka w ogólnej sumie opadu docierającego do podłoża. W kontekście parametrów fizykochemicznych wód płynących po pniach, w odniesieniu do lat ubiegłych, w jedlinie nie zanotowano zmian (odczyn kwaśny), zaś w buczynie odnotowano podwyższenie wartości do lekko kwaśnego. Zawartość kationów i anionów w obu typach drzewostanów kształtowały się na poziomie wartości z lat poprzednich. Podobnie jak w przypadku wód docierających do podłoża jako opad podkoronowy, tak i wody płynące po pniach nie generowały zjawisk negatywnych dla charakteru badanych typów siedliskowych lasu (nie stwierdzono dotychczas działania czynników degenerujących).

Charakter roztworów glebowych ulega powolnym, nieznacznym przemianom właściwości fizykochemicznym (głównie pH i COND), i w ogólnym wymiarze nieznacznie wzrosły. W zakresie zawartości jonów, stan roztworów glebowych utrzymuje się na podobnym poziome jak w latach poprzednich. Udział procentowy głównych jonów obliczony ze stężeń równoważnikowych w wodach gleby bielicowej, jak i brunatnej w roku hydrologicznym 2016, wskazuje na dominację wśród kationów jonu wapniowego i potasowego, natomiast wśród anionów jonu siarczanowego i chlorkowego w wodach gleby bielicowej oraz jonu wodorowęglanowego, siarczanowego i chlorkowego w wodach gleby brunatnej.

Od roku hydrologicznego 2015 notowane są pomiary stężenia jonów glinu, wskazujące na ścisły związek stężenia glinu ze stężeniem jonów wodorowych. Stężenie jonów glinu w roztworach gleby bielicowej jest wyraźnie wyższe. Parametry roztworów głównych typów gleb badanego obszaru, które w generalnym ujęciu są dość stabilne (mimo wskazywanych przemian) co odzwierciedla dobry stan zachowania szaty roślinnej. Poprzez analogię można pokusić się o stwierdzenie, iż równie dobry jest stan zachowania organizmów glebowych, których funkcjonowanie w dużej mierze zależne jest od stanu wody krążącej w glebie.

Stan ilościowy wód podziemnych w roku 2016, w zależności od poziomu wodonośnego, kształtowany był poprzez uwarunkowania klimatologiczne – susze poprzednich okresów badawczych oraz frekwencję opadów w roku bieżącym. W głównym poziomie wodonośnym Roztocza – wodach poziomu kredowego, roczna amplituda wahań w 2016 roku wyniosła 46 cm, była najniższa od początku pomiarów, a średni roczny stan wody był niższy o 64 cm od średniej z czterech poprzednich lat. W wodach poziomu kredowego obserwuje się słabą i opóźnioną reakcję na pojedyncze opady, nawet o dużej wielkości, szczególnie w okresie letnim.Wahania płytkich wód poziomu czwartorzędowego w piezometrach charakteryzują się z kolei prostym i synchronicznym z opadami rytmem zmian. Decydujące znaczenie w kształtowaniu zasobów wód podziemnych w 2016 roku miały ekstremalne warunki meteorologiczne w roku poprzednim oraz bezśnieżna zima. Roczna amplituda zmian stanów wody piętra czwartorzędowego przekroczyła odpowiednio około 0,5 m, a średni roczny stan wody był najniższy od 2012 roku. Rok 2016 był stosunkowo ciepły i bogaty w opady atmosferyczne, szczególnie wysokie w listopadzie i październiku.a średnia temperatura miesięczna września w Zwierzyńcu osiągnęły wartości najwyższe od 1998 roku. Nie odnotowano dłuższych okresów suszy meteorologicznej. Mimo tego nie nastąpiła odbudowa zasobów

