

BIORÓŻNORODNOŚĆ MIASTA BIAŁEGOSTOKU

Różnorodność
biologiczna
miasta

Danuta Drzymulska
Piotr Zieliński

1

BIORÓŻNORODNOŚĆ MIASTA BIAŁEGOSTOKU

Różnorodność
biologiczna
miasta

Danuta Drzymulska
Piotr Zieliński

Białystok 2019

Autorzy opracowania „Różnorodność biologiczna miasta”:
Danuta Drzymulska i Piotr Zieliński
Wydział Biologii, Uniwersytet w Białymstoku

Autor rozdziału „Wartość ekonomiczna różnorodności biologicznej”:
Tomasz Poskrobko
Wydział Ekonomii i Finansów, Uniwersytet w Białymstoku

Recenzenci:
Prof. dr hab. Piotr Banaszuk
Prof. dr hab. Emilia Brzosko

Autor projektu „Bioróżnorodność Miasta Białegostoku”:
Andrzej Piotr Karolski

Autorstwo fotografii:
Danuta Drzymulska, Piotr Zieliński, Tomasz Poskrobko, Cezary Drzymulski,
Janusz Kupryjanowicz, Edyta Jermakowicz, Katarzyna Puczko, Adam Hermaniuk,
Przemysław Klimczuk, Marzena Giedrewicz-Łupińska (str.: 9, 25, 33)

Zdjęcie na okładce: Park Lubomirskich na osiedlu Dojlidy.
Autor: Tomasz Poskrobko

Projekt okładki, opracowanie graficzne, redakcja techniczna, skład:
Apogea – Mariola Łotysz
www.apogea.pl

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być reprodukowana, przechowywana jako źródło danych i przekazywana w jakiegokolwiek formie zapisu bez zgody posiadacza praw.

© by Miasto Białystok

BIAŁYSTOK 2019

Wydawca:
Miasto Białystok

ISBN: 978-83-943607-5-7





Szanowni Państwo,

ludzie od zawsze poznawali otaczającą ich przyrodę. Budowaliśmy naszą wiedzę o naturze, mimo to do dziś nie wiemy wszystkiego. Człowiek późno zrozumiał, jak ważne jest zachowanie różnorodności biologicznej na Ziemi, a tylko dzięki niej przyroda może przetrwać zmiany. Nasz byt zależy od bogactwa roślin, zwierząt i mikroorganizmów odpowiedzialnych za produkcję tlenu, obieg pierwiastków czy przepływ energii. Zachowanie bioróżnorodności, czyli bogactwa form życia na Ziemi, ma ogromne znaczenie dla nas wszystkich.

Od wielu lat w Białymstoku prowadzimy działania na rzecz ochrony bioróżnorodności i edukacji przyrodniczej. Wśród nich można wymienić m.in. zakładanie łąk kwietnych, pól słonecznikowych i rzepakowych, rezygnację z koszenia wybranych zieleńców w pasach drogowych, stawianie budek lęgowych, domków dla owadów czy wiewiórek, montaż platform pływających z funkcją oczyszczania wody, utworzenie miejskiego sadu edukacyjnego na Antoniuku oraz miejską pasiekę, która stanęła na skwerze przy ul. Augustowskiej. Chcemy pomóc owadom i zwierzętom w mieście, które radzą sobie tym gorzej, im bardziej jednorodne są tereny zielone. Dzięki naszym działaniom powstają atrakcyjne i naturalne miejsca w przestrzeni miejskiej, które jednocześnie wpływają na bioróżnorodność. Zależy nam na tym, aby Białystok był miastem zielonym.

Ta publikacja jest pretekstem do dyskusji o przyrodzie w naszym mieście. Wraz z naukowcami zapraszam Państwa do refleksji, w jaki sposób wspólnie możemy zadbać o utrzymanie bioróżnorodności w Białymstoku.

Prezydent Miasta Białegostoku
Tadeusz Truskolaski

Spis treści

Wstęp	6
Czym jest bioróżnorodność?	10
Poziomy bioróżnorodności	16
Jak ocenić bioróżnorodność na danym obszarze?	26
Dlaczego tak ważna jest ochrona różnorodności biologicznej?.....	34
Wpływ różnorodności biologicznej na życie mieszkańców miast	40
Zagrożenia bioróżnorodności. Co może ograniczać różnorodność biologiczną Białegostoku?	52
Jak chronić i zachować różnorodność biologiczną miasta?	64
Miejsca, gatunki, siedliska charakterystyczne dla bioróżnorodności Białegostoku.....	68
Wartość ekonomiczna różnorodności biologicznej (Tomasz Poskrobko)	86
Uwagi końcowe	91
Literatura.....	94





WSTEP

Bioróżnorodność to jedno z najczęściej używanych pojęć we współczesnej biologii. Jest ono obecne także w środkach masowego przekazu, przez co można śmiało założyć, że praktycznie każdy zetknął się z tym terminem. Jego popularność nie jest przy tym przesadzona, gdyż różnorodność biologiczna jest widoczna wszędzie. Możemy ją rozpatrywać na poziomie genów, gatunków, ekosystemów czy krajobrazów. Dotyczy lasów, środowisk wodnych, tak morskich, jak i śródlądowych, gleb, dzikich i udomowionych gatunków zwierząt, roślin, grzybów oraz mikroorganizmów. Obejmuje więc wszelką różnorodność biologiczną od zapisu genetycznego po całość biosfery (Barabasza, Pikułicka 2012). Dodać należy, że także my – ludzie jesteśmy jej częścią. Mało tego, żyjemy w epoce szybkich i bezprecedensowych zmian zachodzących na naszej planecie. Przy czym źródłem tych przemian jest przede wszystkim właśnie człowiek, a to głównie wskutek stale rosnącej konsumpcji i wynikającego z tego ogromnego zapotrzebowania na zasoby natury. Wpływ ludzi na środowisko jest tak znaczący, że coraz częściej obecne czasy wyróżniane są jako osobna epoka geologiczna, określana mianem antropocenu (gr. *anthropos* – człowiek; nazwa stworzona na wzór nazw innych epok, jak np. eocen, oligocen, holocen). Pierwszy raz w historii Ziemi tylko jeden gatunek – *Homo sapiens*, ma tak potężny wpływ na planetę. Szybkie zmiany jakim podlega teraz Ziemia, zwane „Wielkim Przyspieszeniem” (ang. „*Great Acceleration*”), przyniosły oczywiście wiele korzyści ludziom. Jednak trzeba sobie uzmysłowić, że ich źródło, czyli różnorodność biologiczna, zanika w tempie zastraszającym (WWF 2018). Prowadzi to do zupełnie paradoksalnej sytuacji, w której musimy chronić to, co sami ustawicznie niszczymy.

W 1992 roku podpisana została na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro Konwencja o różnorodności biologicznej (ang. *Convention on Biological Diversity*, CBD). Przykłada ona wielką wagę do edukacji i podnoszenia świadomości i udziału społecznego w wypełnianiu jej zaleceń. Według Artykułu 13 Konwencji należy

propagować potrzebę podejmowania działań niezbędnych do ochrony różnorodności biologicznej oraz do podniesienia świadomości społecznej za pomocą m.in. środków masowego przekazu. Oczekuje się też współdziałania w rozwijaniu programów edukacyjnych oraz kształtowaniu świadomości społecznej służącej ochronie różnorodności biologicznej oraz umiarkowanemu użytkowaniu jej elementów. Czy jednak podejmowane inicjatywy są wystarczające? Zdecydowanie nie. Nie udało się choćby zahamować tempa ubywania gatunków i ekosystemów, mimo podejmowanych działań w skali całego globu, o czym świadczą stale poszerzane spisy gatunków widniejące w czerwonych księgach i czerwonych listach gatunków zagrożonych.

