



30. Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego

**Współczesne przemiany
naturalne i antropogeniczne
środowiska przyrodniczego
zlewni rzecznych i jeziornych**

STRESZCZENIA

40 lat

**Stacji Geoekologicznej
w Storkowie**

30 lat

**Zintegrowanego Monitoringu
Środowiska Przyrodniczego**

**Szczecinek - Storkowo
8-10 czerwca 2022**

POD REDAKCJĄ

Andrzeja Kostrzewskiego, Józefa Szpikowskiego i Mikołaja Majewskiego

PATRONAT HONOROWY

prof. dr hab. Bogumiła Kaniewska
Rektor Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

mgr Michał Mistrzak
Główny Inspektor Ochrony Środowiska

KOMITET HONOROWY

prof. dr hab. Marek Degórski
Przewodniczący Komitetu Nauk Geograficznych PAN

mgr inż. Magda Gosk
Zastępca Głównego Inspektora Ochrony Środowiska

mgr Łukasz Maciejunas
Dyrektor Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinku

prof. UAM dr hab. Grzegorz Rachlewicz
Dziekan Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM

prof. dr hab. Krzysztof Szoszkiewicz
Rektor Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

prof. UMK dr hab. Piotr Weckwerth
Prezes Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich

mgr Anna Katarzyna Wiech
Dyrektor Departamentu Monitoringu Środowiska GIOŚ

prof. dr hab. Przemysław Wojtaszek
Prorektor Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

ORGANIZATORZY

Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM

Stacja Geoekologiczna UAM w Storkowie

Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego UAM

WSPÓLORGANIZATORZY

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Szczecinku

Komitet Nauk Geograficznych PAN

Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący:

prof. UAM dr hab. Józef Szpikowski

Sekretarz:

dr Mikołaj Majewski

Członkowie:

prof. dr hab. Andrzej Kostrzewski

dr Ewelina Lipka

dr Grażyna Szpikowska

mgr Monika Domańska

lic. Tomasz Szelağ

Spis treści

Streszczenia referatów	10
Witold Bochenek, Małgorzata Kijowska-Strugała <i>Ocena zmian warunków klimatycznych z zastosowaniem wybranych geoskaźników oraz ich wpływ na zasoby wodne zlewni Bystrzanki w latach 1971-2021</i>	11
Janina Borysiak, Monika Domańska, Józef Szpikowski <i>Geobotaniczne aspekty występowania kenofitów w zlewni górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie)</i>	13
Janina Borysiak, Zbigniew Zwoliński, Małgorzata Mazurek, Renata Paluszkiewicz, Grzegorz Rachlewicz <i>Monitoring stref geoekologicznych wokół jeziorok tundrowych na podniesionych terasach morskich, Petuniabukta, Spitsbergen</i>	15
Janina Borysiak, Małgorzata Stępniewska <i>Fitoindykatory siedlisk przyrodniczych Natura 2000 jako miejsc koncentracji usług ekosystemowych, w dolinie rzeki Dębnicy (Pomorze Zachodnie)</i>	18
Stanisław Chmiel, Ewa Maciejewska, Krzysztof Stępniewski, Magdalena Kończak, Krzysztof Siwek, Beata Zielińska <i>Składowe odpływu biogenów podczas wezbrania roztopowego w zlewni górnego Wieprza*</i>	20
Aleksandra Czuchaj, Mikołaj Majewski, Marek Półrolniczak <i>Uwarunkowania opadów sphywu powierzchniowego w zlewni Różanego Strumienia na podstawie danych z wielolecia 1960-2021</i>	22
Anna Degórska, Krzysztof Skotak <i>Wpływ zmian emisji siarki i azotu na zakwaszenie opadów na Stacji Bazowej ZMŚP Puszcza Borecka</i>	23
Piotr Gierszewski, Arkadiusz Bartczak, Dariusz Brykała, Michał Fojutowski <i>Ocena hydrologicznej i hydrochemicznej reakcji zlewni Jeziora Gościąg na sygnał klimatyczny</i>	24
Ryszard Góralczyk, Natalia Rzepka, Dorota Łęczycka <i>Zmiany jakości wód zbiorników zaporowych województwa małopolskiego w latach 1996-2020</i>	26
Piotr Janiec, Zbigniew Zwoliński, Jakub Nowosad <i>Jeziora termokrasowe jako geoindykator dysharmonii krajobrazów polarnych po pożarach, Arktyka Kanadyjska</i>	27
Małgorzata Anna Józwiak <i>Ocena zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi na terenie Stacji Bazowych ZMŚP na podstawie biomonitoringu – podsumowanie 20 lat badań</i>	28
Marek Józwiak, Małgorzata Anna Józwiak, Monika Żelezik, Daniel Tatarek <i>Dynamika opadu organicznego w Stacjach Bazowych ZMŚP w latach 2017-2020</i>	30
Marek Józwiak <i>Ocena stanu środowiska przyrodniczego w centralnej części Gór Świętokrzyskich – podsumowanie 28 lat działalności SB ZMŚP Łysogóry</i>	32
Szymon Jusik, Krzysztof Szoszkiewicz, Daniel Gebler <i>Zmiany stanu ekologicznego rzek objętych ZMŚP w latach 2015-2021</i>	34
Marek Kejna, Robert Kruszyk <i>Zmienność temperatury powietrza w stacjach ZMŚP w warunkach globalnego ocieplenia</i>	35
Mariusz Klimek, Paweł Krzaklewski, Anita Bokwa <i>Zmienność warunków termicznych i opadowych na Stacji Bazowej ZMŚP „Pogórze Karpackie” w latach 1991-2020 w perspektywie zmian klimatu</i>	37
Andrzej Kostrzewski <i>Koncepcja organizacji i realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w latach 1992-2022</i>	39
Andrzej Kostrzewski, Marek Marciniak, Mikołaj Majewski, Tomasz Szelağ <i>Założenia i realizacja problematyki monitoringu środowiska przyrodniczego w dydaktyce uniwersyteckiej</i>	43
Andrzej Kostrzewski, Grzegorz Rachlewicz <i>Monitoring środowiska przyrodniczego strefy polarnej – założenia i organizacja</i>	45
Rafał Kozłowski, Mirosław Szwed <i>Wpływ przemysłu cementowo-wapienniczego na stan środowiska Białego Zagłębia</i>	48

Mikołaj Majewski, Andrzej Kostrzewski <i>Aktualny stan, funkcjonowanie i tendencje zmian geosystemów Polski w roku 2020 (na podstawie realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego)</i>	50
Maciej Major, Maria Chudzińska, Mikołaj Majewski, Małgorzata Stefaniak <i>Funkcjonowanie geosystemu zlewni Różanego Strumienia w Poznaniu w roku hydrologicznym 2021</i>	52
Marek Marciniak, Monika Okońska <i>Modelowanie matematyczne wpływu parametrów adwekcyjno-dyspersyjnych na migrację zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej</i>	55
Adam Olszewski, Anna Andrzejewska, Agnieszka Gutkowska <i>Wpływ warunków pogodowych i stanów wód podziemnych na defoliację sosny zwyczajnej i olszy czarnej w zlewni ZMŚP „Kampinos”</i>	56
Bogusław Radliński, Anna Rawiak, Zbigniew Maciejewski, Andrzej Sokołowski, Przemysław Stachyra <i>Charakterystyka ilościowa oraz właściwości fizykochemiczne opadów atmosferycznych zlewni Świerszcza na Roztoczu w latach 2012-2021</i>	58
Zofia Rączkowska, Stanisław Kędzia <i>Wartości progowe wybranych procesów geomorfologicznych w Tatrach</i>	60
Maciej Romański, Lech Krzysztofiak <i>Zmiany klimatyczne na Stacji Bazowej ZMŚP Wigry w latach 2002–2021</i>	62
Aleksander Smoliga <i>Zmiany składu gatunkowego i struktury leśnych zbiorowisk roślinnych w dolinach małych i średnich rzek Pomorza Zachodniego”</i>	64
Alfred Stach <i>Jakość powietrza na terenie zlewni ZMŚP i w ich otoczeniu na podstawie danych z monitoringu satelitarnego (TROPOMI, lata 2018-2022)</i>	67
Alfred Stach <i>Długookresowe tendencje satelitarnych wskaźników biomasy roślinnej w zlewniach ZMŚP na tle regionalnym (MODIS NDVI/EVI, lata 2000-2021)</i>	70
Magdalena Stanek, Lidia Przewoźnik, Patrycja Rachwalska, Zygmunt Dajdok <i>Problematyka roślin inwazyjnych w zlewniach górskich, na przykładzie zlewni potoku Wrzosówka</i>	73
Józef Szpikowski <i>Stacja Geoekologiczna UAM w Storkowie – 40 lat pracy, zadania na przyszłość</i>	76
Józef Szpikowski, Andrzej Kostrzewski, Grażyna Szpikowska, Monika Domańska <i>Stan, zagrożenia i trendy zmian środowiska geograficznego zlewni górnej Parsęty na podstawie ZMŚP</i>	79
Streszczenia posterów	84
Anna Andrzejewska, Adam Olszewski <i>Pomiar kierunku i prędkości wiatru przy użyciu wiatromierza czasowego i ultrasonicznego na Stacji Bazowej ZMŚP „Kampinos”</i>	85
Janina Borysiak, Małgorzata Stępniewska <i>Florystyczna różnorodność przesłanką rewitalizacji poniemieckich cmentarzy i ich usług ekosystemowych, w zlewni Parsęty (Pomorze Zachodnie)</i>	87
Aleksandra Czuchaj, Mikołaj Majewski, Marek Marciniak <i>Koncepcja stanowiska do badań sphywu powierzchniowego i splukiwania w zlewni Różanego Strumienia</i>	89
Anna Degórska, Jakub Bratkowski, Krzysztof Skotak, Zdzisław Prządka, Michał Marcinkowski, Urszula Białoskórska, Dorota Typiak-Nowak, Marcin Syrzycki, Mirosław Cimoch <i>Organizacja badań w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na Stacji Bazowej Puszcza Borecka</i>	90
Anna Degórska, Jakub Bratkowski, Krzysztof Skotak, Zdzisław Prządka, Michał Marcinkowski, Urszula Białoskórska, Dorota Typiak-Nowak, Marcin Syrzycki, Mirosław Cimoch <i>Wybrane wyniki pomiarów realizowanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na Stacji Bazowej Puszcza Borecka</i>	91

Fojutowski Michał, Gierszewski Piotr, Brykała Dariusz <i>Monitoring współczesnej sedymentacji w wybranych jeziorach Borów Tucholskich i Kotliny Płockiej</i>	92
Agnieszka Gutkowska, Anna Andrzejewska, Adam Olszewski <i>Czynna ochrona cennych siedlisk mokradłowych w zlewni ZMŚP „Kampinos” w ramach projektu LIFE19 NAT/PL/000746 – Kampinos WetLIFE</i>	94
Małgorzata Anna Józwiak <i>Rozwój soraliów wargowych w plechach porostów eksponowanych na zanieczyszczenia w obszarach o zróżnicowanej antropopresji</i>	97
Marek Józwiak <i>29 lat działalności Stacji Bazowej Łysogóry</i>	99
Marek Józwiak, Małgorzata Anna Józwiak, Izabela Będkowska, Krzysztof Rudnicki <i>Możliwości wykorzystania bazy danych ZMŚP do oceny stopnia zachorowalności na Covid 19</i>	101
Marek Józwiak, Małgorzata Anna Józwiak, Rafał Kozłowski, Mirosław Szwed, Monika Żelezik <i>Stacja Bazowa ZMŚP Łysogóry – system pomiarowy</i>	103
Małgorzata Kijowska-Strugała, Witold Bochenek <i>Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geosystemu zlewni Bystrzanki (SB Beskid Niski) w latach 1994-2021</i>	106
Krzysztof Krakowski <i>Właściwości fizyczne i chemizm pokrywy śnieżnej w Karkonoszach w latach 2016-2021</i>	107
Maciej Major, Maria Chudzińska, Mikołaj Majewski, Małgorzata Stefaniak <i>Zmienność składu chemicznego wód Różanego Strumienia w Poznaniu</i>	109
Adam Olszewski, Anna Andrzejewska, Agnieszka Gutkowska <i>System pomiarowo-badawczy Stacji Bazowej ZMŚP „Kampinos”</i>	111
Bogusław Radliński, Przemysław Stachyra <i>Specyfika warunków termiczno-opadowych w zlewni Świerszcza i jej wpływ na stan zasobów wodnych</i>	113
Józef Szpikowski, Grażyna Szpikowska, Monika Domańska <i>Zjawiska ekstremalne w zlewni górnej Parsęty i ich wpływ na funkcjonowanie środowiska geograficznego</i>	114
Tomasz Szydłowski, Witold Bochenek <i>Czasowa zmienność wysokości i właściwości fizyko-chemicznych opadu podkoronowego w drzewostanie grabowym i świerkowym w zlewni Bystrzanki</i>	117
Objaśnienia do wycieczki terenowej	119
Renata Paluszkiewicz, Grzegorz Rachlewicz <i>Geomorfologia południowo-wschodniej części Pojezierza Drawskiego – wybrane zagadnienia</i>	121
Józef Szpikowski, Janina Borysiak <i>Środowisko geograficzne kotliny jeziora Wielatowo i rezerwatu „Bagno Kusowo” (dorzecze Parsęty, Pojezierze Drawskie)</i>	126
Mariusz Lamentowicz, Bogdan Chojnicki, Kamila Harenda, Vincent E.J. Jassey, Damian Józefczyk, Katarzyna Marcisz, Patryk Poczta <i>Torfowisko wysokie bałtyckie Bagno Kusowo – paleoekologia, eksperyment, mikrometeorologia i monitoring gazów cieplarnianych</i>	137

Przedmowa

Obserwowane zmiany klimatu i narastająca różnokierunkowa antropopresja mają znaczący wpływ na aktualny stan i przemiany środowiska przyrodniczego Polski. Zmiany obejmują poszczególne elementy środowiska przyrodniczego, m.in.: rzeźbę terenu, warunki pogodowe, wody powierzchniowe i podziemne, gleby i roślinność, jak również poszczególne geosystemy i ich zróżnicowanie przestrzenne. Takie spojrzenie na zmiany środowiskowe, musi opierać się na wieloletnich danych pomiarowych, uzyskanych w ramach zorganizowanego, planowego monitoringu środowiska przyrodniczego. Powyższe funkcje realizuje Państwowy Monitoring Środowiska i jego podsystemy. Doskonalenie metod kompleksowych badań współczesnych geosystemów w zakresie ich aktualnego stanu, zachodzących przemian i zagrożeń, jest podstawowym zadaniem Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP), jako podsystemu Państwowego Monitoringu Środowiska.

Powołanie Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce, ustawą o Państwowej Inspekcji Środowiska z dnia 20.07.1991 roku, było wydarzeniem o znaczeniu historycznym, uregulowano organizację i realizację monitoringu środowiska przyrodniczego. Należy podkreślić duży wkład pracy, inicjatywę, zaangażowanie i konsultacje ze środowiskiem naukowym ówczesnego Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa prof. dr hab. Stefana Kozłowskiego oraz Głównego Inspektora Ochrony Środowiska mgr inż. Andrzeja Walewskiego. Koncepcja Państwowego Monitoringu Środowiska, jego struktura i zadania, dyskutowana była w ramach Komitetu Naukowego „Człowiek i Środowisko” przy prezydium PAN, co potwierdzone zostało licznymi publikacjami. Ważnym nurtem prowadzonych dyskusji było wprowadzenie kompleksowego monitoringu środowiska przyrodniczego, obok przyjętych w PMS monitoringów specjalistycznych. Wyrazem powyższych dyskusji była przedstawiona przez A. Kostrzewskiego koncepcja Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP), która w oparciu o postępowanie konkursowe, została zatwierdzona zarządzeniem Głównego Inspektora Ochrony Środowiska z dnia 11.05.1992 roku.

Tak więc mija 30 lat działalności Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, czego efektem są uzyskane wieloletnie serie pomiarowe reprezentatywnych dla krajobrazu Polski geosystemów rzecznych i jeziornych. Realizowany program ZMŚP, oparty jest na przyjętej koncepcji funkcjonowania geosystemu, zarówno w zakresie założeń metodologicznych, jak i metodycznych. Takie postępowanie badawcze umożliwia kompleksową ocenę stanu i przemian środowiska przyrodniczego geosystemów w różnych skalach czasowych i przestrzennych. Opracowanie corocznych raportów dotyczących stanu i przemian środowiska przyrodniczego pozwoliło na lepsze rozpoznanie prawidłowości, zagrożeń i rozwoju wybranych geosystemów na obszarze Polski.

Program ZMŚP w 2017 roku został włączony do programu europejskiego ICP Integrated Monitoring (Integrated Cooperative Programme on Integrated Monitoring on Air Pollution Effects, ICP/IM). Przyjęcie ZMŚP do programu Integrated Monitoring nakłada specjalne wymogi i zobowiązania, w zakresie stosowanych

metod badawczych (terenowych i laboratoryjnych), w celu uzyskania wiarygodnych, porównywalnych serii obserwacyjnych. Sytuacja taka daje możliwość porównania uzyskanych obserwacji w zakresie funkcjonowania środowiska przyrodniczego monitorowanych geosystemów w Polsce z innymi stacjami europejskimi. Niewątpliwie jest to nowa wartość w zakresie interpretacji, stanu i przemian środowiska przyrodniczego Polski, na tle przemian kontynentalnych.

Sprawą pierwszorzędnej wagi w realizacji programu ZMŚP jest uwzględnienie nowych osiągnięć merytorycznych nauk przyrodniczych. W badaniach środowiskowych chodzi przede wszystkim o doskonalenie metod badań i kompleksowej oceny stanu i przemian środowiska przyrodniczego, z przeznaczeniem dla celów naukowych i praktycznych. Informowanie społeczeństwa o aktualnym stanie środowiska i jego zagrożeniach stanowi priorytet prowadzonych badań monitoringowych. Konieczne jest zwiększenie współpracy z ośrodkami naukowymi, samorządami, oddziałami GIOŚ, Wojewódzkimi Inspektoratami Ochrony Środowiska, Regionalnymi Dyrekcjami Ochrony Środowiska i innymi instytucjami i szkołami w celu upowszechnienia wyników ZMŚP.

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego n/t. „Współczesne przemiany naturalne i antropogeniczne środowiska przyrodniczego zlewni rzecznych i jeziornych” odbywa się w szczególnych okolicznościach, a mianowicie:

- realizujemy program w okresie zmian organizacji i zarządzania Inspekcji Ochrony Środowiska,
- podsumowujemy 30 lat funkcjonowania programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego,
- organizator XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Stacja Geoekologiczna w Storkowie, obchodzi 40-lecie działalności,
- Stacja Terenowa Instytutu Geografii i Gospodarki UJ, wprowadzona została do sieci ZMŚP pod nazwą Stacja Bazowa ZMŚP Pogórze Karpackie,
- upowszechniamy wyniki ZMŚP w formie corocznych raportów o stanie środowiska przyrodniczego Polski w artykułach i wydaniach książkowych, a także w trakcie organizowanych Sympozjów, Seminariów i Szkoleń ZMŚP,
- rozwijamy współpracę krajową i zagraniczną.

Działalność w zakresie realizacji programu ZMŚP możliwa jest dzięki zawieranim umowom z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska w ramach Centrum ZMŚP UAM, co umożliwia, przy wsparciu jednostek macierzystych, funkcjonowanie Stacji Bazowych ZMŚP.

Pragnę serdecznie podziękować Głównemu Inspektorowi Ochrony Środowiska mgr Michałowi Mistrzowskiemu, Z-cy GIOŚ mgr inż. Magdzie Gosk, a także byłym Głównym Inspektorom Ochrony Środowiska: mgr inż. Andrzejowi Walewskiemu, dr Andrzejowi Jagusiewiczowi, dr Markowi Haliniakowi, mgr Pawłowi Ciećko, z kolei dyrektor Departamentu Monitoringu Środowiska mgr Annie Katarzynie Wiech, mgr Barbarze Albiniak, a szczególnie mgr Hannie Kasprovicz za wieloletnią, nieocenioną współpracę. Dziękuję za pomoc i współpracę kierownikom i zespołom pracowników Stacji Bazowych ZMŚP, ekspertom, sekretarzom naukowym (prof. dr hab. Zbigniew Zwoliński, dr Robert Kolander, prof. UAM dr hab. Małgorzata Mazurek, dr Robert Kruszyk, prof. UAM dr hab. Maciej Major, prof. UAM dr hab. Józef Szpikowski, prof. UAM dr hab. Jacek Tylkowski, dr Mikołaj Majewski) i sekretarzom administracyjnym (mgr Grażyna Gałążewska, mgr

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

Marta Sajkowska, mgr Zuzanna Woźniewicz-Szcześniak, lic. Tomasz Szelaąg) oraz dr Robertowi Kruszykowi za wzorowe prowadzenie Centralnej Bazy Danych ZMŚP. Bardzo serdecznie dziękuję za pomoc i ocenę naszej działalności Radzie Programowej Centrum ZMŚP i zespołowi Centrum ZMŚP. Dziękuję kierownikowi Stacji Bazowej ZMŚP Parsęta za przygotowanie tegorocznego sympozjum.

Przekazuję również podziękowania współorganizatorom 30. Sympozjum ZMŚP: mgr inż. Magdzie Gosk, Zastępcy Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, prof. dr hab. Markowi Degórskiemu, Przewodniczącemu Komitetu Nauk Geograficznych PAN, mgr Łukaszowi Maciejunasowi, Dyrektorowi Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinku, prof. UMK dr hab. Piotrowi Weckwerthowi, Prezesowi Stowarzyszenia Geomorfologów Polskich. Dziękuję prof. dr hab. Mariuszowi Lamentowiczowi z Pracowni Ekologii Zmian Klimatu Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM za objaśnienia podczas sesji terenowej i inż. Jackowi Gorskiemu z firmy Geomor-Technik za pomoc organizacyjną i prezentację sprzętu pomiarowego.

Na koniec wyrażam wdzięczność i podziękowanie J.M. Rektor UAM prof. dr hab. Bogumile Kaniewskiej, Prorektorowi UAM prof. dr hab. Przemysławowi Wojtaszkowi oraz dziekanowi WNGiG UAM prof. dr hab. Grzegorzowi Rachlewiczowi, za pomoc w funkcjonowaniu Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego UAM.

Wyrażam przekonanie, że XXX Sympozjum ZMŚP będzie kolejną możliwością, do zapoznania się z aktualnym stanem organizacyjnym i merytorycznym ZMŚP, osiągniętymi efektami monitoringu, a także do dyskusji dotyczących dalszego funkcjonowania ZMŚP. Zobowiązani jesteśmy sprostać wymogom organizacyjnym i merytorycznym – stawianym ZMŚP, umocnić indywidualność merytoryczną i organizacyjną ZMŚP w Państwowym Monitoringu Środowiska, a przede wszystkim zabezpieczyć ciągłość realizacji programu ZMŚP.

Koordynator
Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Prof. dr hab. Andrzej Kostrzewski



Streszczenia referatów

Ocena zmian warunków klimatycznych z zastosowaniem wybranych geoskaźników oraz ich wpływ na zasoby wodne zlewni Bystrzanki w latach 1971-2021

Witold Bochenek, Małgorzata Kijowska-Strugała

*Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN,
Stacja Badawcza w Szymbarku*

Zmiany klimatu są jednym z najważniejszych problemów współczesnego świata (Allan i in. 2021), które wpływają na funkcjonowanie geosystemów. Pomimo, że zmiany klimatyczne są ciągłym procesem to jednak w ostatnich latach, tempo tych zmian wzrosło wielokrotnie (Blunden i Arndt, 2016). Globalne zmiany klimatyczne związane głównie ze wzrostem temperatury powietrza wpływają na wielkość zasobów wodnych, w tym m.in. parowanie terenowe oraz recesję dopływu wody do cieków. Na zmiany klimatyczne są szczególnie wrażliwe obszary górskie.

Celem badań była ocena zmian warunków klimatycznych w latach 1971-2021 w beskidzkiej zlewni Bystrzanki (SB Beskid Niski) w oparciu o wybrane geoskaźniki, a także określeniu wpływu tych zmian na zasoby wodne w zlewni. Do ogólnej oceny przebiegu cech oceanizmu lub kontynentalizmu klimatu w okresie „półwiecza” badań posłużono się geoskaźnikami: oceanizmu Marsza (*Oc*) (1995) i kontynentalizmu Gorczyńskiego (*KG*) (1922), obliczanymi na podstawie średnich rocznych amplitud temperatury powietrza. Wilgotność i suchość klimatu oceniono z użyciem wskaźników: deszczowego Langa (*LAN*) (1915) i suchości klimatu Peda (*A*) (1977).

Średnia roczna temperatura powietrza w okresie ostatnich 51 lat wyniosła 8,2°C. W omawianym wieloleciu stwierdzono tendencję wzrostu średniej rocznej temperatury wynoszącą blisko 0,4°/10 lat, który świadczy o intensyfikacji cech kontynentalnych klimatu, co potwierdza przebieg i tendencje dwóch geoskaźników klimatycznych *Oc* (ujemny kierunek zmian) i *KG* (dodatni kierunek zmian). W analizowanym okresie, *LAN* wykazywał nieistotny statystycznie spadek, spowodowany wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza. Wskaźnik *A* wykazywał statystycznie istotny wzrost ($a=0,25$), który w latach 1994-2021 wyniósł $a=0,39$. Zatem w okresie ostatnich 28 lat (badania w ramach ZMŚP) występuje wyraźniejszy wzrost jego wartości w odniesieniu do lat wcześniejszych. W poszczególnych miesiącach, dodatnie statystycznie istotne zmiany wystąpiły w kwietniu, czerwcu, lipcu, sierpniu i listopadzie, świadczące o pogarszających się warunkach dla utrzymania zasobów wodnych na poziomie zabezpieczania wody dla potrzeb komunalnych i rolnictwa.

Średnia roczna suma opadów w latach 1971-2021 wyniosła 839,1 mm. W badanym okresie nie stwierdzono trendu rocznych sum opadów atmosferycznych. Do 2012 r. zaobserwowano jednakże rosnący trend liczby dni z opadem atmosferycznym w roku, zaś w okresie późniejszym – trend spadkowy. Porównując miesięczne sumy opadów w latach 1971-2021, tylko dla 2 miesięcy stwierdzono zmniejszenie średniej sumy opadów: w czerwcu o 4,4 mm (3,8%) i w grudniu o 3,0 mm (6,6%). W pozostałych miesiącach nastąpił wzrost opadów, najwyższy w lipcu o 10,1 mm (8,6%). Mimo braku trendu rocznych sum opadu (podobnie jak

w Polsce – Kundzewicz i in. 2018), w badanym okresie tylko w lutym występuje istotna statystycznie tendencja rozwojowa wynosząca $0,41 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Średnia roczna (rok hydrologiczny) suma opadu śniegu w latach 1971-2021 wyniosła 113,1 mm (1994-2021 – 110,8 mm), przy zakresie zmian sum rocznych 13,6 mm (2020) do 222,8 mm (2000). Roczne sumy opadu śniegu charakteryzują się dużą zmiennością ($C_v=41\%$) i cyklicznością. W latach 1971-1993 roczne sumy opadu śniegu wynosiły 100-150 mm ($C_v = 25,4\%$), od 1994 r. wahania z roku na rok wzrosły ($C_v=52,1\%$). Od 2000 r. występuje wyraźna, istotna statystycznie, tendencja spadkowa rocznych sum opadu śniegu. Średni udział opadu śnieżnego w sumie opadu półrocza zimowego wyniósł 42% i zmniejszał się w badanym okresie średnio o $0,3 \% \cdot \text{rok}^{-1}$.

Podział dobowych przepływów metodą kwantylową wykazał od 2000 r. wzrost czasu trwania przepływów poniżej percentyla 5%. W okresie 1971-2000 średnia roczna liczba dni spełniających ten warunek wynosiła 4, natomiast w latach 2001-2021 – 44 dni. Wskazuje to na skokowy wzrost czasu trwania niżówek. Liczba dni z przepływami wysokimi (percentyl pow. 90%) nie uległa zmianie. Zatem skrócił się czas trwania przepływów średnich, co jest oznaką wzrostu dynamiki przepływu w ciągu roku.

Zastosowane geowskaźniki klimatyczne umożliwiły kompleksową ocenę warunków termiczno-opadowych w skali przestrzennej i czasowej. Przeprowadzona analiza wykazała, że warunki klimatyczne determinują wielkość zasobów wodnych na obszarze zlewni.

Literatura:

- Allan R.P., Hawkins E., Bellouin N., Collins B., IPCC, 2021, Summary for Policymakers, in *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge Univ. Press, 2021).
- Blunden J., Arndt D.S., 2016, *State of the Climate in 2015*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 97 (8): 1–275.
- Gorczyński W., 1922, *The calculation of the degree of continentality*, Monthly Weather Review, 50, s. 370.
- Kundzewicz Z.W., Piniewski, M., Mezghani, A., Okruszko, T., Pińskwar, I., Kardel, I., ... & Haugen, J.E., 2018, *Assessment of climate change and associated impact on selected sectors in Poland*. Acta Geophysica, 66(6): 1509-1523.
- Lang R., 1915, *Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht*. Int. Mitt. f. Bodenkunde, 5: 312–346.
- Marsz A., 1995, *Wskaźnik oceanizmu jako miara klimatycznego współoddziaływania w systemie ocean – atmosfera – kontynenty*, WSM, Gdynia.
- Ped D.A., 1977, *The analysis of two summer seasons with different weather conditions*. Trudy GNIe, 171: 3–19.

Geobotaniczne aspekty występowania kenofitów w zlewni górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie)

Janina Borysiak¹, Monika Domańska², Józef Szpikowski^{2,3}

¹ Zakład Geografii Kompleksowej, Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

² Stacja Geoekologiczna w Storkowie, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

³ Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

W 2011 r. Komisja Europejska przyjęła Unijną Strategię Ochrony Różnorodności Biologicznej 2020, dla działań związanych z eliminacją przyczyn utraty bioróżnorodności. Jedną z takich przyczyn są inwazyjne gatunki roślin i zwierząt obcego pochodzenia. Wydano rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1143/2014 w sprawie działań zapobiegawczych i zaradczych w odniesieniu do wprowadzania i rozprzestrzeniania inwazyjnych gatunków obcych (Dz.U.UE.L.2014.317.35). W Polsce, odpowiedzią na to rozporządzenie jest ustawa o gatunkach obcych (Dz. U. 2021 poz. 1718). Na podstawie tej ustawy mają być monitorowane populacje inwazyjnych gatunków obcych (w skrócie IGO), w kilku zakresach: taksonomicznym (wykaz gatunków), ekologicznym (cechy populacji) i chorologicznym (dynamika wtórnego zasięgu geograficznego). Wyniki monitoringu mają posłużyć opracowaniu działań ochronnych ograniczających negatywny wpływ IGO na bioróżnorodność.

W 2015 r., stacje bazowe Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego rozpoczęły realizację Programu J3 – Monitoring gatunków inwazyjnych obcego pochodzenia – rośliny, według metodyki Krzysztofiaka (2021). Jednym z celów Programu J3 jest ocena zagrożeń różnorodności rodzimej flory i jej siedlisk przyrodniczych, jakie są związane z rozprzestrzenianiem się IGO. Dziewięć z jedenastu eksperymentalnych zlewni ZMŚP leży w obszarach Natura 2000, całkowicie lub częściowo. Siedliska przyrodnicze chronione w tych obszarach powinny być w właściwym stanie ochrony i mają to zapewnić plany zadań ochronnych. Do ich wykonania są potrzebne dane o obecnym stanie siedlisk, w tym dotyczące zagrożeń z strony IGO. Danych mógłby dostarczyć Program J3, o ile podczas kartowania stanowisk IGO byłby analizowany typ siedliska przyrodniczego Natura 2000. W celu pozyskania między innymi takich danych, w latach 2019-2021, w eksperymentalnej zlewni ZMŚP Parsęta, wykonano badania nad geobotanicznymi aspektami występowania IGO. Prowadzono je równocześnie z kartowaniem florystycznym metodą Programu J3 – Monitoring ogólny. Na każdym stwierdzanym stanowisku IGO były analizowane następujące aspekty geobotaniczne: 1/ syntaksonomiczna ranga zbiorowiska roślinnego z dokładnością do zespołu roślinnego; 2/ syngenetyczny typ zbiorowiska roślinnego, wg klasyfikacji Falińskiego (1969); 3/ siedlisko przyrodnicze Natura 2000. Rangę zbiorowiska roślinnego określono fitosocjologiczną metodą Braun-Blanquet'a stosując monografię Matuszkiewicza (2021) oraz Brzega i Wojterskiej (2012). Jeśli zbiorowisko roślinne nie było zespołem roślinnym to podano typ siedliska przyrodniczego. Przy identyfikacji siedlisk przyrodniczych Natura

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

2000 posługiwano się poradnikami Herbicha (2004, red). Znotowano 50 kenofitów. Analizowano ich cechy gatunkowe: pozycję taksonomiczną (wg Mirka i in. 2002), ogólny zasięg geograficzny i formę życiową (Tokarska-Guzik i in. 2012). Dotychczas nie były prowadzone badania fitosocjologiczne nad roślinnością obszaru zlewni monitorowanej przez Stację Bazową Parsęta. Dane dotyczące zespołu roślinnego notowanego na stanowiskach IGO są wkładem w rozpoznanie zróżnicowania rzeczywistej roślinności zlewni górnej Parsęty.

Literatura:

- Brzeg A., Wojterska M. 2001. Zespoły roślinne Wielkopolski, ich stan poznania i zagrożenie [w:] M. Wojterska (red.). Szata roślinna Wielkopolski i Pojezierza Południowopomorskiego: 39–110. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Faliński J.B. 1969. Zbiorowiska autogeniczne i antropogeniczne. Próba określenia i klasyfikacji. Dyskusje fitosocjologiczne (4). *Ekologia Polska* 15: 173–182.
- Herbich J. (red.). 2004. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny, 1–3, 5. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Matuszkiewicz, W., 2020. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

Monitoring stref geoeologicznych wokół jezior tundrowych na podniesionych terasach morskich, Petuniabukta, Spitsbergen

Janina Borysiak¹, Zbigniew Zwoliński², Małgorzata Mazurek²,
Renata Paluszkiewicz³, Grzegorz Rachlewicz³

¹ Zakład Geografii Kompleksowej, Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

² Zakład Geoinformacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

³ Pracownia Badań Kriosfery, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Wprowadzenie

Środowisko polarne w strefie Wysokiej Arktyki jest niezwykle wrażliwe na zmiany klimatu. Zwiększenie lub zmniejszenie sumy opadów dobowych czy sezonowych, wzrost lub spadek temperatury powietrza dobowej czy sezonowej, jak również długość zalegania pokrywy śnieżnej czy okres i głębokość rozmarzania zmarzliny mają decydujące znaczenie na przebieg procesów morfogenetycznych i glebowych, jak również na długość okresu wegetacyjnego oraz strukturę i jakość pokrywy roślinności tundrowej. Zmienność georóżnorodności i bioróżnorodności zagłębień jezior tundrowych, a więc ich zlewni i basenów obserwowana jest na wschodnim wybrzeżu Zatoki Petunia wsypy Spitsbergen (archipelag Svalbard) od roku 1984 przez kolejne ekspedycje Instytutu Badań Czwartorzędu oraz Instytutu Geoekologii i Geoinformacji. Obserwacje te pozwoliły sformułować wstępną hipotezę o zubażaniu bioróżnorodności przy jednoczesnym wzroście georóżnorodności w zlewniach jezior tundrowych. W celu zweryfikowania tej hipotezy postanowiono uruchomić długoterminowy monitoring przyrodniczy czterech jezior tundrowych zlokalizowanych na podniesionych terasach morskich. Podniesione terasy morskie z zagłębieniami jezior tundrowych zostały uformowane na skutek ruchów glaciostatycznych w okresie atlantyckim (12-15 m n.p.m.) i subborealnym (5-8 m n.p.m.) 4-7 ka BP. Specyfika klimatu polarnego kontynentalnego Zatoki Petunia wyraża się m.in. krótkim, na ogół 2-3 miesięcznym okresem lata polarnego, podwyższonymi temperaturami w miesiącach okresu ablacyjnego z jednocześnie bardzo niskimi opadami atmosferycznymi w ciągu całego roku. Miąższość czynnej warstwy zmarzliny w czasie polarnego lata przekracza na tym obszarze 1 m.

Metody

Założono 6 transektów w obszarze czterech jezior znajdujących się na glaciostatycznie podniesionych terasach morskich. Każdy zaczynał się w litoralnej części jeziora, prostopadle przecinał brzeg i kończył się w najwyższym wyniesionym miejscu terasy morskiej. Transekty objęły kateny złożone ze stref rozmieszczonych wzdłuż gradientu hipsometrycznego, litologicznego i wilgotnościowego siedliska. W celu oceny typu osadów teras morskich oraz osadów wypełniających zbiorniki jeziorne przeprowadzono kartowanie litologiczne. Określono granice stref, kierując się zasadą geoeologicznej jednorodności elementów abiotycznych i biotycznych. W każdej strefie losowo wyznaczono poletko testowe o powierzchni

0,5 x 0,5 m. Na każdym poletku oceniono: głębokość wody, obecność mułu na powierzchni roślin, typ gleby, występowanie żwiru i kamieni na powierzchni gleby, wilgotność powierzchni gleby, głębokość odmarzniętego podłoża, pH w H₂O i KCl, obecność ekskrementów zwierząt, a także zawartość w glebie: materii organicznej, azotu ogólnego, NaCl (także w wodzie) i metali ciężkich. Określono powierzchniowy udział: skorupy kryptogamicznej (łącznie z porostami), mszaków i roślin naczyniowych. Pobrano okazy każdego gatunku rośliny naczyniowej, celem określenia morfologiczno-rozwojowego typu rośliny. Określono efekty procesów geosukcesji i innych czynników kształtujących strukturę tundry wzdłuż transektów. Były to: podnoszenie mrozowe, wykwity kalcytu, mikrotopografia, fitogeniczne formy eoliczne, deptanie i zgryzanie roślinności przez renifery, a także eutrofizacja przez renifery i ornitofaunę. Dane z poletek zestawiono w syntetycznej tabeli i na rycinie. Na ich podstawie, a także studiów porównawczych poza poletkami (ale w tym samym typie siedlisk), zidentyfikowano zespoły procesów abiotycznych oraz odpowiadające im zespoły roślinne. Zastosowano metodę fitosocjologiczną i syntaksonomiczne systemy zbiorowisk roślinnych spitsbergeńskiej tundry.

Wyniki

Jeziorka tundrowe na wschodnim wybrzeżu Petuniabukta cechują się zróżnicowaną powierzchnią i głębokościami, przeważnie jednak mają średnicę do kilkunastu metrów i głębokości do 0,5 m. W okresie arktycznej wiosny i lata zbiorniki wodne cechują się zróżnicowaną wielkością, a w okresie letnim część z nich okresowo lub na stałe zanika. Jest to warunkowane głównie ilością gromadzonej wody z topniejących śniegów i letniej degradacji wieloletniej zmarzliny. W mniejszym stopniu na zmienność wody w zbiornikach ma wpływ wielkość opadu atmosferycznego. Zanikanie jezierek w okresie letnim świadczy o stopniowym wyczerpywaniu się zasilania z warstwy czynnej zmarzliny. Okresowe zmiany poziomu wód jezierek wywołują również opady atmosferyczne oraz wahania temperatury i parowania. Głębsze zbiorniki wodne funkcjonują na tundrze przez całe lato. Na właściwości wód w strefie mokradeł otaczających część zbiorników wpływa także zwiększona sezonowo działalność biologiczna powodująca wzrost dostawy siarczanów i jonów potasowych z rozkładu materii organicznej. Te warunki hydro-wilgotnościowe wpływają na rozwój stref geoekologicznych wokół jezierek. Transekty, o długość 19-75 m, były toposekwencją kolejno występujących siedlisk: wodnych, mokrych, wilgotnych, świeżych i suchych. Warunki geoekologiczne zmieniały się na krótszych i dłuższych dystansach, w przedziale 0,4 – 14,4 m. W toposekwencjach wyraźnie widoczne jest zróżnicowanie litologiczne od osadów bardzo drobnych, mułkowych w obrębie den jezierek poprzez osady piaszczyste na plażach jezierek, których szerokość uzależniona jest od stanów wody po osady piaszczysto-żwirowe z udziałem frakcji kamienistej w poziomie podniesionych teras morskich. Terasy zbudowane są z morskich piasków i żwirów wzbogaconych detrytycznym materiałem muszlowym, głównie *Astrate borealis*. Z kolei w jeziorkach deponowany jest materiał piaszczysto-mułkowy wzbogacony w materię organiczną. Wykonane wiercenia ręczne wykazały zróżnicowane miąższości współcześnie deponowanych osadów. Miąższość osadów wahała się od 0,13 do 0,9 m. Pod względem litologicznym dominują jasnoszare bezstrukturalne osady mułkowe miejscami przewarstwione cienkimi około 2-3 cm wkładkami żwirów.

W miejscach, gdzie otwory wiertnicze przebijały spąg osadów jeziornych odnotowano występowanie warstwy gwałowej, stanowiącej osady terasy morskiej. W stropowej warstwie osadów stwierdzono znacznie większy udział CaCO_3 ponad 20% a niżeli w warstwie spągowej. Średnia zawartość CaCO_3 w osadach jeziorzek wynosi od 5 do 7%. Zawartość materii organicznej (OM) wynosi średnio około 5%, przy czym przypowierzchniowe warstwy wykazują znacznie większy udział OM wynoszący około 20%. Wiek tych osadów nie przekracza 6 ka BP. Głębokość odmarzania gleby w okresie wegetacyjnym wywiera znaczący wpływ na przebieg procesów biotycznych. Mała miąższość warstwy czynnej warunkuje bowiem płytkie przerastanie gleby przez korzenie roślin, niską produkcję pierwotną oraz słabą akumulację biologiczną w glebach tundry. Litologia w transektach i kolejnych mikrosiedliskach wpływa na poziom wilgotności w glebie, która może być zmienna sezonowo w zależności od wielkości opadów atmosferycznych, topnienia pokrywy śnieżnej i/lub topnienia zmarzliny. Odzwierciedleniem heterogeniczności siedlisk w toposekwencji było zróżnicowanie roślinności na płaty sześciu zespołów roślinnych: jeden z *Thlaspietea rotundifoliae*, dwa z *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* oraz trzy z *Carici rupestri-Kobresietea*. Flora roślin naczyniowych zanotowanych w transektach liczyła 30 gatunków. Zostały sklasyfikowane jako cztery kategorie organów klonalnego wzrostu.

Rekomendacja

W świetle uzyskanych wyników badań postanowiono kontynuować badania geoekologiczne wokół jeziorzek tudrowych w oparciu o zaplanowany system pomiarów monitoringowych: meteorologicznych, hydrograficznych, sedymentologicznych, geomorfologicznych, glebowych, fitosocjologicznych. Weryfikacja postawionej hipotezy badawczej winna być walidowana w przeciągu kilkunastu-kilkudziesięciu lat obserwacyjnych.

Fitoindykatory siedlisk przyrodniczych Natura 2000 jako miejsc koncentracji usług ekosystemowych, w dolinie rzeki Dębnicy (Pomorze Zachodnie)

Janina Borysiak, Małgorzata Stępniewska

*Zakład Geografii Kompleksowej, Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Utworzenie Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000 w Polsce ujawniło braki w znajomości stanu siedlisk przyrodniczych oraz gatunków flory i fauny będących przedmiotem ochrony w ustanowionych polskich obszarach Natura 2000. Znana jest rola „naturowej” bioróżnorodności w dostarczaniu usług ekosystemów (Bastian 2013). Miejsca koncentracji usług natomiast są słabo rozpoznane (Komisja Europejska 2013). Braki wiedzy o stanie siedlisk i gatunków są jaskrawo widoczne w standardowych formularzach danych sporządzonych dla krajowych obszarów Sieci (http://natura2000.gdos.gov.pl/datafiles/index/all:0/province_id:15). W formularzach tych, w tabelach 3.1. dotyczących jakości danych użytych do określenia stanu siedliskach i gatunków, często figuruje litera M, nierzadko P. Litery te oznaczają dane o przeciętnej lub niskiej jakości (<http://natura2000.gdos.gov.pl/wytyczne-i-poradniki>). Braki w wiedzy znajdują też wyraz w raportach przesyłanych do Komisji Europejskiej, zawierających okresowe oceny dokonywane na podstawie monitoringu stanu siedlisk i gatunków N2000 (<http://siedliska.gios.gov.pl/pl/>). Swym zakresem oceny obejmują m.in. florystyczną strukturę fitosocjologicznych identyfikatorów monitorowanych typów siedlisk (<http://siedliska.gios.gov.pl/pl/monitoring/metodyka>).

W latach 2011–2021 przeprowadzono badania terenowe doliny Dębnicy (dopływu Parsęty). Polegały one na analizie roślinności siedlisk przyrodniczych N2000 i jej przestrzennego zróżnicowania. Cała dolina leży w obszarze PLH320007 Dorzecze Parsęty, a od źródeł rz. Dębnicy po jej ujście z jez. Dębno także w PLH320039 Jeziora Czaplince. Do 2011 r. nie opublikowano żadnych materiałów dokumentujących stan siedlisk przyrodniczych występujących w tych dwóch obszarach. Celem badań terenowych było dostarczenie wiedzy o szacie roślinnej, a także wskazanie miejsc w dolinie, w których koncentrują się usługi ekosystemowe. Przyjęto, że tymi miejscami są stanowiska naturalnych i seminaturalnych zespołów roślinnych reprezentujących siedliska przyrodnicze N2000. Badania polegały więc na wykryciu takich stanowisk. Siedliska N2000 były identyfikowane wg poradników Herbicha (2004, red.), a zespoły roślinne fitosocjologiczną metodą Braun-Blanquet’a. Dla zidentyfikowanych typów siedlisk przyrodniczych I reprezentujących je zespołów podano gatunki roślin-wskaźniki. Przyjęto, że są to gatunki charakterystyczne dla zespołu i związku. Określono związek siedliska przyrodniczego N2000 z miejscem w dolinie.

W dolinie rzeki Dębnicy stwierdzono duże bogactwo i różnorodność roślinności, na którą złożyły się 93 zespoły z 19 fitosocjologicznych klas. Spośród nich 22 były syntaksonami-indykatorem łącznie 9-u siedlisk N2000. Największą różnorodność fitocenotyczną wykazały nadrzeczne ziołorośla – kod 6430. Najczęściej występującymi leśnymi siedliskami przyrodniczymi, a zarazem wykształconymi na największym łącznym areale, były: łągi jesionowo-olszowe *91E0 *Fraxino-Alnetum*, kwaśne buczyny 9110 *Deschampsio*

flexuosae-Fagetum i środkowoeuropejski grąd 9160 *Stellario holostea-Carpinetum betuli*. Stwierdzono trzy priorytetowe siedliska Natura 2000: łąg jesionowo-olszowy *91E0, brzezinę bagienną *91D0 *Vaccinio uliginosi-Betuletum* oraz *91E0 łąg wierzbowy *Salicetum albae* i wikliny nadrzeczne *Salicetum triandroviminalis*.

Rzeka Dębica była gospodarczo użytkowana w niewielkim stopniu. Odzwierciedleniem tego był niski stopień synantropizacji roślinności. Z 93 łącznie zanotowanych zespołów 96% stanowiły zbiorowiska naturalne (84%) i seminaturalne (12%). Udział roślin obcego pochodzenia – kenofitów, w florystycznej strukturze zbiorowisk był znikomy. Taki wynik oznacza, że usługi ekosystemowe są przez dolinę rzeki świadczone na wysokim poziomie i koncentrują się w zasadzie w całym biegu rzeki.

Literatura:

- Bastian O. 2013. *The role of biodiversity in supporting ecosystem services in Natura 2000 sites. Ecological Indicators 24: 12–22.*
- Herbich J. 2004. *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny, t. 1-5. Ministerstwo Środowiska, Warszawa. <http://natura2000.gdos.gov.pl>*
- Komisja Europejska, 2013. *The economic benefits of the Natura 2000 Network. Publications Office of the European Union, Luxembourg.*

Składowe odpływu biogenów podczas wezbrania roztopowego w zlewni górnego Wieprza*

Stanisław Chmiel, Ewa Maciejewska, Krzysztof Stępniewski, Magdalena Kończak,
Krzysztof Siwek, Beata Zielińska

*Katedra Hydrologii i Klimatologii, Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie*

Celem badań było określenie struktury odpływu biogenów (azotu i fosforu) podczas wezbrania roztopowego na rzece Wieprz w profilu Guciów. Badania prowadzono od lutego do końca marca 2021 roku. Codziennie rano z koryta Wieprza pobierano próbki wody do analiz fizykochemicznych. W laboratorium oznaczono metodą spektrofotometryczną stężenie fosforu całkowitego oraz ortofosforanowego, chromatografem jonowym oznaczono azot całkowity i azotanowy. Azot i fosfor całkowity był oznaczony w próbkach zmineralizowanych.

Zlewnia górnego Wieprza po profil w Guciowie, położona jest na Rostoczu Tomaszowskim, a jej powierzchnia wynosi 300,26 km². Charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą terenu z deniwelacjami przekraczającymi 130 m (ryc. 1).



Ryc. 1. Położenie zlewni górnego Wieprza na Rostoczu

Na wierzchołkach i zboczach odsłaniają się kredowe skały podłoża (opoki i gezy) w wielu miejscach przykryte lessem i piaskami różnej genezy. Dna dolin rzecznych wypełniają piaski i utwory piaszczysto-pylaste oraz płyty torfu. Pokrywą glebową tworzą przeważnie kompleksy gleb płowo- i bielicoziemnych.

Grunty orne, łąki i pastwiska stanowią 60,2% powierzchni zlewni, lasy 33%, zbiorniki wodne ok. 1,7% powierzchni zlewni. Osadnictwo koncentruje się na ogół w małych wsiach położonych wzdłuż głównych dolin, a jedyne miasto Krasnobród, liczy nieco ponad 3000 mieszkańców. W większości miejscowości, poza

Krasnobrodem, brak jest infrastruktury wodno-ściekowej. Wodę zapewniają zwykle przydomowe studnie wiercone i kopane, a ścieki trafiają do szamb.

Średni przepływ Wieprza w Guciowie kształtuje się na poziomie $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$, co odpowiada wskaźnikowi odpływu jednostkowego $4,23 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{km}^2$. W odpływie całkowitym dominuje składowa z zasilania podziemnego, która stanowi około 90%.

W roku hydrologicznym 2021 wiosenne wezbranie roztopowe trwało prawie miesiąc (od 25 II do 23 III). Akumulacja wody w pokrywie śnieżnej zlewni odpowiadała warstwie opadu 84 mm, podczas topnienia śniegu wystąpiły opady, których suma wyniosła 17 mm. Przed wezbraniem natężenie przepływu kształtowało się na poziomie $1-1,1 \text{ m}^3/\text{s}$, kulminacja wezbrania nastąpiła w dniu 3 marca, osiągając wartość $2,93 \text{ m}^3/\text{s}$. W końcowej fazie wezbrania natężenie przepływu spadło do poziomu $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Odpływ całkowity w tym czasie wyniósł $4,077 \text{ mln m}^3$, a wezbraniowy, liczony metodą ścięcia fali $1,478 \text{ mln m}^3$ (tj. ok. 36% odpływu całkowitego).

Przewodność elektrolityczna wody zmieniała się odwrotnie proporcjonalnie do przepływu wody, na początku i pod koniec wezbrania przekraczała $400 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$, podczas kulminacji wyniosła około $300 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$, przy niewielkiej zmienności pH ($7,5 \div 7,92$) i temperatury wody ($1,9 \div 5,8 \text{ }^\circ\text{C}$). Transport zawiesin podczas wezbrania wyniósł nieco ponad 154 t, przy średnim zmaczeniu $35,6 \text{ g}/\text{m}^3$.

Stężenie azotu całkowitego (TN) w okresie pomiarowym kształtowało się na poziomie $2,76 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Formy mineralne azotu stanowiły prawie 70% TN. Średnie stężenie fosforu całkowitego (TP) wyniosło $0,27 \text{ mg}/\text{dm}^3$, ortofosforany stanowiły w nim około 75%. Azot całkowity i azotanowy, wykazywał wysokie współczynniki korelacji z przepływem, na poziomie 0,85. W przypadku fosforu całkowitego I ortofosforanowego, współczynniki ich korelacji z przepływem były niskie (na poziomie 0,25). Współczynniki korelacji badanych form biogenów i zawiesiny kształtowały się na poziomie 0,5.

