

INSTYTUT ŚRODOWISKA ROLNICZEGO I LEŚNEGO POLSKIEJ AKADEMII NAUK W POZNANIU

AKADEMIA TALENTÓW PRZYRODNICZYCH

– podwyższenie jakości kształcenia kompetencji
naukowych i przyrodniczych w szkołach ponadgimnazjalnych
w ramach przedmiotu *Ekologia Krajobrazu*

Przewodnik po Ekologii Krajobrazu **I ty możesz sam odkrywać prawa przyrody**



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Niniejsza publikacja została wydana w ramach projektu pt. „**AKADEMIA TALENTÓW PRZYRODNICZYCH – podwyższenie jakości kształcenia kompetencji naukowych i przyrodniczych w szkołach ponadgimnazjalnych w ramach przedmiotu ekologia krajobrazu**”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007-2013.

Publikacja jest dystrybuowana bezpłatnie.

Wydawca:

Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu
ul. Bukowska 19, 60-809 Poznań
www.isrl.poznan.pl

Autorzy:

mgr inż. Maria Beczkiewicz – *Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu, Instytut Nauk Edukacyjnych Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Lesznie*
dr inż. Maria Szyszkiewicz-Golis – *Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu*
mgr inż. Elżbieta Polańska – *Zespół Szkół w Pawłowicach*

Konsultacja naukowa:

dr hab. Krzysztof Kujawa – *Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu*

Recenzenci:

prof. dr hab. Iwona Piotrowska – *Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Pracownia Dydaktyki Geografii i Edukacji Ekologicznej*
prof. dr hab. Jerzy Solon – *Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk w Warszawie*
mgr Grzegorz Lorek – *Liceum Ogólnokształcące nr 1 w Lesznie*

Redakcja techniczna: mgr inż. Maria Beczkiewicz

Druk: „GAMMA” Aleksander Urbański, ul. Sienkiewicza 55, 62-031 Luboń

ISBN: 978-83-938379-1-5

Poznań, wrzesień 2015



Publikacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

SPIS TREŚCI

I	WPROWADZENIE DO EKOLOGII KRAJOBRAZU	5
II	PRZEPŁYW ENERGII SŁONECZNEJ I OBIEG MATERII W ŚRODOWISKU PRZYRODNICZYM	10
III	RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA	26
IV	GOSPODARKA ZASOBAMI WODNYMI W KRAJOBRAZIE, W TYM NA TERENACH ZURBANIZOWANYCH...63	
V	ZMIANY KLIMATU, EDUKACJA GLOBALNA	71
VI	GOSPODAROWANIE KRAJOBRAZEM	88
	SŁOWNIK	100

Niniejsza publikacja została wydana w ramach realizacji projektu pt. „**AKADEMIA TALENTÓW PRZYRODNICZYCH – podwyższenie jakości kształcenia kompetencji naukowych i przyrodniczych w szkołach ponadgimnazjalnych w ramach przedmiotu Ekologia Krajobrazu**”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007–2013.

Przygotowany skrypt jest podsumowaniem doświadczeń zgromadzonych podczas realizacji dodatkowego przedmiotu o nazwie „ekologia krajobrazu” w sześciu szkołach ponadgimnazjalnych województwa wielkopolskiego w oparciu o program nauczania przygotowany na potrzeby tego projektu. Służyć ma nie tylko uczniom szkół ponadgimnazjalnych i studentom kierunków przyrodniczych, ale także innym osobom zainteresowanym tą tematyką. Składa się z krótkiego wprowadzenia do tematu, opisu projektów stanowiących podstawę realizacji przedmiotu (autorstwa pracowników Instytutu Środowiska Rolniczego i Leśnego Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu) oraz z zadań sprawdzających nabyte umiejętności, opisanych w poszczególnych zagadnieniach. Zielonym kolorem oznaczone są fragmenty-ciekawostki, opracowane przez pracowników IŚRiL PAN lub autorów skryptu. Na końcu znajduje się słownik z terminami nie tylko umieszczonymi w opracowaniu, ale także takimi, które są związane z opisanymi zagadnieniami.

Ekologia krajobrazu jest odrębną dyscypliną naukową – gałęzią ekologii, która kładzie nacisk na rozpoznawanie zależności, relacji oraz związków przyczynowo-skutkowych zachodzących w krajobrazie. Zagadnienia te są badane i opisywane między innymi przez członków Międzynarodowej Asocjacji Ekologii Krajobrazu. Należy podkreślić, że publikacja ta porusza tylko wybrane zagadnienia z szerokiego zakresu tematów, którymi zajmuje się ekologia krajobrazu.

Maria Beczkiewicz

I. WPROWADZENIE DO EKOLOGII KRAJOBRAZU

Termin „krajobraz” używany w języku potocznym oznacza widok, ale w wielu językach niegdyś określał on obszar, a następnie fizjonomię wycinka przestrzeni geograficznej i tak tłumaczy się go także obecnie.

Niemieckie słowo *Landschaft* w najstarszym tłumaczeniu z 830 r. to *lantscaf* i jest tłumaczeniem łacińskiego słowa *regio* oznaczającego obszar. W okresie intensywnego rozwoju malarstwa flamandzkiego (XV, XVI wiek) krajobrazem określano okolicę, na tle której widoczna była dana osoba albo rozgrywała się jakaś akcja utrwalona na obrazie. W XVII wieku w Anglii termin *landscape* był powszechnie stosowany do określenia terenu i obserwowanego otoczenia. Podobnie we Francji w słownikach z XVII–XIX wieku krajobraz to przestrzeń, którą można objąć wzrokiem lub obraz przedstawiający fragment środowiska. Zainteresowanie w naukach przyrodniczych krajobrazem rozpoczęli Humboldt (1769–1859) i Dokuczajew (1846–1903).

W Polsce termin ten po raz pierwszy zastosował J. Lelewel (na początku XIX wieku) w rozumieniu „historii kraju” oraz W. Pol jako widok otaczającej człowieka rzeczywistości. W okresie międzywojennym problematyką krajobrazu zajmowało się wielu badaczy, między innymi geografowie: J. Smoleński, S. Lencewicz, S. Pawłowski. M. Dobrowolska i przyrodnicy J. Paczoski i A. Wodziczko. Po II wojnie światowej badania krajobrazowe prowadzono przede wszystkim w dwóch ośrodkach uniwersyteckich: Warszawie i Poznaniu, a ważnym ośrodkiem badań ekologiczno-krajobrazowych stał się Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu, zajmujący się analizą przepływów materii i energii w krajobrazie, badaniami nad różnorodnością biologiczną oraz możliwościami wdrażania rozwoju zrównoważonego.

We współczesnym ujęciu krajobraz oznacza kompleksowy system (Ryc. 1.1.) składający się z form, rzeźby i wód, roślinności i gleb, skał i atmosfery charakteryzujący się następującymi cechami:

- zajmuje pewien wycinek przestrzeni, który można zlokalizować na mapie;
- ma określoną fizjonomię, którą można przedstawić graficznie;
- tworzy system dynamiczny uzależniony od proporcji między jego częściami składowymi i związków między nimi;
- podlega ewolucji.



Ryc. 1.1. Przykład terenu o urozmaiconej strukturze, podkreślający istotę krajobrazu rozumianego jako kompleksowy system (fot. Krzysztof Kujawa)

Według Europejskiej Konwencji Krajobrazowej krajobraz to obszar postrzegany przez ludzi, którego charakter jest rezultatem akcji i interakcji czynników przyrodniczych i/lub ludzkich.

W zależności od dyscypliny, która zajmuje się krajobrazem, jego definicje są różne. I tak w ujęciu:

- fizjonomicznym (wizualno-estetycznym) jest to widok, przestrzeń, którą można objąć wzrokiem; stanowi podstawę badań nad percepcją, harmonią i pięknem krajobrazu,

- b. geograficznym (regionalno-typologicznym) krajobraz jest rozumiany jako obszar, region i/lub fragment terenu złożony z powiązanych wzajemnie ekosystemów; tak zdefiniowany stanowi przedmiot badań nad funkcjonowaniem, rolą i dynamiką krajobrazu,
- c. geografii fizycznej (geokompleks) – tu rozpatruje się go w aspekcie typologicznym i układzie hierarchicznym, wywodzi się z niego hierarchiczna typologia i regionalizacja krajobrazu „naturalnego”,
- d. geochemicznym – krajobraz to przestrzenny kompleks dynamiczny, określane na podstawie procesów na molekularnym szczeblu organizacji materii, w którym analizuje się podporządkowanie sąsiadujących jednostek, procesy na katenach oraz krążenie i akumulację pierwiastków,
- e. geobotanicznym – jest nim istniejący, dynamiczny układ strukturalno-funkcjonalny na ponad ekosystemalnym poziomie organizacji biosfery, gdzie granice ekosystemów wyznaczone są dzięki charakterystycznej roślinności (Ryc. 1.2),
- f. ekologii zwierząt – obszar, na który składa się mozaika biotopów (miejsc występowania danego gatunku) inspirująca do badań nad fragmentacją siedlisk, korytarzami ekologicznymi, łącznością między płatami, dynamiką metapopulacji, obszarami minimalnymi, zjawiskami ekotonowymi, synantropizacją oraz ochroną różnorodności biologicznej,
- g. architektury krajobrazu – krajobraz jest rozumiany jako przedmiot badań między innymi w planowaniu przestrzennym i badań nad tendencjami, podstawami oraz kierunkami gospodarczych przekształceń krajobrazowych,
- h. geografii człowieka – to efekt działalności człowieka obejmujący przyrodnicze uwarunkowania działalności człowieka oraz przekształcenia środowiska i elementy kulturowe w krajobrazie,
- i. prawnym – krajobraz traktowany jest jako obszar postrzegany przez ludzi, którego charakter jest wynikiem działania i interakcji czynników przyrodniczych lub ludzkich (Dz.U. z dnia 29 stycznia 2006),
- j. literackim – motyw ponadczasowy jako przestrzeń (pierwotnie, w której się narodził człowiek – raj) najczęściej pokryta szatą roślinną tworzącą tło opisywanych wydarzeń,
- k. kompleksowym (w ujęciu ekologii krajobrazu) – obszar, na który składa się przyroda abiotyczna (georóżnorodność), biotyczna (bioróżnorodność) i społeczna (zróżnicowanie wprowadzone przez człowieka). Jednocześnie krajobraz traktowany jest jako:
 - zestaw obiektów fizycznych (abiotycznych, biotycznych, w tym – antropogenicznych);
 - system powiązanych ze sobą procesów integrujących różne obiekty fizyczne;
 - zbiór rzeczywistych i potencjalnych usług dla różnych użytkowników;
 - zbiór bodźców oddziałujących na zmysły użytkownika;
 - zbiór wartości które są ważne dla konkretnego użytkownika (przyrodnicze, duchowe, estetyczne, historyczne itd.).



Ryc. 1.2. Pogórze Przemyskie – krajobraz półnaturalny, półantropogeniczny, z wyraźnie zaznaczonymi granicami między ekosystemami dzięki obecności odrębnych zbiorowisk roślinnych (lasów, łąk, zarośli i zadrzewień) (fot. Krzysztof Kujawa)

Pierwszy człon terminu „ekologia krajobrazu”, czyli „ekologia”, został po raz pierwszy użyty w 1869 r. przez niemieckiego biologa E. Haeckela do określenia nauki zajmującej się badaniami relacji pomiędzy organizmem a jego środowiskiem i jest uznawany przez większość naukowców. Potoczne rozumienie słowa „ekologia”, często wykorzystywane w celach marketingowych (np. ekologia jako synonim ochrony środowiska, równowaga ekologiczna w sensie potocznym, klęska ekologiczna, opakowania ekologiczne itd.), nie ma nic wspólnego z założeniami naukowymi.

Termin „ekologia krajobrazu” został wprowadzony przez C. Trolla (1939) dla oznaczenia dyscypliny zajmującej się analizą funkcjonalną krajobrazu i wyjaśnianiem panujących w nim wielostronnych i zmieniających się zależności. W latach 60. XX wieku zmodyfikował on ją i zdefiniował jako naukę zajmującą się kompleksem powiązań pomiędzy biocenozami i ich środowiskowymi uwarunkowaniami w określonych wycinkach krajobrazu.

Do zadań ekologii krajobrazu należy ocena układu ekologicznego krajobrazu i przebiegu procesów krajobrazowych oraz określenie ekologicznych konsekwencji przekształcenia krajobrazów naturalnych (Ryc. 1.3) w antropogeniczne (kulturowe) (Ryc. 1.4). Zadania mają charakter interdyscyplinarny, dlatego nauka ta może być realizowana na trzech poziomach:

- a. bezpośrednim – gdy założymy, że jest to zintegrowany system (obszar zainteresowań biologów i geografów),
- b. pośrednim – gdy zajmujemy się pojedynczymi czynnikami (obszar zainteresowań hydrologów, klimatologów, gleboznawców),
- c. praktycznym – gdy interesują nas różne aspekty istotne z punktu widzenia potrzeb człowieka (obszar zainteresowania specjalistów z różnych dziedzin, między innymi socjologów).

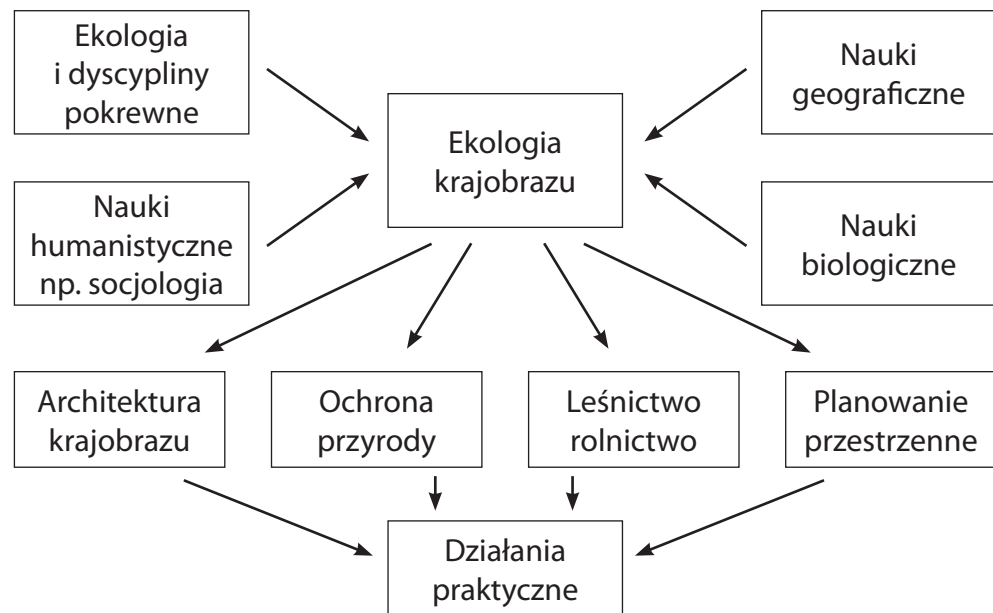


Ryc. 1.3. Bieszczady – przykład krajobrazu naturalnego (fot. Krzysztof Kujawa)



Ryc. 1.4. Wybrzeże morskie w Holandii – przykład krajobrazu kulturowego, czyli stworzonego głównie w wyniku działalności ludzkiej (fot. Krzysztof Kujawa)

Usytuowanie ekologii krajobrazu w systemie nauk wzbudza wiele dyskusji, gdyż nie ma tu zgody wśród naukowców, jednakże ze względu na jej interdyscyplinarność i konieczne podejście systemowe przyjmuje się, że jest to odrębna dyscyplina twórczo wykorzystująca osiągnięcia nauk geograficznych i biologicznych i tworząca w ten sposób swój własny dorobek i stanowiąca bazę dla innych nauk szczegółowych (Ryc. 1.5.).



Ryc. 1.5. Usytuowanie ekologii krajobrazu w sieci powiązań między różnymi dyscyplinami naukowymi

Warto podkreślić związek nauk przyrodniczych z innymi dyscyplinami naukowymi (Ryc. 1.5.) realizowany w następujących obszarach:

- przestrzennej strukturze krajobrazu, która zmienia się od naturalnej do całkowicie przekształconej na terenach zurbanizowanych,
- związkach pomiędzy strukturą a procesami zachodzącymi w krajobrazie,
- relacjach pomiędzy działalnością człowieka a strukturą krajobrazu, procesami przebiegającymi w krajobrazie i zmianami krajobrazu (Ryc.1.6),
- efektem skali i zaburzenia krajobrazu,
- zastosowaniem podstaw naukowych w planowaniu i kształtowaniu krajobrazu.



Ryc. 1.6. Bardo Śląskie – wyrazisty przykład oddziaływania człowieka na krajobraz naturalny w wyniku rozwoju osiedli ludzkich (fot. Krzysztof Kujawa)

Warto podkreślić, że w zrozumieniu i interpretacji wielu zależności i procesów charakteryzujących krajobrazy antropogeniczne (a takich jest już większość) pomocne bywają także nauki inne niż przyrodnicze (w tym także humanistyczne), jak historia, ekonomia, socjologia, kulturoznawstwo lub psychologia.



Ryc. 1.7. Przekształcenie krajobrazu naturalnego na terenach zurbanizowanych-Treugir Bretania. Fot. Liliana Golka.

Literatura

- RICHLING A., SOLON J. (2011): Ekologia krajobrazu. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- RICHLING A. (2009): Perspektywy rozwoju ekologii krajobrazu. [w:] Ekologia krajobrazu: problemy badawcze i uptylitarne, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- PIETRZAK M. (2010): Podstawy i zastosowania ekologii krajobrazu. Teoria i metodologia. Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej, Leszno.

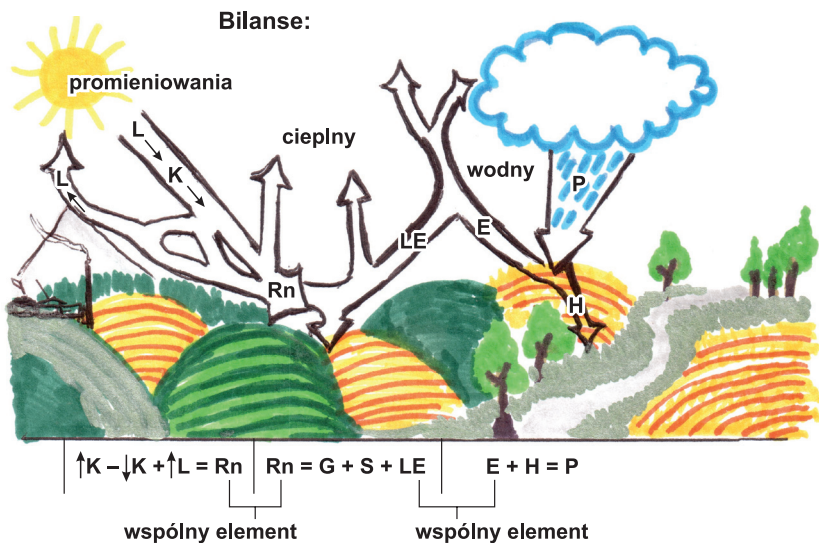
II. PRZEPIY W ENERGII SŁONECZNEJ I OBIEG MATERII W ŚRODOWISKU PRZYRODNICZYM

Życie na Ziemi uzależnione jest w dużym stopniu od przekształcenia energii świetlnej w materię organiczną w procesie fotosyntezy. Jedynie niewielka część materii organicznej powstaje w trakcie chemosyntezy. Ten pierwszy, kluczowy dla życia proces, uzależniony jest od dopływu energii świetlnej (jej pierwotnym źródłem jest Słońce), odpowiednich warunków wodnych w glebie (w przypadku roślin lądowych) i dostarczenia do liści substancji odżywczych (Ryc.2.1).



Ryc. 2.1. Liście (w tym przypadku – kukurydzy) stanowią najważniejszą część aparatu fotosyntetycznego, odpowiedzialnego za przechwytywanie energii słonecznej i produkcję związków organicznych (fot. Krzysztof Kujawa)

Dwa procesy o kluczowym znaczeniu, czyli przepływ energii i obieg wody, są ściśle ze sobą powiązane (Ryc. 2.2), gdyż strumień energii jest siłą napędową strumienia wody, a strumień wody jest środkiem transportu energii. Woda transportuje energię zarówno w fazie gazowej, jak i ciekłej. Cały obieg wody oparty jest o proces jej parowania, wymagający dużych nakładów energii. Najlepszą charakterystyką warunków energetycznych i wilgotnościowych ekosystemu jest podanie jego bilansu cieplnego i wodnego (Ryc. 2.2).



Ryc. 2.2. Bilanse promieniowania – cieplny i wodny – w krajobrazie rolniczym



Ryc. 2.3. Intensywne parowanie wody z podłoża po gwałtownej ulewnym deszczu (po lewej stronie, Bieszczady) oraz wczesnym rankiem (po prawej, Dolina Górnego Sanu) w ciepłe dni – przykład powiązania przepływu energii i obiegu wody (fot. Krzysztof Kujawa)

Składnikami przychodowymi tego bilansu są: krótkofalowe promieniowanie Słońca ($K+$) i długofalowe promieniowanie atmosfery ($L+$), a składnikami rozchodowymi: odbite promieniowanie Słońca ($K-$) oraz długofalowe promieniowanie powierzchni Ziemi i roślin ($L-$). Chwilową wartością tego bilansu jest saldo promieniowania (R_n), jedyne źródło energii dla wszystkich innych procesów zachodzących w ekosystemie, z których najważniejsze pod względem ich wielkości są ciepło ogrzewania gleby (G), powietrza (S) i ciepło utajone wykorzystywane w procesie parowania (EL), przedstawione w centralnej części ryciny (bilans cieplny). Po prawej stronie zaprezentowano bilans wodny, który jest mocno związany z bilansem cieplnym poprzez strumień parującej wody (EL w bilansie cieplnym – strumień utajonego ciepła parowania i E – strumień pary wodnej w bilansie wodnym).

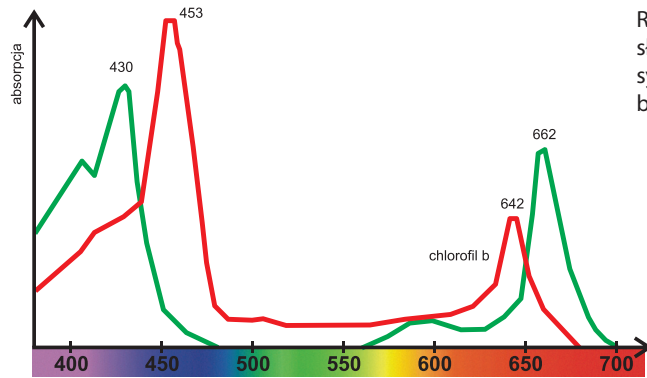
$$EL = LE, \text{ gdzie } L = 2448000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}, E [\text{kg}\cdot\text{m}\cdot 2\cdot\text{s}^{-1}], \text{ stąd } EL \text{ ma jednostkę } \text{J m}\cdot 2\cdot\text{s}^{-1} \text{ czyli } \text{W m}^{-2}.$$

Zależności przedstawione na rycinie wykazują, że jakiegokolwiek działania zmieniające strukturę krajobrazu powodujące zmiany jednego z tych bilansów także wpływają na strukturę drugiego. Fakt ten jest kluczowy dla planowania przestrzennego w zakresie kształtowania struktury krajobrazu w skali lokalnej i regionalnej. Składniki bilansu cieplnego przedstawione na rycinie są największymi składnikami z punktu widzenia ich wielkości. Nie ma tutaj strumienia energii wykorzystywanej w procesie fotosyntezy. Z abiotycznego punktu widzenia nie ma on znaczenia, gdyż stanowi najwyżej od 1 do 2% salda promieniowania. Jednak z biotycznego punktu widzenia to najważniejszy proces dla istnienia życia, gdyż jest jedynym, który transformuje energię w materię roślinną. Ukryta w tej materii energia jest wykorzystywana przez wszystkie inne organizmy, a także przez człowieka, jako paliwa kopalne.

Typowa struktura bilansu cieplnego różnych ekosystemów w okresie wegetacyjnym kształtuje się następująco: największe wartości salda promieniowania (R_n) mają zadrzewienia śródpolne oraz lasy. Pochłaniają one najwięcej promieniowania słonecznego, gdyż mają małe albedo – wielkość, która mówi, jaka część energii słonecznej na nie padającej jest odbijana. Te ekosystemy, dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu, mogą pobierać więcej wody niż inne i dlatego największą ze wszystkich ekosystemów część salda promieniowania wykorzystują na ewapotranspirację (proces jednoczesnego parowania fizycznego i transpiracji). Stosunek EL/R_n wynosi 0,88 podczas gdy stosunek S/R_n wynosi zaledwie 0,07, co oznacza, że na ogrzewanie powietrza te ekosystemy wykorzystują mało energii.

Jak już wspomniano, fotosynteza ma marginalne znaczenie dla bilansu energetycznego krajobrazu, jednak właśnie dzięki fotosyntetycznej aktywności roślin zachodzi produkcja biomasy, a w konsekwencji aparatu asymilacyjnego i transpiracyjnego, który, jak wykazano wyżej, ma zasadnicze znaczenie dla rozdziału strumienia energii w krajobrazie.

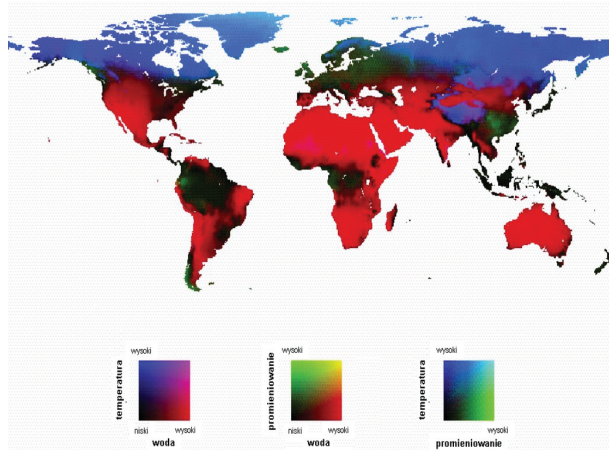
Absorpcja promieniowania słonecznego przez główny barwnik fotosyntetyczny, czyli chlorofil a, najintensywniej przebiega w zakresie 430 nm (światło niebieskie). Drugie maksimum wynosi 662 nm (światło czerwone). Dla chlorofilu b wartości te wynoszą odpowiednio: 453 i 642 nm. Zakres promieniowania położony między tymi wielkościami (światło zielone) jest praktycznie nieprzydatny dla fotosyntezy. Ten zakres widma promieniowania nie jest absorbowany przez chlorofil i ulega odbiciu. Dlatego rośliny mają zielony kolor. Część widma promieniowania słonecznego, która może być wykorzystana w procesie fotosyntezy, nazywamy promieniowaniem aktywnym fotosyntetycznie (PAR).



Ryc. 2.4. Absorpcja promieniowania słonecznego przez barwniki fotosyntetyczne (wg <http://tropicjungle.blox.pl>)

Rośliny wykorzystują jedynie niewielką część PAR. Wydajność fotosyntezy wynosi 1,6% całkowitego promieniowania słonecznego, a więc około 3,2% PAR.

Biorąc pod uwagę niską wydajność energetyczną fotosyntezy, można założyć, że w warunkach naturalnych intensywność światła nie jest czynnikiem ograniczającym produkcję biomasy. Dostęp światła może nim być jedynie dla roślin wodnych lub dla niższych pięter roślinności w zbiorowiskach o strukturze warstwowej, np. dla runa leśnego. Na tempo fotosyntezy wpływa cały szereg innych czynników: stężenie CO₂, temperatura, dostępność wody i stan fizjologiczny rośliny, uwarunkowany m.in. dostępnością pierwiastków: azotu, fosforu, żelaza, magnezu i potasu. Czynniki te powinny zatem kształtować również produkcję biomasy, tymczasem badania terenowe wskazują, że całkowita produkcja pierwotna, czyli cała biomasa wyprodukowana przez rośliny w ciągu sezonu wegetacyjnego, jest zbliżona w obrębie danej strefy klimatycznej, za wyjątkiem ekosystemów charakteryzujących się skrajnymi warunkami siedliska. Zjawisko to nosi nazwę kompensacji wielkości produkcji pierwotnej. Wynika ono z równoważenia się efektów oddziaływania wymienionych czynników w dłuższych okresach.



Rys. 2.5. Najważniejsze czynniki kształtujące wielkość produkcji pierwotnej (CHURKINA, RUNNING 1998)

Za zasadniczy (pomijając poziom CO₂ w atmosferze) czynnik wpływający na wielkość produkcji pierwotnej w naszej strefie klimatycznej uważa się dostępność wody, a i to dotyczy raczej sytuacji ekstremalnych. Wpływ temperatury na wielkość produkcji pierwotnej nie jest jednoznaczny. Temperatura wpływa na produkcję biomasy głównie poprzez wydłużenie okresu wegetacyjnego, a wzrost temperatury może oddziaływać wręcz negatywnie na skutek pogorszenia warunków higrotermicznych. Niewielkie znaczenie dla produkcji biomasy ma też żyzność siedliska (dostępność pierwiastków biogennych). W tym kontekście, jako czynnik limitujący wielkość produkcji, najczęściej wymieniany jest azot, a rzadziej – fosfor. Ciekawą prawidłowością wskazującą na optymalizację dystrybucji energii przez rośliny jest fakt, że na wytworzenie powierzchni asymilacyjnej (głównie liści) we wszystkich typach ekosystemów wykorzystywana jest około połowa wyprodukowanej biomasy.

Wyjątkiem okazują się uprawy roślin o fotosyntezie typu C₄ – one na wyprodukowanie liści wykorzystują znacznie mniej wyprodukowanej biomasy

Tab. 2.1. Relacje między całkowitą produkcją pierwotną (NPP) a wielkością fotosyntetyzującej biomasy (PAB) w ekosystemach krajobrazu rolniczego, wyrażone za pomocą LWR (BERNACKI 2012)

Ekosystem	NPP [g suchej masy · m ⁻²]	PAB [g suchej masy · m ⁻²]	LWR [PAB/NP]
uprawa kukurydzy	1804,08	207,81	0,2
uprawa roślin C ₃	1409,25	569,66	0,4
łąki	2047,58	921,39	0,45
młode zadrzewienia	1666,99	963,47	0,58
las	1374,37	712,11	0,52

Produkcja pierwotna stanowi pierwszy etap przepływu energii w sieciach troficznych. Całość materii organicznej wyprodukowanej w ciągu sezonu wegetacyjnego w procesie fotosyntezy (włączając w to materię zużytą na procesy życiowe roślin) określana jest jako produkcja pierwotna brutto (GPP). Produkcję pierwotną netto (NPP) określa się jako ilość masy organicznej wbudowanej w ciało roślin, przy czym NPP = GPP – R, gdzie R oznacza respirację roślin.

Aby zrozumieć rolę fotosyntezy w biosferze, należy uświadomić sobie, że (pomijając mające marginalne znaczenie chemosyntezę, a od XIX w. także syntezę w warunkach laboratoryjnych) jest ona jedynym źródłem całej materii organicznej występującej na Ziemi – zarówno tej zawartej w biomase, jak i w paliwach, pożywieniu, meblach, a także w nas samych. Całkowita produkcja pierwotna biosfery szacowana jest na ok. 100 mld ton rocznie. Na terenie niewielkiej (ok. 17 000 ha) zlewni rolniczej w Wielkopolsce produkcję oszacowano na niemal 300 tys. ton rocznie. Tak olbrzymią biomasę udaje się wyprodukować w ciągu roku, wykorzystując zaledwie 1% energii słonecznej. Ta materia stanowi podstawę przepływu energii i obiegu materii w biosferze.

W skali krajobrazu zachodzą dodatkowe procesy, takie jak wymiana materii i energii między ekosystemami. Dodatkowy dopływ energii do ekosystemu nazywamy subwencją energetyczną. Jest nią także dostarczenie do ekosystemu dodatkowej porcji materii.

Myśląc o subwencji energetycznej mamy zwykle na myśli subwencję zachodzącą za pośrednictwem człowieka. Faktycznie, typowymi ekosystemami zależnymi od subwencji energetycznej są pola uprawne (agroekosystemy), jednak nawet bardzo wysoka subwencja energetyczna może zachodzić bez udziału człowieka. Ekosystemami istniejącymi tylko dzięki subwencji energetycznej są np. ekosystemy polarne, rozwijające się po koloniach pingwinów, dzięki dużej ilości materii organicznej zgromadzonej podczas funkcjonowania kolonii. W naszej strefie klimatycznej typowymi ekosystemami zależnymi od subwencji są, jak wspomniano, agroekosystemy (Ryc. 2.6). Subwencja musi w tym wypadku nie tylko wyrównywać straty wynikłe z eksportu znacznej części produkcji pierwotnej w postaci plonu, ale także podtrzymywać sztucznie uproszczoną strukturę ekosystemu. Jest nią w tym wypadku zarówno dopływ materii w postaci nawozów, ale również energia wykorzystanych paliw, zużyta na wyprodukowanie nawozów, środków ochrony roślin, maszyn, a także praca ludzka.



Ryc. 2.6. Agroekosystemy trwają w niezmiennym z roku na roku stanie dzięki subwencji materii, gdyż duża jej część jest wywożona w postaci plonów poza ekosystem (for. Krzysztof Kujawa)

PROJEKT: GLEBA: PROCESY GLEBOTWÓRCZE W KRAJOBRAZIE, UKŁADY KATENALNE

CEL REALIZACJI PROJEKTU

Uświadomienie zróżnicowania gleb i procesów glebotwórczych w krajobrazie.

OPIS PROJEKTU

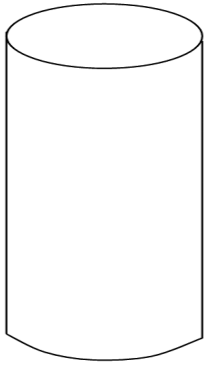
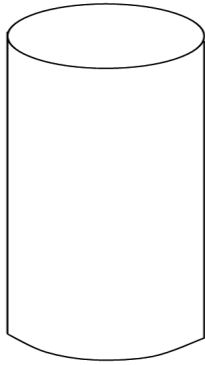
Sprzęt i materiały:

- sita glebowe,
- waga techniczna,
- cylindry Kopeckiego,
- pH metr,
- ołówki, kredki.

Karta pracy nr 1

Pobranie prób za pomocą próbnika glebowego do głębokości 50 cm, zbudowanie z pobranych prób profilu, obserwacja i odwzorowanie poziomów genetycznych w różnych typach gleb.

1. Pobrać za pomocą próbnika glebowego monolity glebowe do głębokości 50 cm. Monolity ułożyć w kolejności pobierania (0–10 cm; 10–20 cm; 20–30 cm itd.). Stworzyć w ten sposób profil glebowy. Przygotować dwa takie profile: jeden pobrany na polu, drugi – na dnie parowu.
2. Narysować układ warstw (poziomów genetycznych) gleby. Ważne jest, aby jak najwierniej oddać układ warstw, barwę i teksturę gleby. Jeżeli natrafiono się na wodę gruntową, zaznaczyć głębokość lustra wód gruntowych. Można też załączyć zdjęcie profilu.

Gleba z pola	Gleba z dna parowu
	

Karta pracy nr 2

Przesianie prób na sitach glebowych, ocena struktury granulometrycznej różnych typów gleb

1. Zbudować zestaw sit glebowych o wielkości oczek 2, 0,5 i 0,25 mm, tak jak pokazano na rysunku z prawej strony. Pod spodem umieścić bibułę lub białą kartkę papieru.
2. Wysuszoną glebę przesiać przez sito, dokładnie rozcierając grudki gleby.
3. Zważyć lub ocenić wizualnie zawartość poszczególnych frakcji w obu pobranych próbach.



Ryc. 2.8. Sita glebowe

Frakcja	Gleba z pola	Gleba z dna parowu
> 2 mm		
0,5 – 2 mm		
0,25 – 0,5 mm		
< 0,25 mm		

Karta pracy nr 3

Ocena wilgotności metodą suszarkowo-wagową za pomocą cylindrów Kopeckiego

1. Łopatą sztychówką wykopać dół o prostopadłych ściankach. Na głębokości ok. 10 cm wcisnąć cylinder Kopeckiego w glebę tak, aby wypełniła cały cylinder. Zakryć cylinder przykrywką. Pobierać po pięć takich prób w obu badanych środowiskach.
2. Cylindry z glebą zważyć przy użyciu wagi technicznej. Otworzyć cylinderki i suszyć glebę przez 24 h w temperaturze 80°C. Zważyć cylindry ponownie. Różnica między masą gleby bezpośrednio po pobraniu a masą gleby po wysuszeniu jest wilgotnością objętościową gleby, wyrażoną w procentach.
3. Wiedząc, że pojemność cylinderka wynosi 100 cm³, wyjaśnić, dlaczego różnica mas cylinderka z glebą przed i po wysuszeniu oznacza wilgotność objętościową w procentach.

Gleba z pola			Gleba z dna parowu		
Masa cylinderka po pobraniu	Masa cylinderka po pobraniu	Wilgotność (%)	Masa cylinderka po pobraniu	Masa cylinderka po pobraniu	Wilgotność (%)
Średnio					

Karta pracy nr 4

Ocena pH gleby za pomocą pH-metru

1. Próbkę gleby zalać kilkoma ml wody, dobrze rozmieszać. Odczekać ok. 10 min.
2. Zmierzyć pH za pomocą pH-metru. Badanie powtórzyć kilkakrotnie na obu badanych glebach.
3. Wyniki zapisać w tabeli.

Gleba z pola	Gleba z dna parowu
Średnio	

PROJEKT: CZY ROŚLINY GORĄCZKUJĄ?

CEL REALIZACJI PROJEKTU

- uświadomienie roli transpiracji dla utrzymania stanu termicznego roślin poprzez pokaz „gorączkowania” roślin znajdujących się w nieodpowiednich warunkach (niedobór wody) lub też chorych (zakażenie grzybem *Phytophthora infestans*).

Zastosowane metody badawcze

1. Czas realizacji projektu: 1–2 miesiące.
2. Przebieg badań
 - a. Obserwacje prowadzone będą nad wybranymi roślinami (ziemniakiem lub burakiem cukrowym) posadzonych w plastikowych donicach o pojemności 30 litrów i wadze około 40 kg. W każdej z ośmiu donic posadzona będzie jedna roślina. Uwzględnione będą cztery warianty, każdy w dwóch powtórzeniach:
 - wariant nr 1 (W1) – roślina zdrowa przy optymalnej wilgotności gleby odpowiadającej sile ssącej gleby wynoszącej 200 hPa (20 cbarów), co odpowiada wartości pF = 2,3,
 - wariant nr 2 (W2) – roślina zdrowa, ale ograniczony dostęp do wody – wilgotność odpowiadająca sile ssącej gleby wynoszącej 800 hPa (80 cbarów), co odpowiada wartości pF = 2,9,
 - wariant nr 3 (W3) – roślina zarażona grzybem, ale dobrze nawadniana, pF = 2,3,
 - wariant nr 4 (W4) – roślina chora i słabo nawadniana, pF = 2,9.
 - b. W każdej donicy zainstalowany jest tensjometr i rurka plastikowa do nawodnienia. Powierzchnia gleby w wazonie jest przykryta folią, aby uniemożliwić parowanie fizyczne z gleby. Co pięć dni folia powinna być zdejmowana na kilka godzin, aby umożliwić przetestowanie się tlenu do gleby.
 - c. Cztery donice umieszczone na wagach łazienkowych, a cztery pozostałe są rezerwą, na wypadek, gdyby któryś wariant główny uległ zniszczeniu z przyczyn losowych.
 - d. Najpierw doprowadzić wilgotność gleby w wazonach do wartości przewidzianej w schemacie doświadczenia, czyli w wariantach W1 i W3 do wskazań tensjometru = 20 centybarów, a w wariantach W2 i W4 – 80 centybarów.
 - e. Obserwacje prowadzone powinny być w następujący sposób (notowane w arkuszu Excel):
 - numeruje się kolejne dni poczynając od pierwszego dnia rozpoczęcia obserwacji;
 - w pierwszym dniu notuje się: wagę wazonu, wskazania tensjometru i temperaturę roślin (korzystamy z pirometru);
 - w kolejnych dniach (zawsze o tej samej porze) odczytuje się wagę wazonów i wskazania tensjometrów, oraz temperaturę radiacyjną roślin;
 - uzupełnianie wagi wazonów do wagi wyjściowej (poprzez dolanie odpowiedniej masy wody, innej w każdym wariantach);
 - sporządzanie dokumentacji zmian morfologicznych roślin wykonując zdjęcia co 4 dni.
 - f. Wazonów ustawione są na otwartej przestrzeni, ale od góry przykryte folią, aby uchronić przed deszczem. Folia musi być rozpięta na wysokości co najmniej 2 metry nad roślinami, aby nie hamować prędkości wiatru i transpiracji roślin.
 - g. Poza wazonami potrzebne będą: 4 wagi łazienkowe, 4 tensjometry i jeden pirometr.
3. Najlepszy okres do wykonywania badań
Najlepszym okresem byłby czerwiec, ze względu na naturalny przebieg wegetacji roślin. Jednak z powodu organizacji roku szkolnego (jeżeli wykonują to uczniowie) trzeba będzie przeprowadzić obserwacje we wrześniu. Jednak doświadczenie musi być przygotowane wcześniej.
4. Czas potrzebny do wykonania badań: jeden do dwóch miesięcy.
5. Analizowany będzie przebieg transpiracji i temperatury oraz intensywność transpiracji (gęstość strumienia pary wodnej E) wyliczona wg wzoru: $E [\text{kg m}^{-2} \text{h}^{-1}] = (C_i - C_{i-1}) [\text{kg}] / S [\text{m}^2 \cdot 24]$, C_i – waga wazonu w dniu pomiaru, C_{i-1} – waga wazonu w dniu poprzednim, S – powierzchnia wazonu $[\text{m}^2]$.

PROJEKT: WPŁYW ZASOLENIA GLEBY NA PROCES PRZEPŁYWU WODY PRZEZ ROŚLINĘ

CEL REALIZACJI PROJEKTU

- wykazanie wpływu zasolenia gleby na wzrost i rozwój roślin oraz na ich transpirację.

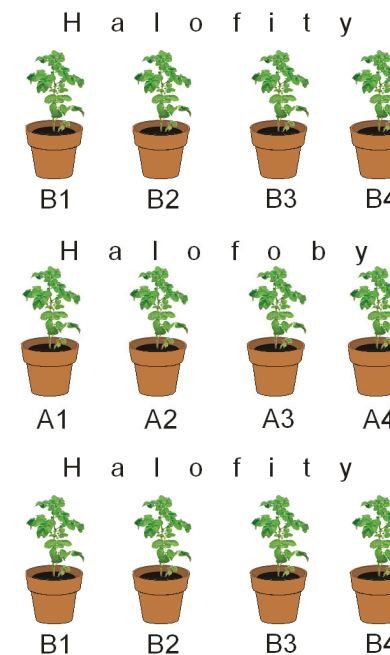
Czas trwania projektu: 1 miesiąc.

Potrzebny sprzęt:

4 wagi łazienkowe,
12 doniczek plastikowych o objętości 30 litrów.