Jaki udział w tych niekorzystnych zmianach miały miasta i ich mieszkańcy? Jaką cenę zapłaciły za rozwój cywilizacyjny? Bez wątplenia to właśnie środowisko przyrodnicze miast najbardziej doświadczyło presji człowieka. To w miastach i ich otoczeniu eksploatowano zasoby środowiska a powstałe nieczystości najłatwiej było zrzucić do przepływającej przez nie rzeki. Ta niekontrolowana i nadmierna eksploatacja trwa od setek lat a jej nasilenie zaczęło się w czasie rewolucji przemysłowej. W ostatnich dziesięcioleciach zaczęto jednak doceniać przyrodę w mieście i przywracać jej należne miejsce. To właśnie w metropoliach, takich jak Nowy Jork, Seul, Tokio, Londyn czy Wiedeń doceniono zalety „dzikiej” przyrody”. Pomimo, że ekosystemy znajdujące się w miastach zmagają się z całym szeregiem zagrożeń, odgrywają przecież niezwykle ważną rolę w funkcjonowaniu aglomeracji. Zapewniają bowiem szereg tzw. usług ekosystemowych, takich jak: łagodzenie zmian klimatycznych, biodegradację zanieczyszczeń, oczyszczanie powietrza, miejsca rekreacji a także poprawę estetyki czy pomoc w edukacji.

Zachęcamy do zwrócenia uwagi na otaczającą nas przyrodę, nawet jeśli mieszkamy na wielkim betonowym osiedlu. Spójrzmy przychylnym wzrokiem nie tylko na park miejski ale i na zarośla nadrzeczne i opuszczone łąki. Postarajmy się zrozumieć, że to właśnie tam mogą kryć się prawdziwe skarby, takie jak cenne gatunki roślin i zwierząt, czy też dobrze funkcjonujące naturalne ekosystemy, których już nie spotkamy na terenach zagospodarowanych. Z drugiej strony, coraz częściej podejmowane są całkiem udane próby rekultywacji dotychczas zaniedbanych, zdegradowanych obszarów miejskich, które odzyskują walory przyrodnicze i stają się atrakcyjnym miejscem dla mieszkańców. Jak w tym wszystkim odnajduje się Białystok? Jak kształtują się jego walory przyrodnicze? Czy posiada ono jakieś szczególnie cenne elementy różnorodności biologicznej? Czy przyroda styka się tu z poważnymi zagrożeniami? Oto tylko niektóre z pytań, na które postaramy się odpowiedzieć w niniejszej pracy. W pierwszej kolejności przybliżymy jednak pojęcie bioróżnorodności jako takiej, przedstawimy sposoby jej oceny oraz wyjaśnimy dlaczego ma ona tak ogromny wpływ na nasze życie. Wierzmy, że wiedza może tylko pomóc. Dlatego zachęcamy do lektury.



2022

CZYM JEST
BIORÓŻNORODNOŚĆ?



Pojęcie bioróżnorodności z pewnością nie należy do terminów, które można wyjaśnić w sposób jednoznaczny. Jak określił Knopf (1992) jego definicje są „tak różnorodne jak i przyroda ożywiona, której dotyczą.” Za twórcę wyrażenia „różnorodność biologiczna” (ang. *biological diversity*) uważany jest amerykański biolog i ekolog Thomas E. Lovejoy (1980), w którego rozumieniu pojęcie to odnosiło się do bogactwa gatunków na danym obszarze. Ta kiełkująca na początku lat 80-tych XX w. koncepcja znalazła wsparcie w postaci kilku ważnych wydarzeń o randze międzynarodowej, jak: (a) opracowanie w 1980 r. przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody i jej Zasobów, Światowej Koncepcji Ochrony Przyrody (ang. *World Conservation Strategy*), (b) organizacja konferencji *US Strategy Conference on Biological Diversity*, która odbyła się w 1981 r. w Waszyngtonie oraz (c) przyjęcie 28 października 1982 r. przez Zgromadzenie Ogólne Organizacji Narodów Zjednoczonych Światowej Karty Przyrody (ang. *World Charter for Nature*). Przy tak ukształtowanych podwalinach, pod koniec lat 80-tych XX wieku do obiegu weszło też określenie „bioróżnorodność” (ang. *biodiversity*), którego twórcą był Walter Rosen z National Research Council (jedna z organizacji wchodzących w skład Narodowej Akademii Nauk w Stanach Zjednoczonych). Wspomniany Walter Rosen stworzył tę uproszczoną wersję terminu „różnorodność biologiczna” na potrzeby zorganizowanego w 1986 r., w Waszyngtonie seminarium naukowego pt. „Narodowe Forum na temat Różnorodności Biologicznej” (ang. „*National Forum on Biological Diversity*”). W tytule zbioru referatów wygłoszonych w czasie konferencji, które następnie ukazały się drukiem (Wilson 1988), znalazło się już określenie „bioróżnorodność”. Redaktor tego dzieła – amerykański biolog Edward O. Wilson uznany został za pierwszego propagatora nowego terminu.

Jak podaje wybitna polska ekolog roślin Krystyna Falińska (1996), bioróżnorodność może być rozpatrywana w trzech podstawowych aspektach: historycznym, geograficznym i środowiskowym.

Pierwszy odnosi się do poznania zmian w obrębie różnorodności gatunkowej na Ziemi w przeszłości, czyli takich, które zaszły w toku ewolucji. Drugi – dotyczy tych zmian ale w zależności od położenia geograficznego. Bioróżnorodność maleje bowiem wraz ze wzrostem szerokości geograficznej zarówno w kierunku północnym, jak i południowym. Zatem jest najwyższa w strefie równikowej, a najniższa – w arktycznej i antarktycznej. Trzeci aspekt zakłada, że różnorodność gatunkowa jest tym większa, im wyższa jest zasobność danego siedliska lub/oraz większe zróżnicowanie środowiska.

Jedno z pierwszych znaczeń różnorodności biologicznej odnosiło się do liczby gatunków (ang. *species richness*) na danym obszarze. Nieco szerzej traktowali to zagadnienie ci autorzy, którzy, jak Bond i Chase (2002), podkreślali znaczenie nie tylko liczby gatunków ale i obfitości występowania na określonym terenie osobników danych gatunków (ang. *species diversity*). Spellerberg i Hargreaves (1992) poszli jeszcze dalej, pisząc o „całej różnorodności i zmienności przyrody”. Podobnie Tacacs (1996), który pod pojęciem bioróżnorodności rozumiał „różnorodność życia na Ziemi”. Natomiast Noss i Cooperrider (1994) wyraźnie podkreślili złożoność problemu, wskazując, że mamy do czynienia z różnorodnością życia i jego procesów a to obejmuje różnorodność organizmów żywych, ich zróżnicowanie genetyczne, zbiorowiska i ekosystemy, w których występują oraz procesy ekologiczne i ewolucyjne pozwalające im na funkcjonowanie w warunkach stale zachodzących zmian i ciągłej do nich adaptacji. Zatem bioróżnorodność dotyczy wszystkich gatunków, łańcuchów pokarmowych i procesów biologicznych rozpatrywanych zarówno w mikroskali, jak i na poziomie krajobrazu i regionu (Heywood, Watson 1995).