Wyniki badań wykazały, że stężenia azotu w wodach rzeki Wieprz podczas wiosennego wezbrania mieściły się na ogół w II klasie wskaźników charakteryzujących warunki biogenne (*Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 2021 roku, w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych*). W przypadku fosforu badane wody miały stężenia na ogół poniżej II klasy. Zawartość badanych biogenów wskazuje, że w przypadku budowy zbiorników zaporowych na górnym Wieprzu będą one podlegały silnej eutrofizacji, której następstwem będą zakwity wody.

*Badania w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki nr 2020/37/B/ST10/01994

Uwarunkowania opadów spływu powierzchniowego w zlewni Różanego Strumienia na podstawie danych z wielolecia 1960-2021

Aleksandra Czuchaj¹, Mikołaj Majewski², Marek Półrolniczak³

¹ *Pracownia Hydrometrii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

² *Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

³ *Zakład Meteorologii i Klimatologii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Celem wystąpienia jest omówienie warunków opadowych w zlewni Różanego Strumienia w Poznaniu w aspekcie możliwości występowania spływu powierzchniowego i spłukiwania. Od półrocza letniego 2022 roku w zlewni realizowany jest monitoring spływu powierzchniowego oraz spłukiwania na specjalnie przygotowanym stanowisku pomiarowym. Badania monitoringowe zostaną uszczegółowione eksperymentem terenowym z wykorzystaniem symulatora opadów. W celu określenia odpowiednich charakterystyk sztucznego opadu niezbędna była analiza opadów w Poznaniu.

Analiza warunków opadowych została przeprowadzona zarówno dla dobowych sum opadów w wielolecia 1960-2020 dla stacji meteorologicznej Poznań-Ławica, jak i dla sum 10-minutowych, rejestrowanych w latach 2015-2021 w ogródku meteorologicznym na terenie zlewni Różanego Strumienia.

W latach 1960-2020 zaobserwowano średnio rocznie 160 dni z opadem większym lub równym 0,1 mm, spośród których ponad 11 rocznie cechowało się dobową sumą opadów powyżej 10 mm. W ciągu badanych sześćdziesięciu lat tylko siedmiokrotnie dobową sumę opadu atmosferycznego przekroczyła 50 mm. W ciągu poszczególnych lat nigdy suma dni z opadem nie przekroczyła 200.

Szczególne uwagę poświęcono okresowi 2015-2021 ze względu na dostępność szczegółowych danych opadowych, rejestrowanych z 10-minutowym krokiem czasowym. Analizie poddano liczbę opadów, ich sumę, czas trwania, jak również kluczowe dla oceny zagrożenia erozyjnego: natężenie, energię kinetyczną oraz wskaźnik erozyjności (EI_{30}).

Roczne sumy wskaźnika erozyjności opadów mieściły się w granicach od 155,3 do 608,4 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹. Spośród wszystkich zarejestrowanych 706 zdarzeń opadowych 39 miało erozyjność większą niż 10 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹, 21 ponad 20 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹, a 7 opadów erozyjność większą niż 50 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹. Zdecydowanie najintensywniejszym opadem był opad z 22 czerwca 2021 roku o wskaźniku erozyjności równym 374,7 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹. W ciągu 190 minut spadło 70,8 mm opadu, przy maksymalnym natężeniu 30-minutowym wynoszącym 32,8 mm h⁻¹.

Z wykorzystaniem 10-minutowych sum opadów dla zlewni Różanego Strumienia, opady przyporządkowano do odpowiadających im klas Chomicza. W badanym okresie w Poznaniu 667 razy obserwowano opad zwykły, zaś 22 razy opad silny (kategoria A0). Ponadto 17 opadów zaklasyfikowano jako opady ulewne w kategoriach od A1 do A4. Nie zaobserwowano opadu nawalnego w żadnej z kategorii B.

Wpływ zmian emisji siarki i azotu na zakwaszenie opadów na Stacji Bazowej ZMŚP Puszcza Borecka

Anna Degórska, Krzysztof Skotak

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Przełom XX i XXI wieku to czas znaczących zmian emisji zanieczyszczeń powietrza w Polsce, zwłaszcza związków siarki i azotu. Zmiany te, szczególnie spektakularne w przypadku dwutlenku siarki, znalazły odzwierciedlenie we wzroście odczynu opadów atmosferycznych (na otwartej przestrzeni i w lasach) oraz w znaczącym zmniejszeniu dopływu substancji kwasotwórczych do ekosystemów. A to z kolei przyczyniło się do zmniejszenia obszarów narażonych na przekroczenie ładunków krytycznych kwasowości.

Emisja dwutlenku siarki w Polsce w okresie 1993-2019 zmniejszyła się o 81%. W tym czasie stężenia dwutlenku siarki (w postaci gazowej) i siarczanów (w aerozolu) wykazały statystycznie istotny trend malejący, a względne zmiany stężeń wyniosły odpowiednio -89% i -61%. W opadach na otwartej przestrzeni odnotowano spadek stężenia siarczanów na poziomie 77%. W opadach podkoronowych, w znacznie krótszym okresie badawczym, obejmującym lata 2005-2021, zmniejszenie stężenia siarczanów osiągnęło 57%.

Emisja związków azotu w Polsce wykazuje tendencję spadkową, ale mniej znaczącą niż emisja dwutlenku siarki. Zarówno w przypadku dwutlenku azotu, jak i amoniaku są to trendy spadkowe istotne statystycznie, ale zmiany względne wyniosły odpowiednio -36% dla NO_2 i -13% dla NH_3 . Stężenia tych związków azotu w powietrzu na Stacji Bazowej Puszcza Borecka odnotowały nieznaczny wzrost; w opadach w pełnym okresie badań spadki, a w krótszym okresie – spadki azotanów i wzrosty jonu amonowego. Takie relacje pomiędzy zanieczyszczeniami mogą świadczyć o wolniejszym spadku emisji związków azotu w Polsce niż w pozostałych krajach europejskich.

Z biegiem lat zmniejszyło się znaczenie siarczanów w zakwaszaniu opadów, a decydującą rolę zaczęły odgrywać azotany.

Zmiany zawartości poszczególnych substancji zakwaszających w opadach przełożyły się na odczyn opadów – zarówno na otwartej przestrzeni, jak i w lesie. pH opadów na otwartej przestrzeni w okresie 1993-2021 znacząco wzrosło, notując statystycznie istotny trend rosnący (zarówno dla pełnego okresu, jak i dla krótszego – 2005-2021). Od roku 2015 średnia roczna wartość odczynu opadów przekracza 5,0, a opadów podkoronowych 6,0 (w większości lat). Tym samym znaczącemu zmniejszeniu uległa depozycja jonów wodorowych i ich dopływ do ekosystemów leśnych i łąkowych, charakterystycznych dla zlewni badaczej Stacji Bazowej Puszcza Borecka.

Ocena hydrologicznej i hydrochemicznej reakcji zlewni Jeziora Gościąż na sygnał klimatyczny

Piotr Gierszewski, Arkadiusz Bartczak, Dariusz Brykała, Michał Fojutowski

*Zakład Zasobów Środowiska i Geozagrożeń w Toruniu,
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN*

Wpływ zmian klimatu na wielkość i zmienność odpływu rzecznego, mimo problemów z bezpośrednim powiązaniem oddziaływania parametrów meteorologicznych na wielkość przepływu rzecznego i transformację właściwości chemicznych wody, nie jest kwestionowany (m. in. Huntington 2006). Wielość czynników odpływotwórczych powoduje, że określenie jak duży wpływ mają czynniki klimatyczne na wielkość odpływu jest zadaniem trudnym, szczególnie w zlewniach podlegających znacznej antropopresji. Należy podkreślić, że również naturalne cechy systemów rzecznych decydują o ich różnej "wrażliwości" na sygnał klimatyczny. Właściwe powiązanie zmian odpływu z tendencjami zmian klimatycznych wymaga nie tylko długotrwałych obserwacji hydroklimatycznych, ale również wiedzy na temat procesów i uwarunkowań formowania się odpływu. Dlatego też wpływ zmian klimatycznych na przepływy najlepiej monitorować w małych zlewniach o względnie jednorodnych cechach środowiska przyrodniczego oraz możliwie znikomym wpływie antropopresji. Ważne jest również to, by badane systemy hydrologiczne charakteryzowały się możliwie dużą odpornością na zmienność czynników pogodowych. Warunki takie, głównie ze względu na dużą retencyjność oraz znaczący udział wód podziemnych w zasilaniu, reprezentują zlewnie rzeczno-jeziorne. Takimi cechami charakteryzuje się też zlewnia Jeziora Gościąż i Strugi Ruda w Kotlinie Płockiej gdzie prowadzono monitoring hydrometeorologiczny i hydrochemiczny w latach 1990-1994. W rozszerzonym zakresie kontynuowano go w latach 2017-2019. Jego celem było poznanie uwarunkowań kształtowania się odpływu oraz właściwości chemicznych wody w zlewni, a także określenie czy i jak duży wpływ miały zmiany klimatu na wielkość odpływu i chemizm wody.

Przebieg warunków pogodowych, hydrologicznych i hydrochemicznych w zlewni Rudy rejestrowano w oparciu o własną sieć pomiarową. Skalę i kierunek zmian monitorowanych parametrów na przestrzeni 30 lat przedstawiono na tle regionalnej zmienności warunków klimatycznych, hydrologicznych i hydrogeologicznych w latach 1952-2019. Wykazano istotny statystycznie wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w regionie oraz brak tendencji w przebiegu rocznych sum opadów, co przełożyło się na wyraźny deficyt wody w ostatnich 20 latach analizowanego wielolecia. Deficyt zasilania zlewni opadami zaznaczył się obniżeniem stanów wód podziemnych przede wszystkim w studniach zlokalizowanych w większej odległości od koryta Wisły, które jest tutaj regionalną bazą drenażu. Mniejsze zasilanie systemów rzecznych wodami podziemnymi i niekorzystne wartości klimatycznego bilansu wodnego przełożyły się na mniejsze przepływy w głównych rzekach regionu: Zgłowiączce i Skrwie Lewej. Najniższe przepływy w obu rzekach wystąpiły w latach 1989-1993 i 2014-2016, czyli okresie, w którym monitorowano również przebieg odpływu ze zlewni Rudy. Mimo postępującego ocieplenia, szczególnie wyraźnego od lat 80-tych XX wieku,

nie zaobserwowano, aby wielkość i zmienność przepływów Rudy poniżej Jeziora Gościąż zmieniła się w istotnym stopniu w ostatnich 30 latach. Inaczej jest powyżej jeziora gdzie przepływy strugi w latach 2017-2019 były dwu i półkrotnie mniejsze niż w latach 1990-1994. O większej podatności górnej części zlewni na zmiany warunków klimatycznych świadczą również większe wahania stanów wód podziemnych i jeziornych oraz ich przebieg, który w dużym stopniu nawiązuje do aktualnego przebiegu pogody.

Głównym źródłem dostawy materiału rozpuszczonego do Jeziora Gościąż są wody podziemne regionalnego systemu krążenia zasilające jezioro od południa. Wykazują one najbardziej stabilny skład jonowy. Nieco inne właściwości oraz większą zmienność stężeń substancji jonowych mają wody podziemne zasilające jeziora z pozostałych kierunków. Funkcjonowanie dwóch systemów zasilania (regionalnego i lokalnego) potwierdziła również analiza zależności między $\delta^2\text{H}$ a $\delta^{18}\text{O}$. W fazie odpływu powierzchniowego właściwości chemiczne wód podziemnych podlegają transformacji w jeziorach. Na krótkich odcinkach rzecznych nie zachodzą natomiast żadne istotne zmiany właściwości chemicznych. Za główne przyczyny transformacji cech chemicznych wody w jeziorach poza asymilacją substancji biogenicznych przez organizmy wodne uznać należy przemiany związane z funkcjonowaniem układu węglanowego i reakcje redox. Wykazano, że w porównaniu z początkiem lat 90-tych nieznacznie wzrosła ogólna mineralizacja wody w górnej części zlewni, głównie w wyniku wyższych stężeń wodorowęglanów. Nie zmieniły się natomiast w większym stopniu właściwości chemiczne wody w Jeziorze Gościąż i Strudze Ruda poniżej jeziora.

Przeprowadzone badania wykazały zróżnicowany charakter reakcji zlewni na zmiany klimatyczne. W górnej części zlewni gdzie zasilanie i dostawa materii jest bardziej lokalna zmiany były większe niż w części dolnej, z Jeziorzem Gościąż zasilanym wodami podziemnymi regionalnego systemu krążenia. Należy podkreślić, że relatywnie małe zmiany wielkości odpływu i właściwości chemicznych wód to wynik dużej retencyjności zlewni i dużego (około 94%) udziału wód podziemnych w odpływie.

Literatura:

Huntington, T.G., 2006. Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319 (1-4), 83-95.

Zmiany jakości wód zbiorników zaporowych województwa małopolskiego w latach 1996-2020

Ryszard Góralczyk, Natalia Rzepka, Dorota Łęczycka

*Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Krakowie,
Departament Monitoringu Środowiska, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie*

Celem wystąpienia jest przedstawienie przebiegu zmian jakości wód oraz próba określenia źródeł oddziaływania na wody zbiorników zaporowych zlokalizowanych na terenie województwa małopolskiego, w wieloleciu 1996-2020.

Ekosystem zbiornikowy kształtuje się przez wiele lat po jego wybudowaniu. W tym czasie tworzy się równowaga pomiędzy produkcją, konsumpcją i destrukcją. Ze względu na zmiany klimatyczne i zagospodarowanie zlewni zbiornika, równowaga ta może być chwiejna, co objawia się zmianami jakości wód. Zasadnicze źródło presji jest trudne do określenia.

Do osiągnięcia celu wystąpienia wykorzystano wyniki monitoringu wód prowadzonego przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie, Departament Monitoringu Środowiska, Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Krakowie. Analiza dostępnych danych monitoringowych powinna pozwolić na przybliżenie problemu oddziaływań naturalnych i antropogenicznych na jakość wód zbiorników zaporowych województwa małopolskiego.

Jeziora termokrasowe jako geindykator dysharmonii krajobrazów polarnych po pożarach, Arktyka Kanadyjska

Piotr Janiec, Zbigniew Zwoliński, Jakub Nowosad

*Zakład Geoinformacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Obserwacje in situ pokazują, że anomalie klimatyczne w regionach Arktyki i Subarktyki, których skutkiem są m.in. pożary, powodują degradację wieloletniej zmarzliny i mają znaczny wpływ na kształtowanie się krajobrazów termokrasowych. W niniejszym opracowaniu starano się sprawdzić, czy zmiany powierzchni jezior mogą służyć jako geindykator dysharmonii tych krajobrazów. Wybrano pięć obszarów, na których miały miejsce pożary w latach 1989-2011, zlokalizowanych w krajobrazach jezior termokrasowych w dorzeczu rzeki McKenzie. Na podstawie Global Surface Water Dataset (European Commission's Joint Research Centre) opracowano szeregi czasowe zmian powierzchni jezior na terytorium każdego obszaru. Przeprowadzono test Manna Kendalla i obliczono nachylenie Sena, aby oszacować trend zmian powierzchni jezior. Porównano wyniki z historycznymi danymi meteorologicznymi, aby ocenić wpływ warunków pogodowych na powierzchnię jezior. Obliczono również intensywność każdego pożaru na podstawie danych Landsat i wskaźnika dNBR.

Wstępne wyniki pokazują, że zmiany powierzchni jezior są powiązane z występowaniem pożarów. Należy jednak wziąć pod uwagę intensywność pożaru i warunki meteorologiczne w danym roku. Zmiany powierzchni jezior po pożarze mają większą zmienność w porównaniu z niespalonymi powierzchniami testowymi. Wyniki te mogą wskazywać na dysharmonię (zaburzenia) w geosystemach borealnych oraz inicjację lub przyspieszenie procesów termokrasowych. Zmiany powierzchni jezior charakteryzują się cyklicznością, która zostaje zaburzona po pożarze. Wahania na obszarach objętych pożarami są większe niż na niespalonych powierzchniach testowych. Zaobserwowano tendencje spadkowe powierzchni jezior tuż po pożarze. W dłuższej perspektywie tendencja ta zaczyna się zmniejszać. Wyniki te pokazują, że po pożarze zmiany powierzchni jezior są zaburzone.

Zaproponowane postępowanie badawcze wskazuje, że jeziora termokrasowe są wrażliwe na zaburzenia w geosystemach, jakimi są pożary. W przyszłości, przy uwzględnieniu danych meteorologicznych może ono posłużyć do opracowania geosystemów zmian w krajobrazach termokrasowych. Kolejnym krokiem jest uzupełnienie zaproponowanego geosystemu o indeksy wilgotności (np. TWI), które są niezbędne do określenia zmian wilgotności gleby po pożarze oraz dane satelitarne Sentinel 1 do zbadania osiadania gruntu oraz erozji gleby po pożarach.

Ocena zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi na terenie Stacji Bazowych ZMŚP na podstawie biomonitoringu – podsumowanie 20 lat badań

Małgorzata Anna Józwiak

Stowarzyszenie Naukowe Europejski Instytut Kształcenia Podyplomowego EIPOS-Kielcach

W 2001 roku po raz pierwszy wykonano badania mające na celu ocenę zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi i dwutlenkiem siarki w programie pomiarowym Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Wykorzystano w tym celu porost *Hypogymnia physodes*, który posłużył jako biowskaźnik (Sawicka-Kapusta, Zakrzewska 2003). Spełnia on warunki stawiane biowskaźnikom ponieważ charakteryzuje się szczególną wrażliwością przejawiającą się widocznymi zmianami makro i mikroskopowymi. Zmiany te wynikają z kumulacji zanieczyszczeń w komórkach. Dzięki wrażliwości biowskaźników wyznaczany jest poziom toksyczności dawki, która znalazła się w środowisku, co pozwala na przewidywanie odległych skutków występujących w organizmach po czasie ekspozycji na toksynę. Badania w stacjach bazowych ZMŚP prowadzone są systematycznie w cyklu półrocznym i obejmują okresy letni i zimowy. Możliwy jest więc stały i aktualny monitoring stanu środowiska ponieważ umożliwia przedstawienie związków przyczynowo skutkowych w układzie Czynniki sprawczy – Presja – Stan – Reakcja. Metoda D-P-S-R umożliwia wskazanie zależności między oddziaływaniem człowieka na środowisko, jakością poszczególnych komponentów środowiska i podejmowaniem działań zaradczych mających na celu poprawę istniejącej sytuacji (Sawicka-Kapusta i in. 2003, Sawicka-Kapusta i in. 2010). Przyjęta metoda badawcza zakłada monitoring aktywny (Jeran i in. 1995, Conti, Cecchetti 2001, Józwiak 2010, 2014) polegający na transplatacji plech porostowych, co stwarza możliwość stosowania próbek odniesienia i ujednolicenia wyników dla każdego miejsca pomiarowego.

Dwudziestoletnie badania pozwalają na stwierdzenie, że o stopniu zanieczyszczenia powietrza decydują trzy główne czynniki: wielkość i rodzaj emisji, immisja oraz warunki meteorologiczne warunkujące rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń. Najważniejsze z punktu widzenia obecności metali ciężkich w powietrzu są zanieczyszczenia pyłowe. Zanieczyszczenia metalami ciężkimi rozkładają się równoleżnikowo. Najmniejsze stężenia metalami ciężkimi występują w północnej Polsce. Centralna część kraju charakteryzuje się największymi stężeniami metali ciężkich. W wieloletniu 2001-2020 najbardziej zanieczyszczone powietrze metalami ciężkimi występowało w SB Kampinos, Roztocze, Beskid Niski i Poznań Morasko, najmniej w SB Karkonosze i Wolin (Tab. 1).

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

Tab. 1 Średnie stężenie metali ciężkich w Stacji Bazowych ZMŚP w latach 2001-2020

SB ZMŚP	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni	Cd	Fe
	mg*kg ⁻¹ s.m.						
WOLIN	1,152	7,19	0,26	1,18	0,32	0,22	112,44
PUSZCZA BOREC	8,665	45,91	0,56	3,82	0,93	0,69	329,35
WIGRY	6,617	51,47	0,75	4,28	0,75	0,45	344,89
PARSĘTA	6,022	50,63	0,50	5,34	0,74	0,46	322,22
POJ. CHEŁMIŃSK	3,113	18,24	0,49	1,12	0,88	0,13	65,75
POZNAŃ-MORAS	8,766	45,65	1,04	3,85	1,10	0,39	296,76
KAMPINOS	10,008	68,70	0,92	4,45	1,09	0,59	370,00
ŁYSOGÓRY	15,358	103,97	0,90	3,83	0,96	0,98	542,40
ROZTOCZE	1,949	18,78	0,08	0,77	0,33	0,23	87,39
BESKID NISKI	13,943	78,50	1,07	4,20	1,20	1,03	662,63
KARKONOSZE	2,439	6,98	0,10	0,42	0,28	0,29	59,43

Literatura:

- Conti M.E., Cecchetti G., 2001. *Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assesment – a review*, *Environ. Poll.* 114, :471-492
- Jeran Z., Byrne A.R., Batc F., 1995. *Transplanted epiphytic lechens as biomonitors of air – contamination by natural radionuclides around the Žirowski VRH Uranium Mine, Slovenia*. *Lichenologist*, 27(5), : 375-385
- Jóźwiak M.A., 2010. *Biomonitoring środowisk lądowych i wodnych*, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, pp. 136
- Jóźwiak M.A., 2014. *Wykorzystanie organizmów wskaźnikowych w bioindykacji środowisk lądowych i wodnych na wybranych przykładach*, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, PAN w Krakowie, pp. 281
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., 2003. *Ocena zanieczyszczenia powietrza na Stacjach Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w 2001 roku*. W: W. Bochenek, E. Gil (red.). *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geoekosystemów ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk ekstremalnych*. IOŚ, BMŚ: 20-29.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Bydłoń G., Hajduk.J., 2010. *Ocena zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowych ZMŚP metalami ciężkimi i dwutlenkiem siarki w latach 2001-2009z wykorzystaniem porostu Hypogymnia physodes*. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Vol. 11:63-71.

Dynamika opadu organicznego w Stacjach Bazowych ZMŚP w latach 2017-2020

Marek Józwiak¹, Małgorzata Anna Józwiak², Monika Żelezik¹, Daniel Tatarek¹

¹ Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

² Stowarzyszenie Naukowe Europejski Instytut Kształcenia Podyplomowego EIPOS-Kielcach

Stan zdrowotny lasów w Polsce jest wypadkową jednoczesnego synergistycznego działania takich czynników jak: warunki klimatyczne, siedliskowo-drzewostanowe, poziom skażeń powietrza, wody, gleb oraz szkodliwych owadów i chorób grzybowych. Znany dotychczas a rozwojem i przebiegiem procesów destrukcyjnych z udziałem grzybów chorobotwórczych i owadów znacznie skomplikowało długookresowe oddziaływanie wysokich koncentracji skażeń powietrza pochodzenia przemysłowego i zmiany klimatyczne o charakterze globalnym

Poznanie ilościowego i jakościowego składu opadu organicznego w systemie monitoringu funkcjonowania ekosystemów jest elementem pozwalającym przybliżyć relacje między faktycznym stanem drzewostanu, a warunkami panującymi w biotopie, szczególnie w glebach.

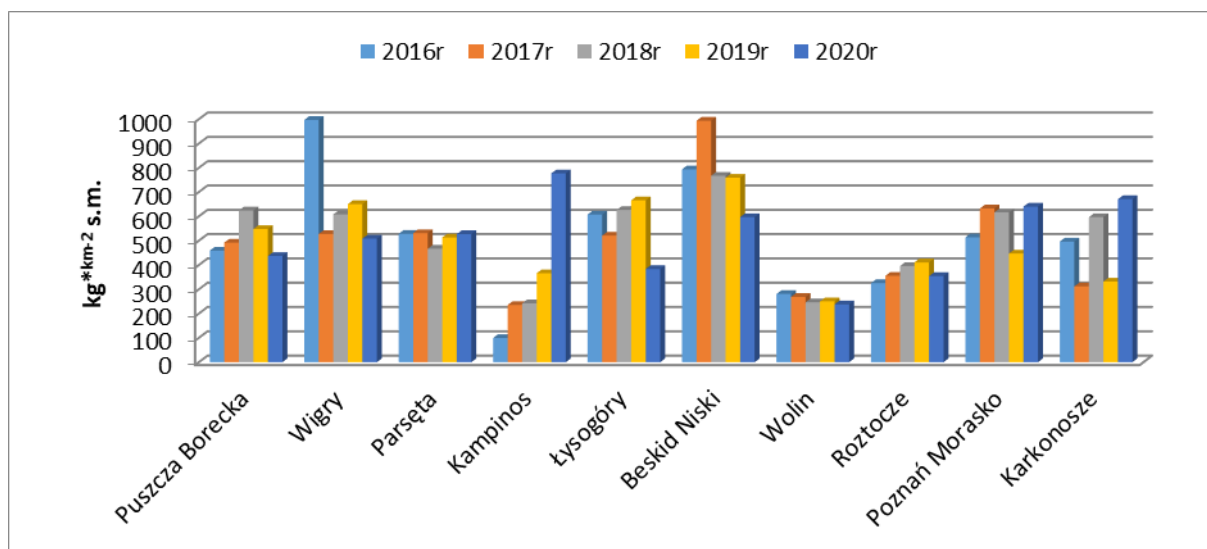
Od pierwszych ustaleń Ebermayera (1876) dotyczących rocznych ilości opadu organicznego w lasach istotnie wzrosła wiedza o tym elemencie obiegu składników w ekosystemie, a szczególnie wpływu emisji przemysłowych na obieg masy i składników mineralnych w ekosystemach znajdujących się w zasięgu emisji i skażonego nimi powietrza atmosferycznego.

Badania prowadzone są na terenie 10 Stacji Bazowych ZMŚP. Obejmują lata 2016-2020. Celem naszego opracowania jest przedstawienie dynamiki masy opadu organicznego w drzewostanach będących pod wpływem zróżnicowanych warunków morfoklimatycznych i antropopresji. Drzewostany te znajdują się w fazie zmian składu gatunkowego pod wpływem zmiennych emisji przemysłowych bezpośrednio z powietrza i pośrednio z gleb. W tej fazie stanu rozwojowego zbiorowisk roślinnych wzrosła pulsacyjnie wielkość entropii i jednocześnie zwiększa się zawartość informacji funkcjonalnych w systemie biocenozy. Nawet częściowe ich poznanie może stanowić przyczynek do zgłębienia trendów zachodzących przemian przystosowawczych i przeżycia zarówno zbiorowisk roślinnych jak i gleb w nowych warunkach środowiska.

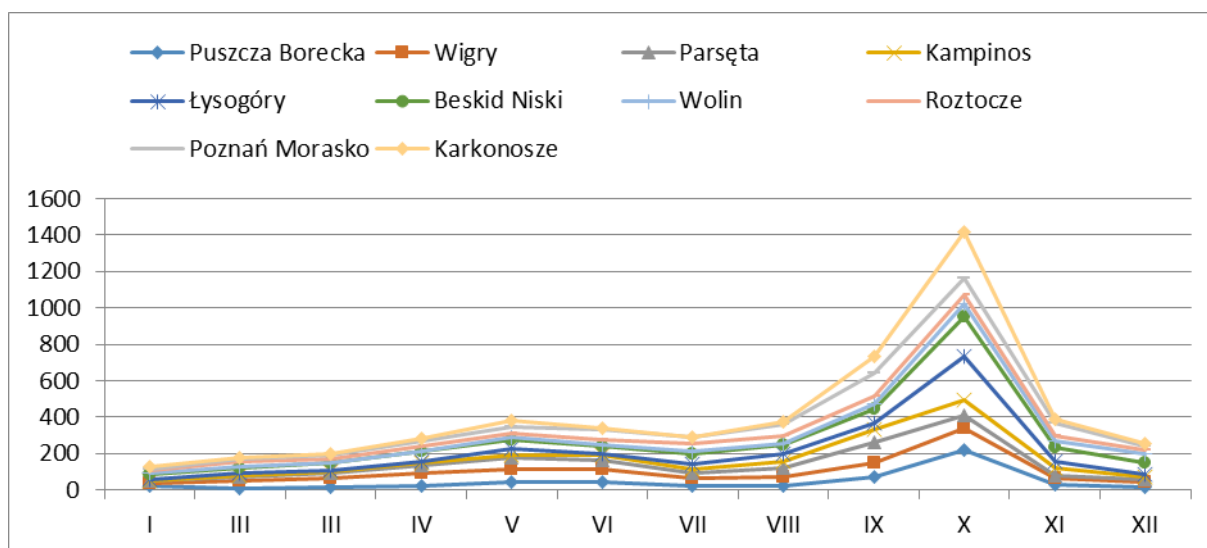
Z przebiegu krzywych rocznego opadu organicznego wynika jednoznacznie, że w badanym okresie w wielkościach zaznaczyły się istotne różnice ilościowe i jakościowe między stacjami, a także ich trendów w czasie (Ryc. 1)

W dynamice rocznej opadu organicznego na poszczególnych stacjach zaznaczają się wyraźne różnice terminów maksimów, u drzew liściastych jednego dużego jesienią, a u drzew iglastych - dwu, jednego dużego jesienią i drugiego niewielkiego wiosennego (Ryc. 2).

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022



Ryc. 1 Roczne sumy opadu organicznego na terenie SB ZMŚP w latach 2016-2020



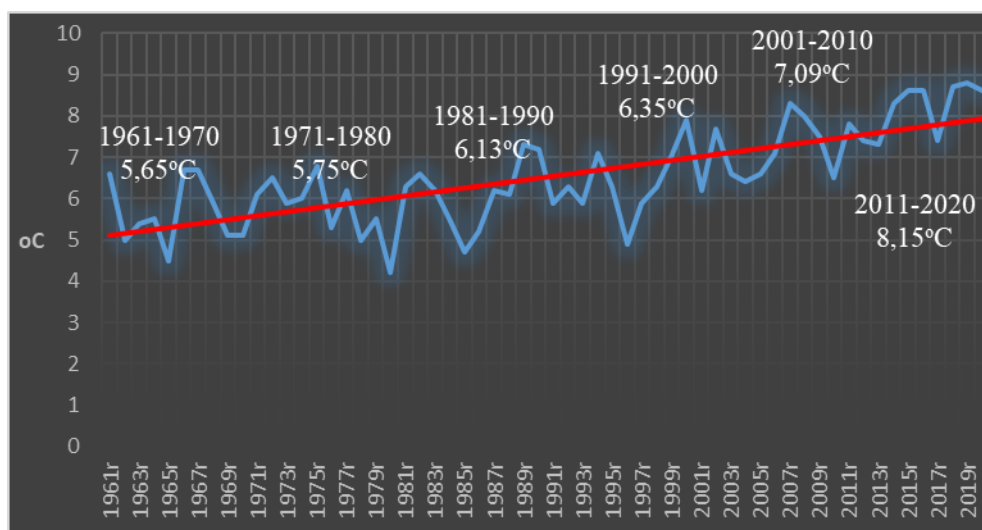
Ryc. 2 Średnia miesięczna dynamika opadu organicznego w SB ZMŚP w latach 2016-2020

Ocena stanu środowiska przyrodniczego w centralnej części Gór Świętokrzyskich – podsumowanie 28 lat działalności SB ZMŚP Łysogóry

Marek Józwiak

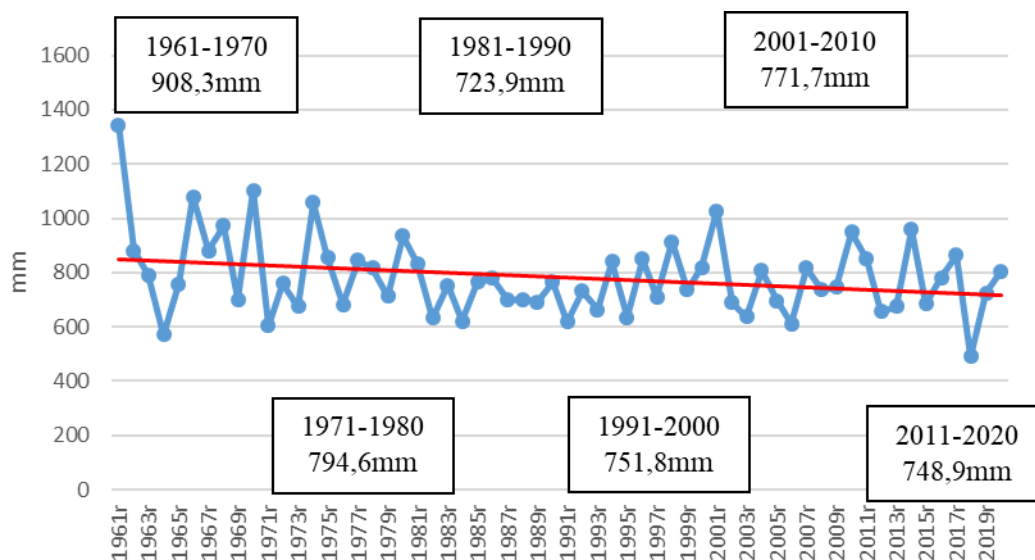
*Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach*

Góry Świętokrzyskie, w przeszłości pokryte gęstymi puszciami, bogate w łatwo dostępne surowce mineralne, już w okresie 4800-3200 lat przed n.e. były penetrowane przez człowieka. Według Kowalczewskiego (1971) człowiek na tym terenie prawdopodobnie już u schyłku paleolitu (12-8 tys. lat przed n.e.) organizował pozyskiwanie naturalnych zasobów mineralnych i ich przeróbkę. W okresie późniejszym Góry Świętokrzyskie stały się ważnym w skali Europy hutniczym ośrodkiem przemysłowym. Ta, trwająca pięć tysięcy lat, działalność człowieka pozostawiła trwałe piętno w przyrodzie tego regionu. Mimo tej intensywnej antropopresji bezpośredniej zachowały się naturalne lub w niewielkim stopniu zmienione fragmenty przyrody, które zostały objęte najwyższą formą ochrony. Od 01 maja 1950 r. na tych terenach istnieje park narodowy. Od początku istnienia park jest obszarem intensywnych badań naukowych i monitorowania zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym. W 1972 roku w Świętokrzyskim Parku Narodowym utworzono Pracownię Naukowo-Badawczą, dzięki współpracy z Uniwersytetem Jana Kochanowskiego w Kielcach, jako jeden z pięciu parków w Polsce, ma na swoim terenie stację monitoringu, która na bieżąco kontroluje stan środowiska przyrodniczego dostarczając informacji na temat ilościowych i jakościowych stanów oraz dynamiki rozwoju środowiska przyrodniczego parku jako całego systemu. Stacja Monitoringu UJK od 28 lat funkcjonuje w sieci Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, w ramach której realizuje program pomiarowy. Od 1994 roku na północnym stoku Łyśca, gdzie zlokalizowana jest Stacja Bazowa ZMŚP Łysogóry, obserwowany jest stały wzrost temperatury powietrza, szczególnie zaznaczający się od początku XXI wieku (Ryc. 1) i jednocześnie zmniejszenie się rocznych sum opadów (Ryc. 2).



Ryc. 1 Temperatura powietrza w centralnej części Gór Świętokrzyskich w latach 1961-2020 (źródłem danych z lat 1961-1993 jest IMGW)

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022



Ryc. 2 Roczne sumy opadów w centralnej części Gór Świętokrzyskich w latach 1961-2020 (źródłem danych z lat 1961–1993 jest IMGW)

Z różnym natężeniem, rejestrowana jest także depozycja zanieczyszczeń pochodzących z obszarów leżących na głównym kierunku wiatrów południowych i południowo-zachodnich. Depozycja ta ma charakter bezpośredni i pośredni. Opady po przejściu przez strefę koron i spływające po pniach drzew ulegają transformacji. Ten proces trwa ciągle ze zmieniającymi się natężeniami i przestrzennie zróżnicowanymi nasileniami rozwoju entropii dodatniej oraz entropii ujemnej w wymiarach czasu i przestrzeni, do których odnosimy otrzymywane informacje. Zróżnicowane produkty depozycji przenikające przez pedosferę poddawane są pedogenicznej transformacji, przy wydatnym różnicującym udziale korzeni roślin i zespołów organizmów glebowych. Bardzo ważnym elementem depozycji całkowitej w ekosystemie leśnym ŚPN są biogrupy drzew i ich skład rodzajowy, zwarcie koron, wypełnienie koron organami asymilacyjnymi oraz piętrowa budowa drzewostanu. Zróżnicowana powierzchniowo i w czasie depozycja całkowita kwaśna w systemie roztwór-gleba-korzenie roślin ma wyraźny, bezpośredni wpływ na wymianę jonową i fizykochemiczne właściwości roztworów glebowych i poziomów genetycznych w górnej części profilu glebowego, na ogół do głębokości 30-40 cm. W dolnej części gleby wpływ ten jest pośredni przez wzbogacanie roztworów glebowych w elementy pochodzące z postępującego rozkładu pedogenicznych związków i fizykochemicznego rozkładu minerałów glebowych w kwaśnym środowisku o niskiej buforowości.

Zmiany stanu ekologicznego rzek objętych ZMŚP w latach 2015-2021

Szymon Jusik, Krzysztof Szoszkiewicz, Daniel Gebler

*Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska,
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

Elementy oceny stanu ekologicznego cieków były badane w ramach ZMŚP od 2015 roku w ramach programu II – Hydrobiologia rzek – makrofity i ocena hydromorfologiczna koryta rzecznego. Badania makrofitów prowadzi się zgodnie z Makrofitową Metodą Oceny Rzek (MMOR) na odcinku rzeki o długości 100 m, który zawiera się wewnątrz odcinka 500 m, służącego do badań hydromorfologicznych. Wszystkie rzeki analizowane w ramach ZMŚP są ciekami niewielkimi o głębokości koryta umożliwiającej brodenie w korycie rzeczonym. Wykonana w terenie ocena botaniczna pozwala obliczyć szereg wskaźników, w tym przede wszystkim Makrofitowy Indeks Rzeczny (MIR), określający stan ekologiczny. W ramach programu II, w obrębie każdej stacji bazowej, badane są trzy odcinki rzek w cyklu 3 letnim i dotychczas wszystkie były objęte monitoringiem dwukrotnie, a Kanał Olszowiecki, Lewińska Struga, Parsęta i Struga Toruńska trzykrotnie. Reprezentują one 8 typów abiotycznych i niemal wszystkie typy makrofitowe rzek występujące w Polsce, najliczniej cieki nizinne piaszczyste.

Podczas 6 lat badań stwierdzono występowanie 178 taksonów makrofitów, w tym: 19 makroglonów, 13 wątrobowców, 25 mchów, 2 paprotników, 70 roślin naczyniowych dwuliściennych i 49 jednoliściennych. Ciekami zdominowanymi przez mszaki i glony strukturalne były Wrzosówka, Bystrzanka i Parsęta (stanowisko Przełom). Wynika to z dużych spadków podłużnych i związanego z tym gruboziarnistego materiału koryta (głazy, kamienie, gruby żwir). W pozostałych ciekach dominującą rolę odgrywały makrofity naczyniowe. Wśród zidentyfikowanych roślin było 15 gatunków chronionych (głównie mszaków) oraz 5 gatunków kenofitów. Najczęściej występujący gatunek obcy – moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis*) wydaje się być w regresie. Ustąpiła ona zupełnie z jednego badanego odcinka, zmniejszyła pokrycie na sześciu, na trzech odcinkach jej liczebność nie zmieniła się, a na kolejnym podlegała fluktuacjom (Kanał Kołczewo C). Stan ekologiczny analizowanych cieków, oceniony na podstawie makrofitów, był bardzo zróżnicowany – od bardzo dobrego (Potok Świerszcz, Wrzosówka) do umiarkowanego, a nawet słabego (Lewińska Struga, Struga Toruńska). Wartości wskaźnika MIR obejmowały szeroki gradient od 23,8 do 97,5. Zmiany stanu ekologicznego w analizowanym okresie w większości przypadków były niewielkie. Najmniejsze zaobserwowano w przypadku Wrzosówki, Różanego Strumienia, Strugi Toruńskiej i Pokrzywianki. Największe zmiany natomiast, wskazujące na wzrost stężenia związków biogenych w wodzie i skutkujące obniżeniem klasy stanu ekologicznego, odnotowano w przypadku Bystrzanki i Czarnej Hańczy. W pierwszej z tych rzek na taki stan rzeczy mogły wpłynąć nielegalne zrzuty nieoczyszczonych ścieków bytowych z zabudowy mieszkaniowej, na które natrafiono podczas badań w 2020 roku. W drugim natomiast związane mogły być z awarią oczyszczalni ścieków w Suwałkach w 2018 roku i zrzutem nieoczyszczonych ścieków. Oczyszczalnia ta znajduje się w odległości około 4 km od jednego z odcinków badawczych, a badania terenowe były prowadzone rok po awarii.

Zmienność temperatury powietrza w stacjach ZMŚP w warunkach globalnego ocieplenia

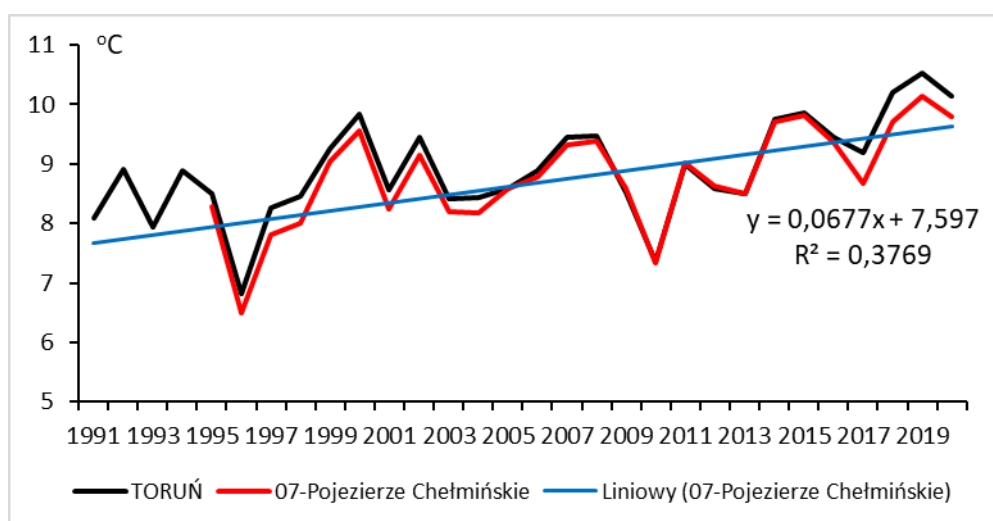
Marek Kejna¹, Robert Kruszyk²

¹ Katedra Meteorologii i Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

² Zakład Geoinformacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Temperatura powietrza na kuli ziemskiej szybko wzrasta. Według VI Raportu IPCC (2021) globalna temperatura w dekadzie 2011-2020 była o 1,1°C wyższa względem epoki przedprzemysłowej (1850–1900). W Polsce w latach 1951-2018 temperatura powietrza wzrosła o ok. 2°C, a średni jej trend był zróżnicowany regionalnie wyniósł od 0,2°C/10 lat do 0,3°C/10 lat (Ustrnul et al. 2021). Ocieplenie nie było jednakowe w ciągu roku, w latach 1961-2018 największy wzrost temperatury powietrza wystąpił w lecie (lipiec 0,48°C/10 lat), zimą (styczeń 0,46°C/10 lat) i na wiosnę (kwiecień 0,41°C/10 lat), jesienią trend był nieistotny statystycznie (Kejna, Rudzki 2021). Coraz częściej pojawiają się anomalie termiczne we wszystkich porach roku (Twardosz 2017).

Na podstawie danych w Bazie ZMŚP w stacjach monitoringowych przebieg temperatury powietrza w charakteryzował się znaczną zmiennością z roku na rok. Szczególnie niska temperatura wystąpiła w 1996 r. i w 2010 r. Lata te charakteryzowały się mroźnymi zimami. Najwyższe średnie roczne temperatury powietrza wystąpiły w drugiej dekadzie XXI wieku. Przebieg temperatury na stacjach ZMŚP nawiązuje do wartości z pobliskich stacji IMGW. Przykładowy przebieg temperatury powietrza dla stacji Pojezierze Chełmińskie i Torunia przedstawiono na ryc. 1.



Ryc. 1. Przebieg temperatury powietrza w Stacji ZMŚP Pojezierze Chełmińskie (1995-2020) oraz w Toruniu (1991-2020)

W analizie trendów temperatury uwzględniono wszystkie stacje ZMŚP (tab. 1). Jednak ze względu na krótki okres pomiarowy nieistotne są dane dla stacji Karkonosze i Poznań- Morasko. W latach 1995-2020

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

wystąpił wzrost temperatury powietrza sięgający od 0,67°C/10 lat w stacji Kampinos do 0,82°C/10 lat w stacji Beskid Niski. Na stacji Wolin w latach 2009-2020 temperatura wzrastała w tempie 2,19 °C/10 lat. Największe ocieplenie wystąpiło w grudniu (Kampinos 2,32°C/10 lat, Wigry 2,14°C/10 lat, Puszcza Borecka 2,10°C/10 lat, Beskid Niski 2,05°C/10 lat, Pojezierze Chełmińskie 1,99°C/10 lat, Parsęta 1,95 °C/10 lat). Najmniejszy wzrost nastąpił w lipcu, a nawet na niektórych stacjach stwierdzono ujemny temperatury powietrza, np. Wigry -0,78 °C/10 lat.

Wzrost temperatury powietrza wpływa na inne elementy meteorologiczne oraz oddziałuje na funkcjonowanie całego ekosystemu zlewni reprezentatywnych.

Tab. 1. Trend temperatury powietrza (°C/10 lat) oraz współczynnik korelacji liniowej Pearsona w stacjach ZMŚP

Stacja/Okres	Param,	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
Puszcza Borecka 1995-2020	°C/rok	0,34	0,19	0,89	0,31	0,33	0,75	0,28	0,51	1,07	0,28	1,38	2,10	0,70
	r	0,09	0,23	0,40	0,06	0,21	0,13	-0,03	0,21	0,04	0,00	0,22	0,30	0,55
Wigry 2002-2020	°C/rok	0,63	1,81	1,02	0,52	0,04	1,51	-0,78	0,17	0,61	0,98	0,87	2,14	0,74
	r	0,11	0,29	0,21	0,23	0,01	0,52	-0,30	0,09	0,35	0,33	0,42	0,38	0,58
Parsęta 1995-2020	°C/rok	0,77	0,26	0,82	0,64	0,17	0,69	0,26	0,62	0,73	0,51	1,36	1,96	0,73
	r	0,22	0,07	0,29	0,33	0,09	0,38	0,13	0,39	0,42	0,23	0,58	0,49	0,64
Pojezierze Chełmińskie 1995-2020	°C/rok	0,55	0,19	0,92	0,59	0,15	0,73	0,30	0,46	0,77	0,27	1,22	1,99	0,68
	r	0,14	0,05	0,29	0,29	0,07	0,43	0,14	0,30	0,39	0,13	0,52	0,51	0,61
Kampinos 1995-2020	°C/rok	0,59	0,38	0,90	0,45	-0,19	0,45	0,02	0,57	0,85	0,37	1,32	2,32	0,67
	r	0,15	0,10	0,30	0,21	-0,10	0,24	0,01	0,39	0,48	0,17	0,55	0,55	0,61
Łysogóry 1999-2020	°C/rok	0,17	0,82	0,66	0,31	-0,62	1,20	0,33	1,29	1,38	0,76	1,50	1,70	0,74
	r	0,05	0,18	0,18	0,12	-0,26	0,52	0,15	0,67	0,46	0,23	0,47	0,45	0,61
10-Beskid Niski 1995-2020	°C/rok	0,61	0,50	1,02	0,93	-0,22	0,80	0,52	0,97	1,16	0,39	1,14	2,05	0,82
	r	0,18	0,12	0,36	0,43	-0,12	0,51	0,37	0,66	0,57	0,17	0,37	0,56	0,73
Wolin 2009-2020	°C/rok	3,41	4,61	1,42	0,21	1,02	4,58	-0,27	2,13	1,19	2,66	0,58	3,71	2,19
	r	0,57	0,64	0,22	0,05	0,25	0,82	-0,08	0,65	0,38	0,65	0,26	0,54	0,86
Roztocze 2012-2020	°C/rok	1,82	6,72	1,55	1,34	-2,21	3,41	-1,81	2,13	1,56	2,36	1,06	2,28	1,70
	r	0,22	0,50	0,15	0,21	-0,36	0,61	-0,55	0,49	0,39	0,45	0,23	0,37	0,76
Poznań-Morasko 2016-2020	°C/rok	11,90	5,41	1,88	4,74	-9,02	4,83	0,62	7,20	-2,10	5,35	2,91	-3,73	3,30
	r	0,80	0,28	0,13	0,36	-0,62	0,41	0,11	0,78	-0,30	0,74	0,44	-0,49	0,86
Karkonosze 2016-2020	°C/rok	8,05	2,97	1,59	6,27	-8,78	0,97	-0,57	4,43	-1,15	5,46	6,34	3,40	2,42
	r	0,53	0,16	0,11	0,41	-0,67	0,09	-0,20	0,61	-0,14	0,66	0,88	0,76	0,86

Literatura:

- Kejna M., Rudzki M., 2021, Spatial diversity of air temperature changes in Poland in 1961–2018. *Theor. Appl. Climatol.* 143, 1361-1379. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03487-8>
- Sixth Assessment Report, 2021, IPCC, <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6>.
- Twardosz R., 2017, Zmiany częstości anomalii termicznych w Polsce w latach 1951–2015. *Polish Journal of Agronomy*, 31, 3–10
- Ustrnul Z., Wypych A., Czekierda D., 2021, Air Temperature Change. [w:] Falarz M. (red.). *Climate Change in Poland. Past, Present, Future. Springer Climate*, 10.1007/978-3-030-70328-8, https://doi:10.1007/978-3-030-70328-8_25

Zmienność warunków termicznych i opadowych na Stacji Bazowej ZMŚP „Pogórze Karpackie” w latach 1991-2020 w perspektywie zmian klimatu

Mariusz Klimek, Paweł Krzaklewski, Anita Bokwa

*Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Jagielloński, Kraków*

W pracy przedstawiono wyniki analiz pomiarów temperatury i opadów na Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) „Pogórze Karpackie”, położonej w Łazach koło Bochni, na Pogórzu Wiśnickim. Stacja ZMŚP została ustanowiona jesienią 2021 r. na terenie Stacji Naukowej Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego działającej od 1984 r. Wyniki przeprowadzonych analiz dokumentują aktualne warunki klimatyczne, kształtujące się w dobie globalnego ocieplenia, dla terenu pogórskiego, gdzie lokalne warunki pogodowe i klimatyczne są znacząco modyfikowane przez procesy atmosferyczne generowane przez zróżnicowaną rzeźbę terenu. Wykorzystano codzienne pomiary i obserwacje temperatury powietrza i opadów atmosferycznych ze standardowego 30-letniego okresu klimatologicznego 1991-2020. Obliczono średnie miesięczne, półroczne (IV-X i XI-III) i roczne wartości temperatury powietrza, dobowe i średnie miesięczne amplitudy temperatury, roczną liczbę dni bardzo upalnych ($T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$), upalnych ($T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$), gorących ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$), przymrozkowych ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$, $T_{max} \geq 0^{\circ}\text{C}$), mroźnych ($T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$), bardzo mroźnych ($T_{min} < -10^{\circ}\text{C}$). Zaklasyfikowano każdy rok na podstawie średniej rocznej temperatury powietrza wg klasyfikacji termicznej Lorenc (1998, za: *Zintegrowany... 2021*), wyznaczono termiczne pory roku i przeanalizowano zmiany początku i końca ich występowania. Na podstawie dobowych sum opadów atmosferycznych obliczono sumy miesięczne i roczne oraz odpowiednio wartości średnie wieloletnie, wyznaczono roczną liczbę dni z opadem ($P \geq 0,1$ mm), z opadem $\geq 1,0$ mm, z opadami o dużej wydajności ($P \geq 10$ mm), a następnie zaklasyfikowano każdy rok wg klasyfikacji opadowej Kaczorowskiej (1962, zmienione, za: *Zintegrowany... 2021*). Zestawiono występowanie przypadków długotrwałych opadów rozlewnych o sumie ≥ 200 mm/3 doby oraz opadu dobowego > 50 mm oraz określono występowanie suszy meteorologicznej, czyli okresów kiedy opady nie występują przez co najmniej 15 dni. Obliczono współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa oraz wskaźniki SPI (*Standardized Precipitation Index*) i RPI (*Relative Precipitation Index*).