Przygotowanie gleby i roślin:

1. Glebę pobiera się z jakiegoś pola uprawnego z warstwy ornej. Do napełnienia 30 litrowego wazonu potrzeba około 42–45 kg gleby. Aby napełnić wszystkie wazony potrzeba 12 x 45 = 540 kg gleby. Glebę należy dobrze wymieszać, pobierać próbki potrzebne do określenia jej wilgotności i przykryć folią, aby w czasie, gdy określana jest wilgotność, nie parowała.
2. Napełnić wazon glebą warstwami po 5 cm, lekko ugniatając. W jednym wazonie określić wartość siły ssącej gleby (Sm), wykorzystując w tym celu tensjometr. Przygotować dwa gatunki roślin o różnym stopniu odporności na zasolenie.
3. Wrażliwość niektórych roślin warzywnych, sadowniczych i roślin ozdobnych na zasolenie gleby:
 - a) mało wrażliwe: kapustne, burak, rzepa, jarmuż, szparag, amarylis, sansewieria
 - b) średnio wrażliwe: sałata, kukurydza, papryka, marchew, ogórek, cebula, pomidor, szpinak, groch, begonia, winorośl, róża, filodendron, pierwiosnek.
 - c) bardzo wrażliwe: seler, fasola, bób, ziemniak, rzodkiewka, jabłko, grusza, brzoskwinia, śliwa, truskawka, czarna porzeczka, malina, fiołek, chryzantema, petunia, pelargonie.
4. Zasadzić przygotowane sadzonki (po kilka w każdym wazonie) i wszystkie zważyć. W tabeli obserwacyjnej pod numerem „pomiar zerowy” zapisać wagi poszczególnych wazonów, z dokładnością do 1 grama. Pod tabelą zapisać wartości wilgotności gleby i wartość siły ssącej Sm. W pierwszym rzędzie w dwóch donicach zasadzić rośliny słabo odporne na zasolenie (A), a w dwóch – odporne (B). Ustawić je na wagach. W drugim rzędzie zasadzić rośliny mało odporne (halofoby A). W trzecim rzędzie zasadzić rośliny odporne (halofity B).



Ryc. 2.9. Schemat doświadczenia z suszą fizjologiczną (zasolenie)

Tabela obserwacyjna.

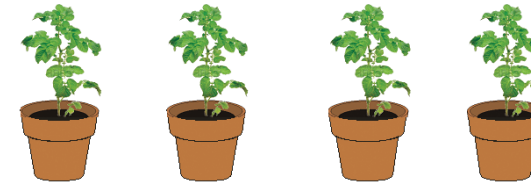
Data pomiaru	Numer pomiaru	Masa wazonu [kg] z dokładnością do 1 grama											
		Kontrolne				Halofoby				Halofity			
		A	AA	B	BB	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
	0												
	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7												
	8												
	9												
	10												
	11												
	12												
	13												
	14												
	15												
	16												
	17												
	18												
	19												
	20												

Przebieg doświadczenia

1. Ustawić doniczki w trzech rzędach.

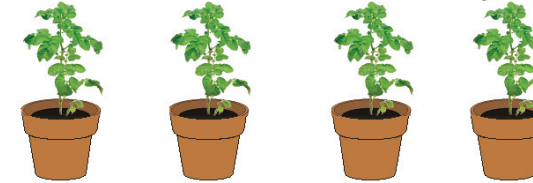
Halofoby

Halofity



A AA B BB

H a l o f o b y



A1 A2 A3 A4

H a l o f i t y

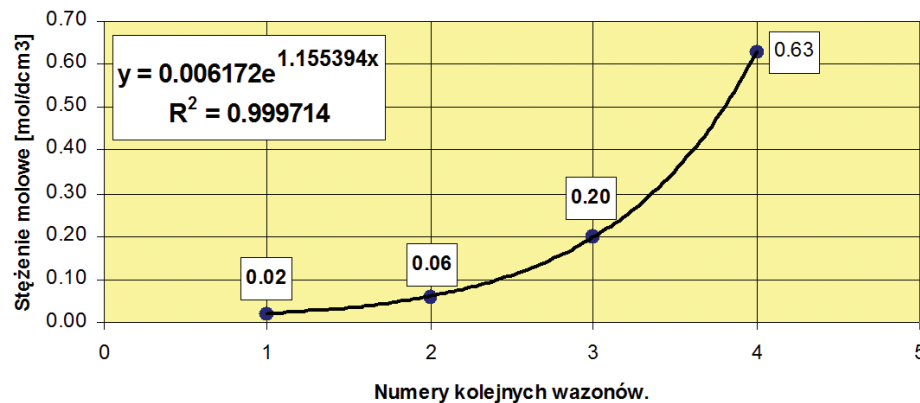


B1 B2 B3 B4

2. Po dwóch dniach, gdy rośliny się zaadaptują, zważyć ponownie wszystkie wazonu i podlać przygotowanym wcześniej roztworem soli (sposób przygotowania podany jest w następnym podpunkcie). Roztwór soli rozprowadzić po całej powierzchni wazonu, a nie wlewać go w jedno miejsce. Podlać wazon stojący na wadze. W tym celu zdjąć na chwilę wazonu kontrolne, a na ich miejsce wstawić wazonu najpierw z drugiego rzędu, a potem z trzeciego. Wszystko zanotować w tabeli.
3. Podlewać tyle, aby wazonu miały tę samą wagę, co na początku doświadczenia, czyli wagę zapisaną w wierszu oznaczonym 0. Podlewać co dwa dni, zawsze mniej więcej o tej samej godzinie.
4. Obserwować reakcję roślin, zwracając uwagę na pierwsze objawy zasychania.
5. Obserwować także zmiany ewapotranspiracji. Aby ocenić, ile wody wyparowało, najpierw wazon zważyć, a potem dolewać roztworu. Przy odwrotnej kolejności nie będziemy mogli obliczyć, ile wody wyparowało z wazonu.
6. Po zaschnięciu roślin dokonać analizy zawartości soli w glebie i obliczyć ciśnienie osmotyczne roztworu. Sposób obliczania ciśnienia osmotycznego podany jest poniżej.
7. Dokonać analizy wyników obserwacji pod kątem wpływu zasolenia gleby na proces transpiracji. Gdy on ustaje, roślina umiera.

Przygotowanie roztworu soli

Przygotować cztery roztwory o różnym stężeniu soli. Pierwszy roztwór powinien mieć stężenie niewiele większe niż woda. Wybrać wartość 0,02 mol/dcm³. Czwarty roztwór powinien mieć stężenie odpowiadające największemu stężeniu w przyrodzie, to jest stężeniu w morzach i oceanach, czyli 36 promili (36 gramów soli rozpuszczone w 1 dcm³). Odpowiada to stężeniu molowemu równemu 0,62 mol/dcm³.



Ryc. 2.10. Wartości stężenia molowego roztworów NaCl przygotowanych do podlewania roślin. Stężenie rośnie wykładniczo

Wyliczone na podstawie równania na Rys. 2.10 stężenia molowe (c) poszczególnych stężeń są następujące: 1–0,02 mola/dcm³, 2–0,06 mola/dcm³, 3–0,20 mola/dcm³ i 4–0,62 mola/dcm³.

Ilość soli (m), która powinna być rozpuszczona w 1 litrze wody (1 dcm³), obliczyć ze wzoru:

$n = c \cdot M$, gdzie M – gramocząsteczka (gramomol) NaCl = 58 g/mol, c – stężenie molowe roztworu W wyniku obliczeń otrzymujemy dla poszczególnych wariantów:

1 – 1,16 g/dcm³, 2 – 3,48 g/dcm³, 3 – 11,6 g/dcm³, 4 – 35,96 g/dcm³.

Dla przykładu w pierwszym wariantcie mamy: $n = 0,02 \text{ mol/dcm}^3 \times 58 \text{ g/mol} = 1,16 \text{ g/dcm}^3$.

5. Przygotowujemy wstępnie po 5 litrów każdego roztworu zawierającego w litrze tyle soli, ile podane jest w punkcie poprzednim. Po ewentualnym wyczerpaniu się zapasów należy przygotować następną partię w ten sam sposób.

Poniżej podajemy sposób obliczenia ciśnienia osmotycznego roztworu soli NaCl.

Roztwór soli jest silnym elektrolitem, który dysocjuje na jony Na⁺ i Cl⁻. Z tego powodu 1 mol soli daje w roztworze dwa mole jonów. Jednak ich aktywność spada w miarę wzrostu stężenia soli (Ryc. 2.11), ze względu na oddziaływanie pomiędzy jonami. Na Ryc. 2.11. jest podany wykres zależności współczynnika aktywności jonów w roztworze NaCl o stężeniu większym niż 0,001 mol/dcm³.

Równanie van't Hoffa dla takich roztworów musi uwzględniać te zjawiska i dlatego brzmi ono następująco:

$$\Pi = i \cdot f \cdot c \cdot R \cdot T,$$

i – liczba jonów (w naszym przypadku i = 2), f – współczynnik aktywności wyliczony z równania podanego na Ryc. 6.

R – uniwersalna stała gazowa i wynosi 8,314 (J/mol•K), T – temperatura w skali Kelwina.

T = 273,16 + t, gdzie t – temperatura w skali Celsjusza.

PROJEKT: CO TO ZNACZY, ŻE ROŚLINY WIĄŻĄ ENERGIĘ? OZNACZANIE INTENSYWNOŚCI FOTOSYNTEZY NA PODSTAWIE ILOŚCI WYDZIELONEGO TLENU

Zastosowane metody badawcze

- Wybór obszaru badań: dowolny obszar charakteryzujący się mozaikową strukturą krajobrazu.
- Wymagany sprzęt pomiarowy:
 - kolba stożkowa 1 l z korkiem gumowym – 4 szt.,
 - urka szklana o średnicy 0,5 cm – 4 szt.,
 - probówka – 4 szt.,
 - kolorowe szybki: bezbarwna, niebieska, czerwona, zielona – po 4 szt.,
 - lampa o mocy co najmniej 100 W,
 - cyliny Kopeckiego do oceny wilgotności gleby – 10 szt.,
 - termometry glebowe – 10 szt.,
 - solaryometr HT204,
 - ramki, kółka, paliki do wyznaczania powierzchni badawczych.
- Najlepszy okres do wykonywania badań: maj – lipiec
- Czas potrzebny do wykonania badań:
 - wariant podstawowy: 1 miesiąc
 - wariant rozszerzony: 3 miesiące
- Przebieg badania
 - W kolbach przesłoniętych kolorowymi szybkami (bezbarwną, czerwoną, niebieską i zieloną) umieścić pojedyncze (w przybliżeniu równej wielkości) pędy moczarki kanadyjskiej. Kolby oświetlić lampami, pozwalającymi na regulację intensywności światła. Produkowany przez roślinę tlen zbiera się w umieszczonej ponad kolbą probówce. Ocenę ilości produkowanego tlenu prowadzić po 1, 2 i 3 godzinie, zarówno wizualnie (ilość pęcherzyków), jak i przy pomocy tlenomierza w probówce. Ocenę taką należy prowadzić trzykrotnie, zwiększając za każdym razem intensywność światła.
 - Dwukrotnie, w odstępie jednego miesiąca, pobierać biomasa nadziemną roślin z powierzchni 0,25 m², wyznaczonej ramkami. Próby pobierane są w trzech zbiorowiskach roślinnych o prostej strukturze (pole, murawa, łąka). Biomasa podziemną pobierać na tych samych powierzchniach przy pomocy próbnika glebowego. Po oczyszczeniu części nadziemnych i opłukaniu części podziemnych próby umieścić w suszarce na 24 godziny, w temperaturze 800°C i zważyć następnego dnia. Biomasa części nadziemnych i podziemnych przeliczana jest na powierzchnię 1 m².
- Metoda oceny parametrów siedliska

Temperatura gleby oceniana jest przy pomocy termometru glebowego na głębokości 5 cm. W każdym ekosystemie należy wykonać minimum 10 pomiarów, a następnie uśrednić je dla każdego z badanych ekosystemów. Wilgotność gleby ocenić przy pomocy cylindrów Kopeckiego, o pojemności 100 cm³. W każdym ekosystemie pobrać 10 prób. Próby zważyć bezpośrednio po pobraniu i po wysuszeniu. Różnica między początkową i końcową masą cylindra jest wilgotnością objętościową, wyrażoną w %.

Sprawdź siebie

- W jaki sposób rośliny pozbywają się nadmiaru ciepła, jak chronią się przed nadmierną utratą ciepła (regulują temperaturę)?
- Sformułuj wnioski dotyczące bilansu cieplnego i wodnego w skali: pojedynczej rośliny, ekosystemu, krajobrazu, biomu.
- Jakie procesy kształtują glebę? Dlaczego jest tak różna? Która gleba nadaje się do uprawy i dlaczego?
- Czy barwa światła wpływa na tempo fotosyntezy roślin?
- Czy ilość biomasy produkowana w określonym czasie na polu, łące, suchej murawie różni się znacząco?
- Wykaż związek pomiędzy ilością dostępnej wody i energii a kształtowaniem się szaty roślinnej w skali ekosystemu, krajobrazu i biomu.
- Wykaż wpływ pokrycia roślinnego na bilans energii w krajobrazie.
- Określ zależność między badanymi właściwościami gleby, a jej przydatnością do uprawy.

III. RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA

Różnorodność biologiczna (częściej nazywana mniej poprawnie bioróżnorodnością) jest jedną z cech środowiska przyrodniczego i zgodnie z „Konwencją o różnorodności biologicznej” oznacza zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi w ekosystemach lądowych, morskich i słodkowodnych oraz w zespołach ekologicznych, których są częścią. Wyróżnia się zwykle trzy poziomy różnorodności biologicznej:

- poziom gatunku – zróżnicowanie osobników (np. morfologiczne lub genetyczne) w obrębie danego gatunku,
- poziom ekosystemu – zróżnicowanie gatunkowe w obrębie danego ekosystemu (np. w oparciu o ilościową charakterystykę składu gatunkowego),
- poziom krajobrazu – zróżnicowanie ekosystemów w obrębie danego krajobrazu (w większej geograficznej skali nazywane georóżnorodnością).

Wraz z zanikaniem niektórych populacji czy wręcz wymieraniem całych gatunków zainteresowanie problematyką różnorodności biologicznej w ciągu ostatnich 20 lat znacznie wzrosło. Do głównych przyczyn zmniejszania się różnorodności biologicznej zaliczono zmiany w wykorzystaniu ziemi (ekspansję terenów rolniczych i stosowanie monokultur, rozwój budownictwa wraz z całą infrastrukturą oraz rozwój przemysłu wydobywczego), zanieczyszczenie środowiska oraz nadmierną eksploatację ekosystemów. Ostatnio za bardzo ważny uznano także zmianę klimatu, które w przypadku wielu gatunków i ekosystemów ocenia się jako nawet ważniejsze, niż te wyżej wymienione.

O ważności zachowania dużej różnorodności biologicznej decydują przesłanki:

- pragmatyczne** – wiele gatunków wykorzystywanych jest w produkcji rolnej i przemysłowej, rybołówstwie, w ochronie biologicznej upraw itp.,
- ochronne** – zabezpiecza ona przyrodę przed silnymi zakłóceniami równowagi biologicznej w danym ekosystemie (gatunek, który wyginął może być zastąpiony innym, jeśli pula gatunków jest dostatecznie duża),
- etyczne** – z powodu ogromnej antropopresji na środowisko człowiek jest odpowiedzialny za losy wielu gatunków.

Krajobraz składa się z wielu różnych ekosystemów, ale wiedza o tym, jak kształtuje się różnorodność biologiczna poszczególnych ekosystemów nie wystarcza do tego, by wiedzieć, jaki jest poziom różnorodności biologicznej w skali całego krajobrazu. Jest tak dlatego, że elementy krajobrazu, czyli ekosystemy, takie jak np. zadrzewienia, pola uprawne, lasy, zbiorniki wodne, oddziałują na siebie. Zjawisko zależności występowania określonego gatunku lub zagęszczenia jego populacji w danym miejscu od struktury krajobrazu wokół tego miejsca nazywane jest często kontekstem krajobrazowym. Na przykład analizując rozmieszczenie ptaków w małych zadrzewieniach śródpolnych zauważono, że typowo leśna awifauna występuje obficie w takich zadrzewieniach, wokół których znajduje się dużo innych zadrzewień (KUJAWA 2006). Innymi słowy, gdyby dane zadrzewienie udało się przenieść w całości z krajobrazu silnie uproszczonego (czyli bez innych zadrzewień) w miejsce, w którym istnieje więcej lasów, to najprawdopodobniej bogactwo awifauny takiego zadrzewienia (liczba gatunków i zagęszczenie populacji) zwiększyłoby się (KUJAWA 2006). Podobnie zauważono, że występowanie większej liczby ptaków w zadrzewieniach śródpolnych jest związane z urozmaiceniem pól uprawnych wokół nich, co zapewne spowodowane jest większą możliwością wyszukiwania pokarmu dla tej części gatunków, które żerują na polach uprawnych (KUJAWA 2006). Zatem liczebność ptaków (i liczba gatunków) w zadrzewieniach zależy nie tylko od ich struktury (wieku drzew, składu gatunkowego itp.), ale także właśnie od kontekstu krajobrazowego, czyli struktury krajobrazu.

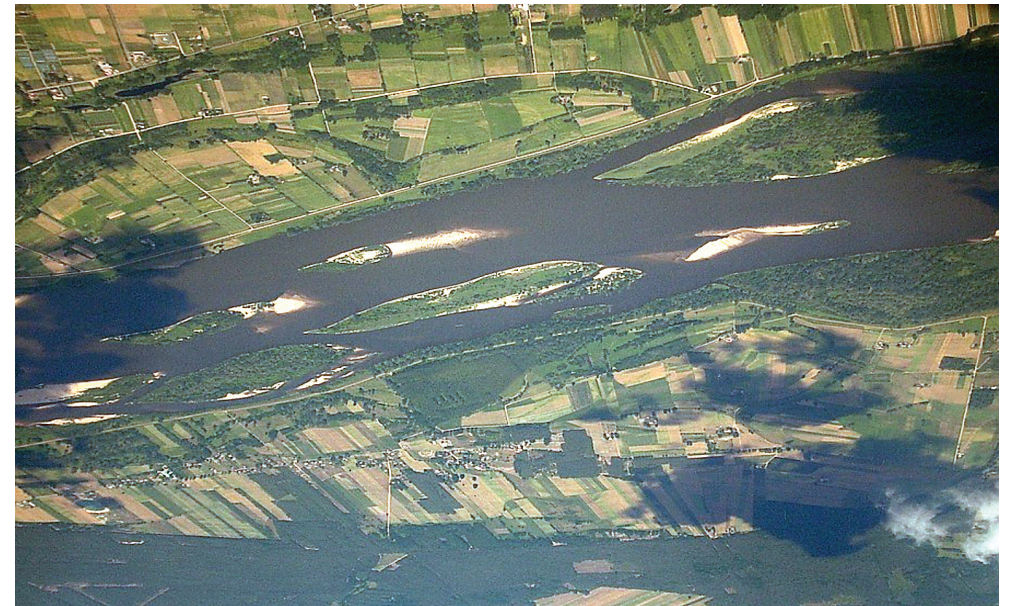
Różnorodność biologiczna jest cechą złożoną i wieloaspektową. Z tego powodu nie ustalono żadnej uniwersalnej jednostki służącej do bezwzględnego pomiaru różnorodności biologicznej danego obszaru. Miary używane podczas analiz różnorodności biologicznej na trzech poziomach (gatunków, ekosystemów i krajobrazów) służą zatem raczej do jej zmienności w przestrzeni i czasie, niż do formułowania jednoznacznych werdyktów typu „miejsce X charakteryzuje wysoki poziom różnorodności biologicznej. Ważnym aspektem różnorodności biologicznej jest także „jakość” gatunków występujących na ocenianym obszarze. Na przykład płat środowiska zasiedlony przez 10 gatunków roślin występujących pospolicie ma mniejszy wkład dla różnorodności gamma danego krajobrazu, niż płat, w którym występuje 10 gatunków z „czerwonych list”, czyli zagrożonych wyginięciem w regionie, kraju lub kontynencie (w zależności od tego, na jakiego typu liście gatunki te są umieszczone). Można zatem

zauważyć, że istnieją ważne (gdy gatunki hierarchizuje się np. ze względu na ochronę przyrody) i nieważne (wszystkie gatunki traktowane są na równi) miary różnorodności biologicznej.

Kształtowanie się różnorodności biologicznej w krajobrazie zależy od wielu czynników, między innymi od:

- zróżnicowania środowisk,
- powierzchni środowisk (można to przedstawić za pomocą funkcji matematycznej opisującej, jak wraz ze zwiększaniem się powierzchni ekosystemu liczba gatunków rośnie – najpierw szybko, potem wolniej aż do zaprzestania po osiągnięciu pewnego poziomu),
- wzajemnego położenia elementów krajobrazu,
- wzajemnego oddziaływania elementów krajobrazu.

Wymienione wyżej czynniki odgrywają dużą rolę podczas fragmentacji środowisk (ekosystemów) rozumianej jako zmiana polegająca na zmniejszaniu się powierzchni danego fragmentu środowiska (może to dotyczyć też ekosystemu) i podzieleniu go na dwa lub kilka fragmentów (płatów), rozdzielonych powierzchniami użytkowanymi przez człowieka lub zajętej przez towarzyszące mu zbiorowiska gatunków synantropijnych (Ryc. 3.1).



Ryc. 3.1. Krajobraz w Dolinie Wisły niedaleko Warszawy – przykład fragmentacji lasów widocznych tu zwłaszcza we fragmencie między Wisłą a dużym kompleksem leśnym w górnej części zdjęcia, w którym lasy występują w formie izolowanych wysp (fot. Krzysztof Kujawa)

Wpływ fragmentacji środowiska na rozmieszczenie organizmów

Uważa się, że fragmentacja obejmuje pięć rodzajów ilościowych zmian w strukturze krajobrazu:

- zmniejszenie całkowitej powierzchni środowiska,
- zmniejszenie stosunku powierzchni wnętrza środowiska do powierzchni jego strefy brzeżnej,
- zwiększanie się odległości pomiędzy fragmentami środowiska danego typu,
- zwiększanie się liczby fragmentów środowiska danego typu w wyniku rozdzielania dużych fragmentów na mniejsze,
- zmniejszanie się średniej wielkości fragmentu środowiska danego typu.

Skutki przyrodnicze zjawiska fragmentacji zależą od stopnia jej intensywności. Największe konsekwencje odczuwają gatunki organizmów, które wymagają dużych, jednolitych fragmentów środo-

wiska, na przykład z powodu określonych wymagań pokarmowych (np. terytorium rysia (*Lynx lynx*) – samców wynosi aż około 200 km² i to praktycznie wyłącznie terenów leśnych). W przypadku, gdy wielki fragment jednolitego krajobrazu leśnego będzie ulegał nieznacznej fragmentacji, np. w wyniku powstania kilku niewielkich polan śródleśnych, to wówczas bogactwo przyrodnicze wzrośnie, gdyż polany będą zasiedlone przez gatunki polne lub łąkowe. Wraz z postępującą fragmentacją bogactwo gatunkowe będzie coraz większe, aż do pewnego progu, po przekroczeniu którego rozpocznie się zanikanie gatunków, które wymagają dużych, jednolitych fragmentów środowisk, jak np. wspomniany ryś. Gdy fragmentacja osiągnie stan „zaawansowany”, czyli np. z dawnych lasów pozostanie 20%, dodatkowo podzielonych na małe fragmenty, to wówczas krajobraz taki będzie zasiedlony już tylko przez niewielką liczbę tzw. gatunków „plastycznych” (eurytopowych), mających niewielkie wymagania środowiskowe, na ogół pospolitych i wszędobylskich. Przykładem takich gatunków ptaków jest zięba (*Fringilla coelebs*) i trznadel (*Emberiza citrinella*), natomiast gatunki wysoce wyspecjalizowane (często nazywamy je „konserwatywnymi” lub stenotopowymi) zanikną.

Taki wzorzec zmian wywołanych fragmentacją wiąże się z tym, że wyróżniamy trzy grupy gatunków:

- gatunki „wnętrza ekosystemu”, dodatkowo różniące się wymaganiami co do tzw. arealu minimalnego – ubywają one często skokowo przy zmniejszaniu się powierzchni płatu;
- gatunki „strefy brzeżnej ekosystemu”, które słabo reagują na zmiany wielkości płatu – ale mogą zniknąć w wyniku konkurencji z gatunkami grupy trzeciej;
- gatunki wkraczające z otoczenia, których liczba wyraźnie wzrasta wraz ze spadkiem wielkości płatu i wzrostem stosunku obwodu do powierzchni.

Małe fragmenty środowisk są bardziej narażone na wpływy z zewnątrz, niż duże, mające znaczny udział powierzchniowy tzw. wnętrza, które stanowią o jego swoistości i autonomii względem otaczającego środowiska. Kolejną niekorzystną dla wielu gatunków, zwłaszcza mniej mobilnych, konsekwencją fragmentacji jest zwiększona izolacja siedlisk. W wyniku tego utrudnione jest przemieszczanie się osobników, co wpływa bezpośrednio na zwiększenie się prawdopodobieństwa zanikania gatunku w poszczególnych fragmentach środowiska. Ponadto przyczynia się także do zmniejszania różnorodności genetycznej (mniejsza wymiana genów pomiędzy grupami tego samego gatunku zasiedlającego poszczególne, izolowane fragmenty), co jest niekorzystne ze względu na gorsze możliwości adaptacji na drodze selekcji naturalnej w reagowaniu na negatywne czynniki środowiskowe.



Ryc. 3.2. Krajobraz – przykład wyraźnie widocznego podziału na tło, płaty i korytarze. Tłem są tu tereny uprawne, płatami – fragmenty lasów oraz osiedla ludzkie, a korytarzami – wąskie zadrzewienia śród-polne, dobrze widoczne zwłaszcza w lewej górnej ćwiartce zdjęcia, biegnących mniej więcej poziomo i łączących lasy nadrzeczne z kompleksem leśnym przy lewej krawędzi zdjęcia (fot. Krzysztof Kujawa)

Dla lepszego zrozumienia struktury krajobrazu wprowadzono model „płat-korytarz-tło” (FORMAN 1983) (Ryc. 3.2). Według niego wszystkie elementy w krajobrazach są połączone korytarzami rozumianym jako pas terenu przypominający linię, różniący się od otaczającego tła, np. drogi, kanały, ciek, leśne drogi działowe, itp. Korytarze przecinają tło, którym jest środowisko dominujące pod względem zajmowanej powierzchni i tym samym decydujące o funkcjonowaniu i zmienności krajobrazu, np. pola uprawne, duże kompleksy leśne, doliny dużych rzek. Płaty są to mniejsze elementy krajobrazu o kształcie nieliniowym, np. polana pomiędzy dwoma różnymi fragmentami leśnymi. Korytarze mimo małego udziału powierzchniowego pełnią bardzo ważne funkcje: są siedliskiem dla wielu różnych grup organizmów, stanowią drogi przemieszczania się organizmów i materii (co jest warunkiem uzupełniania populacji osobnikami z zewnątrz), mogą stanowić bariery. Bariery mogą mieć dwojakie znaczenie: negatywne, gdy utrudniają migracje i lokalne przemieszczanie się organizmów (np. droga samochodowa) oraz pozytywne, gdy stanowią naturalny biogeochemiczny filtr (np. zmniejszając rozprzestrzenianie się środków chemicznych używanych w rolnictwie).

Izolowane płaty środowisk często nazywamy wyspami środowiskowymi rozumianymi jako fragmenty środowiska o wyróżniającej się strukturze otoczone jakimś innym środowiskiem niesprzyjającym organizmom zasiedlającym taką wyspę (np. mały fragment lasu otoczony polami uprawnymi) (Ryc. 3.3). Procesy kształtowania się liczby i zestawu gatunków występujących w wyspach środowiskowych interpretuje się czasem za pomocą teorii wysp (MACARTHUR, WILSON 1967), co bywa wykorzystywane w ochronie środowiska.



Ryc. 3.3. Przykład wyspy środowiskowej – kępa krzewów otoczona zbiorowiskami trawiastymi (Ponidzie, fot. Krzysztof Kujawa)

Sąsiadujące ze sobą elementy krajobrazu oddziałują na siebie, wpływając na cechy środowiska i tym samym na jego jakość w odniesieniu do wymogów środowiskowych poszczególnych gatunków. Najbardziej wyrazistym tego przykładem są ekotony. Ekoton to strefa styku dwóch ekosystemów, będąca jednocześnie strefą przejściową między nimi, gdzie elementy składowe (i cechy) obu ekosystemów przenikają się wzajemnie, tworząc odrębne, specyficzne środowisko (RICHLING, SOLON 2011). Ekotony sztuczne są zwykle mało skomplikowane, oceniane na podstawie roślinności mają małą szerokość i najczęściej przypominają linię, stanowiącą po prostu granicę między obydwoma ekosystemami. Natomiast ekotony naturalne, nie podlegające ingerencji człowieka i kształtujące się spontanicznie przez wiele lat, są szersze, granica rozdzielająca oba ekosystemy jest trudna do określenia, a ponadto wykazują zróżnicowanie struktury na swojej długości (Ryc. 3.4).



Ryc. 3.4. Typy ekotonów: naturalne – brak ostrych granic (na zdjęciu z lewej) i sztuczne – obecność ostrych granic (na zdjęciu z prawej), między zadrzewieniem po lewej stronie a polem uprawnym z młodymi roślinami (fot. K. Kujawa)

Niezależnie od tego, czy mamy do czynienia z ekotonami naturalnymi czy sztucznymi, charakteryzują się one zwykle dużym bogactwem gatunkowym, gdyż występują w nich gatunki zasiedlające oba ekosystemy, tworzące dany ekoton oraz dodatkowo takie, które są specyficzne dla granicy między ekosystemami.

Wydawać by się mogło, że, biorąc pod uwagę powyższe obserwacje na temat liczby gatunków, krajobraz z dużym zagęszczeniem ekotonów, czyli np. silnie rozdrobnionymi lasami, jest korzystny z punktu widzenia utrzymania wysokiego poziomu różnorodności biologicznej. Jednak nie jest to tak jednoznaczne, gdyż duża część gatunków ekotonowych to gatunki plastyczne, bardzo liczne i często występujące wszędzie. Ogólnie – w obecnych czasach krajobraz z rozdrobnionymi środowiskami jest bogaty w strefy ekotonowe i jako taki stwarza dogodne warunki życia dla gatunków tolerujących lub preferujących tego typu środowisko. W związku z tym taki krajobraz jest sprzyjającym miejscem życia dla wielu gatunków, ale większość z nich jest wszędobylska. Dlatego uważa się często, że silne rozdrabnianie lasów (czyli omówiona już wyżej fragmentacja) przyczynia się do tzw. homogenizacji przyrody, czyli upodobniania się do siebie zgrupowań organizmów w różnych regionach, w których kiedyś znacznie się – dzięki obecności dużych, specyficznych kompleksów leśnych – różniły. Zatem o przyrodniczej specyfice danego terenu decydują duże zwarte, nierozdrobnione ekosystemy, a nie ekotony.

Warto także zaznaczyć, że długie, wąskie elementy krajobrazu, takie jak zadrzewienia liniowe, pasowe, pasy krzewów, miedze itp., można w całości traktować jako strefy ekotonowe. Zadrzewienie liniowe na przykład to ekoton polno-leśny bez... lasu (Ryc. 3.5).



Ryc. 3.5. Pasowe zadrzewienia śródpolne k. Turwi (fot. Krzysztof Kujawa)

Ekotony mają też znaczenie w przemieszczaniu się organizmów, gdyż dla jednych stanowią swoisty korytarz ekologiczny (np. dla roślin światłolubnych jest nim droga działowa w lesie), a dla drugich – barierę z powodu np. obecności pokrywy roślinnej gęstszej niż tolerowana przez dany gatunek.

Pod względem pojemności ekologicznej, czyli ilości nisz ekologicznych dogodnych do zasiedlenia ich przez poszczególne gatunki, ekotony naturalnego pochodzenia są znacznie korzystniejsze, niż ekotony sztuczne. W tych pierwszych zwykle występuje znacznie więcej gatunków, niż w tych drugich.

Literatura

KUJAWA K. (2015): Akademia Talentów Przyrodniczych – podwyższenie jakości kształcenia kompetencji naukowych w szkołach ponadgimnazjalnych w ramach przedmiotu ekologia krajobrazu, Poznań.

PROJEKT: WPŁYW STRUKTURY KRAJOBRAZU ROLNICZEGO NA ROZMIESZCZENIE I LICZEBNOŚĆ ZWIERZĄT

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zdobycie wiedzy z zakresu poziomów różnorodności biologicznej (α , β i γ),
- poznanie metod oceny różnorodności biologicznej w skali krajobrazu,
- zdobycie wiedzy na temat zmian w różnorodności biologicznej.

Przebieg zajęć:

1. Teren badań: krajobraz rolniczy.
2. Każdy zespół (najlepiej 2 osoby) pokonuje wyznaczony odcinek (500 – 1000 m każdy) dwukrotnie.
 - a. przejście I – liczenie ptaków,
 - b. przejście II – ilościowa ocena struktury krajobrazu.

Karta pracy nr 1

Ocena struktury krajobrazu

Podczas przejścia trasy rozpoznaje się granice oddzielające od siebie odmienne środowiska, określa ich położenie na transekcie oraz klasyfikuje te środowiska (do około 200 m od trasy przejścia).

Uwaga: w rubryce „Typ środowiska” należy wpisać jeden z następujących:

- a. las liściasty (LL),
- b. las iglasty (LI),
- c. las mieszany (LM),
- d. młodnik, jeśli wysokość drzew nie przekracza 10 m (MŁ),
- e. pola uprawne wielkoarealowe, jeśli przeciętna szerokość pól >50 m (PW),
- f. pola uprawne małegoarealowe, jeśli przeciętna szerokość pól <50 m (PM),
- g. łąki (Ł),
- h. tereny zabudowane – mozaika zabudowań i zieleni przydomowej (TZ),
- i. zbiornik wodny (ZW),
- j. inne – określić słownie, jakie.

Formularz do pracy w terenie pt. „Ocena struktury krajobrazu”

Wykonawca:

Data:

Trasa:

Strona transektu (podkreślić): południowa/północna

Numer platu środowiska (kolejno)	Typ granicy: ostra – O ekoton – E	Odległość od punktu startu [m]	Typ środowiska	Uwagi
1.				
2.				
itd.				

Karta pracy nr 2**Struktura terenów uprawnych**

Podczas przejścia trasy (500-1000 m) rozróżnia się gatunki upraw, określa, liczy ich liczbę oraz liczbę poszczególnych pól (do około 200 m od trasy przejścia).

Uwagi:

- a. w rubryce „Typ środowiska” należy wpisać jedną z następujących:
 - zboża (ZB),
 - kukurydza (KU),
 - rzepak (RZ),
 - lucerna (LU),
 - burak (BU),
 - łąki, mieszanki traw itp. (TR),
 - sad (SA),
 - inne – określić słownie, jakie,
- b. w rubryce „Obecność środowisk innych” wpisać jedną lub więcej z następujących:
 - zakrzewienie (K),
 - zadrzewienie (Z),
 - rów melioracyjny (R),
 - pojedyncze drzewa (PD),
 - pojedyncze krzewy (PK),
 - inne – określić słownie, jakie.

Formularz do pracy w terenie pt. „Struktura terenów uprawnych”

Wykonawca:

Data:

Trasa (zaznaczyć na mapce oraz podać współrzędne GPS obu końców transektu)

Strona transektu (określić stronę świata względem trasy przejścia)

Numer pola	Typ środowiska	Obecność środowisk innych przy lub w polu	Uwagi
1.			
2.			
itd.			

Karta pracy nr 3**Ptaki w krajobrazie rolniczym**

Przebieg ćwiczenia: podczas przejścia trasy (500-1000 m) należy zanotować ptaki w odcinkach o długości 100 m oraz w ramach możliwości określić gatunek ptaka – np. skowronka, potrzyszczka i pliszkę żółtą (do około 200 m od trasy przejścia).

Formularz do pracy w terenie pt. „Ptaki w krajobrazie rolniczym”

Wykonawca:

Data:

Czas liczenia – od godz. do godz.

Pogoda – temperatura (w przybliżeniu)....., wiatr (podkreślić): brak, słaby, średni, silny

Trasa (zaznaczyć na mapce oraz podać współrzędne GPS obu końców transektu)

Strona transektu (określić stronę świata względem trasy przejścia)

Numer odcinka	Skowronek	Pliszka żółta	Potrzeszcz	Inne	Uwagi
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

PROJEKT: WPŁYW STRUKTURY KRAJOBRAZU NA ZRÓŻNICOWANIE ZGRUPOWAŃ PAJĄKÓW**CEL REALIZACJI PROJEKTU**

- określenie zależności między strukturą krajobrazu a liczebnością i różnorodnością pająków oraz ich ewentualnych ofiar.

PROJEKT: WYBRANE ELEMENTY SZATY ROŚLINNEJ REGIONU. STRUKTURA KRAJOBRAZU (PŁATY, WYSPY ŚRODOWISKOWE, KORYTARZE EKOLOGICZNE, WĘZŁY)

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- poznanie typów naturalnych i antropogenicznych krajobrazów nizinnych,
- zdobycie wiedzy na temat struktury krajobrazu,
- poznanie lub przypomnienie takich pojęć jak: roślinność, roślinność pierwotna, potencjalna roślinność naturalna, roślinność rzeczywista, fitocenoza, szata roślinna, flora.

Przebieg zajęć

Zajęcia terenowe odbędą się w różnych typach środowiska:

1. Naturalny krajobraz leśny na przykładzie olsu porzeczkowego – charakterystyka zespołu (warunki siedliskowe, struktura, skład florystyczny), zagrożenia, znaczenie dla przedstawicieli różnych grup zwierząt, strefy przejściowe (ekoton i ekoklina).
2. Tereny z widoczną inwazją gatunków obcego pochodzenia – zagrożenia, wybrane gatunki inwazyjne, grupy geograficzno-historyczne.
3. Strefa ekotonowa lasu – oszybek, okrajek, czyżnie, znaczenie biocenotyczne, walory krajobrazowe.
4. Krajobraz antropogeniczny, polny – specyfika oddziaływań antropogenicznych związana z uprawami polowymi, gatunki i zbiorowiska segetalne, wymagania i przystosowania roślin towarzyszących uprawom, strategię życiową, chwasty upraw zbożowych, chwasty upraw okopowych, ustępujące chwasty polne, ekspansywne gatunki chwastów, rośliny odporne na herbicydy, walory krajobrazowe (agrocenozy jako element krajobrazu kulturowego – obecność barwnie kwitnących chwastów, aspekty barwne kwitnących roślin uprawnych).
5. Korytarze ekologiczne na przykładzie alei jabłoniowej – korytarze naturalne i antropogeniczne, spontaniczna flora i roślinność towarzyszące nasadzeniom, odmiany jabłoni jako użytkowy wymiar bioróżnorodności wewnątrzgatunkowej/genetycznej (α), znaczenie biocenotyczne, wartość kulturowa alei owocowych, walory krajobrazowe, jemiola jako przykład półpaszożyta.
6. Naturalny krajobraz leśny na przykładzie boru świeżego i chrobotkowego – charakterystyka zespołów (warunki siedliskowe, struktura, skład florystyczny), zagrożenia, znaczenie dla przedstawicieli różnych grup zwierząt.
7. Leśne zbiorowiska zastępcze (np. nasadzenia sosny na różnych siedliskach) – konsekwencje biocenotyczne, pinetyzacja i monotypizacja jako formy degeneracji zbiorowisk leśnych, wkraczanie obcych gatunków (neofityzacja).
8. Naturalny krajobraz leśny na przykładzie olsu torfowcowego – charakterystyka zespołu (warunki siedliskowe, struktura, skład florystyczny), zagrożenia, znaczenie dla przedstawicieli różnych grup zwierząt.
9. Torfowiska, przejściowe i wysokie – warunki siedliskowe, w tym gospodarka wodna, specyfika flory i roślinności (przystosowania roślin do ubogich, silnie uwodnionych gleb i dużej insolacji), torfowiska jako relikty przeszłości.
10. Stare mury jako substytuty siedlisk naskalnych na niżu – litofityczne (epilityczne) paprocie i mszaki przywiązane do szczelin z zaprawą wapienną, myrmekochoria jako przykład protokooperacji.
11. Staw młyński jako przykład śródleśnego zbiornika wodnego – charakterystyka roślinności, struktura i skład florystyczny zespołów roślinnych, znaczenie dla funkcjonowania różnych grup zwierząt.
12. Jezioro jako przykład naturalnego zbiornika wodnego – charakterystyka roślinności, zespoły roślinne w poszczególnych strefach jeziora, ich struktura i skład florystyczny, zagrożenia, walory krajobrazowe, znaczenie dla przedstawicieli różnych grup zwierząt.
13. Starorzecze jako przykład małego zbiornika wodnego z naturalną roślinnością wodną i szuwarową na terenach rolniczych – charakterystyka roślinności, struktura i skład florystyczny zespołów roślinnych, zagrożenia, walory krajobrazowe, znaczenie dla funkcjonowania różnych grup zwierząt, znaczenie małych zbiorników wodnych dla różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym.

14. Półnaturalna roślinność łąk – uwarunkowania środowiskowe i gospodarcze, charakterystyka roślinności, struktura i skład florystyczny zespołów roślinnych, zagrożenia, znaczenie dla różnorodności biologicznej w krajobrazie rolniczym, walory krajobrazowe.
15. Murawa szczotlichowa jako przykład wyspy środowiskowej – charakterystyka zespołu: warunki siedliskowe, struktura, skład florystyczny, zagrożenia, znaczenie dla przedstawicieli różnych grup zwierząt.
16. Pomnik przyrody – martwy dąb.
17. Naturalny krajobraz leśny na przykładzie żywej buczyny niżowej – charakterystyka zespołu, warunki siedliskowe, struktura, skład florystyczny, znaczenie dla przedstawicieli różnych grup zwierząt, walory krajobrazowe.
18. Naturalny krajobraz leśny na przykładzie łągu jesionowo-olszowego – charakterystyka zespołu, warunki siedliskowe, struktura, skład florystyczny, zagrożenia, znaczenie dla przedstawicieli różnych grup zwierząt, walory krajobrazowe.
19. Źródłiska jako naturalne wyspy środowiskowe.

PROJEKT: WPŁYW STRUKTURY KRAJOBRAZU ROLNICZEGO NA ROZMIESZCZENIE I LICZEBNOŚĆ MOTYLI DZIENNYCH

CEL REALIZACJI PROJEKTU

- określenie zależności między strukturą krajobrazu a liczebnością i różnorodnością motyli dziennych.

Przebieg zajęć

1. Najdogodniej będzie, gdy zadania będą wykonywane parami. Transekt zostanie podzielony na dwie połówki – lewą i prawą. Każda z osób będzie prowadzić obserwacje na swojej połowie transektu, co skróci czas wykonywania badań, a każdy będzie mógł zdobywać umiejętności rozpoznawania motyli.
2. Prowadzenie obserwacji będzie się odbywało na przykładzie pospolitych gatunków motyli. Zadaniem będzie policzenie wszystkich osobników motyli napotkanych na transekcie, jednocześnie przypisanie ich do konkretnego rodzaju, np. bielinek, rusałka, przestrojnik, modraszek, powszelatek itp. Niezbędny jest uproszczony klucz do oznaczania motyli.
3. Wykonanie zadań będzie polegało na prowadzeniu obserwacji w dogodnym dla motyli krajobrazie o dużej lesistości i dla porównania w krajobrazie rolniczym. Ponadto na terenach rolniczych badania zostaną przeprowadzone na drogach śródpolnych w otoczeniu upraw wielkoarealowych i dla porównania w otoczeniu upraw rozdrobnionych.
4. Każdy dwuosobowy zespół będzie pracował łącznie na trzech transektach o długości 500 m każdy.
5. Wybrany transekt zostanie pokonany dwukrotnie. Za pierwszym razem uczniowie policzą motyle, a za drugim zmierzą parametry dotyczące badanego środowiska, takie jak pokrycie transektu koronami drzew czy zakrzewieniami, udział roślin z kwiatami nektarodajnymi, czyli ważnego źródła pożywienia motyli dorosłych w prostej, pięciostopniowej skali. Parametry dotyczące krajobrazu zostaną policzone np. przy użyciu Geoportalu.