wodnych.W głębszych warstwach wodonośnych stany na koniec roku były niższe niż na początku. Tylko w torfowisku po październikowych opadach stan wody był nieco wyższy niż na początku roku hydrologicznego. W listopadzie, a następnie od końca lipca do października wystąpiła susza hydrologiczna najgłębsza na przełomie sierpnia i września. Objawy suszy wystąpiły we wszystkich ekosystemach, a najbardziej odczuły je zbiorowiska torfowiskowe i mokradłowe.Pod względem jakości wód podziemnych, wszystkie rodzaje badanych poziomów wodonośnych, utrzymały dotychczasową klasę jakości: kredowy – II, czwartorzędowe (piach i torf) – IV. Jakość wód determinowana jest czynnikami naturalnymi (odczynem, temperaturą, zawartością niektórych substancji lub małymi stężeniami tlenu). Jedynie w poziomie czwartorzędu, w piasku, jakiś wpływ mogą odgrywać substancje docierające do wód podziemnych z pobliskiej drogi.

Rzeka Świerszcz jest niewielkim ciekiem śródleśnym, w obrębie którego występują zjawiska determinujące zmienny reżim wodny. W roku 2016 w Świerszczu dominowały niskie przepływy, a wezbrania były niewielkie i krótkotrwałe co było pochodną warunków meteorologicznych z małą sumą opadów i wysokimi temperaturami. U schyłku lata znaczny fragment rzeki zanikł. Jedynie w górnym odcinku koryto odnogi kredowej nie zanikło, w duże mierze dzięki retencjonowaniu wody przez bobra europejskiego oraz w odcinku środkowym i dolnym – dzięki zasilaniu z wydajnych źródeł przykorytowych. Charakter Świerszcza cechuje się słabą reakcją na niskie opady, natomiast intensywne deszcze lub gwałtowne roztopy prowadzą do wystąpienia wezbrań. Na podstawie klasyfikacji zawartej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20.08.2008 r., wszystkie z badanych wskaźników fizyczno-chemicznych wód rzeki Świerszcz odpowiadała I klasie czystości. Należy zaznaczyć, że pod względem przyrodniczym wody te nie były poddane istotnej presji antropogenicznej wynikającej z działalności człowieka.

W odniesieniu do monitorowanych w ramach ZMŚP komponentów biotycznych – zdrowotności drzew i drzewostanów w trzech głównych typach siedliskowych, stwierdzono zauważalne zmiany wskazujące na procesy degeneracyjne wynikające z przyczyn naturalnych i antropopresji. Zarówno czynniki klimatyczne, jak również czynniki biotyczne uwypukliły występowanie bądź zachodzenie zjawisk negatywnie oddziałujących na stan zdrowotny badanych drzewostanów. W ujęciu generalnym, stan drzewostanów poddanych monitoringowi ulega nieznacznemu pogarszaniu, ale trudno w krótkiej serii badań wyrokować, w jakim kierunku te przemiany będą się kształtować. W wieloletnich aspektach badawczych drzewostanów Roztocza utrzymuje się tendencja wysokiej trwałości i odporności lasów na czynniki zarówno abiotyczne jak i biotyczne a także antropopresję.

Stan jakości powietrza będący odzwierciedleniem stanu zachowania epifitów nadrzewnych, włącznie z zawartością metali ciężkich, wskazuje na wciąż niewielki wpływ antropopresji (zwłaszcza komunikacji) na poszczególne komponenty środowiska. Badane gatunki cechowały się brakiem negatywnych zmian i a niektóre wzrostem powierzchni plech.

Stan zachowania większości siedlisk przyrodniczych, zwłaszcza siedlisk z Załącznika I Dyrektywy Siedliskowej sieci Natura 2000 – na podstawie wykonanych inwentaryzacji na potrzeby planu ochrony RPN (ujmując podstawowe parametry i wskaźniki) oraz monitoringu skuteczności działań ochronnych – oceniono jako właściwy. Zarówno powierzchnia tych siedlisk jak i fizjonomia, wskazują na brak istotnego oddziaływania czynników degeneracyjnych wynikających z przyczyn naturalnych i antropopresji, które mogłyby negatywnie wpłynąć na ich trwałość. Ponadto, realizowane działania ochronne w ekosystemach leśnych (przywracanie drzewostanów adekwatnych