Średnia roczna temperatura powietrza w Łazach w okresie 1991-2020 wynosiła $8,9^{\circ}\text{C}$. Najzimniejszym miesiącem był styczeń ze średnią $-1,4^{\circ}\text{C}$, a najcieplejszy lipiec ze średnią $19,2^{\circ}\text{C}$. Absolutne minimum: $-29,4^{\circ}\text{C}$ zanotowano w styczniu 2007 r., a maksimum: $36,1^{\circ}\text{C}$ w dniu 8 sierpnia 2013 r. Temperatury średnie roczne wykazywały istotny trend rosnący wynoszący $0,51^{\circ}\text{C}/\text{dekadę}$. Podobnie jak średnie temperatury półrocza zimowego i letniego przy czym większy był wzrost temperatury w półroczu zimowym: $0,65^{\circ}\text{C}/\text{dekadę}$ niż w półroczu letnim: $0,41^{\circ}\text{C}/\text{dekadę}$. Średnia długość okresu wegetacyjnego wynosiła 235 dni i wykazała wyraźny statystycznie istotny trend wzrostowy: 9 dni/dekadę. Analiza dni charakterystycznych w dekadach wykazała systematyczny i wyraźny wzrost średniego udziału dni gorących, upalnych i bardzo

upalnych. Natomiast zmniejszeniu ulegał udział dni mroźnych i bardzo mroźnych w III dekadzie w stosunku do I i II dekady. Udział dni przymrozkowych nie wykazywał wyraźnych tendencji zmian. Średnia roczna suma opadów wynosiła 702,8 mm. Najwyższe opady występowały w lipcu (102,5 mm) i czerwcu (101,8 mm), a najniższe w grudniu (27,8 mm) i lutym (28,6 mm). Najwyższą roczną sumę opadów zarejestrowano w 2010 r. – 1221,9 mm, a najniższą 2003 r. – 334,1 mm. Najwyższą dobową sumę opadów zmierzono 16 maja 2010 r. i wyniosła 91,9 mm. Przebieg rocznych sum opadów w okresie 1991-2020 wykazał nieznaczną tendencję wzrostową, jednakże statystycznie nieistotną. Analiza badanego okresu pod względem udziału miesięcy: suchych, normalnych i wilgotnych w poszczególnych dekadach wykazała dla współczynnika SPI i RPI wyraźne zwiększenie udziału w II i III dekadzie (w stosunku do I dekady) miesięcy suchych w przypadku kwietnia i czerwca oraz miesięcy wilgotnych w przypadku maja, lipca, września i października. Tylko dla sierpnia nie stwierdzono większych zmian. W przypadku współczynnika Sielianańskiego udział miesięcy suchych w III dekadzie (w stosunku do I i II dekady) wyraźnie uległ zwiększeniu tylko dla czerwca.

Literatura:

Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Organizacja, system pomiarowy, metody badań. Wytyczne do realizacji, 2021, A. Kostrzewski, M. Majewski (red.), Biblioteka Monitoringu Środowiska, UAM w Poznaniu, CZMŚP UAM, GIOŚ, Warszawa, ss. 376.

Koncepcja organizacji i realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w latach 1992-2022

Andrzej Kostrzewski

*Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Indywidualnością współczesnego rozwoju systemu Ziemi są relacje o charakterze sprzężeń zwrotnych, jakie zachodzą między podsystemem przyrodniczym i społeczno-gospodarczym, zarówno w skali globalnej, jak również kontynentalnej i regionalnej. W szczególnych przypadkach dochodzi do sytuacji konfliktowych, wywołanych np. naturalnymi procesami katastrofalnymi, migracjami czy wpływem wielkich aglomeracji. Obserwowane zmiany systemu Ziemi i jej poszczególnych sfer, łącznie z antroposferą, wymagają ciągłych systematycznych obserwacji w ramach zorganizowanego, planowego monitoringu środowiska przyrodniczego w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Sprawą pierwszorzędnej wagi jest organizacja monitoringu środowiska przyrodniczego, opartej na założeniach metodologiczno-metodycznych nauk o środowisku. Tak rozumiany monitoring środowiska przyrodniczego, w naszym kraju realizowany jest w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Minister Klimatu i Środowiska zatwierdził „Strategiczny program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2020-2025”, który realizowany jest przez poszczególne monitoringi specjalistyczne.

Podstawowym celem niniejszego opracowania jest przedstawienie powstania i rozwoju koncepcji Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, jako podsystemu Państwowego Monitoringu Środowiska oraz efektów merytorycznych i aplikacyjnych w zakresie aktualnego stanu i przemian środowiska przyrodniczego.

Organizacja i realizacja monitoringu środowiska przyrodniczego oparta jest na założeniach metodologicznych i metodycznych nauk o środowisku. Najszerzej w organizacji Państwowego Monitoringu Środowiska, wykorzystana została koncepcja geoekosystemu, oparta na założeniach teorii funkcjonowania systemu Bertalanffy’ego (Kostrzewski 1993). Inne koncepcje opisu środowiska przyrodniczego – krajobrazowa, ekosystemu, zrównoważonego rozwoju, geo- i bioróżnorodności, stanowią jedynie uszczegółowienie przyjętej koncepcji geoekosystemu. Geoekosystem jest jednostką przestrzeni geograficznej, której wielkość zależy od przyjętego kryterium typologii. W organizacji monitoringu środowiska przyrodniczego przyjęto zlewnię rzeczną lub jeziorną, jako jednostkę podstawową, umożliwiającą ocenę jakościową i ilościową stanu i przemian środowiska przyrodniczego. Z metodologicznego punktu widzenia, mało wykorzystane są w opisie właściwości geoekosystemu takie jak: obszar stanów dozwolonych, obszar stabilności, stabilność geoekosystemu, progi przyrodnicze, jak również historia geoekosystemu z podaniem prognozy rozwoju.

W interpretacji wyników monitoringu środowiska przyrodniczego proponuję przyjąć nowy okres geologiczny antropocen (Birkenmajer 2012, Crutzen 2000). Wprowadzenie antropocenu, ma uzasadnienie we

współcześnie obserwowanych i monitorowanych przemianach środowiska przyrodniczego. Człowieka i efekty jego działalności uznano jako ważny czynnik zmian środowiskowych. Dane monitoringowe w zakresie zmian temperatury powietrza, zmian zasięgu i objętości lodu morskiego w obszarach polarnych, zmian światowego poziomu morza, wyraźny wzrost liczby katastrof naturalnych sprawiają, że można przyjąć 1950 rok jako granicę końca holocenu. Tak więc przemiany środowiska przyrodniczego Polski, będziemy określali w realizowanym monitoringu środowiska przyrodniczego w antropocenie.

W przyjętym programie Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2020-2025 zwraca się uwagę na doskonalenie baz danych w ramach programu EKOINFONET, na działania na rzecz programu Natura 2000, jak również na dostarczenie informacji na potrzeby priorytetowych siedlisk przyrodniczych. Przedstawione założenia realizuje program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, który ustanowiony został zarządzeniem Głównego Inspektora Ochrony Środowiska z dnia 11.05.1992 roku. ZMŚP w odróżnieniu od innych monitoringów specjalistycznych jest monitoringiem funkcjonowania geosystemów zlewni rzecznych i jeziornych, w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Jego podstawowym zadaniem jest kompleksowa ocena monitorowanych geosystemów. Mija 30 lat funkcjonowania ZMŚP, tak więc możliwa jest ocena efektów realizacji programu ZMŚP, w nawiązaniu do wymogów PMŚ.

Aktualny program ZMŚP jest efektem systematycznych zmian i weryfikacji, związanych z postępem metodologicznym i metodycznym nauk o środowisku oraz wymaganiami merytorycznymi i organizacyjnymi PMŚ (Kostrzewski 1996, 1987, 2011, 2018, Kostrzewski Majewski 2018). Koncepcja ZMŚP wraz z programem została przedstawiona do dyskusji w 1991 roku i obejmowała 5 programów podstawowych – wymiana energii i bilans promieniowania, procesy fizyczne w obiegu materii nieorganicznej i organicznej, procesy geochemiczne w obiegu substancji mineralnych i organicznych, inne np. obserwacje fenologiczne. Przedstawiony program obejmował 31 podprogramów szczegółowych i podlegał zmianom przede wszystkim związanym z wymogami PMŚ w latach 1992, 1995, 1998, 2003, 2007, 2010, 2015, 2020. Już w 1992 roku przedstawiona została koncepcja systemu informatycznego PMŚ. Program ZMŚP przyjęty na lata 2021-2025 obejmuje w zakresie podstawowym: 17 programów pomiarowych, 4 programy analityczne oraz 5 programów uzupełniających. Oprócz tego każda Stacja Bazowa realizuje program specjalistyczny, określony indywidualnością przyrodniczą monitorowanego geosystemu. Realizowany program ZMŚP jest systematycznie dyskutowany i oceniany przez grono ekspertów merytorycznych, a także kierowników Stacji Bazowych.

Program ZMŚP realizowany jest na stacjach bazowych ZMŚP. Należy przypomnieć, że program ZMŚP z 1991 roku przyjmował 2 etapy organizacji sieci stacji bazowych ZMŚP, a mianowicie – 1 etap – wytypowanie 10 stacji bazowych (w oparciu o przeprowadzoną ankietę) obejmujących podstawowe typy rzeźby terenu, drugi etap – zakładał wzięcie pod uwagę zróżnicowanie krajobrazowe Polski (obszary leśne, jeziorne, bagienno-torfowiskowe, a także zurbanizowane i przemysłowe). Wybór był trudny zarówno ze względów organizacyjnych, jak i finansowych. Aktualnie sieć stacji bazowych w Polsce obejmuje 12 stacji i 1 stację polarną na Spitsbergenie. Koncepcja lokalizacji stacji bazowych stawia wymóg, aby stacje

usytuowane były w podstawowych typach krajobrazowych naszego kraju. Sieć stacji bazowych w Polsce ma charakter otwarty, warunkowany jest względami merytorycznymi, organizacyjnymi i finansowymi.

Realizacja programu ZMŚP i funkcjonowania sieci Stacji Bazowych, podporządkowana jest podstawowym celom ZMŚP i daje konkretne efekty merytoryczne i aplikacyjne. Bardzo ważnym etapem w rozwoju ZMŚP, było włączenie w 2017 roku naszych stacji bazowych do sieci europejskiej ICP Integrated Monitoring. Traktuję to jako bardzo ważny okres w realizacji programu ZMŚP, wymagający zachowania wiarygodności przekazywanych danych pomiarowych, ale równocześnie umożliwiające prowadzenie porównawczych studiów środowiskowych w skali kontynentalnej. W oparciu o realizowany program ZMŚP, dysponujemy bogatą bazą danych pomiarowych. Już w 1991 roku zwrócono uwagę, na konieczność organizacji centrum gromadzenia i przetworzenia danych oraz szkolenia personelu stacji. Aktualnie funkcjonuje centralna baza danych ZMŚP, w której zgromadzono 1 862 615 rekordów, obejmujących lata 1995-2021. Poprawność merytoryczną w zakresie lokalizacji, standaryzacji i interpretacji uzyskiwanych danych pomiarowych zabezpiecza zespół 17 ekspertów merytorycznych, reprezentujących dyscypliny nauk przyrodniczych. W celu upowszechnienia wyników badań realizowanych w ramach ZMŚP: opublikowano 35 wydawnictw książkowych o charakterze monograficznym w Bibliotece Monitoringu GIOŚ, liczne artykuły naukowe w czasopismach krajowych i zagranicznych, zorganizowano 29 sympozjów, 27 szkół, 2 seminaria i 1 warsztaty polarne. Rozwój organizacyjny i merytoryczny ZMŚP wymaga odpowiedniego zabezpieczenia i koordynacji realizowanego programu. Funkcje tą spełnia Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, powołane zarządzeniem Rektora UAM z dnia 1.06.2010 roku przy współdziałaniu Głównego Inspektora Ochrony Środowiska.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że realizowane są podstawowe cele i zadania przypisane programowi ZMŚP. Najważniejszym zadaniem ZMŚP jest doskonalenie metod badań, w zakresie rozpoznania mechanizmów funkcjonowania środowiska przyrodniczego geosystemów rzecznych i jeziornych, w warunkach obserwowanych zmian klimatu i narastającej antropopresji. Z kolei stałe monitorowanie zagrożeń środowiskowych oraz zachodzących przemian krajobrazowych. Sprawą pierwszorzędnej wagi jest zapewnienie ciągłości funkcjonowania ZMŚP w celu uzyskania standaryzowanych, wieloletnich serii obserwacyjnych i prawidłowości określających aktualny stan oraz tempo i skutki przemian środowiskowych.

Literatura

- Birkenmajer K., 2012. *Antropocen – nowa epoka geologiczna. Przegląd Geologiczny*, 60, 11. Crutzen P.J, Stoermer E., 2000. *The “Anthropocene”. Global Change Newsletter*, 41: 17–18.
- Kostrzewski A., 1993. *Geosystem obszarów nizinnych. Komitet Badań Środowiska, PAN.*
- Kostrzewski A., 1996. *Pożądany model funkcjonowania monitoringu środowiska przyrodniczego w Polsce. Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i Środowisko”, Lublin.*
- Kostrzewski A., 1997. *Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego i jego znaczenie w rozpoznaniu i ochronie struktury krajobrazowej Polski. Komitet Naukowy przy Prezydium PAN „Człowiek i Środowisko”, Lublin.*
- Kostrzewski A., 2011. *Znaczenie programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w określeniu aktualnego stanu i przemian krajobrazu Polski. [W:] A. Kostrzewski, M. Samoląg (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie geosystemów w warunkach zmian użytkowania terenu i narastającej antropopresji. Biblioteka Monitoringu*

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

Środowiska, 27: 11–16.

- Kostrzewski A., 2016. Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego – powstanie i rozwój, znaczenie w rozpoznaniu i ocenie współczesnych przemian krajobrazowych. [W:] A. Kostrzewski, J. Szpikowski, M. Domańska (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie, tendencje rozwoju, zagrożenia i ochrona środowiska przyrodniczego Polski. Biblioteka Monitoringu Środowiska, 30: 11–18.*
- Kostrzewski A., Majewski M., 2018. Stan i przemiany środowiska przyrodniczego Polski w latach 1994–2015 w oparciu o realizację programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa. Strategiczny program PMŚ na lata 2020–2025. GIOŚ, Warszawa.*

Założenia i realizacja problematyki monitoringu środowiska przyrodniczego w dydaktyce uniwersyteckiej

Andrzej Kostrzewski^{1,2}, Marek Marciniak^{1,3}, Mikołaj Majewski^{1,2}, Tomasz Szelaąg²

¹ *Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

² *Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

³ *Pracownia Hydrometrii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Środowisko przyrodniczego świata podlega ciągłym przemianom, zarówno pod wpływem czynników naturalnych, jak i antropogenicznych, zachodzących coraz częściej. Przemiany te określamy jakościowo i ilościowo, w powiązaniu z obserwowanymi zmianami klimatu i narastającą antropopresją. Sprawą pierwszorzędnej wagi jest edukacja społeczeństwa, realizowana w różnych formach. Jedną z form kształtowania świadomości ekologicznej społeczeństwa jest dydaktyka uniwersytecka, poprzez wprowadzenie do nauczania akademickiego przedmiotów z zakresu Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, jak również tworzenie odpowiednich specjalności i kierunków studiów. Tak rozumiany rozwój dydaktyki uniwersyteckiej w zakresie Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, winien rozwijać się w naukach przyrodniczych, ścisłych, z włączeniem nauk medycznych i rolniczych. Podstawowym celem niniejszego opracowania jest przedstawienie propozycji włączenia do dydaktyki uniwersyteckiej założeń Monitoringu Środowiska Przyrodniczego oraz przygotowania specjalistów do pracy zawodowej, zarówno w organizacji i realizacji monitoringu środowiska przyrodniczego, jak i w ochronie środowiska przyrodniczego, zagospodarowaniu przestrzennym i ochronie zdrowia.

Monitoring Środowiska Przyrodniczego to nie tylko organizacyjne i merytoryczne zabezpieczenie zbierania i gromadzenia danych o środowisku przyrodniczym, ale wyodrębnia się także jako kierunek badań w naukach przyrodniczych. Przedmiotem badań Monitoringu Środowiska Przyrodniczego jest środowisko przyrodnicze, traktowane jako system, określenie jego stanu aktualnego, zagrożeń i przemian z podaniem prognozy. Z metodologicznego punktu widzenia sprawą pierwszorzędnej wagi jest indywidualizacja przedmiotu badań, dobór metod badawczych oraz przedstawienie problemów badawczych, ważnych zarówno z merytorycznego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Przyjmując tak sformułowany przedmiot badań ważną sprawą do realizacji jest opracowanie profesjonalnego systemu informatycznego, koncepcji diagnozy środowiska oraz przedstawienie propozycji modeli prognostycznych rozwoju współczesnych geosystemów. W umiarkowanej strefie klimatycznej, najbardziej reprezentatywnym geosystemem są geosystemy rzeczne i jeziorne. Dominujące relacje, związki jakie zachodzą pomiędzy elementami geosystemu, określają charakter i tempo przemian krajobrazowych, a w konsekwencji decydują o typie geosystemu. Chodzi głównie o to, aby w dydaktyce uniwersyteckiej podkreślić kompleksową ocenę środowiska przyrodniczego, co realizowane jest w Zintegrowanym Monitoringu Środowiska Przyrodniczego.

Monitoring Środowiska Przyrodniczego realizuje funkcję merytoryczną, która określa prawidłowości i mechanizmy funkcjonowania środowiska przyrodniczego, funkcję organizacyjną, obejmującą formy organizacji monitoringu środowiska, z kolei funkcję edukacyjną, proponując określone typy zachowań do ochrony środowiska przyrodniczego, funkcję dydaktyczną, proponując wprowadzenie do nauczania wybranych zagadnień Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na poziomie podstawowym, średnim i uniwersyteckim oraz funkcję aplikacyjną, której celem jest wykorzystanie wyników monitoringu dla konkretnych rozwiązań praktycznych. W procesie dydaktycznym na poziomie uniwersyteckim, ważna jest realizacja funkcji szczegółowych, a mianowicie: funkcji naukowo-poznawczej (teoretyczno-wyjaśniającej), uwzględniającej przedstawienie założeń metodologicznych i metodycznych badań środowiskowych, z kolei funkcji informacyjno-diagnostycznej określającej formę przekazywania aktualnej informacji (diagnozy) o stanie środowiska przyrodniczego monitorowanego geosystemu i jego zagrożeniach, kolejna to funkcja prognostyczna, która ujmuje przedstawienie modeli do określenia krótko- i długoterminowych przemian środowiska przyrodniczego oraz funkcja aplikacyjna (planistyczno-dydaktyczna), która obejmuje opracowanie koncepcji monitoringu środowiska przyrodniczego na specjalne zamówienie np. uciążliwych dla środowiska zakładów, powstających autostrad, zbiorników zaporowych.

Mając na uwadze tak rozumiany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, sporządzono ankietę zawierającą pytania w zakresie realizacji tego przedmiotu (ew. zbliżonych przedmiotowo) w dydaktyce uniwersyteckiej. Ankietę rozesłano do Uniwersytetów Państwowych, Uniwersytetów Przyrodniczych, Akademii Górniczo-Hutniczej, skierowaną do Wydziałów Nauk Geograficznych, Wydziałów Biologii, Wydziałów Chemii, Wydziałów Nauk o Środowisku. Na 60 wysłanych ankiet uzyskano opracowane ankiety, często z obszernym komentarzem z 14 jednostek. Tak więc przedstawione wyniki mają charakter badań wstępnych w środowisku akademickim.

Otrzymane dane z przeglądu ankiet pozwalają stwierdzić, że Monitoring Środowiska Przyrodniczego realizowany jest jako odrębny przedmiot na różnych kierunkach i specjalnościach, względnie zawarte są treści w innych wykładach. Organizowane są także ćwiczenia terenowe oraz Studia Podyplomowe. W ośrodkach uniwersyteckich prowadzona jest szeroka współpraca Stacji Bazowych ZMŚP. Realizowane są prace magisterskie, doktorskie i habilitacyjne. Słabą stroną funkcjonowania Monitoringu Środowiska Przyrodniczego jest słaba infrastruktura badawcza oraz trudności finansowe.

Na zakończenie należy stwierdzić, że Monitoring Środowiska Przyrodniczego, realizowany jest w różnej formie we wszystkich ośrodkach uniwersyteckich. Sprawą pilną jest opracowanie podręcznika akademickiego dotyczącego zakresu i realizacji Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, a także zwiększenie współpracy ośrodków uniwersyteckich z różnymi instytucjami, szkołami i samorządami. Upowszechnienie informacji dotyczącej Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, winna stać się ważnym zadaniem ośrodków uniwersyteckich.

Monitoring środowiska przyrodniczego strefy polarnej – założenia i organizacja

Andrzej Kostrzewski¹, Grzegorz Rachlewicz²

¹ *Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

² *Pracownia Badań Kriosfery, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Szczególne znaczenie w dzisiejszych czasach ma prowadzenie badań związanych z przemianami środowiska przyrodniczego zachodzących z ponadprzeciętną intensywnością i dynamicznie zmieniającymi się warunkami środowiskowymi, znacznie wpływającymi na jakość życia człowieka. Opierając się na istniejącej sieci stacji badawczych i obserwatoriów, często wyposażonych w automatykę i zdalny przesył danych, coraz dokładniej rozpoznajemy rządzące przyrodą prawidłowości i lepiej przygotowujemy się do zapobiegania zachodzącym zmianom.

Regiony polarne zajmują szczególne miejsce, w prowadzonej obserwacji współczesnych przemian środowiska przyrodniczego świata. Równocześnie stanowią obszary, do których odnosimy, wielkość przemian środowiskowych w umiarkowanej strefie klimatycznej. Regiony polarne są naturalnym laboratorium, pozwalającym na monitorowanie zjawisk zachodzących na Ziemi, w warunkach do dziś niezmiennych przez człowieka. Równocześnie obszary polarne dają możliwość edukacji społeczeństwa w zakresie adaptacji do zachodzących zmian. Stacje badawcze w Arktyce czy Antarktyce stanowią doskonałe miejsca dla realizacji monitoringu środowiska przyrodniczego i prowadzenia działalności służącej podnoszeniu świadomości geoekologicznej.

Zgodnie z założeniami programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) w Polsce (Kostrzewski 1991, 2021), badania w obrębie stacji bazowych muszą obejmować kompleksową ocenę funkcjonowania i relacji w geosystemie. W przypadku regionów polarnych, na relację czynników środowiskowych, decydujący wpływ ma oddziaływanie kriosfery, uważane zarówno za przyczynę, jak i tło zmian środowiskowych. Zlewnię rzeki lub jeziora uważa się za jednostkę przestrzenną pozwalającą na kompleksową ocenę obiegu materii i przepływu energii w środowisku (Kostrzewski 1993, Stach i in. 2003). W warunkach polarnych obejmuje ona zwykle obszary ze zróżnicowanym pokryciem masami lodowcowymi, które w większości znajdują się obecnie w stanie zaniku (Rachlewicz i in. 2007), tworząc nową jakość krajobrazów paraglacjalnych (Ballantyne 2002). Na odsłoniętych spod lodu powierzchniach zachodzi sukcesja roślinna, będąca wypadkową warunków geograficznych, prowadząca do postglacjalnego utrwalenia krajobrazu (Stawska 2017). Zlewnie zlodowacone stawiają specjalne wymagania, dotyczące tworzenia systemu pomiarowego, dla badań migracji osadów od źródła do ujścia (Decaulne et al. 2013).

Podjęto próbę określenia podstawowych braków realizacji monitoringu środowiska przyrodniczego obszarów polarnych, związanych z funkcjonowaniem geosystemów. Aktualnie brak kompleksowej koncepcji prowadzenia tego typu monitoringu. Mimo dynamicznego rozwoju rynku instrumentalnego, wciąż

brakuje nam urządzeń i przyrządów pomiarowych, które są standaryzowane pomiędzy różnymi stacjami polarnymi i grupami badawczymi. Nie dokonuje się porównań stosowanych metod terenowych i laboratoryjnych. Bazy danych składają się z krótkich, przerywanych i niezweryfikowanych serii pomiarowych. Brak jest porozumień dotyczących monitoringu środowiska w rejonach polarnych w skali krajowej i międzynarodowej. Warto podkreślić, że niektóre kraje, takie jak Kanada, mają dedykowane procedury monitoringu polarnego (*Data management principles and guidelines for polar research and monitoring in Canada, 2017*), ale polityka ta nie jest powszechna, nawet w państwach leżących w Arktyce. Istnieje słabe powiązanie organizacyjne z międzynarodową siecią monitoringu (*Integrated Monitoring – ICP IM*) i ogólnymi strategiami standaryzacyjnymi. W niewielkim zakresie następuje wymiana doświadczeń, odnośnie funkcjonowania geosystemów polarnych, która byłaby fundamentalna dla przygotowania syntetycznych opracowań monograficznych i prognoz.

Do najważniejszych celów zintegrowanego monitoringu geosystemów polarnych, można zaliczyć: (1) rozpoznanie struktury wewnętrznej monitorowanych geosystemów zlewni rzecznych zlodowaconych i niezlodowaconych, (2) rozpoznanie przepływu osadów i obiegu energii wśród podstawowych typów geosystemów polarnych, (3) kompleksową ocenę stanu współczesnych geosystemów polarnych, (4) przedstawienie progów i indykatorów cech funkcjonowania geosystemów polarnych, (5) ocenę prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń o charakterze ponadprzeciętnym, ekstremalnym i katastroficznym, (6) ocenę georóżnorodności i bioróżnorodności geosystemów oraz form ich ochrony, (7) określenie scenariuszy rozwoju geosystemów polarnych w warunkach zmian klimatycznych i wielokierunkowego oddziaływania człowieka, (8) modelowanie geosystemów polarnych.

Pilotażowe prace prowadzone są w oparciu o Stację Polarną Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza „Petuniabukta” (Billefjorden, centralny Spitsbergen), która obejmuje swoimi działaniami obszar położony pomiędzy 78°40'÷78°50'N i 16°00'÷17°00'E. Jest pierwszą stacją bazową w rejonach polarnych, w której podjęto próbę realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Wokół zatoki Petunia znajduje się szereg zlewni o zróżnicowanym pokryciu lodowcami, o urozmaiconych efektach oddziaływań czynników morfogenetycznych. Indywidualność przyrodniczą geosystemów, tego niezwykle interesującego obszaru określają: (1) położenie w centralnej części Spitsbergenu, mające zasadniczy wpływ na charakter i funkcjonowanie morfosystemu w przeszłości i obecnie; (2) cechy klimatu polarno-kontynentalnego, odzwierciedlone w warunkach regionalnych; (3) ślady starszych zlodowaceń; (4) zróżnicowanie typów lodowców i form marginalnych; (5) zróżnicowany współczesny system morfogenetyczny, obejmujący podsystemy: wietrzeniowo-denudacyjny, stokowy, lodowcowy, wodnolodowcowy, fluwalny, peryglacialny (m.in. eoliczny), litoralny i morski (fiordowy); (6) unikatowy charakter ekosystemów; (7) ograniczony przestrzennie (minimalny) wpływ oddziaływania człowieka.

Zintegrowany monitoring przyrodniczy regionów polarnych nadal znajduje się w fazie rozwoju. Pomimo, że istnieje nieliczna sieć punktów monitoringu, to zebrane serie danych zwykle nie są wystarczająco długie i standaryzowane, aby ekstrapolować zebrane wyniki na większe obszary, mające odniesienie

regionalne.

Do najważniejszych zadań w zakresie realizacji monitoringu środowiska przyrodniczego geosystemów polarnych można zaliczyć: (1) rozwijanie specjalistycznych systemów monitoringu polarnego - meteorologia, lodowce, wieloletnia zmarzlina, mających dobre podstawy i długie tradycje w badaniach polarnych; (2) monitoring polarny powinien być połączony z systemami monitoringu działającymi na niższych szerokościach geograficznych i przestrzegać ich zasad, aby dostarczać porównywalnych danych z obszarów niezmiennych przez człowieka; (3) opracowanie standaryzowanych procedur monitoringu polarnego i ich wdrożenie, mające kluczowe znaczenie dla dalszej oceny jakości środowiska i prognozy jego rozwoju. Stacja Polarna Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza „Petuniabukta” na środkowym Spitsbergenie, konstruując zręby programu ZMŚP, może stać się wzorcowym miejscem dostarczania standardów i odniesień obserwacyjnych z obszaru o niskim poziomie antropopresji.

Literatura:

- Ballantyne C.K., 2002. *Paraglacial geomorphology. Quaternary Science Reviews*, 21: 1935-2017.
- Decaulne A., Rachlewicz G., Lamoureux S.F., Beylich A.A., 2013. *Sediment Budgets in Cold Environments Sedimentary fluxes dynamics in the changing mountain and polar environment: Monitoring, record & consequences. Zeitschrift für Geomorphologie*, 57, Suppl.2: 1-1.
- Kostrzewski A., 2021. *Wprowadzenie – koncepcja organizacji i realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. W: A. Kostrzewski i M. Majewski (red.), Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego – organizacja, system pomiarowy, metody badań. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 15-20.*
- Kostrzewski A. (red.), 1991. *Koncepcja programu: Monitoring obiegu energii i materii – kompleksowy monitoring środowiska przyrodniczego w podstawowych typach geosystemów Polski. Kom. Nauk. „Człowiek i Środowisko”, Poznań.*
- Kostrzewski A., 1993a. *Geosystem obszarów nizinnych. Koncepcja metodologiczna. W: A. Kostrzewski (red.), Geosystem obszarów nizinnych. Ossolineum, Wrocław. Kom. Nauk. „Człowiek i Środowisko”, Zesz. Nauk., 6: 11-17.*
- Rachlewicz G., Szczuciński W., Ewertowski M., 2007. *Post-“Little Ice Age” retreat rates of glaciers around Billefjorden in central Spitsbergen, Svalbard. Polish Polar Research*, 28(3): 159-186.
- Stach A., Kostrzewski A., Mazurek M., Michalska G.M., Zwoliński Z., 2003. *Spatial patterns of stream alimentionation in lowland areas of NW Poland a hydrochemical and geostatistical analysis. Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 51(3): 1-20.
- Stawska M., 2017. *Impacts of geomorphic disturbances on plant colonization in Ebba valley, central Spitsbergen, Svalbard. Quaestiones Geographicae*, 36(1): 51-64.

Wpływ przemysłu cementowo-wapienniczego na stan środowiska Białego Zagłębia

Rafał Kozłowski, Mirosław Szwed

*Zakład Badań Środowiska i Geoinformacji, Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach*

Oceny stanu środowiska przyrodniczego dokonano w obszarze intensywnej działalności przemysłowej na terenie południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich, w obrębie tzw. Białego Zagłębia. Działalność ta skupia się przede wszystkim wokół eksploatacji oraz obróbki surowców skalnych. Największe znaczenie mają w tym zakresie surowce (wapień, margle, gipsy, dolomity oraz kopaliny ilaste), niezbędne do produkcji cementu, wapna oraz materiałów budowlanych. Na badanym obszarze, poza kilkunastoma mniejszymi przedsiębiorstwami zlokalizowano wyspecjalizowane w produkcji cementu zakłady w Nowinach i Małogoszczy oraz przemysłu wapienniczego w Bukowej i Trzuskawicy.

Do badań wykorzystano bioindykacyjne właściwości igieł sosny i porostów oraz geoindykacyjne opadów atmosferycznych, w tym śniegu. Ponadto przeanalizowano jakość powietrza, wielkość emisji oraz skład chemiczny wyemitowanych pyłów cementowo-wapiennicznych.

Uzyskane wyniki potwierdzają znaczne zmiany środowiska przyrodniczego w analizowanej części Gór Świętokrzyskich. Są one przede wszystkim konsekwencją prowadzonej gospodarki. Ta powoduje obniżenie jakości powietrza oraz zmianę właściwości fizyko-chemicznych opadów atmosferycznych, które z kolei oddziałują na całe środowisko przyrodnicze. Przeprowadzona analiza danych jakości powietrza wykazała znaczną dynamikę wielkości zanieczyszczeń w poszczególnych latach. Należy zwrócić uwagę na dużą ilość dni z przekroczeniami dopuszczalnego dobowego stężenia pyłu PM₁₀, na obu stacjach pomiarowych w Nowinach i Małogoszczy. Stwierdzono związek między temperaturą powietrza a koncentracją pyłu, w okresach silnych mrozów. Taka sytuacja powoduje dodatkowe obniżenie jakości powietrza w związku z emisją zanieczyszczeń z sektora komunalno-bytowego (niska emisja) oraz napływem zanieczyszczonych zdalnych mas powietrza.

Przeprowadzone badania geoskaźników potwierdzają wpływ funkcjonujących zakładów na jakość opadów atmosferycznych. Transformacji podlegają zarówno właściwości fizyczno-chemiczne, jak i skład chemiczny opadów atmosferycznych. Stwierdzono wzrost wartości pH, przewodnictwa elektrolitycznego właściwego oraz obecność metali ciężkich, w tym ołowiu, cynku, i chromu. Podwyższone wartości pH oraz mineralizacji wskazują, że głównym źródłem zanieczyszczenia na tym obszarze pozostaje przemysł cementowo-wapienniczy, wspomagany dodatkowo przez źródła zdalne oraz transport kołowy, a w sezonie grzewczym także sektor komunalno-bytowy. Stężenia metali ciężkich, zwłaszcza żelaza, glinu i cynku występujących we wszystkich badanych stanowiskach pomiarowych wskazują na znaczną ich dyspersję w atmosferze.

Pobrane próbki igieł sosny wykazały zróżnicowane właściwości fizyczno-chemiczne i chemiczne uwarunkowane depozycją pyłów cementowo-wapiennicznych. Najwyższe koncentracje metali ciężkich

stwierdzono w próbkach pobranych w sąsiedztwie cementowni w Nowinach i Małogoszczy (Pb, Cr), zakładów wapienniczych w Truskawicy i Bukowej (Fe) oraz kamieniołomów w Radkowicach i Miedziance (Al, Cu, Ni, Zn). Przeprowadzone badania na zawartość wybranych metali oraz wykonana analiza SEM/EDS potwierdzają możliwość modyfikacji przebiegu procesów biologicznych badanych drzew.

Podsumowując należy stwierdzić, że wykorzystane w badaniach wybrane geo- i biowskaźniki potwierdziły swoją skuteczność do oceny stanu środowiska przyrodniczego pozostającego pod wpływem presji antropogenicznej. Duża wrażliwość na zanieczyszczenie oraz zdolności akumulacyjne porostów, we wszystkich seriach pomiarowych pozwoliły na wyznaczenie stref najbardziej narażonych na oddziaływanie zakładów cementowo-wapienniczych. Wykazano, że pyły oraz gazy emitowane do atmosfery przez zakłady przemysłu cementowo-wapienniczego zasadniczo obniżają jakość powietrza oraz modyfikują właściwości opadów atmosferycznych. Wyznaczone zasięgi występowania badanych metali (Pb, Cr, Cu, Cd, Ni, Zn, Al i Fe) przedstawiają rzeczywisty obszar oddziaływania antropogenicznych źródeł emisji na otaczającą przestrzeń geograficzną.

**Aktualny stan, funkcjonowanie i tendencje zmian geosystemów Polski w roku 2020
(na podstawie realizacji programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska
Przyrodniczego)**

Mikołaj Majewski, Andrzej Kostrzewski

*Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

W 2020 roku hydrologicznym program ZMŚP realizowano w jedenastu Stacjach Bazowych, których lokalizacja odzwierciedla zróżnicowanie struktury krajobrazowej Polski. Funkcjonowanie monitorowanych eksperymentalnych zlewni ZMŚP, które są uznawane jako reprezentatywne dla danej strefy krajobrazowej, podlegało wpływom czynników naturalnych i antropogenicznych. W młodoglacjalnej strefie Niżu Polskiego badanych było 6 geosystemów o odmiennych, regionalnych i lokalnych uwarunkowaniach, które decydują o stanie środowiska przyrodniczego: Stacja Wolin odznaczająca się dużym znaczeniem wpływu Bałtyku na atmosferyczną dostawę ładunku substancji rozpuszczonych, zwłaszcza w postaci aerozoli morskich, Stacja Parsęta, Stacja Puszcza Borecka, Stacja Wigry o względnie niskiej antropopresji, Stacja Pojezierze Chełmińskie wyróżniająca się bardzo dużą antropopresją związaną z funkcjonowaniem zmeliorowanej zlewni o użytkowaniu rolniczym i Stacja Poznań-Morasko charakteryzująca się silną antropopresją spowodowaną położeniem w granicach dużej aglomeracji miejskiej. W strefie nizin środkowopolskich monitorowana jest zlewnia Kanału Olszowieckiego w Stacji Kampinos, w której zaznacza się wpływ zanieczyszczeń atmosferycznych z Warszawy. Po dwie Stacje Bazowe znajdują się w strefach wyżyn oraz gór średnich. W strefie wyżyn są to: Stacja Łysogóry, gdzie obserwowane jest oddziaływanie lokalnych i ponadregionalnych emisji przemysłowych oraz Stacja Roztocze, w której zaznacza się niska antropopresja. Z kolei w górach średnich znajdują się: Stacja Beskid Niski, w której należy zwrócić uwagę na ryzyko zanieczyszczeń transgranicznych ze Słowacji oraz Stacja Karkonosze wyróżniająca się bardzo niską antropopresją.

O funkcjonowaniu i stanie środowiska przyrodniczego badanych geosystemów ZMŚP decyduje ich położenie w umiarkowanej strefie morfoklimatycznej, usytuowanie w różnych strefach krajobrazowych, o zróżnicowanej antropopresji. W oparciu o wieloletnie badania stacjonarne, można stwierdzić, że o przemianach środowiska przyrodniczego w umiarkowanej strefie morfoklimatycznej, w największym stopniu decyduje dynamika obiegu wody i materii rozpuszczonej, stymulowana przez uwarunkowania o charakterze lokalnym, regionalnym, a także globalnym.

Rok 2020 odznaczał się względnie małym zróżnicowaniem przestrzennym średniej rocznej temperatury powietrza i rocznej sumy opadów atmosferycznych. Warunki termiczne były niekorzystne, gdyż we wszystkich monitorowanych zlewniach rok 2020 był cieplejszy od wartości normalnej, co wpisuje się w trend stale wzrastającej średniej rocznej temperatury powietrza. Warunki opadowe w 2020 roku zmieniały się od najbardziej korzystnych w Polsce środkowej (rok wilgotny w Stacjach: Poznań-Morasko, Kampinos

i Łysogóry), do niekorzystnych w Polsce zachodniej (rok suchy w Stacjach: Wolin i Karkonosze). W pozostałych stacjach rok był normalny pod względem opadowym.

W związku z niekorzystnymi warunkami hydrometeorologicznymi w latach 2018 i 2019 oraz z niewystarczającą wydajnością opadów w roku 2020, warunki hydrogeologiczne utrzymały się na złym poziomie, w szczególności w Polsce północnozachodniej (Wolin) i południowowschodniej (Roztocze, Beskid Niski), gdzie notowano występowanie płytkich i głębokich niżówek. W większości zlewni (poza zlewniami górnej Parsęty, Czarnej Hańczy i Różanego Strumienia), we wszystkich strefach krajobrazowych, wystąpiły również miesiące ze spadkiem retencji, chociaż z mniejszą częstotliwością niż w dwóch latach wcześniejszych.

Na funkcjonowanie środowiska przyrodniczego badanych geosystemów wpływał ładunek zanieczyszczeń dostarczony wraz z mokrą depozycją atmosferyczną. Jakość opadów atmosferycznych w 2020 roku pod względem wskaźnika odczynu i przewodności elektrolitycznej właściwej była bardzo dobra w większości zlewni. Należy podkreślić utrzymującą się pozytywną tendencję stabilizacji bądź obniżenia mineralizacji opadów atmosferycznych w większości badanych zlewni. W 2020 roku potwierdzona została tendencja do większego udziału tlenków azotu niż dwutlenku siarki w zakwaszaniu opadów atmosferycznych. W oparciu o badane wskaźniki hydrologiczne i fizykochemiczne można stwierdzić, że jakość monitorowanych wód rzecznych i jeziornych pozostaje na dobrym poziomie od 2016 roku.

W oparciu o ponad dwudziestopięcioletni okres standaryzowanego monitoringu, realizowanego w ramach programu ZMŚP można stwierdzić, że największe znaczenie na stan, zmienność i przemiany środowiska przyrodniczego geosystemów Polski wywierają czynniki antropogeniczne o zasięgu regionalnym (np. dostawa zanieczyszczeń atmosferycznych spoza zlewni badawczych) i lokalnym (np. zmiany użytkowania terenu zlewni ZMŚP). Uwarunkowania fizycznogeograficzne wynikające z położenia zlewni ZMŚP w poszczególnych strefach krajobrazowych Polski mają raczej drugorzędne znaczenie dla określenia mechanizmu funkcjonowania środowiska geograficznego.

W oparciu o przeprowadzoną kompleksową analizę wybranych elementów środowiska przyrodniczego, można stwierdzić, że stan środowiska przyrodniczego monitorowanych geosystemów zarówno w zakresie przyrody nieożywionej, jak i ożywionej poprawia się. W celu pełniejszego rozpoznania mechanizmów funkcjonowania niezbędne są rozszerzone studia prognostyczne.

Funkcjonowanie geokosystemu zlewni Różanego Strumienia w Poznaniu w roku hydrologicznym 2021

Maciej Major^{1,2}, Maria Chudzińska¹, Mikołaj Majewski^{1,2}, Małgorzata Stefaniak¹

¹ *Stacja Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Poznań-Morasko”,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*
² *Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Stacja Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Poznań-Morasko jest pierwszą w Polsce Stacją Bazową w programie ZMŚP działającą w granicach dużej aglomeracji miejskiej i zlokalizowana jest w północnej części Poznania. Obszarem badań jest zlewnia Różanego Strumienia o powierzchni 7,7 km², a głównym ciekim lewobrzeżny dopływ Warty – Różany Strumień, o długości 6,9 km.

Zlewnia Różanego Strumienia jest przykładem obszaru poddawanego procesowi silnej presji antropogenicznej. Położenie stacji w środowisku miejskim pozwala na uzyskiwanie danych charakteryzujących skalę i dynamikę przemian zlewni rzecznych w wyniku gospodarczej działalności człowieka.

Rok hydrologiczny 2021 był szóstym w krótkiej historii Stacji, w którym prowadzono systematyczne pomiary w ramach programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP).

Uwarunkowania meteorologiczne są podstawowym elementem funkcjonowania środowiska przyrodniczego. Zgodnie z klasyfikacją termiczną stosowaną w ZMŚP, rok 2021 ze średnią temperaturą 9,5°C zaliczono do kategorii lat lekko ciepłych. Był on wyraźnie chłodniejszy niż lata poprzednie, licząc od 2018 roku. Roczna suma opadu atmosferycznego wyniosła 515,9 mm i była niższa niż w roku 2020. W roku kalendarzowym osiągnęła taką samą sumę jak w 2020 roku wynosząc 560 mm. Opady cechowały się dużą zmiennością sum miesięcznych, znacząco odbiegając od średnich przebiegów wieloletnich. Maksimum opadowe wystąpiło w czerwcu (89,2 mm), natomiast minimum przypadło na wrzesień, w którym zanotowano jedynie 10 mm opadu. Okres wegetacyjny trwał 240 dni od 25 marca do 19 listopada 2021 roku i był tak samo długi jak okres wegetacyjny w 2020 roku. Z kolei okres intensywnej wegetacji występował przez 166 dni od 2 maja do 14 października.

Analizując zanieczyszczenia powietrza, średnie roczne stężenie SO₂ wyniosło 8,1 µg·m⁻³ dla roku hydrologicznego oraz 8,3 µg·m⁻³ dla roku kalendarzowego, natomiast średnie roczne stężenie NO₂ wyniosło 21,0 µg·m⁻³ dla roku hydrologicznego i 16,0 µg·m⁻³ dla roku kalendarzowego. W obu przypadkach największe miesięczne stężenia wystąpiły w półroczu zimowym.

Badania opadu atmosferycznego na otwartej przestrzeni w Stacji Poznań-Morasko prowadzone były na podstawie miesięcznych próbek opadu całkowitego zbieranych w cyklu dobowym. Liczba dni z opadem wyniosła 202. Struktura depozycji jonów w opadach atmosferycznych w 2021 roku była zbliżona do lat 2016-2020. Jednakże po uwzględnieniu jonów wodorowęglanowych, w grupie anionów charakteryzowały się one największą depozycją wynoszącą 2665 mg HCO₃·m⁻². W dalszej kolejności znalazły się, podobnie w latach

wcześniejszych, chlorki ($611 \text{ mg Cl} \cdot \text{m}^{-2}$), siarczany ($356 \text{ mg S-SO}_4 \cdot \text{m}^{-2}$) i azotany ($208 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{m}^{-2}$). Depozycja kationów przedstawiała się następująco: wapń ($634 \text{ mg Ca}^{2+} \cdot \text{m}^{-2}$), sód ($409 \text{ mg Na}^+ \cdot \text{m}^{-2}$), jony amonowe ($314 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{m}^{-2}$), potas ($176 \text{ mg K}^+ \cdot \text{m}^{-2}$) i magnez ($91 \text{ mg Mg}^{2+} \cdot \text{m}^{-2}$). W minionym roku wskaźnik udziału czynników kwasogennych w zakwaszaniu opadów (stosunek średnich ważonych stężeń jonów NO_3^- do średnich ważonych stężeń jonów SO_4^{2-}) był najniższy spośród wyników uzyskanych w latach 2016-2020 i jego wartość wyniosła 0,67.

W roku hydrologicznym 2021 stany wody Różanego Strumienia w punkcie pomiarowym, zlokalizowanym w pobliżu gmachu Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM, mieściły się w przedziale od 14 do 32 cm powyżej zera łaty wodowskazowej. Średni roczny stan wody wyniósł 19 cm. Stosunkowo niskie stany stanowiły kontynuację niekorzystnej sytuacji hydrologicznej zapoczątkowanej w półroczu letnim 2018 roku. Z kolei przepływy w punkcie pomiarowym na Różanym Strumieniu mieściły się w przedziale od $0,0000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do $0,0434 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Średni roczny przepływ wyniósł $0,0059 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Wody Różanego Strumienia charakteryzowały się lekko zasadowym odczynem (średnia ważona pH – 7,90). Średnia ważona wartość przewodności wyniosła $83,8 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$; przy niewielkiej zmienności ($\text{SD} \pm 14,7 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$). Według klasyfikacji Altowskiego i Szwieca wody Różanego Strumienia należą do typu hydrogeochemicznego wapniowo-wodorowęglanowo-chlorkowego.

Na kolejnym etapie obiegu wody, przewodność elektrolityczna właściwa pobranych roztworów glebowych w 2021 roku była najwyższa od początku pomiarów, wyniosła $18,26 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ i była wyższa od średniej z lat 2016-2020 o $7,6 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$. Z kolei średni odczyn pH był obojętny (7,07) i również wyższy do średniego odczynu z lat 2016-2020. W roztworach glebowych, podobnie jak w latach wcześniejszych, największe stężenia anionów odnotowano w przypadku jonów wodorowęglanowych, a wśród kationów dominowały jony Ca^{2+} oraz K^+ .

W 2021 roku, w punkcie pomiarowym IGF2, zwierciadło wód podziemnych znajdowało się w strefie średnich stanów przez większość roku (191 dni). Pozostała część roku pozostawała w strefie stanów niskich. W strefie stanów wysokich zwierciadło znajdowało się tylko przez 5 dni (w maju i w czerwcu). Z kolei w punkcie pomiarowym IGF4 dominowały dni niskiej wody (250 dni), jedynie od kwietnia do lipca występowały dni średniej wody (pojedyncze dni również w sierpniu i we wrześniu). W tym punkcie pomiarowym nie wystąpiły dni wysokiej wody.

Zgodnie z klasyfikacją Altowskiego-Szwieca, typ hydrogeochemiczny wód podziemnych w obu piezometrach określono jako wapniowo-wodorowęglanowo-chlorkowy, ze znaczną mineralizacją wynoszącą ponad $500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (wody słodkie). Względem roku poprzedniego pogorszeniu uległa klasa jakości dla wodorowęglanów – ujęcie IGF2 z II na III. Średnie roczne ilości pozostałych parametrów mieściły się w I klasie jakości wód podziemnych z wyjątkiem przewodności elektrolitycznej właściwej, siarczanów i chlorków, które zaliczono do II klasy czystości oraz wapnia przyporządkowanego do III klasy. Na podstawie uzyskanych klas jakości, stan chemiczny wód podziemnych w zlewni Różanego Strumienia określono jako dobry.

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

Realizacja programów pomiarowych w Stacji Bazowej ZMŚP Poznań-Morasko w 2021 roku pozwoliła określić aktualny stan środowiska przyrodniczego, jednakże szczegółowe badania w kolejnych latach pozwolą na znalezienie odpowiedzi na pytania dotyczące dłuższych trendów zmian oraz głównych kierunków zagrożeń środowiska zlewni zurbanizowanej.

Modelowanie matematyczne wpływu parametrów adwekcyjno-dyfuzyjnych na migrację zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej

Marek Marciniak, Monika Okońska

*Pracownia Hydrometrii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Podczas migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych istotną rolę odgrywa nie tylko proces adwekcji, a więc transport substancji z prędkością przepływającej cieczy, ale również procesy dyfuzyjne, które odpowiadają za zmianę w czasie i przestrzeni stężenia substancji w wodzie podziemnej. W skład procesów dyfuzyjnych wchodzi takie procesy jak dyfuzja molekularna i dyfuzja hydromechaniczna.

Przy zmiennych warunkach hydrogeologicznych występujących w obrębie zlewni, stopień rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej może być różny i będzie zależał od przepuszczalności hydraulicznej oraz porowatości. Przedmiotem badań było rozpoznanie migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych w obrębie zlewni Różanego Strumienia metodą modelowania matematycznego przy różnych wartościach parametrów występujących w adwekcyjno-dyfuzyjnym równaniu transportu.

Badania modelowe migracji zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej przeprowadzono dla obszaru położonego w obrębie kampusu Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM, zlokalizowanego w rejonie posterunku hydrogeologicznego Stacji Bazowej ZMŚP Poznań-Morasko.

Do analizy migracji zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej w zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych przy określonych zakresach zmienności poszczególnych parametrów adwekcyjnych i dyfuzyjnych wykorzystano model numeryczny obszaru badań skonstruowany przy użyciu programu Visual MODFLOW v.4.3.0.154 Pro oraz MT3DMS v.5.2.

Badanie migracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych metodą modelowania matematycznego wykazało, że w analizowanych zakresach zmienności parametrów:

- współczynnik filtracji k jest najważniejszym parametrem warunkującym przemieszczanie się zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej,
- współczynnik dyfuzji molekularnej D_M nie odgrywa istotnego znaczenia przy migracji zanieczyszczeń,
- większa porowatość n warstwy wodonośnej powoduje nieznaczny spadek powierzchni strefy zanieczyszczonej, zanieczyszczenia przemieszczają się na mniejsze odległości, lecz większe jest stężenie migrujących substancji,
- maksymalne stężenia zanieczyszczeń ulegają redukcji wraz ze wzrostem wartości współczynnika filtracji k oraz stałej dyfuzji podłużnej α_L .

Wpływ wartości parametrów adwekcyjno-dyfuzyjnych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej analizowany był dla każdego parametru osobno, podczas gdy w warunkach terenowych migracja substancji jest często zagadnieniem wieloparametrycznym. Jednak analiza parametryczna procesu migracji wykonana metodą modelowania matematycznego pozwala rozpoznać warunki migracji zanieczyszczeń substancji w wodach podziemnych.

Wpływ warunków pogodowych i stanów wód podziemnych na defoliację sosny zwyczajnej i olszy czarnej w zlewni ZMŚP „Kampinos”

Adam Olszewski, Anna Andrzejewska, Agnieszka Gutkowska

Kampinoski Park Narodowy

Stacja Bazowa ZMŚP „Kampinos” prowadzi program monitoringu uszkodzeń drzew i drzewostanów od 2010 r. Celem obserwacji jest uzyskanie wskaźnikowych informacji o zmianach zdrowotności drzewostanów i o ewentualnej potrzebie wykonania kartowania na całym monitorowanym obszarze.