Karta pracy nr 4

Ocena struktury krajobrazu

Przebieg zajęć

Rozpoznanie jakości struktury krajobrazu zostanie przeprowadzone w odległości do 100 m od badanego transektu. Będzie mierzona liczbą środowisk, tj. łąka, las czy uprawa, rów melioracyjny, zadrzewienie itp.

Uwaga: w rubryce „Typy środowisk w odległości do 100 m” należy wpisać jeden z następujących:

- las liściasty (LL),
- las iglasty (LI),
- las mieszany (LM),
- młodnik, jeśli wysokość drzew nie przekracza 10 m (MŁ),
- pola uprawne wielkoarealowe, jeśli przeciętna szerokość pól > 50 m (PW),
- pola uprawne małegoarealowe, jeśli przeciętna szerokość pól < 50 m (PM),
- łąki (Ł),
- tereny zabudowane – mozaika zabudowań i zieleni przydomowej (TZ),
- zbiornik wodny (ZW),
- inne – określić słownie, jakie.

Formularz do pracy w terenie pt. „Ocena struktury krajobrazu”

Wykonawca:

Data:

Powierzchnia	Liczba środowisk w odległości do 100 m	Typ granicy: ostra - O ekoton - E	Uwagi
Tereny leśne			
Pola małegoarealowe			
Pola wielkoarealowe			

Karta pracy nr 5

Ocena struktury krajobrazu

Przebieg zajęć

1. Orientacyjna ocena czynników abiotycznych transektu:
 - a. zachmurzenie (brak, słabe, umiarkowane, duże); uwaga: przy całkowitym zachmurzeniu wymagana jest temperatura powietrza powyżej 19°C,
 - b. temperatura,
 - c. siła wiatru (brak, słaby, umiarkowany, silny),
 - d. strona transektu (określić stronę świata względem trasy przejścia),
 - e. obecność drogi (tak/nie).
2. Ocena czynników biotycznych transektu
 Zostanie przeprowadzona przez podział transektu na pięćdziesięciometrowe odcinki (powierzchnie badawcze), w sumie zostanie wyznaczonych 10 odcinków transektu o łącznej długości 500 m. Każdy odcinek będzie oceniany pod kątem:
 - a. stopnia pokrycia powierzchni badawczej (transektu) koronami drzew i krzewów,
 - b. udziału kwiatów (nektar),
 - c. wysokości i szerokość runa,
 - d. liczby i udziału powierzchniowego przylegających upraw (np. zboże, kukurydza, burak itp.).

Uwaga:

1. W rubryce „Typ środowiska” należy wpisać:
 - a. pobocze z zadrzewieniem (PZ),
 - b. pobocze bez zadrzewienia (BZ),
 - c. przyzma kamieni (PK),
 - d. przyzma obornika (PO),
 - e. skrzyżowanie dróg (SD),

2. W rubryce „Środowisko towarzyszące” należy wpisać:

- a. oczko wodne (OW),
- b. rów melioracyjny (RM),
- c. pojedyncze drzewa (PD),
- d. pojedyncze krzewy (PK),

3. W rubryce „Przyległe uprawy” należy wpisać:

- a. zboża (ZB),
- b. kukurydza (KU),
- c. rzepak (RZ),
- d. lucerna (LU),
- e. burak (BU),
- f. łąki, mieszanki traw itp. (TR),
- g. sad (SA),
- h. inne – określić słownie, jakie.

4. W rubryce „Udział kwiatów, nektar” należy wpisać udział procentowy pokrycia powierzchni badawczej kwiatami w skali pięciostopniowej (0-5):

- a. brak kwiatów (0),
- b. do 5% (1),
- c. od 6 do 10% (2),
- d. od 11 do 30% (3),
- e. od 31 do 50% (4),
- f. powyżej 50% (5).

5. W rubryce „Wysokość runa” należy wpisać:

- a. niskie (N),
- b. średnio wysokie (Ś),
- c. wysokie (W).

6. W rubryce „Szerokość runa” należy wpisać:

- a. poniżej 1m (1),
- b. od 1 do 2 m (2),
- c. od 2 do 5 m (3),
- d. powyżej 5 m (4).

Formularz do pracy w terenie pt. „Ocena struktury środowiska”

Wykonawca:

Data:

powierzchnia	A	B	C	D	E	F	Uwagi
	Typ środowiska	Środowisko towarzyszące	Przyległe uprawy	Udział kwiatów Nektar	Wysokość runa	Szerokość runa	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

powierzchnia	A	B	C	D	E	F	Uwagi
	Typ środowiska	Środowisko towarzyszące	Przyległe uprawy	Udział kwiatów Nektar	Wysokość runa	Szerokość runa	
9							
10							

Karta pracy „Motyle dzienne w krajobrazie rolniczym”

Przebieg zajęć

Podczas przejścia trasy (500 m) zanotowanie obecności motyli na 10 odcinkach o długości 50 m. W miarę możliwości określenie rodzaju/rodziny motyla.
Formularz do pracy w terenie pt. „Motyle w krajobrazie rolniczym”

Wykonawca:

Data:

Czas liczenia – od godz. do godz.

Pogoda – temperatura, wiatr (podkreślić): brak, słaby, średni, silny

Numer odcinka	Bielinek	Modraszek	Rusałka	Oczennica	Powszelatek	Inne
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

PROJEKT: KRAJOBRAZ JAKO BOCIANIA „STOŁÓWKA” – CZY STRUKTURA KRAJOBRAZU WPŁYWA NA EFEKTYWNOŚĆ ŻEROWANIA I ZDOBYWANIA POKARMU DLA MŁODYCH U BOCIANA BIAŁEGO?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- przyswojenie podstawowych informacji o zjawisku fragmentacji ekosystemów i heterogeniczności (niejednorodności) krajobrazu oraz ich konsekwencjach dla danego gatunku (na przykładzie bociana białego),
- zaznajomienie z biologią i ekologią rozrodu bociana białego.

Zastosowane metody badawcze

1. Przebieg badań

Wyznacznikiem efektywności żerowania będzie częstotliwość wizyt z pokarmem w gnieździe oraz ocena typu zdobyczy. Badania będzie można prowadzić w różnych wariantach różniących się wg następujących kryteriów:

- źródło danych: w wersji łatwiejszej – Internet (gniazda z kamerami internetowymi), w trudniejszej – obserwacje terenowe;
- długość i częstotliwość prowadzenia obserwacji: na przykład w wersji łatwiejszej po około 3 godziny w środku dnia, w czerwcu, codziennie lub co drugi dzień przy dobrej pogodzie. W wersji trudniejszej – ciągły monitoring gniazd od wyklucia do wylotu, od maja do lipca, po 2 godziny rano (przed szkołą w przypadku uczniów) i 4 godziny po południu (po szkole w przypadku uczniów). Uwaga: częstotliwość wizyt można zmienić w zależności od warunków praktycznych; na przykład można obserwacje prowadzić tylko w weekendy, ale za to dłużej w ciągu dnia;
- liczba gniazd – w wersji łatwiejszej po dwa w obu rodzajach terenów (w krajobrazie jednolitym i mozaikowym), w wersji trudniejszej – po 4-5 lub więcej (tu bardzo istotna może być odległość od gniazd itp.).

2. Wybór gniazd do obserwacji:

- Kluczem będzie dobór odpowiednich gniazd. Preferowane gniazda to te znajdujące się przy łąkach oraz w monotonnym terenie rolniczym (z silną dominacją pól uprawnych o dużej powierzchni).
- Jeśli obserwacje mają być prowadzone za pomocą Internetu, tam, gdzie są kamery online, wówczas po pierwsze, trzeba wybrać gniazda z dobrą jakością obrazu, z wystarczającą częstotliwością odświeżania oraz dobrą widocznością, co umożliwi rozpoznanie wizyt z pokarmem spośród innych. Po drugie, na podstawie ortofotomap w Geoportalu dobrać takie gniazda, które różnią się pod względem struktury krajobrazu wokół (zob. wyżej). Po trzecie, wybrać takie gniazda z zapasem (dwukrotnie więcej, niż planowana liczba), gdyż w części w ogóle może nie być młodych.
- Jeśli obserwacje mają być prowadzone w terenie gdy w pobliżu miejsca zamieszkania znajdują się gniazda bociana białego, np. na zmianę przez kilka osób, wówczas trzeba także zadbać o spełnienie warunków wymienionych wyżej (odpowiednia widoczność, różniaca się struktura krajobrazu wokół gniazd, zapas gniazd).

3. Prowadzenie obserwacji

Obserwacje powinny być prowadzone w tym samym dniu i o tej samej godzinie we wszystkich wybranych gniazdach. Należy prowadzić je w okresach trzygodzinnych (bez przerwy) mniej więcej w środku dnia (np. po szkole, pracy), w czerwcu, najlepiej codziennie (pomijając okresy burz i ulewnych deszczów). Podczas prowadzenia obserwacji notujemy godzinę przylotu do gniazda oraz – w razie możliwości typ ofiary (ssak, gad, owad, itp.) i kierunek przylotu.

4. Analiza danych

Wyniki obserwacji należy wprowadzić do odpowiednio skonstruowanej tabeli lub tabel. Gniazda mogą być porównane na podstawie następujących zmiennych: liczba przylotów na godzinę, liczba przylotów na godzinę w przeliczeniu na jedno pisklą, udział procentowy poszczególnych rodzajów pokarmu. Zebrane dane powinny pokazać, gdzie (w jakim typie krajobrazu) łatwiej znaleźć pokarm oraz czy skład ofiar różni się w zależności od struktury krajobrazu wokół gniazda. Powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu.

- Wymagany sprzęt i wyposażenie: lornetka, aparat fotograficzny typu super-zoom.
- Najlepszy okres do wykonywania badań: okres przed wylotem młodych z gniazda, czyli czerwiec.
- Czas potrzebny do wykonania badań: około miesiąc obserwacji (w czerwcu – zob. wyżej) codziennych lub co dwa dni po 3 godziny (zawsze jednakowo we wszystkich gniazdach), czyli od 45 do 90 godzin na jedno gniazdo.

Wariant rozszerzony

Wariant ten jest przeznaczony dla grupy kilku osób chcących działać w terenie, jednak im więcej osób się zaangażuje, tym lepiej ze względu na możliwość zebrania obfitych danych, a na tej podstawie prowadzenia różnorodnych analiz.

Celem jest zbadanie efektywności żerowania i karmienia młodych bocianów w zależności od struktury terenów rolniczych.

Kluczem będzie dobór odpowiednich gniazd. Preferowane do wyboru gniazda powinny znajdować się w trzech rodzajach krajobrazu:

- przy łąkach,
- w mozaikowym terenie rolniczym,
- w monotonnym terenie rolniczym (z silną dominacją pól uprawnych o dużej powierzchni).

Jeśli obserwacje będą mogły być prowadzone w terenie (czyli gdy w pobliżu miejsca zamieszkania znajdują się gniazda bociana białego), wówczas trzeba także zwrócić uwagę, by była tam odpowiednia widoczność, różniąca się struktura krajobrazu wokół gniazda oraz zapas gniazd.

Jeśli obserwacje będą musiały być prowadzone za pomocą Internetu, tam gdzie są kamery online, wówczas trzeba wybrać gniazda z dobrą jakością obrazu, z wystarczającą częstotliwością odświeżania oraz dobrą widocznością, co umożliwi odróżnienie wizyt z pokarmem od innych. Po drugie, na podstawie ortofotomap w Geoportalu dobrać takie gniazda, które różnią się pod względem struktury krajobrazu wokół gniazda (zob. wyżej). Po trzecie, wybrać dwukrotnie więcej niż planowana liczba, gdyż w części w ogóle może nie być młodych.

Obserwacje powinny być prowadzone w tym samym dniu i o tej samej godzinie we wszystkich wybranych gniazdach. Należy prowadzić je w okresach dwu- lub trzygodzinnych (bez przerwy), co drugi dzień, dwa razy w ciągu dnia (np. rano i popołudniu), od maja (od wyklucia się młodych) do lipca (do wylotu młodych z gniazda). Podczas prowadzenia obserwacji notujemy godzinę przylotu do gniazda oraz – w razie możliwości typ ofiary (ssak, gad, owad, itp.) i kierunek przylotu, fotografując za każdym razem moment karmienia, co może pomóc w identyfikacji zdobyczy.

Wyniki obserwacji należy wprowadzić do odpowiednio skonstruowanej tabeli lub tabel. Gniazda mogą być porównane na podstawie następujących zmiennych: liczba przylotów na godzinę, liczba przylotów na godzinę w przeliczeniu na jedno pisklę, udział procentowy poszczególnych rodzajów pokarmu.

Zebrane dane powinny pokazać, gdzie (w jakim typie krajobrazu) łatwiej znaleźć pokarm oraz czy skład ofiar różni się w zależności od struktury krajobrazu wokół gniazda, a także jak zmienia się rodzaj pokarmu i częstość karmienia wraz ze wzrostem młodych. Powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu.

Wymagany sprzęt i wyposażenie: lornetka, aparat fotograficzny typu super-zoom.

Okres odpowiedni do wykonywania badań: od maja do lipca, czyli od wyklucia się młodych do wylotu z gniazda.

Czas potrzebny do wykonania badań: około 3 miesiące obserwacji co drugi dzień po 6 godzin w dwóch porach dnia (zawsze jednakowo we wszystkich gniazdach), czyli 270 godzin na jedno gniazdo.

PROJEKT: CZY ISTNIEJE ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY TYPEM KRAJOBRAZU ROLNICZEGO A LICZBĄ I RÓŻNORODNOŚCIĄ OFIAR W SIECIACH PAJĘCZYCH?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- określenie zależności między typem krajobrazu rolniczego (urozmaicony – ujednolicony) a liczbą i różnorodnością ofiar w sieciach pajęczych,
- nabywanie umiejętności rozpoznawania typów budowy sieci, a tym samym rodziny pająków – konstruktorów danej sieci,
- określenie zależności pomiędzy typem budowy sieci a różnorodnością ofiar pająków,
- zrozumienie znaczenia obecności zadrzewień i innych środowisk półnaturalnych w krajobrazie dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów pól uprawnych.

Zastosowane metody badawcze

1. Przebieg badań

Pająki budują różne rodzaje sieci łownych, które różnią się także pod względem składu łowionych ofiar. Zespoły pięcio- lub osmioosobowe obserwują i liczą ofiary (także ich szczątki) we wszystkich zaobserwowanych sieciach z uwzględnieniem rodzaju budowy sieci (wcześniejszy projekt) na polu z danym gatunkiem uprawianej rośliny, ale w dwóch typach krajobrazu: urozmaiconym i ujednoliconym (w różnych odległościach od brzegu pola: 0 m, 10 m i 20 m). Następnie identyfikują zebrane owady do poziomu rzędu i opracowują wyniki przy użyciu komputera.

- Czas: od maja do lipca/wrzesnia (zależnie od uprawy).
- Efekty: poznanie wpływu typu krajobrazu na relacje typu drapieżnik – ofiara.
- Sprzęt: lupa do obserwacji ofiar, atlasy do ich identyfikacji, paliki z taśmą do wyznaczania odcinków badawczych, notes, pisak.

I. Określenie, w jaki sposób typ krajobrazu kształtuje konsumpcję ofiar przez pająki żyjące w uprawach

Wariant podstawowy

1. Przebieg badań

- Wybór typów krajobrazu i powierzchni badawczych przy użyciu map zamieszczonych w Internecie.
- Gromadzenie informacji z literatury i Internetu dotyczące typów konstrukcyjnych sieci pajęczych oraz rodzin pająków, które je budują.
 - Wytyczenie czterometrowych odcinków badawczych w transekcie odległości od brzegu pola (I odległość – 0 m - brzeg pola, II odległość - 10 m, III odległość - 20 m).
 - Obserwacja i liczenie ofiar (także ich szczątków) we wszystkich zaobserwowanych sieciach z uwzględnieniem typu budowy sieci na odcinkach badawczych. Identyfikacja ofiar (będą to głównie owady) do poziomu rzędu w terenie.
 - Wpisywanie wyników na bieżąco do przygotowanej wcześniej tabeli. Zespół badawczy tworzy 6-8 osób pracujących na czterometrowym odcinku badawczym (po 1-2 osoby na odcinku 1 m). Łącznie pracują więc 18-24 osoby. Te same osoby porównują jeden wybrany odcinek badawczy w obu typach krajobrazu (5-6 godzin pracy w terenie).

2. Wybór obszaru badań

Pola uprawne z tym samym typem uprawianej rośliny, np. zboża danego gatunku, w dwóch typach krajobrazu: mozaikowym (urozmaiconym zadrzewieniami) oraz ujednoliconym (złożonym głównie z pól uprawnych, z nielicznymi środowiskami półnaturalnym lub pozbawionym ich całkowicie). Uprawa niepolecana: rzepak – ze względu na gęstą pokrywę roślinną i utrudnione poruszanie się, a także na wczesny zbiór plonów. Stanowiska badawcze w obu typach krajobrazu zlokalizowane w transekcie w następujących odległościach od brzegu pola: 0 m (granica pola z przyległym środowiskiem: w krajobrazie urozmaiconym – z zadrzewieniem, w ujednoliconym – np. z drogą), 10 m i 20 m. Każde stanowisko badawcze to odcinek o długości 4 m.

- Wymagany sprzęt pomiarowy: lupa do obserwacji ofiar (powiększenie przynajmniej 5x), atlasy, klucze do identyfikacji owadów-ofiar w sieciach, paliki z taśmą do wyznaczania odcinków badawczych, notatnik lub przygotowana wcześniej tabela, pisak, aparat fotograficzny.
- Najlepszy okres do wykonywania badań: od połowy maja do lipca (zakończenie przed zbiorami plonów) w przypadku zbóż: żyto, pszenica, pszenżyto oraz od połowy czerwca do września w innych uprawach, na przykład burak cukrowy, kukurydza.
- Czas potrzebny do wykonania badań: 2 tygodnie.
Zebranie wyników kontroli liczebności szkodników upraw, na przykład mszyc.

Wariant rozszerzony

1. Przebieg badań

- Wybór typów krajobrazu i powierzchni badawczych przy użyciu map zamieszczonych w Internecie.

- b. Gromadzenie informacji z literatury i Internetu dotyczących typów konstrukcyjnych sieci pajęczych oraz rodzin pajaków, które je budują.
 - c. Wytyczenie czterometrowych odcinków badawczych w transekcie odległości od brzegu pola (I odległość – 0 m – styk dwóch środowisk, II odległość – 10 m, III odległość – 20 m).
 - d. Obserwacja i liczenie ofiar (także ich szczątków) we wszystkich zaobserwowanych sieciach z uwzględnieniem typu budowy sieci. Przypisywanie ofiar (będą to głównie owady) do rzędów w terenie. Zespół badawczy: ok. 5 osób. Wpisywanie wyników na bieżąco do przygotowanej wcześniej tabeli. Pobieranie z sieci owadów trudnych do zidentyfikowania do próbek, a następnie obserwacja oraz identyfikacja zebranych ofiar w warunkach laboratoryjnych pod binokulem.
 - e. Pomiar wysokości (odległości od gleby), na której znajduje się sieć w celu jej powiązania z głównym sposobem poruszania się ofiar (latające, skaczące, kroczące).
 - f. Obserwacja oraz dokumentacja fotograficzna gatunku pajaka obecnego na sieci lub w jej pobliżu.
 - g. Powtórzenie tej samej serii badań po dwóch tygodniach.
 - h. Opracowanie materiałów, analiza wyników i wyciągnięcie wniosków.
2. Wybór obszaru badań – stanowisk pomiarowych
Pola uprawne z tym samym gatunkiem uprawianej rośliny, np. zboża danego gatunku, w dwóch typach krajobrazu: mozaikowym (urozmaiconym zadrzewieniami, nieużytkami itp.) oraz ujednoliconym (złożonym głównie z pól uprawnych, z nielicznymi nieużytkami lub pozbawionym ich całkowicie). Uprawa niepolecona: rzepak – ze względu na gęstą pokrywę roślinną i utrudnione poruszanie się, a także na wczesny zbiór plonów. Stanowiska badawcze w obu typach krajobrazu zlokalizowane w transekcie w następujących odległościach od brzegu pola: 0 m (granica pola z przyległym środowiskiem: w krajobrazie urozmaiconym – z zadrzewieniem, w ujednoliconym – np. z drogą), 10 m i 20 m. Każde stanowisko badawcze to odcinek o długości 4 m.
 3. Wymagany sprzęt pomiarowy
lupa do obserwacji ofiar (powiększenie przynajmniej 5x), atlasy, klucze do identyfikacji owadów-ofiar, paliki z taśmą do wyznaczania odcinków badawczych, notatnik lub przygotowana wcześniej tabela, pisak, aparat fotograficzny, taśma miernicza do pomiaru odległości sieci od podłoża, binokular (mikroskop stereoskopowy), sprzęt laboratoryjny: szalki Petriego, alkohol skażony, pincety, igły preparacyjne, próbówki, materiały do etykietowania: kalka techniczna, rapidografy, nożyczki;
 4. Najlepszy okres do wykonywania badań: od połowy maja do lipca (zakończenie przed zbiorami plonów) w przypadku zbóż: żyto, pszenica, pszenżyto oraz od połowy czerwca do września w innych uprawach, na przykład burak cukrowy, kukurydza.
 5. Czas potrzebny do wykonania badań: 2 miesiące.

II. Jak wykorzystać pająki w ograniczaniu zagęszczeń szkodników upraw? Wpływ zadrzewień w krajobrazie rolniczym na różnorodność i liczebność pajaków sieciowych na polach uprawnych

1. Cele
 - a. zbadanie wpływu struktury krajobrazu na faunę pajaków sieciowych pól uprawnych;
 - b. ocena oddziaływania zadrzewień śródpolnych na liczebność oraz różnorodność pajaków sieciowych (na podstawie typu budowy sieci można określić rodzinę pajaków) na polach uprawnych.
2. Przebieg badań
 - a. wybór terenu badań (z użyciem map dostępnych w Internecie),
 - b. wytyczenie odcinków badawczych w różnych odległościach od brzegu pola,
 - c. identyfikacja typu sieci oraz ich liczenie na polach o tym samym gatunku rośliny uprawnej w dwóch typach krajobrazu: bez zadrzewień i z zadrzewieniami – w różnych odległościach od brzegu pola (np. 0, 10 i 20 m),
 - d. analiza wyników,
 - e. podsumowanie i wnioski.
3. Najlepszy okres do wykonywania badań: od maja do lipca/września (zależnie od uprawy).

4. Efekty: poznanie zależności między obecnością zadrzewień lub ich brakiem w krajobrazie a różnorodnością rodzin oraz liczebnością pajaków na polach uprawnych.
5. Wymagany sprzęt: spryskiwacze wodne do dokładnego wykrywania wszystkich obecnych sieci (spray wodny uwidacznia sieci), paliki z taśmą do wyznaczania odcinków badawczych, notes, pisak, aparat fotograficzny.

Wariant podstawowy

1. Przebieg badań
 - a. Wybór typów krajobrazu i powierzchni badawczych przy użyciu map dostępnych w Internecie.
 - b. Gromadzenie informacji z literatury i Internetu dotyczące typów konstrukcyjnych sieci pajęczych oraz rodzin pajaków, które je budują.
 - c. Praca w terenie: wytyczenie czterometrowych odcinków badawczych w transekcie odległości od brzegu pola (I odległość – 0 m - brzeg pola, II odległość - 10 m, III odległość - 20 m) w dwóch typach krajobrazu: urozmaiconym zadrzewieniami oraz uproszczonym.
 - d. Wykrywanie (przy użyciu spryskiwacza do wody) i liczenie sieci łośnych pajaków o różnych typach budowy na odcinkach badawczych. Powierzchnia spryskiwana wodą powinna obejmować przestrzeń od powierzchni gleby po szczyty roślin (wyjątek: mglista lub wilgotna pogoda – wtedy sieci są na ogół dobrze widoczne).
 - e. Identyfikacja rodzin pajaków na podstawie typu sieci. Wpisywanie wyników na bieżąco do przygotowanej wcześniej tabeli. Zespół badawczy tworzą 2 osoby pracujące na czterometrowym odcinku badawczym. Te same osoby porównują jeden wybrany odcinek badawczy w obu typach krajobrazu. W przypadku zaangażowania większej ilości osób można zwiększyć liczbę czterometrowych odcinków badawczych i/lub przeprowadzić te same badania równoległe na innym typie uprawy.
 - f. Opracowanie materiałów, analiza wyników i wyciągnięcie wniosków.
2. Uwagi: Wybór obszaru badań (stanowisk pomiarowych) – pola uprawne z tym samym typem uprawianej rośliny, np. zboża danego gatunku, w dwóch typach krajobrazu: mozaikowym (urozmaiconym zadrzewieniami) oraz ujednoliconym (złożonym głównie z pól uprawnych, z nielicznymi środowiskami półnaturalnym lub pozbawionym ich całkowicie). Uprawa niepolecona: rzepak – ze względu na gęstą pokrywę roślinną i utrudnione poruszanie się, a także na wczesny zbiór plonów. Stanowiska badawcze w obu typach krajobrazu zlokalizowane w transekcie w następujących odległościach od brzegu pola: 0 m (granica pola z przyległym środowiskiem: w krajobrazie urozmaiconym – z zadrzewieniem, w ujednoliconym – z drogą), 10 m i 20 m. Każde stanowisko badawcze to odcinek o długości 4 m.
3. Wymagany sprzęt: paliki z taśmą do wyznaczania odcinków badawczych, spryskiwacze do wody, atlasy do identyfikacji typu konstrukcyjnego sieci łośnych, notatnik lub przygotowane wcześniej blankiet, pisak, aparat fotograficzny dla dokumentacji oraz konsultacji w celu przyporządkowania określonych sieci do właściwego typu konstrukcyjnego (zwłaszcza w przypadku, gdy uczeń nie ma pewności, co do identyfikacji).
4. Najlepszy okres do wykonywania badań: od połowy maja do lipca (zakończenie przed zbiorami plonów) w przypadku zbóż: żyto, pszenica, pszenżyto oraz od połowy czerwca do września w innych uprawach, na przykład burak cukrowy, kukurydza.
5. Czas potrzebny do wykonania badań: 1 tydzień.

Wariant rozszerzony

1. Przebieg badań
 - a. Wybór typów krajobrazu i powierzchni badawczych przy użyciu map dostępnych w Internecie.
 - b. Gromadzenie informacji z literatury i Internetu dotyczących typów konstrukcyjnych sieci pajęczych oraz rodzin pajaków, które je budują.
 - c. Praca w terenie - wytyczenie 4-metrowych odcinków badawczych w transekcie odległości od brzegu pola (I odległość – 0 m – brzeg pola, II odległość - 10 m, III odległość - 20 m) w dwóch typach krajobrazu: urozmaiconym zadrzewieniami oraz uproszczonym.

- d. Wykrywanie (przy użyciu spryskiwacza do wody) i liczenie sieci łownych pająków o różnych typach budowy na odcinkach badawczych. Powierzchnia spryskiwana wodą powinna obejmować przestrzeń od powierzchni gleby po szczyty roślin (wyjątek: mglista lub wilgotna pogoda – wtedy sieci są na ogół dobrze widoczne). Identyfikacja rodzin pająków na podstawie typu sieci. Wpisywanie wyników na bieżąco do przygotowanej wcześniej tabeli. Zespół badawczy: 6 osób (po 2 osoby na czterometrowy odcinek badawczy).
 - e. Określenie substratu, na którym umocowana jest sieć: na powierzchni gleby, na roślinach uprawnych, na chwastach (roślinach innych niż uprawiane). Powiązanie typu sieci z typem substratu – w przypadku roślin rozróżnienie sieci na roślinach jedno- i dwuliściennych.
 - f. Obserwacja oraz dokumentacja fotograficzna gatunku pająka obecnego na sieci lub w jej pobliżu.
 - g. Powtórzenie tej samej serii badań po dwóch tygodniach.
 - h. Opracowanie materiałów, analiza wyników i wyciągnięcie wniosków.
2. Wybór obszaru badań – stanowisk pomiarowych
Pola uprawne z tym samym gatunkiem uprawianej rośliny, np. zboża danego gatunku, w dwóch typach krajobrazu: mozaikowym (urozmaiconym zadrzewieniami, nieużytkami itp.) oraz ujednoliconym (złożonym głównie z pól uprawnych, z nielicznymi nieużytkami lub pozbawionym ich całkowicie). Uprawa niepolecona: rzepak – ze względu na gęstą pokrywę roślinną i utrudnione poruszanie się, a także na wczesny zbiór plonów. Stanowiska badawcze w obu typach krajobrazu zlokalizowane w transekcie w następujących odległościach od brzegu pola: 0 m (granica pola z przyległym środowiskiem: w krajobrazie urozmaiconym – z zadrzewieniem, w ujednoliconym – z drogą), 10 m i 20 m. Każde stanowisko badawcze to odcinek o długości 4 m.
 3. Wymagany sprzęt pomiarowy: paliki z taśmą do wyznaczania odcinków badawczych, spryskiwacz do wody, atlasy do identyfikacji typu konstrukcyjnego sieci łownych, notatnik lub przygotowany wcześniej blankiet, pisak, aparat fotograficzny dla dokumentacji oraz konsultacji w celu przyporządkowania określonych sieci do właściwego typu konstrukcyjnego (zwłaszcza w przypadku gdy uczeń nie ma pewności co do identyfikacji).
 4. Najlepszy okres do wykonywania badań: od połowy maja do lipca (zakończenie przed zbiorem plonów) w przypadku zbóż: żyto, pszenica, pszenżyto oraz od połowy czerwca do września w innych uprawach, na przykład burak cukrowy, kukurydza.
 5. Czas potrzebny do wykonania badań: 1 miesiąc.

PROJEKT: WPŁYW STRUKTURY TERENÓW UPRAWNYCH NA ZAGĘSZCZENIE PTAKÓW

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- sprawdzenie, jak struktura pól uprawnych (gatunek uprawianej rośliny, wielkość pól) wpływa na skład gatunkowy oraz zagęszczenie ptaków lub zagęszczenie populacji wybranych gatunków ptaków (np. skowronka i pliszki żółtej).

Zastosowane metody badawcze

1. Etapy (zadania) realizacji projektu:
 - a. wybór terenu (za pomocą map w Internecie),
 - b. wyznaczenie transektów (tras przejścia) lub punktów),
 - c. trening oceny odległości w terenie (umiejętność badawcza kluczowa dla tego projektu),
 - d. liczenie ptaków (na transektach lub z punktów),
 - e. wyznaczenie zagęszczeń (i rozmieszczenia) ptaków w oparciu o dane z obliczeń,
 - f. analiza danych,
 - g. podsumowanie i wnioski.
2. Efekty:
 - a. określenie znaczenia struktury upraw dla bogactwa awifauny pól uprawnych,
 - b. nauka rozpoznawania pospolitych gatunków,
 - c. sformułowanie wniosków dotyczących ochrony przyrody.

3. Potrzebny sprzęt: lornetka, aparat GPS, notatnik terenowy.
4. Problem badawczy
Jak rozdrobnienie pól uprawnych (czyli heterogeniczność) wpływa na awifaunę lęgową?
5. Przykładowe wyniki wcześniejszych badań z tego zakresu
W okolicach wsi Turew metodą punktową sprawdzono, czy stopień rozdrobnienia pól uprawnych wpływa na zagęszczenie i bogactwo gatunkowe ptaków. Zagęszczenie par lęgowych na polach uprawnych wynosiło od 1 do 11 na punkt, ale 75% wartości mieściło się w przedziale od 5 do 8 par na punkt. Średnie zagęszczenie wynosiło 6,4 pary na punkt, przy odchyleniu standardowym równym 2,05. W punktach z jedną lub dwiema uprawami średnia liczba par wynosiła 6,2, natomiast w punktach z trzema i więcej uprawami średnia liczba par wynosiła 7 (KUJAWA 1996).

Wariant podstawowy

Temat można zrealizować nawet indywidualnie, ale w przypadku zaangażowania się większej liczby osób zyska się o wiele ciekawsze i wartościowsze wyniki oraz możliwości interpretacji i analizy danych.

1. Metodyka badań
Istotą projektu badawczego jest porównanie dwóch typów krajobrazu rolniczego, czyli monotonnego (ujednoliconego) oraz zróżnicowanego (heterogenicznego) pod względem awifauny lęgowej, czyli liczebności ptaków (ewentualnie także ich składu gatunkowego).
2. Metoda oceny awifauny
Do wyboru są dwie metody – liczenie na transektach lub liczenie z punktów. Obie wymagają poznania wcześniej podstawowych gatunków ptaków, które można zobaczyć lub usłyszeć na polach uprawnych, czyli skowronka, pliszki żółtej, potrzęsacza, przepiórki i kuropatwy. Wymagana jest znajomość zarówno wyglądu, jak i głosów wydawanych przez te gatunki.
 - a. Metoda transektowa – polega na przemieszczaniu się piechotą wzdłuż wyznaczonej trasy (z prędkością ok. 1-2 km/godz.) i liczenia ptaków w pasie o określonej szerokości, zwykle 100-150 m, a w przypadku tego projektu długość jednego transektu będzie wynosiła 500 m.
 - b. Metoda punktowa – polega na liczeniu ptaków z określonego miejsca przez 10 minut w promieniu o określonej długości, zwykle do 100-200 m. W obu przypadkach dane zapisuje się na przygotowanych wcześniej formularzach.
3. Wybór i charakterystyka powierzchni badawczych
Przed wszystkim należy zwrócić uwagę na to, by wybrane powierzchnie różniły się tylko stopniem rozczłonkowania (czyli wielkością) pól uprawnych, gdyż to właśnie ona jest tematem badań. Dlatego nie powinno być między nimi różnic np. w obecności zadrzewień, odległości do terenów zabudowanych, ruchliwych dróg itp. Kierując się powyższą zasadą, należy wybrać po kilkanaście (>15) fragmentów pól uprawnych w obu typach krajobrazu, w których będzie można zaplanować rozmieszczenie transektów (jeden na fragment) lub punktów 1-2 punkty/fragment. Należy pamiętać, aby transekty i punkty było położone tak, by dostęp do nich był łatwy, dlatego na ogół wykorzystuje się do tego celu mało uczęszczane, słabo widoczne polne drogi.
Gdyby brakowało naturalnych i trwałych punktów orientacyjnych, do lokalizacji punktów oraz końców transektów należy użyć aparatu GPS. Powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu.
4. Wymagany sprzęt i wyposażenie: lornetka, aparat fotograficzny, aparat GPS, klucze i przewodniki do oznaczania ptaków.
5. Najlepszy okres do wykonywania badań: szczyt okresu lęgowego, czyli maj-czerwiec.
6. Czas potrzebny do wykonania badań
Liczenie ptaków najlepiej prowadzić w godzinach porannych (w szczycie aktywności głosowej), czyli od 5.00, a nawet 4.30 (w czerwcu) do około 8.00-9.00. Oznacza to, że w ciągu jednego poranka mamy do dyspozycji około czterech godzin do dyspozycji.
W ciągu jednego poranka będzie można zebrać dane z 6-8 punktów lub transektów, w za-

leżności od odległości między nimi. Zakładając po 15 punktów lub transektów w każdym z dwóch typów krajobrazów, czyli łącznie 30, należy się spodziewać, że można je będzie skontrolować w ciągu maksymalnie 5-6 dni. Liczenie ptaków należy przeprowadzić dwukrotnie w maju z przerwą co najmniej dwóch tygodni, czyli łączny czas to 10-12 dni.

Wariant rozszerzony

Wariant przeznaczony dla grupy kilku osób chcących działać w terenie, ale im więcej osób się zaangażuje, tym lepiej ze względu na możliwość zebrania obfitych danych, a na tej podstawie prowadzenia różnorodnych analiz.

1. Metodyka badań

Istotą projektu badawczego jest porównanie dwóch typów krajobrazu rolniczego, czyli monotonnego (ujednoliczonego) oraz zróżnicowanego (heterogenicznego) pod względem awifauny lęgowej, czyli liczebności ptaków oraz ich składu gatunkowego.

2. Metoda oceny awifauny

3. Do wyboru są dwie metody – liczenie na transektach lub liczenie z punktów. Obie wymagają poznania wcześniej podstawowych gatunków ptaków, które można zobaczyć lub usłyszeć na polach uprawnych, czyli skowronka, pliszki żółtej, potrzęsacza, przepiórki i kuropatwy. Wymagana jest znajomość zarówno wyglądu jak i głosów wydawanych przez te gatunki.

a. Metoda transektowa – polega na przemieszczaniu się piechotą wzdłuż wyznaczonej trasy (z prędkością ok. 1-2 km/godz.) i liczenia ptaków w pasie o określonej szerokości, zwykle 100-150 m, a w przypadku tego projektu długość jednego transektu będzie wynosiła 500 m.

b. Metoda punktowa – polega na liczeniu ptaków z określonego miejsca przez 10 minut w promieniu o określonej długości, zwykle do 100-200 m.

W oby przypadkach dane zapisuje się na przygotowanych wcześniej formularzach.

4. Wybór i charakterystyka powierzchni badawczych

Przed wszystkim należy zwrócić uwagę na to, by wybrane powierzchnie różniły się tylko stopniem rozczłonkowania (czyli wielkością) pól uprawnych, gdyż to właśnie one są tematem badań. Dlatego nie powinno być między nimi różnic np. w obecności zadrzewień, bliskości terenów zabudowanych, ruchliwych dróg itp. Kierując się powyższą zasadą, należy wybrać po minimum 30 fragmentów pól uprawnych, w których będzie można zaplanować rozmieszczenie transektów (jeden na fragment) lub punktów 1-2 punkty na fragment. Należy pamiętać, aby transekty i punkty było położone tak, by dostęp do nich był łatwy, dlatego na ogół wykorzystuje się do tego celu mało uczęszczane, słabo widoczne polne drogi. W razie, gdy brakuje naturalnych i trwałych punktów orientacyjnych, do lokalizacji punktów oraz końców transektów należy użyć aparatu GPS.

Tak duża liczba powierzchni umożliwi nie tylko porównanie między typami terenów uprawnych (uproszczonym i urozmaiconym), ale także między uprawami, np. ozimymi i jarymi, kukurydzą a rzepakiem itp. Powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu.

5. Wymagany sprzęt i wyposażenie: lornetka, aparat fotograficzny, aparat GPS, klucze i przewodniki do oznaczania ptaków.

6. Najlepszy okres do wykonywania badań: okres lęgowy, czyli od kwietnia do maja.

7. Czas potrzebny do wykonania badań

Liczenia ptaków najlepiej prowadzić w godzinach porannych (w szczycie aktywności głosowej), czyli od 5.00, a nawet 4.30 (w czerwcu) do około 8.00-9.00. Oznacza to, że w ciągu jednego poranka mamy do dyspozycji około czterech godzin, w ciągu których trzeba będzie zebrać dane z 6-8 punktów lub transektów, w zależności od odległości między nimi. Zakładając po 30 punktów lub transektów w każdym z dwóch typów krajobrazów, czyli łącznie 60, należy się spodziewać, że można je będzie skontrolować w ciągu maksymalnie 10-12 dni. Liczenie ptaków należy przeprowadzić trzykrotnie: w drugiej dekadzie kwietnia, w drugiej dekadzie maja oraz drugiej dekadzie czerwca.

PROJEKT: CZY ROZDROBNIENIE ŚRODOWISK W KRAJOBRAZIE JEST KORZYSTNE DLA RÓŻNORODNOŚCI ROŚLIN? ANALIZA ZNACZENIA EKOTONÓW DLA LICZBY GATUNKÓW ROŚLIN NACZYNIOWYCH

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zdobycie przez ucznia podstawowych informacji o występowaniu i strukturze ekotonów oraz o ich tworzeniu się w krajobrazie w wyniku fragmentacji ekosystemów,
- poznanie znaczenia (pozytywnego i negatywnego) ekotonów dla rozmieszczenia gatunków i różnorodności biologicznej,
- poznanie grupy gatunków roślin charakterystycznych dla ekotonów,
- kształcenie umiejętności obserwacji i wyciągania wniosków na jej podstawie,
- kształcenie odpowiedzialnej postawy wobec środowiska i przyrody.

Wprowadzenie

Celem projektu lub projektów badawczych w ramach tego tematu byłoby sprawdzenie na podstawie badań terenowych, jak obecność ekotonów wpływa na rozmieszczenie organizmów, ich skład gatunkowy oraz liczebność. Proponuje się badania nad roślinami, ale możliwe jest także objęcie nimi zwierząt lub grzybów, które jednak – ze względu na trudniejsze oznaczanie gatunków i efemeryczność pojawów owocników wymagałyby znacznie więcej zaangażowania i czasu.

Zastosowane metody badawcze

1. Problem badawczy

Jak obecność styków ekosystemów (czyli ekotonów) wpływa na bogactwo gatunkowe roślin?

2. Metodyka badań

Istotą projektu badawczego jest porównanie bogactwa gatunkowego roślin w wybranych rodzajach ekotonów. Polegać to będzie na wyborze pary sąsiadujących ze sobą ekosystemów (np. lasu i łąk, lasu i pól, zbiornika wodnego i łąk itp. i na sprawdzeniu liczby gatunków występujących w tych ekosystemach i w ekotonie między nimi.

a. Wariant podstawowy może objąć tylko ekotony prostsze (np. pole uprawne – las) i mniejszą liczbę rodzajów (1-2) oraz grupy roślin łatwiejsze do oznaczania (np. tylko dwuliścienne), badane tylko w szczycie kwitnienia roślin, czyli np. w na początku maja, w czerwcu i lipcu.

b. Wariant rozszerzony powinien objąć ekotony antropogeniczne i naturalne, większą liczbę ich rodzajów (np. 5-6) oraz całość roślin naczyniowych, czyli włącznie z paprotnikami i roślinami jednoliściennymi, a także cały sezon wegetacyjny, czyli od marca lub kwietnia do sierpnia.

3. Wybór powierzchni badawczych

a. Wybór miejsca do pobierania badań będzie się odbywał dwustopniowo. Po pierwsze, należy zdecydować, jaki typ ekotonu będzie objęty badaniami i następnie na podstawie map drukowanych (topograficznych) lub map dostępnych w Internecie znaleźć miejsca, które by ten wymóg spełniały. Ważne jest, by nie dobrać tych miejsc na podstawie wizualnej oceny, gdyż to zakłóca spełnianie wymogu losowego doboru prób. Następnie w wybranym fragmencie należy wylosować minimum pięć (ale im więcej, tym lepiej) miejsc, w których prostopadłe do granicy powierzchni zostanie poprowadzony transekt, na którym będzie zbierany materiał badawczy (rośliny).

b. Każdy transekt powinien mieć 40 m długości i 2 m szerokości, a jego środek powinien przypadać na granicy między dwoma ekosystemami lub mniej więcej na środku strefy ekotonowej w przypadku znacznej jej szerokości (kilku lub kilkunastu metrów). Trzeba go podzielić na dwumetrowe odcinki, co pozwoli notować występowanie roślin w kwadratach o boku 2x2 m.

c. Jak losować miejsca dla transektów? Można to zrobić, na przykład używając generatora liczb losowych, np. funkcji „los()” w programie MS Excel. Dzięki niej można wylosować tyle liczb, ile transektów planujemy założyć, a następnie każdą z liczb (MS Excel podaje je w za-

kresie od 0 do 1) przekształcić tak (np. mnożąc przez 100), by otrzymać liczbę metrów od ustalonego początku wybranego ekotonu, która będzie jednocześnie miarą położenia środka danego transektu.