do siedliska) wskazują na wzrost powierzchni siedlisk przyrodniczych przy braku istotnego oddziaływania czynników wpływających na pogarszanie się stanu ich zachowania. Monitorowane gatunki roślin i zwierząt z Załącznika II Dyrektywy Siedliskowej sieci Natura 2000, cechuje stabilność parametrów i wskaźników determinujących ich właściwy stan zachowania. Aktualnie nie zanotowano działania istotnych czynników, które w nieodległej przyszłości mogłyby negatywnie wpłynąć na ich trwałość. Pierwsze wyniki monitoringu awifauny, powiązane z wynikami monitoringu długofalowego (realizowanego w RPN od lat) wskazują na właściwy stan zachowania populacji monitorowanych gatunków oraz ich siedlisk – nie zanotowano bowiem istotnych trendów, zwłaszcza regresu, wśród ptaków objętych badaniami. Przeciwnie, dobry stan dogodnych siedlisk, w tym wzrost ich powierzchni wskutek uwarunkowań naturalnych, skutkował zwiększeniem się liczby terytoriów niektórych rzadkich gatunków. Diagnoza ta dotyczy gatunków i grup badanych szczegółowo, wśród których dominują gatunki rzadkie i zagrożone. Z biegiem czasu podjęta zostanie próba oceny stanu i trendów dla populacji gatunków pospolitych.

Podstawowym zagrożeniem (aktualnie o charakterze potencjalnym i wpływie głównie zewnętrznym) dla środowiska przyrodniczego zlewni Świerszcza jest antropopresja. Pierwszy trzon w narastającej presji człowieka obejmuje rozwój infrastruktury – zwłaszcza rozwój przestrzenny rozproszonej zabudowy i instalacji przemysłowych w obszarach biologicznie czynnych (budowa farm fotowoltaicznych w otulinie RPN, budowa domów mieszkalnych oraz przebudowa i modernizacja dróg w obszarze i sąsiedztwie Parku). Drugim rodzajem antropopresji jest intensyfikacja rolnictwa, a zwłaszcza planowane komasacje gruntów, wzrost powierzchni upraw, w tym upraw roślin przemysłowych, np. kukurydzy, wzrost depozycji środków chemicznych oraz postępująca mechanizacja. Nasilenie się wymienionych czynników może w perspektywie czasowej wpłynąć na zwiększenie ilości substancji zanieczyszczających wprowadzanych do powietrza, gleby i wody (biogenów, toksyn), co przekładać się będzie na pogorszenie stanu środowiska abiotycznego i biotycznego – zwłaszcza siedlisk przyrodniczych oraz siedlisk gatunków roślin i zwierząt.

W opracowaniu przedstawiono bilans jonowy zlewni rzecznych ZMŚP w 2016 roku, który stanowi różnicę ładunku substancji rozpuszczonych wnoszonego z wodami opadowymi i odpływającego w wodach rzecznych (Tab. 5.1). W bilansie denudacyjnym uwzględniono jony mierzone zarówno w wodach opadowych i rzecznych. Uwzględniono jony, których głównym źródłem jest denudacja chemiczna (SO4, Cl, Na, Mg, Ca) oraz dostawa biogeniczna (NO3 NH4, K).

Tab. 5.1. Bilans obiegu materii rozpuszczonej w zlewni Świerszcza w 2016 roku

Parametr	Wartość
Składowe obiegu wody	
P - Opad atmosferyczny [mm]	971,5
H - Odpływ rzeczny [mm]	60,8
P-H [mm]	910,7
Bilans jonów biogennych [kg ha^{-1}]	
SO_4^{2-}	7,24
Cl^-	5,34
Ca^{2+}	-16,26
Mg^{2+}	-0,49

Na^+	2,24
Suma JB	-1,93
Bilans jonów denudacyjnych [kg ha^{-1}]	
NO_3^-	25,42
NH_4^+	6,57
K^+	2,49
Suma JD	34,48
Bilans materii rozpuszczonej [kg ha^{-1}]	
Suma JB+JD	32,55