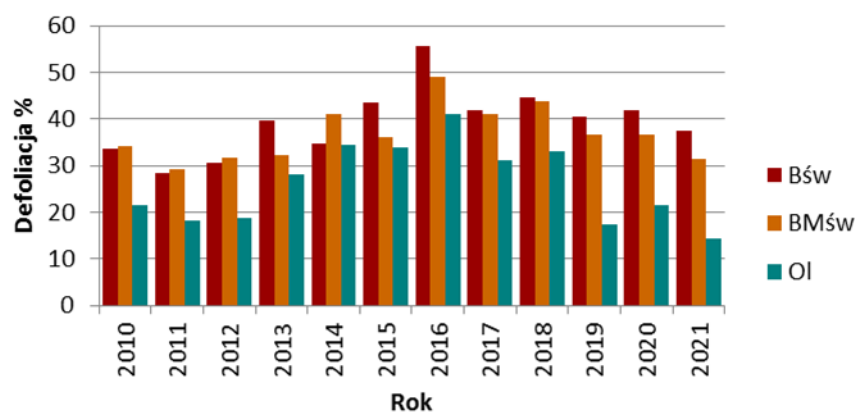
Powierzchnie monitoringowe założono w obrębie trzech typów siedliskowych lasu, które zajmują największy areal w zlewni. Na każdej powierzchni wybrano po 20 drzew dominującego gatunku. Do monitoringu wybrano drzewa górujące i panujące, które zostały oznakowane na stałe, w sposób nie uszkadzający pni:

- Powierzchnia 201 (N52°17'50.269", E20°30'18.563"; adres leśny: 98-79-1-14-02136-f-00; oddz. 136f) położona jest w borze świeżym w 60-letnim drzewostanie sosnowym porastającym partie szczytowe wyd. Gatunkiem monitorowanym jest sosna.
- Powierzchnia 202 (N52°17'43.044", E20°26'43.224"; adres leśny: 98-79-1-15-02147-a-00; oddz. 147a) założona jest w borze mieszanym świeżym w zagłębieniu między wydowym w 99-letnim drzewostanie sosnowym z domieszką dębu w podszyciu. Gatunkiem monitorowanym jest sosna.
- Powierzchnia 203 (N52°17'39.84", E20°31'21.72"; adres leśny: 98-79-1-14-02353-a-00; oddz. 353a) znajduje się w 51-letnim olsie na północnym skraju południowego pasa bagienno. Gatunkiem monitorowanym jest olsza czarna.

Co roku w lipcu, w przypadku gatunków zrzucających liście/igły lub we wrześniu-październiku w przypadku gatunków iglastych, notowane są defoliacja i odbarwienia. Ocenę defoliacji i odbarwienia wykonywano oddzielnie dla każdego drzewa. Zarówno w przypadku defoliacji jak i odbarwienia stosowano pięć klas: (0) 0-10% – bez defoliacji/bez odbarwienia, (1) 11-25% – lekka defoliacja/lekke odbarwienie, (2) 26-60% – średnia defoliacja/średnie odbarwienie, (3) 60%-99% – duża defoliacja /duże odbarwienie i (4) 100% – drzewa martwe. Ponadto co 5 lat wykonywane były pomiary pierśnicy (2010 r., 2015 r. i 2020 r.).

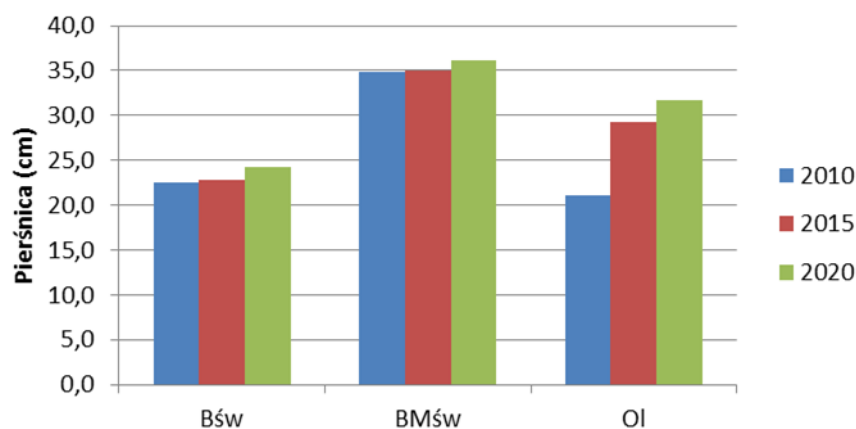
Średnia defoliacja w wieloleciu wyniosła 34,1%. Na powierzchni z Bśw było to 39,4%, z BMśw – 36,9% i z Ol – 26,1%. Na powierzchniach borowych najniższa defoliacja wystąpiła w 2011 r. Najwyższą defoliację na wszystkich trzech powierzchniach zanotowano w 2016 r. (rys. 1).

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022



Rys. 1. Średnia defoliacja na powierzchniach monitoringu uszkodzeń drzew i drzewostanów w borze świeżym, borze mieszanym świeżym i w olsie na w latach 2010-2021

W ciągu 10 lat pomiarów nastąpił istotny, choć niejednostajny wzrost pierśnicy. Na powierzchni boru świeżego w okresie 2010–2015 przyrost średnicy sosen wyniósł 0,3 cm, a w okresie 2015-2020 1,5 cm. Podobne zróżnicowanie wystąpiło na powierzchni boru mieszanego świeżego, gdzie w pierwszym okresie badań przyrost pierśnicy sosen wyniósł 0,1 cm a w drugim, 1,2 cm. W przypadku olch, większy przyrost nastąpił w pierwszym okresie pomiarowym 8 cm, a mniejszy w drugim 2,5 cm.



Rys. 2. Średnie pierśnice drzew na powierzchniach monitoringu uszkodzeń drzew i drzewostanów w latach 2010, 2015 i 2020

Wyniki pomiarów defoliacji i uszkodzeń drzewostanów zostały skorelowane z wybranymi wskaźnikami pogodowymi oraz stanami wód podziemnych. Najwyższe zależności uzyskano w przypadku stanów wód podziemnych w pierwszym półroczu roku, w którym wykonywany był pomiar defoliacji oraz w roku poprzedzającym.

Charakterystyka ilościowa oraz właściwości fizykochemiczne opadów atmosferycznych zlewni Świerszcza na Roztoczu w latach 2012-2021

Bogusław Radliński, Anna Rawiak, Zbigniew Maciejewski,
Andrzej Sokołowski, Przemysław Stachyra

Roztoczańskie Centrum Monitoringu i Nauki (Stacja Bazowa ZMŚP Roztocze)

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” (otwarty tylko w czasie opadów). Próbkę opadu całkowitego (opad mokry i suchy) pobierano metodą „bulk” z tygodniowych opadów atmosferycznych, standardowym kolektorem. Próbkę obu rodzajów opadu, po pomiarze przewodności elektrolitycznej właściwej i odczynu, zlewane były do pojemników i przechowywane w chłodziarce laboratoryjnej (temperatura 4°C). W sumarycznych próbkach miesięcznych określono stężenia podstawowych kationów i anionów, a na ich podstawie obliczono ładunki zanieczyszczeń wprowadzonych do podłoża z opadem mokrym i całkowitym.

Średnia wartość odczynu opadu mokrego obliczona ze średnich miesięcznych w dziesięcioleciu 2012-2021 wyniosła pH 4,90. Wartości skrajne średnich miesięcznych mieściły się w przedziale od 4,01 (luty 2015) do 6,42 (maj 2012). W próbach tygodniowych sporadycznie notowano opady o odczynie silnie obniżonym pH poniżej 4,0 z minimum 2 marca 2015 r – pH 3,94. Średnia wartość odczynu opadu całkowitego w dziesięcioleciu 2012-2021 wyniosła pH 5,09. Wartości skrajne średnich miesięcznych mieściły się w przedziale od 4,31 (luty 2013) do 6,71 (lipiec 2019). Odczyn opadów mokrego jak i całkowitego był znacznie wyższy w okresie letnim. O korzystnych zmianach jakości powietrza świadczy rosnący na przestrzeni dziesięciolecia udział opadów atmosferycznych o odczynie pH większym niż 5,1 czyli normalnych i o podwyższonym pH zarówno w opadzie mokrym jak i całkowitym.

Wartości przewodności elektrolitycznej właściwej dla opadu mokrego obliczone dla prób miesięcznych mieściły w przedziale od 0,47 mS/m (maj 2020) do 4,04 mS/m (luty 2014 i 2015), gdzie średnia dla dziesięciolecia wyniosła 1,52 mS/m. Opady w których stężenie zanieczyszczeń było nieznaczne stanowiły prawie 60% wszystkich zebranych prób miesięcznych. W opadzie całkowitym dominowały próbki w których stężenie zanieczyszczeń było lekko podwyższone – prawie 54% prób miesięcznych. Wartości przewodności opadu całkowitego zawierały się w przedziale od 0,68 mS/m (sierpień 2012) do 8,87 mS/m (luty 2015), a średnia ważona z dziesięciolecia wyniosła 2,07 mS/m. Zarówno w przebiegu rocznym jak i wieloletnim daje się zauważyć zależność przewodności od ilości opadów.

Spośród oznaczanych jonów dużą stałość średnich rocznych stężeń wagowych wykazywały jony: siarczanowy, azotanowy, amonowy w opadzie mokrym i całkowitym oraz jon wapniowy w opadzie całkowitym i wodorowy w opadzie mokrym. Najbardziej zmienne było stężenie potasu i chlorków w opadzie mokrym, a w opadzie całkowitym magnezu i wodoru. Najwyższe stężenia zanieczyszczeń notowane były

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

w miesiącach o niskiej sumie opadów w półroczu zimowym. Udział procentowy głównych składników opadu obliczony ze stężeń równoważnikowych (bez jonu HCO_3) w opadzie całkowitym i mokrym w latach hydrologicznych 2012-2021 wskazuje na dominację wapnia i N-NH_4 wśród kationów oraz S-SO_4 i N-NO_3 wśród anionów. W przeciągu dziesięciolecia można zauważyć pozytywny trend spadkowy w wielkości stężeń głównych jonów zakwaszających opady.

Łączny ładunek pierwiastków wniesiony do podłoża w ciągu roku hydrologicznego wraz opadem całkowitym w okresie dziesięciolecia wahał się od 29,1 kg/ha w roku 2018 do 48,3 w roku 2016, przyjmując wartość średnią 38,2 kg/ha/rok. Ładunek wniesiony z opadem mokrym był o 50% mniejszy i średnio wynosił 19,4 kg/ha/rok.

Tab. 1. Rozkład masowy i procentowy pierwiastków docierających do podłoża w formie mineralnej wraz z opadami. Wartości średnie z okresu 2012-2021

		S	N	Cl	Na	K	Mg	Ca	H	Razem
Opad całkowity	kg/ha/rok	5,51	7,57	6,27	2,38	2,23	0,62	13,51	0,07	38,16
	%	14,4	19,8	16,4	6,2	5,8	1,6	35,4	0,2	100
Opad mokry	kg/ha/rok	3,65	5,98	2,68	1,18	0,69	0,23	4,87	0,10	19,38
	%	18,8	30,9	13,8	6,1	3,6	1,2	25,1	0,5	100
Opad całkowity - opad mokry	kg/ha/rok	1,86	1,59	3,59	1,2	1,54	0,39	8,64	-0,03	18,78
	% opadu cał.	33,8	21,0	57,3	50,4	69,1	62,9	64,0	-42,9	49,2

Obecność azotu (jako N-NH_4 , N-NO_3) i siarki (jako S-SO_4) w wodach opadowych można interpretować jako efekt emisji zanieczyszczeń o charakterze gazowym dalekiego zasięgu oraz miejscowego krążenia, zaś 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 potasu, wapnia i magnezu w opadzie całkowitym, szczególnie po dłuższych okresach suszy atmosferycznej.

Coroczna dostawa pierwiastków biogennych i alkalizujących powoduje postępującą eutrofizację siedlisk leśnych i torfowiskowych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku chronionych siedlisk oligotroficznych jak bory bagienne, czy torfowiska wysokie – które w wyniku eutrofizacji powietrza tracą typową fizjonomię i ulegają negatywnym przekształceniom lub wręcz degradacji.

Wartości progowe wybranych procesów geomorfologicznych w Tatrach

Zofia Rączkowska¹, Stanisław Kędzia^{1 2}

¹ Zakład Badań Geośrodowiska,

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego, PAN

² Stacja Badawcza im. M&M Kłapów, Hala Gąsienicowa,

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego, PAN

Poznanie wartości progowych od których zaczynają się, lub ulegają nagłemu przyspieszeniu, ważne procesy naturalne jest bardzo istotne w badaniach przyrodniczych. Na tej podstawie można nie tylko odtwarzać zdarzenia z przeszłości, ale również prognozować przyszłe zdarzenia. W obszarach wysokogórskich do jednych z najgroźniejszych zdarzeń przyrodniczych, oprócz powodzi należy zaliczyć spływy gruzowe. Wymienione procesy gwałtownie i znacząco zmieniają środowisko przyrodnicze i stanowią zagrożenie dla ludzi i infrastruktury. Szczególnie dotyczy to zdarzeń powstałych na skutek krótko trwających, ale ekstremalnie wysokich opadów.

Stacja Badawcza im. M&M Kłapów Instytutu Geografii i PZ PAN działająca nieprzerwanie od lat 1950-tych na Hali Gąsienicowej w Tatrach (Rączkowska, Kotarba, red. 2013), w której od ponad stu lat prowadzone są obserwacje meteorologiczne, dostarcza danych do podjęcia próby wyznaczenia wartości progowych opadów dla wystąpienia powodzi i spływów gruzowych. Dodatkowo warunki meteorologiczne w tym obszarze są monitorowane również przez drugą stację IMGW-PIB na Kasprowym Wierchu. Obecność dwu stacji meteorologicznych w małej zlewni Doliny Suchej Wody (25,3 km² do wypływu z Tatr), stwarza wyjątkowo sprzyjające warunki do wyznaczania wartości progowych opadów, gdyż ich zmienność przestrzenna w górach jest bardzo duża. Ponadto od początku działania Stacji prowadzone są badania geomorfologiczne nad skutkami ekstremalnych opadów.

W okresie 1968-2018 w Dolinie Suchej Wody wystąpiły trzy powodzie, które doprowadziły do dużych zmian w korycie Suchej Wody, uszkodzenia mostów i zniszczenia drogi Brzeziny-Hala Gąsienicowa. Pierwsza i największa powódź miała miejsce 30 czerwca 1973 roku. Wówczas suma dobową opadów na stacji na Hali Gąsienicowej wynosiła 300 mm, natomiast na Kasprowym Wierchu 232 mm. Kolejna powódź wystąpiła 8 lipca 1997 roku i objęła ona nie tylko Tatry, ale również dużą część Polski. Na Hali Gąsienicowej spadło wówczas 223,5 mm wody, a na Kasprowym Wierchu 166,1 mm. Ostatnia z dużych powodzi w Dolinie Suchej Wody miała miejsce 18 lipca 2018 roku. Suma dobową opadów na Hali Gąsienicowej wynosiła 208,1 mm, natomiast na Kasprowym Wierchu 167,6 mm. We wszystkich trzech opisanych zdarzeniach większe sumy opadów rejestrowano na Hali Gąsienicowej niż na Kasprowym Wierchu. Każdorazowo dobową sumą opadów na Stacji na Hali Gąsienicowej przekraczała wartość 200 mm. W rozpatrywanym półwieczu na tej stacji zarejestrowano kilkakrotnie sumy dobowe oscylujące wokół wartości 150 mm, ale nie spowodowały one znacznych zmian w korycie potoku, ani nie naruszyły infrastruktury. Dlatego opad dobowy o wartości około 200 mm w Dolinie Suchej Wody, można uznać za wartość progową dla powodzi wywołujących duże skutki

morfologiczne i niszczących infrastrukturę.

Spływy gruzowe to najważniejsze procesy przekształcające współcześnie stoki tatrzańskie (Kotarba 1997). Ich destrukcyjny wpływ na infrastrukturę jest raczej znikomy. Rejestrowano jedynie uszkodzenia krótkich odcinków szlaków turystycznych. Dla właściwego wyznaczenia wartości progowej opadów wywołujących spływy gruzowe niezbędna jest duża bliskość stacji monitorującej opady. Jak wykazały badania w Tatrach najlepsze wyniki uzyskuje się w przypadku, kiedy stacja rejestrująca opady znajduje się w odległości mniejszej niż 1 km od miejsca wystąpienia spływu gruzowego (Gądek i in. 2016). Stwierdzono, że w przeciwieństwie do powodzi suma dobowa opadów nie odgrywa wiodącej roli w ich uruchomieniu. Najistotniejsze jest bowiem natężenie opadów, które powinno osiągnąć wartość powyżej 1mm/min. Przykładem tego może być opad z 20 czerwca 1986 roku. Suma dobowa opadów na Hali Gąsienicowej wynosiła wówczas zaledwie 24,3 mm, ale natężenie osiągnęło wartość ponad 1 mm/min. W ciągu 20 minut spadło 17 mm wody (Kotarba 1989). Dlatego można przyjąć, że przy natężeniu wynoszącym 1,0-1,5mm/min już po około 15 minutach może dojść do powstania spływów gruzowych (Gądek i in. 2016).

Literatura:

- Gądek B., Grabiec M., Kędzia S., Rączkowska Z., 2016. *Reflection of climate changes in the structure and morphodynamics of talus slopes (the Tatra Mountains, Poland)*, *Geomorphology* 263, 39-49.
- Kotarba A., 1989. *On the age of debris slopes in the Tatra Mountains*. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 23, 139-152.
- Kotarba A., 1997. *Formation of high mountain talus slope related to debris-flow activity in the High Tatra Mountains*. *Permafrost and Periglacial Processes* 8, 191-204.
- Rączkowska Z., Kotarba A., red, 2013. *Dolina Suche Wody w Tatrach. Środowisko i jego współczesne przemiany*. *Prace Geograficzne IGiPZ PAN* 239, 1-169.

Zmiany klimatyczne na Stacji Bazowej ZMŚP Wigry w latach 2002–2021

Maciej Romański, Lech Krzysztofiak

Wigierski park Narodowy

Celem opracowania jest ocena i charakterystyka wybranych warunków klimatycznych występujących na Stacji Bazowej WIGRY w okresie 2002-2021 oraz ich wpływu na przyrodę tego obszaru. Dane meteorologiczne wykorzystane w opracowaniu pochodzą z ogródka meteorologicznego zlokalizowanego w Sobolewie, na terenie Wigierskiego Parku Narodowego.

Przeprowadzona analiza danych, opartych głównie o wartości średnie miesięczne i roczne dotyczące temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych pozwoliła stwierdzić, że w ciągu ostatnich 20 lat wystąpił zespół niekorzystnych zjawisk atmosferycznych mających lub mogących mieć duży wpływ na niektóre składniki przyrody ożywionej.

W okresie 2002-2021 występowały lata o bardzo różnym charakterze termiczno-opadowym. W zakresie temperatur średnich rocznych występowały lata od normalnych do anomalnie ciepłych, zaś w zakresie opadów od lat suchych do bardzo wilgotnych.

Analizując zmiany temperatury stwierdzono niewielki (nie istotny statystycznie) trend wzrastający (średnia roczna temperatura powietrza z roku na rok wzrastała przeciętnie o ok. $0,07^{\circ}\text{C}$, czyli o $0,7^{\circ}\text{C}$ co 10 lat). W tym okresie wystąpiło od 28 do 72 dni z przymrozkami ($T_{\text{avg}} > 0$ i $T_{\text{min}} \leq 0$) – średnio 52 dni w roku oraz od 57 do 114 dni z przymrozkami przygruntowymi ($T_{\text{avg}} > 0$ i $T_{\text{min}+5} \leq 0$) – średnio prawie 90 dni w roku.

W przypadku opadów atmosferycznych zmiany jakie zachodzą w ich wielkości w ostatnich 20 latach nie są tak dobrze widoczne, zwłaszcza po ostatnich kilku latach bardzo zróżnicowanych pod względem wielkości opadów. Zmiany wielkości opadów nie układają się w statystycznie istotne trendy, ale zaznaczył się niewielki spadek rocznej sumy opadów o ok. 2,7 mm rocznie, czyli 27 mm/10 lat.

Znacznie wyraźniejsze zmiany nastąpiły w długości trwania okresu wegetacyjnego. Okres wegetacyjny występował przeciętnie przez 211,6 dnia, co stanowi 58% całego roku. Stwierdzono niewielki trend wzrastający długości okresu wegetacyjnego (średnia roczna długość okresu wegetacyjnego z roku na rok wzrastała przeciętnie o ok. 0,9 dnia, czyli o prawie 9 dni/10 lat).

Zmiany klimatyczne wpływają lub będą wpływać na środowisko przyrodnicze badanego obszaru, a zwłaszcza na siedliska przyrodnicze i gatunki zależne od wód. Wydłużający się okres wegetacyjny sprzyja wnikaniu do środowiska gatunków inwazyjnych obcego pochodzenia. Ocieplenie powoduje zmiany w porach roku, a łagodniejsze zimy sprawiają, że niektóre gatunki borealne ustępują, a pojawiają się gatunki południowe. Ewidentnym tego przykładem jest wycofanie się z terenu Wigierskiego Parku Narodowego motyli szlaczkonii torfowca *Colias palaeno* i modraszka bagniczka *Plebejus optilete* oraz pojawienie się modliszki zwyczajnej *Mantis religiosa*. Pod wpływem zmian klimatycznych zmieniają się również behavior niektórych gatunków zwierząt.

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

Obniżanie się poziomu wód powierzchniowych i podziemnych oraz deficyt wody (zwłaszcza w okresie wiosennym) i związane z tym przesuszenie gleby oraz torfowisk, mogą spowodować niekorzystne, trudno odwracalne zmiany w środowisku i doprowadzić do utraty niektórych wartości przyrodniczych.

Zmiany składu gatunkowego i struktury leśnych zbiorowisk roślinnych w dolinach małych i średnich rzek Pomorza Zachodniego”

Aleksander Smoliga

Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Szczecinie

Wstęp

Współczesny krajobraz Pobrzeża Bałtyku i Pomorza Zachodniego został ukształtowany głównie w okresie czwartorzędowym przez masy lodowe, które napływały kilkakrotnie z rejonu Zatoki Botnickiej i Gór Skandynawskich. W okresie ustępowania lądolodu na Pomorzu Zachodnim tworzyła się sieć rzeczna. Wśród najważniejszych rzek na tym terenie warto wymienić następujące ciekę – Odra, Gwda, Drawa, Myśla, Rurzyca, Rega, Ina i Płonia. W dolinach rzek oraz na obszarach źródliskowych, gdzie woda podziemna wydostaje się na powierzchnię terenu występują specyficzne warunki glebowe i siedliskowe, które sprzyjają rozwojowi określonych zbiorowisk leśnych, głównie takich jak olsy i łągi. Roślinność w dolinach cieków ulega stałym przemianom, zarówno pod wpływem działania czynników naturalnych, ale także na skutek gospodarki prowadzonej przez człowieka.

Flora i zbiorowiska roślinne Pomorza Zachodniego były przedmiotem zainteresowania zarówno polskich i niemieckich botaników, dzięki czemu w niektórych przypadkach możliwa jest ocena przemian jakie zaszły w zbiorowiskach leśnych z upływem czasu. W ramach niniejszej pracy przeanalizowano zmiany w składzie gatunkowym i strukturze lasów występujących nad wybranymi rzekami oraz na obszarach źródliskowych, w których ciekę biorą swój początek. Badaniem objęto również zmiany warunków glebowych, które nastąpiły przede wszystkim w wyniku zaburzenia stosunków wodnych. Podejmując próby scharakteryzowania najważniejszych przekształceń, które zaszły w lasach nadrzecznych należy podkreślić przemiany w składach gatunkowych drzewostanów lasów łągowych, a także zanik lub mniej liczne występowanie gatunków charakterystycznych dla poszczególnych zespołów roślinnych. W ramach prac równoległe z badaniami fitosocjologicznymi i glebowymi wykonano również pomiary martwego drewna na powierzchniach próbnych. W lasach nadrzecznych oraz na obszarach źródliskowych obumarłe drzewa i ich części występują z reguły w większej ilości niż w lasach poza dolinami rzecznyymi.

Teren badań

Prace terenowe prowadzono w dolinie: Myśli, Kosy, Tetyńskiej Strugi, Płoni, Korytnicy, Wardynki i Regi, a także w obszarach źródliskowych wymienionych cieków. Badania wykonano w zasięgu nadleśnictw: Barlinek, Dębno, Drawno, Kliniska, Łobez i Myślibórz, nadzorowanych przez Regionalną Dyrekcję Lasów Państwowych w Szczecinie.

Metody badawcze

W celu przeanalizowania zmian, jakie zaszły w zbiorowiskach leśnych w dolinach wybranych cieków Pomorza Zachodniego oraz ich obszarów źródliskowych wykorzystano 322 własne zdjęcia fitosocjologiczne

z lat 2008-2022 oraz wyniki badań innych autorów. W szczególności niemieckiego botanika W. Libberta (1938), a także W. Bacieczko (1995) oraz S. Balcerkiewicza (1976). Zdjęcia fitosocjologiczne wykonano metodą *Braun-Blanqueta*. Badania glebowe obejmowały wykonywanie za pomocą świdra typu INSTORF wierceń, które miały umożliwić ocenę stopnia murszenia torfu oraz głębokość zalegania wody. Uzupełnieniem prac fitosocjologicznych były pomiary martwych drzew wykonane na 90 kołowych powierzchniach badawczych, każda o wymiarach 0,25 ha.

Wyniki

W zbiorowiskach roślinnych występujących w dolinach cieków, a także na obszarach źródliskowych Pomorza Zachodniego nieprzerwanie zachodzą zmiany dotyczące warunków wodnych i glebowych, które z kolei wpływają na skład gatunkowy i strukturę zbiorowisk roślinnych. W aspekcie dolin rzecznych w kształtowaniu szaty roślinnej widoczna jest przewaga czynników naturalnych nad działaniami podejmowanymi przez człowieka, natomiast na obszarach źródliskowych naturalne procesy zdają się mieć drugorzędne znaczenie. W zależności od okresu, w jakim ocenia się przekształcenia roślinności, pewne zmiany są zauważalne w perspektywie kilku lat, inne zachodzą w znacznie dłuższym okresie czasu, natomiast niektóre fitocenozy pozostają niemalże niezienne. Porównując wyniki badań geobotanicznych wykonanych w latach 1930-1995, z rezultatami prac prowadzonych w okresie 2008-2022 należy zauważyć zmiany w składach gatunkowych drzewostanów, dotyczące zwłaszcza łęgów jesionowo-olszowych i jesionowo-wiązowych, spowodowane głównie zamieraniem jesionu wyniosłego. W gradach zajmujących z reguły wyższe partie dolin rzecznych, a także będących istotnym składnikiem krajobrazów roślinnych na obszarach źródliskowych widoczna jest mniejsza rola graba pospolitego. Współcześnie gatunek ten często przegrywa konkurencję z bukiem, natomiast niegdyś z rodzimymi gatunkami dębów tworzył lasy dębowo-grabowe zaliczane do gradów środkowoeuropejskich. Na uwagę zasługuje rosnące znaczenie rodzimych wiązów, które w okresie ostatnich kilkudziesięciu lat ustępowały ze zbiorowisk leśnych. Wprowadzanie olszy czarnej w miejsce jesionu wyniosłego spowodowało odmłodzenie niektórych drzewostanów, a tym samym zmianę ich struktury pionowej oraz redukcję warstwy krzewów i zubożenie jej składu gatunkowego. Niedobory wody wpływają na zanikanie okresowych zalewów w dolinach rzecznych, a wykonane wiercenia wskazują na obniżanie się poziomu wód gruntowych oraz ich niewielkie pionowe ruchy, niezbędne dla zachowania lasów łęgowych. W przypadku większości badanych płątów widoczne jest zmniejszanie się udziału gatunków charakterystycznych i zastępowanie ich taksonami nitrofilnymi lub inwazyjnymi. Wśród gatunków inwazyjnych warto wymienić niecierpka drobnokwiatowego, którego obecność potwierdzono niemalże w 200 zdjęciach fitosocjologicznych wykonanych w latach 2008-2022. Na uwagę zasługuje udział martwego drewna, który w dolinach rzecznych oraz na obszarach źródliskowych przekracza średnie dla Polski ilości.

Podsumowanie

Zbiorowiska leśne występujące w dolinach cieków oraz w strefach ich zasilania cechuje duże bogactwo gatunkowe oraz dynamika zależna głównie od poziomego i pionowego ruchu wody. Olsy, lasy łęgowe cechuje duża wrażliwość na zaburzenia stosunków wodnych, szczególnie widoczne w okresie

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

ostatnich kilkunastu lat. Niekiedy przekształcenia struktury i składu gatunkowego fitocenoz utrudniają ich klasyfikację fitosocjologiczną. Lepsze rozpoznanie geobotaniczne roślinności na siedliskach hydrogenicznym, wdrażanie w Polsce sieci obszarów Natura 2000, ustanawianie form ochrony przyrody, rezygnacja z użytkowania i ustanawianie ekosystemów referencyjnych pozwalają lepiej chronić obszary mokradłowe. W przypadku niedoborów wody utrzymujących się w dłuższej perspektywie czasowej, nie tylko ochrona prawna, ale nawet ochrona czynna nie zapewni trwałości lasów nadrzecznych.

Jakość powietrza na terenie zlewni ZMŚP i w ich otoczeniu na podstawie danych z monitoringu satelitarnego (TROPOMI, lata 2018-2022)

Alfred Stach

*Zakład Geoinformacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Precyzyjne informacje dotyczące charakterystyk jakości powietrza uzyskuje się standaryzowanymi metodami pomiarowymi przy wykorzystaniu certyfikowanych i regularnie kalibrowanych czujników. Sprzęt taki jest kosztowny, a jego obsługa wymaga wysoko wykwalifikowanego personelu. Z tego względu sieć punktowych pomiarów, o wysokich standardach ich dokładności, jest, nawet w krajach zamożnych o dużej gęstości zaludnienia, względnie rzadka. Większość takich stacji jest skupionych na obszarach miejskich, podczas gdy niektóre tereny pozamiejskie są położone setki kilometrów od najbliższego czujnika. Praktycznie bez „pokrycia” są też ogromne połacie oceanu. Dużym problemem jest też ocena reprezentatywności przestrzennej wyników uzyskiwanych z punktowych pomiarów. Zasięg tej reprezentatywności jest też bardzo zmienny w czasie.

Wartościowym uzupełnieniem klasycznych pomiarów stężeń składników zanieczyszczeń stają się metody teledetekcji satelitarnej wykorzystujące zjawiska selektywnej absorpcji promieniowania elektromagnetycznego zachodzące w trakcie jego drogi w atmosferze Ziemi (Stach 2021). Pomiar satelitarne zapewniają ciągłe pokrycie przestrzenne wraz z informacjami o transporcie smug zanieczyszczeń (por. <https://geoforum.pl/news/32150/satelita-wykryl-spore-stezenie-metanu-nad-polska>). Ponadto, dzięki teledetekcji, można monitorować obszary bardzo odległe od naziemnych sieci pomiarowych. Olbrzymią zaletą tego typu rejestracji jest możliwość uzyskania w ciągu od kilku godzin do jednej doby obrazu dla całej kuli ziemskiej, zachowującego jednakowy poziom dokładności oraz kontynuację takich pomiarów przez wiele lat. Pomiar teledetekcyjny mają jednakże charakter pośredni, a to wpływa na ich znacznie niższą niż pomiarów naziemnych dokładność. Nierzadko ich możliwość i jakość ogranicza zachmurzenie. Dane satelitarne dotyczące jakości powietrza są podawane jako „ilości w kolumnie”, tj. jedna wartość dla najniższych 15 km atmosfery. Instrumenty satelitarne są często najmniej czułe blisko powierzchni, czyli tam, gdzie jakość powietrza nas najbardziej interesuje. Jednym z najbardziej technicznie zaawansowanych urządzeń tego typu jest TROPOMI zainstalowany na pokładzie satelity Sentinel-5P (Stach 2021). TROPOMI jest spektrometrem multispektralnym, który działa w pasmach promieniowania ultrafioletowego i widzialnego, bliskiej podczerwieni i podczerwieni. Został on umieszczony w przestrzeni kosmicznej przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) w październiku 2017 roku i jest używany do monitorowania przy poziomie gruntu, takich składników zanieczyszczeń, jak: aerozole, metan, dwutlenek azotu, ozon, formaldehyd (HCHO) i dwutlenek siarki.

Celem przeprowadzonych dla potrzeb niniejszego opracowania analiz było, wykorzystanie danych pozyskanych za pomocą czujnika TROPOMI, do oceny zróżnicowania czasowego i przestrzennego

wybranych wskaźników jakości powietrza dla obszarów zlewni pomiarowych ZMŚP i ich bezpośredniego otoczenia.

Powierzchnia i kształt, 11 uwzględnionych w niniejszym opracowaniu, zlewni pomiarowych ZMŚP różni się znacząco (od 1,2 do 74,3 km²). Z drugiej strony rozdzielczość przestrzenna czujnika TROPOMI jest stosunkowo niewielka (3,5 na 7 km = 24,5 km²). Z tych względów, a także aby uzyskać porównywalne co do liczebności i nadające się do analiz statystycznych próby, zdecydowano użyć jednolitych co do powierzchni i kształtu obszarów reprezentujące zarówno obszar zlewni pomiarowych ZMŚP, jak i ich bezpośrednie otoczenie. Dysponując danymi wektorowymi z poligonami wododziałów zlewni, najpierw wyznaczono ich centroid (geometryczny środek), a następnie wokół tego punktu kolisty obszar o promieniu 10 km i powierzchni 314,16 km². W obrębie takiego koła znajdowało się zazwyczaj, w całości lub częściowo, od 14 do 16 pikseli obrazów TROPOMI. Taka ilość, biorąc też pod uwagę ubytki związane z zachmurzeniem, nie pozwala na wykonywanie sensownych analiz przestrzennych. Z tego względu, zdecydowano się pozyskać, dla wyznaczonych obszarów, serie czasowe statystyk mierzonych przez TROPOMI parametrów zanieczyszczeń powietrza i skoncentrować się na analizie różnic i podobieństw w ich poziomie pomiędzy poszczególnymi zlewniami. Wykorzystano do tego celu interaktywną witrynę internetową Sentinel Hub EO Browser funkcjonującą pod adresem <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>. W niniejszym opracowaniu użyto danych obejmujących okres około 4 lat – od maja 2018 do kwietnia roku 2022 i uwzględniono siedem parametrów jakości powietrza (<http://www.tropomi.eu/data-products/level-2-products>):

1. Jakościowy wskaźnik aerozoli (AI) określany dla dwóch długości fal: AER_340/380 i
2. AER_354/388; wartości dodatnie indeksu wskazują na obecność aerozolu pochłaniającego promieniowanie UV.
3. Całkowita zawartość tlenu węgla w kolumnie powietrza wyrażona w molach na m² (CO),
4. Zawartość formaldehydu w pionowej kolumnie troposferycznej w mol/m² (HCOH),
5. Zawartość dwutlenku azotu w kolumnie troposferycznej w mol/m² (NO₂),
6. Całkowita zawartość ozonu w kolumnie powietrza w mol/m² (O₃),
7. Całkowita zawartość dwutlenku siarki w kolumnie powietrza w mol/m² (SO₂).

Czujnik wykonuje dwa pomiary na dobę, ale ilość danych jest bardzo zróżnicowana (612-1453) ze względu na warunki ich wykonywania (zachmurzenie, noc) i zakres fal wykorzystywanego promieniowania.

Biorąc pod uwagę cały 4 letni okres pomiarowy i podstawowe statystyki (średnie i odchylenia standardowe) uwzględnianych parametrów jakości powietrza, największe podobieństwo wykazują obszary ZM10 i ZM12 (Beskid Niski i Roztocze) oraz ZM8 i ZM13 (Kampinos i Poznań-Różany Potok). Pierwsza dwójka charakteryzuje się specyficzną kombinacją kilku wskaźników, z których najbardziej charakterystyczne są wysokie stężenia formaldehydu oraz dwutlenku siarki oraz niskie tlenu węgla. Druga para stacji wyróżnia się maksymalnymi średnimi stężeniami NO₂. Najbardziej odmienne i specyficzne są charakterystyki stanowisk Z11 (Wolin) i Z14 (Karkonosze). Na Wolinie najniższe z porównywanych obszarów były wskaźniki aerozoli, natomiast najwyższe tlenu węgla i ozonu. W Karkonoszach zaś przy zbliżonych poziomach aerozoli, tlenu węgla i ozonu stwierdzono najmniej. Najbardziej różnicują porównywane obszary stężenia dwutlenku azotu (NO₂). Na 55 kombinacji średnich każdy z każdym, wykonanych z pomocą skojarzonych z ANOVA testów

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

post-hoc Tukeya, tylko w 11 różnice nie były istotne statystycznie. Średnio najniższe stężenia NO₂ notowano na dwóch stacjach położonych w północno-wschodniej Polsce: ZM1 (Puszcza Borecka) i ZM5 (Wigierski Park Narodowy).

Literatura:

Stach A., 2021. *Jakość powietrza, którym oddychamy — spojrzenie z kosmosu*. [W:] *Człowiek i środowisko*, Świtoński M. (red.), Polska Akademia Nauk, Oddział w Poznaniu, str. 33-52. ISBN 978-83-66847-03-3. <https://poznan.pan.pl/wp-content/uploads/2021/06/Czlowiek-i-srodowisko-skompresowany.pdf>

Długookresowe tendencje satelitarnych wskaźników biomasy roślinnej w zlewniach ZMŚP na tle regionalnym (MODIS NDVI/EVI, lata 2000-2021)

Alfred Stach

*Zakład Geoinformacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Zawierające chlorofil organizmy fotosyntetyzujące są na kontynentach podstawą zarówno naturalnych, jak i rolniczych łańcuchów troficznych (produkcyjnych). Precyzyjna ocena zmian ich biomasy w długich okresach jest możliwa tylko na podstawie pomiarów dokonywanych na małych poletkach badawczych w skali od 10^2 do $x \cdot 10^4$ m². Wymaga to jednak to jednak dużych nakładów finansowych i wysoko wykwalifikowanej kadry. Już jednak w początkach lat 70-tych ubiegłego wieku wykazano, że istnieje silny związek statystyczny pomiędzy spektralną charakterystyką powierzchni terenu rejestrowaną z poziomu satelitarnego, a biomasą roślinności zielonej. Najbardziej powszechnie wykorzystywanymi wskaźnikami tego typu są Znormalizowany Różnicowy Wskaźnik Roślinności (NDVI) i Ulepszony Wskaźnik Roślinności (EVI). W ich konstrukcji (Stach 2016) wykorzystane są dane natężenia promieniowania elektromagnetycznego w zakresie czerwonym i podczerwonym (NDVI, EVI) oraz błękitnym (EVI).

Podczas gdy NDVI jest wrażliwy głównie na ilość i aktywność chlorofilu, to EVI jest bardziej czuły na cechy strukturalne pokrywy roślinnej, w tym indeks powierzchni liści (LAI), typ pokrywy, fizjonomię roślin i „architekturę” zbiorowiska roślinnego (Stach 2016). Z tego względu oba indeksy roślinności uzupełniają się wzajemnie w badaniach roślinności obejmujących identyfikację jej zmian i oceny parametrów biofizycznych. Istotna różnica między NDVI i EVI dotyczy też reakcji na obecność pokrywy śnieżnej. NDVI wówczas maleje, natomiast EVI wzrasta.

Analiza danych satelitarnych z długich serii pomiarowych generalnie potwierdza zjawisko „zielenienia” Ziemi (przyrost biomasy zielonej), choć w dalszym ciągu istnieją spore kontrowersje co do jego zasięgu przestrzennego, natężenia, a przede wszystkim czynników sprawczych (Zhu i in. 2016, Yang i in. 2019, Cortés i in. 2021, Winkler i in. 2021). Zidentyfikowano też bardzo duże zróżnicowanie regionalne i lokalne i istnienie wielu rozległych obszarów ze znaczącym spadkiem biomasy (brązowienie). W większości opracowań potwierdza się „zielenienie” Europy, a zwłaszcza północnej jej części. Monitoring satelitarny przy wykorzystaniu wskaźników NDVI i EVI umożliwia także identyfikację trendów parametrów cykli sezonowych: ekstremów, amplitudy i fazy. Wśród uwarunkowań długookresowych zmian ilości biomasy zielonej w skali globalnej wymieniane są: „użyźnianie” przez wzrost stężenia CO₂ w atmosferze i depozycję związków azotu oraz ocieplanie intensyfikujące procesy biochemiczne. W skali regionalnej i lokalnej dochodzą do tego zmiany pokrycia i użytkowania terenu, zmiany reżimu opadów i wód gruntowych, gospodarka leśna i agrotechnika. Określenie względnego znaczenia poszczególnych czynników jest dla konkretnych lokalizacji bardzo trudne, a czasami wręcz niemożliwe. Celem niniejszego opracowania było wykorzystanie 22-letniej serii danych satelitarnych wskaźników biomasy roślinnej do oceny długookresowych

tendencji zarówno ogólnej jej ilości jak i jej zmian w cyklu sezonowym w 11 zlewniach pomiarowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego i w ich otoczeniu.

W opracowaniu wykorzystano wersję 6.1 „produktu” MOD13Q1 (<https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v061/>) zawierającego 16-dniowe wartości NDVI i EVI w rozdzielczości około 231,5 m. Dane te są efektem przetwarzania oryginalnych pomiarów odbicia promieniowania elektromagnetycznego od powierzchni Ziemi, a pochodzących z czujnika MODIS zainstalowanego na satelicie Terra (EOS-1). Obejmują one okres od 18 lutego 2000 do 18 lutego 2022 (pełne 22 lata, 507 okresów 16-dniowych). Analiza trendów parametrów cyklu sezonowego (Eastman 2020) wymaga uwzględniania danych jedynie z pełnych okresów rocznych, a zatem zbiór obrazów MOD13Q1 w tym wypadku ograniczono do przedziału do 1 stycznia 2001 do 19 grudnia 2021 (21 lat, 483 okresy 16-dniowe). Aby mieć możliwość oceny trendów NDVI i EVI w różnych skalach przestrzennych, zdecydowano analizę przeprowadzić dla całego terytorium Polski wraz z 2 km strefą buforową wokół granicy państwa (powierzchnia 318 850 km²). Obszar ten jest pokrywany przez cztery „kafle” produktów MODIS, więc w pierwszym etapie przetwarzania konieczne było nie tylko pobranie z serwera, ale także „sklejenie” w jedną całość (mozaikowanie). Procedurę tę wykonano za pomocą modułu „R” o nazwie MODISrsp (Busetto, Ranghetti 2016). Cały analizowany zbiór danych składał się z ponad 2,98 mld wartości dla każdego z analizowanych wskaźników (507 obrazów po ok. 5,89 mln pikseli każdy).

W pracy wykorzystano metodykę analiz serii czasowych obrazów satelitarnych zaimplementowaną w module Earth Trend Modeler system GIS TerrSet 2020 (Eastman 2020, Stach 2016). Obejmuje ona identyfikację tendencji wieloletnich zarówno wartości średnich, jak i charakterystyk cyklu sezonowego. Jako uzupełnienie wykorzystano analizę serii czasowych statystyk NDVI i EVI dla analizowanych zlewni wykonaną przy użyciu cząstkowego testu Manna-Kendalla (Libiseller, Grimvall 2002).

W skali całej Polski, w analizowanym okresie, aż na 89,7% obszaru stwierdzono bardzo istotne statystycznie przyrosty NDVI ($p < 0,01$). Dla 53,9% terytorium naszego kraju prawdopodobieństwo, że trend wzrostowy NDVI jest przypadkowy wynosi mniej niż 1:1 000 000. Dla 6,0% powierzchni nie stwierdzono istotnych trendów, a spadki NDVI obejmują zaledwie 0,36% obszaru naszego kraju ($p < 0,01$). Analogiczne statystyki dla wskaźnika EVI są bardzo podobne, a mianowicie: 88,9, 59,9, 6,9 i 0,36%.

Obszary wszystkich 11 zlewni pomiarowych ZMŚP w 22-leciu 2000-2021 charakteryzuje bardzo istotny trend wzrostowy zarówno NDVI, jak i EVI. Wyraźnie inny jest jednak ich porządek ze względu na tempo wzrostu. Zlewnia jeziora Wiśłka na Wolinie (11ZM) charakteryzująca się najwyższym średnim NDVI miała też najniższy jego przyrost. Z kolei drugi najszybszy wzrost NDVI miał miejsce w zlewni miejskiej Różanego Potoku (ZM13), której średnie NDVI było najniższe. We wszystkich także zlewniach miał miejsce spadek amplitudy rocznej NDVI, choć w niektórych z nich wiązał się tylko z podniesieniem minimum rocznego (prawdopodobnie z względu na skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej), a w innych zwiększyło się zarówno minimum, jak i maksimum (np. w zlewni Różanego Potoku). Generalnie wydłużył się także sezon wegetacyjny.

Literatura:

- Busetto L., Ranghetti L., 2016: *MODISrsp: An R package for automatic preprocessing of MODIS Land Products time series*. *Computers & Geosciences*, vol. 97, s. 40-48.
- Cortés J., Mahecha M.D., Reichstein M. i in. 2021: *Where are global vegetation greening and browning trends significant?* *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091496.
- Eastman J.R., 2020: *TerrSet 2020 Geospatial Monitoring and Modeling System Manual*. Clark Labs, Clark University, s.1-389.
- Libiseller C., Grimvall A., 2002: *Performance of partial Mann-Kendall test for trend detection in the presence of covariates*. *Environmetrics*, 13, 71-84.
- Stach A., 2016: *Monitoring satelitarny środowiska w skali regionalnej: Pomorze Zachodnie w latach 2000-2015*. *Monitorng Środowiska Przyrodniczego*, vol. 18, nr 1, s. 105-121.
- Winkler A. J., Myneni R. B., Hannart A. i in. 2021: *Slowdown of the greening trend in natural vegetation with further rise in atmospheric CO₂*. *Biogeosciences*, 18, 4985–5010.
- Yang Y., Wang S., Bai X. i in. 2019: *Factors Affecting Long-Term Trends in Global NDVI*. *Forests*, 10(5), 372.
- Zhu Z., Piao S., Myneni R. i in. 2016: *Greening of the Earth and its drivers*. *Nature Climate Change*, 6, 791–795.

Problematyka roślin inwazyjnych w zlewniach górskich, na przykładzie zlewni potoku Wrzosówka

Magdalena Stanek, Lidia Przewoźnik, Patrycja Rachwalska, Zygmunt Dajdok

¹ Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Karkonosze”

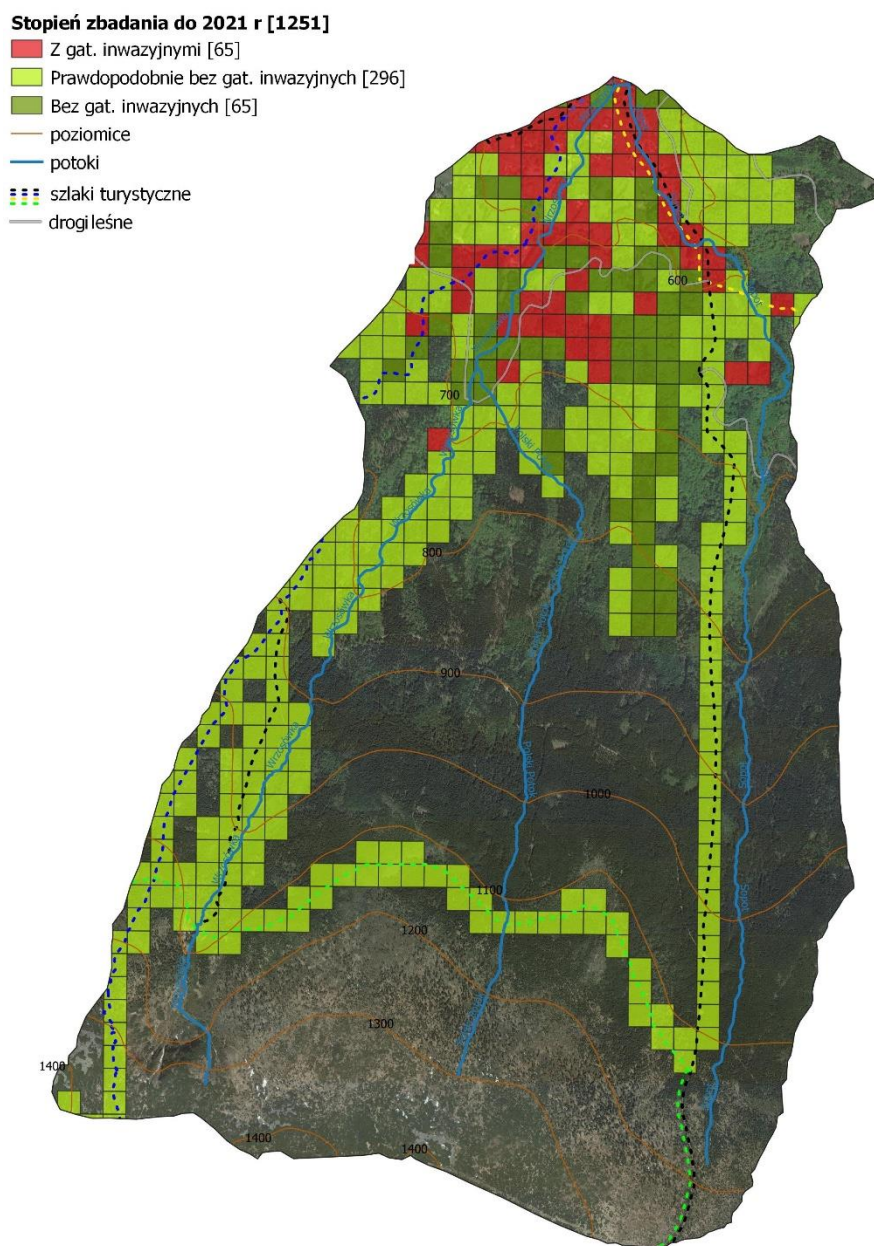
Karkonoski Park Narodowy z siedzibą w Jeleniej Górze

² Zakład Botaniki, Wydział Nauk Biologicznych,

Uniwersytet Wrocławski

Obce inwazyjne gatunki roślin są obecnie definiowane jako jeden z głównych czynników zagrażających bioróżnorodności. Od 2016 roku w zlewni potoku Wrzosówka reprezentującej ekosystemy górskie centralnej części pasma Karkonoszy (Sudety Zachodnie), prowadzone są obserwacje w ramach monitoringu gatunków roślin inwazyjnych obcego pochodzenia (Program J3 ZMŚP). Badaniami objęty jest obszar 11,49 km² zlewni potoku Wrzosówka wraz z jej prawymi dopływami: Polskim Potokiem i Sopotem. Kartowanie odbywa się na dwóch poziomach: w ramach monitoringu ogólnego na obszarze całej zlewni badawczej podzielonej na kwadraty o boku 100 m (1251 kwadratów), jak również w ramach monitoringu szczegółowego na wybranych 10 stanowiskach badawczych zlokalizowanych w pobliżu miejscowości Jagniątków w dolnej części zlewni. Badania monitoringu ogólnego skoncentrowane były do tej pory przede wszystkim na obserwacji głównych arterii rozprzestrzeniania się propagul roślin inwazyjnych – poboczy dróg i ścieżek oraz cieków wodnych. Jak dotąd przebadano 31 % powierzchni zlewni (426 kwadratów). Stanowiska roślin inwazyjnych odnotowano zaledwie na 15% przebadanej powierzchni (w 65 kwadratach), co stanowi 5% powierzchni zlewni. W wielu przypadkach, na tym samym stanowisku (w jednym kwadracie) notowane było kilka gatunków roślin inwazyjnych występujących jednocześnie. Łącznie, na terenie zlewni badawczej stwierdzono do 2021 roku 13 gatunków roślin obcych inwazyjnych, ujętych na liście ZMŚP: aster nowobelgijski *Aster novi-belgii* L., uczepek amerykański, *Bidens frondosa* L. niecierpek gruczołowaty *Impatiens glandulifera* Royle, niecierpek drobnokwiatowy *Impatiens parviflora* DC., łubin trwały *Lupinus polyphyllus* Lindl., winobluszcz zaroślowy (A. Kern.) Fritsch *Parthenocissus inserta*, dąb czerwony *Quercus rubra* L., rdestowiec pośredni *Reynoutria xbohemica* Chrtek&Chrtkova, rdestowiec ostrokończysty *Reynoutria japonica* Houtt, rdestowiec sachaliński *Reynoutria sachalinensis* (F.Schmidt) Nakai, róża pomarszczona *Rosa rugosa* Thunb., nawłóć kanadyjska *Solidago canadensis* L., nawłóć późna *Solidago gigantea* Aiton. Odnotowano także dodatkowo 5 gatunków klasyfikowanych jako inwazyjne w skali regionalnej lub lokalnej, nie ujętych na liście ZMŚP: naparstnica purpurowa *Digitalis purpurea* L. (gatunek szeroko rozpowszechniony w Karkonoszach, jednak nie kartowany w ramach monitoringu), orzech włoski *Juglans regia* L., tojeść kropkowana *Lysimachia punctata* L., kroplik żółty *Mimulus guttatus* DC. oraz sumak octowiec *Rhus typhina* L. Większość stanowisk wyżej wymienionych gatunków, koncentruje się w bliskim sąsiedztwie zabudowań Jagniątkowa – przede wszystkim w przydomowych ogródkach, na siedliskach zruderalizowanych oraz łąkowych. Jedynie 3 gatunki wkraczają w siedliska leśne: niecierpek drobnokwiatowy, kroplik żółty oraz dąb czerwony. Najdalej w głąb ekosystemu leśnego, notowany jest

niecierpek drobnokwiatowy. Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego notowany jest w siedlisku kwaśnej buczyny, głównie przy umocnieniu skarp dróg, w sąsiedztwie przepustów wodnych, szlaków turystycznych, w rejonach dawnych pańników oraz przy grodzeniach leśnych, zwłaszcza w miejscach, gdzie składowane były materiały do ich budowy. Należy podkreślić, że najwyższe stanowisko tego gatunku odnotowano na wysokości 730 m n.p.m. Wyniki monitoringu ogólnego wskazują, że wszystkie stanowiska gatunków roślin inwazyjnych znajdują się w dolnej części zlewni – w zasięgu piętra regla dolnego (nie dotyczy naparstnicy purpurowej, którą w Karkonoszach obserwuje się również w piętrze regla górnego). Dodatkowo wyniki monitoringu szczegółowego na wyznaczonych powierzchniach w sąsiedztwie Jagniątkowa, wskazują na systematyczne zwiększanie liczebności osobników gatunków roślin inwazyjnych. Brak odnotowania stanowisk gatunków roślin inwazyjnych w wyższych położeniach górskich jest prawdopodobnie związany z surowszymi warunkami klimatycznymi – niższą średnią roczną temperaturą powietrza, dłuższym okresem zalegania pokrywy śnieżnej oraz skróceniem okresu wegetacyjnego roślin, a przy tym brakiem występowania termicznego lata ($t \geq 15,0^{\circ}\text{C}$). Szacowana górna granica występowania tej termicznej pory roku przypada obecnie w zlewni Wrzosówki na wysokość 800-900 m n.p.m.