- d. Ważne, by tak zaplanować badania, by w przypadku każdego rodzaju ekotonu był on reprezentowany przez co najmniej 5 transektów. Ważne będzie dobre oznakowanie transektów i kwadratów w ich obrębie, by powtarzane badania dotyczyły tych samych kwadratów. Zatem konieczne będzie zastosowanie palików, sznurka z węzłami co 2 m (w zależności od inwencji badaczy). Uwaga: do tego celu odbiorniki GPS się nie nadają, gdyż ich błąd pomiarowy jest zbyt duży.
4. Metodyka badań bogactwa gatunkowego roślin

Ustalane transekty przegląda się kwadrat po kwadracie, notując i zbierając materiał roślinny potrzebny do oznaczenia gatunku do kopert, lub rozpoznając gatunki w terenie (jeśli jest to możliwe). Przydatne będzie fotografowanie roślin lub ich kluczowych fragmentów (kwiatostanów, pojedynczych kwiatów, liści itp.). Zebrany materiał (wraz z dokumentacją zdjęciową) posłuży do oznaczania gatunków, a ostatecznie do wyznaczenia: całkowitej liczby gatunków na transekcje, w ekosystemach i ekotonie oraz składu gatunkowego roślin. Zebranie danych z wielu kwadratów i z co najmniej 5 transektów pozwoli na zweryfikowanie znalezionych różnic metodami statystycznymi.
5. Najlepszy okres do wykonywania badań: okres rozwoju ulistnienia, kwitnienia i owocowania roślin, czyli od kwietnia (ewentualnie marca, w przypadku łagodnej zimy i ciepłej wiosny) do sierpnia.
6. Czas potrzebny do wykonania badań: zależy od bogactwa gatunkowego roślin, ale można się spodziewać, że kontrola całego transektu, zbiór roślin i wykonanie dokumentacji fotograficznej zajmie kilka godzin. Czas poświęcony na oznaczanie roślin zależy od umiejętności i wiedzy badacza.

W przypadku wariantu podstawowego można oprzeć analizy na jednej kontroli (np. z czerwca), ale lepiej na dwóch (w zależności od wybranych ekosystemów np. w przypadku grądu i łąki – początek maja i lipiec), natomiast wariant zaawansowany wymaga jednej wizyty w miesiącu.
7. Wymagany sprzęt i wyposażenie: binokular, aparat fotograficzny, lupy, teczki zielnikowe, pęsety, szalki Petriego, igły preparacyjne, przewodniki/klucze/atlasy do oznaczania roślin.

PROJEKT: JAK INWAZJE OBCYCH GATUNKÓW ROŚLIN WPŁYWAJĄ NA BIORÓŻNORODNOŚĆ?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- ocena wpływu inwazji obcych gatunków roślin na bioróżnorodność w ekosystemie,
- poznanie inwazyjnych gatunków roślin, groźnych dla bioróżnorodności, ich historii i pochodzenia,
- ocena wartości przyrodniczej wybranych gatunków roślin na badanym terenie,
- zdobycie wiedzy na temat geograficzno-historycznych grup roślin tworzących florę Polski.

Wariant podstawowy

Drzewa i krzewy w naszej okolicy – skąd pochodzą i kiedy przybyły?

Po zapoznaniu się z problemem – praca z tekstami źródłowymi (bioróżnorodność a gatunki inwazyjne, grupy geograficzno-historyczne roślin we florze Polski, znajomość najbardziej niebezpiecznych gatunków obcych), będą prowadzone obserwacje na wybranym zadrzewionym obszarze. Może to być park, teren osiedla mieszkaniowego, pobliski las, cmentarz, przydroże itp.

Zadanie będzie polegało na spisaniu wszystkich występujących tam gatunków drzew i krzewów (gatunki nieznanne mogą być identyfikowane za pomocą ilustracji w atlasach). W trakcie badań należy prowadzić ich dokumentację fotograficzną.

Druga część zadania to rejestracja stanowisk inwazyjnych gatunków drzew i krzewów przy użyciu aparatów GPS. Z uwagi na czasowe ograniczenie możliwości realizowania projektu, w zależności od wielkości badanego terenu można do tej części wybrać jeden gatunek lub poszerzyć ją o obce

gatunki często występujące na badanym obszarze, które nie są wymienione w spisie roślin zalecanych do obserwacji, zamieszczonym poniżej.

Lista gatunków zarejestrowanych w terenie zostanie poddana analizie geograficzno-historycznej. Dzięki temu zdobędzie się wiedzę na temat pochodzenia drzew i krzewów składających się na florę zamieszkiwanych przez nich terenów. Ponadto na mapach zostaną zaznaczone stanowiska roślin inwazyjnych. Mapy sporządzone dla poszczególnych gatunków mogą być uzupełniane w następnych latach. W rezultacie powstanie atlas rozmieszczenia stanowisk inwazyjnych gatunków drzew i krzewów w całej okolicy (mieście). Kontrola tych stanowisk przez kolejne lata pozwoli ocenić, jakie są tendencje dynamiczne śledzonych gatunków i jakie zmiany zachodzą we florze badanego obszaru.

Wariant rozszerzony

Flora naszej okolicy – skąd pochodzi i jaka jest jej historia?

Zadanie jest poszerzone w stosunku do wariantu podstawowego o badania obcych gatunków roślin zielnych. Po zdobyciu podstawowych wiadomości dotyczących problemu (bioróżnorodność a gatunki inwazyjne, grupy geograficzno-historyczne roślin we florze Polski, znajomość najbardziej niebezpiecznych gatunków obcych) będą prowadzone obserwacje na wybranym obszarze. Może to być park, teren osiedla mieszkaniowego, pobliski las, cmentarz, przydroże itp.

Zadanie będzie polegało na spisaniu wszystkich występujących tam gatunków drzew i krzewów oraz roślin zielnych. Gatunki, których nie uda się zidentyfikować na miejscu (możliwe użycie atlasów z ilustracjami), trzeba zebrać w całości (razem z kwiatostanem, łodygą, liśćmi odziomkowymi i częścią podziemną) do woreczków foliowych i oznaczyć po przechowaniu w lodówce (czas przechowywania w lodówce najwyżej 3 dni) lub zielniku. Pomocna może być dokumentacja fotograficzna, którą należy prowadzić w trakcie badań w terenie.

Druga część zadania to rejestracja stanowisk inwazyjnych gatunków przy użyciu aparatów GPS. Z uwagi na czasowe ograniczenie możliwości realizowania projektu, w zależności od wielkości badanego terenu można ograniczyć tę część do gatunków roślin łatwych do rozpoznania w terenie, wybranych ze spisu zamieszczonego poniżej.

Lista gatunków zostanie poddana analizie. Należy ocenić częstość występowania każdego notowanego gatunku we florze Polski (na podstawie informacji zawartych w atlasach i kluczach do oznaczania roślin) oraz przynależność do grup geograficzno-historycznych. Informacje można zdobyć, korzystając z linków:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Ecotone>

http://www.pol.j.ecol.cbe-pan.pl/article/ar53_3_07.pdf

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000800018

Dzięki temu pozyska się wiedzę na temat walorów flory (decyduje o niej udział rzadkich we florze Polski lub regionu gatunków rodzimych i archeofitów) oraz pochodzenia gatunków roślin składających się na florę zamieszkiwanych terenów. Ponadto, na mapach zostaną zaznaczone stanowiska roślin inwazyjnych (na podstawie zapisów GPS). Mapy sporządzone dla poszczególnych gatunków mogą być uzupełniane w następnych latach przez kolejne roczniki badaczy, prowadzących obserwacje na nowych obszarach. Powstaną w ten sposób mapy rozmieszczenia stanowisk inwazyjnych gatunków drzew i krzewów oraz roślin zielnych w całej okolicy (mieście). Kontrola stanowisk już istniejących przez kolejne grupy badaczy pozwoli ocenić, jakie są tendencje dynamiczne śledzonych przez nich gatunków i jakie zmiany zachodzą we florze badanego obszaru.

PROJEKT: OBCY NA BRZEGU WODY

CEL REALIZACJI PROJEKTU

- sprawdzenie na podstawie badań terenowych, jak inwazja gatunków roślin obcych wpływa na bioróżnorodność w ekosystemie (przede wszystkim na liczbę gatunków i skład gatunkowy roślin).

Cel będzie realizowany poprzez porównanie powierzchni badawczych opanowanych przez gatunki roślin inwazyjnych z powierzchniami wolnymi od tych gatunków, znajdującymi się w pobliżu, najlepiej w tym samym kompleksie przyrodniczym.

Badania najlepiej przeprowadzić w zbiorowiskach roślin związanych z ciekami wodnymi lub stawami. Są to zwykle szuwały oraz rzadko nadrzeczne lasy łąkowe – na obszarach rolniczych, często jedyne zbiorowiska o naturalnym charakterze, składające się prawie wyłącznie z rodzimych gatunków. Niektóre z nich są identyfikatorami siedlisk chronionych dyrektywą siedliskową NATURA 2000.

Do realizacji tego wariantu konieczny jest odpowiedni strój terenowy (w szczególności kalosze) i preparat zabezpieczający przed komarami i kleszczami.

Na wybranym odcinku brzegu rzeki (np. o długości 1 km) lub na całym brzegu stawu przy użyciu aparatu GPS należy zarejestrować wszystkie stanowiska inwazyjnych gatunków roślin i określić rozmiary utworzonych przez nie płatów. Do szczegółowych badań trzeba wybrać dwie powierzchnie badawcze o równej wielkości – jedną zdominowaną przez roślinę inwazyjną i drugą zajmowaną przez zbiorowisko bez jej udziału. Zadaniem jest uzyskanie listy wszystkich tworzących płat gatunków i określenie ich procentowego udziału w zbiorowisku (procent pokrycia powierzchni płatu przez każdy gatunek). Gatunki, których nie uda się zidentyfikować na miejscu (możliwe użycie atlasów z ilustracjami) trzeba zebrać w całości (razem z kwiatostanem, łodygą, jeśli to możliwe z liśćmi odziomkowymi i częścią podziemną) do woreczków foliowych i oznaczyć po przechowaniu w lodówce (czas przechowywania w lodówce najwyżej 3 dni) lub w zielniku. Pomocna może być dokumentacja fotograficzna, którą należy prowadzić w trakcie badań w terenie.

Lista gatunków zostanie poddana analizie. Należy ocenić różnice pomiędzy badanymi powierzchniami w liczbie gatunków roślin, procentowym pokryciu przez poszczególne gatunki, wartości przyrodniczej gatunków oraz w przynależności do grup geograficzno-historycznych. Wartość przyrodniczą każdego notowanego gatunku dla flory Polski trzeba ustalić na podstawie informacji o częstotliwości ich występowania zawartych na czerwonych listach, w atlasach i kluczach do oznaczania roślin. Informacje o grupach geograficzno-historycznych można zdobyć, korzystając z linków (znajdują się wyżej). Dzięki analizie zdobędzie się wiedzę na temat walorów flory (decyduje o niej udział rzadkich i zagrożonych we florze Polski lub regionu gatunków rodzimych oraz archeofitów) a także na temat pochodzenia i historii gatunków roślin składających się na florę zamieszkiwanych terenów. Porównanie wszystkich danych na dwóch powierzchniach badawczych pozwoli wnioskować, jak inwazyjne gatunki roślin wpływają na różnorodność roślin na poziomie zbiorowiska roślinnego, a także całego krajobrazu (o zmniejszeniu różnorodności na poziomie krajobrazu świadczy ubywanie rodzimych gatunków i gatunków określonych, z powodu rzadkości występowania we florze Polski lub lokalnie, jako cenne przyrodniczo).

Ponadto na mapach zostaną zaznaczone stanowiska roślin inwazyjnych (na podstawie zapisów GPS). Mapy osobne dla każdego gatunku mogą być uzupełniane w następnych latach poprzez obserwacje na tych samych i nowych obszarach. Powstaną w ten sposób mapy rozmieszczenia stanowisk inwazyjnych gatunków roślin w ekosystemach wodnych i przybrzeżnych całej okolicy. Kontrola stanowisk już istniejących w kolejnych latach pozwoli ocenić, jakie są tendencje dynamiczne śledzonych przez gatunków i jakie zmiany zachodzą we florze badanego obszaru.

Lista gatunków inwazyjnych łatwych do rozpoznania

Wymienione niżej gatunki stanowią zagrożenie dla bioróżnorodności w skali całego kraju. Są zalecane do objęcia badaniami w ramach projektu. O wyborze gatunków decydują uwarunkowania lokalne (można wybrać jeden lub kilka spośród nich w zależności od jego dostępności w najbliższej okolicy, można także tę listę uzupełnić innymi obcymi gatunkami roślin, które często występują na badanym terenie).

a. Drzewa i krzewy:

- klon jesionolistny (*Acer negundo*),
- jesion pensylwański (*Fraxinus pennsylvanica*),
- czeremcha amerykańska (*Padus serotina* = *Prunus serotina*),
- dąb czerwony (*Quercus rubra* L.),
- robinia akacjowa = grochodrzew = r. biała (*Robinia pseudoacacia*).

b. Rośliny zielne:

- barszcz Sosnowskiego (*Heracleum Sosnowski*),
- kolczurka klapowana (*Echinocystis lobata*),
- niecierpek gruczołowaty (*Impatiens glandulifera*),
- rdestowiec japoński (*Reynoutria japonica*) i inne gatunki rdestowców,

- szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus*),
- uczepek amerykański (*Bidens frondosa* = *B. melanocarpus*),
- konyza kanadyjska = przymiotno kanadyjskie (*Conyza canadensis* = *Erigeron canadensis*),
- moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis*),
- żóltlica owłosiona = ż. włochata (*Galinsoga ciliata* = *G. quadriradiata*),
- żóltlica drobnokwiatowa (*Galinsoga parviflora*),
- słonecznik bulwiasty = topinambur (*Helianthus tuberosus*),
- niecierpek drobnokwiatowy (*Impatiens parviflora*),
- szczawik żółty (*Oxalis fontana* = *O. stricta*),
- nawłoc kanadyjska (*Solidago canadensis*),
- nawłoc późna = nawłoc olbrzymia (*Solidago gigantea* = *S. serotina*),
- rzepień włoski (*Xanthium albinum* = *X. riparium*).

Zastosowane metody badawcze

1. Metodyka badań
 - a. Spisy gatunków roślin wykonane w terenie (z zaznaczeniem procentowego udziału w zbiorowisku w przypadku wariantu trudniejszego)
 - b. Analiza spisów – wyodrębnienie grup geograficzno-historycznych.
2. Wybór obszaru badań – pobliski zadrzewiony obszar, ciek wodny lub staw.
3. Wymagany sprzęt pomiarowy – aparaty GPS.
4. Najlepszy okres do wykonywania badań: zależnie od wegetacji roślin od maja do końca czerwca lub wrzesień i pierwsza dekada października.
5. Sprzęt i materiały: przewodniki do oznaczania roślin, binokulary, aparaty fotograficzne, aparaty GPS, notesy, teczki zielnikowe, woreczki do roślin, igły preparacyjne.

PROJEKT: MOTYLE JAKO WSKAŹNIK JAKOŚCI KRAJOBRAZU

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie ucznia z metodami prowadzenia badań naukowych nad motylami dziennymi w terenie,
- nabycie umiejętności rozpoznawania motyli dziennych,
- określenie wpływu zróżnicowania struktury krajobrazu na różnorodność i liczebność motyli dziennych.
- odpowiedzenie sobie na podstawie uzyskanego materiału na pytanie, jaka struktura krajobrazu wpływa najkorzystniej na liczebność i różnorodność motyli dziennych.

Wprowadzenie

Struktura krajobrazu wywiera wpływ na liczebność i różnorodność poszczególnych grup zwierząt. Ostatnio coraz popularniejsze stają się badania różnych środowisk z uwzględnieniem motyli dziennych, traktowanych często jako wskaźnik jakości środowisk lub krajobrazu.

Zastosowane metody badawcze

1. Problem badawczy
Jaki typ krajobrazu preferują motyle dzienne?
2. Wyznacznikiem jakości krajobrazu będzie liczebność i różnorodność motyli dziennych. Krajobraz urozmaicony jest miejscem życia większej liczby motyli niż uproszczony. Na przykład w zadrzewieniach, będących elementem urozmaiconego krajobrazu rolniczego, mogą żyć pospolite motyle leśne, które w krajobrazie złożonym z samych pól uprawnych nie występują.
3. Długość i częstotliwość prowadzenia obserwacji terenowych: w wersji łatwiejszej - raz na dwa tygodnie w godzinach, między 10.00 a 16.00, a w wersji trudniejszej – raz w tygodniu w tych samych godzinach, co w wersji łatwiejszej. Przy wyborze transektów należy mierzyć siły na zamiary, aby uniknąć sytuacji, w których nie zdołamy wykonać wszystkich transektów w cią-

gu 3-4 dni zajęć terenowych, np. ze względu na zbyt duże odległości między poszczególnymi transektami. Tym bardziej, że poważnym utrudnieniem mogą być niekorzystne warunki pogodowe, jak deszcz lub zbyt silny wiatr. W czerwcu część obserwacji można prowadzić w weekendy, a część w inne dni robocze. Długość transektów – w wersji łatwiejszej to łącznie około 4 km, a w wariantcie trudniejszym - łącznie około 6 km wytypowanych transektów. Przy wyborze powierzchni badawczych, istotny może być stopień zróżnicowania krajobrazu na poszczególnych transektach od skrajnie uproszczonych do najbardziej urozmaiconych.

Wariant podstawowy

Temat mogą zrealizować nawet pojedyncze osoby, ale w przypadku zaangażowania się większej liczby zyska się ciekawsze i bardziej wartościowe wyniki oraz możliwości interpretacji i analizy danych.

1. **Metodyka badań**
Istotą projektu będzie zbadanie wpływu struktury krajobrazu na zagęszczenie i różnorodność motyli dziennych.
Wybór transektów do obserwacji Obserwacje będą prowadzone na dwustumetrowych transektach (łącznie 20 transektów). Należy odpowiednio wytypować transekty na mapie za pomocą Geoportalu tak, aby różniły się między sobą. Najlepiej wybrać środowiska ubogie np. przydroże w otoczeniu pól uprawnych, kolejny transekt - przydroże z udziałem zadrzewień.
2. **Prowadzenie obserwacji**
Obserwacje będą trwały od połowy czerwca do końca sierpnia. Powinny być prowadzone w godzinach między 10.00 a 16.00, raz na dwa tygodnie. Podczas prowadzenia obserwacji motyli niezwykle istotna jest temperatura powietrza i zachmurzenie nieba, ponieważ od czynników tych zależy aktywność wielu owadów, w tym motyli. Dlatego obserwacje będą prowadzone przy temperaturze powietrza od 17°C wzwyż. Opad deszczu wyklucza możliwość prowadzenia badań.
3. **Analiza danych**
Wyniki obserwacji należy wprowadzić do odpowiednio skonstruowanej tabeli. Powierzchnie badawcze mogą być porównane na podstawie następujących zmiennych: zagęszczenie, czyli liczba osobników (os/km) oraz liczba gatunków. Powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu.
4. **Wymagany sprzęt i wyposażenie:** siatka entomologiczna, aparat fotograficzny typu super-zoom.
5. **Najlepszy okres do wykonywania badań:** od połowy czerwca do połowy sierpnia.
6. **Czas potrzebny do wykonania badań**
Przez 2 miesiące każdy transekt będzie badany cztery razy w ciągu sezonu badań (raz na 2 tygodnie). Szybkość przemarszu na transekcje będzie zależała od ilości napotkanych motyli i będzie wynosić ok. 1 km/h. Łącznie będzie to zatem około 14 godzin prowadzenia obserwacji w tygodniu, łącznie z dojazdami (ok. 20 min. dojazdu do transektu np. rowerem i 20 min liczenia motyli).

Wariant rozszerzony

Wymaga większego zaangażowania i spędzenia dwukrotnie dłuższego czasu w terenie niż wersja podstawowa. Zgromadzone w ten sposób obfite dane pozwolą na pełniejsze zrealizowanie celu badań.

1. **Metodyka badań**
Istotą projektu badawczego jest zbadanie wpływu struktury krajobrazu na liczebność i różnorodność motyli dziennych w zależności od struktury badanego krajobrazu.
2. **Prowadzenie obserwacji**
 - a. Obserwacje będą prowadzone na wyznaczonych transektach od połowy czerwca do połowy sierpnia, w godzinach między 10.00 a 16.00, raz w tygodniu. Obserwacje motyli będą prowadzone przy temperaturze powietrza od 17°C wzwyż. Przy temperaturze 13°C-17°C wymagana jest pogoda słoneczna. Opad deszczu wyklucza możliwość prowadzenia badań.

- b. Podczas prowadzenia obserwacji notujemy w notesie godzinę rozpoczęcia i ukończenia pracy na transekcji oraz notujemy napotkane motyle w pasie o szerokości 5 m.
 - c. Przemarsz będzie się odbywał środkiem pasa. Notowane będą motyle 5 m przed obserwatorem i 5 m nad nim. Obserwacje będą prowadzone na dwustumetrowych transektach (łącznie 30 transektów) podzielonych na 20 m odcinki we fragmentach krajobrazu różniących się strukturą. Podział transektów na krótsze odcinki ułatwi interpretację rozmieszczenia motyli wewnątrz transektów.
3. **Analiza danych**
 - a. Wyniki obserwacji należy wprowadzić do odpowiednio skonstruowanej tabeli.
 - b. Powierzchnie mogą być porównane na podstawie: całkowitej liczby różnych środowisk wchodzących w skład krajobrazu, procentowego udziału np. lasów i różnego typu nieużytków, tj. torowisk, skarp itp., zagęszczenia osobników motyli dziennych, liczby gatunków motyli dziennych.
 - c. Zebrane dane powinny pokazywać, w jakim krajobrazie liczebność i różnorodność motyli dziennych jest większa i jak ich liczebność i różnorodność jest zależna od struktury krajobrazu.
 - d. Powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu.
 4. **Wymagany sprzęt i wyposażenie:** siatka entomologiczna, aparat fotograficzny typu super-zoom. Przez dwa miesiące każdy transekt będzie badany osiem razy w ciągu sezonu badań (raz w tygodniu). Szybkość przemarszu na transekcje będzie zależała od ilości napotkanych motyli i będzie wynosić ok. 1 km/h. Łącznie będzie to zatem około 20 godzin prowadzenia obserwacji w tygodniu, łącznie z dojazdami (ok. 20 min dojazdu do transektu np. rowerem i 20 min liczenia motyli).

PROJEKT: JAKA STRUKTURA KRAJOBRAZU JEST NAJDOGODNIEJSZA DLA MOTYLI DZIENNYCH?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie z metodami prowadzenia badań naukowych nad motylami dziennymi w terenie,
- nabycie umiejętności rozpoznawania motyli dziennych,
- nabycie umiejętności obserwacji motyli z wykorzystaniem techniki fotografowania,
- określenie, jakie motyle dzienne występują w danej okolicy oraz w jakim typie krajobrazu żyje ich najwięcej.

Wprowadzenie

Struktura krajobrazu wywiera wpływ na różnorodność różnych grup bezkręgowców, w tym motyli dziennych. Udział różnych środowisk, tj. lasów, rowów melioracyjnych, przydroży, przytorzy, skarp, decyduje o charakterze danego wycinka krajobrazu, a udział (zagęszczenie) ekotonów w stosunku do pól uprawnych jest wskaźnikiem urozmaicenia krajobrazu.

Zastosowane metody badawcze

1. **Problem badawczy**
Jaki typ badanego krajobrazu preferują motyle dzienne?
2. **Badania** będzie można prowadzić w dwóch wariantach różniących się nakładem pracy.
3. **Długość i częstotliwość prowadzenia obserwacji terenowych**
W wersji podstawowej – raz na dwa tygodnie, w wersji rozszerzonej – raz w tygodniu. Badania na poszczególnych powierzchniach badawczych będą prowadzone na transektach o szerokości 5 m wzdłuż krawędzi różnych środowisk ekotonowych tj. obrzeża pól uprawnych, skraje lasów, przydroża;
4. **Liczba powierzchni**
W wersji podstawowej – 4 powierzchnie badawcze, a w wersji rozszerzonej – 6 powierzchni badawczych o wielkości 1x1 lub 2x2 km. Przy wyborze powierzchni badawczych istotny po-

winien być stopień zróżnicowania środowisk na poszczególnych powierzchniach. Najlepiej, gdy ich zestaw będzie zawierał powierzchnie różne – od skrajnie uproszczonej do silnie urozmaiconej.

Wariant podstawowy

Temat mogą zrealizować nawet pojedyncze osoby, ale w przypadku zaangażowania się większej liczby zyska się ciekawsze i bardziej wartościowe wyniki oraz możliwości interpretacji i analizy danych.

1. Metodyka badań

Istotą projektu będzie zbadanie, ile gatunków motyli dziennych żyje w okolicy badacza na wytypowanych powierzchniach badawczych w zależności od struktury krajobrazu.

2. Wybór powierzchni badawczych i transektów

Badania na poszczególnych powierzchniach badawczych będą prowadzone wzdłuż krawędzi różnych środowisk ekotonowych tj. pól uprawnych, lasów, przydroży itp. Badania będą prowadzone na 4 powierzchniach badawczych. Łączna długość transektów będzie zależała od urozmaicenia powierzchni badawczej. Transekt powinien obejmować swoją szerokością dwa środowiska, np. pole i łąkę lub pole i las. Obserwator powinien poruszać się wzdłuż styku dwóch środowisk i obejmować wzrokiem pas 2,5 metra po obu stronach (czyli łącznie 5 m), do 5 m przed oraz 5 m nad obserwatorem. Na powierzchni ze 100% udziałem pól odcinki transektów należy wyznaczyć wzdłuż miedz i przydroży. Należy odpowiednio wytypować powierzchnie na mapie za pomocą Geoportalu tak, aby różniły się między sobą zróżnicowaniem struktury krajobrazu.

3. Prowadzenie obserwacji: obserwacje będą trwały od połowy czerwca do końca sierpnia. Powinny być prowadzone między godz. 10.00 a godz. 16.00, najlepiej raz na dwa tygodnie. Podczas prowadzenia obserwacji motyli niezwykle istotna jest temperatura powietrza i zachmurzenie nieba, ponieważ od czynników tych zależy aktywność wielu owadów. Dlatego przy temperaturze powietrza od 17°C obserwacje można prowadzić nawet przy całkowitym zachmurzeniu, natomiast w chłodniejsze dni, przy temperaturze 13°C-17°C wymagana jest pogoda słoneczna lub umiarkowane zachmurzenie.

4. Analiza danych

Wyniki obserwacji należy wprowadzić do odpowiednio skonstruowanej tabeli, powierzchnie badawcze mogą być porównane na podstawie następujących zmiennych: zagęszczenie ekotonów (km/100 ha) i udział powierzchniowy środowisk, powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu, porównywana będzie liczba gatunków motyli i skład gatunkowy.

5. Wymagany sprzęt i wyposażenie: siatka na motyle, aparat fotograficzny typu super-zoom;

6. Najlepszy okres do wykonywania badań: od połowy czerwca do końca sierpnia.

7. Czas potrzebny do wykonania badań: przez 2,5 miesiąca obserwacje będą prowadzone na każdej powierzchni raz na dwa tygodnie, czyli każda powierzchnia będzie badana pięć razy w ciągu sezonu.

8. Czas obserwacji: na każdej powierzchni badawczej będzie wynosił orientacyjnie ok. 5–6 godzin. Łącznie będzie to zatem 20–24 godziny obserwacji na czterech powierzchniach badawczych – raz na dwa tygodnie.

Wariant rozszerzony

Wymaga większego zaangażowania i spędzenia dwukrotnie dłuższego czasu w terenie, niż wersja podstawowa. Zgromadzone w ten sposób obfite dane pozwolą na pełniejsze zrealizowanie celu badań.

1. Metodyka badań

Istotą projektu będzie zbadanie, ile gatunków motyli dziennych żyje w okolicy badacza na wytypowanych powierzchniach badawczych w zależności od struktury krajobrazu.

2. Wybór powierzchni badawczych i transektów

Badania na poszczególnych powierzchniach badawczych będą prowadzone wzdłuż krawędzi różnych środowisk ekotonowych, tj. pól uprawnych, lasów, przydroży itp.

Badania będą prowadzone na 6 powierzchniach badawczych. Łączna długość transektów bę-

dzie zależeć od urozmaicenia powierzchni badawczej. Transekt powinien obejmować swoją szerokością dwa środowiska, np. pole i łąkę lub pole i las. Obserwator powinien poruszać się wzdłuż styku dwóch środowisk i obejmować wzrokiem pas 2,5 metra po każdej swej stronie (czyli łącznie o szerokości 5 m). Na powierzchni ze 100% udziałem pól odcinki transektów należy wyznaczyć wzdłuż miedz i przydroży. Należy odpowiednio wytypować powierzchnie na mapie Geoportalu tak, aby różniły się między sobą zróżnicowaniem struktury krajobrazu.

3. Prowadzenie obserwacji: obserwacje będą trwały od połowy czerwca do końca sierpnia. Powinny być prowadzone między godz. 10.00 a godz. 16.00, najlepiej raz na dwa tygodnie. Podczas prowadzenia obserwacji motyli niezwykle istotna jest temperatura powietrza i zachmurzenie nieba, ponieważ od czynników tych zależy aktywność wielu owadów. Dlatego przy temperaturze powietrza od 17°C obserwacje można prowadzić nawet przy całkowitym zachmurzeniu, natomiast w chłodniejsze dni, przy temperaturze 13°C-17°C wymagana jest pogoda słoneczna lub umiarkowane zachmurzenie.

4. Analiza danych

Wyniki obserwacji należy wprowadzić do odpowiednio skonstruowanej tabeli.

Powierzchnie badawcze mogą być porównane na podstawie następujących zmiennych: zagęszczenie ekotonów (km/100 ha) i udział powierzchniowy środowisk. Powierzchnie badawcze zostaną ilościowo scharakteryzowane za pomocą narzędzi dostępnych w Geoportalu. Porównywana będzie liczba gatunków motyli i skład gatunkowy.

5. Wymagany sprzęt i wyposażenie: siatka na motyle, aparat fotograficzny typu super-zoom.

6. Najlepszy okres do wykonywania badań: od połowy czerwca do końca sierpnia.

7. Czas potrzebny do wykonania badań

Przez 2,5 miesiąca obserwacje będą prowadzone na każdej powierzchni raz na tydzień, każda powierzchnia będzie badana ok. dziesięć razy w ciągu sezonu.

8. Czas obserwacji na każdej powierzchni badawczej będzie wynosił orientacyjnie ok. 5-6 godzin. Daje to łącznie 30-36 godzin obserwacji na sześciu powierzchniach badawczych raz na tydzień. Obserwacje prowadzić należy podczas marszu wolnym krokiem, ok. 2 km/h.

PROJEKT: SLOSS – SINGLE LARGE OR SEVERAL SMALL, CZYLI CZY DUŻY MOŻE WIĘCEJ?

CEL REALIZACJI PROJEKTU

- sprawdzenie na podstawie badań terenowych, jak fragmentacja „działa”, tj. jakie są skutki fragmentacji siedlisk dla biocenozy.

Wariant podstawowy

1. Przebieg badań

Porównanie bogactwa gatunkowego roślin (na przykładzie krzewów) w środowisku leśnym na dwóch powierzchniach badawczych:

- LAS – wyłącznie tereny leśne (czyli las niepodlegający fragmentacji),
- WYSPY – teren z licznymi, małymi fragmentami lasów, zadrzewieniami kępowymi, tj. „wyspami leśnymi” (czyli lasy po silnej fragmentacji). Dla obu tych powierzchni badawczych zostanie określona liczba gatunków krzewów i dzięki temu będzie można odpowiedzieć na pytanie, jak różnorodność roślin leśnych zależy od fragmentacji tego środowiska.

2. Wybór powierzchni badawczych

- Przy wyborze powierzchni badawczych należy pamiętać o tym, że chcemy sprawdzić wpływ fragmentacji, eliminując wpływ innych czynników. Z tego względu trzeba zadbać o to, by obie powierzchnie badawcze były jak najbardziej zbliżone pod względem siedliskowym i składu gatunków. Błędem byłoby np. porównanie powierzchni LAS, obejmującej grąd, z powierzchnią WYSPY, składającej się z borów sosnowych, albo jednolitej powierzchni LAS w bardzo młodym wieku z powierzchnią WYSPY z lasami w wieku pokaźnym (np. 100 lat).
- Powierzchnie należy tak dobrać – przy użyciu Geoportalu i pomiarowych narzędzi tam dostępnych – by można było uzyskać podobną powierzchnię lasów na powierzchni LAS

- oraz WYSPY. Najlepiej z większego kompleksu leśnego „wykroić” powierzchnię badawczą (dbając o spełnienie wyżej określonych warunków) o odpowiedniej powierzchni.
- c. Powierzchnia leśna (jednakowa na obu powierzchniach) powinna wynosić nie mniej niż 50 ha, a liczba lasów na powierzchni WYSPY nie powinna być mniejsza niż 10.
 - d. Ze względu na większą różnorodność gatunkową roślin w lasach liściastych w porównaniu z innymi lepiej wybrać właśnie las liściasty.
 - e. Fragmenty leśne objęte badaniami powinny być jednoznacznie ponumerowane lub nazwane w celu ich późniejszego rozróżnienia.
3. Badania bogactwa gatunkowego roślin
 - a. Wybrane tereny leśne penetrujemy tak dokładnie, by obserwacjami objąć całą powierzchnię leśną. Ważne jest, by każdy z wybranych fragmentów leśnych obejść także wokół, gdyż zwykle to w strefie brzeżnej występuje więcej gatunków.
 - b. Gatunki krzewów rozpoznajemy bezpośrednio w terenie za pomocą atlasów i przewodników do oznaczania roślin albo w domu czy pracowni szkolnej. W tym drugim przypadku konieczne jest zebranie materiału zielnikowego (pędów z liśćmi i kwiatami, owocami - fakultatywnie), oraz sfotografowanie danego krzewu dla utrwalenia jego pokroju, sposobu rozgałęziania się itp., co może być pomocne przy identyfikacji gatunku.
 4. Najlepszy okres do wykonywania badań: okres rozwoju ulistnienia, kwitnienia i owocowania krzewów, czyli od kwietnia do lipca.
 5. Czas potrzebny do wykonania badań
Zależny od wielkości powierzchni badawczych wybranych do porównań. W przypadku minimalnej zalecanej powierzchni, czyli 50 ha, można sądzić, że do dokładnego jednorazowego przeszukania i zebrania materiału obu porównywanych powierzchni wystarczy 4 dni (czyli ok. 25 ha/dzień). W przypadku wyboru większych powierzchni, czas będzie proporcjonalnie dłuższy, czyli o jeden dzień więcej na każde 25 ha).
Powierzchnie badawcze należy skontrolować 5 razy, czyli raz w miesiącu (od IV do VII).
 6. Sprzęt i wyposażenie: binokular, aparat fotograficzny, lupy, teczki zielnikowe, pęsety, szalki Petriego, igły preparacyjne, przewodniki/klucze/atlasy do oznaczania roślin.

Wariant rozszerzony

1. Przebieg badań
Istotą projektu badawczego jest porównanie bogactwa gatunkowego roślin (na przykładzie krzewów oraz roślin zielnych) w środowisku leśnym na dwóch powierzchniach badawczych:
 - a. LAS – wyłącznie tereny leśne (czyli las niepodlegający fragmentacji),
 - b. WYSPY – teren z licznymi, małymi fragmentami lasów, zadrzewieniami kępowymi, tj. „wyspami leśnymi” (czyli lasy po silnej fragmentacji). Dla obu tych powierzchni badawczych zostanie określona liczba gatunków krzewów i roślin zielnych i dzięki temu będzie można odpowiedzieć na pytanie, jak różnorodność roślin leśnych zależy od fragmentacji tego środowiska. Aby sprawdzić powtarzalność odpowiedzi, podobne porównanie trzeba przeprowadzić w co najmniej dwóch typach lasów, np. typu grądowego lub boru mieszanego itp. (mogłyby to robić oddzielne zespoły uczniowskie).
2. Wybór powierzchni badawczych
 - a. Przy wyborze powierzchni badawczych należy pamiętać o tym, że chcemy sprawdzić wpływ fragmentacji, eliminując wpływ czynników innych. Z tego względu trzeba zadbać o to, by obie powierzchnie badawcze były jak najbardziej zbliżone pod względem siedliskowym i składu gatunków. Błędem byłoby np. porównanie powierzchni LAS obejmującej grąd, z powierzchnią WYSPY składającej się z borów sosnowych albo jednolitej powierzchni LAS w bardzo młodym wieku z powierzchnią WYSPY z lasami w wieku pokątnym (np. 100 lat).
 - b. Powierzchnie należy tak dobrać – przy użyciu Geoportalu i pomiarowych narzędzi tam dostępnych – by można było uzyskać podobną powierzchnię lasów na powierzchni LAS oraz WYSPY. Jeśli jest to praktycznie niemożliwe, to wówczas można np. z większego kompleksu leśnego „wykroić” powierzchnię badawczą (dbając o spełnienie wyżej określonych warunków) o odpowiedniej wielkości.

- c. Powierzchnia leśna (jednakowa na obu powierzchniach) powinna wynosić nie mniej niż 20 ha.
 - d. Fragmenty leśne objęte badaniami powinny być jednoznacznie ponumerowane lub nazwane w celu ich późniejszego rozróżnienia.
3. Metodyka badań bogactwa gatunkowego roślin:
Wybrane tereny leśne penetrujemy tak, by obserwacjami objąć całą powierzchnię leśną. Ważne jest, by każdy z wybranych fragmentów leśnych obejść także wokół, gdyż w strefie brzeżnej zwykle występuje więcej gatunków.
Gatunki krzewów i roślin zielnych rozpoznajemy bezpośrednio w terenie za pomocą atlasów i przewodników do oznaczania roślin albo w domu. W tym drugim przypadku konieczne jest zebranie materiału zielnikowego (pędów z liśćmi i kwiatami), oraz sfotografowanie danego okazu dla utrwalenia jego pokroju, sposobu rozgałęziania się itp., co może być pomocne przy identyfikacji gatunku.
 4. Najlepszy okres do wykonywania badań: okres rozwoju roślin (w tym rozwoju ulistnienia i kwitnienia) czyli od kwietnia do sierpnia.
 5. Czas potrzebny do wykonania badań:
W zależności od wielkości wybranych do porównań powierzchni badawczych. W przypadku minimalnej zalecanej powierzchni, czyli 20 ha, można sądzić, że do dokładnego jednorazowego przeszukania i zebrania materiału obu porównywanych powierzchni wystarczy około 8 dni (czyli ok. 5-10 ha/dzień). W przypadku wyboru większych powierzchni, czas będzie proporcjonalnie dłuższy, czyli o jeden dzień więcej na każde 5-10 ha). Powierzchnie badawcze należy skontrolować 5 razy, czyli raz w miesiącu (od IV do VIII).

PROJEKT: JEDNOLITY CZY MOZAIKOWY? POLNY CZY ŁĄKOWY? JAKI KRAJOBRAZ PREFERUJE SARNA?

CEL REALIZACJI PROJEKTU

- określenie wpływu typu krajobrazu na występowanie sarny (*Capreolus capreolus*)

Wariant podstawowy

1. Przebieg badań
Obserwacje będą wykonywane metodą transektową. Kilkakrotna kontrola każdego transektu (przejście piesze i bezpośrednia obserwacja zwierząt) pozwoli na określenie środowisk, w których sarny obserwowane są częściej niż w innych.
2. Wybór obszaru badań
Transekty obserwacyjne wyznaczane będą w zróżnicowanych typach krajobrazu. Należy wyznaczyć jednakową liczbę transektów w każdym z typów badanego krajobrazu, transekty powinny mieć jednakową długość. Przy wyborze transektu należy również wziąć pod uwagę realność wykonania badań, tak, aby uniknąć sytuacji, w których przejście całego transektu nie będzie możliwe ze względu np. na istniejące przeszkody terenowe. Na podstawie map topograficznych i ogólnodostępnych zdjęć satelitarnych (np. Geoportal, GoogleMaps), wyznacza się teren badań i wytycza transekty obserwacyjne.
3. Wymagany sprzęt pomiarowy: lornetka.
4. Najlepszy okres do wykonywania badań: cały rok.
5. Czas potrzebny do wykonania badań: 3 miesiące.

Wariant rozszerzony

1. Przebieg badań
Obserwacje będą wykonywane metodą transektową. Wielokrotna kontrola każdego transektu (przejście piesze i bezpośrednia obserwacja zwierząt) pozwoli na określenie środowisk, w których sarny obserwowane są częściej niż w innych. Wyniki odnoszone będą zarówno do przestrzeni (porównanie między typami krajobrazu), jak również do czasu (porównanie pomiędzy kolejnymi kontrolami). Badania terenowe prowadzone są przez okres 6 miesięcy, co pozwoli na zebranie ilości danych wystarczającej do prostej analizy statystycznej. Uzyska-

ne wyniki będą poddane prostej obróbce matematycznej i statystycznej, przy wykorzystaniu arkusza kalkulacyjnego (np. program MS Excel).

2. Wybór obszaru badań

Transekty obserwacyjne wyznaczane będą w zróżnicowanych typach krajobrazu. Należy wyznaczyć jednakową liczbę transektów w każdym z typów badanego krajobrazu, transekty powinny mieć również porównywalną długość. Przy wyborze transektu należy również wziąć pod uwagę realność wykonania badań, aby uniknąć sytuacji, w których przejście całego transektu nie będzie możliwe ze względu np. na istniejące przeszkody terenowe. Wstępną analizę terenu, niezbędną do wyznaczenia transektów, można przeprowadzić przy wykorzystaniu ogólnodostępnych map topograficznych, map i zdjęć satelitarnych dostępnych w Internecie (np. GoogleMaps, Geoportal i inne).

3. Wymagany sprzęt pomiarowy: lornetka.

4. Najlepszy okres do wykonywania badań: cały rok.

5. Czas potrzebny do wykonania badań: 6 miesięcy.

Sprawdź siebie

1. Sformułuj wnioski na temat powiązań struktury krajobrazu z różnorodnością biologiczną.
2. Określ różne typy krajobrazu.
3. Zdefiniuj elementy strukturalne krajobrazu.
4. Oceń znaczenie zróżnicowania krajobrazu dla zachowania (bądź kreowania) różnorodności biologicznej.
5. Wyjaśnij pojęcie korytarza ekologicznego.
6. Wyjaśnij wpływ fragmentacji krajobrazu na procesy życiowe (rozmnażanie, odżywianie, spoczynek) wybranych organizmów.
7. Scharakteryzuj znaczenie zadrzewień śródpolnych dla rozmieszczenia wybranych organizmów.
8. Używając różnych technik, dokonaj pomiaru liczebności i różnorodności np. motyli dziennych.
9. Określ najbardziej rozpowszechnione gatunki np. motyli żyjące w danym typie krajobrazie.
10. Wyjaśnij przyczynę różnego rozmieszczenia organizmów na transekcie na wybranym przykładzie.
11. Określ, czy w danych warunkach środowiskowych np. motyl znajdzie warunki do życia.
12. Ile gatunków występuje w dużym fragmencie środowiska, a ile w wielu małych fragmentach (o łącznej powierzchni równej temu jednemu)?
13. Jak fragmentacja środowisk wpływa na skład gatunkowy organizmów? Czy skład gatunkowy w pojedynczym wielkim fragmencie jest taki sam jak w zbiorze wielu małych fragmentów?
14. Jakie znaczenie ma fragmentacja dla ochrony przyrody?