Trudności przy definiowaniu bioróżnorodności wynikały z faktu częstego uwzględnienia obok biotycznych (ożywionych) składników ekosystemu, także tych abiotycznych (nieożywionych). Natomiast jak wskazuje sama nazwa, bioróżnorodność winna odnosić się jedynie do tych pierwszych (DeLong Jr 1996). Z drugiej strony nie brakuje zwolenników uwzględniania w definicji wszelkich a więc także i abiotycznych składowych czy procesów zachodzących w ekosystemie, jako tych nierzadko kluczowych dla jego prawidłowego funkcjonowania (Noss 1990). W myśl tej zasady choćby woda pitna i tlen zawarty w powietrzu powinny być traktowane jako elementy bioróżnorodności, gdyż są niezbędne do funkcjonowania organizmów żywych. Wydaje się jednak, że aż tak szerokie podejście do zagadnienia nie jest uprawnione.

Spośród innych rozbieżności dotyczących rozumienia pojęcia różnorodności biologicznej należy wymienić odmienne stanowiska względem gatunków, których obecność na danym obszarze wynika z działalności człowieka. W większości przypadków definicje nie wprowadzają rozróżnienia między różnorodnością biologiczną rodzimą a obcą na określonym terenie. Jednakże są i takie, które mówią o różnorodności świata ożywionego i procesów ekologicznych, z tym że

związanych w sposób naturalny z danym środowiskiem (Samson, Knopf 1994). Zdaniem Angermeiera (1994) brak kryterium naturalności (rodzimości) w definicji bioróżnorodności dość mocno ją dyskredytuje i zmniejsza znaczenie samej koncepcji. Na przeciwnym biegunie znajdzie się natomiast definicja zgodnie, z którą bioróżnorodność to całość gatunków, populacji, zbiorowisk i ekosystemów zarówno naturalnych, jak i zmienionych przez człowieka, składających się na świat ożywiony na danym obszarze lub w ujęciu szerszym – na całej planecie, ze szczególnym uwzględnieniem modyfikacji spowodowanych rozwojem cywilizacji (Dasmann 1991). Zatem istotnym czynnikiem i warunkiem zachowania bioróżnorodności będą, w myśl tej zasady, np. tradycyjne techniki rolnicze (Oldfield, Alcorn 1991), związane z wprowadzaniem gatunków roślin uprawnych.

Najpełniejszy przegląd definicji pojęcia bioróżnorodność został dokonany przez DeLonga Jr (1996), który dotarł do ponad osiemdziesięciu takich. Jako, że wspomniana eksploracja danych literaturowych miała miejsce ponad dwadzieścia lat temu, niewykluczone że można by dodać do tej puli jeszcze przynajmniej kilka kolejnych objaśnień tego terminu. Wśród nich z pewnością znalazłaby się definicja podana przez Sienkiewicz (2010), według której bioróżnorodność to bogactwo form życia wstępujących na Ziemi, różnorodność gatunków, genetyczna zmienność wewnątrzgatunkowa a także różnorodność wielogatunkowych układów przyrodniczych, tj. ekosystemów i krajobrazów. Należy też w tym miejscu zacytować obowiązującą w naszym kraju Ustawę o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2014 r. Zgodnie z jej Artykułem 5, pkt. 16 pod określeniem różnorodność biologiczna rozumiane jest „różnicowanie żywych organizmów występujących w ekosystemach, w obrębie gatunku i między gatunkami oraz różnicowanie ekosystemów”. Jest to nieco uproszczona wersja definicji zawartej we wspomnianej wcześniej Konwencji o różnorodności biologicznej z 1992 r. Zgodnie z definicją tam widniejącą bioróżnorodność to różnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi w ekosystemach lądowych, morskich i słodkowodnych oraz w zespołach ekologicznych, których są one częścią. Dotyczy to różnorodności w obrębie gatunku, pomiędzy gatunkami, jak i różnorodności ekosystemów. Konwencja z Rio nakłada na państwa, będące stronami porozumienia obowiązek stworzenia zasad ochrony różnorodności biologicznej i zrównoważonego użytkowania tych elementów środowiska, które służą jej zachowaniu (Weiner 2007). Przykłada też wielką wagę do kształtowania świadomości społecznej w celu ochrony różnorodności biologicznej. A co szczególnie ważne, nakazuje aby w sposób umiarkowany użytkować zasoby środowiska.

Paradoksalnie, wzrost znaczenia i popularności koncepcji bioróżnorodności następował wraz z postępowaniem oznak jej stopniowej utraty, co spowodowane było coraz większym wpływem człowieka, w tym złym zarządzaniem środowiskiem (Wilson 1988). Będąc początkowo kartą przetargową w debatach politycznych (Ghilarov 1996), bioróżnorodność wyewoluowała w kierunku

merytorycznych dyskusji i racjonalnych działań bliskich nie tylko przyrodnikom, ale także humanistom, ekonomistom i prawnikom. Dzięki temu bardziej wiarygodna wydaje się być możliwość znalezienia wspólnej płaszczyzny porozumienia w kwestii ochrony różnorodności biologicznej.



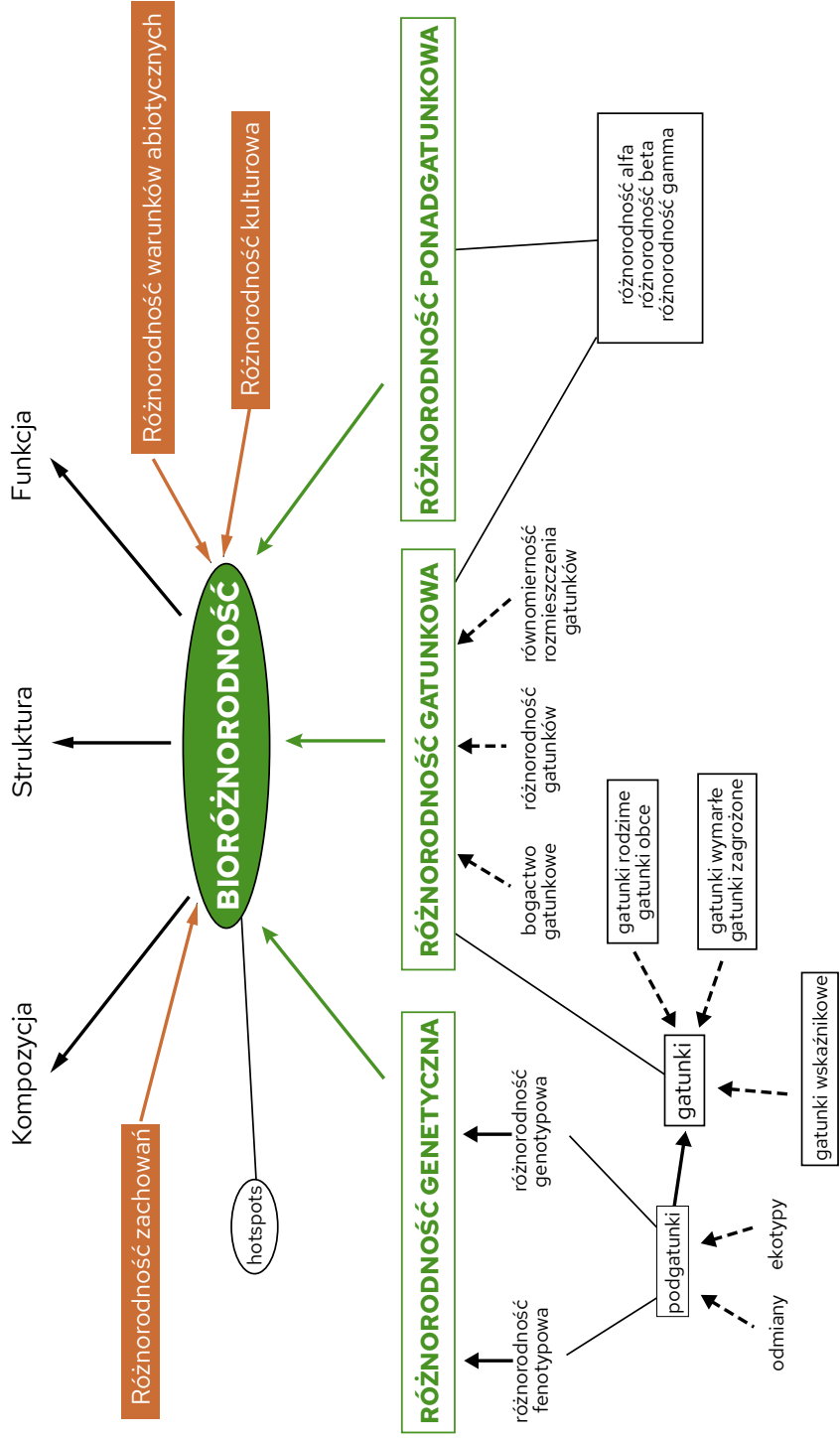
A photograph of a forest during autumn. In the foreground, there is a dead, skeletal tree with brown, brittle branches. To its left, a white-barked tree, likely a birch, stands with its characteristic lenticels. The background is filled with other trees, some with green leaves and others with bright yellow autumn foliage. The ground is covered with fallen yellow leaves and patches of green vegetation.