Ryc. 1. Rozmieszczenie stanowisk gatunków roślin inwazyjnych w zlewni potoku Wrzosówka na tle dotychczasowych badań.

Stacja Geoekologiczna UAM w Storkowie – 40 lat pracy, zadania na przyszłość

Józef Szpikowski

*Stacja Geoekologiczna w Storkowie, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Stacja Geoekologiczna w Storkowie powstała jako placówka przeznaczona do badań terenowych ówczesnego Zakładu Geomorfologii Dynamicznej w Instytucie Badań Czwartorzędu, na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Założycielem Stacji jest prof. zw. dr hab. Andrzej Kostrzewski, aktywnie uczestniczący od 40 lat w jej pracy naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej. Wybór miejsca lokalizacji Stacji był powiązany z problematyką badań współczesnego funkcjonowania geosystemów młodoglacjalnych realizowanych na Pomorzu Środkowym. Podstawowym poligonem badawczym stała się źródłiskowa część dorzecza Parsęty o powierzchni 74 km², zamknięta profilem hydrometrycznym w Storkowie. Uwzględniając zróżnicowanie przestrzenne i skład geosystemów, a także stopień antropogenicznej transformacji krajobrazu, zlewnia górnej Parsęty reprezentuje strefę młodoglacjalną Pomorza Zachodniego.

Za początek oficjalnego funkcjonowania Stacji uznaje się datę 1 kwietnia 1981 roku. Została wówczas podpisana umowa na dzierżawę dwóch pomieszczeń w zdewastowanym młynie wodnym, użytkowanym w tym czasie przez Gminną Spółdzielnię SCh w Grzmiącej. Na początku przeprowadzono niezbędną adaptację uzyskanych pomieszczeń na laboratorium oraz pokój dla pracowników, a także sprowadzono barakowóz przystosowany do funkcji laboratoryjnych oraz socjalnych.

W pierwszych latach działalności w badaniach i organizacji pracy Stacji połączonej z pokonywaniem różnorodnych trudności organizacyjnych uczestniczyli pracownicy UAM z zespołu prof. Andrzeja Kostrzewskiego, wśród których należy wspomnieć Urszulę Kozacką, Grażynę Gałążewską, Zbigniewa Zwolińskiego, Ryszarda Klimczaka i Alfreda Stacha. Stacja działała w oparciu o systematyczne przyjazdy pracowników i studentów w ramach badań dyplomowych i ćwiczeń specjalistycznych. Na początku uruchomiono badania hydrochemiczne w profilach zamykających zlewnię górnej Parsęty oraz jej dopływ Młyński Potok. Rozpoczęły się również badania geochemiczne dotyczące obiegu wody i denudacji chemicznej oraz procesów erozji wodnej stoków. Od 1 listopada 1986 roku został uruchomiony posterunek meteorologiczny.

Od roku 2010 Stacja Geoekologiczna w Storkowie stała się jednostką ogólnouczelnianą Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, przeznaczoną do badań naukowych oraz zadań dydaktycznych realizowanych głównie przez następujące wydziały Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza: Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Wydział Biologii, Wydział Chemii, Wydział Historyczny, Wydział Studiów Edukacyjnych. Po zmianach w strukturze organizacyjnej UAM sprzed kilku lat Stacja Geoekologiczna w Storkowie jest umocowana w Szkole Dziedzinowej Nauk Przyrodniczych z afiliacją na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych. W Stacji na stałe pracuje 5 osób: Józef Szpikowski (kierownik Stacji),

Grażyna Szpikowska (starszy specjalista badawczo-techniczny), Monika Domańska (starszy specjalista badawczo-techniczny). Małgorzata Matysiak (pracownik gospodarczy) i Andrzej Grzegorski (konserwator).

Od roku 1989 UAM stał się najpierw użytkownikiem, a następnie właścicielem posesji Stacji wraz z budynkami. W kolejnych latach przejęto, głównie nieodpłatnie, kilka działek położonych w pobliżu Stacji. Obecnie UAM jest właścicielem łącznie ponad 33 ha gruntów w Storkowie i okolicy. Na części z przejętych działek są zainstalowane urządzenia pomiarowe i prowadzone systematyczne pomiary. Po remontach przeprowadzonych w latach 2009-10 Stacja posiada dobrze wyposażone laboratoria do badań hydrochemicznych oraz sedymentologicznych. Obecnie jest w niej 16 miejsc noclegowych, sala konferencyjna na 80 osób z wyposażeniem multimedialnym, sala seminaryjna na 20 osób, pracownia komputerowa oraz zaplecze kuchenne i socjalne.

Podstawą badań realizowanych od początku działalności Stacji jak i obecnie jest system pomiarowy. Na jego część terenową składają się: posterunek meteorologiczny, profile hydrometryczne na ciekach (Parsęta, Młyński Potok) wyposażone w łąty wodowskazowe i rejestratory elektroniczne, źródłkowa zlewnia eksperymentalna Chwalimskiego Potoku z urządzeniami do badań wód podziemnych i powierzchniowych, z poletkami testowymi erozji wodnej gleb, powierzchnią glebową i roślinną oraz szereg innych stanowisk pomiarowych. Część laboratoryjna to:

- Laboratoria hydrochemiczne przeznaczone do badania właściwości i oznaczania składników w wodach naturalnych (stężenia jonów, pomiary pH, przewodności elektrolitycznej właściwej, zawartości zawiesiny). Wyposażone są w: spektrometr absorpcji atomowej Spectraa 20 Plus, chromatograf jonowy DX-120 Dionex, spektrofotometr Spekol 11 i Spekol 1100, pipety półautomatyczne, mierniki terenowe i laboratoryjne pH, przewodności i tlenu rozpuszczonego, wielofunkcyjne mierniki laboratoryjne, cieplarkę, destylarkę, dejonizator wody, digestorium, łaźnię wodną.
- Laboratorium sedymentologiczne do analiz składu granulometrycznego, pH i przewodnictwa gleb i osadów, oznaczania części mineralnych i organicznych w próbkach gleb i osadów. Wyposażenie to: sita, suszarka, piecze muflowe, mineralizator mikrofalowy.

Badania realizowane w Stacji Geoekologicznej w Storkowie, poza zlewnią górnej Parsęty, obejmują również dorzecze całej Parsęty jak i Pomorze Zachodnie. Głównym problemem badawczym jest rozpoznanie mechanizmów funkcjonowania geosystemów młodoglacjalnych Polski północno-zachodniej w warunkach narastającej antropopresji oraz zachodzących przemian klimatycznych. Główny problem badawczy jest realizowany poprzez szereg zespołowych i indywidualnych badań szczegółowych obejmujących uwarunkowania i funkcjonowanie środowiska geograficznego, zarówno w zakresie jego elementów abiotycznych jak i w części przyrody ożywionej.

Stacja w Storkowie należy do sieci Stacji Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego od początku jego powołania w roku 1992. Realizuje pełen program badań ZMŚP i program specjalistyczny obejmujący erozję wodną gleb. Jest włączona w europejską sieć stacji pomiarowych Integrated Monitoring. Aktualnie, wraz ze Stacją Beskid Niski w Szymbarku, uczestniczy w realizacji tzw. dyrektywy pułapowej Komisji Europejskiej. Należy podkreślić nieocenioną rolę ekspertów ZMŚP w realizacji programu jak i przygotowywaniu corocznych sprawozdań z realizacji programu w Stacji Bazowej Parsęta w Storkowie.

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

W dorobek naukowy i dydaktyczny Stacji Geoekologicznej w Storkowie wpisują się zrealizowane w oparciu o nią prace naukowe: habilitacyjne (3), doktorskie (10) oraz magisterskie (140). W Stacji w Storkowie zorganizowano 8 sympozjów ZMŚP i 6 innych konferencji naukowych oraz 4 szkoły ZMŚP. W Stacji corocznie odbywają się przedmiotowe praktyki terenowe dla studentów. Pracownicy Stacji Geoekologicznej w Storkowie dotychczas uczestniczyli łącznie w 117 publikacjach związanych z funkcjonowaniem i monitoringiem środowiska przyrodniczego.

Dotychczasowy dorobek badawczo-dydaktyczny pozwala na wskazanie konkretnych zadań dla Stacji Geoekologicznej w Storkowie na kolejne lata. Należą do nich:

- dalsze prowadzenie badań terenowych z rozszerzaniem zakresu na inne dyscypliny nauk o środowisku,
- utrzymywanie pełnej sprawności i dostosowywanie terenowego i laboratoryjnego systemu pomiarowego do wymagań realizowanych zadań badawczych,
- specjalizacja Stacji w prowadzeniu eksperymentu terenowego i laboratoryjnego procesów erozji wodnej gleb,
- rozwijanie współpracy krajowej i międzynarodowej,
- aktywna kontynuacja programu ZMŚP uwzględniająca aktualne priorytety Państwowego Monitoringu Środowiska,
- poszerzenie oferty dydaktycznej w zakresie zajęć i praktyk terenowych na studiach akademickich 1. i 2. stopnia oraz studiach podyplomowych związanych z monitoringiem środowiska wraz z zapewnieniem właściwego zaplecza dydaktycznego i odpowiednich warunków pobytowych.

Stacja Geoekologiczna w Storkowie jest doskonałym poligonem badawczym do prowadzenia badań i eksperymentów terenowych, studiów modelowych oraz zajęć dydaktycznych. Zgromadzone długie serie pomiarowe (warunki meteorologiczne, hydrologiczne, hydrochemiczne i inne) mogą być podstawą dla wielu badań środowiskowych w dorzeczu Parsęty i na Pomorzu Zachodnim, a realizowany monitoring środowiska przyrodniczego winien być bezwzględnie kontynuowany.

Stan, zagrożenia i trendy zmian środowiska geograficznego zlewni górnej Parsęty na podstawie ZMŚP

Józef Szpikowski^{1,2}, Andrzej Kostrzewski³, Grażyna Szpikowska¹, Monika Domańska¹

¹ *Stacja Geoekologiczna w Storkowie, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

² *Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

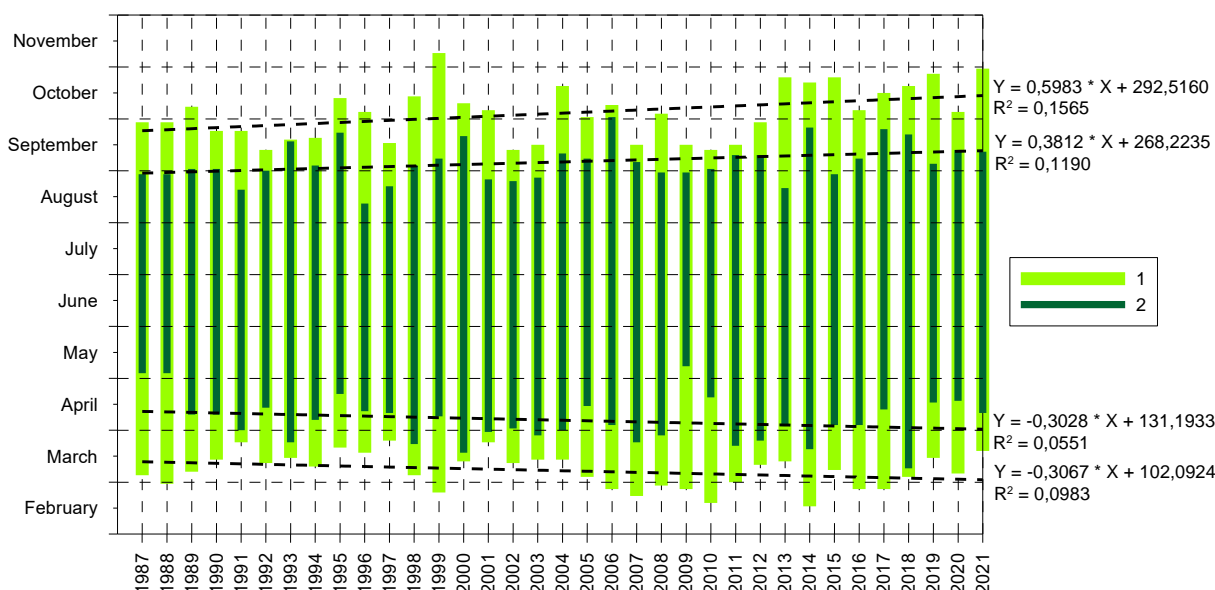
³ *Centrum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego jest realizowany w Stacji ZMŚP Parsęta w Storkowie w zlewni górnej Parsęty od roku 1994, kiedy Stacja została włączona do struktury Stacji Bazowych ZMŚP. Monitoring jest prowadzony w nawiązaniu do koncepcji metodologicznej funkcjonowania geosystemu (Kostrzewski 1993) i obejmuje zarówno elementy abiotyczne jak i środowisko ożywione. Umożliwia rozpoznanie aktualnego stanu, zagrożeń i trendów zmian środowiska przyrodniczego.

Wieloletnia, 28-letnia seria obserwacyjna, pozwala na stwierdzenie, że aktualny stan środowiska geograficznego zlewni górnej Parsęty kształtowany jest głównie przez zespół czynników naturalnych (dopływ energii słonecznej, dostawę i obieg wody w zlewni, typ rzeźby terenu i litologię osadów) oraz zróżnicowany wpływ uwarunkowań antropogenicznych (użytkowanie ziemi, dostawę zanieczyszczeń do powietrza i wód, korzystanie z zasobów środowiska). Obieg materii i energii jest bezpośrednio powiązany z dostawą i krążeniem wody.

Trzydziestopięcioletnia seria pomiarów meteorologicznych (wraz z pomiarami od roku 1987) wskazuje, że zlewnia górnej Parsęty pozostaje w strefie przejściowej, pod silnym wpływem klimatu oceanicznego. O znaczeniu mas powietrza oceanicznego świadczy charakterystyczny układ termicznych pór roku ze stosunkowo długimi porami przejściowymi – przedwiosniem, wiosną, jesienią i przedzimiem, a krótką zimą. W wieloleciu 1987-2021 pojawia się wyraźna tendencja do wzrostu temperatury powietrza. Tendencja ta dla średniej rocznej temperatury wynosi 0,46°C na 10 lat i jest istotna statystycznie. Odzwierciedla się to we wzroście sumy temperatur efektywnych z liniowym trendem wzrostu 7,6°C rok⁻¹. Wpływa to bezpośrednio na stan środowiska przyrodniczego, np. na kształtowanie korzystniejszych warunków siedliskowych dla niektórych roślin (wydłużanie okresu wegetacyjnego), w tym również dla gatunków inwazyjnych obcego pochodzenia. Stwierdzono trend przyspieszania początku okresu wegetacyjnego o 3 dni na 10 lat i wydłużania o 6 dni na 10 lat. Dla okresu intensywnej wegetacji trendy wydłużenia wynoszą 3 dni na 10 lat dla początku i 4 dni na 10 lat dla końca tego okresu (ryc. 1).

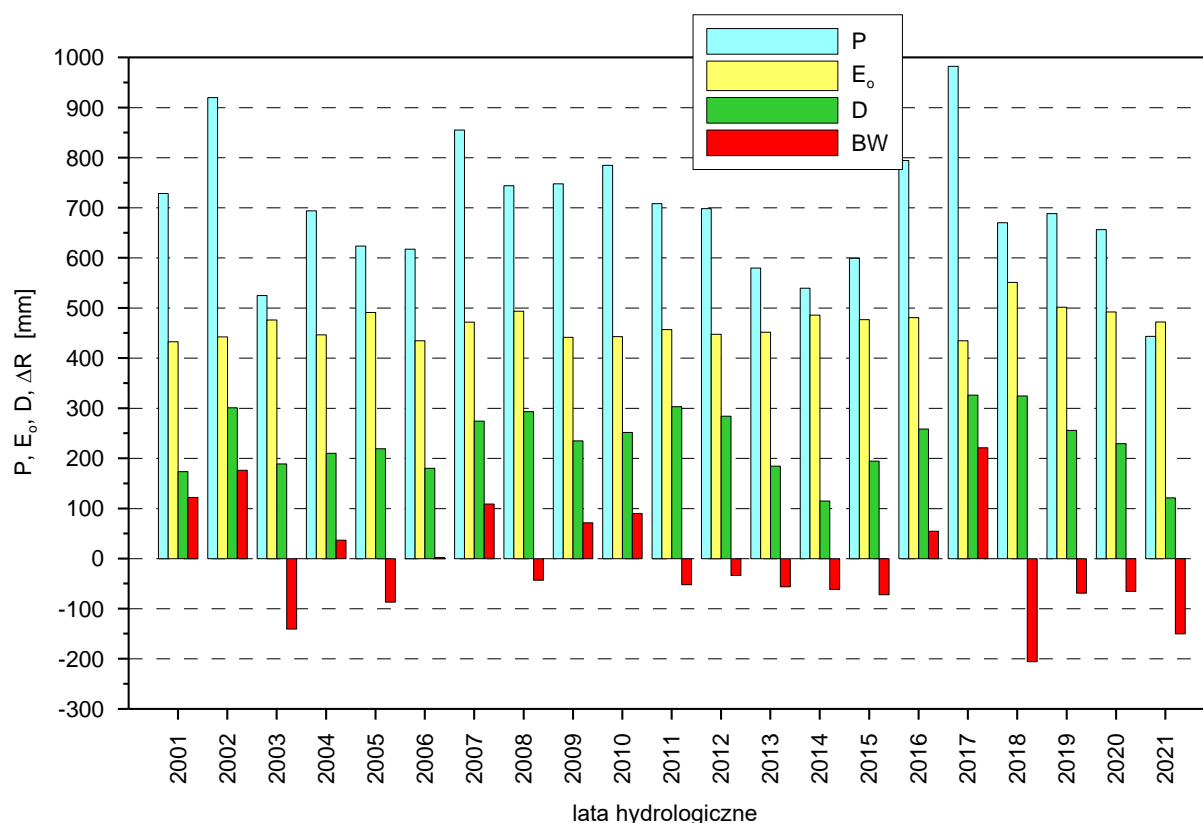
XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022



Ryc. 1. Okres wegetacyjny (1) i okres intensywnej wegetacji (2) w Storkowie w latach 1987-2021 i trendy zmian początków i końców tych okresów

Właściwości fizykochemiczne wód gruntowych oraz wód rzecznych na tle opadów atmosferycznych wskazują, że o krążeniu materii w zlewni górnej Parsęty decydują nadal warunki naturalne, modyfikowane jednakże przez oddziaływania antropogeniczne. Głównym czynnikiem zmian głębokości zalegania wód podziemnych i całkowitego odpływu wód ze zlewni za pośrednictwem systemu rzecznoego pozostają wahania wielkości opadów atmosferycznych (Michalska 2001).

Szczególnie niekorzystnie na kształtowanie klimatycznego bilansu wodnego zlewni górnej Parsęty wpływają lata z małą ilością opadów (zwłaszcza w półroczu zimowym) oraz zimy z niewielką pokrywą śnieżną. W ujęciu wieloletnim widoczny jest trend do wzrostu wielkości parowania (o 2,2 mm rok⁻¹), czego głównym powodem jest wzrost temperatury powietrza. Średnia wartość klimatycznego bilansu wodnego w Storkowie dla lat 2001-2020 wynosi 240 mm. W roku 2021 po raz pierwszy roczna wartość KBW osiągnęła wartość ujemną: -28,8 mm. Występuje również wieloletni trend obniżania wartości KBW o 6,2 mm rok⁻¹. Na bilans wodny zlewni szczególnie niekorzystnie wpływają kumulacje lat z mniejszymi sumami opadów atmosferycznych (ryc. 2). Powoduje to występowanie susz hydrologicznych i okresowe zanikanie drobnych cieków i małych zbiorników wodnych. Zarazem wpływ niskich sum opadu atmosferycznego na wielkość odpływu ze zlewni, w skali około jednego roku, jest łagodzony za sprawą dominacji zasilania podziemnego Parsęty, co świadczy o jej stabilności hydrologicznej (Szpikowski, Domańska 2018).



Ryc. 2. Bilans wodny zlewni górnej Parsęty w latach 2001-2021

P – opad atmosferyczny, *E_o* – parowanie wskaźnikowe, *D* – odpływ rzeczny, *BW* – bilans wodny

Wieloletnia seria badań hydrochemicznych wód zlewni górnej Parsęty wskazuje, że są to wody średnio zmineralizowane, zaliczane do typu hydrochemicznego prostego wodorowęglanowo-wapniowego (Szpikowska 2011). W ciągu roku stężenia poszczególnych jonów w wodach rzecznych zmieniają się w zależności od mechanizmu i czasu obiegu wody oraz od rodzaju źródła dostawy materiału. W okresach niskich przepływów wzrastają stężenia jonów wodorowęglanowych, chlorkowych, siarczanowych, wapnia, magnezu i sodu. Dostawa tych jonów wiąże się z zasilaniem rzeki wodami podziemnymi o długim czasie krążenia. W okresach wezbrań opadowych lub roztopowych stężenia tych składników obniżają się w wyniku rozcieńczenia wód rzecznych słabo zmineralizowaną wodą opadową. Wyraźnie odmienny jest przebieg zmienności w czasie stężeń jonów włączanych w obieg biologiczny, takich jak azotany, jony amonowe i potas. Jakość wód Parsęty, na podstawie obowiązujących klasyfikacji, dla większości badanych składników mieści się w I klasie. O dobrej jakości sieci hydrograficznej zlewni górnej Parsęty świadczy monitoring jej stanu hydromorfologicznego.

Wielkość odprowadzanych wodami górnej Parsęty w formie rozpuszczonej składników jonowych jest wskaźnikiem intensywności denudacji chemicznej całej badanej zlewni. Wynosi ona średnio około 50 t km⁻² rok⁻¹. Odpływający rzeką w formie zawiesiny materiał mineralny świadczy o wielkości denudacji mechanicznej zlewni, która średnio wynosi około 1,5 t km⁻² rok⁻¹. Głównym źródłem dostawy materii nierozpuszczonej do systemu rzecznej w warunkach młodoglacjalnych pozostaje erozja rzeczna (Kostrzewski i in. 1994). Materia przemieszczana w obrębie zlewni poprzez splukiwanie lub procesy eoliczne

lokalnie zmienia rzeźbę powierzchni ziemi i praktycznie nie jest bezpośrednio włączana w transport fluwialny. Procesy erozji wodnej gleb o charakterze ekstremalnym mogą pozostawiać trwałe zmiany w rzeźbie w formie rozcięć, wąwozów i stożków napływowych.

Wody opadowe charakteryzują się niskim stężeniem składników jonowych i nie przekraczają dopuszczalnych norm. Znaczną część zlewni górnej Parsęty pokrywają zbiorniki leśne, w których dochodzi do transformacji ilościowej i jakościowej opadów atmosferycznych. Przemiany bio- i geochemiczne wód opadowych, zwłaszcza w drzewostanach iglastych, przyspieszają ługowanie gleb i natężenie denudacji chemicznej (Kruszyk 2001). Obserwacje wieloletnie wykazują, że efektem ograniczania emisji SO₂ do atmosfery jest systematyczne zmniejszanie się zakwaszenia opadów w zlewni górnej Parsęty (Szpikowska 2011). Od końca lat 90-tych XX w. rośnie udział tlenków azotu w zakwaszaniu opadów atmosferycznych w zlewni górnej Parsęty i aktualnie ten czynnik ma większe znaczenie. Poprawa jakości opadów atmosferycznych wpływa na zmniejszenie ładunku składników rozpuszczonych wnoszonych do podłoża. Zauważa się wpływ poprawiającej się jakości opadów atmosferycznych na skład chemiczny wód podziemnych i powierzchniowych. Dotyczy to zwłaszcza spadku stężeń siarczanów w wodach podziemnych jak i w punkcie zamykającym zlewnię górnej Parsęty. Proces obniżania się stężeń siarczanów w wodach powierzchniowych jest dobrze widoczny w przypadku małych zbiorników wodnych o przewadze zasilania opadowego, czego przykładem jest bezodpływowe jezioro Czarne.

Zlewnię górnej Parsęty nadal można uważać za geosystemem w znacznym stopniu seminaturalny, w którym stosunkowo niewielki stopień przekształceń antropogenicznych w ograniczonym stopniu wpływa na funkcjonowanie środowiska przyrodniczego. W ostatnich latach obserwowane są istotne zmiany w strukturze użytkowania ziemi. Przeważają zmiany w obrębie gruntów rolnych i ugorów, jednak nasiliła się tendencja do przejmowania ziemi pod zabudowę jednorodziną.

Wieloletnia realizacja programów badawczych w Stacji Geoekologicznej UAM w Storkowie pozwala określić aktualny stan, pojawiające się trendy zmian oraz główne kierunki zagrożeń środowiska zlewni w krajobrazie młodoglacjalnym Pomorza Zachodniego. Ma to znaczenie wykraczające poza badania naukowe. Aplikacyjność prac prowadzonych w Stacji w Storkowie odzwierciedla się głównie w monitoringu środowiska realizowanym w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Uzyskiwane wyniki mogą posłużyć do wskazywania optymalnych rozwiązań w zakresie wykorzystywania środowiska przyrodniczego, wprowadzania elementów ochrony i konkretnych działań na drodze zmierzającej do jego zrównoważonego rozwoju.

Literatura:

- Kostrzewski A., 1993. *Geosystem obszarów nizinnych. Koncepcja metodologiczna, Zeszyty Naukowe, 6, Komitet Naukowy przy Prezydium PAN Człowiek i Środowisko: 11-17.*
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., 1994. *Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni, Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Poznań.*
- Kruszyk R., 2001. *Zróżnicowane przestrzenne właściwości fizykochemicznych spływu po pniach sosny zwyczajnej w zespole boru świeżego, zlewnia jeziora Czarnego, Pomorze Zachodnie. W: M. Józwiak, A. Kowalkowski (red.), Funkcjonowanie i monitoring geosystemów*

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 21-40.

Michalska G., 2001. Zróźnicowanie właściwości fizykochemicznych wód podziemnych w zlewni Chwalimskiego Potoku (górna Parsęta, Pomorze Zachodnie). W: M. Józwiak, A. Kowalkowski (red.) Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego w Polsce. Funkcjonowanie i Monitoring Geoekosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza, Bibl. Monitoringu Środowiska.

Szpikowska G., 2011. Uwarunkowania i zmienność chemizmu wód opadowych, podziemnych i powierzchniowych w zlewni Chwalimskiego Potoku (górna Parsęta). W: A. Kostrzewski, M. Samołyk (red.) Funkcjonowanie geoekosystemów w warunkach zmian użytkowania terenu i narastającej antropopresji. Bibl. Monit. Środ., 28: 173-186.

Szpikowski J., Domańska M. 2019. Bilans wodny górnej Parsęty w latach 2001-2018 w świetle zmian warunków termiczno-opadowych. Varia. Prace z zakresu geografii 3: 137-153.



Streszczenia posterów

Pomiar kierunku i prędkości wiatru przy użyciu wiatromierza czasowego i ultrasonicznego na Stacji Bazowej ZMŚP „Kampinos”

Anna Andrzejewska, Adam Olszewski

Kampinoski Park Narodowy

Stacja Bazowa ZMŚP „Kampinos” prowadzi pomiary parametrów meteorologicznych w posterunku usytuowanym w miejscowości Granica (N52°17'10", E20°27'16"; 73 m n.p.m.). Znajduje się on w Kotlinie Warszawskiej (Solon i in. 2018), w południowym pasie bagiennym będącym częścią plejstoceńskiego tarasu nadzalewowego Wisły. Położony jest na południowo zachodnim skraju Kampinoskiego Parku Narodowego, około 30 km na zachód od Warszawy na rozległej polanie otoczonej lasami.

W latach 2001-2015 warunki meteorologiczne mierzone były przy użyciu automatycznej stacji *Vaisala Milos 500* z sensorem wiatru *Wind Set WA15* o czasowej budowie prędkościomierza. Natomiast od roku 2016 zainstalowana była automatyczna stacja meteorologiczna *Vaisala MAVS 301* z ultrasonicznym czujnikiem pomiaru prędkości i kierunku wiatru *WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor WMT700*. Pomiar prędkości i kierunku wiatru odbywał się na standardowej wysokości 10 m nad poziomem gruntu. W przypadku obu czujników zapis danych dokonywany był co godzinę.

Ze względów logistycznych (w ogródku meteorologicznym znajduje się jeden maszt) oraz finansowych nie prowadzono pomiarów równoległych oboma przyrządami jednocześnie.

Liczba obserwacji prędkości i kierunku wiatru czujnikiem czasowym wyniosła 124 529 godzin, a czujnikiem ultrasonicznym 52 160 godzin.

Za ciszę przyjęto obserwacje, w których średnia godzinowa prędkość wiatru wynosiła poniżej 0,2 m/s. W okresie prowadzenia pomiarów wiatromierzem czasowym średnio w roku rejestrowano 21% obserwacji z ciszą. Najmniej takich obserwacji wystąpiło w 2001 r. – 14,2%, a najwięcej w 2014 r. – 28,5%. Od momentu zmiany wiatromierza radykalnie zmniejszyła się liczba obserwacji z ciszą; było to średnio 1,3%. Najmniej 0,7% w 2017 r., a najwięcej 1,7% w 2020 r.

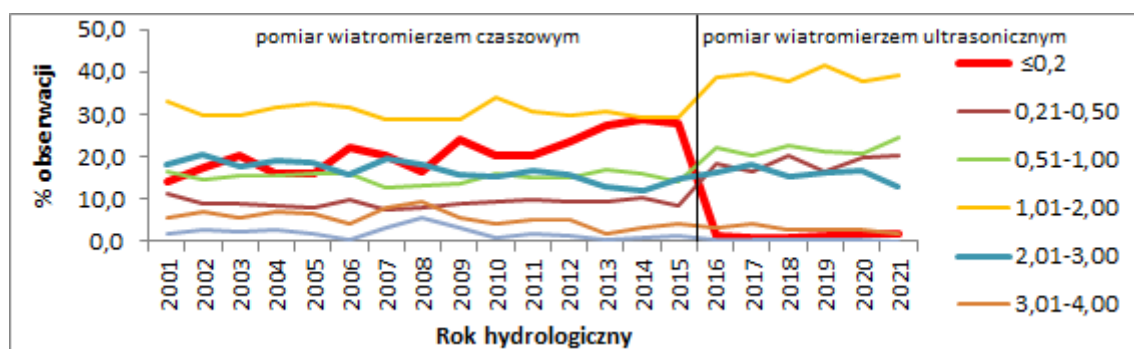
Średnia prędkość wiatru mierzona wiatromierzem czasowym w latach 2001-2015 wyniosła 1,34 m/s, a mierzona w latach 2016 – 2021 wiatromierzem ultrasonicznym 1,29 m/s. Średnie prędkości, jak również wielkości rocznych kwartyli 1, 2 i 3 nie różnią się znacząco pomiędzy oboma typami wiatromierza, natomiast prędkości maksymalne, były wyższe w latach 2001-2015 niż w latach 2016-2021, co może wynikać zarówno z różnic w czułości prędkościomierzy, jak i odmiennych warunków meteorologicznych w badanych okresach. Obliczono liczbę obserwacji wiatru w następujących klasach prędkości: do 0,2 m/s (cisza), 0,2-0,5 m/s, 0,5-1,0 m/s, 1,0-2,0 m/s, 2,0-3,0 m/s, 3,0-4,0 m/s oraz powyżej 4,0 m/s. Przy użyciu wiatromierza ultrasonicznego notowano wyraźnie więcej obserwacji z wiatrem o prędkościach od 0,2 m/s do 2 m/s, lekki wzrost udziału obserwacji z wiatrem o prędkościach od 2 m/s do 3 m/s i brak wpływu rodzaju wiatromierza na liczbę obserwacji wiatru o większych prędkościach (ryc. 1).

Udział obserwacji wiatru wiejącego z określonego kierunku w przypadku obu wiatromierzy jest

zbliżona. W okresie 2001-2015 przeważał wiatr z kierunku W (15% obserwacji), a najmniejszy udział miał wiatr SSE (3%), natomiast w latach 2016-2021 przeważał wiatr WSW (12%), a najmniejszy SSW, SSE i SE (po 4%). Różnice pomiędzy obserwowanymi kierunkami wiatru wydają się wynikać z warunków pogodowych występujących w badanych okresach, a nie zmiany przyrządu pomiarowego.

Wnioski

- Pomiar prędkości wiatru wiatromierzem czasowym i wiatromierzem ultrasonicznym na Stacji Bazowej „Kampinos” stanowią serie niejednorodne i nie powinny być traktowane jako jedna, ciągła seria danych.
- Przy pomiarze wiatromierzem czasowym notowano o rząd wielkości więcej obserwacji z ciszą, niż przy użyciu wiatromierza ultrasonicznego.
- Przy użyciu wiatromierza ultrasonicznego odnotowano więcej obserwacji wiatru o prędkościach od 0,2 m/s do 3 m/s., udział wiatrów o wyższych prędkościach był podobny.
- Udział obserwacji wiatru wiejącego z poszczególnych kierunków jest w przypadku obu wiatromierzy podobny.
- Konieczna jest dalsza analiza różnic pomiędzy prędkościami wiatru uzyskiwanymi dwoma rodzajami wiatromierzy.



Ryc. 1. Procentowy udział obserwacji wiatru w klasach prędkości mierzonych za pomocą wiatromierza czasowego w latach 2001-2015 i wiatromierza ultrasonicznego w latach 2016-2021 na Stacji Bazowej „Kampinos”

Florystyczna różnorodność przesłanką rewaloryzacji poniemieckich cmentarzy i ich usług ekosystemowych, w zlewni Parsęty (Pomorze Zachodnie)

Janina Borysiak, Małgorzata Stępniewska

*Zakład Geografii Kompleksowej, Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Na ziemiach Polski, przyznanych po II Wojnie Światowej na konferencji poczdamskiej w 1945 roku, znajdują się poniemieckie cmentarze ewangelickie zlikwidowane w wyniku polonizacji tych ziem (Stachowiak 2015). Badania pilotażowe autorek pokazały, że w zlewni Parsęty takie nekropolie często leżą w sąsiedztwie terenów osadniczych, w wiejskich krajobrazach opanowanych przez antropogeniczną roślinność synantropijną. W takich krajobrazach są ostojami bioróżnorodności roślinnej. Przez blisko 80 lat bowiem, w obszarach zamkniętych cmentarzy zachodziły regeneracyjne procesy wtórnej sukcesji biocenotycznej, w szczególności rozbiórka nagrobków i zaprzestaniem pielęgnacji tych nekropolii. Sukcesja doprowadziła do rozwoju roślinności z florą zdominowaną przez gatunki rodzime i fizjonomii nawiązującej do naturalnych fitocenoz leśnych. Stadia sukcesji z roślinnością leśną szczególnie zostały osiągnięte na siedliskach żyznych – potencjalnej roślinności naturalnej grądu i żyznej buczyny.

Nieczynne cmentarze poniemieckie są obiektami o kulturowym potencjale. Zdaniem Wałkowskiej (2019) ich odwiedzanie może być motywowane znaczeniem takich nekropolii: jako obiektów dziedzictwa I edukacji, a także symbolicznym, religijnym i artystycznym. Większość polskiego społeczeństwa postrzega jednak te nekropolie jako kłopotliwe dziedzictwo po niemieckiej okupacji. Wymienione funkcje to kulturowe świadczenia ekosystemowe uwzględnione w klasyfikacji CICES V5.1 (<https://cices.eu/>). Rydzewska i in. (2011) stwierdzili, że zainteresowaniu świadczeniami cmentarnych ekosystemów może towarzyszyć chęć porządkowania ich terenu.

Spontaniczna flora naczyniowa nieczynnych, poniemieckich cmentarzy ewangelickich w zasadzie nie była badana. Zainspirowało to do rozpoznania roli, jaką po prawie 80-letnim okresie wtórnej sukcesji biocenotycznej, nekropolie te pełnią w kształtowaniu i ochronie roślinnej różnorodności. W latach 2013–2021 zinventaryzowano florę 37-u nieczynnych cmentarzy ewangelickich (o łącznym areale 16,15 ha), leżących w zlewni Parsęty. Były to obiekty z rozebranymi nagrobkami, z roślinnością nie noszącą śladów systematycznej pielęgnacji, z zaawansowaną wtórną, regeneracyjną sukcesją biocenotyczną. Na każdym z cmentarzy spisano gatunki roślin tworzących spontaniczną florę naczyniową. Na podstawie spisów zestawiono florę cmentarzy. Jej gatunkowy skład oceniono pod względem bogactwa i różnorodności, biorąc pod uwagę następujące cechy roślin: pozycję taksonomiczną, ogólny zasięg geograficzny, status geograficzno–historyczny, rangę fitosocjologiczną, formę życiową, a także ekologiczne wskaźniki Ellenberga (wilgotności, trofizmu i kwasowości gleby). Uwzględniono status gatunku-wskaźnika starych lasów, a także rangę gatunku-fitoindykatora siedliska przyrodniczego Natura 2000. Rozważania nad świadczeniami ekosystemowymi prowadzono w oparciu o klasyfikację CICES V5.1.

Wykazano duże gatunkowe bogactwo i różnorodność spontanicznej flory naczyniowej poniemieckich

cmentarzy. I równocześnie wysoki poziom naturalności. Całkowicie uwolnione od antropopresji, nekropolie te odgrywają więc rolę w kształtowaniu i ochronie bioróżnorodności. W kilku wsiach stwierdzono ingerencję w strukturę spontanicznie zregenerowanej roślinności, która osiągnęła leśne stadium sukcesji. Usunięto podrost drzew i warstwę krzewów, a runo skoszono. Oznacza to utratę części bioróżnorodności nabytej w procesie blisko 80-letniej, regeneracyjnej sukcesji biocenotycznej, odtwarzającej naturalną roślinność leśną. Z tablic informacyjnych umieszczonych przy wejściu na cmentarze wynika, że prace ogrodnicze wykonano w ramach programu „Kultura Bliska”, zrealizowanego przez Fundację Wspomagania Wsi (<https://fundacjawspomaganiawsi.pl/o-fundacji/>), jako działanie podnoszące kulturę obchodzenia się z dziedzictwem. Prace ogrodnicze niewątpliwie świadczą o szacunku do poniemieckich nekropolii i chęci przywrócenia pamięci. Nie pozostają jednak bez negatywnego wpływu na bioróżnorodność. Dając pierwszeństwo *sacrum* – kulturowym świadczeniom ekosystemowym, należałoby opracować, na podstawach naukowych, takie standardy pielęgnacji zieleni nieczynnych cmentarzy poniemieckich, które pozwoliłyby realizować cele Unijnej Strategii Ochrony Bioróżnorodności 2030. Te cele to między innymi zapobieganie utracie różnorodności florystycznej i budowanie stabilności ekosystemów.

Literatura:

- Rydzewska A., Krzyżaniak M., Urbański P. 2011. *Niegdyś sacrum, dziś profanum – dawne cmentarze ewangelickie Poznania i okolic. Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego 15: 64–72.*
- Stachowiak A. 2015. *Niemieckie cmentarze na Ziemiach Zachodnich jako miejsca niepamięci. Pr. Etnograficzne 43: 123–140.*
- Wałkowska J. 2019. *Nieczynne cmentarze protestanckie: kłopotliwe dziedzictwo czy niewykorzystany potencjał turystyczny? Turystyka Kulturowa 3: 163–179.*

Koncepcja stanowiska do badań spływu powierzchniowego i splukiwania w zlewni Różanego Strumienia

Aleksandra Czuchaj¹, Mikołaj Majewski², Marek Marciniak¹

¹ *Pracownia Hydrometrii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

² *Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Zjawisko spływu powierzchniowego ma miejsce przede wszystkim w czasie opadów i roztopów, epizodycznie także bezpośrednio po opadach. Korzystne warunki generowania spływu powierzchniowego po stoku występują przy dużym natężeniu opadów, ich długim czasie trwania lub bardzo szybkim topnieniu pokrywy śnieżnej i lodowej.

W związku ze stałym ocieplaniem klimatu obserwuje się coraz częstsze występowanie zjawisk ekstremalnych. Rośnie zagrożenie opadami nawałnymi, które mogą generować powodzie błyskawiczne, szczególnie na obszarach zurbanizowanych, w dużym stopniu pokrytych powierzchniami nieprzepuszczalnymi. W warunkach opadów nawałnych infiltracja wód opadowych jest niewielka, a dominującą rolę odgrywa spływ powierzchniowy, któremu zwykle towarzyszą procesy erozyjne oraz transport zanieczyszczeń.

W zlewni Różanego Strumienia funkcjonuje system monitoringu środowiska przyrodniczego, badający składowe bilansu wodnego z wyjątkiem spływu powierzchniowego. W celu uzupełnienia tego monitoringu zaprojektowano specjalne stanowisko badawcze. Znajduje się ono w bezpośrednim sąsiedztwie Collegium Geographicum UAM, na stoku o nachyleniu ok. 6°, a jego wymiary wynoszą 20 m x 4 m. Złożone jest z czterech poletek testowych o różnych typach pokrycia powierzchni terenu, na końcu których zamontowane są chwytacze spływu powierzchniowego.

Wybrane do badań typy powierzchni terenu to: czarny ugór, trawa, kostka betonowa na piasku oraz papa. Papa reprezentuje powierzchnię całkowicie nieprzepuszczalną, charakterystyczną dla obszarów zurbanizowanych. Poletko z powierzchnią szczelną będzie służyło do wyznaczenia składowej parowania w równaniu bilansu wodnego stanowiska, ponieważ jako jedyne wykluczy element infiltracji. Wyznaczenie parowania będzie możliwe dzięki znajomości opadu oraz spływu powierzchniowego na tym poletku.

Na stanowisku pomiarowym spływu powierzchniowego, poza monitoringiem zdarzeń naturalnych, będą przeprowadzane między innymi symulacje opadów o różnym natężeniu i czasie trwania w celu zbadania charakterystyk ilościowych spływu powierzchniowego oraz splukiwania w przypadku opadów o wyższych sumach, natężeniu i energii kinetycznej.

**Organizacja badań w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska
Przyrodniczego na Stacji Bazowej Puszcza Borecka**

Anna Degórska, Jakub Bratkowski, Krzysztof Skotak, Zdzisław Prządka, Michał Marcinkowski,
Urszula Białoskórska, Dorota Typiak-Nowak, Marcin Syrzycki, Mirosław Cimoch

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Na Stacji Bazowej Puszcza Borecka realizowane są następujące programy w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego:

- A1 Meteorologia
- B1 Zanieczyszczenie powietrza
- C1 Chemizm opadów atmosferycznych
- C2 Chemizm opadu podkoronowego
- C3 Chemizm spływu po pniach
- D1/D2 Metale ciężkie i siarka w porostach/mchach
- E1 Gleby
- F1 Chemizm roztworów glebowych
- F2 Wody podziemne
- G2 Opad organiczny
- H2 Wody powierzchniowe – jeziora
- I1 Hydrobiologia rzek – makrofity i ocena hydromorfologiczna koryta rzecznego
- K1 Uszkodzenia drzew i drzewostanów
- J3 Gatunki inwazyjne obcego pochodzenia – rośliny

oraz programy analityczne:

Zmiany pokrycia terenu i użytkowanie ziemi, Świadczenia geoekosystemów, Modelowanie zmian bilansu wodnego i biochemicznego.

Na posterze zaprezentowano lokalizację stanowisk, na których prowadzone są poszczególne programy oraz pokazano wyposażenie służące do pomiarów. Uwzględniono zmiany wyposażenia Stacji oraz wskazano programy, których realizacja została zakończona. Przedstawiono również przepływ materiałów i próbek pomiędzy Stacją a Centralnym Laboratorium Analiz Środowiskowych – CentLab, podział zadań i odpowiedzialności wynikających z wymagań systemu zarządzania, zgodnego z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących. Wskazano także inne podmioty współpracujące ze Stacją przy realizacji programu ZMSP.

Wybrane wyniki pomiarów realizowanych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na Stacji Bazowej Puszcza Borecka

Anna Degórska, Jakub Bratkowski, Krzysztof Skotak, Zdzisław Prządka, Michał Marcinkowski,
Urszula Białoskórska, Dorota Typiak-Nowak, Marcin Syrzycki, Mirosław Cimoch

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Spośród realizowanych na Stacji Bazowej Puszcza Borecka programów pomiarowych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego wybrano serie pomiarowe obrazujące zmiany, jakie zachodziły w zlewni badawczej w okresie objętym realizacją programu. Pokazano tendencje zmian w poszczególnych komponentach wybranych składników: siarki, azotu, kationów wskazujących na najbardziej istotne zmiany w badanym geosystemie obserwowane w wieloleciu. Porównano trendy i tendencje dla stężeń tych zanieczyszczeń badanych w ramach poszczególnych komponentów, ze szczególnym uwzględnieniem przepływu w ekosystemie – od zanieczyszczenia powietrza przez opady atmosferyczne na otwartej przestrzeni i w lesie po roztwory glebowe, wody powierzchniowe i podziemne. Jako tło do rozważań posłużyły zmiany warunków meteorologicznych ocenianych na podstawie ciągłych pomiarów na posterunku meteorologicznym Stacji Puszcza Borecka w Diablej Górze.

Monitoring współczesnej sedymentacji w wybranych jeziorach Borów Tucholskich i Kotliny Płockiej

Fojutowski Michał, Gierszewski Piotr, Brykała Dariusz

*Zakład Zasobów Środowiska i Geozagrożeń w Toruniu,
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN*

Ekosystemy jeziorne są bardzo czułym indykatorem naturalnych i antropogenicznych zmian zachodzących w środowisku. Zmiany te wpływają na między innymi na wielkość strumienia energii i materii dopływającego do jeziora, co ma bezpośredni wpływ na wielkość biologicznej produktywności jezior oraz dynamikę ich wód. Dobrym wskaźnikiem intensywności tych zmian jest ilość i jakość sedymentującego sestonu. Monitorowanie przebiegu sedymentacji sestonu pozwala więc lepiej zrozumieć reakcję środowiska zlewni na zachodzące w niej zmiany. Tego typu monitoring prowadzony jest od roku 2012 na trzech jeziorach. Dwa z nich (jeziora: Czechowskie i Głęboćek) położone są w zlewni Strugi Czechowskiej w Borach Tucholskich. Trzecie to jezioro Gościąg położone w zlewni Strugi Ruda w Kotlinie Płockiej. We wszystkich jeziorach stwierdzono występowanie rocznie laminowanych osadów dennych (Więckowski 1991; Błaszkiwicz 2005).

Celem badań jest określenie wpływu warunków klimatycznych oraz cech morfologicznych mis jeziornych na sezonowy przebieg tempa sedymentacji oraz skład i właściwości sestonu. Monitoring prowadzono przy użyciu zestawów pułapek sedymentacyjnych typu Danish Trap oraz pułapek sekwencyjnych, w których deponowany był seston jeziorny. W jeziorach Czechowskim i Głęboćek zestawy pułapek sedymentacyjnych zainstalowane zostały w najgłębszych miejscach. W jeziorze Gościąg w trzech lokalizacjach. W każdym pionie zainstalowano je na dwóch głębokościach: na granicy meta- i epilimnionu oraz w hypolimnionie nad dnem. Dodatkowo, w całej kolumnie wody od powierzchni do dna, rejestrowana jest z 30-minutową rozdzielczością temperatura wody, a okresowo wykonywane są pomiary fizykochemiczne wody przy użyciu sondy multiparametrycznej oraz pobierane próbki wody do analiz chemicznych.

Uzyskane wyniki wskazują, że największe tempo sedymentacji we wszystkich jeziorach przypada na okres wczesnej wiosny oraz późnej jesieni (Ott i in., 2017; Fojutowski i in. 2021; Roeser i in. 2021). Zwrócono uwagę, że większa dynamika wody w okresie jesienno-zimowym wpływa na wzrost resuspensji osadów dennych, co przekłada się na wielkość sedymentacji. W przypadku Jeziora Gościąg wykazano również, że średnie tempo sedymentacji było wyższe w pułapkach zainstalowanych w hipolimnionie, co wskazuje, że część materiału znajdującego się w pułapkach pochodzi z resuspensji. W ujęciu przestrzennym w jeziorze Gościąg najwyższe tempo sedymentacji (do $14,27 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ suchego osadu) odnotowano w najgłębszym miejscu jeziora (efekt lejka). Wyniki badań wykazały, że nawet w niewielkich jeziorach przestrzenne zróżnicowanie wielkości sedymentacji determinowane jest głównie poprzez ukształtowanie dna, nachylenie misy jeziornej oraz odległość punktu pomiarowego od brzegu, a także lokalnie przez warunki anemometryczne. Na wielkość i zróżnicowanie sezonowe sestonu wpływa przede wszystkim wielkość produkcji pierwotnej oraz charakter stratyfikacji i długość okresu miksji jeziora.