IV. GOSPODARKA ZASOBAMI WODNYMI W KRAJOBRAZIE, W TYM NA TERENACH ZURBANIZOWANYCH

Hydrosfera zajmuje ponad 2/3 powierzchni Ziemi. Masa wody występującej w przyrodzie znajduje się w równowadze dynamicznej. Pod wpływem ciepła słonecznego i siły grawitacji podlega nieustannemu krążeniu, podczas którego zmienia stan skupienia, pobiera lub oddaje energię do otoczenia. Jednakże wody słodkie stanowią zaledwie ok. 3% (ok. 35 mln m³) wszystkich zasobów wód na Ziemi, w tym na Antarktydzie (jako pokrywa lodowa i śnieżna) około 61%, wody, podziemne ok. 29,6%. Rzeki, słodkie jeziora i płytkie wody podziemne to zaledwie 0,4% objętości wszystkich wód słodkich. Woda w hydrosferze występuje w trzech stanach skupienia:

- a. ciekłym w oceanach, morzach i wodach śródlądowych,
- b. stałym pod postacią lodu i śniegu,
- c. gazowym jako para wodna.

Do cech charakterystycznych wody możemy zaliczyć to, że jej gęstość zmienia się wraz z temperaturą. Od 0°C do 4°C gęstość wody wzrasta, a zmniejsza się dopiero powyżej tej temperatury. Dzięki tej właściwości, woda w temperaturze 4°C opada na dno, a do góry unosi się warstwa wody zimniejsza, o mniejszej gęstości. Zatem w ziemie temperatura wody w dolnych warstwach głębszych zbiorników nie spada poniżej 4°C, co ma ogromne znaczenie dla życia organizmów żywych. Woda posiada duże ciepło właściwe (4,186 kJ/kg), co ma istotne znaczenie dla regulacji temperatury na Ziemi. Ze względu na wysoką wartość ciepła właściwego można w niej gromadzić dużą ilość ciepła. To tłumaczy wpływ mórz i oceanów, a także prądów morskich na klimat. Aby podnieść temperaturę 1 grama wody o 1°, trzeba 1 kalorii. Bardzo wysokie jest też jej ciepło parowania. Do zamiany 1 g wrzącej wody w parę potrzeba około 540 kalorii. Duże ciepło parowania ma ogromne znaczenie dla człowieka. Nasz stałocieplny organizm ma wykształcony mechanizm radzenia sobie z wysokimi temperaturami. W przegrzanym środowisku ciało człowieka poci się. Pot składa się w 99% z wody, która parując, ochładza organizm, a więc pobiera z niego dużą ilość ciepła.

Woda jest jednym z podstawowych elementów przyrody decydującym o istnieniu życia na Ziemi. Zajmuje jednocześnie pierwsze miejsce w hierarchii wszystkich potrzeb życiowych organizmów, niezależnie od ich przynależności systematycznej: utrzymuje odpowiednie wymiary i kształty komórek, uczestniczy w przebiegu wielu procesów przemiany materii, stanowi środek transportu wewnątrzustrojowego, reguluje temperaturę, ciśnienie osmotyczne i pH, stanowi podstawowy budulec wszystkich roślin (średnio 50–75% masy), zwierząt i człowieka (w ciele dorosłego człowieka woda stanowi 65% całej masy, u noworodków sięga 75–80% masy ciała, ludzki mózg w 80% składa się właśnie z wody).

Jej znaczenie dla roślin jest ogromne, ponieważ to dobry rozpuszczalnik, ułatwia dysocjację elektrolitów, hydratację jonów, hydratację związków wielkocząsteczkowych; jest substratem w wielu reakcjach biochemicznych (przyłączana w reakcjach hydrolizy, dostarcza wodoru w procesie fotosyntezy); stanowi czynnik nadający kształt i jędrność roślinie, dzięki ciśnieniu turgorowemu występującemu w komórkach; stanowi środek transportu substancji odżywczych (w naczyniach i sitach); bierze udział w procesie wydłużania komórek a przez to we wzroście całej rośliny; ma wpływ na ruchy organów roślinnych (np. aparaty szparkowe); chroni roślinę przed przegrzaniem spowodowanym nadmierną intensywnością światła naturalnego i sztucznego.

Jak wcześniej wspomniano, woda jest w ciągłym ruchu, a jej krążenie odbywa się na zasadzie tworzenia obiegów. Obieg mały jest to cyrkulacja wody pomiędzy oceanem i atmosferą, lub kontynentem i atmosferą (Ryc. 4.1).

Ilość wody wyparowującej z powierzchni zbiorników wodnych zależy przede wszystkim od ilości dopływającej energii słonecznej. Natomiast dla zachodzenia procesu parowania z powierzchni lądowej muszą być spełnione tylko trzy warunki: musi istnieć woda w fazie ciekłej (czy to na powierzchni terenu, czy w glebie), musi być dopływ energii lub jej zapas (w masie wody w zbiorniku lub w glebie), powietrze musi być nienasycone parą wodną. Wszystkie inne czynniki, wymieniane często jako niezbędne do zajścia procesu parowania, mają wpływ na intensywność tego procesu. Większość wody opadowej wyparowuje. Część wód opadowych i roztopowych spływa po powierzchni Ziemi, tworząc odpływ powierzchniowy. Dociera do rzek i jako przepływ rzeczny podąża w stronę oceanu. Znaczna część wody przesiąka, infiltruje do gruntu i jako odpływ gruntowy dociera do rzeki i dalej do morza. Część wody infiltrującej do gruntu przesiąka głębiej, zasilając warstwy wodonośne (nasycone wodą warstwy gruntu), które magazynują ogromną ilość słodkiej wody przez długi czas.



Ryc. 4.3. Udrażnianie koryt rzecznych, czyli ich prostowanie, wyrównywanie brzegów oraz usuwanie roślinności jest jednostronnym i złym rozwiązaniem. W przypadku małych cieków, jak na zdjęciu, może zapobiec lokalnym podtopieniom, ale zwiększa prawdopodobieństwo wielkich powodzi w dolinach wielkich rzek (ponieważ woda splywa tam szybciej), w tym w miastach, drastycznie zmniejsza różnorodność biologiczną, oraz – co szczególnie ważne w przypadku Polski – pogarsza możliwości retencjonowania wody.

Literatura

KOWALCZAK P. (2015): „Akademia Talentów Przyrodniczych” – podwyższenie jakości kształcenia kompetencji naukowych w szkołach ponadgimnazjalnych w ramach przedmiotu Ekologia Krajobrazu, Poznań.
POPKIEWICZ M. (2013): Świat na rozdrożu, Wydawnictwo Sonia Draga Sp.żo.o., Katowice.

PROJEKT: CIEKI I ZBIORNIKI WODNE JAKO ISTOTNY ELEMENT KRAJOBRAZU W GOSPODAROWANIU WODAMI POWIERZCHNIOWYMI

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie z wybranymi elementami sieci hydrograficznej, tj. z ciekami i zbiornikami oraz ich usytuowaniem w krajobrazie,
- rozpoznawanie rzędowości cieków i rodzaju zbiorników,
- określenie wpływu procesu zabudowy powierzchni na spływ powierzchniowy i infiltrację wody w glebie.

Wariant podstawowy

1. Problemy badawcze
 - a. Na obszarze jakiej gminy występuje więcej małych cieków i zbiorników wodnych – miejskiej czy wiejskiej?
 - b. Na obszarze jakiej gminy występuje więcej powierzchni nieprzepuszczalnych - miejskiej czy wiejskiej?
2. Przebieg zajęć
 - a. Pomiar powierzchni zbiorników i długości małych cieków wodnych – ogólna liczba, liczba cieków określonego rzędu według różnych klasyfikacji.
 - b. Odnalezienie w terenie na podstawie map: największego i najmniejszego zbiornika przepływowego i bezodpływowego.

- c. W przypadku cieków o naturalnym i sztucznym pochodzeniu – zmierzyć prędkość przepływu wody metodą pływakową (czas, w którym pływak przemierza określoną odległość).
 - d. Wykazanie różnic zgodnie z prawem wodnym między rowami melioracyjnymi i strugami oraz funkcją ich w krajobrazie, w którym się znajdują.
3. Obszarem badań powinny być jednostki administracyjne – gminy w dwóch lokalizacjach – na terenach miejskich i wiejskich. Podział na zlewnie wybranych jednostek administracyjnych. Wyznaczenie i pomiar powierzchni małych zbiorników oraz długości cieków za pomocą narzędzi geoprzestrzennych na ortofotomapie topograficznej lub hydrograficznej w granicach wyznaczonego terenu.

Zadanie 1. Wybór dwóch gmin jako powierzchni poddanych analizie.

Zadanie 2. Wyznaczenie zbiorników – określenie ich połączenia (lub braku) z siecią cieków wodnych, określenie rzędowości cieków.

Zadanie 3. Przeprowadzenie pomiarów powierzchni zbiorników i określenie długości i cieków i powierzchni zielonych, przez które przepływają.

Zadanie 4. Określenie różnic między ilością i powierzchnią analizowanych obiektów w danych gminach.

Wariant rozszerzony

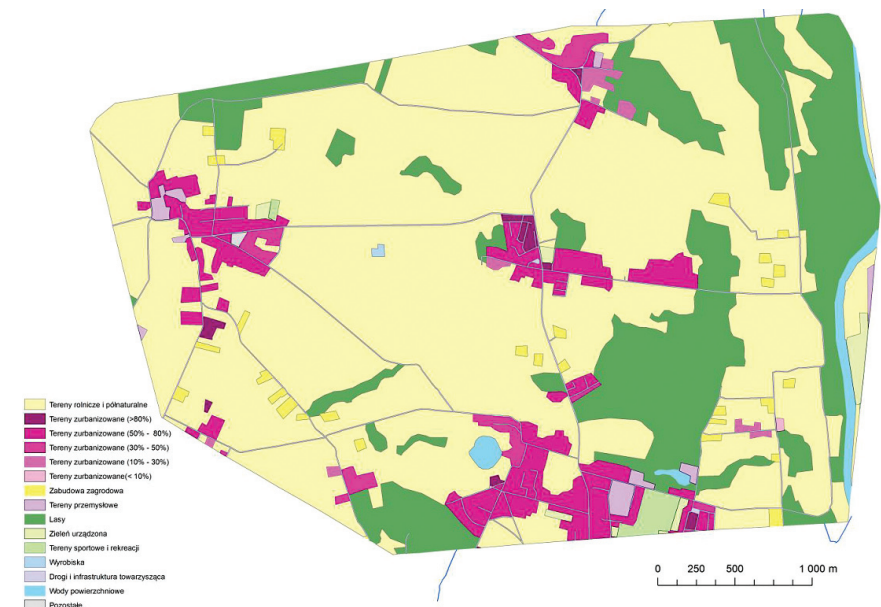
Na podstawie pomiarów z wykorzystaniem ogólnodostępnych map zagospodarowania terenu, topograficznych itp. oraz zdjęć lotniczych można określić procentowy udział powierzchni zabudowanych na obszarze wybranej gminy miejskiej i gminy wiejskiej (określenie powierzchni gminy; powierzchni zabudowanej – place, drogi, budynki; powierzchni półprzepuszczalnych – ogrody, parki, las, pola, zadrzewienia liniowe).

Porównane zostanie występowanie podobnych obiektów w krajobrazie w obu lokalizacjach oraz określenie znaczenia cieków i zbiorników w danym krajobrazie (np. zurbanizowanym, rolniczym).

Zadanie 1. Pomiar powierzchni przepuszczalnych, nieprzepuszczalnych i „półprzepuszczalnych” za pomocą narzędzi geo-przestrzennych na wyznaczonym terenie. Sugerowane jest porównanie dwóch gmin: wiejskiej i miejskiej.

Zadanie 2. Porównanie wyników i wskazanie różnic dotyczących znaczenia cieków i zbiorników na analizowanym obszarze

Przykład zaznaczonych powierzchni na mapie:



Ryc. 4.4. Zagospodarowanie terenu (SIUDAK 2010)

Tab. 4.1. Aktualne użytkowanie terenu na obszarze badań

Rodzaj zagospodarowania	Powierzchnia [m ²]
Drogi i obiekty towarzyszące	254 844,60
Lasy	2 956 916,53
Obiekty sportowe i rekreacji	79 114,08
Pozostałe	6 461,62
Tereny przemysłowe	98 153,71
Tereny rolnicze i półnaturalne	9 505 240,78
Tereny zieleni urządzonej	85 886,38
Tereny zurbanizowane (<10%)	1 254 448,00
Wody powierzchniowe	172 115,57
Wyrobiska	5 374,90
Zabudowa zagrodowa	151 883,20

Do pomiarów powinny być stosowane portale udostępniające informacje geoprzestrzenne i umożliwiające ich obróbkę (np. Geoportal). Badania kameralne mogą być przeprowadzone przez cały rok, badania terenowe – w okresie wiosennym i na początku IV kwartału roku.

PROJEKT: ZASOBY WODY NA ŚWIECIE I ICH ZNACZENIE W KRAJOBRAZIE

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- poznanie znaczenia wody w gospodarce i krajobrazie,
- zapoznanie ze stanem zasobów wody słodkiej na świecie,
- określenie dostępności wody w państwach na poszczególnych kontynentach,
- określenie znaczenia wody w krajobrazie.

Wariant podstawowy

1. Problem badawczy

Jakie konsekwencje w krajobrazie powoduje brak dostępu do zasobów wody wynikających z działalności człowieka i zjawisk naturalnych?

2. Przebieg zajęć

- Określenie zasobów wody słodkiej dla kontynentów – wyznaczenie krajów najbardziej zasobnych i ubogich w wodę „słodką” na świecie i w zależności od kontynentu. Gdzie znajdują się największe zasoby wody słodkiej?
- Stworzenie malejącego szeregu kontynentów pod względem dostępności do wody słodkiej.
- Przedstawienie konsekwencji dla krajobrazu spowodowanego brakiem wody lub jej nadmiarem (przekształcanie środowiska).

Wariant rozszerzony

- Uszeregowanie krajów należących do Unii Europejskiej pod względem dostępności do wody „słodkiej” (od największej do najmniejszej).
- Porównanie państw UE pod względem zasobów wody (jako procent w odniesieniu do powierzchni kraju oraz ilości wody przypadającej na jednego mieszkańca danego kraju).
- Określenie dostępności wody dla mieszkańców poszczególnych kontynentów. Podanie przykładów „konfliktów o wodę” w skali lokalnej i światowej.
- Podanie przykładu takiego konfliktu w Polsce oraz wskazanie ich konsekwencji dla krajobrazu.
- Na przykładzie wybranego konfliktu między państwami przedstawienie konsekwencji dla państw biorących w nim udział.
- Sformułowanie odpowiedzi na pytanie: czy konflikty o wodę mogą zostać rozwiązane i zakończone?

PROJEKT: RYZYKO POWODZIOWE – CO POWINNIŚMY WIEDZIEĆ?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie się z czynnikami wpływającymi na ryzyko powodziowe,
- zapoznanie się z powodziami historycznymi,
- wyjaśnienie i zapoznanie się z pojęciami stanów charakterystycznych oraz stanów: ostrzegawczego i alarmowego na wodowskazie oraz „rzędnej zera” wodowskazu,
- zrozumienie pojęcia powodzi stuletniej.

Przebieg zajęć – poszukanie odpowiedzi na następujące problemy:

1. Jakie lata możemy zaliczyć do suchych, a jakie do mokrych?
2. Czy w danym momencie w Polsce występuje zagrożenie powodziowe?
3. Czy w danym momencie w Polsce występuje zagrożenie związane z silnymi opadami deszczu i wyładowaniami atmosferycznymi?

Wariant podstawowy

Pierwsza część – wybranie kilku stacji meteorologicznych z terenu Polski i spisaniu danych z Roczników Statystycznych Głównego Urzędu Statystycznego o sumie opadów. Dane miesięczne dla 5 stacji mogą być uaktualnione na podstawie „Biuletynów Statystycznych”, wydawanych co miesiąc i udostępnianych na stronie: http://www.stat.gov.pl/gus/publikacje_a_z_PLK_HTML.htm. Wybieramy publikacje na literę „B” i odnajdujemy np. Biuletyn Statystyczny nr 5/2013. Kolejny krok to sporządzenie wykresów średnich sum opadów w przebiegu rocznym dla poszczególnych stacji meteorologicznych, wyznaczenie maksymalnych i minimalnych sum dla poszczególnych miesięcy oraz maksymalnych i minimalnych sum rocznych. Do obliczeń można wykorzystać arkusz kalkulacyjny MS Excel.

Zadanie 1: Obliczenie na podstawie miesięcznych sum opadów dla pięciu stacji meteorologicznych wartości średnich sum opadów dla poszczególnych miesięcy z okresu referencyjnego 1971-2000. W tym celu sumujemy wartości dla poszczególnych miesięcy z lat 1971-2000 i dzielimy przez liczbę lat: 30.

Zadanie 2: Sporządzenie wykresów średnich rocznych sum opadów atmosferycznych dla poszczególnych stacji.

Zadanie 3: Wyznaczenie minimalnych i maksymalnych opadów miesięcznych.

Zadanie 4: Wyznaczenie ile procent średniego opadu miesięcznego z lat 1971-2000 stanowiły sumy opadu minimalnego i maksymalnego dla poszczególnych miesięcy w badanej serii. W tym celu dzielimy sumę maksymalną (bądź minimalną) przez wartość średnią z lat 1971-2000 i mnożymy przez 100.

Zadanie 5: Obliczanie wartości sum rocznych na podstawie miesięcznych sum opadów dla pięciu stacji meteorologicznych. W tym celu sumujemy wartości miesięczne dla danego roku.

Zadanie 6: Wyznaczenie najbardziej suchych i najbardziej mokrych lat w badanej serii. W tym celu szeregujemy sumy roczne wraz z rokiem od wartości najmniejszej do największej lub odwrotnie.

Zadanie 7: Obliczenie na podstawie rocznych sum opadów dla pięciu stacji meteorologicznych wartości średnich sum rocznych z okresu referencyjnego 1971-2000. W tym celu sumujemy wartości sum rocznych z lat 1971-2000 i dzielimy przez liczbę lat: 30.

Zadanie 8: Wyznaczenie, ile procent średniego opadu rocznego z lat 1971-2000 stanowiły sumy rocznego opadu minimalnego i maksymalnego w badanej serii.

Druga część – zapoznanie się ze stronami internetowymi: z radarami opadów, mapami wyładowań atmosferycznych, danymi umieszczonymi na stronie IMGW, platformą IMGW – MONITOR; odczytywaniu aktualnych stanów wód w rzekach z platformy MONITOR.

Zadanie 1. Zapoznanie się z ogólnodostępnymi danymi na temat opadów w czasie rzeczywistym. Dzięki obrazom z radarów możemy na bieżąco śledzić, jak przesuwały się opady na terenie Polski. Zarówno na portalu IMGW <http://www.pogodynka.pl/polska/radary> jak i na <http://www.sat24.com/?ir=true&ra=true&li=false> możemy obejrzeć animacje z przesuwaną

cymi się opadami. O intensywności opadu świadczy kolor: im bardziej czerwony, tym zjawisko intensywniejsze.

Zadanie 2. Zapoznanie się ze stronami internetowymi przedstawiającymi dane z detektorów wyładowań atmosferycznych. Na stronie <http://www.blitzortung.org/Webpages/index.php> możemy zaobserwować wyładowania atmosferyczne w czasie rzeczywistym dla całej Europy. Po lewej stronie wybieramy zakładkę „Europa wschodnia”. Tutaj również możemy zaobserwować kierunek przesuwania się obszaru wyładowań: im ciemniejszy kolor, tym starsze wyładowania, kolor biały oznacza wyładowania z ostatnich 20 minut.

Zadanie 3. Jak kształtowały się sumy opadów w Polsce dla poszczególnych miesięcy i pór od 2010 roku możemy dowiedzieć się z map na stronie IMGW <http://www.imgw.pl/>. Wybieramy zakładkę „Wiedza”, a po lewej stronie z zakładki „Wiedza dla wszystkich” – „Mapy klimatyczne dla Polski”. Zwłaszcza interesująca jest mapa z sumą opadów dla maja 2010 roku oraz mapa z anomalią sumy opadów w stosunku do średniej wieloletniej sumy opadów z lat 1971-2000. To właśnie te opady nawalne (czyli ulewy) były przyczyną rozległej powodzi w 2010 roku. Najwyższe opady były skoncentrowane wokół obszaru Bielska-Białej. Jak wysoka to była suma opadów, możemy się dowiedzieć np. z Biuletynu Statystycznego nr 5/2010 (strona internetowa GUS, archiwum publikacji).

Zadanie 4. Dzięki platformie IMGW – MONITOR <http://monitor.pogodynka.pl/hydro/start> – możemy sprawdzić aktualne stany wód w rzekach Polski. Po wybraniu na mapie zlewni, otwiera się strona z zaznaczonymi wodowskazami. Odpowiednie kolory oznaczają strefy stanów wód: od niskich do wysokich, przekroczenia stanów ostrzegawczego bądź alarmowego. Po kliknięciu w znaczek wodowskazu możemy odczytać aktualny stan wody, wysokość stanu ostrzegawczego oraz alarmowego, a także trend zmian. Możemy również odczytać sumę opadów dla stacji znajdujących się w pobliżu wodowskazu. Zadanie to da nam orientacyjny obraz, gdzie w danej chwili w Polsce może wystąpić ryzyko podtopień czy powodzi.

Dzięki realizacji tych zadań można nauczyć się pozyskiwać informacje o bieżących zagrożeniach meteorologicznych i hydrologicznych, a dzięki obliczeniom wykonanym dla stacji meteorologicznych zrozumieć, jak bardzo mogą być zróżnicowane opady w czasie.

Wariant rozszerzony

1. Przebieg badań

Proponuje się rozwiązanie tych samych ćwiczeń, co w wariancie podstawowym, dodatkowo zaś można wykonać następujące ćwiczenia:

- Sporządzenie wykresu maksymalnych miesięcznych stanów wód z lat 1984-2006 dla 1 posterunku wodowskazowego – Łądek-Zdrój na rzece Biała Łądecka (prawy dopływ Nysy Kłodzkiej, dorzecze Odry). Do obliczeń posłuży arkusz kalkulacyjny.
 - Wyznaczenie stanów WW (stan charakterystyczny, roczny, maksymalny) dla każdego roku oraz stanów z wielolecia: WWW (stan charakterystyczny, ekstremalny, absolutne maksimum) oraz SWW –stan charakterystyczny, wieloletni, średni stan z maksymalnych rocznych (średnia wielka woda).
 - Odnalezienie na platformie IMGW – MONITOR <http://monitor.pogodynka.pl/hydro/start> posterunku Łądek-Zdrój i odczytanie wartości stanów ostrzegawczego i alarmowego.
 - Sprawdzenie na wykresie z zadania 1, ile razy w badanym okresie nastąpiło przekroczenie stanu ostrzegawczego, a ile stanu alarmowego. Zadanie to da podstawy do wnioskowania, kiedy w przeszłości wystąpiło ryzyko powodziowe.
2. Najlepszy okres do wykonywania badań
Generalnie wykonanie powyższych zadań nie jest uzależnione od czasu i pory roku, jednakże ze względu na atrakcyjność zadań najlepszym okresem byłyby w przypadku radarów i detektorów okresy wzmożonych opadów i wyładowań atmosferycznych. W przypadku stanów wód pomocne byłyby doniesienia np. z prasy i telewizji o przekroczeniach stanów wód.

Sprawdź siebie

- Wykaż, iż wartość wody może być porównywana z wartością złota.
- Wykaż sposoby rozwiązywania konfliktów o wodę.
- Określ ryzyko powodziowe w najbliższej okolicy.

V. ZMIANY KLIMATU, EDUKACJA GLOBALNA

Klimat rozumiany jest jako kompleks złożonych procesów atmosferycznych, rozpatrywanych w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Klimat to charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych, kształtujących się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru, określane na podstawie wieloletnich obserwacji (zalecane jest min. 30 lat).

W zależności od skali przestrzennej, dla której rozważa się klimat, wyróżnić można: makroklimat, mezoklimat, topoklimat lub też klimat lokalny i mikroklimat:

- Makroklimat jest klimatem stref geograficznych, kontynentów, oceanów o względnie jednorodnych czynnikach geograficznych oraz ogólnej cyrkulacji atmosfery.
- Mezoklimat jest klimatem niewielkiego regionu geograficznego, małego obszaru Ziemi o wymiarach liniowych rzędu 10–100 km, charakteryzującym się wewnętrzną jednorodnością oraz odrębnością w odniesieniu do warunków klimatycznych obszarów sąsiadujących z nim i kształtujących się pod wpływem rzeźby terenu, np. klimat Podhala.
- Topoklimat jest klimatem miejsca lub stosunkowo niewielkiego terenu o powierzchni rzędu 1–100 km², którego cechy kształtują się pod wpływem czynników występujących na danym obszarze lub w jego najbliższym otoczeniu, takich jak np. rzeźba terenu, gleby, szata roślinna, czy zabudowa. Topoklimat jest więc miejscową modyfikacją mezoklimatu. Nieraz mówimy o nim klimat lokalny. Przykładem może być klimat doliny (Ryc. 5.1) czy miasta.
- Mikroklimat jest klimatem niewielkiego obszaru o powierzchni od kilku do kilkuset m² o właściwościach różniących dany obszar od klimatu otaczającego środowiska, np. mikroklimat wąwozu, skraju lasu, brzegu jeziora czy nawet korony drzewa (Ryc. 5.2).



Ryc. 5.1. Doliny wielkich rzek charakteryzują się zwykle dużą częstością mgieł, dzięki parowaniu wody z powierzchni wody – przykład topoklimatu (fot. Krzysztof Kujawa)

Obecnie obserwuje się globalne ocieplenie klimatu. Przewidywane są: dalszy wzrost temperatury, topnienie kriosfery (lody, lądolody, lodowce i wieczna zmarzlina), zmiany cyrkulacji atmosferycznej i rozkładu opadów, wzrost częstości występowania ekstremalnych anomalii (silnych huraganów i towarzyszących im opadów, fal upałów, długich okresów suszy). Te wszystkie zmiany mogą spowodować między innymi otwarcie północnej drogi wodnej czy przeobrażenia w ekosystemach na skutek zanikania pokrywy lodowej Arktyki oraz uwolnienie do atmosfery gazów cieplarnianych zmagazynowanych obecnie np. w wiecznej zmarzlinie lub dnie oceanicznym. To z kolei może spowodować znaczne przyspieszenie ocieplenia się klimatu.



Ryc. 5.2. Dzięki znacznej głębokości oraz gęstego drzewostanu wąwozy lessowe w Kazimierskim Parku Krajobrazowym charakteryzują się bardzo małym usłonecznieniem, co stwarza specyficzny mikroklimat. W przypadku urozmaiconej rzeźby, silnie zróżnicowany mikroklimat przyczynia się do dużej różnorodności biologicznej takich obszarów (fot. Krzysztof Kujawa)

Przewiduje się, że nastąpi kres kultury i sposobu życia Eskimosów. Zagrożone są niektóre zwierzęta polarne, wśród nich niedźwiedź polarny (*Ursus maritimus*). Zwierzę te traci stopniowo miejsce do polowań na fokii – lód skuwający morze. W efekcie niedźwiedzie głodują, osiągają mniejsze rozmiary, a młode rzadziej niż kiedyś dożywają dorosłości. Z kolei w Antarktyce, w wyniku zaburzenia ruchów prądów oceanicznych, bogate w związki odżywcze głębinowe wody nie przedostają się ku powierzchni. W rezultacie wszystkie gatunki żywiące się morskimi stworzeniami – od drobnego kryla (głównego pożywienia pingwinów), poprzez ryby i ptaki, aż po wieloryby i ludzi – mają zdecydowanie mniej pokarmu niż kiedyś.

Niektórzy wykazują, że zanik pokrywy lodowej Arktyki może mieć też korzystne następstwa ekonomiczne. Należą do nich: otwarcie północnej drogi wodnej (już obecnie w okresie letnio-jesiennym coraz więcej statków korzysta z trasy wzdłuż brzegów Rosji) i możliwość eksploatacji bogactw Arktyki, w tym złóż szacowanych na jedną czwartą nieodkrytych światowych zasobów gazu i ropy naftowej.

W Polsce także obserwuje się ocieplenie klimatu (do końca XXI wieku przewiduje się wzrost temperatury o co najmniej 3°C). Zwiększa się stosunek sumy opadów zimowych do sumy opadów letnich, wzrastają opady intensywne (niebezpieczeństwo powodzi), zaostrzają się zjawiska ekstremalne. Zmiany klimatyczne spowodują przeobrażenia krajobrazu.

Śród czterech podstawowych typów krajobrazu wyróżnionych dla Polski – krajobrazów nizin, krajobrazów wyżyn i niskich gór, krajobrazów gór średnich i wysokich oraz krajobrazów dolin i obniżeń – pierwszy i ostatni zdają się być najbardziej wrażliwe na zmiany klimatu.

Jest prawdopodobne, że nadbałtyckie kurorty będą przeżywały najazd turystów, gdy nad Morzem Śródziemnym, obecnie popularnym kierunkiem turystycznym, będzie już za gorąco na wakacyjny relaks, a w Bałtyku panować będzie cieplejsza niż teraz, i bardziej przyjemna temperatura wody. Tereny nadmorskie należą jednak do najbardziej podatnych na zmiany klimatu. Przy podnoszeniu się poziomu wody może być zagrożona nie tylko cała infrastruktura nadbrzeżna, ale też wspaniałe plaże, wydmy i klify nadmorskie. Nagłe sztormy przy wyższym stanie oceanu światowego mogą doszczętnie zdegradować te obszary i doprowadzić do zalania innych nisko położonych terenów. Wysoce prawdopodobne zdaje się być zalanie Żuław Wiślanych, ale zagrożona jest i gdańska starówka.

Region ujścia Odry i Zatoki Szczecińskiej stoi w obliczu dwóch niebezpieczeństw: z jednej strony podnoszącego się poziomu morza, a z drugiej wzrastającego zagrożenia powodzią, będącą skutkiem gwałtownych opadów deszczu i burz. Zalanie grozi zarówno terenom rolniczym w tym regionie, jak i samym miastom – Szczecinowi i Świnoujściu.

Zjawisko efektu cieplarnianego jest przedmiotem wielu dyskusji, zwłaszcza jeśli chodzi o jego ocenę, dlatego warto przypomnieć, że jest to naturalny proces przynoszący pozytywne skutki, jednakże obecnie intensyfikacja tego efektu powoduje zbyt szybki wzrost temperatury.

Efekt cieplarniany to zjawisko polegające na kumulowaniu energii w atmosferze planety. Występuje więc zawsze, na każdej planecie, która posiada atmosferę zawierającą gazy szklarniowe. Polega na tym, że atmosfery otaczające planety są najczęściej znacznie bardziej przepuszczalne dla promieniowania gwiazdy ogrzewającej planetę, które jest zwykle krótkofalowe, niż dla promieniowania własnego planety (długofalowego).

W 1859 roku angielski uczyony John Tyndall, odkrył, że dwutlenek węgla i para wodna wykazują własności absorpcji ciepła i sformułował hipotezę, że zmiany atmosferycznej zawartości tych gazów mogą powodować zmiany klimatu. W roku 1896 szwedzki uczyony, Svante Arrhenius, przedstawił istotę efektu cieplarnianego i znaczenie atmosferycznego stężenia gazów cieplarnianych dla ziemskiej temperatury. Mechanizm tego procesu przypomina cieplarnię, której szklany dach wpuszcza krótkofalowe promieniowanie słoneczne, a nie wypuszcza promieniowania długofalowego. Dach naszej ziemskiej „cieplarni” stanowi atmosfera, zawierająca tzw. gazy szklarniowe, zatrzymujące promieniowanie długofalowe, które zamiast uciec w przestrzeń kosmiczną, w części podlega absorpcji na cząsteczkach gazów cieplarnianych, wskutek czego dolne warstwy atmosfery i powierzchnia Ziemi ulegają podgrzaniu do średniej temperatury 14,5°C. Gdyby nie efekt cieplarniany, średnia temperatura na powierzchni globu byłaby ujemna, a woda na Ziemi istniałaby w znacznie większym stopniu w fazie stałej.

Nasza planeta jest więc podobna do szklarni nakrytej dachem atmosfery. Dzięki efektowi cieplarnianemu na Ziemi istnieje bujne życie, a wodę można znaleźć w ogromnych ilościach we wszystkich trzech stanach skupienia. Zmiana wielkości efektu cieplarnianego zależy od zmiany chemizmu atmosfery, a więc w przypadku Ziemi od działalności człowieka. Problemem nie jest więc sam efekt szklarniowy, lecz zwiększenie jego nasilenia.

Choć globalne zmiany klimatu utożsamia się potocznie ze wzrostem temperatury, wszystkie elementy sprzężonych systemów klimatu i zasobów wodnych (np. opad, zachmurzenie, parowanie, szybkość wiatru), a w konsekwencji także systemy fizyczne, biologiczne i ludzkie, też ulegają zmianom. Istnieją uzasadnione przesłanki do stwierdzenia, że w wielu regionach globu niektóre ekstrema związane z pogodą (np. fale upałów i susze, intensywne opady, powodzie i tropikalne cyklony) stają się częstsze i bardziej ekstremalne.

Ostatnie dziesięciolecie wyraźnie pokazały, że wzrost częstości opadów intensywnych przekłada się na wzrost zagrożenia powodziowego (powodzie z lat 1997, 1998, 2001, 2007, 2010), erozji wodnej i osuwisk. Projekcje wskazują także na wzrost zagrożenia suszą w sezonie wegetacyjnym (przykłady: lata 1992, 2003, 2006). Wskutek redukcji pokrywy śnieżnej rośnie prawdopodobieństwo wystąpienia susz wiosennych (np. kwiecień i maj 2000 roku) i erozji wietrznej (gleby niepokrytej roślinnością). Im cieplejsze staną się zimy, tym dotkliwsze mogą być późne przymrozki (np. w maju 2007 roku czy w 2011 roku), których jednak nie da się wykluczyć i w cieplejszym klimacie.

Za obecne ocieplenie w dużym stopniu odpowiada człowiek, dlatego zastosowanie odpowiedniej polityki zapobiegania zmianom klimatu może opóźnić bądź osłabić niekorzystne zmiany.

Potrzebne jest skoordynowane i globalne działanie w kierunku powstrzymania intensyfikacji efektu cieplarnianego spowodowanego w znacznej mierze wzrostem spalania węgla, ropy, i gazu, a także wylesieniem. Potrzebne są zharmonizowane działania globalne, mające na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery, i to we wszystkich sektorach gospodarki, a w szczególności w tych, które są w wysokim stopniu odpowiedzialne za znaczne emisje, jak energetyka, rolnictwo i hodowla, transport, osadnictwo, sektor handlu i usług, gospodarka odpadami. Ważna jest także dbałość o wiązanie (sekwestrację) dwutlenku węgla poprzez odpowiednie użytkowanie terenu, w tym zapobieganie wylesianiu i zalesianiu (poprawiające bilans wiązania dwutlenku węgla przez rośliny).

Klimat Ziemi od zawsze podlegał istotnym wahaniom. W neogenie, a potem w czwartorzędzie, ochłodzenie klimatu spowodowało rozwój lądolodów w średnich szerokościach geograficznych. Najważniejsze ocieplenie nastąpiło w okresie młodszego dryasu (ok. 11,5-12,5 tys. lat temu) i spowodowało przyspieszenie topnienia lądolodów i gwałtowną ekspansję roślin. W czasie holocenu wystąpiły mniejsze wahania klimatu (6-5 tys. lat temu). W trakcie ostatniego tysiąclecia wydzielono trzy okresy o odmiennych warunkach klimatycznych:

- 1. Średniowieczny okres ciepły (X-XII wieku)** – średnie roczne temperatury powietrza w Europie były wyższe o 1–2°C od notowanych w początkach XX wieku. To w trakcie średniowiecznego ocieplenia Wikingowie skolonizowali Grenlandię. Wybrzeża południowej i zachodniej Grenlandii były wówczas zielone i nadawały się do uprawy roli i hodowli zwierząt, a ich klimat był łagodniejszy, niż we wnętrzu wyspy. Kiedy temperatury zaczęły opadać, porty Grenlandii zaczęły zamarzać, zamarł handel z Islandią i Norwegią. Wyjąłowanie się uprawianej przez Wikingów ziemi i coraz krótszy sezon wegetacyjny przyczyniły się z kolei do zmniejszenia plonów, które nie wystarczały dla wyżywienia kolonii. Populacja wyspy zaczęła wymierać z głodu. Kiedy John Cabot w 1497 roku dopłynął na Grenlandię, nikt już tam nie żył. Cabot zastał tam jedynie opustoszałe osady, a w kościele zapisy, że ostatni ślub odbył się tam kilkadziesiąt lat wcześniej
- 2. Mała epoka lodowa (od XVI do połowy XIX wieku)** – ochłodzenie w strefie klimatu umiarkowanego, spowodowanego niższą aktywnością słoneczną i zwiększoną aktywnością wulkaniczną. W czasie Małej Epoki Lodowej nastąpiły 3 minima aktywności słonecznej, a w XIX stuleciu miały miejsce co najmniej 3 duże erupcje wulkaniczne, z których najstraszliwszym był wybuch wulkanu Tambora w Indonezji w kwietniu 1815 roku. To on był głównym sprawcą wystąpienia anomalii klimatycznych w rok później. Rok 1816, ze względu na pojawiające się nawet w okresie letnim mrozy i opady śniegu w Europie i Ameryce Północnej, nazwany został „rokiem bez lata”. Ekstremalne warunki pogodowe wiosny i lata 1816 spowodowały niemal całkowite zniszczenie plonów na dużym obszarze i w konsekwencji klęskę głodu.
- 3. Współczesny okres ocieplenia (od połowy XIX wieku do teraz)** – przełom XX i XXI wieku przyniósł duże wahania i anomalie pogodowe, a także nasilenie zjawisk ekstremalnych: powodzi, silnych wiatrów, suszy.

Literatura

KUNDZEWICZ Z. W. (2015): „Akademia Talentów Przyrodniczych” – podwyższenie jakości kształcenia kompetencji naukowych w szkołach ponadgimnazjalnych w ramach przedmiotu ekologia krajobrazu, Poznań.

POPKIEWICZ M. (2013): Świat na rozdrożu, Wydawnictwo Sonia Draga, Katowice.

PROJEKT: EFEKT SZKLARNIOWY – DOBRODZIEJSTWO CZY ZAGROŻENIE?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- wyjaśnienie pojęcia „efekt szklarniowy” i opis mechanizmu jego działania,
- oszacowanie wpływu poszczególnych czynników na intensywność efektu szklarniowego: promieniowanie słoneczne i jego zmiany w atmosferze, bilans cieplny układu Ziemia-atmosfera, gazy szklarniowe, aerozole atmosferyczne,
- analizowanie konsekwencji wzrostu intensywności efektu szklarniowego na klimat i środowisko: temperatura powietrza, opady i zachmurzenie, wiatr i związane z nim gwałtowne zjawiska atmosferyczne, lodowce, poziom morza.

Wariant podstawowy

Będzie się składał z dwóch części, które można wykonywać jednocześnie w dwóch grupach.

Część pierwsza: określenie wielkości obecnie obserwowanego efektu szklarniowego za pomocą obliczenia temperatury efektywnej powierzchni Ziemi, rozumianej jako temperatura powierzchni planety pozbawionej atmosfery lub z atmosferą całkowicie przepuszczalną dla wszystkich zakresów promieniowania. Do obliczeń posłuży arkusz kalkulacyjny MS Excel.

Zadanie 1. Zebranie na podstawie źródeł internetowych, literatury oraz dostarczonych w załącznikach materiałów wartości stałych i zmiennych, niezbędnych do wykonania obliczeń temperatury efektywnej, według równania opartego na prawie Stephana-Boltzmana.

Zadanie 2. Podstawienie do równania znalezionych wartości średniego albedo Ziemi, stałej słonecznej i obliczenie temperatury efektywnej powierzchni Ziemi.

Zadanie 3. Porównanie otrzymanej z równania temperatury efektywnej ze średnią globalną temperaturą powietrza (literatura i źródła internetowe) i obliczenie, jaką wartość [w°C] ma obecnie efekt szklarniowy.

Zadanie 4. Powtórzenie tych samych obliczeń dla różnych wielkości albedo, np. dla Ziemi całkowicie pokrytej oceanem, całkowicie pokrytej lodem, łądów całkowicie pokrytych lasami. Zadanie przeznaczone do wykonywania w małych grupach. Pożądanym efektem jest uzyskanie dużej liczby wyników zależnych od zmian albedo dla różnych rodzajów pokrycia powierzchni Ziemi.

Zadanie 5. Powtórzenie tych samych obliczeń dla różnych wartości stałej słonecznej. Można się w tym celu posłużyć wielkością irradancji* (natężenia promieniowania słonecznego).

Zadanie przeznaczone do wykonywania w małych grupach. Pożądanym efektem jest uzyskanie dużej liczby wyników dla różnych wartości irradancji. Dane z ostatnich kilkuset lat można uzupełnić zmniejszając stałą słoneczną o 5% (szacowana wartość sprzed 600 mln), lub 2,5–4%, dla epoki dinozaurów (200–65 mln lat temu).

Część druga: wykonanie obliczeń wpływu zmian stężenia wybranych gazów szklarniowych na zmiany w bilansie radiacyjnym. Obliczenia należy wykonać za pomocą arkusza kalkulacyjnego.

Zadanie 1. Zebranie na podstawie źródeł internetowych i literatury stężeń wybranych gazów szklarniowych przed epoką industrialną (1750 rok). Zapoznanie się ze scenariuszami emisji tych gazów w przyszłości i możliwymi stężeniami do roku 2100, a następnie wybranie kilku wartości dla każdego z gazów do dalszych obliczeń.

Zadanie 2. Wstawienie w odpowiednie komórki arkusza kalkulacyjnego zebranych stężeń gazów cieplarnianych i obliczenie, jaki wpływ ma ich wzrost na zmiany bilansu promieniowania w atmosferze. Pożądanym efektem tego zadania jest uzyskanie dużej liczby wyników, które można zestawić w tabeli lub przedstawić na wykresie. Będą one pomocne w realizacji zadania.

Podsumowanie: zebranie wyników przeprowadzonych obliczeń i wyciągnięcie na tej podstawie wniosków dotyczących wpływu wybranych czynników na wielkość efektu szklarniowego oraz możliwych zmian temperatury w przyszłości. W sformułowaniu wniosków pomocne będą odpowiedzi na następujące pytania:

1. Dlaczego stałą słoneczną nazywamy stałą? Czy zmiany natężenia promieniowania słonecznego obserwowane za pomocą aparatury i zrekonstruowane (np. z ostatnich kilkuset lat) za pomocą danych pośrednich są duże?
2. Czy przed milionami lat podczas cieplejszych okresów w historii Ziemi, Słońce świeciło mocniej niż obecnie?
3. Czy zmiany na powierzchni Ziemi mogą znacząco wpływać na temperaturę efektywną planety?
4. Czy zmiany albedo wywołane przez naturalne czynniki np. wzrost lub spadek rozmiaru czap polarnych mogą wywoływać porównywalne lub większe zmiany temperatury efektywnej jak naturalne wahania natężenia promieniowania słonecznego?
5. Czy zmiany stężeń tzw. gazów cieplarnianych mają wpływ na zmianę bilansu promieniowania w atmosferze?
6. Czy zmiany w bilansie promieniowania wywołane wzrostem stężeń gazów cieplarnianych (wyrażone w W/m²) są duże czy małe, w porównaniu z naturalną zmiennością natężenia promieniowania słonecznego?

Wariant rozszerzony

W wariantcie rozszerzonym proponuje się rozwiązanie tych samych zadań badawczych co w wariantcie podstawowym, jednak w rozszerzonej formie.