POZIOMY BIORÓŻNORODNOŚCI

Wyróżniamy kilka poziomów różnorodności biologicznej, co odpowiada wzajemnie ze sobą powiązanym poziomom organizacji przyrody. Z bioróżnorodnością mamy do czynienia począwszy od poziomu molekularnego, a więc rozpatrywanego na poziomie kwasów nukleinowych i białek zawartych w komórkach, a skończywszy na ekosystemach i biomach. Można mówić zatem o trzech podstawowych jej rodzajach: różnorodności genetycznej, różnorodności gatunkowej i różnorodności ponadgatunkowej (Knutelski 2018) (Ryc. 1).

- 1. Różnorodność genetyczna** nazywana jest także różnorodnością molekularną, komórkową, osobniczą, wewnątrzgatunkową, wewnątrzpopulacyjną lub też zmiennością genetyczną. Przy czym pojęcie to obejmuje zarówno zmienność genetyczną w obrębie każdego pojedynczego gatunku, jak i zasoby genowe różnych gatunków. Różnorodność genetyczną tworzą różne formy tego samego genu, czyli allele a także mutacje genów, tzn. nagłe zmiany materiału genetycznego zachodzące w obrębie gatunku. Osobniki reprezentujące jeden gatunek mogą, w odniesieniu do jakiegoś genu, różnić się genotypem, np. gen warunkujący długość sierści u świnki morskiej *Cavia porcellus* występuje w dwóch odmianach (allelach): allel A (tzw. dominujący) – warunkuje sierść krótką, natomiast allel a (tzw. recesywny) – warunkuje sierść długą. Zatem możliwe będą następujące genotypy świnek morskich odnośnie długości sierści: AA, Aa i aa. Przy czym zewnętrznie ujawnią się tylko dwie cechy (mówimy tu o tzw. fenotypie): sierść krótka – w przypadku dwóch pierwszych genotypów (już jeden allel A w parze alleli wystarczy aby sierść była krótka) i sierść długa – w przypadku trzeciego genotypu (muszą spotkać się dwa allele recesywne w parze alleli).

Fot. 1. Świerk pospolity *Picea abies* zaatakowany przez kornika drukarza *Ips typographus*, ulica Konstantego Ciołkowskiego w Białymstoku (Fot. P. Zieliński)



Ryc. 1. Bioróżnorodność – rodzaje i powiązania (źródło: Duelli, Obrist 2003; zmienione)

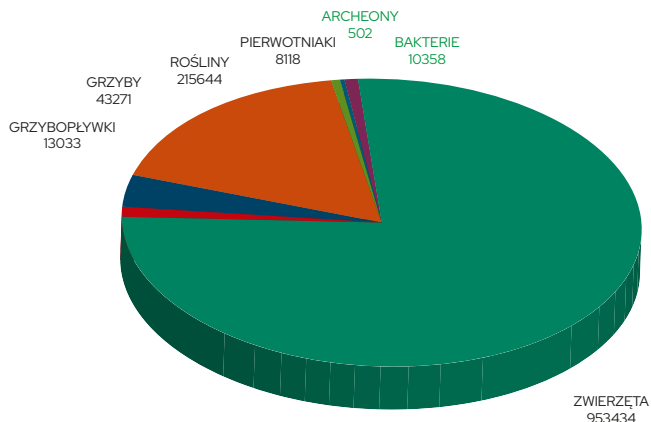
Na ogół, zmienność genetyczna gatunku zwiększa się wraz ze zróżnicowaniem środowiska. Im bowiem większa jego heterogeniczność, tym większa potrzeba dostosowania się organizmów do zróżnicowanych warunków. To zaś następuje poprzez wytwarzanie w komórkach określonych produktów potrzebnych w danym momencie. Odpowiada za to odpowiednio zintensyfikowana ekspresja genów (Sienkiewicz 2010), polegająca na odczycie informacji genetycznej zawartej w genie i przepisaniu jej na odpowiednie jego produkty (głównie białka). Zmienność genetyczna odpowiada zatem za adaptację organizmów do zmieniających się warunków środowiska.

Termin „różnorodność genetyczna” dotyczy zarówno niewielkich różnic pomiędzy osobnikami tego samego gatunku, jak i dużych różnic pozwalających na wyodrębnienie oddzielnych taksonów, np. nowych gatunków lub wyższych jednostek taksonomicznych, np. rodzajów. Genetycznie zróżnicowane są zarówno dzikie populacje organizmów, jak i zwierzęta gospodarskie oraz rośliny uprawne, co obejmuje gatunki, podgatunki, odmiany, czy też rasy. Szacuje się, że obecnie na świecie występuje ponad 5 tysięcy ras zwierząt gospodarskich, z których ponad 3 tysiące w Europie. Właśnie zagadnienia dotyczące stanu zasobów genowych roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych należą do lepiej poznanych (Knutelski 2018).