Literatura:

- Błaszkiwicz M. 2005. *Póznoglacjalna i wczesnoholoceńska ewolucja obniżeń jeziornych na Pojezierzu Kociewskim (wschodnia część Pomorza)*. (Vol. 201) IGiPZ PAN.
- Fojutowski M., Gierszewski P., Brykała D., Bonk A., Błaszkiwicz M., Kramkowski M., 2021, *Spatio-temporal differences of sediment accumulation rate in the Lake Gościqż (Central Poland) as a response of meteorological conditions and lake basin morphometry*. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47, s. 21.
- Ott F, Dräger N, Brykała D, Kienel U, Gierszewski P, Plessen B, Schwab MJ, Brademann B, Pinkerneil S, Słowiński M, Błaszkiwicz M, Brauer A (2017) *Deciphering varve formation in Lake Czechowskie (N Poland) and Lake Tiefer See (NE Germany) through comprehensive lake monitoring*. In Schwab MJ, Błaszkiwicz M, Raab T, Wilmking M, Brauer A (eds) *ICLEA Final Symposium 2017. Climate change, human impact and landscape evolution in the Southern Baltic Lowlands. Abstract Volume & Excursion Guide. Scientific Technical Report STR17/03*. Potsdam, 2017.
- Roeser P., Dräger N., Brykała D., Ott F., Pinkerneil S., Gierszewski P., Lindemann C., Plessen B., Brademann B., Kaszubski M., Fojutowski M., Schwab M.J., Słowiński M., Błaszkiwicz M., Brauer A. 2021. *Advances in understanding calcite varve formation: new insights from a dual lake monitoring approach in the southern Baltic lowlands*. *Boreas*, 50 (2), 419-440.
- Więckowski K. 1991. *Rola laminowanych osadów jeziornych w badaniach paleolimnologicznych*. *Przegląd Geograficzny* 63 (3-4), 325-342.

**Czynna ochrona cennych siedlisk mokradłowych w zlewni ZMŚP „Kampinos”
w ramach projektu LIFE19 NAT/PL/000746 – Kampinos WetLIFE**

Agnieszka Gutkowska, Anna Andrzejewska, Adam Olszewski

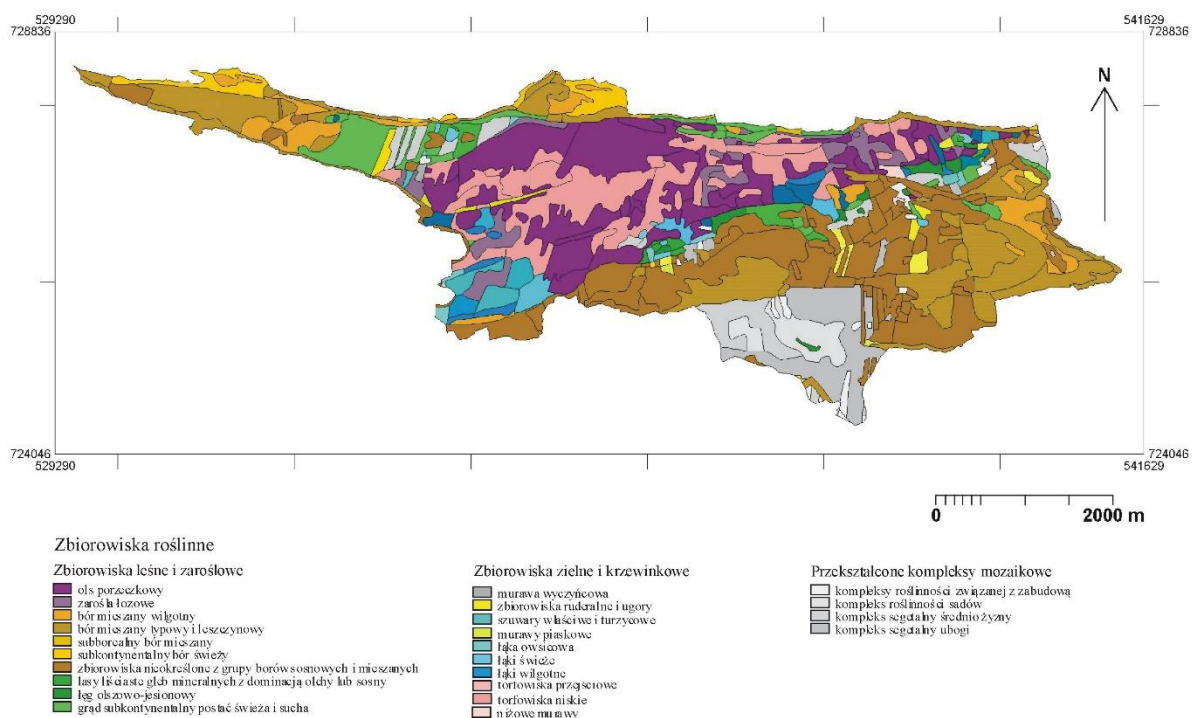
Kampinoski Park Narodowy

Mokradła zlewni doświadczalnej ZMŚP „Kampinos” skupiają się głównie wzdłuż kanału Olszowieckiego i jego dopływów w środkowej części zlewni (ryc. 1). Stanowią je zbiorowiska torfowiskowe, szuwarowe (w tym wielkoturzycowe) i łąkowe, poprzedzielane niewielkimi fragmentami muraw napiaskowych na niewysokich wydmach, też częściowo zalesionych sosną z podrostem brzoźowym i dębowym. W dużej mierze siedliska te poddane są stosunkowo szybkiej sukcesji lasu w postaci inicjalnej łożowisk, a następnie olsów i łągów olszowych. Niektóre zbiorowiska stanowią siedliska przyrodnicze o znaczeniu wspólnotowym, należą do nich m.in.: *Łęgi wierzbowe, topolowe, olszowe i jesionowe (*Salicetum albae*, *Populetum albae*, *Alnion glutinoso-incanae*, olsy źródłiskowe) 91E0, Torfowiska przejściowe i trzęsawiska (przeważnie z roślinnością z *Scheuchzeria-Caricetea nigrae*) 7140 i Zmienneowilgotne łąki trzęślicowe (*Molinion*) 6410.

Siedliska te są w różnym stopniu zachowania, część wymaga ochrony czynnej. W ramach projektu pn. „Ochrona i odtwarzanie mokradeł na terenie obszaru Natura 2000 "Puszcza Kampinowska" LIFE19 NAT/PL/000746 – Kampinos WetLIFE” możliwa jest poprawa stanu mokradeł w zlewni doświadczalnej ZMŚP „Kampinos”. W środkowej części zlewni wybrano mozaikę siedlisk mokradłowych: szuwarów wielkoturzycowych i właściwych w różnym stanie zachowania, łąk wilgotnych o różnym stopniu zachowania i zdegradowanych trzęślicowych (siedliska przyrodniczego o kodzie 6410) oraz łożowisk zespołu *Salicetum pentandro-cinereae*. Przez kilkuletni brak użytkowania rolniczego roślinność ulega sukcesji, a część cennych półnaturalnych zbiorowisk – degradacji.

Miejsce to jest nadal siedliskiem bytowania dla cennej fauny, ale zarastanie i przekształcanie się zbiorowisk nie służy gatunkom terenów otwartych. Występują tu jeszcze kszyc i derkacz, a niegdyś notowane były tu również czajka i krwawodziób. Barga-Więćławska (2008, 2009) z chronionych gatunków malakofauny stwierdziła obecność: *Vertigo moulinsiana* *Vertigo (Vertilla) angustior* (Jeffreys, 1930) *Vertigo (Vertigo) moulinsiana* (Dupuy, 1849), *Lymnaea (Myxas) glutinosa* (O.F.Müller, 1774), *Catinella (Quickella) arenaria* (Bouchard-Chantereaux, 1837) (Poradniki ochrony siedlisk i gatunków NATURA 2000 – podręcznik metodyczny. red. Witkowski 2004. Polska czerwona księga zwierząt. Bezkręgowce. red Głowaciński. 2004).

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022



Ryc. 1. Roślinność rzeczywista w zlewni ZMŚP „Kampinos” wg Solona 1995

Do działań ochrony czynnej zaplanowanych do realizacji w 2022 roku na wybranym obszarze w ramach projektu należą: koszenie inicjujące i odkrzaczanie. Koszenie inicjujące polega na przywróceniu koszenia na od lat nieużytkowanej rolniczo łące, gdzie zachodzą procesy sukcesyjne i degeneracyjne (w tym rozrośnięte kępy traw, nierówna powierzchnia). Zaplanowano koszenie ręczne na najbardziej podmokłych, niedostępnych lub wrażliwych siedliskach i mechaniczne, przy użyciu specjalistycznego sprzętu zdolnego do koszenia w terenie podmokłym. W kolejnych latach po wykonaniu koszenia inicjującego łąki te włączane będą do dzierżaw rolno-środowiskowych lub będą koszone ze środków własnych Kampinoskiego Parku Narodowego dla utrzymania efektu zabiegu. Koszenie inicjujące będzie uprzedzone odkrzaczaniem. Lokalnie usunięty zostanie nalot drzew i krzewów. W niektórych miejscach sukcesja już jest tak zaawansowana, że wykonanie koszenia nie byłoby możliwe.

Zaplanowane zabiegi poprawią stan siedlisk roślin i zwierząt, organizmów związanych z podmokłymi terenami otwartymi.

Literatura:

- Barga-Więcławska J., 2008. Wyniki wstępnych badań do monitoringu malakofauny zlewni „Pożary” w Kampinoskim Parku Narodowym. [W:] Raport o stanie środowiska przyrodniczego Stacji Bazowej “Pożary” w 2008 r.
- Barga-Więcławska J., 2009. Malakofauna południowego pasa bagien Kampinoskiego Parku Narodowego wskaźnikiem warunków ekologicznych siedlisk [W]: Trwałość i efektywność ochrony przyrody w polskich parkach narodowych (w druku).
- Czerwona Lista Zwierząt Ginących i Zagrożonych w Polsce. Red list of threatened animals in Poland. PAN. IOP, red Głowaciński Z. Kraków 2002.
- Ferchmin M., 2007. Monitoring roślinności na Stacji Bazowej “Pożary” w KPN w latach 1994-2004. [W:] Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Program Zintegrowanego

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania ochrony obszarów Natura 2000. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, s. 127-143.

Polska czerwona księga. Bezkręgowce. 2004. red. Głowaciński Z. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków NATURA 2000-podręcznik metodyczny. Gatunki zwierząt (z wyjątkiem ptaków). T.6, 2004. red. Witkowski Z. s. 500.

Solon J., 1995. Mapa roślinności rzeczywistej Kampinoskiego Parku Narodowego. [W:] Plan Ochrony KPN.

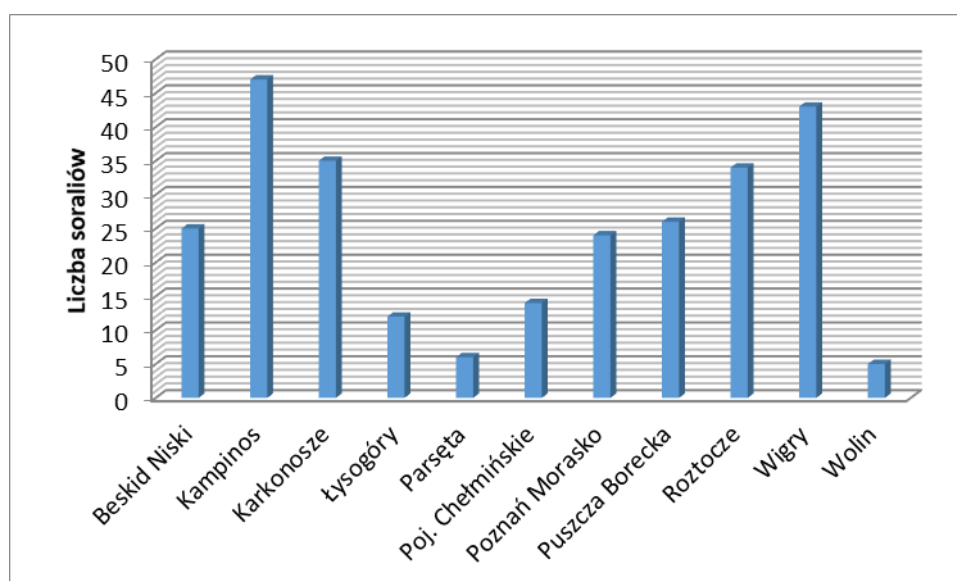
http://kampinoski-pn.gov.pl/monitoring/2008/10A_slimaki_2008d.pdf. s.39.

Rozwój soraliów wargowych w plechach porostów eksponowanych na zanieczyszczenia w obszarach o zróżnicowanej antropopresji

Małgorzata Anna Józwiak

Stowarzyszenie Naukowe Europejski Instytut Kształcenia Podyplomowego EIPOS-Kielcach

Rozmnażanie i rozprzestrzenianie się porostów ściśle uzależnione jest od warunków środowiska. Podstawowymi czynnikami sprzyjającymi ich rozmnażaniu są wilgotność powietrza, ilość opadów oraz temperatura i dostępność światła. Ich rozprzestrzenianie zaś zależy od kierunku wiatru i naturalnie występujących barier środowiskowych. Czynniki, które nie sprzyjają rozwojowi porostów są przede wszystkim zanieczyszczenia środowiska atmosferycznego co wynika z ektohydriczności plech. Pustułka pęcherzykowata (*Hypogymnia physodes*) jest porostem epifitycznym, listkowatym, zajmującym w skali lichenoidykacyjnej pozycję przeznaczoną dla porostów o średniej wrażliwości na zanieczyszczenia. Jej rozprzestrzenianie się w warunkach naturalnego występowania ściśle zależy od sposobu rozmnażania, które odbywa się bądź w wyniku fragmentacji plechy macierzystej bądź przy udziale zlichenizowanych diaspor tzw. sorediów – urwisków powstających w soraliach. Soredia składające się ze strzępek grzybów i komórek glonów rozprzestrzeniają się przy udziale wiatru, co umożliwia zwiększony zasięg występowania porostu. Analiza rozwoju i kondycji zdrowotnej plech odbywała się w oparciu o zliczanie soraliów wargowych i dokonywana była po półrocznym okresie ekspozycji w 2021r. Obejmowała wyniki z czasu ekspozycji letniej tj. miesiące maj-październik. Przyjęta metoda badawcza polegała na losowym wyborze dziesięciu fragmentów plechy o powierzchni 2cm x 2cm z gałązek transplantowanych na terenie badawczym z każdej stacji ZMŚP. Plechy oddzielano od gałązek, a następnie wykorzystując mikroskop stereoskopowy Nikon SMZ 1500 z programem NIS-Elements Basic Research, liczono ilość występujących soraliów wargowych na każdej badanej powierzchni plechy. Wyniki dokumentowano fotograficznie uzyskując z całego okresu badań 110 fotografii. Uzyskane wyniki wskazują, że najlepszą kondycją zdrowotną, a w związku z tym dużą ilością wytwarzanych soraliów wargowych charakteryzują się plechy pozyskane ze SB Kampinos i Wigry (Ryc. 1, Fot. 1), natomiast najgorszą wykazały porosty eksponowane w SB Wolin i Storkowo (Fot. 2). Na terenie stacji, gdzie stwierdzono najgorszą kondycję plech (niewykształcone soralia) występuje znacznie ograniczona możliwość rozmnażania się porostów i zasiedlania nowych obszarów.



Ryc. 1. Suma soralii występujących na powierzchni 4 cm² w 10 próbkach plech *Hypogymnia physodes* eksponowanych na terenie Stacji Bazowych ZMŚP



Fot. 1. Mączyste soralia wargowe na plesze *Hypogymnia physodes* eksponowanej w SB Kampinos



Fot. 2. Soralia wargowe na plesze *Hypogymnia physodes* eksponowanej w SB Parsęta

29 lat działalności Stacji Bazowej Łysogóry

Marek Józwiak

*Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach*

Region Gór Świętokrzyskich ze względu na wyniesienie od 100 do 400 m ponad otaczające tereny znajduje się pod wpływem zarówno lokalnych jak i zdalnych imisji przemysłowych i transportowych, szczególnie z kierunków dominujących wiatrów zachodnich oraz południowo-zachodnich. Wcześniejsze badania Wróbla i Wójcika (1989) oraz Szczęsnego (1989) wykazały silne zakwaszenie wód powierzchniowych na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego i zagrożenie w nich życia biologicznego, pochodzące ze skażonego emisjami powietrza atmosferycznego. Obserwowany zły stan zdrowotny drzewostanu (Sierpiński 1977), a także liczne publikacje (Cieśliński 1985, Bróz 1990, Kowalkowski i in. 1990, Liana i in. 1990), donoszące o zachwianiu równowagi środowiska i zagrożeniu oraz ginięciu na tym obszarze wielu gatunków flory i fauny były podstawą do podjęcia badań, których celem było rozpoznanie stanu środowiska przyrodniczego w warunkach stałej presji antropogenicznej oraz poznanie kierunku przemian zarówno abiotycznych, jak i biotycznych elementów środowiska. Tak postawione cele były podstawą stworzenia koncepcji monitoringu środowiska regionu świętokrzyskiego. W roku 1986, w ówczesnym Zakładzie Geografii Gleb i Ochrony Przyrody w Instytucie Geografii Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach, pod kierunkiem prof. Alojzego Kowalkowskiego, rozpoczęto prace nad uruchomieniem w regionie świętokrzyskim systemu monitoringu środowiska przyrodniczego według zasad technicznych stosowanych w krajach zachodnich.

W latach 1988-1990, dzięki dotacji uzyskanej z MEN, wykonano badania wyprzedzające dotyczące koncepcji monitoringu i naukowej podstawy racjonalnej lokalizacji stacji pomiarowej. Na podstawie tych badań przyjęto założenie, że w regionie świętokrzyskim ekosystemy leśne znajdują się pod antropogeniczną presją powodującą przeciwstawne procesy silnej alkalizacji oraz silnego zakwaszania z powietrza. Na obszarze tak zwanego *Białego Zagłębia* o powierzchni 1032 ha wskutek długotrwałej imisji pyłów wapiennych i cementowych emitowanych przez ówczesne Zakłady Cementowo-Wapiennicze Sitkówka-Nowiny, Trzuskawica i Małogoszcz stwierdzono przesunięcie zakresów buforowości gleb z wymiennego do krzemianowego i węglanowego.

Przy obowiązującym w stacjach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego badaniu obiegu materii w obrębie zlewni przyjęto koncepcję lokalizacji stacji monitoringu na głównym masywie Łysogór w obszarze Łyśca, na terenie ŚPN, gdzie występuje naturalny drzewostan z silnie zaznaczającymi się intensywnymi procesami przemian charakterystycznych dla ekosystemu zakwaszanego oraz masyw Malika w południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich, który jest pod wpływem silnej lokalnej alkalizacji.

Dzięki realizacji grantu KBN pt. *Ewolucja i współczesne procesy środowiskowe w regionie świętokrzyskim* w latach 1991-1993 rozpoczęto budowę stacji monitoringu zintegrowanego. Współpraca obu

państwowych uczelni funkcjonujących w Kielcach – Wyższej Szkoły Pedagogicznej i Politechniki Świętokrzyskiej oraz Wojewody Kieleckiego zaowocowała podpisaniem w dniu 5 grudnia 1991 roku listu intencyjnego w sprawie tworzenia regionalnego świętokrzyskiego monitoringu środowiska. Monitoring ten oparty był na dwóch wszechstronnie wyposażonych stacjach badawczych zintegrowanego monitoringu środowiska przyrodniczego, będących własnością Wyższej Szkoły Pedagogicznej.

Podstawą tworzenia regionalnego monitoringu środowiska w regionie Gór Świętokrzyskich były badania prowadzone w ramach ICP IM (International Cooperation Programme on Integrated Monitoring) i europejskiego monitoringu lasów (ICP Forest).

Na podstawie porozumienia zawartego między Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska w Warszawie i Koordynatorem ZMŚP w Poznaniu a Rektorem Wyższej Szkoły Pedagogicznej, Dyrekcją Świętokrzyskiego Parku Narodowego i Kieleckim Wojewódzkim Inspektoratem Ochrony Środowiska Stacja Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Święty Krzyż, z dniem 29.09.1993 roku, weszła w skład siedmiu stacji ZMŚP zlokalizowanych na obszarach reprezentujących podstawowe typy krajobrazów Polski. W związku z wyposażeniem Stacji w bardzo precyzyjną, automatyczną aparaturę do mierzenia stężeń zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego japońskiej firmy Horiba, Główny Inspektor Ochrony Środowiska Zarządzeniem wewnętrznym Nr 2, z dniem 20.01.1995 włączył ją do krajowej sieci podstawowej monitoringu powietrza. Tym samym Stacja znalazła się w wykazie 89 stacji wykonujących w roku 1995 pomiary zanieczyszczeń SO₂, NO₂, pyłu i O₃. Po przerwie trwającej od początku roku 1996 do końca 1998 roku, z dniem 1 stycznia 1999 roku Stacja została ponownie włączona do krajowej sieci Stacji Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, w której do chwili obecnej realizuje program ZMŚP w centralnej części Gór Świętokrzyskich i program specjalistyczny w południowo-zachodniej części gór.

Literatura:

- Sierpiński Z., 1977. *Przyczyny zamierania jodły w Górach Świętokrzyskich. Sylwan 121(11) : 29-39*
- Cieśliński S., 1985. *Zmiany we florze porostów epifitycznych i epiksylicznych na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego, Rocznik Świętokrzyski XII PWN W-wa, Kraków : 125-142*
- Bróz E., 1990. *Lista wymierających i zagrożonych gatunków roślin naczyniowych Krainy Świętokrzyskiej. Rocznik Świętokrzyski XVII, PWN W-wa, Kraków : 97-105*
- Kowalkowski A., Brogowski Z., Kocoń J., Swaldek M., 1990. *Stan odżywienia zdrowotność jodły (Abies alba Mill.) w Świętokrzyskim Parku Narodowym, Roczn. Świetokrzycki, 17, Warszawa-Kraków, :11-26*
- Liana A., Jabłoński B., Mikołajczyk W., 1990. *Stan fauny Świętokrzyskiego Parku Narodowego, jej walory, zagrożenia i możliwości ochrony. Rocznik Świętokrzyski XII, PWN W-wa, Kraków :135-172*
- Szczęśny S., 1989. *Wpływ zakwaszenia na zbiorowiska organizmów wodnych, W: Wróbel S. (red) Zanieczyszczenia atmosfery a degradacja wód, Mat. Sympozjum, 14-15.11.1989, Kraków, :111-122*
- Wróbel S., Wójcik D., 1989. *Zakwaszenie wód w Świętokrzyskim Parku Narodowym i w rezerwacie przyrody na Baraniej Górze. [W:] Wróbel S. (red.) Zanieczyszczenia atmosfery a degradacja wód, Mat.Symp.Kraków :77-84*

Możliwości wykorzystania bazy danych ZMŚP do oceny stopnia zachorowalności na Covid 19

Marek Józwiak¹, Małgorzata Anna Józwiak², Izabela Będkowska¹, Krzysztof Rudnicki³

¹ *Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach*

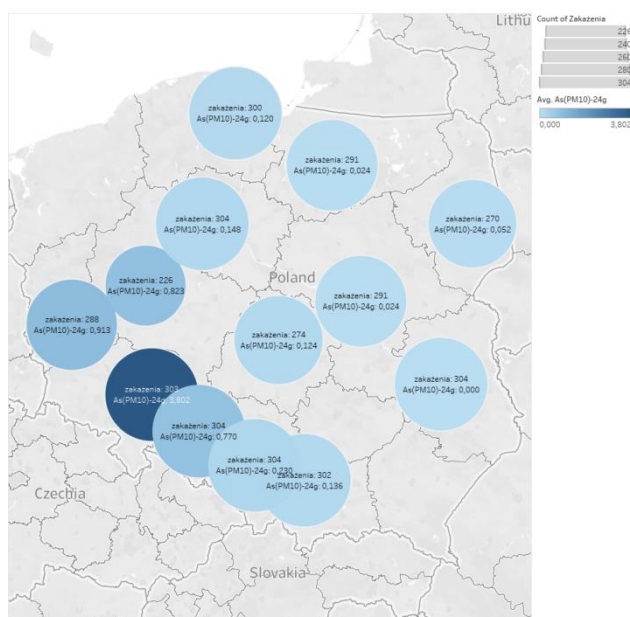
² *Stowarzyszenie Naukowe Europejski Instytut Kształcenia Podyplomowego EIPOS-Kielcach*

³ *Rehabilitacja medyczna Rudnicki Krzysztof*

Trwająca globalna pandemia choroby SARS-CoV-2 (COVID-19), spowodowana przez ciężki zespół ostrej niewydolności oddechowej, pokazuje stan zdrowia publicznego o zasięgu międzynarodowym (WHO 2020). Zgłaszane objawy pacjentów z COVID-19 obejmują kaszel, gorączkę, trudności w oddychaniu i biegunkę. W ciągu roku 2020, w którym WHO ogłosiło pandemię, zarażonych zostało ponad 105 milionów ludzi, 2,25 miliona zmarło (McNeely, Munasinghe 2021). Problem występowania pandemii COVID 19 wiąże się z głównymi problemami środowiskowymi, które mają już wpływ na XXI wiek - a mianowicie pojawieniem się chorób zakaźnych, postępującą utratą różnorodności biologicznej, zmianami klimatu i szerzej degradacją środowiska. Zrozumienie potencjalnych czynników wpływających na transmisję COVID-19 będzie miało ogromne znaczenie dla powstrzymania rozprzestrzeniania się epidemii. Czynniki środowiskowe i meteorologiczne mogą wpływać na występowanie COVID-19, ponieważ są one powiązane z różnymi chorobami, w tym zespołem ciężkiego ostrego układu oddechowego (SARS) i zespołem oddechowym na Bliskim Wschodzie (MERS), których patogeny sprawcze należą do tej samej rodziny wirusów co SARS-CoV-2 (McNeely, Munasinghe 2021). Są już dowody na ścisłą korelację między wysokim poziomem zachorowalności w przypadku zespołu ciężkiej ostrej niewydolności oddechowej CoronaVirus 2 (SARS-CoV-2) a zanieczyszczeniem atmosfery – Włochy (Conticini i in. 2020), Chiny (Chen i in. 2020), Polska (Niemirycz, Kobusińska 2020). Zanieczyszczenie powietrza stanowi jedną z najbardziej znanych przyczyn przedłużających się stanów zapalnych, prowadząc ostatecznie do nadmiernej aktywacji wrodzonego układu odpornościowego. Mimo, że od początku pandemii przeprowadzono liczne badania, których celem było przedstawienie skali występowania pandemii COVID 19 (Palayew i in. 2020) nadal poznanie specyfiki funkcjonowania Covid 19 i uwarunkowań wymaga wyjaśnienia. Bardzo istotnym problemem jest powiązanie wielkości zanieczyszczeń powietrza ze stanem zachorowań i zgonów na Covid 19. Aby można było przeprowadzić tego typu analizę potrzebna jest baza danych, z jednej strony dokumentująca zachorowania i zgony, z drugiej zanieczyszczenia powietrza. Środowisko medyczne gromadzi takie dane w dwóch systemach: Ogólnopolskim Rejestrze Ostrych Zespołów Wieńcowych i rejestrach kardiologicznych (ORPKI). Danymi dotyczącymi zanieczyszczeń powietrza natomiast dysponują oprócz GIOŚ także Stacje Bazowe ZMŚP.

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

W niniejszym opracowaniu autorzy wskazują na możliwości wykorzystania zgromadzonych danych dotyczących zanieczyszczenia powietrza i zachorowalności na Covid 19 (Ryc. 1).



Ryc. 1 Rodzaj zanieczyszczenia i liczba zakażeń na Covid 19 w roku 2020 w Polsce

Literatura:

- Chen, X.C.; Chuang, H.C.; Ward, T.J.; Tian, L.; Cao, J.J.; Ho, S.S.; Lau, N.C.; Hsiao, T.C.; Yim, S.H.; Ho, K.F. Indoor, outdoor, and personal exposure to PM_{2.5} and their bioreactivity among healthy residents of Hong Kong. *Environ Res* 2020, 188, 109780.
- Conticini E., Frediani B., Caro D., 2020. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy, *Environmental Pollution*, Volume 261, June 2020, 114465 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465> McNeely, J.A.,
- Munasinghe, M., 2021. Early lessons from COVID-19: An overview. *Ambio* (2021). <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01541-x>
- Niemirycz E, Kobusińska M., 2020. Przenoszenie powietrzem trwałych zanieczyszczeń organicznych na dalekie odległości – nowe znaczenie problemu w czasie pandemii SARS-CoV-2, *Technologia wody Rok XII Zeszyt 3-4(71-72)*, ISSN 2080-1467
- Palayew, A., O. Norgaard, K. Safreed-Harmon, T. Andersen, L. Rasmussen i J. Lazarus. 2020. Publikacje pandemiczne to nowe wyzwanie związane z COVID-19. *Nature Human Behavior* 4: 666–669.
- WHO 2020. Statement on the Second Meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee Regarding the Outbreak of Novel Coronavirus (2019-nCoV)

Stacja Bazowa ZMŚP Łysogóry – system pomiarowy

Marek Józwiak¹, Małgorzata Anna Józwiak², Rafał Kozłowski¹, Mirosław Szwed¹, Monika Żelezik¹

¹ Instytut Geografii i Nauk o Środowisku,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

² Stowarzyszenie Naukowe Europejski Instytut Kształcenia Podyplomowego EIPOS-Kielce

Stacja Bazowa Łysogóry funkcjonuje w sieci Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego od 1994 roku. Założonym bezpośrednim celem funkcjonowania Stacji jest m.in. pomiar, gromadzenie danych i analiza krótko- i długookresowych zmian zachodzących w ekosystemie leśnym Świętokrzyskiego Parku Narodowego pod wpływem cyklicznie zmieniających się działań czynników naturalnych środowiska przyrodniczego oraz gospodarczej działalności człowieka.

Program pomiarowy Stacji posiada w swoim zakresie sześć elementów składowych ekosystemu, tj. powietrze, roślinność, klimat, gleby, wody opadowe i powierzchniowe oraz skały. Elementy te są rozpatrywane jako integralne składniki środowiska, znajdujące się we wzajemnych interakcjach i działające nieprzerwanie w czasie i w przestrzeni. W systemie, zgodnie z założeniem (Ryc. 1) na wejściu znajduje się powietrze atmosferyczne, z imisją i klimatem ponad koronami drzew. Przetwarzanie dochodzącej energii i materii następuje w hydrosferze i w pedosferze. Na wyjściu znajdują się skały podłoża glebowego w układzie pionowym oraz areala kateny stokowej kolejnych biotopów i biocenoz w układzie poziomym zlewni rzecznej. Tak realizowany zakres pomiarowy odpowiada zarówno programowi Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego {Kostrzewski i in.2021}, jak i programom Interated Monitoring i ICP Forest Poziom II.

W układzie pionowym pomiary wykonywane są na stałej powierzchni obserwacyjnej (Ryc. 2) i obejmują: na „wejściu” – imisję SO₂, NO₂, NO, NO_x, O₃ przy użyciu analizatorów firmy Horiba posiadających certyfikat EPA i TUV oraz temperaturę powietrza, wilgotność względną powietrza, kierunek i prędkość wiatru, promieniowanie słoneczne, opad atmosferyczny za pomocą stacji Milos 500 firmy Vaisal. Wszystkie pomiary wykonywane są automatycznie, a wyniki uśredniane są do wartości 30 minutowych.

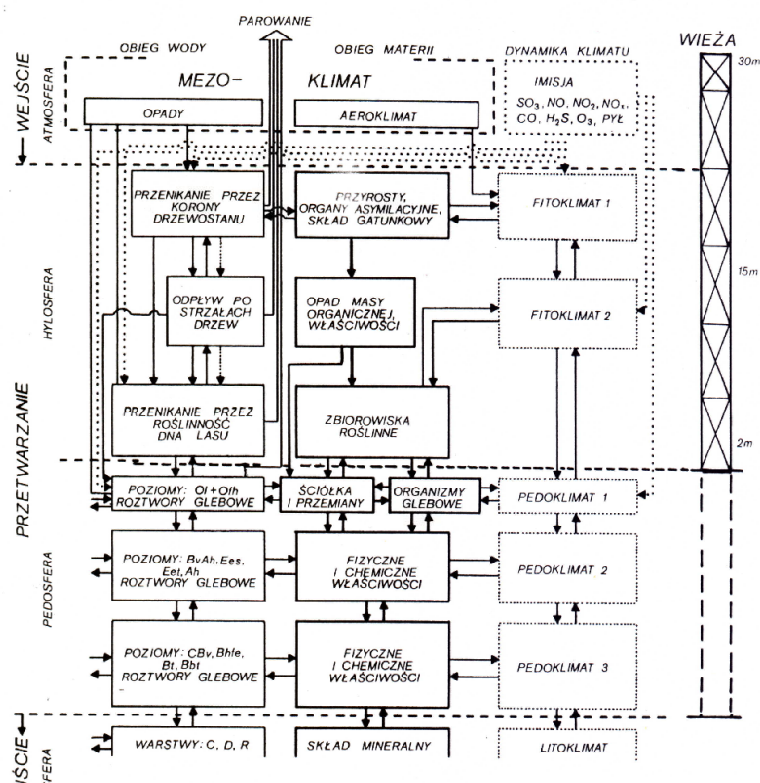
W sferze „przetwarzania” – imisję pyłu zawieszzonego, ilościowe i jakościowe pomiary wód opadów atmosferycznych przenikających przez korony drzewostanu jodłowo-bukowego i bukowego, wód spływających po pniach drzew (10 punktów pomiarowych) oraz roztworów glebowych na pięciu głębokościach (15 cm, 30 cm, 60 cm, 90 cm, 120 cm).

W cyklu tygodniowym wykonywane są badania właściwości fizyko-chemicznych badanych wód przy użyciu miernika jakości wody HQ 2200. Z pobranych próbek wody wykonuje się próbę miesięczną, w której oznaczany jest skład chemiczny na zawartość 18 pierwiastków. Ponadto badania obejmują miesięczne pomiary ilości i składu chemicznego opadu organicznego zbieranego do 30 chwytników.

W układzie poziomym badania realizowane są w obrębie zlewni rzecznej o powierzchni 1,3 km² i obejmują: wody podziemne reprezentowane przez źródła Z2, zlokalizowanego w górnej części zlewni na wysokości 528 m n.p.m. oraz Z3 w dolnej części stoku na wysokości 328 m n.p.m.. Punkt zamknięcia zlewni

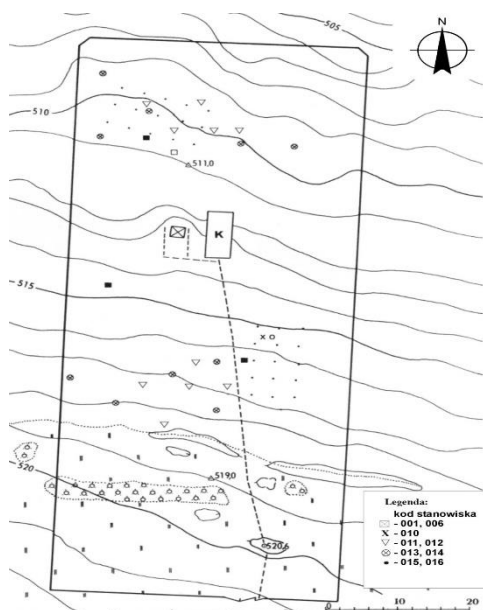
XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

(C6) znajduje się na wysokości xxx m n.p.m. i wyposażony jest w przelew Ponsoleta, łatę wodowskazową i limnigraf.

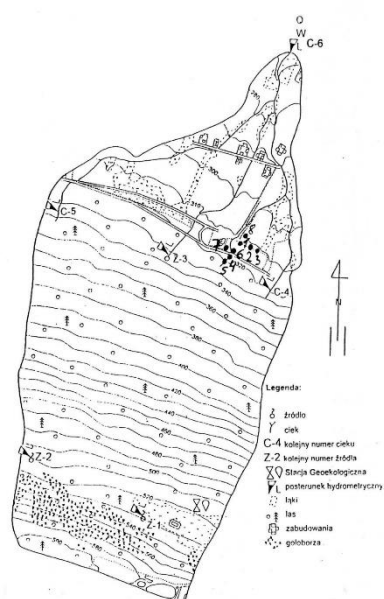


Ryc. 1 Założenia metodologiczne monitoringu geoekologicznego w SB ZMŚP Łysogóry

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022



Ryc. 2 Lokalizacja stanowisk badawczych na stałej powierzchni SB ZMŚP Łysogóry



Ryc. 3 Zlewnia badawcza SB ZMŚP Łysogóry

**Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geosystemu zlewni Bystrzanki
(SB Beskid Niski) w latach 1994-2021**

Małgorzata Kijowska-Strugała, Witold Bochenek

*Stacja Badawcza w Szymbarku,
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN*

Stacja Bazowa ZMŚP Beskid Niski, zlokalizowana jest w zlewni Bystrzanki (powierzchnia 13 km², IV rząd wg MPHP) w dorzeczu górnej Wisły. Zlewnia reprezentuje cechy charakterystyczne dla gór niskich i pogórzy i jest jedyną spośród stacji bazowych ZMŚP reprezentującą geosystem beskidzki. W pokryciu terenu dominują użytki rolne 41,8% (w tym grunty orne – 6,8%, użytki zielone – 35,0%), następnie powierzchnie zalesione – 38,8%, przejściowe tereny leśne z zakrzaczeniami, – 11%, powierzchnie zurbanizowane z sadami – 8,4%. W okresie ostatnich 60 lat zaobserwowano zasadnicze zmiany w pokryciu terenu, dotyczące przede wszystkim użytków rolnych: powierzchnia gruntów ornich zmniejszyła się ponad 5-krotnie kosztem 8-krotnego przyrostu powierzchni zajmowanej przez użytki zielone.

Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1994-2021 wyniosła 8,7°C, a opadów atmosferycznych od 853,3 mm, czego skutkiem były względnie wysokie sumy opadu podkoronowego w drzewostanie grabowym (494,2 mm) oraz świerkowym (478,3 mm). Rozkład opadów w ciągu roku determinował wielkość odpływu ze zlewni. Odpływ w półroczu zimowym charakteryzuje się spadkowym trendem wynoszącym 4,1 mm rok⁻¹, mimo braku istotnego statystycznie spadkowego trendu sum opadu w tym półroczu. Statystycznie istotny trend w tej części roku dotyczy jednakże sum opadu w postaci śniegu. Zatem, zmniejszanie się roli spływu powierzchniowego wód roztopowych skutkowało coraz niższym odpływem ze zlewni Bystrzanki. Wzrostowa tendencja temperatury, zwłaszcza w okresie letnim, powodująca wzrost ewapotranspiracji, skutkowała występowaniem spadku retencji. W badanym wieloleciu występuje również statystycznie istotny wzrostowy trend wskaźnika suchości klimatu.

W zlewni Bystrzanki, notowano wyższą mineralizację wód po przejściu przez strefę koron drzew (zwłaszcza w przypadku świerka) w odniesieniu do mineralizacji opadu atmosferycznego. Ponadto, analiza wykazała, że ładunek substancji rozpuszczonych wynoszony ze zlewni Bystrzanki był o 94% wyższy niż średni ładunek substancji dostarczanych z opadem atmosferycznym. Ważnym wskaźnikiem jakości środowiska są także koncentracje biogenów w Bystrzance, mające pochodzenie allochtoniczne, związane z zanieczyszczeniem wody przez ścieki komunalne i rolnicze. Udział biogenów w sumie jonów rozpuszczonych w wodzie wykazywał trend spadkowy, co wynika m.in. ze zmiany użytkowania ziemi i rozwoju sieci kanalizacyjnej w zlewni. Zmiany użytkowania ziemi wpłynęły również na zmiany ładunku materiału zawieszzonego wynoszonego w poszczególnych latach, choć w kształtowaniu wartości rocznych istotne znaczenie miały także prace inżynierskie na obszarze zlewni, zwłaszcza w korycie potoku, po 2004 r.

Prowadzone badania w ramach ZMŚP wykazały, że zagrożeniem dla funkcjonowania geosystemu zlewni Bystrzanki są zarówno procesy naturalne jak i antropogeniczne.

Właściwości fizyczne i chemizm pokrywy śnieżnej w Karkonoszach w latach 2016-2021

Krzysztof Krakowski

*Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Karkonosze”
Karkonoski Park Narodowy z siedzibą w Jeleniej Górze*

Pokrywa śnieżna w Karkonoszach jest bardzo ważnym czynnikiem klimatotwórczym i ekologicznym. Czas jej zalegania, zróżnicowanie przestrzenne podstawowych właściwości fizycznych tj. wysokość, gęstość i wodny ekwiwalent decydują o warunkach zimowania roślin i zwierząt. Zgromadzony w niej zapas wody i jej skład chemiczny określają stosunki wilgotnościowe podłoża oraz wpływają na skład chemiczny roztworów glebowych u progu okresu wegetacyjnego. Pokrywa śnieżna ma również ogromne znaczenie hydrologiczne, ponieważ jest formą retencji wody – tzw. retencja śnieżna, która stanowi ważny zapas wody zmagazynowany w sposób naturalny. W czasie zimy, jeśli pokrywa śnieżna przykrywa niezamrznięty grunt, część zawartej w niej wody przenika do podłoża, zwiększając wilgotność glebową i zasila wody podziemne, a za ich pośrednictwem rzeki i jeziora. Jeśli śnieg przykryje grunt zamrznięty, to jego długotrwałe zaleganie może być przyczyną wystąpienia niżówek zimowych. Podczas odwilży lub wiosennego topnienia zgromadzona w pokrywie śnieżnej woda wsiąka w podłoże, albo spływa powierzchniowo. Proces ten może przebiegać powoli lub gwałtownie, powodując wtedy roztopy i powodzie.

Pokrywa śnieżna jest też swoistym „magazynem” zanieczyszczeń atmosferycznych, a skład chemiczny wody powstałej z jej stopienia nie jest tylko prostą sumą składników chemicznych wniesionych przez kolejne porcje opadu. Podczas zalegania pokrywy śnieżnej dokonuje się na jej powierzchni sucha depozycja zanieczyszczeń, odkłada się szadź, śnieg może być wywiewany z określonych miejsc w inne, może zachodzić także częściowe jej topnienie od góry i/lub od dołu oraz częściowe odprowadzanie wody do gruntu. Zjawiska te prowadzą w efekcie do ciągłych zmian chemizmu pokrywy śnieżnej. Przy braku topnienia śniegu dochodzi do kumulowania się całego ładunku zanieczyszczeń wnoszonego przez kolejne porcje opadu atmosferycznego. Do uwolnienia zanieczyszczeń z pokrywy śnieżnej i ich przeniknięcia do gleby, wód podziemnych i powierzchniowych dochodzi dopiero podczas tajania śniegu. Z uwagi na długi czas formowania się oraz duży zapas wody, pokrywa śnieżna ma ogromne znaczenie w kształtowaniu struktury przychodu wody oraz depozycji zanieczyszczeń (Cichała-Kamrowska, 2012).

Pomiary właściwości fizycznych pokrywy śnieżnej wykonywano na 3 stanowiskach pomiarowych: w dolnej części zlewni Wrzosówki – na terenie stacji meteorologicznej w Jagniątkowie na wysokości 615 m n.p.m., w strefie górnej granicy lasu – na NE stokach Kamiennika na wysokości 1240 m n.p.m. oraz w strefie szczytowej – na terenie stacji meteorologicznej na Szrenicy na wysokości 1325 m n.p.m.

Na podstawie pomiarów pokrywy śnieżnej przeprowadzonych w latach 2016-2021 scharakteryzowano przebieg zmienności czasowej i przestrzennej następujących właściwości fizycznych pokrywy śnieżnej w Karkonoszach: wysokość pokrywy śnieżnej, jej gęstość oraz zapas wody w pokrywie śnieżnej. Przedstawiono także wyniki analiz chemicznych próbek pokrywy śnieżnej, na podstawie których

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

przeanalizowano przebieg zmienności chemizmu pokrywy śnieżnej obserwowany w Karkonoszach w latach 2016-2021.

Literatura:

Cichała-Kamrowska, K., 2012, Pokrywa śnieżna jako źródło informacji o zanieczyszczeniu środowiska, Rozprawa doktorska, Politechnika Gdańska, Wydz. Chemiczny, Katedra Chemii Analitycznej.

Zmienność składu chemicznego wód Różanego Strumienia w Poznaniu

Maciej Major^{1,2}, Maria Chudzińska¹, Mikołaj Majewski^{1,2}, Małgorzata Stefaniak¹

¹ Stacja Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Poznań-Morasko”,

Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

² Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Stacja Bazowa Poznań-Morasko jest pierwszą w Polsce stacją w programie ZMŚP działającą w obrębie dużej aglomeracji miejskiej. Położenie stacji w środowisku miejskim pozwala na uzyskiwanie danych charakteryzujących skalę i dynamikę przemian zlewni rzecznych w wyniku gospodarczej działalności człowieka. Podstawowym obiektem badawczym stacji jest zlewnia Różanego Strumienia, o powierzchni ok. 7,7 km². Głównym ciekim w zlewni jest lewobrzeżny dopływ Warty – Różany Strumień, o długości 6,9 km.

Celem badań była ocena zmienności składu chemicznego wód Różanego Strumienia, głównego ciek w badanej zlewni. Prezentowane wyniki obejmują lata hydrologiczne 2016-2021.

Analiza miesięcznych wartości współczynnika przepływu od 2015 roku wskazuje, że Różany Strumień jest ciekim reprezentującym reżim niwalny, średnio wykształcony, z najwyższą miesięczną wartością wskaźnika przepływu w półroczu zimowym. Najniższe średnie roczne przepływy, pomimo stosunkowo obfitych opadów, zarejestrowano w 2016 roku (0,006 m³·s⁻¹). Najwyższe przepływy w Różanym Strumieniu zarejestrowano w 2017 (0,0171 m³·s⁻¹) roku oraz na początku 2018 roku, co wiązać można z wysokimi sumami opadów w latach 2016-2017 oraz w pierwszym kwartale 2018 roku. Wielkość przepływów znacząco zmalała w pozostałej części 2018 roku i taki stan utrzymał się do 2021 roku (2019 – 0,0051 m³·s⁻¹; 2020 – 0,0052 m³·s⁻¹; 2021 – 0,0059 m³·s⁻¹).

W wyniku przeprowadzonych badań wody Różanego Strumienia charakteryzowały się lekko zasadowym odczynem (średnia ważona pH wyniosła 7,98; od wartości 7,88 w latach 2019-20 do 8,05 w 2018 roku). Wyniki pomiarów przewodności elektrolitycznej właściwej (SEC) w próbkach pozwoliły zaliczyć te wody do wysoko zmineralizowanych. Średnia ważona wartość przewodności wyniosła 88,1 mS·m⁻¹; przy niewielkiej zmienności (od 83,7 mS·m⁻¹ w 2017 roku do 94,5 mS·m⁻¹ w 2016 roku). Według klasyfikacji Altowskiego i Szwieca wody Różanego Strumienia należą do typu hydrogeochemicznego wapniowo-wodorowęglanowo-chlorkowego. Analizowane wody powierzchniowe zawierają duże ilości wapnia, którego średnia wartość wyniosła 162,7 mg·dm⁻³; od 130,3 mg·dm⁻³ w 2020 roku do 190,0 mg·dm⁻³ w 2017 roku. Równie wysokie były stężenia chlorków (78,6 mg·dm⁻³; od 74,6 mg·dm⁻³ w 2018 roku do 84,0 mg·dm⁻³ w 2021 roku) i jonów wodorowęglanowych (346 mg·dm⁻³; od 319 mg·dm⁻³ w 2019 roku do 359,3 mg·dm⁻³ w 2021 roku).

Wielkości ładunków substancji rozpuszczonych (2016 rok – 171,4 kg·ha⁻¹; 2017 rok – 494,5 kg·ha⁻¹; 2018 rok – 516,2 kg·ha⁻¹; 2019 – 129,5 kg·ha⁻¹; 2020 – 132,9 kg·ha⁻¹; 2021- 159,3 kg·ha⁻¹) i odprowadzanych ze zlewni uzależnione były od panujących warunków hydrometeorologicznych, w tym od przepływów skorelowanych z sumami opadów. Struktura jonów w badanym okresie była taka sama i na podstawie

uzyskanych średnich wartości z lat 2016-2021 stwierdzono, że największymi ładunkami wśród anionów odznaczały się jony wodorowęglanowe ($136,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), następnie chlorki ($31,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i siarczany ($11,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), a wśród kationów wapń ($64,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), sód ($15,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i magnez ($5,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). W przypadku większości jonów zaobserwowano zależność wielkości ich ładunku od przepływu. W miesiącach letnich i jesiennych przepływów rejestrowano obniżone wartości ładunków, co wiąże się z mniejszym wskaźnikiem odpływu.

Powyższe badania wykazały, że Różany Strumień jest zanieczyszczony w niewielkim stopniu. Na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. jakość wód Różanego Strumienia we wszystkich analizowanych latach określono poniżej dobrego. Wysoka wartość SEC związana była m.in. z przekształceniami antropogenicznymi w zlewni (zmianami struktury użytkowania terenu, deforestacją zlewni dla potrzeb urbanizacji oraz rolnictwem) jak również dostawą zanieczyszczonych wód do cieków, czy też spływami powierzchniowymi z obszarów rolniczych. Stężenia substancji biogennych (NO_3^- , NH_4^+ i K^+), dostarczanych głównie w wyniku działalności człowieka były nieznaczne w latach 2016-2021 i nie miały wpływu na typy hydrogeochemiczne wód. W badanej zlewni występował dodatni bilans jonów biogennych we wszystkich analizowanych latach. Z kolei pozostałe składniki chemiczne (jony denudacyjne) występujące w wodach krążących w zlewni cechowały się ujemnym bilansem.

Literatura:

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, 2021 (Dz.U. 2021 poz. 1475).

System pomiarowo-badawczy Stacji Bazowej ZMŚP „Kampinos”

Adam Olszewski, Anna Andrzejewska, Agnieszka Gutkowska

Kampinoski Park Narodowy

Sieć pomiarowo badawcza Stacji Bazowej ZMŚP „Kampinos” została założona w sierpniu 1993 r. Jedyna stacja ZMŚP na Mazowszu powstała w strukturze Kampinoskiego Parku Narodowego stanowiąc jego jednostkę organizacyjną. Pomiary prowadzone są na ponad 100 stanowiskach pomiarowych. Część z nich realizowana jest we współpracy z naukowcami z innych instytucji.

Zlewnia doświadczalna położona jest na Nizinie Środkomazowieckiej w pradolinie Wisły, na północny zachód od Warszawy. Niemal w całości wchodzi w skład mezoregionu Kotliny Warszawskiej, jedynie jej południowy skraj sięga na Równinę Łowicko-Błońską. Znajduje się w dorzeczu Łasicy – prawego dopływu Bzury. Obejmuje ona górną (źródłową) część dorzecza Kanału Olszowieckiego Północnego. Jest zlewnią IV rzędu w dorzeczu Wisły. Powierzchnia zlewni badawczej „Kampinos” wynosi 21,00 km², z tego 39% stanowią obszary powierzchniowo bezodpływowe. Zlewnia ZMŚP „Kampinos” wykorzystuje szerokie, zabagnione obniżenie wypełnione utworami organicznymi, które rozcina Kan. Olszowiecki Płn. Najniższy punkt stanowi profil hydrologiczny zamykający zlewnię, w którym średnie położenie zwierciadła wody Kanału Olszowieckiego wynosi 71,7 m n.p.m. Maksymalna wysokość terenu w granicach zlewni to 103,9 m n.p.m., minimalna natomiast to 70,6 m n.p.m., co daje deniwelację 33,3 m oraz wysokość średnią równą 79,49 m n.p.m. (w skorygowanych w 2015 roku granicach jest to 79,75 m n.p.m.). Łączna długość sieci rzecznej w zlewni to 15 808 m, co daje gęstość sieci rzecznej na poziomie 0,752 km·km⁻² w odniesieniu do całkowitej powierzchni zlewni i 1,928 km·km⁻² w odniesieniu do powierzchni czynnej zlewni topograficznej (z pominięciem obszarów bezodpływowych). Całkowita powierzchnia zbiorników wodnych w zlewni jest niewielka i wynosi 15 856 m², co daje jeziorność na poziomie 0,075%. Lesistość zlewni wynosi 82%. Zlewnia ZMŚP „Kampinos” w około 90% znajduje się na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego i obszaru Natura 2000 „Puszcza Kampinoska” PLC140001.