1. Samodzielne znalezienie i sprawdzenie poprawności danych potrzebnych do obliczeń w literaturze naukowej i popularnonaukowej oraz w źródłach internetowych.
2. Przeprowadzenie obliczeń dla wielu różnych poziomów badanych czynników (irradancja, stężenia gazów cieplarnianych, albedo).
3. Zastanowienie się nad sprzężeniami zwrotnymi, powodującymi, że zmiana jednego z parametrów przyspiesza zmianę innego, np. wzrost stężeń gazów cieplarnianych – wzrost temperatury – spadek powierzchni czap polarnych – spadek albedo – wzrost temperatury wyższy, niż wynikający ze zmiany stężeń gazów cieplarnianych.

PROJEKT: KLIMAT IDEALNY DLA CIEBIE. GDZIE CHCIAŁBYŚ/CHCIAŁABYŚ MIESZKAĆ?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- analizowanie treści map ogólnogeograficznych i tematycznych, interpretowanie zjawisk geograficznych przedstawianych na wykresach, w tabelach, na schematach i modelach, tworzenia i „czytania” diagramów klimatycznych, w tym diagramu klimatycznego Waltera,
- dostrzeganie prawidłowości dotyczących środowiska przyrodniczego oraz wzajemnych powiązań i zależności w systemie człowiek-przyroda.

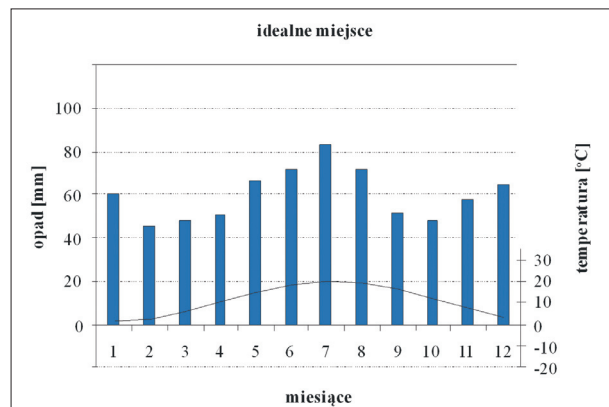
Wariant podstawowy

Proponuje się rozwiązanie tak postawionego zadania badawczego w trzech krokach/zadaniach.

Zadanie 1. Opisanie klimatu „idealnego” – określenie parametrów „idealnego” klimatu poprzez wyznaczenie rocznego przebiegu temperatury i opadów atmosferycznych.

Podstawowy opis powinien zawierać średnią temperaturę każdego miesiąca i średnią roczną temperaturę powietrza (suma średnich temperatur miesięcznych podzielona przez 12) oraz wysokości opadów w każdym miesiącu wraz z sumą opadów rocznych (suma wszystkich opadów miesięcznych).

Opis klimatu można sprowadzić do wykreślenia hipotetycznego diagramu klimatycznego idealnego miejsca.



Ryc. 5.3. Hipotetyczny diagram klimatyczny idealnego miejsca. Linia oznacza rozkład temperatury powietrza w ciągu roku. Słupki oznaczają rozkład opadów w ciągu roku

Jak sporządzić prosty diagram klimatyczny:

1. Wykreślić oś X diagramu (oś czasu) – odcinek, który należy podzielić na 12 równych części, odpowiadających poszczególnym miesiącom.
2. Wykreślić na obu końcach osi czasu dwóch prostopadłych osi Y.
3. Jedną oś wskazywać będzie wartości temperatur (podpisujemy ją „temperatura [°C]”, zaś druga sumę opadów (podpisujemy ją „opad [mm]”). Jeśli w danych z temperatury pojawią się wartości ujemne, oś oznaczającą temperaturę należy przedłużyć do dołu, poniżej osi X.
4. Obie osie trzeba podzielić na jednostki oznaczające wartości temperatur i opadów.
5. Narysować słupki opadowe zgodnie z wartościami na osi opadów (wysokość słupka zależy od ilości opadów w danym miesiącu). Nanieść na wykres za pomocą kropek wartości temperatury dla każdego miesiąca zgodnie z wartościami na osi temperatur (kropkę stawia się w połowie szerokości słupka, na odpowiedniej wysokości).
6. Połączyć linią kropki odpowiadające wartościom temperatury.
7. Diagram klimatyczny może zostać też wykreślony w dowolnym arkuszu kalkulacyjnym, np. MS Excel.

Zadanie 2. Rozpoznanie strefy klimatycznej lub stref klimatycznych, w których mogą zaistnieć wcześniej zdefiniowane warunki termiczne i opadowe, tj. w których może wystąpić „idealny klimat” (parametry przyjmują wartości z określonego zakresu) – analiza klimatu na poziomie makro.

W zadaniu tym powinno scharakteryzować się wybraną strefę klimatyczną i wskazać, co zacydowało o wyborze tej, a nie innej strefy i równocześnie podać przyczyny pasowego rozkładu stref klimatycznych na Ziemi.

Zadanie 3. Znalezienie miejsca, które cechuje „idealny klimat”.

W zadaniu 3 analizy klimatu schodzą do skali mezo. Wybrana w zadaniu 2 strefa klimatyczna (ew. strefy klimatyczne) nie jest monolitem, klimat strefy jest modyfikowany przez tzw. astrefowe (nie związane z szerokością geograficzną) geograficzne czynniki klimatotwórcze.

Na podstawie przebiegu temperatury i opadu w „idealnym miejscu” należy ustalić, jakie czynniki astrefowe wpływają na jego klimat. W tym celu trzeba stwierdzić, czy wpływ jaki „powinien wywierać” dany czynnik astrefowy klimatu jest widoczny w przebiegu temperatury lub/i opadów atmosferycznych, np. jak na „miejsce o idealnym klimacie” wpływa rozkład lądów i mórz. Jak omówiono wcześniej, obszary pozostające pod wpływem mórz czy oceanów zazwyczaj cechują się większymi i w miarę równomiernymi opadami w ciągu roku oraz mniejszymi amplitudami temperatury powietrza, z kolei tereny oddalone od dużych zbiorników wodnych mają większe amplitudy temperatury i z reguły mniejsze opady. W miarę oddalania się od oceanu nasilają się cechy kontynentalne klimatu. I tak, przebieg temperatury i opadu w ciągu roku prawdopodobnie pozwoli na zawężenie obszaru poszukiwań „miejsca o idealnym klimacie”, w tym przypadku do wnętrza kontynentu lub bardziej w stronę wybrzeży.

Dla ułatwienia interpretacji proponuje się wypełnianie poniższej tabeli/karty pracy.

L.p.	Astrefowe czynniki klimatyczne	Wpływ na kształtowanie się klimatu	Potwierdzenie w przebiegu temperatury i opadów	Cechy idealnego klimatu wskazujące na wpływ czynnika	Obszary z wytypowanej strefy pasujące do wzorca
1	Odległość od mórz i oceanów				
2	Prądy morskie				
...	...				
...	...				

Analiza treści zawartych w ostatniej kolumnie tabeli powinna dać możliwość wytypowania hipotetycznego „idealnego miejsca” (lub miejsc).

Wariant rozszerzony

W wariantcie rozszerzonym proponuje się rozwiązanie postawionego zadania badawczego, podobnie jak w wariantcie podstawowym) w trzech krokach/zadaniach, o nieco rozszerzonej formule lub/i dodanie kolejnych zadań (do decyzji nauczyciela).

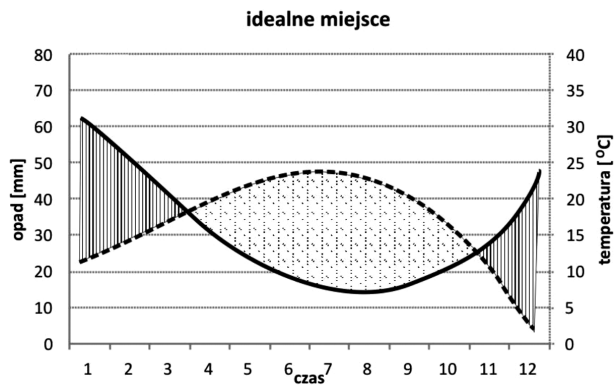
Zadanie 1. Opisanie klimatu „idealnego” – określenie jego parametrów

Opis idealnego klimatu powinien zawierać roczny przebieg temperatury i opadów (średnie temperatury każdego miesiąca i wysokości opadów wraz ze średnią roczną temperaturą powietrza i roczną sumą opadów), uzupełnione o dodatkowe szczegóły.

Można doprecyzować klimat „idealnego miejsca” poprzez użycie dodatkowo innych niż średnia wartości parametrów, np. amplitudy dobowej temperatur, i/lub wskazać na występowanie charakterystycznych zjawisk, np. pokrywy śnieżnej.

W celu wstępnej oceny warunków wilgotnościowych w miejscu „idealnego klimatu” proponuje się wykreślenie diagramów klimatycznych Waltera.

Ryc. 5.4. Diagram Waltera



Na diagramie Waltera:

linie (ciągłe i przerywane) obrazują rozkład temperatury powietrza i opadów w ciągu roku; obszary zakropkowane oznaczają, że w danym miesiącu/okresie występują niedobory wilgoci (suche pory roku); obszary o pionowych pasach wskazują na wilgotne okresy/pory roku.

Jak wykreślić diagram Waltera – kolejne kroki:

1. Narysować oś X diagramu (oś czasu) – odcinek, który należy podzielić na 12 równych części, odpowiadających poszczególnym miesiącom.
2. Narysować na obu końcach osi X dwie prostopadłe osie Y. Jedna oś wskazywać będzie wartości temperatur (podpisać ją „temperatura [°C]”), zaś druga sumę opadów (podpisać ją „opady [mm]”). Jeśli w danych z temperatury pojawią się wartości ujemne, oś oznaczającą temperaturę należy przedłużyć od osi X do dołu.
3. Obie osie należy podzielić na jednostki, oznaczające wartości temperatur i opadów. Ważna jest skala osi pionowych. 10 stopni Celsjusza na skali temperatur winno odpowiadać 20 mm na skali opadu.
4. Nanieść na wykres za pomocą kropek wartości temperatury dla każdego miesiąca zgodnie z wartościami na osi temperatur. Połączyć linią kropki z wartościami temperatury.
5. Analogicznie wykreślić krzywą opadów; jeśli krzywa opadowa znajduje się na wykresie ponad krzywą temperatur, obszar pomiędzy nimi zakresić pionowymi liniami. Jeśli krzywa temperatur jest wyżej opadowej, obszar pomiędzy zakropkować.
6. Diagram klimatyczny może zostać też wykreślony w dowolnym arkuszu kalkulacyjnym, np. MS Excel.

Zadanie 2. Rozpoznanie strefy klimatycznej lub stref klimatycznych, w której mogą zaistnieć wcześniej zdefiniowane warunki termiczne i opadowe, tj. w której może wystąpić „idealny klimat” (parametry przyjmują wartości z określonego zakresu). Analiza klimatu na poziomie makro – jak w wariancie podstawowym.

Zadanie 3. Znalezienie miejsca, które cechuje „idealny klimat” – jak w wariancie podstawowym. Ewentualnie można uzupełnić analizę o odpowiedzi na pytania:

- a. Jakie są wady wybranego obszaru (czynniki, które mogą zakłócić przebieg krzywych temperatury i opadu)?
- b. Jaka jest stabilność klimatu w wybranym „idealnym miejscu” (średnie a zmienność)?

Zadanie 4. Zastosowanie różnych typologii podziału klimatu do zdefiniowania „miejsca o idealnym klimacie”, wytypowanego w zadaniu 3.

Istnieje wiele klasyfikacji klimatu. Pierwsze podziały na strefy klimatyczne pojawiły się już w starożytnej Grecji. Nowsze klasyfikacje pochodzą z końca XIX wieku i z XX wieku. Najbardziej rozpowszechnionymi obecnie podziałami klimatu zdają się być klasyfikacje Köppena, Alisowa, a w Polsce – Okołowicza. Aby wykonać to zadanie, trzeba zapoznać się z różnymi klasyfikacjami klimatycznymi (studia literaturowe). Dopuszcza się dowolność w wyborze klasyfikacji. W celu ułatwienia zadania proponuje się wypełnienie tabeli.

	Klasyfikacja klimatyczna	Główne czynniki klasyfikacyjne	„Klimat miejsca idealnego” wg klasyfikacji
1	Okołowicza		
2	...		
...	...		

Zadanie 5. Czy/jak możesz udoskonalić warunki lokalne twojego „idealnego miejsca”? Zakładając, że masz nieograniczone środki i możliwości, wykonaj pracę architekta krajobrazu, by zmienić klimat w swoim otoczeniu.

Jakie elementy krajobrazu wpływają na klimat lokalny? Zaproponuj wkomponowanie w środowisko co najmniej 3 elementów, które zmienią jego walory klimatyczne. W celu ułatwienia zadania proponuje się wypełnienie tabeli.

	Element krajobrazu	Oddziaływanie na środowisko (w tym klimat)	Oczekiwane zmiany parametrów meteorologicznych
1	mały zbiornik wodny/fontanna		
2	...		
...	...		

PROJEKT: MIEJSKA (URBANIZACYJNA) WYSPA CIEPŁA

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie z pojęciami określającymi klimat w różnych skalach przestrzennych, takimi jak: topoklimat, mezoklimat, mikroklimat,
- poznanie czynników wpływających na klimat lokalny, w tym: bilans radiacyjny, pojemność cieplna elementów krajobrazu, np. zbiorników wodnych, budowli, parowanie i jego wpływ na temperaturę powietrza, kierunek i prędkość wiatru oraz ich wpływ na transport ciepła do i z analizowanego obszaru, antropogeniczny strumień ciepła,
- określenie naturalnych i antropogenicznych form krajobrazu, które mają wpływ na warunki termiczne na danym obszarze,
- wyjaśnienie, jak urbanizacja wpływa na fizyczne parametry powierzchni terenu (albedo, szorstkość podłoża) i atmosferę (zanieczyszczenia powietrza, wilgotność powietrza, kierunek i siła wiatru).
- wyjaśnienie przyczyn i mechanizmów powstawania tzw. miejskiej wyspy ciepła,
- identyfikowanie związków i zależności pomiędzy elementami krajobrazu a procesami mającymi wpływ na kształtowanie klimatu lokalnego.

Problemy badawcze:

1. Jak naturalne i antropogeniczne formy krajobrazu wpływają na klimat lokalny?
2. Jakie antropogeniczne przekształcenia w miastach mają największy wpływ na temperaturę?
3. Jak i kiedy zabudowa wpływa na parametry powierzchni i atmosfery, zmieniając bilans cieplny i bilans promieniowania?

Wariant podstawowy

Zadanie 1. Zmierzenie różnic temperatur występujących w tym samym czasie na położonych blisko siebie obszarach o różnej strukturze użytkowania terenu.

Sprawne przeprowadzenie pomiarów powinno umożliwić otrzymanie kilku wyników w miejscach takich jak park miejski, gęsto zabudowane osiedle wysokich budynków, wybetonowany lub asfaltowy plac w centrum miasta, pobocze ruchliwej drogi, dolina rzeki lub okolica zbiornika wodnego.

Zadanie 2. Opis stanowisk pomiarowych pod kątem dominujących na nich form użytkowania terenu oraz ich położenia względem kierunku wiatru, z uwzględnieniem sąsiedztwa rzeki dużych terenów zielonych lub zbiorników wodnych.

Zadanie 3. Określenie, jakie cechy krajobrazu wpłynęły na różnice temperatur oraz w jakich miejscach otrzymywano podobne wyniki, a gdzie pomiary bardzo różniły się i jakie były tego przyczyny.

Zadanie 4. Porównanie, jeśli istnieje taka możliwość, wyników otrzymanych na podstawie pomiarów z wynikami stacji meteorologicznej zlokalizowanej poza terenem miasta lub na jego peryferiach.

Wariant rozszerzony

W wariantcie rozszerzonym proponuje się rozwiązanie tych samych zadań badawczych co w wariantcie podstawowym, jednak w rozszerzonej formie. Może to polegać na zwiększeniu liczby pomiarów, co pozwoli zbadać temperaturę w większej ilości punktów pomiarowych reprezentujących różne formy użytkowania terenu. Inną możliwością stanowić przeprowadzenie pomiarów podczas różnych typów pogody, co umożliwi określenie np. granicznych warunków występowania miejskiej wyspy ciepła w zależności od zachmurzenia i prędkości wiatru. Możliwe jest także przeprowadzenie kilku pomiarów o różnych porach tego samego dnia lub podczas różnych pór roku żeby określić natężenie MWC (Miejska Wyspa Ciepła) w cyklu rocznym i dobowym.

1. Metodyka badań (obserwacji, pomiarów, doświadczeń)

Terenowa część badań będzie polegała na pomiarach temperatury i wilgotności powietrza za pomocą termohigrometrów. Do wykonania pomiarów najlepiej użyć co najmniej 2 urządzeń. Pomiarów należy dokonywać tak, by wskazania nie były zakłócone przez wystawienie na bezpośrednie działanie promieni słonecznych, a także ciepło wydzielane przez organizm ludzki lub urządzenia techniczne i zaparkowane pojazdy. Czujnik urządzenia nie powinien mieć także kontaktu z podłożem lub obiektami charakteryzującymi się dużą bezwładnością cieplną, takimi jak duże kamienie oraz masywne metalowe lub betonowe ogrodzenia.

2. Obszar badań – miejsce ustanowienia punktów pomiarowych

Terenem badań może być dowolny, najlepiej niezbyt rozległy, obszar zawierający możliwe dużo różnych form krajobrazu typowych dla obszarów zurbanizowanych, ale nie pozbawiony całkowicie terenów zielonych, takich jak skwery i parki. Może to być zarówno gęsto zabudowana dzielnica dużego miasta, jak i centrum mniejszej miejscowości ze zwartą zabudową mieszkaniową lub przemysłową. Pomiarów można dokonywać w wyznaczonym czasie w dwóch miejscach różniących się wyraźnie właściwościami fizycznymi. Przykładową parę może stanowić park miejski z bujną zielenią i wybetonowany skwer lub plac pozbawiony zieleni. Szybkie przeprowadzenie pomiarów może umożliwić zbadanie temperatury i wilgotności powietrza w większej ilości punktów pomiarowych.

3. Sprzęt pomiarowy

Do wykonania pomiarów niezbędne są przynajmniej dwa termohigrometry. Nie jest wymagana wysoka dokładność urządzeń, pozytywnie na jakość obserwacji może wpłynąć natomiast możliwość ich kalibracji by w porównywalnych warunkach nie różniły się wskazaniem.

4. Najlepszy okres do wykonywania badań

Najlepszym czasem wykonywania pomiarów są godziny wieczorne w okresie letnim lub późno wiosennym (maj-czerwiec). Pomiar można wykonać w ciągu dnia w godzinach okołopołudniowych lub wczesnym popołudniem pomiędzy godziną 11 a 15 pod warunkiem, że w czasie wykonywania pomiarów zachmurzenie jest małe i niezmiennie, a prędkość wiatru jest niewielka.

5. Czas potrzebny do wykonania badań

Zależy od sprawności ich przeprowadzania i „bezwładności” stosowanych czujników temperatury, ale w trosce o porównywalność otrzymanych wyników wszystkie pomiary powinny się odbywać w ciągu 20 (maksymalnie 30) minut, jeśli panują w tym czasie zbliżone warunki. Na przykład w razie zmiennego wiatru można ze sobą porównywać tylko wyniki pomiarów przeprowadzanych jednocześnie za pomocą 2 termohigrometrów.

Tab. 5.1. Przykładowe wyniki wcześniejszych badań z tego zakresu

Opis stanowiska pomiarowego	Temperatura powietrza [°C]	Wilgotność względna [%]
Stacja meteorologiczna Poznań - Ławica położona na peryferiach miasta w terenie niezabudowanym z dużą przewagą roślinności trawiastej	24,0	41,0
Pobocze silnie nasłonecznionej asfaltowej drogi w pobliżu dużego parku miejskiego	26,6	40,0
Duży park miejski z bujną roślinnością - pomiarów dokonano kilkanaście metrów od znajdującego się w nim stawu	24,5	44,5
Parking w cieniu dużego budynku znajdujący się w pobliżu asfaltowej drogi	26,1	39,6
Pobocze znajdujące się w bezpośredniej bliskości silnie nasłonecznionej asfaltowej drogi przylegające do budynku Instytutu	28,5	33,3

Przedstawiono w formie opisu uproszczoną charakterystykę punktów pomiarowych, skupiając się na elementach krajobrazu miejskiego mogących mieć wpływ na temperaturę powietrza. Tabela zawiera także wyniki pomiarów temperatury i wilgotności powietrza oraz wartość tych parametrów zmierzonych w tym samym czasie na położonej na peryferiach miasta lotniskowej stacji meteorologicznej Poznań – Ławica.

PROJEKT: PRZYŚŁOWIA MĄDROŚCIĄ NARODU – SPRAWDZALNOŚĆ PRZYŚŁÓW. CZY POGODA ZNA PRZYŚŁOWIA?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie z metodami opisu stanu pogody za pomocą różnych parametrów klimatu, takich jak średnia, maksymalna i minimalna dobowa temperatura powietrza oraz dobowa i miesięczna suma opadu atmosferycznego,
- obliczanie wartości średnich miesięcznych lub sezonowych (np. miesiące letnie) oraz ich porównanie ze średnimi wieloletnimi – przejście od pogody opisującej stan bieżący atmosfery do klimatu, który analizuje zjawiska pogodowe w okresie wieloletnim.

Problem badawczy

Czy przysłowia i powiedzenia ludowe są dobrą metodą prognozowania pogody?

Wariant podstawowy

Zadanie 1. Zebranie ciekawych przysłów i powiedzeń związanych z klimatem i pogodą. Bogatym źródłem są liczne strony internetowe poświęcone tej tematyce. Do zebranych w ten sposób powiedzeń można dołączyć zasłyszane, np. w rodzinie odnoszące się do regionu zamieszkania.

Zadanie 2. Spośród zebranych przysłów i powiedzeń wybranie kilku do dalszej analizy mającej wykazać ich przydatność (lub nie) w prognozowaniu pogody. Wyboru przysłów można dokonać, kierując się następującymi kryteriami:

- popularność – popularność przysłowa lub powiedzenia może sugerować, że prognoza sporządzona na jego podstawie sprawdza się w zadowalającym stopniu,
- nieoczywistość – przysłowie lub powiedzenie powinno zawierać prognozę elementów klimatu, co do których istnieje niepewność; pomijamy te, które opisują rzeczywistość, nie mając charakteru prognozy takie jak: „W marcu jak w garncu”, „Kwiecień plecień, bo przeplata trochę zimy trochę lata”.

- c. możliwość przełożenia obu elementów prognozy, a więc zwiastuna i efektu na konkrety dające się przedstawić za pomocą parametrów meteorologicznych,
- d. dostępność danych meteorologicznych – należy starać się uzyskać możliwie najdłuższe okresy pomiarów, najlepiej co najmniej trzydziestoletnie. W przypadku niektórych przysłów mogą wystarczyć krótsze serie, przy czym minimalna długość okresu pomiarów powinna przekraczać 10 lat.

Zadanie 3. Interpretacja parametryczna wybranego przysłowia – określenie zwiastuna i efektu oraz nadanie im wymiaru liczbowego. Elementy przysłów można wyznaczyć w sposób, w jaki zostało to zrobione w opisanych przykładach nr 1 i nr 2.

Zadanie 4. Pozyskanie potrzebnych danych meteorologicznych. Wyznaczenie procentowej sprawdzalności przysłowia w konkretnej lokalizacji (miejscowości). Praca w grupach – każdy z zespołów zajmuje się konkretnym przysłowiem w wybranej lokalizacji.

Zadanie 5. Zebranie ocen sprawdzalności przysłowia/przysłów w różnych lokalizacjach, w sposób w jaki zrobiono to w przykładach 1 i 2. Odpowiedź, czy konkretne przysłowie lub przysłowia mogą dawać wiarygodną prognozę pogody.

Wariant rozszerzony

W wariantcie rozszerzonym proponuje się rozwiązanie tych samych zadań badawczych co w wariantcie podstawowym, jednak w rozszerzonej formie.

Dobór takich przysłów, by ocena sprawdzalności wymagała dodatkowych obliczeń, takich jak np. średnie miesięczne wartości parametru meteorologicznego oraz takich, które wymagają interpretacji więcej niż jednego elementu meteo – temperatury i opadu. Uwaga! Analiza przysłów dotyczących opadu podnosi stopień trudności i pracochłonność ze względu na trudności w uzyskaniu danych o odpowiedniej jakości.

W najtrudniejszym wariantcie – próba interpretacji liczbowej przysłowia na kilka sposobów wraz z uzasadnieniem zastosowanego kryterium, np. „Świętą Barbarę po wodzie” możemy interpretować jako pogodę odwilżową, podczas której temperatura minimalna jest wyższa od 0°C, i/lub w łagodniejszej definicji średnia dobowa temperatura jest wyższa niż 0°C, co może wskazywać na odwilż tylko w ciągu dnia. Po uzyskaniu wyników, sprawdzenie jak zmiany parametrów wpłynęły na wynik – próba interpretacji.

1. Metodyka badań (obserwacji, pomiarów, doświadczeń)

a. Dane

Badania będą polegały na uzyskiwaniu potrzebnych informacji z danych meteorologicznych dostępnych w źródłach internetowych oraz rocznikach statystycznych i meteorologicznych. Już na etapie wyboru przysłów należy pamiętać, że dane meteorologiczne, szczególnie z terenu Polski, dotyczące dobowych i miesięcznych sum opadów są trudniej dostępne niż dane związane z temperaturą powietrza, zatem skompletowanie potrzebnych danych będzie wymagało korzystania z kilku źródeł i może zająć więcej czasu.

b. Analiza przysłów i powiedzeń ludowych

W analizowanych przysłowia i powiedzeniach można wyróżnić dwa elementy:

- zwiastun, będący najczęściej pierwszą częścią przysłowia, opisujący wystąpienie pewnego zjawiska (lub jego natężenie), mający poprzedzać wystąpienie drugiego elementu
- efekt – określone zjawisko (lub jego natężenie) w przyszłości.

Ocena sprawdzalności jest możliwa tylko wtedy, gdy zarówno zwiastun jak i efekt mogą zostać opisane za pomocą wielkości fizycznych i nadany zostanie im wymiar liczbowy.

2. Za przykład może posłużyć jedno z najpopularniejszych powiedzeń dotyczących okresu świąt Bożego Narodzenia: „Święta Barbara po wodzie, Boże Narodzenie po lodzie”

Zwiastun opisany jest w pierwszej części przysłowia: „Święta Barbara po wodzie”. Zwiastun przywołuje konkretną datę – 4 grudnia i opisuje panujące w tym dniu warunki meteorologiczne. „Woda” w tym przypadku może oznaczać pogodę odwilżową np. z minimalną dobową temperaturą powietrza >0°C, lub średnią dobową temperaturę powietrza >0°C, jeśli przyjmujemy łagodniejsze kryterium i odwilż ma miejsce tylko w ciągu dnia (nie całą dobę).

Efekt jest opisany w drugiej części przysłowia: „Boże Narodzenie po lodzie”. Podobnie jak zwiastun, efekt określa termin – 24 lub 25 grudnia (spotyka się dwie interpretacje) i warunki pogodowe – maksymalna dobowa temperatura powietrza <0°C. I tutaj dopuszczalne są inne interpretacje liczbowe efektu. W łagodniejszej formie dopuszcza się lekką odwilż w południe, a ważne jest ogólne odczucie mrozu, który przy średniej temperaturze <0°C także musiał wystąpić. Podczas interpretacji liczbowej przysłowia, należy jak najściślej trzymając się zawartych w nich określeń, zrozumieć jego sens. Oczywiście, należy uwzględnić fakt, że indywidualne odczucia dotyczące pogody mogą się często różnić.

3. Czas potrzebny do wykonania badań

Jest zależny od ilości analizowanych przysłów, stopnia złożoności zawartej w nich prognozy, oraz ilości lokalizacji, dla których chcemy zbadać trafność prognoz. Dwu- lub trzyosobowe zespoły powinny podczas 2 godzin zebrać potrzebne dane i przeprowadzić analizę sprawdzalności dla przynajmniej 2 przysłów w jednej lokalizacji (mieście).

4. Przykładowe wyniki wcześniejszych badań z tego zakresu

Poniżej przedstawiono dwa przykłady przeprowadzonej analizy przysłów i powiedzeń, z których jeden zaprzecza, a jeden potwierdza ich przydatność przy prognozowaniu pogody.

Przykład 1: „Święta Barbara po wodzie, Boże Narodzenie po lodzie”

Zwiastun (W1) – minimalna dobowa temperatura powietrza 4 grudnia wyższa niż 0°C

Efekt (W2) – maksymalna dobowa temperatura powietrza 24 grudnia niższa niż 0°C

Wyniki analizy sprawdzalności tego przysłowia przedstawiono w Tab. 5.2.

Tab. 5.2. Sprawdzalność prognozy pogody na dzień 24 grudnia opartej na powiedzeniu: „Święta Barbara po wodzie, Boże Narodzenie po lodzie” dla najdłuższych dostępnych ciągów danych (minimum 56-letnich)

Miasto	Zwiastun (W1) [liczba wystąpień]	Efekt (W2) [liczba wystąpień]	Sprawdzalność [W2/W1]
Poznań	26	10	38,5%
Łódź	21	8	38,1%
Warszawa	24	9	37,5%
Toruń	24	11	45,8%
Kalisz	22	6	27,3%
Włodawa	16	6	37,5%
Katowice	18	5	27,8%
Suwałki	21	10	47,6%
Wilno	24	16	66,7%
Praga	62	17	27,4%
Poczdami	51	16	31,4%
Mińsk	20	12	60,0%
Lwów	23	13	56,5%
Koszycy	20	9	45,0%
Kijów	23	16	69,5%
ŁĄCZNIE	395	164	41,5%
ŚREDNIO	49,4	20,5	43,8%

Wnioski

Biorąc pod uwagę, że są możliwe tylko dwa wyniki – prognoza trafna lub chybiona, sprawdzalność w okolicach 50% nie daje żadnych podstaw do potwierdzenia prognostycznej wartości tego przysłowia. Co więcej w przypadku niektórych miast, takich jak Kalisz czy Praga, sprawdzalność nie osiąga nawet 30%, co może sugerować, że prognoza powinna być odwrotna do tej, jaką sformułowano na podstawie tego przysłowia. Mapa sprawdzalności tego przysłowia pokazuje, że w przypadku miast położonych najbardziej na wschód sprawdzalność jest wyższa, i choć nie osiąga zadowalającego poziomu, może świadczyć o tym, że przysłowie ma kresowy rodowód. Innym wnioskiem, jaki możemy wyciągnąć na podstawie wyższej sprawdzalności przysłowia na terenach położonych dalej na wschód (w bardziej kontynentalnym klimacie) jest to, że przysłowie powstało w okresie małej epoki lodowej, kiedy na ziemiach polskich panował prawdopodobnie klimat bardziej kontynentalny na dziś.



Ryc. 5.5. Prze-strzenny rozkład sprawdzalności przysłowia „Święta Barbara po wodzie, Boże Narodzenie po lodzie”

Przykład 2: „Zbigniew i Patryk mrozą ludziom uszy, zima jeszcze dwie niedziele mrozem i śniegiem prószy”

Powiedzenie to może opisywać przypadek, w którym zima przedłużająca się do późnego terminu (17 marca) trwa zazwyczaj wyjątkowo długo.

Zwiastun (W1) – maksymalna dobowa temperatura powietrza w dniu 17 marca niższa niż 0°C.

Efekt (W2) średnia dobowa temperatura powietrza w dniach 18–31 marca wyższa niż 2°C.

Termiczna zima charakteryzuje się średnią dobową temperaturą powietrza niższą niż 0°C, ale ten warunek nieco złagodzone ze względu na to, że część stacji znajduje się w strefie, w której wystąpienie tak niskich temperatur w ostatnich dniach marca nie jest notowane, a przyjęty próg 2°C nie występuje często i także kojarzy się z warunkami zimowymi.

Tab. 5.2. Sprawdzalność przysłowia „Zbigniew i Patryk mrozą ludziom uszy, zima jeszcze dwie niedziele mrozem i śniegiem prószy”

Miasto	Zwiastun (W1) [liczba wystąpień]	Efekt (W2) [liczba wystąpień]	Sprawdzalność [W2/W1]
Poznań	5	3	60,0%
Łódź	4	3	75,0%
Warszawa	5	4	80,0%
Toruń	5	4	80,0%
Kalisz	4	4	100,0%
Włodawa	6	5	83,3%
Katowice	4	4	100,0%
Suwałki	9	8	88,9%
Wilno	27	27	100,0%
Praga	1	0	0,0%
Poczdami	1	1	100,0%
Mińsk	26	26	100,0%
Lwów	10	8	80,0%
Koszycy	1	1	100,0%
Kijów	10	9	90,0%
ŁĄCZNIE	118	107	90,7%
ŚREDNIO	14.8	13.4	82,5%

Wnioski

Sprawdzalność tego przysłowia jest bardzo wysoka niemal dla wszystkich miast, w których ją analizowano. Sto procent trafnych prognoz notowano zarówno na miastach położonych na wschodzie – Wilno i Mińsk, gdzie zwiastun występował bardzo często (26 i 27 razy) w 60-letnim okresie pomiarów, jak i w polskich miastach – Kaliszu i Katowicach – gdzie przy podobnej długości pomiarów zwiastun obserwowano 4 razy. Genezą powstania tego powiedzenia mogły być obserwacje poczynione przez naszych przodków podczas chłodniejszego niż obecnie okresu, w którym opisany zwiastun mógł zdarzać się nawet, co drugą zimą na wschodzie i raz na 5-10 lat w cieplejszych zachodnich regionach kraju.

PROJEKT: GDZIE JEST GLOBALNE OCIEPLENIE?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie się z czynnikami wpływającymi na klimat w ostatnim stuleciu, czyli intensywnością promieniowania słonecznego (mierzoną liczbą plam słonecznych), zmianami stężeń atmosferycznych gazów cieplarnianych, zmianami użytkowania powierzchni Ziemi,
- zapoznanie się z zasadami obliczania anomalii temperatury globalnej,
- zrozumienie różnicy pomiędzy temperaturą globalną, będącą średnią z bardzo wielu stacji umieszczonych na całym globie, a temperaturą odnotowaną w jednej miejscowości lub danym kraju.

1. Problemy badawcze

- a. Jak zmieniała się temperatura globalna na przestrzeni ostatniego stulecia?
- b. Jaki wpływ na temperaturę globalną miały duże wybuchy wulkanów i zjawisko El Niño?
- c. Jak zmieniała się temperatura w skali lokalnej na przestrzeni ostatnich sześćdziesięciu lat na podstawie danych z jednej stacji meteorologicznej, lub w szerszej skali, tj. na podstawie wszystkich badanych stacji z terenu Polski?
- d. Dlaczego np. w danym miesiącu jest w naszej miejscowości zimniej niż spodziewamy się?

2. Przebieg badań

Zajęcia będą się składały z dwóch części:

- a. teoretycznej – zostanie poświęcona zagadnieniom związanym z globalnym ociepleniem – głównie czynnikom mającym wpływ na wzrost globalnej temperatury;
- b. praktycznej – wykonanie obliczeń przy pomocy arkusza kalkulacyjnych. Dzięki tym obliczeniom będzie można wykazać trendy w temperaturze zmierzonej na jednej lub kilku stacjach i porównać z anomalią temperatury globalnej. Część praktyczna będzie podzielona na dwa warianty.

Wariant podstawowy

Będzie się on składał z dwóch części. Pierwszą część można wykonać w pięciu grupach (dla każdej grupy po jednej stacji meteorologicznej). Dane meteorologiczne dla stacji z terenu Polski pochodzą z dwóch źródeł:

- a. <http://eca.knmi.nl/dailydata/index.php> jest ogólnodostępną stroną internetową, umożliwiającą pobieranie historycznych danych meteorologicznych. Zawiera ona dane z Europy, często nawet stuletnie ciągi pomiarów, choć dane z Polski są bardzo skromne.
- b. Z Roczników Statystycznych Ochrony Środowiska Głównego Urzędu Statystycznego. Dane miesięczne dla 5 stacji mogą być przedłużone na podstawie „Biuletynów Statystycznych”, wydawanych co miesiąc i udostępnianych na stronie: http://www.stat.gov.pl/gus/publikacje_a_a_z_PLK_HTML.htm Wybieramy publikacje na literę „B” i odnajdujemy np. Biuletyn Statystyczny nr 5/2013.

Część pierwsza będzie polegała na wykreśleniu trendów temperatury dla danej stacji meteorologicznej oraz wyznaczeniu najcieplejszych i najchłodniejszych lat w badanym okresie. Do obliczeń posłużą arkusz kalkulacyjny MS Excel.

Zadanie 1. Obliczenie na podstawie średnich miesięcznych temperatur dla pięciu stacji meteorologicznych wartości średnich rocznych. W tym celu sumujemy wartości miesięczne dla danego roku i dzielimy przez liczbę miesięcy, czyli 12.

Zadanie 2. Sporządzenie wykresów średnich rocznych temperatur dla poszczególnych stacji.

Zadanie 3. Wyznaczenie trendów temperatury na podstawie wykresów z zadania 2. W arkuszu MS Excel funkcja jest dostępna w opcjach wykresu – dodaj liniową linię trendu. Trend liniowy przedstawia tendencję rozwojową danego zjawiska. Pokazuje, czy dane zjawisko (temperatura) w badanym okresie wzrosło (trend rosnący, linia pochylona ku górze) czy malało (trend malejący, linia pochylona ku dołowi).

Zadanie 4. Odczytanie rekordów dla poszczególnych stacji w Polsce: maksimum i minimum temperatury dobowej z okresu 1981-2010 na podstawie danych z portalu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej: <http://www.pogodynka.pl/polska/daneklimatyczne/>

Zadanie 5. Wyznaczenie najcieplejszych i najchłodniejszych lat w badanej serii. W tym celu szeregujemy dane roczne wraz z rokiem od wartości najmniejszej do największej lub odwrotnie. Wyznaczenie różnicy (amplitudy) między najcieplejszym i najchłodniejszym rokiem w badanej serii.

Druga część będzie odnosiła się do analizy anomalii temperatury globalnej. Istnieje możliwość przedłużenia danych dotyczących anomalii temperatury globalnej poprzez pobranie danych ze stron: dla danych GISS NASA: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+dSST.txt Należy pamiętać, że w celu uzyskania zmiany w stopniach Celsjusza, należy daną liczbę miesięczną podzielić przez 100. dla danych CRU <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/CRUTEM4-gl.dat>

Zadanie 1. Wykreślenie anomalii temperatury globalnej.

Zadanie 2. Wyznaczenie trendu anomalii temperatury globalnej na podstawie wykresu z zadania 1.

Zadanie 3. Porównanie wahań anomalii temperatury globalnej na wykresie ze zjawiskami, takimi jak wybuchy wulkanów i silny efekt El Niño.

Zadanie 4. Wyznaczenie najcieplejszych i najchłodniejszych lat w badanej serii. Wyznaczenie różnicy (amplitudy) między najcieplejszym i najchłodniejszym rokiem.

Podsumowanie obu części ćwiczeń będzie polegało na zebraniu wyników przeprowadzonych obliczeń i wyciągnięciu na tej podstawie wniosków dotyczących różnicy pomiędzy temperaturą globalną, będącą średnią z bardzo wielu stacji umieszczonych na całym globie, a temperaturą odnotowaną w jednym, konkretnym punkcie lub regionie. Wyznaczone najcieplejsze lata w badanych seriach niekoniecznie będą się pokrywały z najcieplejszymi latami dla stacji położonych na terenie Polski. Wahania temperatury są tym silniejsze, im mniejsza skala przestrzenna. Różnica między średnimi temperaturami rocznymi może być znacząco wyższa niż w przypadku temperatury globalnej.

Ćwiczenia powinny dać ponadto odpowiedź na pytanie, jak wpływają na globalną temperaturę takie zjawiska, jak: wybuchy wulkanów czy silna faza cyklu ENSO – El Niño. Na długofalową tendencję wzrostu temperatury nakładają się bardzo silne wahania. Oznacza to, że nie każdy mijający rok jest cieplejszy niż poprzedni. Temperatura globalna w konkretnym roku może się układać czasem znacznie powyżej (np. w latach 1998, 2005, 2010), a innym razem zdecydowanie poniżej (np. w latach 1996, 1999, 2000, 2008) długotrwałej tendencji. Bardzo ciepły rok 1998 to efekt silnej fazy ciepłej, tzn. El Niño cyklu ENSO.

Wariant rozszerzony

W wariantcie rozszerzonym proponuje się rozwiązanie tych samych ćwiczeń, co w wariantcie podstawowym, dodatkowo zaś można wykonać następujące ćwiczenia, opisane w dalszej części.

1. Obliczenie anomalii temperatur rocznych dla poszczególnych stacji, tj. różnicy pomiędzy wartością dla danego roku, a wartością średnią z lat 1951-1980 (jak dla serii GISS NASA) lub 1961-1990 (jak dla serii CRU), następnie sporządzenie wykresów tych anomalii i trendów.
2. Na podstawie danych miesięcznych – obliczenie wartości minimalnych, średnich i maksymalnych dla poszczególnych miesięcy na danej stacji, co da podstawę do wnioskowania o zmienności klimatu. Nie należy spodziewać się, w związku z globalnym ociepleniem, jednostajnego wzrostu temperatury. Nie będzie więc dziwne, że w kategorii poszczególnych miesięcy najcieplejsze okażą się te z początku okresu badawczego, bądź najchłodniejsze z końca badanego okresu (np. marzec 2013 roku).
3. Na podstawie danych rocznych – obliczenie średnich temperatur dla poszczególnych dekad: 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001-2010. Jeśli popatrzemy na dłuższe czasookresy, nie powinno być wątpliwości, że Ziemia się ociepla - średnia temperatura dla prawie każdej kolejnej dekady (poza chłodnymi latami 60. XX wieku) jest coraz wyższa.

Sprawdź siebie

1. Wyjaśnij efekt szklarniowy i wpływ wybranych czynników na wielkość efektu szklarniowego.
2. Wykaż wzajemne powiązania i zależności w systemie człowiek-przyroda.
3. Wykreśl diagram klimatyczny swojego „idealnego miejsca”.
4. Zaprojektuj swoje „idealne miejsce”, wkomponowując w środowisko wybrane przez siebie elementy (np. jezioro, strumień).
5. Wykaż wpływ urbanizacji na fizyczne parametry powierzchni terenu.
6. Wyjaśnij mechanizm powstawania tzw. miejskiej wyspy ciepła.
7. Wskaż czynniki wpływające na klimat w ostatnim stuleciu.

VI. GOSPODAROWANIE KRAJOBRAZEM

W latach 20. XIX wieku w okolicach Turwi (zachodnia Wielkopolska), wzorem Anglii i Szkocji, przekonstruowano krajobraz rolniczy, wprowadzając elementy półnaturalne (seminaturalne), takie jak sieć zadrzewień i zakrzewień, pasm łąk, miedz, drobne zbiorniki wodne oraz nowe systemy gospodarowania na roli i nowe gatunki roślin uprawnych (Ryc. 6.1).