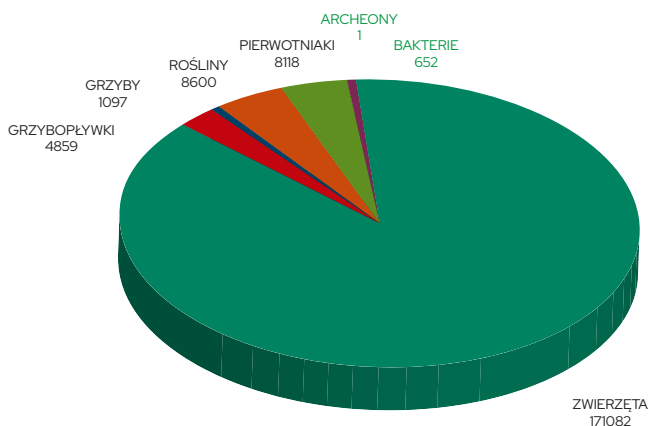
Różnorodność genetyczna populacji dziko żyjących roślin i zwierząt jest natomiast, jak do tej pory, zbadana względnie słabo. Najlepiej pod tym względem rozpoznano rośliny naczyniowe, a wśród nich drzewa leśne. Ponadto skupiano się także na zagrożonych i rzadkich gatunkach roślin i zwierząt. W naszym kraju są to np. wiśnia karłowata *Prunus fruticosa* czy też znany wszystkim żubr europejski *Bison bonasus* (Sienkiewicz 2010). Duże znaczenie dla zachowania zasobów genowych ma także wiedza o ekotypach. Przez ekotyp rozumiana jest populacja różniąca się od innych populacji tego samego gatunku cechami morfologicznymi, które wynikają z jej przystosowania do życia w odmiennych warunkach środowiskowych. Przykładem ekotypu jest sosna supraska zwana sosną masztową występująca w Puszczy Knyszyńskiej, w okolicach miejscowości Supraśl (woj. podlaskie). Sosny reprezentujące ten ekotyp osiągają wysokość nawet 45 m oraz posiadają prosty pień niemal pozbawiony gałęzi i sęków. Ekotyp ten wykształcił się w ciągu tysięcy lat w obrębie gatunku sosna zwyczajna *Pinus sylvestris*, w wyniku doboru naturalnego i ciągłego dostosowywania się do miejscowych warunków klimatycznych i siedliskowych (Cierech 2013).

Jeżeli chodzi o działania mające na celu ochronę określonych zasobów genowych, w dużej mierze są one zależne od ich rodzaju i wielkości. W przypadku ochrony zasobów genowych zbiorowisk leśnych ochronie genetycznej mogą podlegać różne gatunki drzew, krzewów, roślin zielnych, a nawet mikroflory glebowej. Ochrona taka powinna zatem przebiegać zarówno na poziomie genotypu (fenotypu), jak i ochrony zasobów genowych populacji, a nawet ochrony zasobów genowych całego ekosystemu (Matras 2013).

a)



b)



Ryc. 2. Różnorodność gatunkowa na Ziemi – liczba znanych gatunków; a) na lądach, b) w morzach. Kolorem zielonym zaznaczono organizmy prokariotyczne (tj. pozbawione jąder komórkowych w komórkach) (na podstawie: Mora i in. 2011)

2. Różnorodność gatunkowa nazywana jest także różnorodnością taksonomiczną, populacyjną lub międzygatunkową. Jest ona łączona z bogactwem gatunkowym (liczbą gatunków na danym terenie), równocześnie (częstością występowania jakiegoś gatunku w ekosystemie), równomiernością rozmieszczenia populacji gatunków na danym terenie, jak i z taksonomicznym rozrzutem gatunków (Kruk 2014). Ten ostatni parametr opisuje odległości między gatunkami w systemie

rozwoju rodowego (filogenetycznego), co pozwala określić relacje między nimi i wyodrębnić gatunki ewolucyjnie odizolowane, np. tzw. żywe skamieliny. Różnorodność gatunkowa obejmuje bogactwo gatunków wszystkich organizmów występujących na Ziemi. Jest to jednocześnie najbardziej rozpoznawalny rodzaj bioróżnorodności (Knutelski 2018). Właśnie na poziomie gatunków jest ona najlepiej widoczna w naszym otoczeniu, szczególnie gdy chodzi o przyciągające wzrok rośliny kwiatowe, ptaki, czy też grzyby wielkoowocnikowe.

Jak wielka jest różnorodność gatunkowa organizmów żyjących obecnie na Ziemi? Według Maya (1988) jest to ok. 2 mln sklasyfikowanych gatunków, jednak może być ich nawet od 5 do 50 mln. Nowsze źródła podają, że liczba ta wynosi 1,2 mln na lądzie (Ryc. 2a) i ponad 194 tys. gatunków w morzach i oceanach (Ryc. 2b), natomiast liczby prognozowane to odpowiednio przeszło 8,7 mln i ponad 2,2 mln gatunków (Mora i in. 2011). Znaczną trudność w oszacowaniu liczby gatunków sprawia także zamieszanie w samej taksonomii – sądzi się, że około 20%, a w niektórych grupach nawet do 40% wprowadzonych nazw dotyczy tych samych organizmów a więc są to synonimy (Weiner 2012). Mimo tych zawirowań wiadomo, że najwięcej jest gatunków reprezentujących taksony organizmów eukariotycznych (tzn. posiadających jądro komórkowe w komórkach) żyjących w środowiskach lądowych. Najliczniej reprezentowanym na Ziemi królestwem są przy tym zwierzęta, których bogactwo gatunkowe obejmuje blisko 73% całej bioróżnorodności świata. Na pierwszym miejscu zaś plasują się bezkręgowce.

Niewątpliwie znamy jedynie część bogactwa gatunkowego naszej planety. Jak podają Mora i in. (2011) prawdopodobnie około 86% gatunków lądowych i nawet 91% gatunków morskich wciąż czeka na odkrycie. Wynika to może z tego, że dotychczasowe badania prowadzone w tym kierunku koncentrowały się głównie na gatunkach o większym rozmiarze ciała, większej liczebności i dużym zasięgu geograficznym. To sugeruje, że większość tych, które pozostają do odkrycia, to gatunki najprawdopodobniej o niewielkim rozmiarze i skoncentrowane w mniej zbadanych obszarach, takich jak głębia oceanów, gleba czy niedostępne zakątki świata. Jednak zdaniem Hawkswortha i Rossmana (1997), niewykluczone, że mogą się one kryć nawet w naszym najbliższym otoczeniu, o czym nie wiemy właśnie z powodu ich trybu życia i bardzo małego rozmiaru.

Ile czasu mogłoby zająć poznanie wszystkich gatunków występujących na kuli ziemskiej? Jakie byłyby koszty takiego przedsięwzięcia? Biorąc pod uwagę, że tempo opisu nowych gatunków eukariotycznych w ostatnich 20 latach wynosiło ok. 6200 na rok, każdy taksonom opisywał ok. 25 nowych gatunków a koszt opisanego jednego gatunku zwierzęcia to ok. 48 500 dolarów amerykańskich, można oszacować, zakładając że koszty nie ulegną wzrostowi,

iz zajmie to ok. 1200 lat! Przy tym wymagać będzie zaangażowania aż 303 tys. taksonomów i ok. 364 miliardów dolarów. Kolejna bardzo poważna przeszkoda w poznawaniu gatunków to ich stale postępujące wymieranie. Wiele z nich wyginie zanim zostaną w ogóle odkryte (Mora i in. 2011), czemu „sprzyjać” będą aktualne wskaźniki ekstynkcji, które są 100-1000 razy wyższe, aniżeli ich poziomy w czasach przedludzkich (Pimm i in. 1995). Niewątpliwie, szybkie tempo wymierania powinno stanowić zachętę do poszerzania wiedzy na temat gatunków nadal występujących na naszej planecie.

- 3. Różnorodność ponadgatunkowa** dotyczy różnorodności ekosystemów, zróżnicowania siedlisk i procesów ekologicznych oraz rozmieszczenia i zasięgów gatunków, zbiorowisk, zgrupowań, a także funkcji i roli gatunków kluczowych w ekosystemach (Konwencja o różnorodności biologicznej ... 2017). Precyzując zakres, w którym badamy różnorodność ponadgatunkową, używa się także innych terminów do określenia tego poziomu bioróżnorodności, np. różnorodność ekosystemowa, biogeograficzna, siedliskowa, środowiskowa, zespołowa, czy krajobrazowa (Sienkiewicz 2010).