Litologia badanej zlewni jest odbiciem przeszłości geologicznej oraz morfogenezy. Wśród utworów powierzchniowych (rozpatrywanych do głębokości 2 m) dominującą rolę odgrywają piaski luźne, piaski słabo gliniaste oraz piaski słabo gliniaste na piaskach luźnych (około 50% zlewni); ich położenie odpowiada wałom wdmowym oraz odsłoniętym osadom tarasu falenickiego. Utwory piaszczyste budują miejsca wyżej położone. Torfy pokrywają ponad 27% zlewni; można je podzielić wg miąższości: do 50 cm, od 50 do 100 cm i powyżej 100 cm. Obok torfów istotną rolę odgrywają również różnoziarniste piaski słabo gliniaste i gliniaste lekkie oraz mocne pylaste na piaskach luźnych, gliniastych, glinie lekkiej i średniej (około 13%). Budują one obszary położone poniżej strefy krawędziowej Równiny Łowicko-Błońskiej. Mursze spiaszczone na piaskach luźnych, także mursze

i torfy zmurszałe (9,9%) są związane z obrzeżami obniżeń wypełnionych torfami o miąższości ponad 50 cm. Utwory cięższe położone są na Równinie Łowicko-Błońskiej (część południowa) wraz z niewielkimi obszarami pyłów i glin lekkich (1%). Mursze i zmurszałe torfy odpowiadają strefie przejściowej między torfowiskami niskimi i pasami wydumowymi. Mokradła stałe zajmują około 27% zlewni a wraz z mokradłami okresowymi stanowią blisko 37% jej powierzchni.

Obecnie realizowane programy w Stacji Bazowej ZMŚP „Kampinos”

❖ Podstawowe

- A1: meteorologia
- B1: zanieczyszczenie powietrza
- C1: chemizm opadów atmosferycznych
- C2: chemizm opadu podkoronowego
- C3: chemizm spływu po pniach
- D1: metale ciężkie i siarka w porostach
- D2: metale ciężkie i siarka w mchach
- E1: gleby
- F1: chemizm roztworów glebowych
- F2: wody podziemne
- G2: opad organiczny
- H1: wody powierzchniowe – rzeki
- I1: hydrobiologia rzek – makrofity i ocena hydromorfologiczna koryta rzecznego
- J2: struktura i dynamika szaty roślinnej
- J3: monitoring IGO – rośliny
- K1: uszkodzenia drzew i drzewostanów

❖ Analityczne

1. zmiany pokrycia terenu i użytkowanie ziemi
2. świadczenia geoekosystemów
3. modelowanie zmian bilansu wodnego i biogeochemicznego
4. funkcjonowanie geoekosystemów zlewni badawczych zlewni ZMŚP w warunkach zmian klimatu i narastającej antropopresji (z uwzględnieniem zjawisk ekstremalnych)
5. funkcjonowanie geoekosystemu z wykorzystaniem geo- i biowskaźników

❖ Specjalistyczne

- monitoring chiropterofauny
- monitoring bociana białego

Specyfika warunków termiczno-opadowych w zlewni Świerszcza i jej wpływ na stan zasobów wodnych

Bogusław Radliński, Przemysław Stachyra

Roztoczańskie Centrum Monitoringu i Nauki (Stacja Bazowa ZMŚP Roztocze)

Ostatnie dziesięciolecie odznaczało się dużą dynamiką zjawisk o charakterze anomalii pod względem średniej rocznej temperatury powietrza, jak i rocznych sum opadów. W warunkach zlewni badawczej strumienia Świerszcz sytuację obrazuje wielkość rocznego wskaźnika warunków termiczno-opadowych (**Br**) obliczonego wg wzoru: $Br = 0,2 \times Psw \times Tr - Pr$, gdzie: Psw – średnia roczna suma opadów w wieloleciu, Tr – średnia roczna temperatura, Pr – roczna suma opadów. Wskaźnik spełnia się dobrze dla konkretnego obszaru do szybkiej oceny warunków termiczno-opadowych w skali pięciostopniowej, standaryzowanej w stosunku do średnich opadów: klasa 1 – $Br < 0,4 Psw$ – lata mokre, klasa 2 – $0,4 Psw < Br < 0,6 Psw$ – lata wilgotne, klasa 3 – $0,6 Psw < Br < 0,8 Psw$ – lata normalne, klasa 4 – $0,8 Psw < Br < Psw$ – lata suche, klasa 5 – $Br > Psw$ – lata ekstremalnie suche.

Zasoby wód podziemnych i powierzchniowych powiązane są ściśle z warunkami termiczno-opadowymi panującymi w danym przedziale czasowym na określonym terenie. W roku 2021 roczna suma opadów była najwyższa od momentu rozpoczęcia pomiarów w Zwierzyńcu (130% wartości średniej), a średnia roczna temperatura powietrza po raz pierwszy od 8 lat była niższa od średniej. Rozkład opadów w ciągu roku był jednak niekorzystny. W półroczu zimowym suma opadów stanowiła 90% wartości średniej, natomiast w letnim przekroczyła 150% wartości średniej z wielolecia. W okresie chłodnym nie nastąpiło dalsze pogłębienie deficytu zasobów wodnych, ale niskie stany utrzymywały się do początku kwietnia w płytkich wodach czwartorzędowych i do końcówki kwietnia w wodach podziemnych poziomu kredowego. Ekstremalnie wysokie opady w okresie letnim doprowadziły do znaczącej odbudowy zasobów wód podziemnych i wzrostu przepływu w strumieniu Świerszcz. Po raz pierwszy od 7 lat odnotowano poziom zwierciadła wód podziemnych w kredzie wyższy niż średni wysoki stan wody z okresu wielolecia, a w piezometrze ujmującym płytsze wody czwartorzędowe, wysoki stan utrzymał się do początku maja bieżącego roku.

Zjawiska ekstremalne w zlewni górnej Parsęty i ich wpływ na funkcjonowanie środowiska geograficznego

Józef Szpikowski^{1,2}, Grażyna Szpikowska¹, Monika Domańska¹

¹ *Stacja Geoekologiczna w Storkowie, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

² *Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Realizacja programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Stacji Bazowej Parsęta w Storkowie umożliwia, poprzez analizę zebranych serii danych meteorologicznych i hydrologicznych, ocenę wpływu zjawisk ekstremalnych na funkcjonowanie środowiska geograficznego. Stacja Bazowa ZMŚP Parsęta realizuje program monitoringu w zlewni górnej Parsęty od roku 1994, a wcześniejsze serie obserwacji meteorologicznych i hydrologicznych rozpoczęto w roku 1987. Uzyskiwane wyniki uznajemy za reprezentatywne dla strefy młodoglacjalnej makroregionu Pojezierza Drawskiego.

Realizowany monitoring przypada na okres zmian klimatycznych, o których najdobitniej świadczy wzrost temperatury powietrza. Od roku 1987 występuje wyraźny, istotny statystycznie trend rosnący, który wynosi 0,46°C na 10 lat. Zmian temperatury powietrza wpływają m.in. na wielkość parowania, odpływu wody ze zlewni i na bilans wodny geoekosystemu zlewni górnej Parsęty.

Do obliczeń wartości ekstremalnych obserwowanych zjawisk wykorzystano metodę stosowaną w ZMŚP: ekstrema absolutne (minimalne i maksymalne wartości danego zjawiska w całej serii obserwacyjnej) oraz wartości danego zjawiska o prawdopodobieństwie $p < 1\%$ (1. i 99. percentyl, czyli zjawiska ekstremalne wyjątkowe) i o prawdopodobieństwie $p < 10\%$ (10. percentyl i 90. percentyl, czyli zjawiska ekstremalne).

Zjawiska ekstremalne odzwierciedlają się w funkcjonowaniu geoekosystemu zlewni górnej Parsęty. Przykłady to: wysokie wezbrania uruchamiające na wyjątkową skalę odpływ fluwialny, głębokie i długotrwałe niżówki połączone z zanikaniem mniejszych cieków i małych zbiorników wodnych czy straty w drzewostanach i infrastrukturze spowodowane silnym wiatrem.

W tabeli 1 zestawiono najważniejsze absolutne wartości ekstremalne wybranych parametrów meteorologicznych i hydrologicznych.

Przykład zjawiska ekstremalnego w zlewni górnej Parsęty

W dniach 16-18 lipca 2018 roku w Stacji Bazowej Parsęta w Storkowie zanotowano ekstremalny opad atmosferyczny o łącznej sumie 178,3 mm. W dniach 17 i 18 lipca spadło 168,9 mm opadu, co było najwyższą sumą dwudniowego opadu dla wielolecia obserwacyjnego 1987-2021 w Storkowie (ryc. 1). Opad z okresu 16-18 lipca stanowił 25% rocznej sumy opadu w roku 2018 (670,3 mm) i 193% średniego wieloletniego opadu lipcowego (87,4 mm). Był poprzedzony okresem

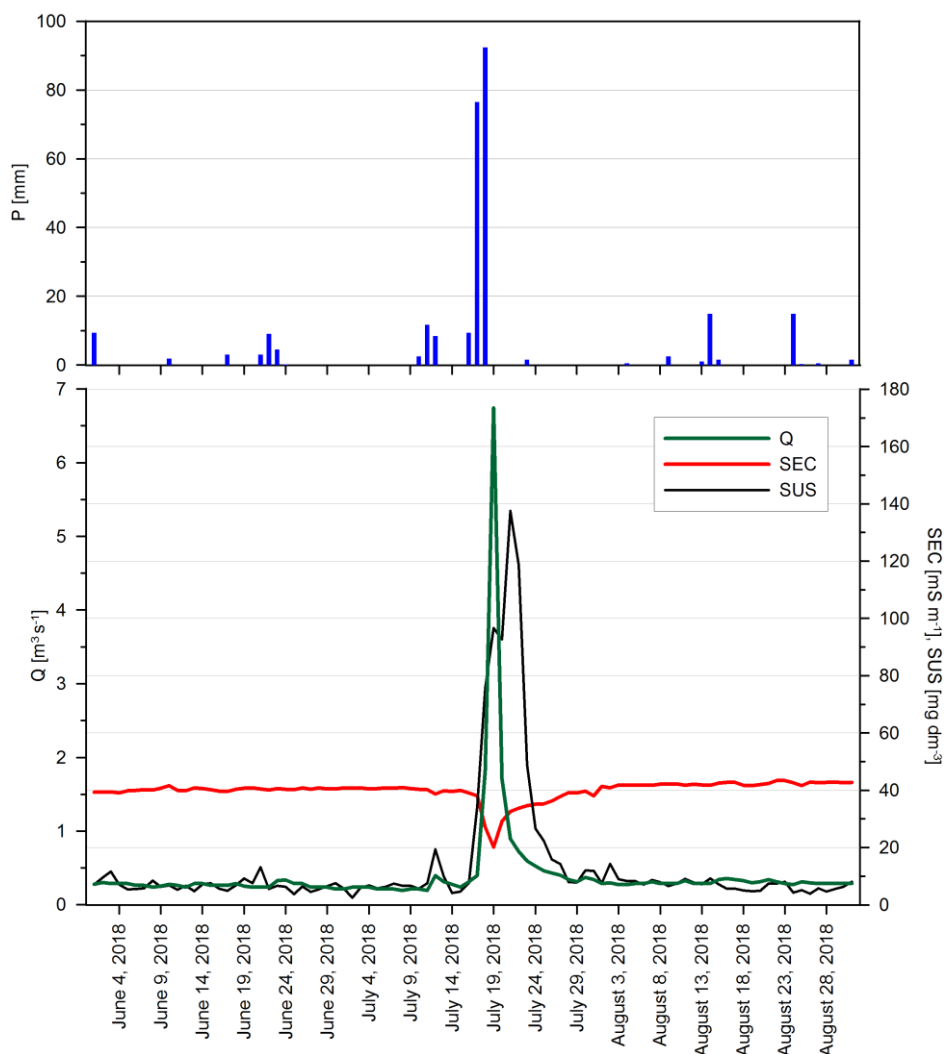
XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

suchym: podczas wcześniejszych 60 dni spadło zaledwie 55 mm opadu. Przed ekstremalnym opadem przepływ w Parsęcie w profilu Storkowo od połowy maja utrzymywał się w strefie od SNQ do NSQ (od 0,25 do 0,39 m³s⁻¹). W dniu 18 lipca przepływ wzrósł do 1,82 m³ s⁻¹, a w dniu następnym do maksymalnej wysokości w wieloleciu 1994-2021: 6,74 m³ s⁻¹. Wezbranie trwało 9 dni. 27 lipca przepływ w Parsęcie obniżył się do 0,4 m³ s⁻¹. W trakcie całego wezbrania odpływ ze zlewni górnej Parsęty wyniósł 16,2 mm, co stanowiło 70% odpływu lipcowego i 5% całkowitego odpływu rocznego w roku 2018 (324,8 mm). Dwukrotnie wzrósł średni miesięczny odpływ jednostkowy. Maksymalny dobowy odpływ jednostkowy osiągnął 92 m³ s⁻¹ km⁻². Podczas wezbrania odpłynęło 105 t materiału zawieszonego. Stanowiło to 19% ładunku materiału zawieszonego odprowadzonego ze zlewni górnej Parsęty w roku 2018 (562 t). Dostawa słabo zmineralizowanych wód opadowych spowodowała obniżenie przewodności elektrolitycznej wód Parsęty o połowę (z 40 do 20 mS m⁻¹). Ładunek materiału rozpuszczonego odprowadzonego ze zlewni podczas wezbrania wyniósł 324 t, co stanowi 4% całkowitego ładunku materiału rozpuszczonego odprowadzonego w roku 2018 (8150 t). Ekstremalne opady i spowodowane nimi wezbrania są ważnym czynnikiem wpływającym na wielkość transportu fluwialnego i kształtującym proporcje pomiędzy ładunkiem materiału zawieszonego i rozpuszczonego.

Tab. 1. Wartości ekstremalne średniej dobowej temperatury powietrza, dobowej sumy opadów atmosferycznych i natężenia przepływu chwilowego w latach 1994-2021 w Stacji Bazowej ZMŚP Parsęta w Storkowie

Parametr	Ekstrema absolutne		Zjawiska ekstremalne		Zjawiska ekstremalne wyjątkowe	
	minimum	maksimum	10. percentyl	90. percentyl	1.percentyl	99. percentyl
Średnia dobowa temperatura powietrza [°C]	-19,6 1.01.1996	30,2 31.07.1994	-1,8	17,9	-11,0	23,0
Dobowa suma opadu atmosferycznego [mm]	-	92,4 18.07.2018	-	10,2	-	27,5
Natężenie przepływu chwilowego [m ³ s ⁻¹]	0,08 16.07.1994	6,75 19.07.2018	0,27	1,06	0,18	1,87

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022



Ryc. 1. Wpływ opadu i przepływu wyjątkowo ekstremalnego na wielkość transportu fluwialnego Parsęty w lipcu 2018 roku
 Q – natężenie przepływu chwilowego, SEC – przewodność elektrolityczna, SUS – stężenie materiału zawieszony, P – opad atmosferyczny

Czasowa zmienność wysokości i właściwości fizyko-chemicznych opadu podkoronowego w drzewostanie grabowym i świerkowym w zlewni Bystrzanki

Tomasz Szydłowski, Witold Bochenek

*Stacja Badawcza w Szymbarku,
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN*

Kwaśne deszcze oraz procesy z nimi związane są jednym z kluczowych aspektów negatywnego wpływu na ekosystemy leśne. Depozycja jonów siarki w glebie i ich interakcje z innymi pierwiastkami takimi jak H^+ i Al^{3+} , przyczyniają się do zmian właściwości chemicznych gleb w lasach (Pruśnikiewicz i in. 1983; Mitchell, Lindberg 1992). Zakwaszenie opadów oraz gleb w karpackich lasach ma wpływ na obumieranie i osłabienie drzewostanu jodłowego (Kowalkowski i in. 2002; Bochenek i in. 2008). Na wysokość opadu podkoronowego ma wpływ suma, częstotliwość i natężenie opadu, wilgotność względna powietrza, temperatura powietrza oraz cechy drzewostanu: gatunek drzew, rozwój wegetacji, kształt koron drzew (Kozłowski 2003; Fathizadeh i in. 2013; Klamerus-Iwan, Szymański 2017). Przestrzenny rozkład opadu podkoronowego zależy w głównej mierze od składu gatunkowego oraz jego struktury, zwarcia drzewostanu i kształtu koron, odległości od pnia drzewa, wieku drzewostanu (Otto 1994; Kozłowski 2013).

Celem prowadzonych badań jest rozpoznanie czasowej zmienności i zróżnicowania przestrzennego wysokości oraz właściwości fizyko-chemicznych wody pod koronami świerka (*Picea abies*) i graba (*Carpinus betulus*) w latach 2004-2021. Badania prowadzono na obszarze zlewni Bystrzanki, w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. System pomiarowy w drzewostanie świerkowym i grabowym złożony jest z dwudziestu chwytaczy rozmieszczonych w regularnej siatce (4x5 chwytaczy), odległych od siebie o 2 m. W systemie tygodniowym, w każdym z chwytaczy wykonywany jest pomiar wysokości opadu oraz pH i SEC.

Średnia roczna suma opadu w drzewostanie grabowym w okresie 2004-2021 wyniosła 493,0 mm, wykazując zmiany w zakresie od 337,4 mm (2012) do 663,9 mm (2014). Współczynnik zmienności (Cv) wyniósł 16,4 %. W drzewostanie świerkowym średnia suma opadu w analizowanym wieloleciu wyniosła 478,4 mm, wykazując zmiany w zakresie od 302,3 mm (2012) do 731,9 mm (2014). Współczynnik zmienności wyniósł 22,6%. Średnie wieloletnie sumy opadu w dwóch drzewostanach były zbliżone, jednakże CV wskazuje na większe zróżnicowanie sum rocznych w drzewostanie świerkowym. W odniesieniu do rocznych sum opadu atmosferycznego udział opadu podkoronowego w drzewostanie grabowym stanowił 55,8%, natomiast w drzewostanie świerkowym 54,2%. Roczne sumy opadu podkoronowego w obydwu drzewostanach wykazują wysoką korelację (istotną statystycznie na poziomie $p < 0,05$) z sumami opadu na otwartej przestrzeni o wyższym współczynniku regresji (α) w drzewostanie świerkowym (0.66) w porównaniu z drzewostanem grabowym (0.53).

W przebiegu miesięcznym, sumy opadu podkoronowego nawiązują do opadu na otwartej przestrzeni. W okresie od października do kwietnia udział opadu podkoronowego w drzewostanie grabowym (>55%) wyraźnie przewyższa udział w drzewostanie świerkowym (45%-52%). W okresie od maja do września udział opadu pod świerkiem był wyższy (maksymalnie o 3 p.p.). Wymieniona wyżej prawidłowość była spowodowana sezonowym (okres wegetacyjny) występowaniem liści na grabie i całorocznym występowaniem igieł na świerku.

Średnie pH w wieloleciu wynosiło 5,41 w drzewostanie grabowym, a w drzewostanie świerkowym 5,22. Zakres zmian kształtował się od 4,66 do 6,14 w drzewostanie grabowym oraz od 4,51 do 5,79 w drzewostanie świerkowym. Średnia przewodność elektrolityczna (SEC) w wieloleciu wynosiła $5,5 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ w drzewostanie grabowym, natomiast w drzewostanie świerkowym $9,4 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$. Zakres zmian kształtował się pomiędzy $4,3 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ a $9,3 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ dla drzewostanu grabowego oraz od $6,8 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ do $14,4 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ w drzewostanie świerkowym.

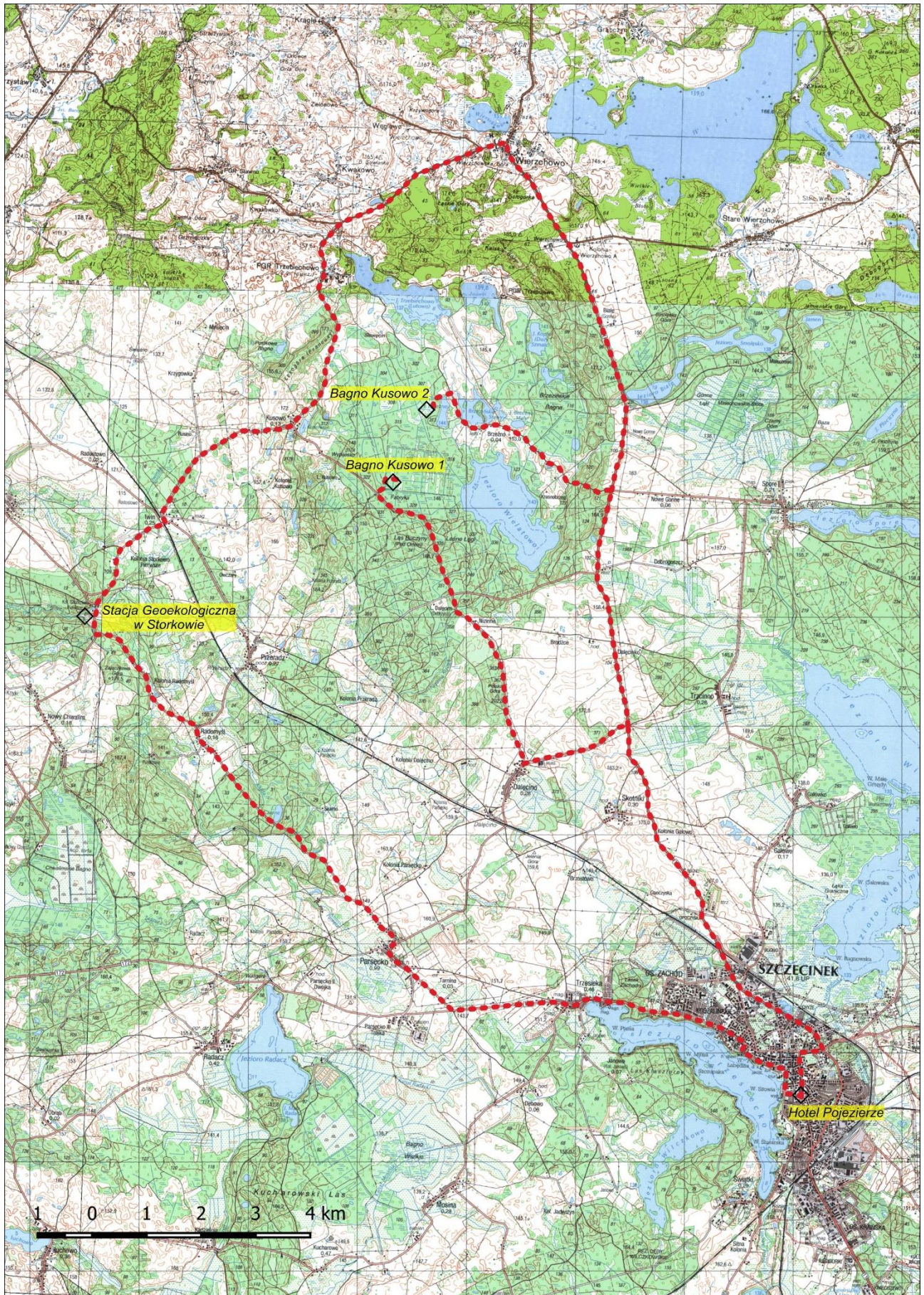
Literatura:

- Bochenek W., Józwiak M., Kijowska M., Kozłowski R. 2008. Zróżnicowanie opadu podkoronowego w wybranych ekosystemach leśnych w Górach Świętokrzyskich i w Beskidzie Niskim, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 9: 47-55.
- Fathizadeh O., Attarod P., Pypker T. G., Darvishsefat A. A., Zahedi Amiri G. 2013. Seasonal Variability of Rainfall Interception and Canopy Storage Capacity Measured under Individual Oak (*Quercus brantii*) Trees in Western Iran. *J. Agric. Sci. Tech.*, 15: 175–188.
- Klamerus-Iwan A., Szymanski W. 2017. Spatio-temporal variability of water storage capacity in forest canopies of European beech. *SYLWAN*, 161(2): 142-148.
- Kowalkowski A., Józwiak M. 2000. Wpływ warunków środowiska na zdrowotność jodły. W: Cieśliński S., Kowalkowski A. (red.) *Monografia Świętokrzyskiego Parku Narodowego, Bodzentyn-Kraków*, 455-467.
- Kozłowski R. 2003. Przestrzenne zróżnicowanie opadu podokapowego w drzewostanie jodłowo-bukowym w centralnej części Gór Świętokrzyskich. *Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 4: 99–106.
- Kozłowski R. 2013. Funkcjonowanie wybranych geoekosystemów Polski w warunkach zróżnicowanej antropopresji na przykładzie gór niskich i pogórza. *Landform Analysis*, 23.
- Mitchell M.J., Lindberg S.E. 1992. Sulfur Chemistry, Deposition and Cycling in Forests, In: D.W. Johnson and S.E. Lindberg (eds.), *Atmospheric Deposition and Nutrient Cycling in Forest Ecosystems. Chapter 5. Springer Verlag, New York*: 72-149.
- Otto H.J. 1994. *Waldökologie*, Verlag Eugen Ulmer. UTB für Wissenschaft, Stuttgart, S, 391.
- Pruśnikiewicz Z., Kowalkowski A., Królikowski L. 1983. Ochrona i rekultywacja gleb leśnych. *Roczniki gleboznawcze*, 34(3): 185-201.



Objaśnienia do wycieczki terenowej

Trasa wycieczki



Geomorfologia południowo-wschodniej części Pojezierza Drawskiego – wybrane zagadnienia

Renata Paluszkiewicz, Grzegorz Rachlewicz

*Pracownia Badań Kriosfery, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Trasa wycieczki obejmuje S-E część mezoregionu Pojezierza Drawskiego. Pojezierze Drawskie jest największym (2715 km², Richling et. al. 2021) pojezierzem w makroregionie Pojezierza Zachodniopomorskiego. Współczesna rzeźba obszaru ukształtowana została pod wpływem działania plejstocenijskich procesów erozji i akumulacji glacialnej oraz fluwioglacialnej zachodzących podczas ostatniego zlodowacenia Wisły (17-16 ka Marks 2012, 16,5 ka¹⁰Be Tylman i in. 2019). W holocenie procesy denudacyjno-erozyjne przyczyniły się do przemodelowania rzeźby terenu określanej jako rzeźba młodoglacjalna. Duże zróżnicowanie hipsometryczne związane z występowaniem zespołów form rzeźby glacialnej i fluwioglacialnej, stokowej, fluwialnej i biogenicznej stanowi charakterystyczną cechę rzeźby Pojezierza Drawskiego. Na obszarze Pojezierza Drawskiego wysokości terenu przekraczają 220 m n.p.m., najniżej na wysokości około 50 m n.p.m. zlokalizowane są dna dolin rzecznych (maksymalne deniwelacje terenu osiągają ponad 173 m). Pod względem litologii osadów powierzchniowych w południowo-wschodniej części Pojezierza Drawskiego dominują gliny zwałowe oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe (Popielski 2006).

Budowa geologiczna i przebieg głównych struktur tektonicznych Polski północno-zachodniej zadecydowały o ukształtowaniu terenu (Dobrcka, Piotrowski 2002). Charakterystycznym elementem kopalnej rzeźby podczwartorzędowej są głębokie doliny erozyjne o przebiegu SE-NW, które często wykorzystywane są przez rynny subglacialne. Dzisiejsza rzeźba obszaru Pojezierza Drawskiego jest efektem procesów zachodzących podczas nasunięcia i deglacjacji frontalno-arealnej fazy pomorskiej. Łądolód Wisły wypełniając nieckę Morza Bałtyckiego wykorzystywał predyspozycje tektoniczne podłoża i nasunął się w kierunku południowym tworząc szereg łobów. Na obszarze Pojezierza Drawskiego zaznaczył się m. in. strumień lodowy Parsęty, którego kierunek nasunięcia był ściśle uwarunkowany kopalną doliną Parsęty oraz tektoniką kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego w podłożu (Karczewski 1989). Bariere dla nasuwającego się łądolodu stanowił garb pojezierny będący strukturą glacitektoniczną ze zlodowacenia Odry i Warty, zalegającą na elewacji starszego podłoża. Garb pojezierny spełnił zatem decydującą rolę w kształtowaniu zasięgu łądolodu fazy pomorskiej zlodowacenia Wisły.

Przebieg strefy marginalnej na Pojezierzu Drawskim jest złożony. Charakter fazy pomorskiej na opisywanym obszarze przedstawiany jest w sposób bardzo zróżnicowany, począwszy od koncepcji oscylacyjno-lobowej Karczewskiego i Roszko (1972), przez typ deglacjacji frontalnej (m. in. Maksiak, Mróz 1978) po deglacjację arealną (m in. Karczewski 1985, 1997). Zróżnicowane podejście do charakteru dynamiki czoła łądolodu (łądolód o charakterze recesywnym lub transgresywnym) jak i klasyfikacji form wyznacznikowych, warunkowało przedstawienie odmiennych propozycji zasięgu fazy pomorskiej na obszarze

lobu Parsęty (m.in. Keilhack 1901, 1930, Liedtke 1975, Maksiak, Mróz 1978). Karczewski (1989) zaproponował przesunięcie maksymalnego rozprzestrzenienia fazy pomorskiej, w tak zwanym lobie Parsęty, na południowy – wschód, obejmując obszar źródliskowy rzeki i charakteryzując typ jej ukształtowania jako strefę zaniku arealnego. Przetainowa degradacja powierzchni lodolodu i różnokierunkowa migracja wód roztopowych na tym obszarze (Karczewski 1989, Rachlewicz 1991) zapisana została w postaci zróżnicowanych morfologicznie podstref (Karczewski 1989):

- podstrefa kotlin wytopiskowych, częściowo wypełnionych zbiornikami jeziornymi (m. in.: jez. Radacz, Wielimie, Wierzchowo) okolonymi formami akumulacji typu kemowego,
- podstrefa moren martwego lodu i moreny kemowej – zewnętrzna, obejmująca obszar o zróżnicowanej rzeźbie, genetycznie związanej z wytapianiem brył i pakietów martwego lodu,
- podstrefa form przetainowych związana z istnieniem plateau kemowych oraz krótkich stożków sandrowych, których powstanie Karczewski (1989) wiąże z wysoką pozycją powierzchni podlodowcowej,
- podstrefa moreny kemowej – wewnętrzna, o niewielkim nasyceniu formami wytopiskowymi w obrębie wysoczyzny morenowej o zróżnicowanym charakterze.

Na przedpolu strefy marginalnej fazy pomorskiej rozciągają się wielopoziomowe równiny sandrowe, które były akumulowane przez wody proglacialne na lodzie i pomiędzy bryłami martwego lodu (Karczewski 1997, Mojski 2005). W południowo – wschodniej części Pojezierza Drawskiego występuje sandr Gwdy wyraźnie zakorzeniony w morenach czołowych fazy pomorskiej (Maksiak, Mróz 1978). Olbrzymie ilości wód roztopowych płynące rynnami subglacialnymi na południe rozcinały główny ciąg morenowy tworząc bramy lodowcowe, na przedpolu których materiał piaszczysto-żwirowy był akumulowany w obecności martwego lodu.

Z kolei zaplecze form marginalnych stanowi system poziomów wysoczyznowych, schodowo obniżających się w kierunku wybrzeża morskiego. Karczewski (1985) wyróżnił siedem takich stopni w przedziałach 20-30. metrowych różnic wysokościowych. Najwyższe cztery poziomy stanowią powierzchnię wysoczyzny morenowej o charakterze pagórkowatym, falistym lub płaskim kolejne niższe wykazują znaczne przekształcenia w wyniku oddziaływania odpływu fluwioglacjalnego (Rachlewicz 1998, 2006).

Współczesna rzeźba obszaru kształtowana jest przede wszystkim pod wpływem denudacji chemicznej przeważającej nad mechaniczną, erozji i akumulacji wód spływu powierzchniowego. Jej charakter przejawia się w przekształcaniu stoków, zwłaszcza w strefach krawędziowych wysoczyzn i sandrów (Paluszkiewicz 2016), intensywnej erozji wgłębnej w górnych odcinkach rzek, procesów nadbudowywania teras zalewowych i erozji bocznej w dolnych odcinkach rzek oraz procesów związanych z działalnością człowieka (Kostrzewski i in. 2021). Wśród współczesnych procesów morfogenetycznych kształtujących rzeźbę obszaru wskazać należy także procesy eoliczne, niweo-eoliczne, a także procesy litoralne i akumulację biogeniczną w postaci torfowisk.

Wycieczkę rozpoczynamy w Szczecinku, liczącym około 40. tysięcy mieszkańców, siedzibie władz powiatowych i gminnych, znajdującym się na terenie województwa zachodniopomorskiego. Miasto położone jest w południowo-wschodniej części mezoregionu Pomorza Drawskiego, na przesmyku pomiędzy jeziorami

Trzesiecko na południu i zachodzie, nad którego brzegiem znajdują się atrakcyjne tereny rekreacyjne, a jeziorem Wielimie na północy. Przez obniżenie pomiędzy jeziorami, na wysokości 133-134 m n.p.m., przez tereny miejskie przepływa rzeka Nizica (nazywana także Niezdobna) wpadając do jeziora Wielimie przez rozległe zabagnione tereny u jego brzegów. Poza obszarem zabudowanym kierujemy się na północ, poprzez łagodnie wznoszący się skłon powierzchni sandrowej, osiągając szczytowe wzniesienia strefy marginalnej lobu Parsęty. Za miejscowością Skotniki trasa skręca na zachód w kierunku Dalęcina i dalej znów na północ, ku najwyższemu punktowi na tym terenie, **Polskiej Górze** (202,8 m n.p.m.), z którego łagodnie zjeżdżamy do **kotliny jeziora Wielatowo**, w której północno-zachodniej części rozciągają się podmokłe obszary Bagna Torfiska. Okrążenie jeziora od strony wschodniej ku północy prowadzi nas na kolejne stanowisko położone w obrębie dna kotliny – Kusowskie Bagno. Kotlina posiada charakter wytopiskowy, któremu towarzyszą w otoczeniu wały kołnierzone i plateaux o genezie kemowej (Karczewski 1971), wznoszące się na wysokość ponad 30 m ponad poziom wypełniającego ją jeziora.

Kierując się dalej na północ przejeżdżamy do kotliny znacznie większego zbiornika wodnego, **jeziora Wierzchowo** (≈720 ha). Powierzchnia lustra wody znajduje się na wysokości około 139 m n.p.m., podczas gdy otaczające wzgórza wznoszą się ponad 170 m n.p.m. Zróżnicowanie rzeźby kemowo-wytopiskowej podkreśla jeszcze batymetria jeziora o maksymalnej głębokości 26,5 m. Szczególnie efektownie prezentują się strome stoki wschodniego brzegu stanowiącego przesmyk oddzielający jezioro Studnica. W południowej części, w okolicach Starego Wierzchowa z jeziora Wierzchowo wypływa rzeka Brda, kierując się początkowo poprzez szereg zbiorników wodnych, w tym jezioro Wielimie, a dalej rozległym systemem dolinowym, wypełnionym systemem teras glacyfluwialnych, na południe, tworząc okazały system sandrowy.

Z miejscowości Wierzchowo udajemy się północno-zachodnim obrzeżeniem kotliny jeziora Wielatowo na południe, przekraczając kolejną strefę wzniesień moreny kemowej, zorientowanej w formie ukierunkowanych wałów na linii NE-SW. Powierzchnia terenu stopniowo obniża się i traci urozmaicony charakter na rzecz powierzchni akumulacji fluwioglacjalnej, by za miejscowością Iwin poprzez dolinę Kłudy wejść w system dorzecza górnej Parsęty, w którym położona jest **Stacja Geoekologiczna UAM w Storkowie**. Dalej w kierunku południowo-wschodnim rozciąga się dolina górnego biegu Parsęty, po jej obszar źródłiskowy w okolicach wsi Parsecko, natomiast poniżej Storkowa (w kierunku zachodnim) rzeka płynie wyraźnie zaznaczonym korytem, o klasycznie wykształconym meandrującym przebiegu. Obszar źródłiskowy Parsęty stanowi najbardziej na południe wysunięte ograniczenie strefy marginalnej fazy pomorskiej zlodowacenia bałtyckiego w lobowym wypuście krawędzi lądolodu, który na tym obszarze wg koncepcji Karczewskiego (1989) zamarł na wyniesieniu pomorskiego garbu pojeziernego. Dlatego kierując się bardziej na południowy wschód, by dotrzeć znów do Szczecinka i zakończyć naszą wycieczkę, przemieszczając się wzdłuż równoleżnikowo wyciągniętego fragmentu jeziora Trzesiecko, osiągamy najwyższy poziom systemu sandrowego. Wysokości na tym obszarze oscylują wokół 150 m n.p.m., nachylenia natomiast nie przedstawiają znacznego zróżnicowania. Zaplecze związane z równoleżnikowymi obniżeniami, obecnie będącymi płytkimi misami jeziornymi, stanowi pozostałość po procesie odwrócenia rzeźby marginalnej, z wcześniejszych

wyniesień wałów lodowo-morenowych, znajdujących się na obrzeżach strefy lobowej (Rachlewicz 1991), które wg Chybiorza (2011) wytopiły się pomiędzy Allerödem a połową okresu borealnego (≈11800-8700). Nasz objazd lobu Parsęty i stanowisk związanych z monitoringiem torfowisk kończymy w centrum Szczecinka, skąd rozpoczęliśmy podróż.

Literatura:

- Chybiorz R., 2011. Rola martwych lodów w kształtowaniu rzeźby Pojezierza Szczecineckiego. *Mat. IX Zjazdu Geomorfologów Polskich*, 29.
- Dobrcka E., Piotrowski A., 2002. Budowa geologiczna i rzeźba powierzchni podczwartorzędowej, [w:] R. Dobracki, J. Lewandowski, T. Zieliński (red.), *Plejstocen Pomorza Środkowego i strefa marginalna lobu Parsęty – IX Konferencja „Stratygrafia plejstocenu Polski”*, PIG Oddział Pomorski, Szczecin, UŚ WNoZ, Sosnowiec, 85–92.
- Karczewski A., 1971. Zmienność litologiczna i strukturalna kemów Pomorza Zachodniego a zagadnienia ich klasyfikacji. *Wydawnictwo PTPN, XI(3)*, 57 s.
- Karczewski, A., 1985. Spatial arrangement of morainic plateau levels of the northern sloping surface in Pomerania as a result of varying deglaciation. *Quaestiones Geographicae, Spec. Iss. 1*, s. 99-107.
- Karczewski A., 1989. Morfogeneza strefy marginalnej fazy pomorskiej na obszarze lobu Parsęty w vistulianie (Pomorze Środkowe). *Wyd. UAM Poznań, seria Geogr.*, 44.
- Karczewski A., 1997. Paleogeografia fazy pomorskiej vistulianu w środkowej części Pomorza ze szczególnym uwzględnieniem Pojezierza Drawskiego (część wschodnia), [w:] E. Bukowska-Jania, M. Pulina (red.), *Studia nad środowiskiem geograficznym Bornego Sulinowa*, PWN, Warszawa, 15–25.
- Karczewski A., Roszko L., 1972. Grundriß des Rückzuges des Inlandeises der letzten Vereisung zwischen der Oder und der Weichsel mit besonderer Berücksichtigung des Oderlobus. *Wiss. Zeit. Greifswald Univ., Mat-Naturwiss. Reihe. XXI (1)*, 27-29.
- Keilhack K., 1901. *Geologisch-morphologische Übersichtskarte der Provinz Pommern*, 1:500 000. Königl. Preuss. Geol. Land. Und Bergakademie.
- Keilhack K., 1930. *Geologische Karte der Provinz Pommern und der anschliessenden Teile der Grenzmark nach den Aufnahmen der preussischen Geologischen Landesanstalt*, 1:500 000. Bearb v. Berlin, L. Kraatz.
- Kostrzewski A., Zwoliński Zb., Andrzejewski L., Florek W., Mazurek M., Niewiarowski W., Podgórski Z., Rachlewicz G., Smolska E., Stach A., Szymańska J., Szpikowski J., 2021. Współczesna ewolucja rzeźby młodoglacjalnej Niżu Polskiego. [w:] A.Kostrzewski, K.Krzemień, P.Migoń, L.Starkel, M.Winowski, Zb.Zwoliński (red.), *Współczesne przemiany rzeźby Polski*, 2nd ed., Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 483-571.
- Liedtke H., 1975. *Die Nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. Forschungen zur Deutschen Landeskunde*, Bd. 204.
- Maksiak S., Mróz W., 1978. Czwartorzęd środkowej części Pojezierza Pomorskiego. *Biuletyn Instytutu Geologicznego* 300, 97–152.
- Marks L., 2012, *Timing of the Late Vistulian (Weichselian) glacial phases in Poland*, *Quaternary Science Reviews* 44, 81–88.
- Mojski J. E., 2005. *Ziemia polskie w czwartorzędzie. Zarys morfogenezy*, PIG, Warszawa.
- Paluszkiwicz R., 2016. Postglacjalna ewolucja dolinek erozyjno-denudacyjnych w wybranych strefach krawędziowych Pojezierza Zachodniopomorskiego. *Studia i Prace z Geografii*, 55. Bogucki Wydawnictwo Naukowe Poznań, 225 s.
- Popielski W., 2006. *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Arkusz Szczecinek*. Warszawa.
- Rachlewicz G., 1991. Morfogeneza stożka sandrowego w strefie marginalnej fazy pomorskiej koło Koltek w świetle badań osadów przypowierzchniowych. *Bad. Fizjogr. Nad Polską Zach.*, T XLII,

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

Seria A, Geogr. Fiz., 205-228.

- Rachlewicz G., 1998. Funkcjonowanie odpływu fluwioglacjalnego z północnopomorskiej strefy marginalnej (Pomorze Zachodnie), u schyłku vistulianu na tle jej morfo-litogenezy. In: A. Kostrzewski (ed.) Rzeźba i osady czwartorzędowe obszarów współczesnego i plejstoceńskiego zlodowacenia półkuli północnej – wybrane problemy. Wyd. UAM Poznań, Seria Geografia 58, 181-196.*
- Rachlewicz G., 2006. „Parsecki” odcinek Pradoliny Pomorskiej. Mat. IV Sympozjum „Funkcjonowanie geoekosystemów zlewni rzecznych”, Kołobrzeg, 157-160.*
- Richling A., Solon J., Macias A., Balon J., Borzyszkowski J., Kistowski M. (red.) 2021. Regionalna geografia fizyczna Polski. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań.*
- Tylman K., Rinterknecht VR., Woźniak P., Bourles D., Schimmelpfenning I., Gullou V., Team A. 2019. The Local Last Glacial Maximum of the southern Scandinavian Ice Sheet front: Cosmogenic nuclide dating of erratics in north Poland. *Quat. Sci. Rev.* 219, 36-46.*

Środowisko geograficzne kotliny jeziora Wielatowo i rezerwatu „Bagno Kusowo” (dorzecze Parsęty, Pojezierze Drawskie)

Józef Szpikowski^{1,2}, Janina Borysiak³

¹ *Stacja Geoekologiczna w Storkowie, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

² *Pracownia Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

³ *Zakład Geografii Kompleksowej, Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

Kotlina jeziora Wielatowo

Kotlina jeziora Wielatowo znajduje się w południowo-wschodniej części zlewni Perznicy, w dorzeczu Parsęty, na północnym skłonie garbu pojeziernego. Leży w mezoregionie 314.4 Pojezierze Zachodniopomorskie, w środkowej części makroregionu 314.45 Pojezierze Drawskie (Solon i in. 2018).

Kotlina jeziora Wielatowo odznacza się specyficznym rysem rzeźby terenu (ryc. 1). Centralną część kotliny, znajdującą się na wysokości 138-139 m n.p.m., otacza pierścień wzgórz o wysokościach od nieco ponad 202 m n.p.m. na południu (Polska Góra), do 170 m n.p.m. w części wschodniej, 190 m n.p.m. w części północnej i 186 m n.p.m. w części zachodniej (Łękogóra). Lokalne deniwelacje pomiędzy wałami wzgórz a dnem doliny wynoszą 30-40 m. Stoki wałów i pagórów otaczających kotlinę miejscami mają do 20 stopni nachylenia. Całość tworzy wyraźną, wypukłą, złożoną formę terenową wokół kotlinowatego obniżenia. Dno kotliny urozmaica szereg nieregularnie rozrzuconych pagórków lub długich wałów.

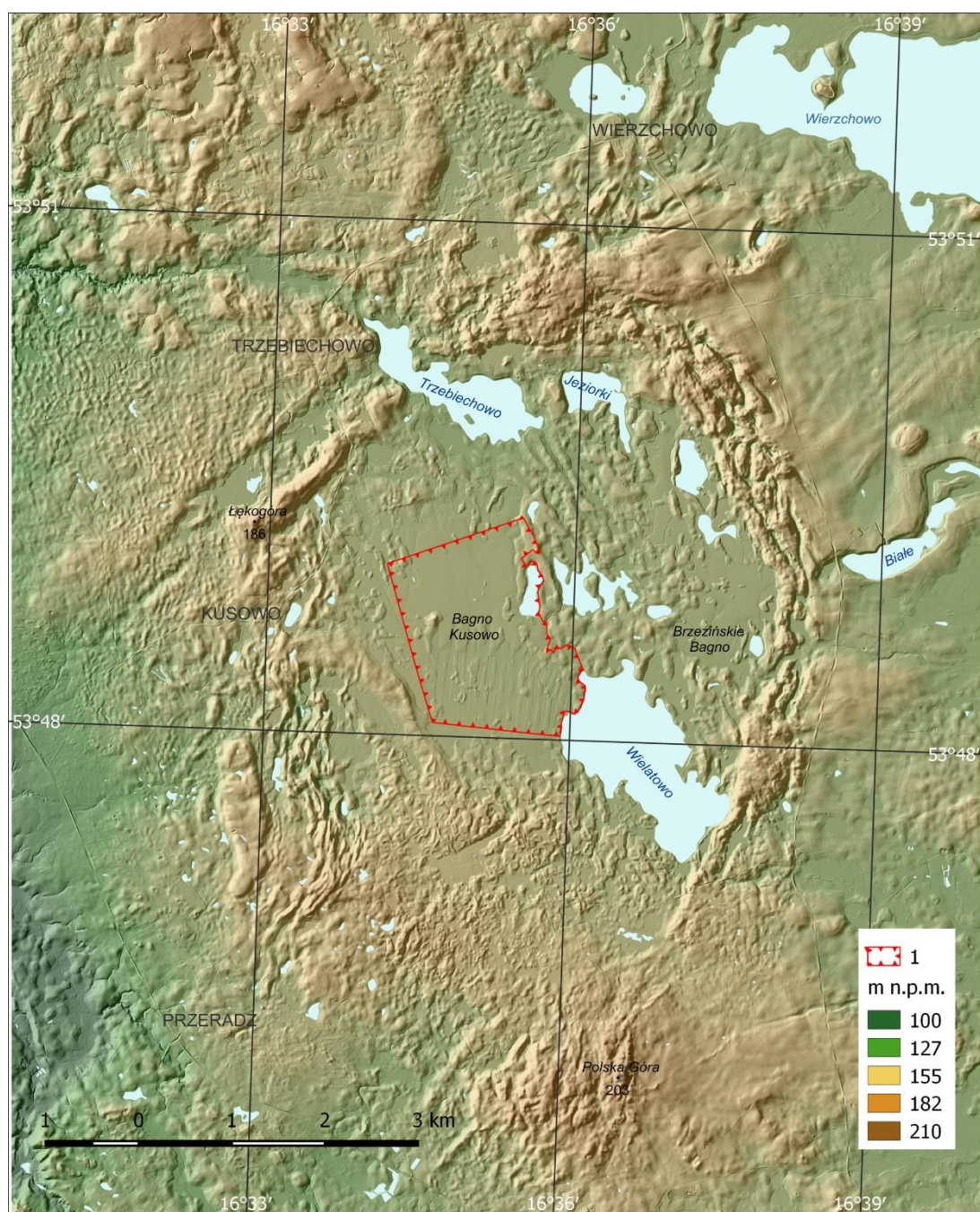
Największy wpływ na współczesny stan środowiska geograficznego kotliny jeziora Wielatowo wywarły ostatnie etapy zlodowacenia vistuliańskiego. Dynamika wkraczającego jak i zanikającego lądolodu była uwarunkowana podczwartorzędową rzeźbą podłoża. Lądolód fazy pomorskiej funkcjonował na urozmaiconej powierzchni, której głównym rysem były elewacje terenowe podłoża w strefie współczesnego garbu pojeziernego oraz obniżenie wzdłuż biegu górnego odcinka Parsęty. W regionie górnej Parsęty mogło dojść do szarży lądolodu i utworzenia jeziora wyprowadzającego (Jania, Bukowska-Jania 1997), w rezultacie czego ukształtował się lob Parsęty, wysunięty na południe, w stosunku do zasięgu lądolodu. Jego powstanie było uwarunkowane nie tylko rzeźbą podłoża, ale również charakterem osadów (iły, mułki bezwapniste, mułowce).

W obrębie lobu Parsęty Karczewski (1989) wyróżnia szereg podstref, których różnorodność morfologiczna i litofacjalna jest odzwierciedleniem skomplikowanych procesów zachodzących w strefie brzeżnej arealnie zanikającego lądolodu, m.in.:

- podstrefę kotlin wytopiskowych – kotlina jeziora Wielatowo z charakterystycznym wałem wzgórz kołnierзовych,
- podstrefę form przetańowych wykształconą w miejscach elewacji powierzchni podlodowej – wzgórza plateau kemowych ciągnące się na północ od kotliny jeziora Wielatowo,
- podstrefę wewnętrznej moreny kemowej – położoną na zachód od kotliny wytopiskowej i form przetańowych, z formami kemowo-wytopiskowymi w obrębie wysoczyzny morenowej.

Według Karczewskiego (1996) kotlina wytopiskowa Wielatowa stanowi jedną z kilku (ale najwyraźniej wykształconą) tego typu form marginalnych wyznaczających w strefie lobu Parsęty zasięg lądolodu fazy pomorskiej. Jej dno we fragmentach najniżej położonych jest wypełnione wodami kilku jezior. Niższe części dna kotliny tworzą rozległe równiny torfowe zajęte przez kopułowe mszary wysokie zaliczane do nadmorskich torfowisk typu atlantyckiego (Kusowskie Bagno, Brzezińskie Bagno). Podłożem torfów często są grube na 3–4 m warstwy gytii, co wskazuje na pojezierną genezę tych torfowisk kopułowych (Jasnowska, Markowski 1998). Występujące wśród torfowisk pagórki piaszczysto-mułkowe mogą być kemami limnoglacialnymi, formowanymi podczas późnoglacialnej akumulacji jeziornej (Muchowska, Muchowski 1991). W innych, nisko położonych częściach dna kotliny, wykształciły się równiny jeziorne z osadami piasku, gytii i kredy jeziornej. Duże fragmenty północnej części dna kotliny zajmują powierzchnie płatów glin ablacyjnych z licznymi, niewielkimi kemami. Przejście pomiędzy dnem kotliny, a otaczającym ją wałem, zachodzi niekiedy za pośrednictwem teras kemowych. Wał kołnierzowy jest złożony morfologicznie i litologicznie (Karczewski 1996). Na niektórych odcinkach składa się z kilku równoległych grzbietów oddzielonych od siebie głębokimi dolinami. Zróżnicowanie litologiczne poszczególnych wałów wskazuje na sedymentację ich budulca w szczelinach brzeżnych otaczających płat martwego lodu wypełniający dno kotliny. Grzbiety zewnętrzne od strony wschodniej, zbudowane z bezstrukturalnych piasków fluwioglacialnych z pakietami kamienistych glin ablacyjnych, są zapleczem ciągnącego się dalej na wschód i południe sandru Gwdy. Wycięte w wale, w jego części wschodniej, doliny odpływu wód roztopowych, dalej budujące niższy poziom sandru Gwdy, wskazują na kierunek spływu wód ablacyjnych z kotliny. W części północnej kotliny rynna subglacialna jeziora Trzebiechowo od pewnego etapu deglacjacji również odprowadzała znaczne ilości wód roztopowych, przyczyniając się do wykształcenia ciągnącego się dalej na zachód przełomowego odcinka doliny Perznicy (tzw. Mokry Jar).

Kotlina jeziora Wielatowo, poprzez Perznicę i mniejsze ciek, jest włączona w dorzecze Parsęty. W kotlinie grupuje się kilka powierzchniowych zbiorników wodnych. Największe to jeziora Wielatowo (1,79 km², głębokość średnia 2,5 m i maksymalna 4,7 m) i kolejne pod względem powierzchni jezioro Trzebiechowo (0,86 km², średnia głębokość 3,5 m i maksymalna 8 m). Pozostałe to: Jeziorki (0,26 km²), Kople (0,14 km²) i antropogeniczne stawy koło Brzeźna (0,19 km²). Zbiorniki wodne wykazują różny stopień zarośnięcia oraz wypełnienia osadami mineralno-organicznymi.