Ryc. 6.1. Urozmaicony krajobraz rolniczy w okolicach Turwi (na pierwszym planie). Na zdjęciu widoczne charakterystyczne dla tego obszaru szerokie i wiekowe pasowe zadrzewienia śródpolne oraz aleje (fot. Krzysztof Kujawa)



Dezydery Chłapowski (autor tych zmian) urodził się w 1788 roku w wielkopolskiej Turwi. Był synem starosty kościańskiego Józefa i wojewodzianki inowrocławskiej Urszuli z domu Moszczyńskiej. Najpierw uczył się w Collegium Pijarów w Rydzynie, potem kontynuował edukację w Berlinie. Gdy miał 14 lat, rozpoczął służbę w wielkopolskim pułku dragonów pruskich. W 1805 roku ukończył też naukę w Berlińskim Instytucie Oficerskim, którą uwieńczył stopniem porucznika. W wojnie 1806 roku, po zajęciu Berlina przez Francuzów, wyjechał do Poznania, gdzie wstąpił do Honorowej Gwardii Napoleona. Następnie – podczas kampanii 1807 roku - walczył w IX pułku piechoty generała Sułkowskiego. Odnosił szczególne sukcesy w bitwie pod Tczewem, za co otrzymał order Virtuti Militari, a podczas oblężenia Gdańska dostał się do niewoli pruskiej. Po pokoju w Tylży, już jako kapitan, został najpierw adiutantem Jana Henryka Dąbrowskiego, a potem ordynansem samego Napoleona. Podczas pobytu w Paryżu ukończył też tutejszą politechnikę. Szczególnym męstwem wykazał się w Bitwie pod Ratyzboną. W 1811 roku został dowódcą Pułku Szwoleżerów Gwardii Cesarskiej, z którym odbył kampanię moskiewską i saską. Po zwolnieniu się z wojska przebywał we Francji i Wielkiej Brytanii, by w 1815 roku powrócić do Wielkopolski. Tu osiadł w rodzinnej Turwi, gdzie postanowił zająć się rolnictwem. W tym celu wyjechał ponownie do Anglii, by tam podpatrywać nowoczesne metody rolniczego gospodarowania. Dzięki temu w krótkim czasie jego włości stały się jednymi z najbardziej znanych gospodarstw rolnych w Wielkopolsce. Wprowadził w swojej uprawie płodozmian, jako pierwszy wzbogacał też glebę sianem koniczyny. Korzystał także z nowoczesnych maszyn rolniczych, między innymi pługa. Po wybuchu powstania listopadowego zaciągnął się do wojska. Jako pruski obywatel za udział w walkach został skazany na rok więzienia i konfiskatę majątku, zamienioną później na wysoką grzywnę. W więzieniu w Szczecinie napisał swój słynny podręcznik o rolnictwie.

Po wyjściu z więzienia związał się z Karolem Marcinkowskim i planował na bazie pobierających w Turwi nauki rolne praktykantów utworzyć Akademię Rolniczą. Wśród tych ostatnich było wiele wybitnych postaci wielkopolskiej pracy organicznej, jak choćby Maksymilian Jackowski. Podczas Wiosny Ludów organizował w swoim powiecie oddziały powstańcze, a po jej upadku został członkiem Izby Panów – Izby Wyższej pruskiego parlamentu.

Po wyjściu z więzienia związał się z Karolem Marcinkowskim i planował na bazie pobierających w Turwi nauki rolne praktykantów utworzyć Akademię Rolniczą. Wśród tych ostatnich było wiele wybitnych postaci wielkopolskiej pracy organicznej, jak choćby Maksymilian Jackowski. Podczas Wiosny Ludów organizował w swoim powiecie oddziały powstańcze, a po jej upadku został członkiem Izby Panów – Izby Wyższej pruskiego parlamentu.

W latach pięćdziesiątych XX wieku w Turwi powstała placówka badawcza, obecnie Stacja Badawcza Instytutu Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN (Ryc. 6.2). Badania koncentrowały się przede wszystkim na wyjaśnianiu podstawowych procesów ekologicznych decydujących o prawidłowym funkcjonowaniu krajobrazu, a także ocenie podstawowych parametrów ekologicznych, takich jak zagęszczenie, biomasa, różnorodność grzybów, roślin i zwierząt (wieloletnie dane badań służą naukowcom z różnych stron Polski, a także Europy). Ponadto krajobraz okolic Turwi budowany od prawie 200 lat został niegdyś uznany przez Komisję Ekologiczną Rady Europy za wzorzec krajobrazu rolniczego dla całej Europy, łączącego możliwości prowadzenia intensywnej uprawy zbóż z wymaganiami ochrony przyrody i środowiska.



Ryc. 6.2. Pałac w Turwi – niegdyś siedziba rodu Chłapowskich, obecnie Stacja Badawcza Instytutu Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN (fot. Krzysztof Kujawa)

W Wielkopolsce dominują ekosystemy pól uprawnych (agroekosystemy). Są one utrzymywane we wczesnych stadiach sukcesji, aby otrzymać wysoki plon – najwyższą produktywność. Jednocześnie ekosystemy te mają słabo rozwiniętą sieć troficzną i otwarte cykle krążenia materii, przez co znaczna ilość biogenów zostaje utracona. Ponadto występuje duże zagrożenie zewnętrzne (stanowią je agrofagi, czyli z punktu widzenia człowieka – szkodniki). Stwierdzono, że najlepszym rozwiązaniem jest zachowanie mozaikowości krajobrazu rolniczego, gdzie pola stanowią tylko część ekosystemów mniej lub bardziej naturalnych. Jest to bardzo ważna kwestia, gdyż łagodzi ekstrema klimatyczne a także podnosi poziom różnorodności biologicznej oraz ogranicza zanieczyszczenia obszarowe generowane przez współczesne rolnictwo.

Krajobraz mozaikowy sprzyja również występowaniu rzadkich gatunków roślin i zwierząt, często ginących, umieszczanych na specjalnie tworzonych listach gatunków objętych ochroną i w tzw. czerwonych księgach roślin, grzybów i zwierząt. W krajobrazie okolic Turwi stwierdzono ich już kilkadziesiąt i wciąż odkrywa się wiele nowych. Na przykład stare zadrzewienia (jeszcze z czasów Chłapowskiego) i parki dworskie obfitują w wiekowe drzewa, często dziuplaste, obumierające lub martwe, bez których nie mogłyby istnieć całe rzesze gatunków owadów, niektóre nietoperze i wiele ptaków (Ryc. 6.3).



Ryc. 6.3. Parki pałacowe zwykle obfitują w stare drzewa, stanowiące o wielkim znaczeniu tego typu środowisk jako lokalnych ostoi różnorodnej przyrody, w tym także wielu leśnych gatunków rzadko występujących na terenach rolniczych (fot. Krzysztof Kujawa)

Wśród owadów wyróżnia się jeden z naszych największych gatunków chrząszczy – kozioróg dębosz (*Cerambyx cerdo*), a także pachnica dębowa (*Osmoderma eremita*), ciołek (*Dorcus parallelipedus*) i duża kózka – dylaż garbarz (*Prionus coriarius*). Dziuple starych drzew wykorzystywane są też często przez szerszenie i osy, które zakładają tam swoje gniazda, a bez os nie może istnieć skrajnie rzadki chrząszcz z rodziny – sąsiad dziwaczek (*Metoecus paradoxus*), którego larwy wiodą pasożytniczy tryb życia właśnie w ich gniazdach. Można go spotkać w zadrzewieniach śródpolnych w okolicy Turwi. Występuje również unikalna w skali kraju błonkówka z rodziny trziennikowatych (*Tremex magus*), której larwy żerują w obumierających pniach brzoź.



Ryc. 6.4. Zadrzewienia śródpolne odgrywają znaczną rolę między innymi w ograniczeniu erozji wietrznej, której intensywność w niektórych obszarach bywa okresowo bardzo duża (zdjęcie po lewej stronie – okolice Czempinia), a także w retencjonowaniu wody, na przykład na poboczach dróg, gdzie często dochodzi do dłuższego zalegania śniegu niż na polach uprawnych (zdjęcie po prawej – okolice Koźmina Wielkopolskiego) (fot. Krzysztof Kujawa)

Intensywne i często niekontrolowane zagospodarowywanie przestrzeni życiowej człowieka przyczynia się do zmian w otaczającym nas krajobrazie. Przekształceniom ulegają obszary o charakterze naturalnym, jak również cenne przyrodniczo obszary rolnictwa tradycyjnego, stare aleje drzew, sady, układy wsi i miasteczek. Prowadzi to do degradacji krajobrazu, a tym samym wszystkich jego komponentów (fauna, flora, grzyby, zbiorniki wodne, łąki, lasy, ukształtowanie terenu, gleby).

Zadrzewienia śródpolne są ważnym elementem krajobrazowym, za pomocą którego możemy wpływać na strukturę i funkcjonowanie przestrzeni, w której żyjemy. Do najważniejszych funkcji zadrzewień należą: przeciwwietrzna (zapobieganie skutkom siły wiatru i nawożenia, erozji wietrznej, wodnej i brzegowej, wychładzaniu upraw i inwentarza, przesuszeniu gleby), magazynowanie wody (poprzez spowolnienie spływu wód gruntowych i topnienia śniegu – Ryc. 6.4), ograniczania parowania (zwiększania nasiąkliwości gleby), ochrona różnorodności biologicznej (stanowią siedlisko cennych i pożytecznych gatunków roślin, grzybów i zwierząt), a przy tym są to jednocześnie korytarze ekologiczne.

Globalne zmiany klimatu i tendencja upraw rolniczych w monokulturze przede wszystkim zbożowej powodują niekorzystne zmiany w entomofaunie (coraz więcej gatunków ciepło- i sucholubnych, związanych z ekosystemami trawiastymi pochodzenia południowego i wschodnioeuropejskiego). Czynią one duże szkody w uprawach, ponieważ są roślinożercami.

Należy tu wymienić np. chrząszcza żerującego na zbożach – łokasia garbatka (*Zabrus tenebrioides*), niektóre pluskwiaki oraz motyle i gatunki obce uznane za inwazyjne, na przykład chrząszcza – stonkę kukurydzianą (*Diabrotica virgifera*). Na przykład w krajobrazie urozmaiconym liczebność łokasia garbatka i pluskwiaki z rodzaju *Eurygaster* jest w istotny sposób zredukowana między innymi przez gąsiorka (*Lanius collurio*), który w zadrzewieniach i zakrzewieniach znajduje dobre warunki do gniazdowania, a może polować także na polach uprawnych w pobliżu zadrzewień.

W zadrzewieniach śródpolnych gniazduje znaczna liczba gatunków ptaków, zajmując różne, właściwe dla poszczególnych gatunków miejsca. Część buduje gniazda na ziemi wśród roślinności zielnej (np. trznadel), inne wykorzystują niższe partie drzew i krzewów (gąsiorek), a część gnieździ się w dziuplach drzew (sikory, wróble). Wszystkie one w okresie wychowu piskląt potrzebują dużo pokarmu, głównie owadów (nawet wróble karmią swe młode pokarmem owadzi). Jest on dostępny przede wszystkim na przyległych polach, a są nim także duże gatunki roślinożerne. Na przykład w pokarmie dzierzby gąsiorka (Ryc. 6.5.) znaczny udział mają pasikoniki, pluskwiaki i chrząszcze, będące w większości potencjalnymi szkodnikami roślin uprawnych (TRYJANOWSKI i in. 2003). Liczba par lęgowych ptaków jest wprost proporcjonalna do ilości zadrzewień w krajobrazie.



Ryc. 6.5. Pająki i ptaki (gąsiorek, *Lanius collurio*) to przykłady zwierząt występujących licznie w zadrzewieniach śródpolnych i jednocześnie przyczyniających się do redukcji liczebności owadów roślinożernych – szkodników upraw (fot. Krzysztof Kujawa)

Obecność drobnych zbiorników wodnych, tzw. oczek wodnych, wzbogaca krajobraz o dużą liczbę tych gatunków, które rozwój przechodzą w środowisku wodnym. Należy tu wiele owadów, takich jak: niektóre muchówki, chrząszcze, pluskwiaki, ważki, jętki, motyle, a z kręgowców wszystkie płazy (Ryc. 6.6). Z wodą związane są ściśle również niektóre gady i wiele gatunków ptaków.



Ryc. 6.6. Małe śródpolne zbiorniki wodne są ostoją wielu gatunków wodnych (fot. Krzysztof Kujawa)

Krajobraz oraz jego części pełnią określone funkcje na rzecz społeczeństw ludzkich. W przypadku jednostronnej eksploatacji następują duże zmiany w funkcjonowaniu ekosystemów, co wpływa na jakość „funkcji usługowych” charakterystycznych dla krajobrazu wiejskiego, takich jak:

(w kolejności alfabetycznej):

- a. funkcja archiwum i dziedzictwa kulturowego,
- b. funkcja hydrologiczna,
- c. funkcja kontroli zanieczyszczeń,
- d. funkcja łącznikowa,
- e. funkcja magazynowa,
- f. funkcja produkcyjna (Ryc. 6.7),
- g. funkcja przestrzeni życiowej człowieka,
- h. funkcja przestrzeni życiowej roślin i zwierząt,
- i. funkcja regulacji topoklimatu.



Ryc. 6.7. Głowiaste wierzby stanowią przykład zrównoważonego wykorzystywania zasobów naturalnych – przycinanie co kilka lat pędów nie powoduje zamierania drzewa, a jednocześnie stanowi źródło drewna (fot. Krzysztof Kujawa)

Na obszarach wiejskich o intensywnej produkcji rolniczej tylko funkcja produkcyjna ulega maksymalizacji kosztem pozostałych funkcji, a w wyniku tego dochodzi do uproszczenia struktury przestrzennej (tworzenia pól wielkoobszarowych), zanieczyszczenia wód i gleb, zachwiania stosunków wodnych, wzmożenia erozji, spadku różnorodności biologicznej i nasilenia innych zjawisk określanymi jako degradacja krajobrazu.

Krajobraz użytkowany przez człowieka powinien nie tylko spełniać funkcję produkcyjną, ale także umożliwić zachowanie różnorodności biologicznej i stwarzać warunki do przemieszczania się osobników z różnych grup ekologicznych poprzez krajobraz. Taki krajobraz powinien się składać z nielicznych dużych płatów ekosystemów o charakterze zbliżonym do naturalnego, pól uprawnych poręczanych korytarzami ekologicznymi i niewielkich obszarów z roślinnością spontaniczną wzdłuż głównych granic krajobrazowych (topograficznych, hydrograficznych, geologicznych, siedliskowych).

Aby krajobraz wiejski spełniał jak najwięcej funkcji, w jego skład, obok użytków rolnych, sieci osadniczej i drogowej, powinny także wchodzić zadrzewienia i zalesienia, siedliska przyrodnicze (nie wielkie ekosystemy o charakterze naturalnym i półnaturalnym), korytarze ekologiczne, strefy buforowe i bariery biogeochemiczne oddzielające poszczególne elementy krajobrazu i chroniące je przed niekorzystnymi oddziaływaniami gospodarki rolnej.

Strefy buforowe i bariery biogeochemiczne są niezbędne dla ochrony wód zlewni przed zanieczyszczeniami obszarowymi. Najczęściej system barier biogeochemicznych jest tworzony w postaci zadrzewień śródpolnych, środowisk trawiastych (pasma łąk) i szuwarowych wzdłuż drobnych cieków i rowów melioracyjnych. Strefy buforowe są doskonałą formą ochrony wszelkich środowisk trwałych, półnaturalnych, w miarę gęsto rozsianych w dobrze zorganizowanym krajobrazie. Powinny one przylegać do wszystkich takich ekosystemów, oddzielając je od gruntów uprawnych i stanowiąc barierę głównie dla zanieczyszczeń chemicznych wytwarzanych przez intensywne rolnictwo (Ryc. 6.8). Jako strefy buforowe w ogólniejszym znaczeniu rozumieć można wszystkie bariery ochraniające ekosystemy cenne przyrodniczo i izolujące je od negatywnych wpływów agrotechnicznych. Mogą to być więc także zadrzewienia chroniące zbiorniki wodne.



Ryc. 6.8. Pas roślinności szuwarowej wraz z łąkami przylegającymi do zbiornika wodnego (torfiarka k. Jurkowa w Wielkopolsce) ogranicza ilość biogenów docierających tu z terenów uprawnych i zabezpiecza go przed degradacją, na przykład z powodu gwałtownej eutrofizacji (fot. Krzysztof Kujawa)

W polskim krajobrazie rolniczym obserwuje się też pewne przekształcenie, wywołane między innymi zmianami ludnościowymi (spadek gęstości zaludnienia na obszarach wiejskich spowodował spadek udziału pól ornych) oraz ekonomicznymi i technicznymi (zmniejszenie wykorzystania gleb lekkich i mniej żyznych a bardziej ciężkich, żyznych wykorzystujących bardziej zaawansowany sprzęt) oraz upraszczanie struktury wywołane intensyfikacją rolnictwa, także w związku z wejściem Polski do Unii Europejskiej.

Obecnie w rozwoju krajobrazów rolniczych Europy realizowane są nowe kierunki działań. Pierwszy to próba zachowania elementów półnaturalnych w krajobrazie rolnictwa intensywnej i tradycyjnej. Jej celem jest utrzymanie lub odtworzenie mozaiki krajobrazowej. Drugi kierunek to ograniczenie powierzchni zajętej przez rolnictwo bardzo intensywne i minimalizacja szkód środowiskowych. Trzeci kierunek związany jest z propagowaniem tzw. rolnictwa ekologicznego, związanego z dużym nakładem pracy ludzkiej i przy minimalnym użyciu środków chemicznych. Ostatnia tendencja to zaniechanie gospodarki rolnej (nieopłacalnej ekonomicznie) na dużych obszarach i przekształcanie jej w inne formy pokrycia terenu, co w rezultacie prowadzi do powstawania rozproszonej zabudowy albo przeciwnie – wielkopowierzchniowych zalesień. Takie przemiany powodują uproszczenie struktury przestrzennej krajobrazu, a czasami też spadek różnorodności biologicznej.

Zmiana struktury i funkcjonowania krajobrazu rolniczego oraz jego poszczególnych elementów, mechanizacja i chemizacja struktury upraw mogą powodować:

- zmiany składu mechanicznego, struktury fizycznej i chemizmu gleby (np. może się tworzyć podszwa płużna) i zubożenie żyzności gleby;
- zanieczyszczenie pestycydami i eutrofizację wód;
- spadek zróżnicowania upraw (specjalizacja gospodarstw);
- zanik niewykorzystanych gospodarczo fragmentów siedlisk;
- zmiany składu gatunkowego fauny.

Literatura

RICHLING A., SOLON J. (2011): Ekologia krajobrazu, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

KARG J. (2015): „Akademia Talentów Przyrodniczych” – podwyższenie jakości kształcenia kompetencji naukowych w szkołach ponadgimnazjalnych w ramach przedmiotu ekologia krajobrazu, Poznań.

PROJEKT: JAK ZMIENIA SIĘ KRAJOBRAZ?

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- uświadczenie problemu zagrożeń krajobrazu wywołanych działalnością człowieka i potrzeby ochrony oraz kształtowania przestrzeni przyrodniczej zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju.

Opis projektu

Aby przeciwdziałać negatywnym zmianom w różnorodnych typach krajobrazu, należy odpowiednio go chronić i kształtować, np. w sposób czynny (w terenie), a także planując jego kształtowanie i ochronę poprzez obserwacje jego struktury za pomocą map i zdjęć lotniczych oraz satelitarnych. Przydatnym narzędziem w analizach przekształceń krajobrazu wykorzystującym materiały kartograficzne jest System Informacji Geograficznej (GIS). Bazując na informacjach przestrzennych w postaci elektronicznej (wektorowej), pozwala on na bardzo precyzyjne analizy i porównania, na przykład zmian zagospodarowania terenu w ostatnich pięćdziesięciu latach. Natomiast skojarzone z GIS narzędzia nawigacji GPS dają możliwość pozyskiwania informacji o lokalizacji interesujących nas obiektów w terenie i gromadzenie ich w odpowiednim programie typu GIS razem z innymi danymi przestrzennymi.

Materiały i narzędzia

- urządzenie GPS (dodatkowo urządzenia GPS wbudowane w telefon komórkowy),
- oprogramowanie Quantum GIS (program darmowy dostępny w Internecie),
- komputery z dostępem do Internetu,
- zdjęcia lotnicze i ortofotomapa badanego terenu,

- archiwalna mapa topograficzna w skali 1 : 10 000 (forma analogowa i zeskanowana),
- dane przestrzenne w formie wektorowej (zabudowa, ciek i zbiorniki wodne, lasy, łąki i pastwiska, sady, zadrzewienia śródpolne, drogi i linie kolejowe, poziomicze).

Jak sprawdzić zmiany w krajobrazie i jego wartość przyrodniczą?

Wariant podstawowy

Wykorzystując oprogramowanie Quantum GIS, otworzyć archiwalną mapę topograficzną oraz zdjęcie lotnicze i obserwować stan zalesienia badanego terenu. Kolejnym krokiem jest nałożenie warstw wektorowych, m. in. z lasami, co pozwala na porównanie stanu obecnego z przeszłym.

Znając topografię terenu, należy udać się tam z urządzeniem GPS. Celem zwiadu terenowego jest pozyskanie informacji środowiskowej (inwentaryzacja przyrodnicza) o cennych gatunkach roślin (stanowiska roślin chronionych, starych drzew i sadów) oraz miejscach żerowania i bytowania zwierząt (gniazda i dziuple ptaków, mrowiska, wszelkie ślady zwierząt). Zadanie polega na wpisywaniu do urządzenia GPS punktów orientacyjnych (ang. waypoints), czyli lokalizacji interesującego nas zjawiska. W ten sposób obiekt taki otrzymuje współrzędne geograficzne, a w komentarzu można opisać jego cechy szczególne, np. grubość pierśnicy drzewa, nazwę gatunku itp.

Po powrocie przenosi się sieć punktów orientacyjnych (minimum 15 punktów) do oprogramowania Quantum GIS, zakładając w nim nową warstwę wektorową, na której umieszcza się punkty orientacyjne i określa na tej podstawie miejsca o większej atrakcyjności krajobrazu.

Wariant rozszerzony

Wykorzystując oprogramowanie Quantum GIS, otwiera się w nim archiwalną mapę topograficzną oraz zdjęcie lotnicze i obserwuje stan zalesienia badanego terenu. Kolejnym krokiem jest nałożenie warstw wektorowych m.in. z lasami, co pozwala na porównanie stanu obecnego z przeszłym. Zakłada się nową warstwę wektorową, na której odrysowuje się kształty powierzchni leśnych z mapy archiwalnej, pozyskując w ten sposób tzw. poligony. Operacja ta pozwala na obliczenie łącznej powierzchni lasów w przeszłości i porównanie ze stanem obecnym widocznym na dodanej wcześniej do programu warstwie wektorowej lasy.

Znając topografię terenu, należy udać się w teren z urządzeniem GPS. Celem zwiadu terenowego jest pozyskanie informacji środowiskowej (inwentaryzacja przyrodnicza) o cennych gatunkach roślin (stanowiska roślin chronionych, starych drzew i sadów) oraz miejscach żerowania i bytowania zwierząt (gniazda i dziuple ptaków, mrowiska, wszelkie ślady zwierząt). Zadanie polega na wpisywaniu do urządzenia GPS tzw. waypointów, czyli miejsc, w których istnieje interesujące nas zjawisko. W ten sposób obiekt taki otrzymuje współrzędne geograficzne, a w komentarzu do niego można opisać jego cechy szczególne, np. grubość pierśnicy drzewa, nazwę gatunku itp.

Po powrocie należy przenieść sieć punktów orientacyjnych (minimum 20 punktów) do oprogramowania Quantum GIS, zakładając w nim nową warstwę wektorową, na którą wstawia się punkty orientacyjne i określa na tej podstawie miejsca o większej i mniejszej atrakcyjności krajobrazu. Analiza ta pozwala na wyrysowanie na nowej warstwie wektorowej powierzchni o najwyższych i najniższych walorach krajobrazu. Analiza oparta jest również na pozostałych warstwach wektorowych przygotowanych do lekcji (wody, łąki, sady, zabudowa, drogi itp.).

PROJEKT: ZAPROJEKTUJ ZADRZEWIENIE CHRONIĄCE JAK NAJLEPIEJ RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNĄ I PEŁNIĄCE FUNKCJĘ PRZECIWWIETRZNĄ

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- uświadczenie potrzeby projektowania przestrzeni przyrodniczej wykorzystywanej gospodarczo,
- przedstawienie funkcji zadrzewień w krajobrazie,
- przekazanie wiedzy na temat budowy pasa zadrzewień (przekroju poprzecznego, składu gatunkowego),
- zapoznanie z warunkami środowiskowymi, które należy analizować przy wyborze typów zadrzewień (glebą, ukształtowaniem terenu, warunkami wodnymi etc.).

Zastosowane metody badawcze

1. Planując sadzenie zadrzewień, należy wziąć pod uwagę następujące warunki środowiskowe:
 - a. rodzaj gleby (żywność i wilgotność),
 - b. dominujący kierunek wiatru,
 - c. sąsiedztwo planowanych nasadzeń (użytki rolne i infrastruktury).
 Dobór gatunków do zadrzewień powinien być dostosowany do danych warunków środowiskowych. Należy użyć gatunków rodzimych.
2. Materiały i narzędzia: urządzenie GPS (dodatkowo urządzenia GPS wbudowane w telefon komórkowy), oprogramowanie Quantum GIS (program darmowy dostępny w Internecie), komputery z dostępem do Internetu, zdjęcia lotnicze i ortofotomapa badanego terenu, archiwalna mapa topograficzna w skali 1 : 10 000 (forma analogowa i zeskanowana), dane przestrzenne w formie wektorowej (zabudowa, cieki i zbiorniki wodne, lasy, łąki i pastwiska, sady, zadrzewienia śródpolne, drogi i linie kolejowe, poziomicę).
3. Przebieg badań
 - a. Wybór terenu badań i jego analiza. Wybór lokalizacji nowego nasadzenia bądź istniejącego zadrzewienia planowanego do uzupełnień. Kwestią podstawową jest analiza możliwości wykorzystania istniejących elementów topograficznych. W przypadku zaistnienia możliwości realizacji projektu i nasadzenia zadrzewienia wskazane są konsultacje w Urzędzie Gminy w kwestiach przebiegu granic i własności działek geodezyjnych.
 - b. Określenie, jakie funkcje ma pełnić planowane do uzupełnienia lub projektowane zadrzewienie (można zmodernizować już istniejące). Ważne jest np. jego położenie względem dominującego kierunku wiatrów.
 - c. Określenie warunków siedliskowych na podstawie użytkowania w obrębie bezpośrednio sąsiadujących działek. Podstawowe rodzaje użytkowania to:
 - grunty orne,
 - łąki i pastwiska, brzegi zbiorników wodnych oraz cieków względnie terenów podmokłych,
 - żwirownie, miejsca nieurodzajne (suche i piaszczyste).
 - d. Zalecany dobór rodzimych gatunków drzew do nasadzeń w zależności od siedliska:
 - grunty orne: lipa drobnolistna, dąb szypułkowy, klon jawor, klon zwyczajny, jarząb zwyczajny (jarzębina), jarząb szwedzki, grusza polna, stare odmiany drzew owocowych – jabłoni, czereśnia (na podkładkach silnie rosnących – tzw. drzewa wysokopienne). Spośród krzewów zaleca się dziką różę, śliwę tarninę, kruszynę pospolitą, trzmielinę zwyczajną, głóg jednoszyjkowy, szakłak zwyczajny i leszczynę pospolitą,
 - łąki i pastwiska, brzegi zbiorników wodnych oraz cieków, względnie terenów podmokłych: wierzba biała i krucha - w tym nasadzenia z tzw. żywokołów, olsza czarna, jesion wyniosły. Spośród krzewów zaleca się dziką bez czarną, wierzbę szarą, trzmielinę zwyczajną, kruszynę pospolitą i czeremchę zwyczajną,
 - żwirownie, miejsca nieurodzajne (suche i piaszczyste): brzoza brodawkowata, sosna zwyczajna, dąb bezszypułkowy, grusza polna, wierzba iwa. Spośród krzewów zaleca się głóg dwuszyjkowy, dziką różę i kruszynę pospolitą.
 - e. Zasady sadzenia:
 - rozmieszczenie – od strony nawietrznej (i generalnie od zewnętrznej strony) w zadrzewieniach pasowych i powierzchniowych pierwszy rząd stanowią krzewy, drugi rząd to duże drzewy (np. głóg czy leszczyna) i małe drzewa (np. jarzębina). W kolejnych rzędach powinny być sadzone wysokie drzewa,
 - rozstawa – w alejach rozstawa drzew co 10 m, w zadrzewieniach pasowych i powierzchniowych rozstawa w rzędach co 2,5–5 m, rozstawa między rzędami – co 2 m (po zwarciu się koron drzewa będą przycinane (przerzedzane).
 - f. Zasady zabezpieczenia sadzonek:
 - w przypadku zadrzewień pasowych i powierzchniowych należy zaprojektować ogrodzenie całości siatką leśną, przy rozmieszczeniu słupków co 5 m,
 - w przypadku nasadzeń liniowych należy zaprojektować użycie palików i osłonek indywidualnych – spirali ażurowych lub siatek, względnie rękawów siatkowych oraz taśmy mocującej drzewko do palika,
 - wokół szyjki korzeniowej należy uformować misę do podlewania.

PROJEKT: ZAPROJEKTOWANIE JEDNEGO ZADRZEWIENIA PASOWEGO NA BADANYM TERENIE (STWORZENIE WARSTWY WEKTOROWEJ W PROGRAMIE QUANTUM GIS)

Wariant podstawowy

Projektowanie jednego pasa, alei albo zadrzewienia liniowego. Dokonanie pomiarów z użyciem GIS i na tej podstawie obliczanie zapotrzebowania na liczbę sadzonek.

Po wstępnym rozpoznaniu kartograficznymi i w GIS należy udać się w teren. W terenie sporządza się dokumentację opisową i fotograficzną, weryfikując ustalenia kartograficzne i dokonane za pomocą GIS-u. Określanie warunków siedliskowych (jak w pkt. 4. opisu projektu). Wstępne ustalenie doboru gatunków do sadzenia. Rezultatem projektu w wariantcie podstawowym jest sporządzenie projektu zadrzewienia. Projekt taki będzie obejmował:

- a. opis lokalizacji,
- b. opis warunków siedliskowych,
- c. opis ewentualnych istniejących elementów dendroflory (gatunki drzew i krzewów),
- d. rysunek prezentujący rozplanowanie sadzonek,
- e. wykaz gatunków i zapotrzebowanie ilościowe na sadzonki i elementy zabezpieczające (paliki osłonki, słupki, siatka itp. – w zależności od potrzeb).

W zależności od czasu przeznaczanego na realizację projektu, można go zrealizować w zmniejszonym zakresie, np. od a. do c. albo od a. do d.

Wariant rozszerzony

Realizacja projektu jak w wariantcie podstawowym, lecz projektuje się co najmniej pięć pasów zadrzewień oraz w miarę możliwości poszerzenie działania o praktyczną realizację nasadzenia. W tym wariantcie konieczny jest kontakt z władzami samorządowymi w celu uzgodnienia kwestii własności działek, na których realizowane będzie nasadzenie, oraz czy nie będzie ono kolidować z planowanymi inwestycjami, np. remontem drogi czy budową sieci wodociągowej/kanalizacyjnej itp. Zaleca się tworzenie podzespołów roboczych.

PROJEKT: JAK TWORZY SIĘ NOWY EKOSYSTEM WODNY? MAŁA RETENCJA WODNA W KRAJOBRAZIE ROLNICZYM NA PRZYKŁADZIE ZBIORNIKA RYDZYNA

CELE REALIZACJI PROJEKTU

- zapoznanie z wybranymi elementami Ramowej Dyrektywy Wodnej,
- uświadomienie roli drobnych zbiorników wodnych oraz małej retencji w krajobrazie,
- budowanie świadomości ekologicznej poprzez zwrócenie uwagi na problem zanieczyszczenia bezpośredniego otoczenia zbiornika w związku z nieuregulowaną gospodarką odpadami,
- zapoznanie z podstawowymi wskaźnikami parametrów fizykochemicznych wody oraz metodami ich oceny,
- przeprowadzanie w ramach ćwiczeń terenowych pomiarów istotnych parametrów fizykochemicznych wody w badanych ekosystemach wodnych,
- wyjaśnienie istoty sukcesji roślinności wodnej w nowym zbiorniku wodnym oraz jej obserwacja i opis.

Projekt zakłada zainteresowanie się nowo powstałym ekosystemem wodnym (np. Zbiornik Rydzyna). Po teoretycznym wprowadzeniu należy prowadzić obserwacje i badania różnych elementów zbiornika, a także analizować uzyskane wyniki i wyciągać z nich wnioski. Z uwagi na specyfikę oraz tempo zmian w nowo utworzonych zbiornikach wodnych projekt powinien być kontynuowany przez kilka lat, a wyniki uzyskane w jednym roku winny stać się cennym materiałem dla następnych badań. Taki tok postępowania wskaże po kilku latach badań, w jakim kierunku postępują zmiany w badanym ekosystemie wodnym.

Wariant podstawowy

Zadanie 1. Czas realizacji: 2-3 godziny, jeden raz w miesiącu (w zależności od warunków atmosferycznych, ale należy starać się, aby odstępy między badaniami były w miarę równe).

Pobór prób wody z wyznaczonych miejsc. Za pomocą zestawu testów kolorymetrycznych AQUANAL dokonanie pomiaru takich poziomów wskaźników, jak azotany, azotyny, amoniak, fosforany i twardość wody.

Następnie wykonanie pomiaru stężenia tlenu rozpuszczonego, temperatury, przewodności elektrolitycznej właściwej oraz odczynu wody za pomocą mierników cyfrowych.

Wyniki wykonanych pomiarów wpisuje się do właściwego formularza.

Zadanie 2. Czas realizacji: 2 x w roku (czerwiec i wrzesień)

Podczas badań terenowych zbiornika Rydzyna kartuje się roślinność wynurzona i nanosi wyniki na mapę. W przypadku niewielkich zbiorników roślinności można posłużyć się odbiornikiem GPS w celu dokładnego pozycjonowania. Zadanie to wymagało będzie obejścia całego zbiornika wzdłuż linii brzegowej.

Zadanie 3. Obserwacja zmian zachodzących w bezpośrednim otoczeniu zbiornika.

Nanoszenie na mapę zbiornika i otoczenia wszelkich negatywnych i pozytywnych przejawów działalności człowieka (dzikich składowisk śmieci, ale też nowych koszy na śmieci, elementów małej architektury, miejsc rekreacji, pomostów itp.).

Wskazane byłoby też zaznaczanie na mapie roślinności rozwijającej się na brzegach zbiornika (drzewa, krzewy).

Zadanie 4. Na podstawie zebranych materiałów przygotowuje się raport z badań. Za pomocą arkusza kalkulacyjnego wykonuje się wykresy, na których na osi czasu naniesione będą wyniki analiz wskaźników fizyko-chemicznych wody. Dzięki sukcesywnemu zebraniu tych danych, następne badania będą mogły poszerzyć obserwacje, w jakim kierunku postępują zmiany w przedmiotowym zbiorniku wodnym.

Wariant rozszerzony

Zawiera wszystkie elementy wariantu podstawowego rozszerzone o następujące zadania:

- Oznaczenie składu gatunkowego roślinności zasiedlającej zbiornik (w czasie wykonywania zadania 3).
- Inwentaryzacja i pozycjonowanie za pomocą odbiornika GPS nowych rozcięć erozyjnych wózków zbiornika (wariant trudniejszy po większych opadach deszczu).
- Obserwacja ptaków przylatujących na zbiornik Rydzyna, a w późniejszym czasie liczenie gniazd oraz nanoszenie ich na mapę.
- Podczas opracowywania wyników (zadanie 5), korzystając z arkusza kalkulacyjnego, można obliczyć współczynnik korelacji pomiędzy wybranymi wskaźnikami fizyko-chemicznymi wody.

1. Metodyka badań

Badania prowadzone będą w następujących obszarach:

- Ocena parametrów fizykochemicznych wody w oparciu o gotowe testy kolorymetryczne i mierniki cyfrowe.
 - Ocena stopnia sukcesji roślinności wodnej w badanym zbiorniku. Wyniki uzyskane zostaną poprzez obserwacje terenowe i nanoszenie na mapę pojawiających się płatów roślinności wodnej. Zasiedlanie nowego zbiornika wodnego przez rośliny to proces wieloletni, dlatego wskazana jest kontynuacja projektu przez co najmniej kilka lat.
 - Obserwacja zmieniającego się otoczenia zbiornika, śledzenie wpływu człowieka, notowanie spostrzeżeń, wyciąganie wniosków.
2. Wybór obszaru badań – stanowisk pomiarowych
 Terenem badań w niniejszym projekcie będzie nowo powstały zbiornik retencyjny (np. Rydzyna, który jest zbiornikiem zaporowym utworzonym na miejscowym cieku, w bliskim sąsiedztwie Leszna).
 Stanowiska poboru prób do analizy fizyko-chemicznej wody usytuowane będą w następujących miejscach:

- stanowisko na cieku przed wpływem do zbiornika lub za jazem wpustowym,
 - stanowisko w zbiorniku,
 - stanowisko na cieku wypływającym ze zbiornika lub przed jazem wypustowym.
- Głównym celem badań będzie obserwacja stopniowego zasiedlania zbiornika przez zbiorowiska roślinności wynurzonej. Obserwowana będzie cała linia brzegowa zbiornika oraz jego otoczenie.

3. Wymagany sprzęt pomiarowy

- zestaw testów kolorymetrycznych umożliwiający pomiar takich parametrów, jak jony azotanowe NO_3 (0 - 80 mg/l), jony amonowe NH_4 (0,05 - 10,0 mg/l), jony azotynowe NO_2 (0,02 - 1,0 mg/l), jony fosforanowe PO_4 (0 - 6,0 mg/l)
- opis: służy do szybkiego pomiaru jakości wody; przeznaczony do celów edukacyjnych, szczególnie przydaje się do zajęć z biologii i ochrony środowiska; w zestawie znajdują się odczynniki do pomiaru poszczególnych związków, próbki do wykonywania testów oraz strzykawka do pobierania prób wody; zbadane próbki porównuje się z wzorami barw w tabeli dołączonej do zestawu; jeden zestaw odczynników wystarcza na ok. 50 prób; po wyczerpaniu się odczynników, jest możliwość dokupienia zestawu uzupełniającego AQ+.
- narzędzie wielofunkcyjne do przeprowadzenia czterech różnych pomiarów: pH, temperatury i dwóch różnych wartości konduktywności.
- tlenomierz – miernik tlenu rozpuszczonego [$\text{mg O}_2/\text{l}$] z możliwością odczytu procenta nasycenia wody tlenem.

4. Najlepszy okres do wykonywania badań

Badania fizykochemiczne wody oraz obserwacje zmian w otoczeniu zbiornika mogą się odbywać przez cały rok. W okresie zimowym, podczas pobierania prób wody spod pokrywy lodowej, należy zachować szczególną ostrożność. Obserwacja roślinności powinna odbywać się w okresie wegetacji. Z uwagi na to, że szczyt wegetacji przypada na miesiące wakacyjne, badania te prowadzone będą w czerwcu i wrześniu kolejnego roku kalendarzowego.

5. Czas potrzebny do wykonania badań

Z uwagi na tempo zmian w nowym ekosystemie wodnym, badania powinny być prowadzone przez co najmniej kilka lat.

Sprawdź siebie

- Uzasadnij potrzebę zainteresowania postacią Dezyderego Chłapowskiego.
- Wykaż wyjątkowość krajobrazu okolic Turwi.
- Zaprojektuj strukturę przestrzenną krajobrazu wiejskiego.
- Zaprojektuj zadrzewienia śródpolne w swojej okolicy.

SŁOWNIK

Abiotyczne elementy środowiska (ang. *abiotic components of the environment*)

Wszystkie elementy środowiska z wyjątkiem organizmów żywych.

Absorpcja aktywna (ang. *active absorption*)

Proces pobierania przez rośliny wody z gleby dzięki mechanizmowi osmotycznemu, woda dyfunduje z gleby (niższe stężenie soli) do wnętrza rośliny (wyższe stężenie soli). Woda może być też pobierana z gleby wbrew gradientowi stężeń, wówczas proces ten wymaga nakładów energetycznych. Ten mechanizm jest istotny w początkowym okresie wegetacji, gdy nie ma liści i w niskich temperaturach oraz przy braku procesu transpiracji.

Absorpcja pasywna (ang. *passive absorption*)

Proces pobierania przez rośliny wody z gleby dzięki mechanizmowi transpiracyjnemu. Intensywne parowanie wody z liści powoduje spadek potencjału wody w ich tkankach, powodując przepływ wody z korzeni do liści. Nie wymaga nakładu energetycznego przez roślinę.

Adwekcja ciepła (ang. *heat, thermal advection*)

Proces poziomego napływu energii cieplnej z miejsc cieplejszych, (np. terenów bez roślin: ściernisko, ugor) nad miejsca chłodniejsze (np. silnie transpirujące pole uprawne, zadrzewienia, las wilgotny), którego intensywność zależy od poziomego gradientu temperatury powietrza i od prędkości wiatru.

Agroekosystem (ang. *agroecosystem*)

Ekosystem sztuczny lub półnaturalny, kształtowany przez człowieka i służący produkcji rolniczej. Do agroekosystemów należą: pola uprawne, łąki, pastwiska.

Albedo (ang. *albedo*, od łac. *biel*)

Stosunek natężenia promieniowania słonecznego odbitego od danej powierzchni do natężenia promieniowania na nią padającego.

Antropofit (ang. *anthropophyte*)

Gatunek obcy naturalnej florze badanego terenu, zawleczony przez człowieka.

Aparat asymilacyjny (ang. *assimilation apparatus*)

Liście i igły roślin, a precyzyjnie – tkanki roślin zawierające chlorofil, który absorbuje promieniowanie słoneczne, aktywne fotosyntetycznie.

Antropopresja (ang. *anthropopression*)

Ogół działań człowieka (zarówno planowych, jak i przypadkowych) mających wpływ na środowisko przyrodnicze.

Archeofity (ang. *archaeophyte*)

Gatunki roślin obcego pochodzenia, zawleczone przez człowieka na dany obszar przed końcem XV wieku i trwale zadomowione.

Bilans cieplny (ang. *heat balance*)

Równanie zestawiające wszystkie strumienie energii dopływające do danego systemu i z niego odpływające. Strumienie dopływające mają znak dodatni (przychody), a odpływające znak ujemny (rozchody).

Bilans promieniowania (ang. *radiation balance*)

Równanie zestawiające wszystkie strumienie promieniowania dopływające do danego systemu (np. ekosystemu – pole, las, jezioro itp.). Są to strumienie krótkofalowego promienia słonecznego dochodzące do danego systemu i od niego odbite, jak również długofalowe promieniowanie atmosfery i powierzchni ekosystemu.

Bilans wodny (ang. *water balance*)

Równanie zestawiające wszystkie strumienie wody dopływające do danego systemu i z niego odpływające. Strumienie dopływające mają znak dodatni (przychody), a odpływające mają znak ujemny (rozchody).

Biocenoza (ang. *biocenosis*)

Ukształtowany zespół organizmów żywych określonego biotopu, wraz z którym składa się na ekosystem, stanowiący zwartą jednostkę ekologiczną będącą w stanie równowagi dynamicznej. Charakteryzuje się ona swoistym składem gatunkowym oraz określonymi stosunkami ilościowymi i ma zdolność do odtwarzania swej struktury. W skład biocenozy wchodzi zarówno zespoły roślinne, składające się na fitocenozę, jak i zwierzęce, tworzące zoocenozę.

Bioróżnorodność, różnorodność biologiczna (ang. *biodiversity, biological diversity*)

Zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów (w skali całej Ziemi lub niższych jednostek biogeograficznych) na poziomie genów, gatunków i ekosystemów.

Biosfera (ang. *biosphere*)

Strefa Ziemi zasiedlona przez organizmy żywe; przenika litosferę, hydrosferę i atmosferę.

Biotop (ang. *biotope*)

Całokształt warunków abiotycznych na względnie jednolitym fizycznie obszarze, zasiedlony przez określoną biocenozę, wraz z którą tworzy ekosystem.