Bioróżnorodność Ziemi ma charakter strefowy. Jak już wspomnieliśmy w poprzednim rozdziale, zależna jest od położenia geograficznego. Ponad połowa wszystkich znanych gatunków na Ziemi występuje w tropikalnych lasach deszczowych, zgodnie z zasadą wzrostu gradientu różnorodności w kierunku równika. Stąd np. na 1 hektarze lasu równikowego można znaleźć prawie 300 gatunków drzew, a w tajdze zaledwie kilka. Tak liczne występowanie gatunków w wąskim pasie wokół równika wynika między innymi z wysokiego stopnia endemizmu (występowanie niektórych roślin lub zwierząt tylko na pewnym określonym terenie). Tworzą one niewielkie lokalne populacje, skrajnie stenotypowe, tzn. przystosowane do wąskiego zakresu określonych warunków środowiska, jak np. temperatura, ciśnienie, zasolenie, co wpływa z kolei na ich podatność na wymieranie (Konwencja o różnorodności biologicznej ... 2017). Także miejsca na kuli ziemskiej cechujące się największą bioróżnorodnością, czyli tzw. gorące punkty (ang. *hotspots*) położone są głównie w rejonie okołorównikowym. Można wśród nich wymienić choćby Kostarykę, wschodnią część Andów w strefie tropikalnej, Borneo, Nową Gwineę, czy też góry Ghaty Zachodnie w Indiach, gdzie doliczono się aż 1500 gatunków endemitów (Kornaś, Medwecka-Kornaś 2002).

Dobre przykłady obrazujące różnorodność ponadgatunkową możemy obserwować w naszym kraju. Należą tu:

- **strefowość geograficzna** krajobrazów Polski, począwszy od pobraży Bałtyku, a skończywszy na obszarach górskich,

- **strefowość bioklimatyczna**, czyli piętrowy układ roślinności w Tatrach, będący skutkiem zmian klimatu postępujących wraz ze wzrostem wzniesienia nad poziomem morza,
- **różnorodność ekosystemowa**, na którą składają się w Polsce głównie lasy, obszary wodno-błotne i tereny rolnicze,
- **różnorodność środowiskowa** poszczególnych stref biegu rzek, np. Wisły, począwszy od źródła, poprzez górny bieg a skończywszy na jej dolnym odcinku i ujściu (Knutelski 2018).

Trzy zasadnicze, opisane wyżej poziomy różnorodności biologicznej ściśle łączą się ze sobą i uzupełniają wzajemnie, tworząc pełny obraz bioróżnorodności (Ryc. 1). Poziom różnorodności ponadgatunkowej pozwala zrozumieć jak działają wielogatunkowe zespoły organizmów. Jednak aby móc wyjaśnić wzorce i procesy zachodzące na poziomie populacyjnym lub ekosystemowym potrzebna jest wiedza o różnorodności na poziomie gatunkowym a także informacje genetyczne (Knutelski 2018).

Inne rodzaje bioróżnorodności zaproponował w latach 60-tych XX w. amerykański botanik i ekolog Robert Whittaker. Mowa o bioróżnorodnościach: alfa (α), beta (β) i gamma (γ) (vide Falińska 1996; Kornaś, Medwecka-Kornaś 2002) (Ryc. 1). Różnorodność alfa odnosi się do różnic wewnątrz zbiorowiska, zaś beta – do różnic między zbiorowiskami. Oznacza ona zatem różnorodność między obszarami. Gamma, podobnie jak alfa, jest określana dla obszaru, lecz bardziej rozległego, typu krajobraz, region, kraj, czy nawet kontynent.


Nieco inne podejście do tematu zaprezentował Noss (1990), który w celu wyjaśnienia zagadnienia pokusił się o przypisanie różnorodności biologicznej trzech atrybutów: kompozycji, struktury i funkcji. Kompozycja dotyczy składników biotycznych i ich względnej ilości. Obejmuje geny, organizmy, populacje, klasy wiekowe, gatunki i inne jednostki taksonomiczne, zbiorowiska roślinne, zespoły roślin, zwierząt i mikroorganizmów, różne grupy konsumentów. Struktura odnosi się do elementów pionowych i poziomych zbiorowiska lub krajobrazu. Rozpatrując to na przykładzie roślinności, struktura pozioma obejmuje wielkość, kształt, organizację przestrzenną, natomiast pionowa to gęstość ulistnienia i wysokość warstw roślinności. Funkcja natomiast obejmuje takie procesy jak: roślinożerność, drapieżnictwo, pasożytnictwo, śmiertelność, produkcja, sukcesja roślinności, krążenie materii i przepływ energii, kolonizacja i wymieranie, dryf genetyczny i mutacje.

Jak w tym wszystkim odnajduje się przyroda ożywiona Białegostoku? Które poziomy bioróżnorodności należą tu do najistotniejszych? Niewątpliwie duży wpływ na specyfikę różnorodności biologicznej miasta ma jego położenie na Nizinie Północnopodlaskiej, która stanowi najbardziej wysuniętą na zachód część Nizin Podlasko-Białoruskich, a te zaliczane są już do Europy Wschodniej (Kondracki 2009). Jest to także jeden z najchłodniejszych obszarów Polski. Na

tle innych regionów klimatycznych naszego kraju obserwuje się tu większą częstotliwość występowania pogody najmroźniejszej, ze średnią temperaturą dobową powietrza poniżej -15°C (Górniak 2000). Z położeniem geograficznym wiążą się także granice zasięgów gatunków. I tak, niektóre zachodnio- i środkowo-europejskie gatunki drzew (buk zwyczajny *Fagus silvatica*, cis pospolity *Taxus baccata*, dąb bezszypułkowy *Quercus petraea*, jodła pospolita *Abies alba*) w północno-wschodniej Polsce, w tym i w rejonie Białegostoku, nie występują. Natomiast lasy wyróżnia obecność świerka pospolitego *Picea abies*, który jest na tym obszarze notowany prawie we wszystkich ich typach, poza najbardziej suchymi (Wołkowycki 2010). Przy czym postępujące zmiany klimatyczne powodują stopniowe przesuwanie na zachód granicy występowania świerka. Przez to osobniki rosnące w marginalnym zasięgu są zwykle bardziej narażone na choroby i inwazje szkodników, czego przykład mieliśmy w Puszczy Białowieskiej. Także w Białymstoku można spotkać całkowicie uschnięte okazy świerka, opanowane przez groźnego szkodnika kornika drukarza *Ips typographus* (Fot. 1).

W naszym odczuciu nie będzie nadużyciem stwierdzenie, że Białystok charakteryzuje się interesującymi walorami przyrody ożywionej zarówno na poziomie gatunków, jak i ponadgatunkowym. Warto podkreślić występowanie bardzo rzadkich i cennych przedstawicieli ptaków lęgowych, płazów, porostów czy też roślin, w tym storczyków. Natomiast spośród interesujących elementów składających się na różnorodność ponadgatunkową miasta należy wymienić choćby grąd, źródliska, czy też łęgi nadrzeczne. Rzecz jasna każde z tych siedlisk i ekosystemów to także miejsce bytowania interesujących, niekiedy bardzo cennych gatunków roślin i zwierząt, np. stawy dojłidzkie to miejsce rozrodu płazów. Wymienione ekosystemy występują głównie na obrzeżach Białegostoku, jednakże niektóre z nich opisano w silnie zurbanizowanym centrum, gdzie stanowią szczególną wartość przyrodniczą i podnoszą atrakcyjność biologiczną tego obszaru. Oczywiście na terenie miasta występują także gatunki obce, w tym inwazyjne, stanowiące zagrożenie dla różnorodności biologicznej. Zarówno szczególnie cenne walory przyrody ożywionej Białegostoku, jak i zagrożenia na jakie są one narażone zostaną szczegółowo omówione w dalszej części pracy. Jeżeli chodzi o poziom genetyczny różnorodności biologicznej, jest on w naszym odczuciu istotny na każdym obszarze. Nie powinno zatem podlegać dyskusji, czy zasoby genetyczne jakich „nośnikami” są rośliny, zwierzęta i grzyby jakiegoś terenu, w tym wypadku Białegostoku, są wartościowe, czy też nie należą do cennych i wartych zachowania. Jeżeli nawet w warunkach niewielkich, pojedynczych, w zasadzie izolowanych populacji miejskich ich znaczenie nie wydaje się być szczególnie duże, stanowią one bądź co bądź źródło materiału genetycznego, którego pozyskanie i wykorzystanie może wpłynąć pozytywnie na pulę genową innej populacji danego gatunku.