6. PODSUMOWANIE

Zjawiska i procesy przyrodnicze zachodzące w zlewni Świerszcza są w głównej mierze determinowane dostawą energii słonecznej i wody opadowej oraz, w znacznym stopniu, wynikają z antropopresji. Zbyt krótki okres badań połączony ze znaczną zmiennością kluczowych czynników sprawia, iż wieloletnie tendencje procesów kształtujących środowisko przyrodnicze zlewni reprezentatywnej są trudne w interpretacji i słabo zarysowane. Negatywny wpływ człowieka w zakresie wprowadzania do środowiska substancji zanieczyszczających w badanej zlewni nie jest dotychczas rozpoznany dostatecznie dobrze. Wprawdzie notowane są podwyższone wartości niektórych związków pochodzących ze spalania paliw i stosowania chemicznych środków utrzymania szlaków komunikacyjnych, ale jest to zjawisko lokalne, którego zasięg w obiegu materii może być mało istotny.

Realizowany zakres monitoringu w obszarze badawczym zlewni strumienia Świerszcz, w zakresie sfery abiotycznej (ZMŚP) jak również biotycznej (ZMŚP, programów specjalistycznych GIOŚ, monitoringu przyrodniczego RPN) z biegiem kolejnych lat badań pozwoli na dokonanie rzetelnej analizy diagnozy stanu i perspektyw ochrony środowiska przyrodniczego. Aspekt ten jest o tyle ważny, iż Stacja Roztocze funkcjonuje w strukturze Roztoczańskiego Parku Narodowego i z natury rzeczy jej głównym zadaniem jest gromadzenie danych o stanie środowiska, zagrożeniach istniejących i potencjalnych oraz analiza przyczynowo-skutkowa przyrodniczych uwarunkowań i funkcjonowania sfery przyrodniczej Roztocza. Monitoring przyrodniczy realizowany w Stacji Roztocze, ujęty w projekcie planu ochrony Roztoczańskiego Parku Narodowego jest w założeniu podstawowym źródłem informacji, w oparciu o które formułowane mają być lub są kreowane działania czynnej ochrony.

7. LITERATURA

1. Atlas grzybów Polski – http://www.grzyby.pl/index.html
2. Borecki T., Keczyński A., 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Generalna Dyrekcja Lasów Państwowych, Agencja Reklamowa „Atut", Warszawa, 1–48.
3. Bruchwald A. 1999. Dendrometria Wydawnictwo SGGW Warszawa, 261 pp.
4. Environment Agency 2007.River Habitat Survey in Britain and Ireland - Field Survey Guidance Manual: 2003 Version. Environment Agency, Warrington.
5. Grochowski J. 1973. Dendrometria. PWRiL Warszawa, 594 pp.