Biologiczne elementy ekosystemu (ang. *biotic components of ecosystem*)

Wszystkie żywe organizmy zasiedlające ekosystem.

Bory (ang. *coniferous forests*)

Lasy iglaste w strefie umiarkowanej rosnące zwykle na kwaśnych, ubogich glebach bielicowych.

Całkowita produkcja pierwotna netto – NPP (ang. *net primary production*)

Całość materii organicznej wytworzona przez producentów w danym ekosystemie w ciągu sezonu wegetacyjnego. Do całkowitej produkcji pierwotnej netto nie wliczamy materii organicznej zsyntetyzowanej przez roślinę, ale wykorzystanej na własne potrzeby życiowe i uwolnionej w procesie respiracji, zaliczamy natomiast biomasę roślin obumierającą i rozkładającą się w trakcie sezonu wegetacyjnego.

Ciepło odczuwalne (jawne) (ang. *sensible, apparent heat*)

Strumień energii cieplnej; składnik bilansu cieplnego, który płynie z powierzchni czynnej w głąb gleby i do atmosfery, powodując zmiany temperatury tych ośrodków.

Ciepło utajone (ang. *latent heat*)

Strumień energii cieplnej transportowany w procesie ewapotranspiracji przez parę wodną, przepływający z powierzchni czynnej do atmosfery, nie powodujący zmiany temperatury powietrza do wysokości, na której zajdzie proces kondensacji i uwolnienie ciepła utajonego.

Cykl Hatcha-Slacka – fotosynteza typu C₄ (ang. *Hatch-Slack pathway*)

Alternatywny cykl asymilacji CO₂, polegający na przyłączeniu CO₂ przez fosfoenolopirogronian w komórkach mezofilu i przetransportowaniu go w postaci jabłczanu do komórek pochwy okołowiązkowej, gdzie włączany jest do cyklu Calvina. W ten sposób w komórkach pochwy okołowiązkowej utrzymywane jest stałe, wysokie stężenie CO₂, a ponadto dzięki odizolowaniu fazy jasnej, w której powstaje tlen, od cyklu Calvina nie zachodzi zjawisko fotooodychania, powodujące straty materii organicznej. Fotosynteza C₄ jest szczególnie efektywna w wysokich temperaturach i przy niskim poziomie CO₂.

Cykl hydrologiczny (ang. *hydrological cycle*)

Naturalny obieg wody na Ziemi. Obejmuje on procesy zachodzące zarówno w atmosferze (parowanie, kondensacja, opady, transport wilgoci), w biosferze (pobieranie wody i jej oddawanie w procesie transpiracji), jak i w litosferze (wsiąkanie, spływ podziemny i powierzchniowy).

Czerwone listy (ang. *red lists*)

Listy rzadkich lub zagrożonych gatunków wraz z określeniem stopnia ich zagrożenia (wg przyjętej skali).

Deficyt wody (ang. *water deficit*)

Niedobór wody nie pozwalający na pokrycie potrzeb na danym obszarze.

Degradacja środowiska (ang. *environmental degradation*)

Pogarszanie się stanu poszczególnych elementów środowiska naturalnego (powietrza, wód, gleb, rzeźby terenu, krajobrazu i innych) wskutek wzrostu liczby ludności, osadnictwa i urbanizacji oraz rozwoju działalności gospodarczej, powodujących wzrost zanieczyszczeń w stopniu przekraczającym możliwości samokompensacji przez środowisko.

Diafity (łac. *diaphytes*)

Gatunki obcego pochodzenia, przejściowo zawlekane, niezadomowione trwale.

Digitalizacja – wektoryzacja (ang. *vectorization*)

Zabieg polegający na przerysowaniu w programie typu GIS obiektów (rzeki, lasy, stacje kolejowe itp.) znajdujących się na zeskanowanej wcześniej mapie papierowej, która wyświetlona jest w tym programie. Proces ten pozwala otrzymać tę samą treść na tzw. warstwach wektorowych, dzięki którym można w jednym momencie wyliczyć m.in. powierzchnię obiektów, ich długość czy też przypisać im określone cechy.

Duży obieg wody (ang. *global water cycle*)

Krążenie wody w skali globalnej między lądem i oceanami poprzez powierzchnię Ziemi i atmosferę.

Efekt kurtynowy (ang. *wind curtain effect*)

Zmniejszenie prędkości wiatru przez przeszkodę położoną prostopadle do kierunku wiatru, np. zwartą zabudowę miejską.

Efekt szklarniowy (ang. *greenhouse effect*)

Zjawisko podwyższenia się temperatury planety powodowane obecnością gazów cieplarnianych w atmosferze. Efekt szklarniowy polega na absorpcji promieniowania cieplnego Ziemi przez „gazy szklarniowe” w atmosferze i wypromieniowania części tej energii w kierunku powierzchni Ziemi i do atmosfery.

Efekt tunelowy (ang. *tunnel effect*)

Polega na zmianie siły i kierunku wiatru w wyniku przejścia przez wydłużone, położone równoległe do kierunku wiatru formy terenu. W warunkach naturalnych może to być np. długa, wąska dolina, a w warunkach miejskich przestrzeń pomiędzy wysoką zabudową przypominającą kanion.

Ekliptyka (ang. *ecliptic*)

Wielkie koło na sferze niebieskiej, po którym w ciągu roku pozornie porusza się Słońce obserwowane z Ziemi.

Ekologia (ang. *ecology*)

Nauka zajmująca się badaniem oddziaływań pomiędzy organizmami a ich środowiskiem oraz między tymi organizmami wzajemnie.

Ekologia rozrodu (ang. *breeding ecology*)

Zbiór informacji i twierdzeń dotyczących rozrodu, najczęściej danego gatunku. Obejmuje zazwyczaj ilościowe informacje o przebiegu rozrodu, liczbie znoszonych jaj, młodych, śmiertelności młodych, systemie kojarzenia się osobników (mono- lub poligamicznym) itp.

Ekosystem (ang. *ecosystem*)

Fragment przyrody stanowiący funkcjonalną całość, w którym zachodzi wymiana materii i energii między częścią żywą – biocenozą a nieożywioną – biotopem.

Ekoton (ang. *ecotone*)

Strefa przejściowa pomiędzy sąsiadującymi ekosystemami lub biotopami (np. tajgą i tundrą). Występują w nim gatunki z obu sąsiadujących biocenoz, a także gatunki charakterystyczne tylko dla danego ekotonu, dlatego różnorodność gatunkowa w ekotonie jest większa niż na obszarach, które dany ekoton rozdziela.

Energia (ang. *energy*)

Jest to zdolność do oddziaływania między dwoma układami fizycznymi, najczęściej rozumiana jako zdolność do wykonania pracy.

Energia cieplna (ang. *thermal energy*)

Suma energii ruchu wszystkich elementów układu z wyłączeniem ruchu układu jako całości. Średnia energia ruchu cząstek układu jest wielkością decydującą o temperaturze układu.

Energia kinetyczna (ang. *kinetic energy*)

Energia związana z masą i prędkością poruszającego się ciała.

Energia masy (ang. *mass energy*)

Energia związana z masą danego ciała, szczególnie energia kinetyczna i potencjalna.

Energia potencjalna (ang. *potential energy*)

Energia związana z położeniem rozpatrywanego układu względem układu odniesienia oraz energia zgromadzona w układzie fizycznym, np. energia sprężyny lub energia wiązań chemicznych.

Eutrofizacja (ang. *eutrophication*)

Proces wzrostu żyzności zbiorników wodnych, w wyniku którego następuje masowy rozwój fitoplanktonu, roślinności wynurzonej i zanurzonej. Prowadzi to do nagromadzenia się osadów dennych w postaci mułu. Nadmierna eutrofizacja traktowana jest jako zanieczyszczenie, ponieważ jest przyczyną niekorzystnych zmian w ekosystemie (np. jeziorze), takich jak ubytki tlenu umożliwiające rozwój bakterii beztlenowych, które wytwarzają siarkowodor, niszczący życie na dnie zbiorników wodnych. Główną rolę w eutrofizacji wód odgrywają fosforany.

Ewapotranspiracja (ang. *evapotranspiration*)

Proces jednoczesnego parowania fizycznego i transpiracji, np. parowanie pola uprawnego.

Flora (ang. *flora*)

Ogół gatunków roślin zamieszkujących w określonym czasie dany obszar. Może to być flora współczesna, np. obecna flora Polski, jej poszczególnych regionów, Europy itp. albo flora dawnych okresów geologicznych, np. flora okresu lodowcowego.

Fotosynteza (ang. *photosynthesis*)

Proces przekształcenia materii nieorganicznej w biomasę przy udziale energii słonecznej, którego efektem jest synteza związków organicznych (w pierwszym rzędzie węglowodanów) ze związków nieorganicznych – dwutlenku węgla i wody. Przeprowadzające go organizmy nazywamy fotoautotrofami.

Fragmentacja środowisk lub ekosystemów (ang. *habitat or ecosystem fragmentation*)

Zmiana polegająca na tym, że powierzchnia danego fragmentu środowiska (ekosystemu) zmniejsza się, a ponadto zostaje ono podzielone na dwa lub kilka fragmentów (płatów), które są rozdzielone powierzchniami użytkowanymi przez człowieka lub zajęte przez towarzyszące mu zbiorowiska gatunków synantropijnych. Fragmentacja obejmuje zatem następujące ilościowe zmiany w strukturze krajobrazu: zmniejszenie całkowitej powierzchni danego środowiska, zwiększanie się liczby jego fragmentów w wyniku rozdzielania dużych obszarów na mniejsze i zmniejszanie się średniej powierzchni fragmentu środowiska danego typu.

Gatunki efemeryczne (ang. *ephemeral species*)

Gatunki, które mogą być obserwowane przez krótki czas, np. postać dorosła jętki lub owocniki niektórych grzybów występujące tylko w ciągu kilku dni lub nawet godzin.

Gatunki eurytopowe (ang. *eurytopics species*)

Gatunki niewyspecjalizowane w zakresie tolerowanych warunków środowiska (np. sosna zwyczajna, zięba, muchomor czerwony).

Gatunki inwazyjne (ang. *invasive species*)

Gatunki, których wprowadzenie do środowiska i rozprzestrzenienie się może zagrażać różnorodności biologicznej lub pociąga za sobą inne nieprzewidziane konsekwencje. Oddziałują negatywnie poprzez konkurencję, drapieżnictwo lub przekazywanie patogenów oraz zakłócanie funkcjonowania ekosystemów. Wydają liczne potomstwo rozprzestrzeniające się na duże odległości. Wnikają gwałtownie do ekosystemów naturalnych i eliminują z nich gatunki rodzime (np. nawłoc kanadyjska, czeremcha amerykańska, norka amerykańska, żółw czerwonołody).

Gatunki konserwatywne (ang. *conservative species*)

Gatunki o małej zdolności do adaptacji (przystosowania się) do zmian w środowisku (np. drop, orzeł przedni, mikołajek nadmorski).

Gatunki kosmopolityczne (ang. *ubiquistic species*)

Gatunki, których zasięg geograficzny obejmuje cały świat (np. wróbel).

Gatunki plastyczne (ang. *plastic species*)

Gatunki o dużej zdolności do adaptacji (przystosowania się) do zmiennych warunków środowiska (np. wróbel, lis, jenot, pokrzywa zwyczajna).

Gatunki rodzime (ang. *native species*)

Gatunki miejscowego pochodzenia; w polskich opracowaniach dotyczących flory określane jako spontaneofity. Wyróżnia się wśród nich spontaneofity niesynantropijne – gatunki rodzime, niezajmujące trwale siedlisk antropogenicznie przekształconych (np. buławnik wielkokwiatowy), oraz spontaneofity synantropijne, czyli apofity – gatunki rodzime, zajmujące trwale takie siedliska (np. fiołek wonny).

Gatunki stenotopowe (ang. *stenotypic species*)

Gatunki o wąskim zakresie tolerowanych warunków środowiska (np. szarotka alpejska, bagno zwyczajne, dzięcioł trójpalczasty).

Georóżnorodność (ang. *geodiversity*)

Różnicowanie powierzchni Ziemi obejmujące aspekty geologiczne, geomorfologiczne, glebowe, wody powierzchniowe oraz systemy ukształtowane w wyniku naturalnych procesów (endo- i egzogenicznych) oraz działalności człowieka.

GIS (ang. *Geographical Information System*)

Zbiór narzędzi informatycznych służący prowadzeniu analiz wybranego fragmentu powierzchni Ziemi przy wykorzystaniu szeregu danych przestrzennych. System służy również budowaniu zasobów danych przestrzennych. GIS pozwala na opracowywanie różnego rodzaju map prezentujących zebrane wcześniej i magazynowane w oprogramowaniu dane przestrzenne.

Glacjał (ang. *glacial period*)

Zlodowacenie. Okres, w czasie którego znaczne obszary Ziemi pokryte są lądolodem.

Gradient temperatury (ang. *temperature gradient*)

Pionowa lub pozioma zmiana temperatury w jednostce odległości.

Gutacja (ang. *guttation*)

Zjawisko wydzielania przez roślinę kropel wodnych roztworów soli mineralnych i związków organicznych w warunkach silnego parcia korzeniowego i słabej transpiracji.

Heterogeniczność krajobrazu (ang. *landscape heterogeneity*)

Urozmaicona struktura krajobrazu polegająca na obecności wielu różnorodnych pod względem rodzaju, wielkości i kształtu elementów.

Homogeniczność krajobrazu (ang. *landscape homogeneity*)

Monotonna, ujednoczona struktura krajobrazu polegająca na obecności wielkoarealowych fragmentów danego typu środowiska oraz małym zróżnicowaniu środowisk występujących w danym fragmencie krajobrazu.

Homogenizacja przyrody (ang. *biotic homogenization*)

Zmniejszanie się różnic w składzie gatunkowym regionów i środowisk na skutek zanikania gatunków rzadkich, wyspecjalizowanych na rzecz gatunków wszędobylskich, mało wyspecjalizowanych, zwykle bardzo plastycznych.

Hydrologiczne zjawiska ekstremalne (ang. *hydrological extreme events*)

Zjawiska obejmujące gwałtowne wezbrania wód, powodzie itp.

Hydrosfera (ang. *hydrosphere*)

Wodna powłoka ziemi przenikająca litosferę i atmosferę. Występuje w trzech stanach skupienia: ciekłym stałym i gazowym.

Infiltracja (ang. *infiltration*)

Grawitacyjne przemieszczanie wód powierzchniowych oraz opadowych w głąb skorupy ziemskiej. Zależy od przepuszczalności gruntów, morfologii terenu, szaty roślinnej, wilgotności powietrza, nasycenia wodą środowiska skalnego, przemarzania gruntu, działalności człowieka i klimatu. Odgrywa decydującą rolę w odnawianiu zasobów wód podziemnych.

Intercepcja (ang. *interception*)

Przechwytywanie wody opadowej przez rośliny.

Interglacjał (ang. *interglacial*)

Interglacjał (okres międzylodowcowy lub okres interglacjalny) to okres między dwoma glacjałami, w którym wskutek wzrostu temperatury, powierzchnia lodowca cofa się lub ustępuje z danego obszaru. Charakteryzuje się on również wzrostem poziomu oceanu światowego i przesuwaniem się stref roślinnych ku biegunom.

Inwazja biologiczna (ang. *biological invasion*)

Liczne lub masowe pojawianie się gatunków nowych dla danego obszaru, często na skutek przenoszenia i zawlekania obcych gatunków poza ich naturalne zasięgi; zwykle szkodliwe dla rodzimej różnorodności biologicznej, gospodarki i komfortu życia ludzi.

Irradiancja (ang. *irradiance*)

Strumień promieniowania na jednostkę powierzchni. W odniesieniu do promieniowania słonecznego irradiancja jest często nazywana natężeniem lub intensywnością. Jednostką w układzie SI jest wat na metr kwadratowy (W/m²).

Kenofity (łac. *kenophytes*)

Gatunki obcego pochodzenia, które przybyły i zdomowały się trwale po XV wieku.

Klasyfikacja geograficzno-historyczna (ang. *flora classification*)

Klasyfikacja powszechnie stosowana w Polsce do analizy flory wyodrębniająca w niej grupy na podstawie pochodzenia, sposobu i czasu przybycia oraz stopnia zdomowienia roślin.

Klęska żywiołowa (ang. *disaster*)

Ekstremalne zjawisko naturalne powodujące znaczne szkody na terenie nim objętym, pozostawiające po sobie często zmieniony obraz powierzchni Ziemi. Wyrządza ono również wysokie straty w gospodarce człowieka, może przemodelować stan przyrody, a nawet zagrażać życiu ludzkiemu. Do klęsk żywiołowych zaliczamy: powodzie, susze, rozległe pożary, trzęsienia ziemi, wybuchy wulkanu, tsunami, huragany, tornada, obfite opady śniegu oraz lawiny śnieżne, ekstremalny upał lub mróz, szczególnie w dłuższym okresie, osuwiska ziemi, katastrofy kosmiczne – upadek meteorytu, eksplozja meteoru, wybuch bliskiej supernowej.

Klimat (ang. *climate*)

Charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych kształtujących się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru, określony na podstawie wieloletnich obserwacji.

Kompensacja wielkości produkcji pierwotnej (ang. *compensation depth of primary production*)

Zjawisko wyrównywania się wielkości produkcji pierwotnej w obrębie określonej strefy klimatycznej. Spowodowane jest tym, że w dłuższych okresach w obrębie danej strefy klimatycznej, w większości ekosystemów, produkcję ograniczają te same czynniki środowiska, z podobnym nasileniem.

Kontekst krajobrazowy (ang. *landscape context*)

W żargonie ekologii krajobrazu: struktura krajobrazu wokół danego rozpatrywanego elementu lub typu środowiska.

Konwekcja (ang. *convection*)

Proces pionowego przenoszenia energii i masy przez poruszające się masy cieczy lub gazu.

Korytarz ekologiczny (ang. *ecological corridor*)

Element krajobrazu umożliwiający przemieszczanie się gatunków pomiędzy odległymi fragmentami środowisk lub osobnikami między rozproszonymi fragmentami danej populacji (np. doliny rzeczne, zadrzewienia śródpolne).

Krajobraz rolniczy (ang. *agricultural landscape*)

Typ krajobrazu kulturowego ukształtowany pod wpływem działalności rolniczej. To krajobraz m.in. pól uprawnych powstałych w wyniku wypalania lub karczowania lasów w celu uprawy zbóż, roślin okopowych itp. oraz ukształtowany w skutek wieloletniego użytkowania rolniczego. Krajobrazy rolnicze charakteryzują się fauną i florą w znacznym stopniu zorganizowaną i kontrolowaną przez człowieka. Wpływ na gleby jest tu również bardzo silny poprzez melioracje, nawożenie i stosowanie środków ochrony roślin.

Kriosfera (ang. *cryosphere*)

Część hydrosfery obejmująca wodę w stanie stałym.

Kutikula (ang. *cuticle*)

Zewnętrzna cienka warstwa pokrywająca wszystkie organy rośliny (z wyjątkiem organów drewniejących), której głównym zadaniem jest ochrona przed nadmierną transpiracją.

Lasy grądowe – grądy (ang. *oak-hornbeam forests*)

Wielogatunkowe lasy liściaste nizin i pogórza. Dominują w nich grab zwyczajny i dęby, a domieszkę tworzą klony, wiązy, lipa drobnolistna i jesion zwyczajny.

Lasy łęgowe – łęgi (ang. *ash-alder forests*)

Lasy występujące w dolinach rzek; w dolinach małych rzek olszowe, jesionowe i wiązowe; w dolinach dużych rzek wierzbowo-topolowe. Obszary przez nie dawniej zajmowane zostały przeważnie odlesione i zagospodarowane jako tzw. użytki zielone.

Makroklimat (ang. *macroclimate*)

Klimat stref geograficznych, kontynentów, oceanów o względnie jednorodnych czynnikach geograficznych oraz ogólnej cyrkulacji atmosfery.

Mała retencja wodna (ang. *small water retention*)

Całokształt antropogenicznych działań prowadzących do okresowego gromadzenia i przetrzymywania wody w całej zlewni, nie obniżając jej jakości, co chroni przed skutkami nadmiaru i niedoboru wody, zapewniając większą dyspozycyjność zasobów wodnych. Efektywność tych działań zapewnia budowa niewielkich urządzeń piętrzących lub odpowiednia uprawa i stosowanie gatunków roślin ograniczających zużycie wody, zwiększających zasoby wód glebowych.

Mały obieg wody (ang. *local water cycle*)

Krążenie wody pomiędzy lądem i atmosferą lub oceanami i atmosferą.

Meteorologiczne zjawiska ekstremalne (ang. *meteorological extreme events*)

Gwałtowne i intensywne opady, silne wiatry, burze, sztormy, tornada, cyklony tropikalne.

Mezoklimat (ang. *mesoclimate*)

Klimat niewielkiego regionu geograficznego, małego obszaru Ziemi o wymiarach liniowych rzędu 10–100 km, charakteryzujący się wewnętrzną jednorodnością oraz odrębnością w odniesieniu do warunków.

Mezofil (ang. *mesophyll*)

Tkanka roślinna występująca w blaszce liściowej między górną a dolną skórką.

Mikroklimat (ang. *microclimate*)

Klimat niewielkiego obszaru o powierzchni od kilku do kilkuset metrów kwadratowych o właściwościach różniących dany obszar od klimatu otaczającego środowiska, np. mikroklimat wąwozu, skraju lasu, brzegu jeziora czy korony drzewa.

Mikroobieg (ang. *microcirculation*)

Obieg wody wewnątrz szaty roślinnej. Parująca z gleby woda kondensuje na liściach i spada z powrotem na ziemię. Bardzo ważny proces polegający na zmniejszeniu udziału parowania fizycznego w transpiracji szaty roślinnej.

Mitygacja (ang. *mitigation*)

Przeciwdziałanie, obniżanie prawdopodobieństwa wystąpienia określonej sytuacji (zagrożenia, zjawiska itd.), bądź minimalizacji skutków zaistnienia sytuacji niepożądanych.

Motyle dzienne (ang. *butterflies*)

Grupa motyli wyróżniona w sposób sztuczny, tj. nie pokrywający się z systematyką motyli. Aktywne od wschodu do zachodu słońca. Mają zwykle duże, kolorowe skrzydła, buławkowato zakończone czułki i smukłą budowę ciała. Charakteryzują się chwiejnym lotem, utrudniającym skuteczny atak drapieżnika.

NATURA 2000 (ang. *Nature 2000*)

Jedna z form ochrony przyrody w Polsce. Pojawiła się w związku z przystąpieniem Polski w 2004 roku do Unii Europejskiej. Obszary Natura 2000 wyznaczane w Polsce są częścią Europejskiej Sieci Natura 2000. Celem utworzenia tej sieci jest zachowanie różnorodności biologicznej krajów Unii Europejskiej poprzez ochronę siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej flory i fauny na jej terytorium. Europejskie podstawy prawne wyznaczania obszarów NATURA 2000 zawarte są w Dyrektywie Ptasiej w sprawie ochrony dzikiego ptactwa oraz Dyrektywie Siedliskowej (Dyrektywa Habitatowa) dotyczącej ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory.

Oceaniczna cyrkulacja termohalinowa (ang. *thermohaline circulation*)

Globalna cyrkulacja oceanu spowodowana zmianami gęstości wody w zależności od stężenia soli i temperatury wody. Przymiotnik termohalinowy (z greckiego) składa się z dwóch członów: termo – odnoszącego się do temperatury i halin – związanego z zawartością soli.

Odnawialne zasoby wodne (ang. *renewable water sources*)

Zasoby uzupełniane dzięki naturalnym czynnikom zasilania.

Odptyw niżówkowy (ang. *low water outflow*)

Występuje podczas przepływów najniższych w rzekach. Za niżówkę rzeczną przyjmuje się okres występowania niskich stanów wody lub przepływów wywołanych ograniczonym zasilaniem koryta. Zjawisko to identyfikuje się najczęściej na podstawie umownie przyjmowanego przepływu granicznego.

Odptyw wezbraniowy (ang. *high water outflow*)

Zjawisko występujące podczas wezbrania rzeczno-jeziornego, które definiowane jest zazwyczaj jako gwałtowne podniesienie stanu wody lub przepływu wywołane wzmożonym zasilaniem.

Oscylacja Południowa – ENSO (ang. *El Niño/Southern Oscillation*)

Termin „oscylacja południowa” określa wahania ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza między północną Australią a środkowym Pacyfikiem. Pobieranie ciepła z atmosfery przez ocean dominuje w fazie La Niña, a oddawanie ciepła z oceanu do atmosfery przeważa w fazie El Niño. W okresach El Niño (cieplej fazy) obserwujemy wyższą, a w okresach La Niña (zimnej fazy) niższą temperaturę globalną. Zatem cykl ENSO składa się z dwóch faz: cieplej El Niño (hiszp. chłopczyk) i chłodnej La Niña (hiszp. dziewczynka). Podczas każdej z tych faz cyklu ENSO następuje intensywne wymiana ciepła między oceanem a atmosferą, a to wpływa na temperaturę w skali kontynentalnej, a nawet globalnej, wyjaśniając znaczną część wahań klimatu.

Oscylacja Północnoatlantycka – NAO (ang. *North Atlantic Oscillation*)

Fluktuacja różnicy ciśnienia atmosferycznego, mierzonego na poziomie morza, pomiędzy Niżem Islandzkim a Wyżem Azorskim. Miarą intensywności NAO jest tzw. indeks NAO. Dodatnia faza tego indeksu występuje, gdy wyższej wartości ciśnienia w Wyżu Azorskim towarzyszy niższa wartość ciśnienia w Niżu Islandzkim. Prowadzi to do generowania silnych zimowych sztormów na północnym Atlantyku. W Europie panują wówczas ciepłe i wilgotne zimy. Ujemna faza NAO występuje, gdy słabnie Wyż Azorski, a Niż Islandzki wypłyca się. Wilgotne powietrze napływa wówczas w rejon Morza Śródziemnego, a zimne – gwałtownie wdziera się nad Europę, przynosząc śnieżną zimę.

Parcie korzeniowe (ang. *root pressure*)

Zjawisko aktywnej absorpcji wody przez korzenie i jej wypychanie do wiązek naczyniowych. Przy braku transpiracji prowadzi to do zjawiska gutacji.

Parowanie (ang. *evaporation*)

Przechodzenie wody ze stanu ciekłego w stan gazowy. Odwrotne zjawisko to kondensacja. W procesie parowania energia jest zabierana z powierzchni parującej (ciepło utajone parowania), która uwalnia się w procesie kondensacji. Przechodzenie wody ze stanu stałego w parę wodną nazywa się sublimacją, a proces odwrotny – resublimacją.

Pierwiastki biogenne (ang. *biogenic elements*)

Wszelkie sole mineralne potrzebne do rozwoju żywych organizmów. Należą do nich makroelementy, pobierane przez organizmy w dużych ilościach, i mikroelementy, pobierane w niewielkich ilościach. W hydrobiologii, mówiąc o pierwiastkach biogenych, mamy na myśli głównie nieorganiczne związki azotu i fosforu, które w nadmiarze oddziałują bardzo niekorzystnie na ekosystem wodny.

Płat (ang. *patch*)

Jednolity pod względem struktury fragment środowiska danego typu otoczony środowiskami odmiennymi.

Pochwa okołowiązkowa (ang. *bundle sheath*)

Grupa komórek otaczających wiązkę przewodzącą w liściu.

Potencjał wody (ang. *water potential*)

Wielkość określająca pracę, jaką musi wykonać roślina, aby pobrać z gleby wodę, która jest poddana działaniu różnych sił ją wiążących. Potencjał wody niepoddanej działaniu żadnych sił przyjmuje się za równy zeru, dlatego potencjał wody w jakiegokolwiek innej sytuacji jest zawsze ujemny. Żeby woda przepływała z gleby do rośliny, potencjał wody w glebie musi być wyższy niż w roślinie.

Powierzchnia czynna (ang. *active surface*)

Każda powierzchnia, przez którą przepływa energia i materia, ulegając transformacji. Na przykład energia promieniowania, padając na powierzchnię ziemi, ulega transformacji w energię cieplną, płynąc dalej w głąb ziemi lub jest wypromieniowywana jako promieniowanie długofalowe.

Powódź, woda stuletnia, powódź stulecia (ang. *a 100-year flood/water*)

Termin „woda/powódź stulecia” oznacza wyjątkowość tego zjawiska, natomiast nie określa, kiedy możemy się go spodziewać w przyszłości. Obserwacje wodowskazowe pozwalają na sporządzenie cią-

gów stanów bądź przepływów na podstawie rocznych wielkości maksymalnych i maksymalnych wartości poszczególnych wezbrań pojawiających się kilkakrotnie w ciągu roku w badanym okresie N lat. Jeżeli dany zbiór zostanie uporządkowany w ciąg o wyrazach rosnących bądź malejących, to wówczas każdemu elementowi możemy przypisać odpowiednie prawdopodobieństwo wystąpienia. Na podstawie tych danych sporządza się wykres i odczytuje wartości stanu bądź przepływu o charakterystycznym prawdopodobieństwie wystąpienia. I tak przepływ (stan) stulecia oznacza, że jego prawdopodobieństwo wystąpienia wynosi raz na sto lat, pięćdziesięciolecia – dwa razy na sto lat, dwulecia – pięćdziesiąt razy na sto lat, czyli co dwa lata. Jednak należy pamiętać, że wystąpienie jednej powodzi stulecia nie wyklucza pojawienia się takiej powodzi za rok czy dwa lata.

Poziom wody (ang. *water stage*)

Poziom wody uzyskamy, jeśli odczyt stanu wody dodamy do rzędnej wodowskazu. Na przykład stan wody w rzece wyniósł: 120 cm = 1,20 m. „Rzędna zera” wodowskazu wynosi 15,50 m n.p.m. Poziom wody wynosi: 16,70 m n.p.m.

Proces naturalnego starzenia się jezior (ang. *natural lake development*)

Polega na ich wypłycaju wskutek wypełnienia materią organiczną pochodzącą ze szczątków roślinności wodnej (hydrofitów) i błotnej (helofitów). Kolejnymi etapami zarastania jezior są: powstanie mokradła (bagna, trzęsawiska lub moczaru), torfowiska i podmokłej łąki.

Promieniowanie (ang. *radiation*)

Przekazywanie energii w postaci fali elektromagnetycznej niewymagające ośrodka przekazującego.

Promieniowanie aktywne fotosyntetycznie – PAR (ang. *photosynthetically active radiation*)

Zakres promieniowania słonecznego możliwy do wykorzystania w procesie fotosyntezy. PAR obejmuje światło w zakresie od niebieskiego poprzez żółte i zielone do czerwonego (od 0,2 do 0,7 m). Rośliny zielone wykorzystują przede wszystkim światło czerwone, a żyjące w głębinach morskich krasnorosty – niebieskie.

Promieniowanie cieplne (ang. *thermal radiation*)

Promieniowanie, którego parametry określa temperatura ciała promieniującego.

Przewodzenie (ang. *conduction*)

Przekazywanie energii cieplnej od jednego punktu do drugiego w nieporuszającym się ośrodku, np. w glebie.

Próba (ang. *sample*)

Pewna liczba osobników pobranych podczas prowadzenia badań za pomocą odpowiedniego sprzętu (np. pułapek) albo zarejestrowana podczas prowadzenia obserwacji. Wiele prób służy do ilościowego opisanego badanego zgrupowania organizmów lub populacji danego gatunku.

Pula gatunków (ang. *species pool*)

Grupa gatunków występujących w danym miejscu (środowisku, wycinku krajobrazu, regionie kontynentu, w zależności od skali prowadzonych badań).

Retencja wodna (ang. *water retention*)

Zdolność dorzecza do zatrzymania wody. Zależy ona od ukształtowania powierzchni i pokrycia szatą roślinną; istotny wpływ ma również działalność człowieka. Mała retencja wodna jest to wydłużenie czasu i drogi obiegu wody i zanieczyszczeń w zlewni, mające na celu poprawę stosunków wodnych w zlewni, oczyszczenie wód oraz zasilanie wód podziemnych.

Równowaga termodynamiczna (ang. *thermodynamic equilibrium*)

Stan termodynamiczny atmosfery, którego cechą jest zdolność do pionowych ruchów powietrza. W stanie równowagi stałej powietrze wykazuje małą zdolność do ruchów pionowych, w stanie równowagi obojętnej ta zdolność jest większa, ale ograniczona (wymaga działania siły zewnętrznej, np. przelatujący ptak), natomiast w stanie równowagi chwiejnej powietrze porusza się samoczynnie (konwekcja).

Różnorodność α (ang. *alpha diversity*)

Liczby gatunków w danym „punkcie” czy miejscu (różnorodność lokalna).

Różnorodność β (ang. *beta diversity*)

Odnosi się do różnic między zbiorowiskami występującymi w danym krajobrazie. Dotyczy głównie różnic w składzie gatunkowym.

Różnorodność γ (ang. *gamma diversity*)

Różnorodność biologiczna w skali krajobrazu (np. liczba gatunków), czy innego dużego obszaru, wynikająca z różnorodności α i β czyli na przykład łączna liczba gatunków ptaków w całym kompleksie leśnym.

„Rzędna zera” wodowskazu (ang. *gauge zero*)

To wartość podawana w m n.p.m. określona niwelacyjnie.

Saldo promieniowania (ang. *radiation balance*)

Chwilowa wartość bilansu promieniowania. Jest to zasób energii, który ekosystem wykorzystuje na procesy fizyczne i biologiczne w nim zachodzące.

Sieć hydrograficzna (ang. *hydrographic network*)

Ogół cieków wodnych, jezior, zbiorników wodnych, obszarów wodno-błotnych na określonym terenie.

Siła Coriolisa (ang. *Coriolis force*)

Siła pozorna występująca jedynie w nieinercjalnych układach obracających się. Powoduje odchylenie od linii prostej toru ruchu ciała poruszającego się w układzie obracającym się (np. Ziemi). Ponieważ Ziemia obraca się z zachodu na wschód, zatem siła Coriolisa powoduje odchylenie w kierunku zachodnim toru ciała poruszającego się po powierzchni Ziemi ku równikowi, a w kierunku wschodnim, gdy ciało porusza się w stronę któregoś z biegunów, czyli ku osi obrotu. Efekt taki występuje na obu półkulach.

Stała dielektryczna (ang. *dielectric constant*)

Liczba mówiąca, ile razy zwiększy się pojemność kondensatora po wypełnieniu przestrzeni między jego okładkami danym dielektrykiem. Woda ma jedną z najwyższych stałych dielektrycznych wynoszącą 78,4.

Stała słoneczna (ang. *solar constant*)

Całkowita energia, jaką promieniowanie słoneczne przynosi w jednostce czasu (1 min) przez jednostkę powierzchni (1 m²) ustawioną prostopadle do promieniowania w średniej odległości Ziemi od Słońca na górnej granicy atmosfery. Ze względu na to, że wartość strumienia promieniowania zmienia się w cyklu jedenastoletnim związanym ze zmianami aktywności słonecznej oraz w cyklu rocznym, bardziej poprawną nazwą jest całkowita irradancja słoneczna. Średnia wartość stałej słonecznej to 1366 W/m².

Stan alarmowy (ang. *flood protection readiness*)

Podobnie jak stan ostrzegawczy, stan alarmowy jest umowny i oznacza groźbę powodzi. Najczęściej przekracza on poziom wody brzegowej. Jest to taki stan napełnienia koryta, przy którym woda zaczyna zagrażać sąsiednim obszarom zagospodarowanym i budowlom wodnym. Wystąpienie stanu alarmowego uruchamia alarm przeciwpowodziowy.

Stan ostrzegawczy (ang. *flood protection alertness*)

Stan ostrzegawczy jest określany umownie. Zwraca on uwagę na zagrożenie powodziowe. Najczęściej jako stan ostrzegawczy przyjmuje się stan o 10 cm niższy od poziomu wody brzegowej. Zwiększa się wówczas częstotliwość odczytu stanów na wodowskazie, ogłasza się także pogotowie przeciwpowodziowe.

Stan wody (ang. *water level*)

Stan wody to wzniesienie zwierciadła wody w danym przekroju rzeki ponad przyjęty umownie poziom czyli „zero” wodowskazu. Jest to wartość odczytana na wodowskazie (najczęściej w cm) i nie

jest tożsama z głębokością wody w rzece, gdyż rzędna „zera” wodowskazu umieszczona jest zazwyczaj poniżej dna rzeki ze względu na przemieszczanie się materiału w obrębie koryta rzecznego, aby uniknąć wartości ujemnych, w przypadku np. wypłukiwania materiału dennego.

Status gatunku (ang. *status of species*)

Termin mogący odnosić się do różnych cech, ale najczęściej używany wtedy, gdy rozpatrywany jest stopień zagrożenia gatunku lub sposoby jego ochrony, np. mówimy o gatunku silnie zagrożonym wyginięciem (w odniesieniu do stopnia zagrożenia).

Strefa klimatyczna (ang. *climatic zone*)

Obszar kuli ziemskiej, przyjmujący zazwyczaj postać równoleżnikowego pasa, w obrębie którego podobny przebieg mają elementy klimatu wybrane jako podstawa wydzielenia strefy (najczęściej temperatura powietrza, opad, ciśnienie atmosferyczne).

Subwencja energetyczna (ang. *energy subvention*)

Wszelki dodatkowy wkład energii do układu (w naszym przypadku ekosystemu). Subwencja może być doprowadzana w formie pracy ludzi, zwierząt lub maszyn, energii zużytych paliw lub wysokoenergetycznych substancji organicznych.

Sukcesja ekologiczna (ang. *ecological succession*)

Zjawisko następowania po sobie, tj. zastępowania się, kolejnych zbiorowisk roślin i zwierząt wskutek przekształcenia biotopu przez aktualnie zajmującą go biocenozę.

Szuwary (ang. *reed bed*)

Zbiorowisko roślin wynurzonych otaczające lub porastające zbiorniki wodne.

Teledetekcja (ang. *remote sensing*)

Zbiór metod do zdalnego wykrywania i interpretowania zjawisk funkcjonujących na powierzchni Ziemi. Do tego celu wykorzystuje się zdjęcia lotnicze lub satelitarne, od których dokładności zależy precyzjność „czytania” pokrycia terenu.

Teoria astronomiczna paleoklimatów – cykle Milankovicia (ang. *Milankovitch cycles*)

Teoria sformułowana przez serbskiego uczonego Milutina Milankovicia opisująca periodyczne zmiany parametrów orbity ziemskiej obejmujące zmiany mimośrodowości orbity ziemskiej (eliptyczność), nachylenie osi Ziemi i nachylenie ekliptyki (oś eliptyczna obraca się, ale wolniej, co prowadzi do cyklu pomiędzy sezonami i orbitą). Trzy cykle Milankovicia istotnie wpływają na wielkość promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni Ziemi. Cykle tych zmian, które mają odpowiednio: ok. 96 tys. lat, ok. 40 tys. lat oraz 21 tys. lat, tłumaczą występowanie ociepleń i ochłodzeń w skali tysięcy lat.

Teoria wysp (ang. *biogeographic theory of islands*)

Teoria opisująca i wyjaśniająca występowanie gatunków na wyspach (w zależności od ich powierzchni i stopnia izolacji).

Termosynteza (ang. *thermosynthesis*)

Proces zachodzący we wnętrzu Słońca polegający na syntezie 4 jąder wodoru w jądro helu („spalanie wodoru”). Masa jądra helu jest nieco mniejsza niż masa 4 jąder wodoru. Część masy zamienia się w energię zgodnie ze wzorem Einsteina $E=mc^2$.

Tło krajobrazowe (ang. *landscape matrix*)

Typ środowiska przeważający w danym wycinku krajobrazu stanowiący o jego charakterze, np. w krajobrazie rolniczym przeważają uprawy lub łąki.

Topoklimat (ang. *topoclimate*)

Klimat miejsca lub stosunkowo niewielkiego terenu o powierzchni rzędu 1-100 km², którego cechy kształtują się pod wpływem czynników występujących na danym obszarze lub w jego najbliższym otoczeniu, takich jak rzeźba terenu, gleby, szata roślinna czy zabudowa.

Transpiracja (ang. *transpiration*)

Proces parowania wody z roślin.

Turgor (ang. *turgor*)

Potencjał ciśnieniowy wody w roślinie decydujący o stanie jędrności, powstający w wyniku parcia protoplazmy na ściany komórki. Przewaga absorpcji aktywnej nad pasywną prowadzi do wzrostu turgoru. W przeciwnym razie turgor spada, szparki zamykają się i transpiracja maleje.

Uchodźca środowiskowy (ang. *environmental refuge*)

Osoba opuszczająca obszary szczególnie zagrożone klęskami żywiołowymi lub obszary o niedobrze wody pitnej (pustynniejące lub zagrożone z powodu gospodarczej działalności człowieka).

Warstwa wodonośna (ang. *aquifer*)

Ośrodek skalny zdolny do gromadzenia i przewodzenia wody. Charakteryzuje się stosunkowo dużym współczynnikiem filtracji.

Wielodekadowa Oscylacja Atlantycka – AMO (ang. *Atlantic Multidecadal Oscillation*)

Seria długotrwałych zmian temperatury powierzchni morza w północnej części Oceanu Atlantyckiego pomiędzy równikiem a Grenlandią. Jej chłodne i ciepłe fazy mogą trwać od 20 do 40 lat. Od połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku jesteśmy w cieplej fazie AMO.

Wodowskaz (ang. *gauge*)

Przyrząd służący do pomiarów stanów wody. Jest to pionowo ustawiona łąta z podziałem co 2 cm, na której z dokładnością do 1 cm odczytywane są stany wody. Na posterunkach wodowskazowych, gdzie istnieje potrzeba częstej rejestracji stanów wody, do pomiarów stosuje się urządzenia automatyczne, tzw. limnigrafy.

Współczynnik emisyjności (ang. *emissivity coefficient*)

Stosunek promieniowania danego ciała do promieniowania ciała doskonale czarnego w tej samej temperaturze powierzchni. Współczynnik emisyjności waha się od 0 (ciało nie promieniuje) do 1 (ciało doskonale czarne).

Wulkaniczny indeks eksplozywności – VEI (ang. *Volcanic Explosivity Index*)

Opisuje względną wielkość erupcji wulkanicznych. Indeks ten uwzględnia m.in. całkowitą masę wyrzuconego materiału oraz wysokość erupcji. Zaczyna się on od wartości 0, charakteryzującej erupcje wulkanów Islandii czy na Hawajach (dość spokojne wylewy lawy) i oparty jest o skalę logarytmiczną, co oznacza, że każdy kolejny punkt na skali wskazuje erupcję 10 razy większą od poprzedniej. Dotychczas najwyższa wartość to 8, którą otrzymała supererupcja Toba na Sumatrze (73 tys. p.n.e.). Wielka erupcja Tambora w Indonezji w 1815 roku, oznaczona VEI 7 (10 razy słabsza niż Toba), spowodowała w 1816 roku „rok bez lata” w Ameryce Północnej i Europie Zachodniej.

Wyspa środowiskowa (ang. *habitat island*)

Fragment środowiska danego typu odizolowany od innych fragmentów tego środowiska dzięki obecności innego typu elementów krajobrazu; np. zadrzewienie śródpolne.

Zależność powierzchnia – liczba gatunków (ang. *species-area effect*)

Uniwersalna pod względem kształtu wykresu funkcja łącząca ze sobą wielkość powierzchni środowiska i liczbę gatunków.

Zlewnia (ang. *catchment*)

Całość obszaru, z którego wody spływają do jednego punktu danej rzeki (jeziora, bagna itp.) lub jej fragmentu.

Zlewnia miejska (ang. *urban catchment*)

Zlewnia zlokalizowana na obszarze miasta.