JAK OCENIĆ
BIORÓŻNORODNOŚĆ
NA DANYM
OBSZARZE?

Pomiar bioróżnorodności jest kluczowym działaniem umożliwiającym kontrolę nad zachowaniem puli genowej i bogactwa gatunkowego oraz chroniącym przed zaburzeniami relacji międzygatunkowych i złą kondycją ekosystemów. Ocena bioróżnorodności może być dokonana na każdym z jej poziomów, przy wykorzystaniu wielorakich metod. Jednakże ze względu na spore koszty badań molekularnych, najrzadziej stosuje się poznanie na poziomie genetycznym. Jest to zarazem różnorodność najtrudniejsza do rozpoznania z racji bardzo różnej liczby genów u poszczególnych gatunków (Kruk 2014).

W praktyce, bioróżnorodność jest zatem badana przede wszystkim na poziomie gatunkowym, przy czym dotyczy to zarówno skali lokalnej (na poziomie ekosystemu lub siedliska), regionalnej (na poziomie ekosystemów i siedlisk składających się na krajobraz danego regionu), jak i w makroskali (na poziomie ponadregionalnym) (Sienkiewicz 2010). Należy jednak podkreślić, że ocena samej liczby gatunków bytujących na danym obszarze niekoniecznie musi być właściwą metodą poznawczą, bowiem ekosystemy różnią się od siebie. Cechą niektórych z nich jest właśnie niewielkie bogactwo gatunkowe i wcale nie oznacza to, że są one mniej wartościowe od tych wielogatunkowych.

Wyróżniamy trzy podstawowe metody oceny bioróżnorodności na poziomie gatunków (Nielsen i in. 2007):

- 1.** Ocena obecnego składu gatunkowego na danym terenie – prowadzona w oparciu o inwentaryzację przyrodniczą; określane są wówczas wszystkie lub tylko wybrane gatunki roślin i/lub zwierząt określonego obszaru a uzyskane wyniki porównywane z listą gatunków typowych dla danego ekosystemu.
- 2.** Porównywanie obecnego stanu ekosystemu z jego stanem z przeszłości; w tym celu wybiera się określony punkt w czasie, tzw. punkt zerowy, do którego porównuje się

zmiany zachodzące w kolejnych okresach; jest to zatem ocena zmian zachodzących w skali czasowej.

3. Odniesienie do obszarów chronionych; bioróżnorodność danego obszaru porównuje się do bioróżnorodności terenów podobnych ale o naturalnym, mało zmienionym środowisku, np. do terenu parków narodowych.

Najczęściej stosuje się pierwszą z nich – badanie obecnego składu gatunkowego. Odnosi się to zarówno do roślin, jak i zwierząt. Dotyczyć może gatunków pospolitych, czyli o wysokiej tolerancji na zmiany środowiska, występujących w różnych ekosystemach lub gatunków rzadkich, specyficznych dla danego ekosystemu. Wskaźniki opracowywane po to aby oddać charakter różnorodności gatunkowej na danych obszarze uwzględniają zatem takie czynniki, jak: liczba gatunków, liczba wszystkich osobników, liczba rodzin, udział danego gatunku w stosunku do sumy udziału wszystkich gatunków, czy też liczba wszystkich osobników wszystkich gatunków. Przykładem organizmów, które dostarczają wiedzy o stanie całych ekosystemów są ptaki. Jako zwierzęta wszechobecne, zwracające na siebie uwagę barwnym upierzeniem i śpiewem, a także wrażliwe na zmiany środowiska, są bardzo dobrym wskaźnikiem bioróżnorodności. Zajmują one ponadto szczytowe pozycje w łańcuchu pokarmowym, gdyż odżywiają się różnego rodzaju pokarmem roślinnym i zwierzęcym. Dzięki temu możemy pośrednio otrzymać ważne informacje na temat gatunków występujących w danym typie siedliska. Zmiany stanu niższych pięter piramidy pokarmowej przekładają się na parametry stanu populacji ptaków, czyli ich liczebność, rozmieszczenie, czy przeżywalność (Michalicha, Mitrus 2018).

Natomiast jedną z metod oceny składu gatunkowego fitocenoz (zbiorowisk roślinnych) jest ocena jakości florystycznej (ang. *Floristic Quality Assessment*, FQA) (Kruk 2014). Opiera się ona na następujących dwóch założeniach: gatunki roślin różnią się tolerancją na zakłócenia oraz gatunki rodzime wykazują różny stopień „wierności” w stosunku do siedliska (Mushet i in. 2002). Tę tolerancję i wierność określa się mianem „konserwatywności gatunków”, co oznacza że każdemu rodzimemu gatunkowi roślin przypisuje się współczynnik konserwatywności C (ang. *Coefficient of Conservatism*) zawierający się w zakresie od 0 do 10. Im wyższa wartość współczynnika C, tym węższą amplitudą ekologiczną i bardziej specyficznymi wymaganiami siedliskowymi charakteryzuje się dany gatunek. Zatem gatunki obce na danym obszarze będą charakteryzowały się współczynnikiem wynoszącym 0, a gatunki związane, wskutek bardzo restrykcyjnych wymagań, tylko z jednym określonym zbiorowiskiem – najwyższym współczynnikiem równym 10. Im wyższy współczynnik konserwatywności, tym gatunek jest uznawany za cenniejszy, a jednocześnie potencjalnie szybciej ginący z ekosystemu na skutek zachodzących w nim zmian. Wykorzystanie współczynnika C

Wartość współczynnika C	Charakterystyka roślin
0-3	Rośliny spotykane w różnych fitocenozach Zakres tolerancji ekologicznej – wysoki
4-6	Rośliny związane z określonymi fitocenozami Zakres tolerancji ekologicznej – średni
7-8	Rośliny typowe dla konkretnych stadiów rozwoju fitocenozy Zakres tolerancji ekologicznej – niewielki
9-10	Rośliny bardzo wrażliwe na zmiany, rosnące wyłącznie na siedliskach niezmiennych Zakres tolerancji ekologicznej – w zasadzie brak

Tab. 1. Zakresy wartości współczynnika konserwatywności C wraz z wyszczególnieniem cech odpowiadających im roślin (źródło: Kruk 2014, nieco zmienione)

pozwała zatem ustalić rangę poszczególnych gatunków roślin (Tab. 1). Gdy już wiadomo jakie gatunki występują na danym obszarze i jaki jest współczynnik C dla każdego z nich, należy te wartości zsumować a otrzymaną liczbę podzielić przez liczbę gatunków. W ten sposób otrzymuje się średni współczynnik konserwatywności (NMC). Na tej podstawie można uzyskać wskaźnik jakości florystycznej (ang. *Floristic Quality Index*, FQI) dla danego obszaru, stosując wzór:

$$FQI = NMC \cdot \sqrt{N}$$

gdzie

N – liczba gatunków rodzimych

Ocena jakości florystycznej pozwala określić stan zachowania zbiorowiska. Może być też wykorzystana do porównania dwóch obszarów o podobnych fitocenozach oraz przy monitoringu zmian zachodzących w czasie. Jest natomiast krytykowana ze względu na subiektywne przypisywanie współczynnika C. Poza tym nie pozwala ocenić liczebności, zagęszczenia, czy też dominacji poszczególnych gatunków (Kruk 2014).