6. Jusik i Szoszkiewicz 2009. Zastosowanie systemu River Habitat Survey (RHS) w ocenie warunków hydromorfologicznych wód płynących w Polsce. Wiad. Mel. i Łąk. 3 (422): 106-110.
7. Kondracki J. 2000. Regionalizacja fizycznogeograficzna Polski. PWN, Warszawa.
8. Lorens B., Maciejewski Z., Miśta T., Radliński B., Zubel R. 2015. Rośliny. W: Grądziel T., Reszel R. (red.). Roztoczański Park Narodowy – przyroda i człowiek. Wydawnictwo Lipiec, Zwierzyniec, ss: 103-125.
9. Lorens B., Stachyra P. 2015. Roztoczański Park Narodowy w sieci Natura 2000. W: Grądziel T., Reszel R. (red.). Roztoczański Park Narodowy – przyroda i człowiek. Wydawnictwo Lipiec, Zwierzyniec, ss: 249-259.
10. Mańka K., Mańka M. 1993. Choroby drzew i krzewów leśnych. Warszawa
11. Mułenko W., Kozłowska M., Radliński B. 2015. Grzyby. W: Grądziel T., Reszel R. (red.). Roztoczański Park Narodowy – przyroda i człowiek. Wydawnictwo Lipiec, Zwierzyniec, ss: 93-98.
12. Kondracki J. 2000. Regionalizacja fizycznogeograficzna Polski. PWN, Warszawa.
13. Nowatorka M., Szczepanek R., Jurgiel B., Zwolska M., 2014: QGIS 2.0 – kurs podstawowy, Poznań.
14. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r., w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (Dz. U. 2011 nr 279 poz. 1642).
15. Stachyra P., Marczakowski P., Tchórzewski M. 2015. Świat zwierząt. W: Grądziel T., Reszel R. (red.). Roztoczański Park Narodowy – przyroda i człowiek. Wydawnictwo Lipiec, Zwierzyniec, ss: 129-177.
16. Starzyk J.R. (red.), Skrzypczyńska M., Rossa R., Michalcewicz J. 2006. Ćwiczenia z entomologii leśnej. PWRiLWarszawa, 256 +56 pp.
17. Szoszkiewicz K., Zbierska J., Jusik S., Zgoła T. 2010. Makrofitowa Metoda Oceny Rzek. Podręcznik metodyczny do oceny i klasyfikacji stanu ekologicznego wód płynących w oparciu o rośliny wodne. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
18. Szoszkiewicz K., Zgoła T., Jusik S., Hryc-Jusik B., Dawson F. H., Raven P. 2012. Hydromorfologiczna ocena wód płynących. Podręcznik do badań terenowych według metody River Habitat Survey w warunkach Polski, wydanie 7 (zmienione), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań-Warrington.
19. Walker J., Diamond M., Naura M. 2002. The Development of Physical Habitat Objectives.
20. Wyrzykowski S., Zajączkowski S., 1995. Wskazówki metodyczne w sprawie sporządzania ocen stanu lasu. PIOŚ, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
21. http://clc.gios.gov.pl/

Roztoczański Park Narodowy

Przemysław Stachyra – Główny specjalista, Kierownik Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze
Bogusław Radliński – Główny specjalista ds. ochrony przyrody
Zbigniew Maciejewski – Starszy specjalista ds. ochrony przyrody
Anna Rawiak – Starszy specjalista
Małgorzata Smoła – Starszy specjalista ds. ochrony przyrody
Andrzej Sokołowski – Analityk w Stacji Bazowej ZMŚP Roztocze

Koordynatorzy regionalni Stacji Roztocze

Bogusław Michał Kaszewski (UMCS)	Koordynator regionalny Stacji Roztocze
Krzysztof Siwek, Andrzej Gluza (UMCS)	Koordynatorzy programu A1
Grażyna Gleń, Irena Orzeł, Dariusz Suryś (WIOŚ Lublin)	Koordynatorzy programu B1
Sławomir Głowacki, Stanisław Chmiel (UMCS)	Koordynatorzy programów C1, C2, C3, F1, F2, H1
Piotr Bartmiński, Andrzej Plak, Jacek Chodorowski (UMCS)	Koordynatorzy programów E1, F1, G2
Ryszard Dębicki (UMCS)	Koordynator programu E1
Bogdan Lorens (UMCS)	Koordynator programów J2
Hanna Wójciak (UMCS)	Koordynator programu M1
Mirosław Krukowski, Krzysztof Kałamucki (UMCS)	Koordynatorzy programu P1

Współpraca w zakresie Państwowego Monitoringu Środowiska

Stanisław Chmiel, Grażyna Gleń, Sławomir Głowacki, Krzysztof Kałamucki, Mirosław Krukowski, Paweł Marczakowski, Andrzej Plak, Dariusz Suryś, Krzysztof Siwek, Mirosław Tchórzewski

Opracowanie graficzne (mapy, fotografie)

RPN	Centrum ZMŚP
Tadeusz Grabowski, Beata Grabowska, Przemysław Stachyra	*Zuzanna Woźniewicz*

Roztoczański Park Narodowy
Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Roztocze
ul. Biały Słup 16, 22-470 Zwierzyniec
tel. 84 687 30 56, 84 687 20 66, 509 667 780
sekretariat@roztoczańskipn.plmonitoring@roztoczanskipn.pl
www.roztoczanskipn.pl