Ryc. 1. Kotlina jeziora Wielatowo

1 – granica rezerwatu „Bagno Kusowo”, chroniącego oligo-ombrotroficzne torfowisko wysokie typu bałtyckiego

Utrudniony odpływ powierzchniowy wód z kotliny jeziora Wielatowo jest konsekwencją rzeźby terenu. Przy wysokim poziomie wód jeziora Wielatowo, określonym zasięgiem równiny jeziornej, odpływ dokonywał się na wschód, poprzez jedno z rozcięć w wale kołnierzym oraz na północ, w kierunku jeziora Trzebiechowo. Przy niższym, zbliżonym do współczesnego poziomie lustra wody, funkcjonował odpływ na wschód potokiem Gonno i dalej Gwdą (mapy: D. Gilly z 1789 r., Generalstabskarte z ok. 1855 r.). Z mapy topograficznej z 1877 roku wynika, że odpływ powierzchniowy z jeziora Wielatowo odbywał się wówczas nie za pośrednictwem cieków, a jedynie poprzez strefy podmokłe: na wschód do potoku Gonno oraz na północ do

stawów położonych koło miejscowości Brzeźno. Dokonano też połączenia bezodpływowego, bezimiennego jeziora (nazwa niemiecka Glunow See) z stawami brzezińskimi poprzez wykonanie głębokiego do 5 m i długiego na około 200 m przekopu w poprzek wału wzgórz wysoczyzny morenowej. Celem tych działań było obniżenie poziomu wód w kotlinie jeziora Wielatowo. Prace odwodnieniowe były związane z eksploatacją, na skalę przemysłową, złóż torfu z kopułowego torfowiska mszarnego Kusowskie Bagno, położonego na zachód od jeziora Wielatowo. Do połowy lat 40. XX w., w okresie funkcjonowania kopalni torfu, odpływ wód z jeziora Wielatowo odbywał się zarówno na wschód potokiem Gonne, jak i na północ, przez osuszone niecki stawów brzezińskich do jeziora Trzebiechowo i Perznicy. W celu przyspieszenia odpływu wykonano jeszcze jeden przekop o długości około 150 m, przez wzgórza wysoczyzny morenowej pomiędzy jeziorem Wielatowo i Brzeźnem. Współczesna sytuacja, w której funkcjonuje powierzchniowy odpływ z jeziora Wielatowo zarówno do zlewni Gwdy, jak i do zlewni Parsęty, jest w znacznej mierze rezultatem antropogenicznego oddziaływania na sieć rzeczną tego obszaru.

Jezioro Wielatowo jest otoczone buczynami. Przy grodzisku na południowym brzegu znajduje się w nich stanowisko kokoryczki okółkowej *Polygonatum verticillatum* – górskiego gatunku, a także czerńca gronkowego *Actaea spicata* – nieczęstego na Pomorzu. Na niektórych odcinkach brzegi zbiornika tworzą wysokie krawędzie z martwymi klifami. Spotyka się tam duże głązy eratyczne. Dawniej w jeziorze Wielatowo występował poryblin jeziorny *Isoetes lacustris*, gatunek wskaźnikowy jezior lobeliowych. Z gatunków lobeliowych można dzisiaj spotkać wywłócznika skrętoległego *Myriophyllum alternifolium*. Przyrodniczo cenne są tereny na północ od Kusowskiego, jak torfowisko wysokie typu bałtyckie o nazwie Brzezińskie Bagna oraz kompleks jezior ze stanowiskami grążela drobnego *Nuphar pumila*.

Kotlina jeziora Wielatowo, zarówno w pradziejach, jak i w czasach historycznych, nie była obszarem szczególnie silnej presji gospodarczej człowieka. Przyczyniły się do tego charakterystyczne cechy środowiska przyrodniczego: urozmaicona rzeźba terenu, niekorzystne stosunki hydrologiczne z utrudnionym odpływem wód i związany z tym duży udziałem obszarów podmokłych, a także w większości słabe walory pokrywy glebowej.

Dane z kart katalogowych Archeologicznego Zdjęcia Polski (AZP) wskazują, że pierwsze ślady działalności człowieka w regionie kotliny jeziora Wielatowo przypadają na okres kultury łużyckiej. Uformował się wówczas mikroregion osadniczy obejmujący kotlinę jeziora Wierzchowo, przyległą część sandru Gwdy i otoczenie rynny jeziora Białego. W pobliżu kotliny jeziora Wielatowo funkcjonowało rozległe grodzisko na wyspie (obecnie półwyspie) u północnego brzegu jeziora Wierzchowo (Olczak, Siuchniński 1968). Zauważalna jest tendencja do zakładania siedzib nad brzegami jezior lub w ich pobliżu. Osadnictwu sprzyjało zróżnicowanie środowiska geograficznego, do którego doskonale potrafiła dostosować się ludność kultury łużyckiej (Ostoja-Zagórski 2004, Kittel 2005).

Materiały archeologiczne z okresu rzymskiego nie dostarczają żadnych informacji o osadnictwie w kotlinie jeziora Wielatowo. Jednak badania geomorfologiczne Szpikowskiego (2010) w obrębie teras rolnych wskazują na zmiany zasięgu pól uprawnych wywołane podnoszeniem się poziomu wód podziemnych

związanym z humidyzacją klimatu zachodzącą w tym okresie.

W okresie wczesnośredniowiecznym, w północnej części kotliny, w sąsiedztwie jezior Jeziorki i Trzebiechowo, powstało centrum osadnicze złożone z dwóch małych grodów z okresu: połowa VIII – połowa IX w., a także zespołu osad otwartych (Lachowicz i in. 1977). Grodzisko funkcjonowało również od połowy IX w. na półwyspie (pierwotnie wyspie) wysuniętym od południa w jezioro Wielatowo. Grodziska w kotlinie jeziora Wielatowo, zarówno ze względu na położenie w wyjątkowo niedostępnych miejscach, jak i na małe rozmiary, można zaliczać do budowli obronnych pełniących głównie funkcje refugialne. Zgodnie z koncepcją wspólnot grodowych (Łosiński 1982) grody i otwarte osady w kotlinie jeziora Wielatowo łączyły się z osadnictwem regionu kotliny jeziora Wierzchowo i przyległymi częściami sandru Gwdy. Centrum tej wspólnoty grodowej stanowiła zapewne bardzo duża budowla obronna nad jeziorem Wierzchowo z okresu: połowa VIII – koniec IX w., wzniesiona w miejscu wcześniejszego grodziska z okresu kultury łużyckiej (Lachowicz i in. 1977).

W okresie średniowiecza (XI–XV w.) nastąpił zanik śladów bytowania ludzi w kotlinie jeziora Wielatowo, prawdopodobnie z powodów politycznych, a mianowicie upadku znaczenia niektórych małych ośrodków grodowych w momencie scalania Pomorza Środkowego pod rządami lokalnej dynastii książęcej (Wirski 1995).

Kolonizacje XIII i XIV wieku, które tak zmieniły krajobraz kulturowy Polski i Pomorza Zachodniego, nie objęły kotliny jeziora Wielatowo. Obszar ten był poza zainteresowaniami średniowiecznych osadników i ich mocodawców. Urozmaicona morfologicznie, w wielu miejscach zabagniona i porośnięta puszcza strefa kemowo-wytopiskowa, wał kołnierzowy i kotlina jeziora Wielatowa pozostawały nadal niezamieszkałe.

Ponowne wkraczanie człowieka do kotliny jeziora Wielatowo rozpoczęło się od XVI wieku. W lasach kotliny jeziora Wielatowo założono książęcą osadę leśną Replin (Wille 1940). W 1579 r., na gruntach tej osady założono wioskę chłopską Przeradz (Brüggemann 1784, Härtling 2003). W 1603 r. została założona na ziemiach rodziny von Glasenapp wieś szlachecka Kusowo (Wille 1940), położona już w obrębie kołnierzowego wału jeziora Wielatowo. W 1623 r. w centralnej części kotliny jeziora Wielatowo założono folwark książęcy Brzeźno (Wille 1940).

W XVIII wieku, głównie za sprawą kolonizacji fryderycjańskiej, nowe siedliska zakładano w strefie mało korzystnej dla gospodarowania: w pobliżu zachodniego krańca jeziora Trzebiechowo powstał folwark Wrukenhütten należący do wsi Storkowo, natomiast w kotlinie jeziora Wielatowo przynależny do Wierzchowa folwark Ludwigshütten. W połowie XIX w. nad jeziorem Trzebiechowo, w miejscu folwarku Wrukenhütten, powstał bogaty majątek Trzebiechowo. Na początku XX w. założono nowy folwark Trzebudjewo, w pobliżu wcześniejszej zagrody Diekberg, na wschodnim brzegu jeziora Jeziorki. Po pierwszej wojnie światowej, w fazie tzw. drugiej kolonizacji wewnętrznej, doszło do parcelacji majątku Brzeźno.

Zmiany polityczne i osadnicze po II wojnie światowej, które pogłębiły kryzys demograficzny trwający od połowy XIX w., doprowadziły do nie zasiedlenia albo szybkiego porzucenia wielu domostw, szczególnie w strefach osadnictwa rozproszonego. Proces ten dotknął również kotlinę jeziora Wielatowo, gdzie zaniknęła

osada Trzebujewo i wyludniła się wioska Brzeźno.

Słaba presja antropogeniczna w kotlinie jeziora Wielatowo przyczyniła się do zachowania, w znacznym stopniu, seminaturalnego pokrycia terenu. Niemałą część kotliny jeziora Wielatowo zajmują obszary leśne, z sporym udziałem drzewostanu bukowego. Utrzymanie dużych obszarów leśnych było również efektem funkcjonowania na tym obszarze, od XVI w., lasów pod zarządem najpierw książęcym i królewskim, a później państwowym (Königliche Forst Replin). W najbardziej naturalnym stanie zachowały się obszary bagienno-torfowiskowe w obszarze dna kotliny, w tym torfowiska wysokie – Kusowskie Bagno i Brzezińskie Bagna.

Rezerwat „Bagno Kusowo”

W kotlinie jeziora Wielatowo znajduje się rezerwat „Bagno Kusowo” chroniący oligo-ombrotroficzne torfowisko wysokie typu bałtyckiego (ryc. 2A-F). Przylega do jez. Wielatowo od jego NW strony. Deniwelacje w granicach rezerwatu nie przekraczają 2,5 m. Torfowisko ma 393 ha, z czego 326,72 ha jest florystycznym rezerwatem torfowiskowym utworzonym w 2005 roku, włączonym do obszaru Natura 2000 – Jeziora Szczecineckie PLH320009 (<https://crfop.gdos.gov.pl>). Miąższość złoża torfu oceniono na 12 m, a jednocześnie, w procesie torfotwórczym bierze udział m.in. 21 gatunków torfowców, w tym: *Sphagnum balticum*, *S. centrale*, *S. compactum*, *S. fuscum*, *S. obtusum*, *S. Russowi* i *S. tenellum*. Torfowce wchodziły w skład fitocenoz 11 typów zbiorowisk roślinnych stwierdzonych na Bagnie Kusowo (Pawlaczyk 2007).

Cedro i Sotek (2016) przestudiowały historię eksploatacji torfu na Bagnie Kusowo, w oparciu o archiwalne materiały kartograficzne. Uznały, że prawdopodobnie była użytkowana tylko południowa część złoża. Mapa z 1930 r. (<http://mapy.amzp.pl>) pokazuje zasięg tego przedsięwzięcia, prowadzonego przynajmniej od 1877 roku. Funkcjonował tam zakład wydobywczy z zapleczem socjalno-technicznym. Z kopalni, w kierunku wschodnim, w stronę jez. Wielatowo, wytyczono drogi do wywozu torfu. Złoże odwadniano siecią rowów. Na podstawie badań paleoekologicznych Lamentowicz i in. (2015) stwierdzili, że melioracje odwadniające nie wpłynęły na dzisiejsze warunki hydrologiczne torfowiska. W planie ochrony dla rezerwatu wskazano jednak sieć starych rowów jako zagrożenie dla naturalnego bilansu wodnego torfowiska. W związku z tym określono działania ochronne polegające na budowie drewnianych i ziemnych przegród na starych rowach melioracyjnych, mających blokować odpływ wody. Wykonawcą działań jest Nadleśnictwo Szczecinek, zarządzające rezerwatem (Zarządzenie ..., 2017). Wcześniej, w ramach projektu LIFE–Nature, koordynowanego przez Klub Przyrodników z Świebodzina, z partnerskim udziałem Nadleśnictwa Szczecinek, na Bagnie Kusowo wykonano 20 przegród wstrzymujących odpływ wody z torfowiska. Zorganizowano także ścieżkę przyrodniczą „Stara Kopalnia Torfu Kusowo” (ryc. 2F), biegnącą po drewnianych kładkach (Pawlaczyk i Stańko 2007).

Torf wydobywano z wyrobisk w kształcie wydłużonych prostokątów poprzedzielanych groblami z pozostawioną naturalną roślinnością na nienaruszonym gruncie. Wskutek naturalnego wypełnienia wyrobisk wodą powstały potorfia. Po zaniechaniu eksploatacji, po II wojnie światowej, przez blisko 80 lat na potorfiach zachodzi sukcesja biocenotyczna regeneracyjna. Sławski i in. (2022) porównali zbiorowiska skoczogonków

(*Collembola*) potorfi i grobli z fauną skoczogonków mszaru torfowcowego i sosnowego boru bagiennego nie zdegradowanej części Bagna Kusowo. Po 70. latach od ustania antropopresji porównywane zbiorowiska miały podobną strukturę gatunkową, co uznano za efekt procesów regeneracyjnych.

W północnej części rezerwatu, nie eksploatowanej, tylko gdzieś rozciętej rowami odwadniającymi (widocznymi na ortofotomapie, <https://www.google.pl>), występuje roślinność wysokotorfowiskowa. Wskazuje na obecność siedlisk skrajnie ubogich w biogeny, bardzo kwaśnych, wilgotnych lub mokrych, prawie wyłącznie zasilanych wodami opadowymi (Herbichowa i in. 2004, Pawlaczyk 2007). Należy do dwóch priorytetowych siedlisk przyrodniczych Natura 2000: *7110 Torfowiska wysokie z roślinnością torfotwórczą (żywe) oraz *91D0 Bory i lasy bagienne. Pierwsze z siedlisk głównie zajmuje płaską wierzchowinę torfowiska. Są to mszary torfowcowe z *Oxycocco-Sphagnetum*: *Sphagnetum magellanicum*, *Ledo-Sphagnetum magellanicum* i *Sphagno recurvi-Eriophoretum vaginatum* (Ryc. 2A); w ujęciu Brzega i Wojterskiej (2001). Do mszarów masowo wkracza sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* (lokalnie także świerk pospolity *Picea abies*) zwłaszcza do płatów trzeciego z wymienionych zespołów (Ryc. 2B). Zachodzi sukcesja biocenotyczna prowadząca do rozwoju ekosystemu leśnego (Ryc. 2C). Proces ten badali Nowakowska i in. (2021). Analizowali wiek drzew i stosunki fitosocjologiczne w płatach z drzewami, w rejonie z otwartymi rowami odwadniającymi i w rejonie nie zaburzonym, daleko od rowów. Nie stwierdzili istotnych różnic w poziomie zwierciadła wody, wartości wskaźnika wilgotności gleby i intensywności wkraczania drzew, pomiędzy tymi dwoma rejonami. Donieśli, że drzewa wkraczają na cały mszarny obszar Bagna Kusowo, a przestrzenny rozkład tej sukcesji wydaje się nie mieć związku z bliskością istniejących drzewostanów. Brak tego powiązania tłumaczy dalekosiężnym rozprzestrzenieniem nasion sosny. Herbichowa (2004) sądzi, że obfity rozwój wełnianki pochwowej *Eriophorum vaginatum* i wkraczanie sosny zwyczajnej jest stopniowym rozwojem boru bagiennego wskutek zrównoważenia ilości wody dostarczanej przez opady atmosferyczne z ilością wody odpływającej i wyparowującej z torfowiska. Sukcesję drzew wyraźnie widać na ortofotomapie (<https://www.google.pl>), jako stadia rozwojowe lasu zróżnicowane pod względem wieku i zwartości drzewostanu. Sukcesywnie przechodzą w dojrzałe płaty siedliska *91D0 (Ryc. 2E), w których rosną m.in.: modrzewnica pospolita *Andromeda polifolia*, bażyna czarna *Empetrum nigrum*, wełnianka pochwowa *Eriophorum vaginatum*, bagno zwyczajne *Ledum palustre* i borówka bagienna *Vaccinium uliginosum* (Ryc. 2D). Podszyt i niższą warstwę drzew (obok sosny zwyczajnej) tworzy brzoza brodawkowata *Betula pendula* i omszona *B. pubescens*, czasami świerk pospolity *Picea abies*.

Siedlisko Natura 2000 – *91D0 w rezerwacie to także brzeziny bagienne *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* (Ryc. 2D). Ich flora niewiele różni się od gatunkowej struktury boru bagiennego. Brzeziny wyróżnia widłak jałowcowaty *Lycopodium annotinum*, jednak niezbyt częsty na Bagnie Kusowo. W północnej części rezerwatu występują dystroficzne oczka wodne. Są siedliskiem N2000 – 3160 Naturalne, dystroficzne zbiorniki wodne. W największym z oczek, przy zachodnim obrzeżu kopuły, otoczonych siedliskiem *91D0, rosną w wodzie grzybieńce północne, a na ple rośniczka długolistna *Drosera anglica*, wśród turzycy bagiennych *Carex limosa* i bagnicy torfowej *Scheuchzeria palustris*.

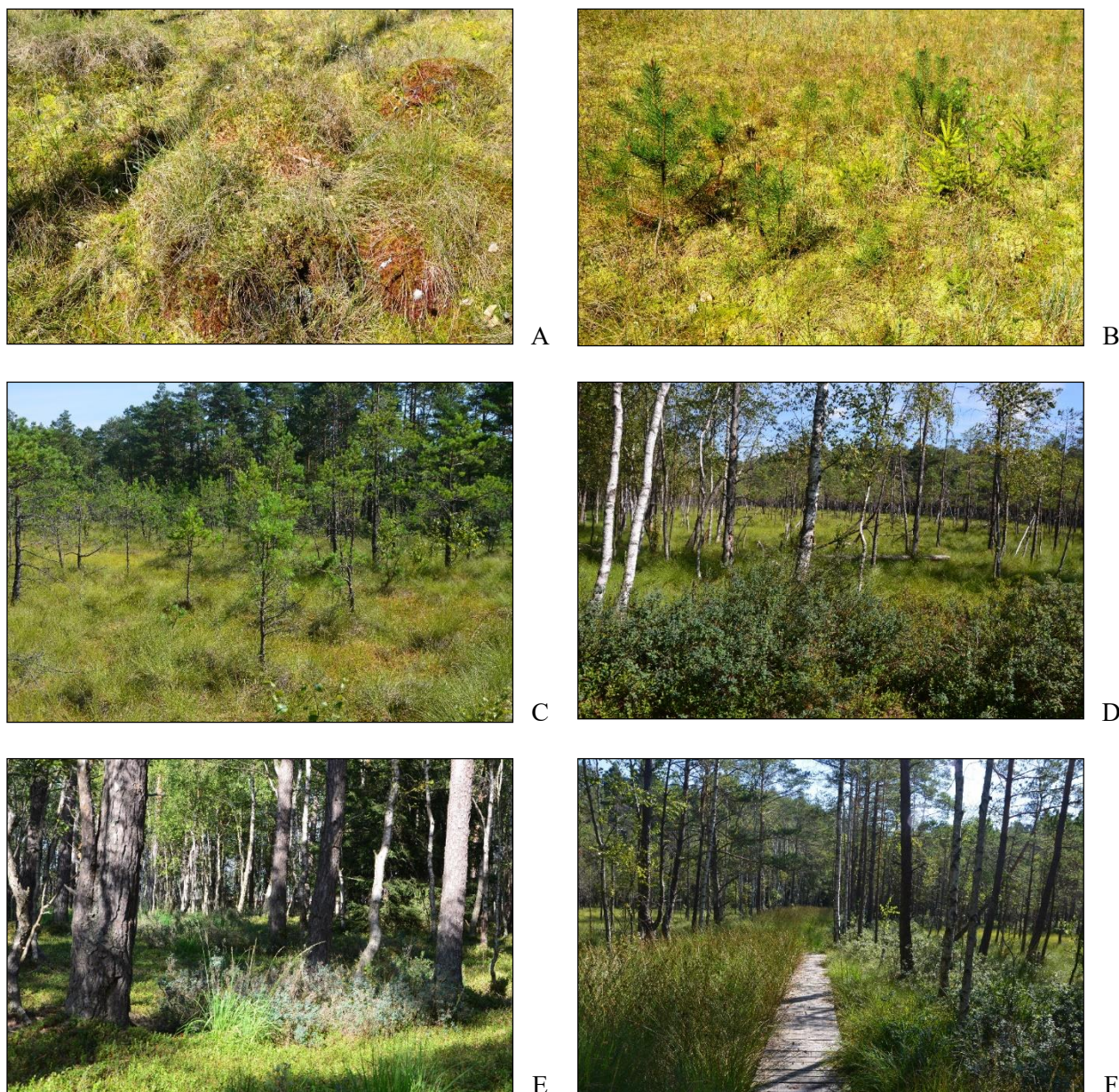
Oprócz zespołów roślinnych reprezentujących trzy wymienione już siedliska przyrodnicze Natura 2000, a mianowicie 3160, *7110 i *91D0, w rezerwacie występują płaty asocjacji z *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*. Są tam fitosocjologicznymi identyfikatorami siedliska Natura 2000 – 7140 Torfowiska przejściowe i trzęsawiska (przeważnie z roślinnością *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*). Znotowano: *Caricetum lasiocarpa*, *C. limosae*, *Sphagno tenelli-Rhynchosporium albae*, *Sphagno recurvi-Eriophoretum angustifolii* i *Sphagno apiculati-Caricetum rostratae* (w ujęciu Brzega i Wojterskiej 2004). Wzdłuż kładek ścieżki edukacyjnej przez potorfia rozwinęły się płaty *Junco-Molinietum* (Ryc. 2F). Z Zarządzenia (2009) wynika, że roślinność niegdyś użytkowanej części Bagna Kusowo jest siedliskiem Natura 2000 – 7120 Torfowiska wysokie zdegradowane, zdolne do naturalnej i stymulowanej regeneracji. Tak więc rezerwat chroni 5 typów siedlisk Natura 2000, skupiających wysokotorfowiskową roślinność oligo- i dystroficzną. Z gatunków reprezentatywnych dla tych siedlisk, w obu częściach rezerwatu występują (także wszystkie wyżej wymienione gatunki): czermień błotna *Calla palustris*; turzyce – nitkowata *Carex lasiocarpa*, bagienna *C. limosa* i dzióbkwata *C. rostrata*; pięciopalecznik błotny *Comarum palustre*; rosiczka okrągłolistna *D. rotundifolia*; wełnianka wąskolistna *Eriophorum angustifolium*; bobrek trójlistkowy *Menyanthes trifoliata*; żurawina błotna *Oxycoccus palustris*; przygielka biała *Rhynchospora alba* i bagnica torfowa *Scheuchzeria palustris*. Geobotaniczną osobliwością rezerwatu jest wełnianeczka darniowa *Baeothryon cespitosum*, wymieniona w planie ochrony dla rezerwatu (Zarządzenie ..., 2017). Pawlaczyk (2007) znalazł ją w mszarze *Sphagnetum magellanici*. Jest to jedno z niewielu stanowisk w Polsce, przy południowej granicy ogólnego zasięgu geograficznego (<https://www.atlas-roslin.pl>). Na 150 ha torfowiska Nowakowska i in. (2021) znotowali 279 gatunków roślin naczyniowych.

Fauna rezerwatu Bagno Kusowo to przede wszystkim gatunki powiązane z wodą. Pawlaczyk (2007) podał kilka gatunków ważek: żagnicę torfowcową *Aeshna subarctica*; zalotki – białoczelną *Leucorrhinia albifrons*, spłaszczoną *L. caudalis* i większą *L. pectoralis*; a także straszkę syberyjską *Sympecma paedisca*. Z chrząszczy wodnych obserwował: *Hydroporus incognitus*, *Laccophilus poecilus* i *Colymbetes paykulli*. Ponadto widział bardzo rzadkiego motyla – dostojkę eufrozynę *Boloria euphrosyne* i typowo torfowiskowego zieleńczyka ostrężynca *Callophrys rubi*; również rzadką mrówkę *Formica candida*. Z planu zadań ochronnych dla Jezior Szczecineckich PLH320009 (Zarządzenie ..., 2018) wynika, że na Bagnie Kusowo występują dwa gatunki fauny Natura 2000. Jest to kumak nizinny *Bombina bombina* i traszka grzebieniasta *Triturus cristatus cristatus*. Z planu ochrony dla rezerwatu natomiast (Zarządzenie ..., 2017) wiadomo, że na torfowisku bytują: żuraw zwyczajny *Grus grus*, lerka *Lullula arborea* i dzięcioł czarny *Dryocopus martius*. W borze bagiennym Ruta i in. (2018) znaleźli chrząszcza *Atheta strandiella*. W Polsce jest to jedno z pięciu stanowisk tego gatunku.

Herbichowa i Potocka (2004) doniosły, że w Polsce siedliska *7110 Torfowiska wysokie z roślinnością torfotwórczą (żywe) zachowały zaledwie 1% swojego pierwotnego arealu, a torfowisk kopułowych typu bałtyckiego o powierzchni do 200 ha jest zaledwie ok. 60. Bagno Kusowo, o areale blisko 400 ha, jest więc jednym z największych w tej grupie. Mszarne siedliska *7110 zajmują ok. 1/3 powierzchni Bagna Kusowo. Pozostały areal to 4 inne typy siedlisk Natura 2000: 3160, 7120, 7140 i *91D0. Ekosystem torfowiska jest

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

więc obiektem o wybitnej bioróżnorodności, która dostarcza wielorakie usługi ekosystemowe, zwłaszcza regulacyjne (jak np. retencjonowanie wód opadowych, sekwestracja CO₂ w pokładach torfu), a także kulturowe, związane między innymi z badaniami naukowymi, edukacją i rekreacją.



Ryc. 2. Rezerwat "Bagno Kusowo", $\varphi N 53^{\circ}48'22.30''/\lambda E 16^{\circ}35'20.42''$, oligo-ombrotroficzne torfowisko wysokie typu bałtyckiego. A – mszar torfowcowy *Sphagno recurvi-Eriophoretum vaginati* na wierzchowinie kopuły torfowiska, priorytetowe siedlisko przyrodnicze Natura 2000 – *7110 Torfowiska wysokie z roślinnością torfotwórczą (żywe). B – wkraczanie sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* i świerka pospolitego *Picea abies* do mszarów torfowcowych z klasy *Oxycocco-Sphagnetea*. C – inicjalne stadium sosnowego boru bagiennego *Vaccinio uliginosi-Pinetum*. D – wczesne stadium rozwoju brzeziny bagiennego *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis*, na pierwszym planie borówka bagienna *Vaccinium uliginosum* i trzęślica modra *Molinia caerulea*. E – w pełni wykształcony sosnowy bór bagienny *Vaccinio uliginosi-Pinetum*, priorytetowe siedlisko przyrodnicze Natura 2000 – *91D0 Bory i lasy bagienne. F – ścieżka przyrodnicza „Stara Kopalnia Torfu Kusowo” poprowadzona wśród potorfii; płaty *Junco-Molinietum* występujące wzdłuż kładki.

Literatura:

- Brüggemann L.W. 1784. *Ausführliche Beschreibung des gegenwärtigen Zustandes des Königl. Preußischen Herzogthums Vor und Hinter Pommern*. H. G. Effenbart, Königl. Buchdrucken, Stettin.
- Brzeg A., Wojterska M. 2001. *Zespoły roślinne Wielkopolski, ich stan poznania i zagrożenie*. [W:] M. Wojterska (red.). *Szata roślinna Wielkopolski i Pojezierza Południowopomorskiego*: 39–110. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Cedro A., Sotek Z. 2016. *Natural and Anthropogenic Transformations of A Baltic Raised Bog (Bagno Kusowo, North West Poland) in the Light of Dendrochronological Analysis of Pinus sylvestris L.. Forests* 7, 202
- Galon R. 1954. *Wstępna wiadomość o opracowaniu dotyczącym zanikania jezior w Polsce*. *Przegl. Geogr.* 26: 81–91.
- Härtling U. 2003. *History of Grünewald. Kreis Neustettin, Pomerania*. <http://www.genealogienetz.de/vereine/PG/service/daten/pdf/gruenewald.pdf>.
- Herbichowa M. 2004. *B. Opis podtypów. *Niżowe torfowiska wysokie*. [W:] J. Herbich (red.). *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny, 2*. Ministerstwo Środowiska RP, Warszawa.
- Herbichowa M., Potocka J. 2004. **Torfowiska wysokie z roślinnością torfotwórczą (żywe)*. [W:] J. Herbich (red.). *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny, 2*. Ministerstwo Środowiska RP, Warszawa.
- Herbichowa M., Potocka J., Kwiatkowski W. 2004. **Bory i lasy bagienne*. [W:] J. Herbich (red.). *Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny, 5*. Ministerstwo Środowiska R.P., Warszawa.
- Jania J., Bukowska-Jania E. 1997. *Model procesów paleoglacjalnych fazy pomorskiej vistulianu w obrębie lobu Parsęty na podstawie badań obszarów aktualnie zlodowaconych*. [W:] E. Bukowska-Jania, M. Pulina (red.). *Studia nad środowiskiem geograficznym Bornego Sulinowa*, Wyd. Nauk PWN, Warszawa, 27–58.
- Jasnowska J., Markowski S. 1998. *Torfowiska dorzecza Parsęty*. [W:] A. Kostrzewski (red.). *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych 1. Środowisko przyrodnicze dorzecza Parsęty, stan badań, zagospodarowanie, ochrona*, Wyd. Ucz. Polit. Koszalińskiej, Koszalin, 73–94.
- Karczewski A., 1989. *Morfogeneza strefy marginalnej fazy pomorskiej na obszarze lobu Parsęty w vistulianie (Pomorze Środkowe)*. UAM, *Geografia*, 44, Poznań.
- Karczewski A., 1996. *Zróźnicowanie morfo- i litogenetyczne fazy pomorskiej na obszarze Pomorza Zachodniego i Środkowego*. [W:] A. Kostrzewski (red.). *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, 2*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań, 137–154.
- Kittel P., 2005. *Geomorfologiczne uwarunkowania lokalizacji osadnictwa pradziejowego na Pojezierzu Kaszubskim i w Borach Tucholskich*. [W:] A. Kotarba, K. Krzemień, J. Święchowicz (red.). *Współczesna ewolucja rzeźby Polski*, IGiGP UJ, Kraków, 191–197.
- Lachowicz F., Olczak J., Siuchniński K. 1977. *Osadnictwo wczesnośredniowieczne na Pobrzeżu i Pojezierzu Wschodniopomorskim. Wybrane obszary próbne*. UAM, *Seria Archeologia*, 9, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Lamentowicz M., Galka M., Lamentowicz Ł., Obremska M., Kühl N. i in. 2015. *Reconstructing climate change and ombrotrophic bog development during the last 4000 years in northern Poland using biotic proxies, stable isotopes and trait-based approach*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 418: 261–277.
- Łosiński W. 1982. *Osadnictwo plemienne Pomorza (VI–X w.)*. Ossolineum, Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk.
- Muchowska F., Muchowski J. 1991. *Wykształcenie i sposób występowania późnoglacialnych osadów jeziornych w północno-zachodniej części Krainy Wielkich Jezior Mazurskich*. [W:] A. Kostrzewski (red.). *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, UAM, *Geografia*, 50, Poznań, 143–152.
- Nowakowska J., Gazda A., Tomski A., Szwaagrzyk J. 2021. *Drainage ditches enhance forest succession*

- in a raised bog but do not affect the spatial pattern of tree encroachment. PLoS ONE 16: e0247760.*
- Olczak J., Siuchniński K. 1968. *Źródła archeologiczne do studiów nad wczesnośredniowiecznym osadnictwem grodowym na terenie województwa koszalińskiego, 1, Poznań.*
- Ostoja-Zagórski J. 2004. *Człowiek i środowisko przyrodnicze w epoce brązu (na przykładzie Wielkopolski). [W:] D. Ablamowicz, Z. Śnieszko (red.). Zmiany środowiska geograficznego w dobie gospodarki rolno-hodowlanej. Studia z obszaru Polski. Muzeum Śląskie w Katowicach, Katowice, 59-66.*
- Pawlaczyk P. 2007. *Bagno Kusowo. [W:] M. Herbichowa, P. Pawlaczyk, R. Stańko (red.). Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu. Wyd. Klubu Przyrodników, Świebodzin: 62-66.*
- Pawlaczyk P., Stańko R. 2007. *Ochrona wysokich torfowisk bałtyckich na Pomorzu. Pierwszy polski projekt LIFE-Nature. Bocięk 92: 1-18.*
- Ruta R., Milke A., Komosiński K., Sienkiewicz P., Rutkowski T., Wiśniewski K. 2018. *Atheta strandiella Brundin, 1954 (Coleoptera: Staphylinidae) – a species newly recorded in Poland. Fragmenta Faunistica 61: 105-111.*
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidlasik M., Richling A., Badora K., Balon J. i in. 2018. *Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. Geographia Polonica 91: 143-170.*
- Sławski M., Stebel A., Sławska M. 2022. *Spontaneous regeneration of Collembola assemblages in a raised bog after human-induced disturbance. Applied Soil Ecology 169: 104233.*
- Szpikowski J. 2010. *Antropogeniczne przekształcenia rzeźby zlewni Perznicy w neoholocenie (Pojezierze Drawskie, dorzecze Parsęty). Wydawnictwo Naukowe UAM, Geografia, 91, Poznań.*
- Wille E. 1940. *Zur Besiedlung des Newen – Stettiner Landes. hergeb. von G. Zehm und 1 Karte von Dr. G. Ost. Neustettin.*
- Wirski A. 1995. *Srebrne wieki Pomorza. Bałtycka Wyższa Szkoła Humanistyczna, Koszalin.*
- Zarządzenie Nr 27/2009 Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 22 maja 2009 r. w sprawie ustanowienia planu ochrony dla rezerwatu „Bagno Kusowo”. *Dziennik Urzędowy Województwa Zachodniopomorskiego, 2009, poz. 48.*
- Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 6 lutego 2017 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustanowienia planu ochrony dla rezerwatu „Bagno Kusowo”. *Dziennik Urzędowy Województwa Zachodniopomorskiego, 2017, poz. 676.*
- Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Szczecinie z dnia 15 maja 2018 r. w sprawie ustanowienia planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000 Jeziora Szczecineckie PLH320009. *Dziennik Urzędowy Województwa Zachodniopomorskiego, 2018, poz. 2389.*

Materiały kartograficzne:

- Gilly D. 1789. *Karte des Königl. Preuss. Herzogthums Vor. und Hinter Pommern nach Speciellen Vermessungen entworfen, von D. F. Sotzmann, Berlin.*
- Preußischen Landesaufnahme, 1877. Meßtischblatt, 1:25000, Blatt: Wurchow 782, Persanzig 876.*
- Reichsamt für Landesaufnahme, 1935. Topographische Karte, 1:25000, Blatt: Wurchow 2165, Persanzig 2265.*
- Kgl. Preuss. Generalstabs, ok. 1855. Generalstabskarte, 1:100000, 125, 126.*
- Państwowy Instytut Geologiczny, 2001, 2003, 2004. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski. 1:50000, akusze: 122-Bobolice, 160-Szczecinek.*

Torfowisko wysokie bałtyckie Bagno Kusowo – paleoekologia, eksperyment, mikrometeorologia i monitoring gazów cieplarnianych

Mariusz Lamentowicz¹, Bogdan Chojnicki², Kamila Harenda², Vincent E.J. Jassey³, Damian Józefczyk², Katarzyna Marcisz¹, Patryk Poczta²

¹ *Pracownia Ekologii Zmian Klimatu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza*

² *Pracownia Bioklimatologii, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

³ *Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Université de Toulouse, CNRS*

Torfowisko bałtyckie Bagno Kusowo

Torfowisko Bagno Kusowo położone jest w północnej Polsce na obszarze młodoglacjalnym ukształtowanym przez działalność ostatniego lądolodu skandynawskiego, który cofnął się z tego obszaru o ok. 15 tys. BP (Marks, 2002). Współrzędne dla centralnej części torfowiska Bagno Kusowo to 53° 48' 28" N, 16° 35' 14" E. Obecnie jest ono rezerwatem przyrody i wchodzi w skład Specjalnego Obszaru Ochrony (SOO) obszaru Natura 2000 „Jeziora Szczecineckie ” (PLH 32009). Torfowisko o powierzchni 318,82 ha wypełnia dawną nieckę jeziorną położoną na wysoczyźnie morenowej. Średnia wysokość zawiera się w przedziale 150-160 m n.p.m., a najwyższe wzniesienie znajdujące się w sąsiedztwie torfowiska dochodzi do 202 m n.p.m. Torfowisko otoczone jest lasami (głównie gatunki: *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica* i *Alnus glutinosa*) oraz polami i łąkami. Od południowego wschodu torfowisko przylega do jeziora Wielatowo (zwierciadło na 143 m n.p.m., powierzchnia 186ha). Analizowane stanowisko charakteryzuje się klimatem przejściowym, na który duży wpływ mają oceaniczne masy powietrza. Całkowite roczne opady sięgają 650 mm. Średnia temperatura lipca dochodzi do 17°C, a stycznia do -3°C (Woś, 1999). Torfowisko Bagno Kusowo zostało odwodnione w XIX wieku, a eksploatacja torfu miała miejsce w jego południowej części. Mimo odwodnienia zrealizowanego za pomocą wykopanych rowów północna część obiektu jest podmokła i zachowała swój pierwotny charakter, z otwartymi przestrzeniami, na których rosną luźno karłowate sosny. Skład gatunkowy torfowiska obejmuje takie gatunki, jak: *Sphagnum magellanicum*, *S. cuspidatum*, *S. capillifolium*, *Baeothryon caespitosum*, *Scheuchzeria palustris*, *Drosera rotundifolia* i *Oxycoccus palustris*. Według przeprowadzonych przez autorów wierceń maksymalna miąższość torfu na otwartych przestrzeniach północnej części obszaru wynosi ok. 8 m.

Paleoekologia

Torfowisko było w ostatnich latach przedmiotem szeroko zakrojonych badań paleoekologicznych. W ramach kilku projektów naukowych powstał szereg publikacji opisujących historię torfowiska w relacji do zmian klimatu i zmian użytkowania ziemi; powstała także praca porównująca rozwój torfowiska z pobliskim jeziorem (Watson et al., 2017; Gałka et al., 2017; Gałka et

al., 2014; Lamentowicz et al., 2015; Marcisz et al., 2019; Pleskot et al., 2022; Marcisz et al., 2017). Wykorzystując liczne biotyczne i abiotyczne wskaźniki paleoekologiczne (proxy), takie jak ameby skorupkowe (rekonstrukcje przeszłych zmian poziomu wody), izotopy stabilne węgla (^{13}C), makroszczałki roślinne (wskaźniki lokalnej roślinności i wilgotności powierzchni torfowisk), ziarna pyłku i zarodniki (wskaźniki zmian szaty roślinnej i wpływu człowieka) oraz węgielki drzewne (wskaźniki przeszłej aktywności pożarowej), zrekonstruowano i zidentyfikowano regionalny sygnał hydroklimatyczny torfowiska Kusowo i porównano go z innymi zapisami torfowiskowymi wokół Morza Bałtyckiego. Badania wykazały, że torfowisko Kusowo było stabilne hydrologicznie przez ostatnie 4000 lat i nawet odwadnianie i eksploatacja torfu nie naruszyły jego hydrologii w północnej części przez ostatnie 200 lat. Dostarczyliśmy statystycznie potwierdzone dowody reakcji roślin i mikroorganizmów na przeszłe zmiany hydrologiczne które odzwierciedlają zmiany klimatyczne. Są to pierwsze badania zmian hydroklimatycznych w przeszłości na torfowiskach oparte na podejściu bazującym na cechach funkcjonalnych ameb skorupkowych. Powstały także prace opisujące najbliższą historię torfowiska w wysokiej rozdzielczości, które wykazały, że na torfowisku i w jego obrębie wystąpiło kilku zdarzeń pożarowych skorelowanych z wydarzeniami historycznymi na Pomorzu Zachodnim (wojny, pożary Szczecinka) (Marcisz et al., 2019).

Eksperyment translokacyjny MIXOPEAT

Obecnie na torfowisku prowadzone są badania eksperymentalne w ramach projektu MIXOPEAT (<https://www.mixopeat.cnrs.fr>), który wykorzystuje kombinacje modeli matematycznych, eksperymentów laboratoryjnych i terenowych, aby dowiedzieć się, jak protisty miksotroficzne modyfikują bilans węgla w torfowiskach i zrozumieć, jakie zmiany klimatyczne prowadzą do ewolucji i/lub tąpnięcia populacji tych organizmów. Identyfikowane są czynniki abiotyczne (np. temperatura i opady) i biotyczne (np. różnorodność roślin i gęstość zdobywcy) wywołują zmiany w kondycji i funkcji miksotrofów. Aby to osiągnąć, stosowane jest podejście eksperymentalne i obserwacyjne w warunkach laboratoryjnych (zadanie 1) i terenowych (zadanie 2), manipulując odpowiednio obfitością miksotrofów i warunkami termiczno-wilgotnościowymi. Badane są procesy i mechanizmy zidentyfikowane w różnych eksperymentach oraz budowane modele predykcyjne wpływu miksotrofów na dynamikę torfowisk C w różnych scenariuszach klimatycznych (zadanie 3). Badania wypełniają lukę w wiedzy na temat ekologicznej roli miksotrofów, testując, w jaki sposób zmiany klimatu wpływają na ich funkcjonowanie na torfowiskach oraz konsekwencje dla dynamiki węgla tych ekosystemów. Projekt opiera się na historii współpracy i połączonej wiedzy, aby odpowiedzieć na to kluczowe i przeoczone pytanie dotyczące roli miksotrofów w dynamice C torfowisk. Projekt jest ważny z dwóch powodów. Po pierwsze, jest to krok w kierunku zrozumienia złożonego ekosystemu torfowisk, które gromadzą znaczną część węgla w biosferze. Projekt obfituje w publikacje pokazujące jak torfowiska reagują na podgrzanie z wykorzystaniem eksperymentu translokacyjnego (Hamard et al., 2021b; Sytiuk et al., 2021; Jassey et

al., 2022; Sytiuk et al., 2022; Walker et al., 2022; Hamard et al., 2021a; Lamentowicz et al., 2019).

Monitoring dwutlenku węgla KUSCO

Bagno Kusowo jest obiektem badań w kontekście wymiany dwutlenku węgla między torfowiskiem a atmosferą. Badania te, wraz z obserwacjami warunków meteorologicznych (m.in. promieniowanie bezpośrednie, rozproszone, odbite oraz fotosyntetycznie aktywne, temperatura powietrza i torfu, wilgotność powietrza, opad oraz poziom wód gruntowych) są prowadzone od 2019 r. w ramach projektu KUSCO₂ finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki. Ciągłe pomiary wymiany netto strumieni dwutlenku węgla oraz pary wodnej między torfowiskiem, a atmosferą wykonywane są od czerwca 2019 r. Pomiary te realizowane są za pomocą systemu składającego się analizatora gazowego CO₂/H₂O oraz anemometru ultradźwiękowego, a strumienie gazów oraz ciepła liczone przy pomocy tzw. metody kowariancji wirów (KW). Równoczesne pomiary strumieni i parametrów meteorologicznych są kluczowe dla określenia kondycji torfowiska oraz relacji między czynnikami biotycznymi i abiotycznymi, a bilansami CO₂ oraz H₂O tego ekosystemu. Dodatkowo, dzięki prowadzonym pomiarom możliwe jest oszacowanie sezonowej dynamiki bilansu tych gazów w oparciu o obserwacje warunków meteorologicznych. Lokalizacja wieży pomiarowej w północnej części Bagna Kosowo umożliwia te badania w warunkach torfowiska wysokiego bałtyckiego i jest to uzupełnienie luki w wiedzy dot. funkcjonowania ekosystemów tego typu w nowych warunkach klimatycznych. Wstępne wyniki wskazują, że torfowisko Bagno Kusowo pochłania średnio około 40 gC·m⁻² (400 kgC·ha⁻¹) CO₂ netto z atmosfery w ujęciu rocznym. Optymalne warunki wodne na przedwiośniu pozwalają torfowisku osiągnąć neutralność bilansu CO₂ już w marcu, by stać się pochłaniaczem netto CO₂ z atmosfery w kwietniu i utrzymywać ten stan aż do lipca. Z kolei wysokie temperatury powietrza, jak i obniżający się poziom wód gruntowych latem, sprawia iż torfowisko Kusowo zaczyna w sierpniu emitować netto CO₂ do atmosfery. Zaobserwowano także, że wyższy poziom wód gruntowych we wrześniu znacząco ograniczył emisję CO₂ z torfowiska w analogicznym okresie (względem sierpnia i października), co miało istotny wpływ na roczny bilans dwutlenku węgla tego ekosystemu. Podsumowując, dynamika wymiany CO₂ między torfowiskiem wysokim bałtyckim a atmosferą jest silnie zależna od warunków meteorologicznych, które oddziaływanie łatwo zmienia ten ekosystem z pochłaniacza w emiter netto CO₂.

Przyszłość – projekt ReVersal

Projekt ReVersal łączy w niespotykany sposób kluczowe metody z dyscyplin związanych z torfowiskami a w podprojektach będących składowymi projektu zajmujemy się: i) rekonstrukcją paleoekologiczną oraz warunkami odniesienia i wskaźnikami degradacji/odporności; ii) aktualną hydrologią, poziomami bioróżnorodności i zbiorowiskami drobnoustrojów; iii) bilansami CO₂ i CH₄ oszacowanymi w oparciu o techniki pomiarowe: komorowe i kowariancji wirów oraz w oparciu o dostępne dane długoterminowe; iv) najnowszymi teledetekcyjnymi metodami monitorowania w celu

przeskalowania powierzchni ekosystemu do skali krajobrazu, wspieranego nowatorskimi metodami uczenia maszynowego; v) kompromisami w zakresie różnorodności biologicznej, wymiany CO₂ i CH₄ oraz ich odporności, jeśli docelowe poziomy wody mogą być osiągnięte tylko częściowo; vi) działania informacyjne i transfer wiedzy poprzez ścisłą współpracę z rolnikami, branżą torfową, organizacjami zajmującymi się ochroną przyrody, zarządcami wód i organami administracyjnymi. Projekt ten ma na celu zbadanie i określenia trajektorii odtwarzania torfowisk w oparciu o najnowocześniejszą ocenę informacji paleoekologicznych i biogeochemicznych z próbek torfu, umieszczając te dane w kontekście ekologii krajobrazu i dostarczając potężne narzędzia teledetekcyjne do przyszłej oceny i monitoringu zdegradowanych i odtworzonych torfowisk. Wyraźny cel, ścisłe powiązanie pakietów roboczych i zastosowanie danych, które zwykle nie są brane pod uwagę w restytucji ekologicznej, sprawiają, że projekt jest bardzo innowacyjny i przyniesie wyniki, które pozwolą zweryfikować przydatność odtwarzania torfowisk w kontekście zmieniających się warunków klimatycznych.

Literatura:

- Gałka, M., Tobolski, K., Górską, A., and Lamentowicz, M. 2017. Resilience of plant and testate amoeba communities after climatic and anthropogenic disturbances in a Baltic bog in Northern Poland: Implications for ecological restoration. *The Holocene* 27: 130-141.
- Gałka, M., Tobolski, K., Górską, A., Milecka, K., Fiałkiewicz-Kozielec, B., and Lamentowicz, M. 2014. Disentangling the drivers for the development of a Baltic bog during the Little Ice Age in northern Poland. *Quaternary International* 328-329: 323-337.
- Hamard, S., Küttim, M., Céréghino, R., and Jasse, V.E.J. 2021a. Peatland microhabitat heterogeneity drives phototrophic microbe distribution and photosynthetic activity. *Environ Microbiol* 23: 6811-6827.
- Hamard, S., Céréghino, R., Barret, M., Sytiuk, A., Lara, E., Dorrepaal, E., Kardol, P., Küttim, M., Lamentowicz, M., Leflaive, J., Le Roux, G., Tuittila, E., and Jasse, V.E.J. 2021b. Contribution of microbial photosynthesis to peatland carbon uptake along a latitudinal gradient. *Journal of Ecology* 109: 3424-3441.
- Jasse, V.E.J., Walcker, R., Kardol, P., Geisen, S., Heger, T., Lamentowicz, M., Hamard, S., and Lara, E. 2022. Contribution of soil algae to the global carbon cycle. *New Phytol* 234: 64-76.
- Lamentowicz, M., Gałka, M., Marcisz, K., Słowiński, M., Kajukał-Drygalska, K., Dayras, M.D., and Jasse, V.E.J. 2019. Unveiling tipping points in long-term ecological records from Sphagnum-dominated peatlands. *Biol Lett* 15: 20190043.
- Lamentowicz, M., Gałka, M., Lamentowicz, Ł., Obremska, M., Köhl, N., Lücke, A., and Jasse, V.E.J. 2015. Reconstructing climate change and ombrotrophic bog development during the last 4000 years in northern Poland using biotic proxies, stable isotopes and trait-based approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 418: 261-277.
- Marcisz, K., Gałka, M., Pietrala, P., Miotk-Szpiganowicz, G., Obremska, M., Tobolski, K., and Lamentowicz, M. 2017. Fire activity and hydrological dynamics in the past 5700 years reconstructed from Sphagnum peatlands along the oceanic–continental climatic gradient in northern Poland. *Quaternary Science Reviews* 177: 145-157.
- Marcisz, K., Lamentowicz, M., Gałka, M., Colombaroli, D., Adolf, C., and Tinner, W. 2019. Responses of vegetation and testate amoeba trait composition to fire disturbances in and around a bog in central European lowlands (northern Poland). *Quaternary Science Reviews* 208: 129-139.
- Pleskot, K., Apolinarska, K., Cwynar, L.C., Kotrys, B., and Lamentowicz, M. 2022. The late-

XXX Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego
Szczecinek, Storkowo 08-10 czerwca 2022

- Holocene relationship between peatland water table depth and summer temperature in northern Poland. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 586: 110758.
- Sytiuk, A., Céréghino, R., Hamard, S., Delarue, F., Dorrepaal, E., Küttim, M., Lamentowicz, M., Pourrut, B., Robroek, B.J.M., Tuittila, E.-S., and Jasse, V.E.J. 2022. Biochemical traits enhance the trait concept in *Sphagnum* ecology. *Oikos* 2022: e09119.
- Sytiuk, A., Céréghino, R., Hamard, S., Delarue, F., Guittet, A., Barel, J.M., Dorrepaal, E., Küttim, M., Lamentowicz, M., Pourrut, B., Robroek, B.J.M., Tuittila, E., and Jasse, V.E.J. 2021. Predicting the structure and functions of peatland microbial communities from *Sphagnum* phylogeny, anatomical and morphological traits and metabolites. *Journal of Ecology*
- Walker, T.W.N., Alexander, J.M., Allard, P., Baines, O., Baldy, V., Bardgett, R.D., Capdevila, P., Coley, P.D., David, B., Defosse, E., Endara, M., Ernst, M., Fernandez, C., Forrister, D., Gargallo-Garriga, A., Jasse, V.E.J., Marr, S., Neumann, S., Pellissier, L., Peñuelas, J., Peters, K., Rasmann, S., Roessner, U., Sardans, J., Schrod, F., Schuman, M.C., Soule, A., Uthe, H., Weckwerth, W., Wolfender, J., Dam, N.M., and Salguero-Gómez, R. 2022. Functional Traits 2.0: The power of the metabolome for ecology. *Journal of Ecology* 110: 4-20.
- Watson, E.J., Kołaczek, P., Słowiński, M., Swindles, G.T., Marcisz, K., Gałka, M., and Lamentowicz, M. 2017. First discovery of Holocene Alaskan and Icelandic tephra in Polish peatlands. *Journal of Quaternary Science* 32: 457-462.