W celu uwzględnienia stopnia synantropizacji lub udziału gatunków nierodzimych w zbiorowisku stosuje się natomiast następujące wskaźniki: wskaźnik synantropizacji, indeks obecności gatunków obcych oraz ocenę nienaruszalności bioróżnorodności (Kruk 2014). Ten pierwszy opiera się o liczbę apofitów (tj. gatunków rodzimych ale synantropijnych, wkraczających na siedliska powstałe wyniku działalności człowieka) i antropofitów (tj. gatunków obcych geograficznie) na danym obszarze, demonstrując procentowy udział gatunków obcych. Natomiast indeks obecności gatunków obcych powstał jako modyfikacja metody FQA. W tym przypadku również sporządza się listę gatunków roślin na danym obszarze i określa się ich współczynnik konserwatywności C. Jednak kolejnym krokiem jest obliczenie wskaźnika obecności gatunków obcych (PSI) ze wzoru:

$$PSI = TMC \cdot \sqrt{N}$$

gdzie

TMC – suma współczynników C podzielna przez wartość N + I,

N – liczba gatunków rodzimych,

I – liczba gatunków wprowadzonych do zbiorowiska

Natomiast ocena nienaruszalności bioróżnorodności została zaproponowana konkretnie dla określenia zmian w występowaniu i liczebności ssaków wskutek antropopresji wywołanej budową autostrad (Nielsen i in. 2007). Występowanie oraz liczebność poszczególnych gatunków badano zarówno w warunkach nienaruszonej przyrody, jak i w sytuacji gdy tereny leśne zostały przecięte siecią dróg. Przy czym, za sytuację wzorcową uznawano, rzecz jasna, brak sieci drogowej na danym obszarze.

Poza gatunkami roślin i zwierząt, także siedliska i krajobrazy mogą być poddawane ocenie stanu bioróżnorodności. W przypadku zbiorowisk roślinnych wykonuje się np. tzw. zdjęcia fitosocjologiczne, czyli wykonane ściśle według schematu opisy reprezentatywnych płatów roślinności, zawierające dokładny spis gatunków roślin. Na tej podstawie określa się roślinność rzeczywistą, czyli aktualnie występującą. Natomiast roślinność potencjalna to taka, która istniałaby na danym terenie gdyby nie było ingerencji człowieka. Jej opisanie i porównanie następnie z roślinnością rzeczywistą daje możliwość oceny stopnia zmian zachodzących w fitocenozach. Jest to zatem kolejna z metod określania bioróżnorodności.

Powyżej scharakteryzowane zostały główne sposoby mierzenia różnorodności biologicznej stosowane w skali lokalnej, ewentualnie regionalnej. Natomiast jak bioróżnorodność jest szacowana w ujęciu znacznie szerszym, tzn. z punktu widzenia krajów, a nawet kontynentów? Na poziomie państw wyliczany jest średni ważony wskaźnik bogactwa gatunkowego, gdzie brana jest pod uwagę liczba znanych gatunków w konkretnych kategoriach organizmów oraz liczba gatunków zagrożonych w tym kraju, także z podziałem na takie same grupy (Hallos, Tzeremes 2010).

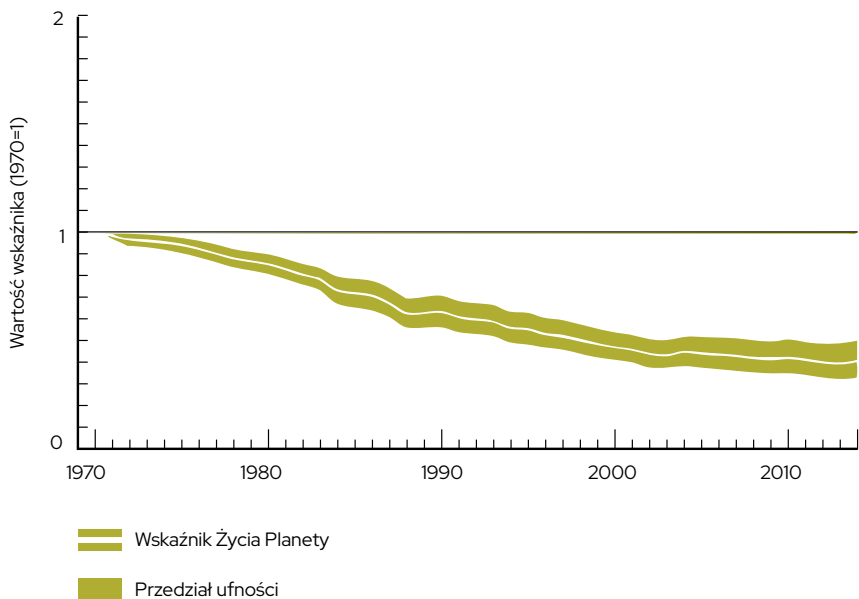
Inne kryteria są brane pod uwagę przy wyznaczaniu obszarów Natura 2000, które powstają w oparciu o dyrektywę UE i dotyczą w związku z tym bardzo wielu państw Europy. Otóż w celu utworzenia obszarów specjalnej ochrony ptaków dziko żyjących pod uwagę brane jest występowanie i liczebność odpowiednich gatunków ptaków oraz ich rozpowszechnienie, czyli udział procentowy powierzchni w granicach obszaru badań, na której stwierdzono występowanie danego gatunku. Natomiast przy wyznaczaniu specjalnych obszarów ochrony siedlisk w ramach programu Natura 2000 brane są pod uwagę siedliska określonego

typu. Za wymagające ochrony uznaje się siedliska zagrożone w obrębie terytorium UE lub typowe dla wyróżnionych na tym terytorium regionów biogeograficznych (Makomska-Juchiewicz 2009). Ważnym czynnikiem przemawiającym za wytypowaniem siedliska do ochrony jest też jego lokalizacja na trasie migracji zwierząt i na obszarach pełniących rolę korytarzy ekologicznych. Metody stosowane do wyznaczania obszarów Natura 2000 należą do jednych z najbardziej kompleksowych sposobów oceny bioróżnorodności.

Specyficzny system oceny różnorodności biologicznej zapoczątkowała w 2005 r. Europejska Agencja Ochrony Środowiska. Opiera się on o zestaw 26 wskaźników (*Streamlining European Biodiversity Indicators*, SEBI 001- SEBI 026) (<https://biodiversity.europa.eu/topics/sebi-indicators>). Oto niektóre z nich: liczebność i rozmieszczenie wybranych gatunków (SEBI 001), taksony z czerwonej listy gatunków europejskich (SEBI 002), gatunki o znaczeniu europejskim (SEBI 003), zasięgi ekosystemów (SEBI 004), wyznaczone w poszczególnych krajach obszary chronione (SEBI 007), gatunki inwazyjne w Europie (SEBI 010), jakość wód słodkich (SEBI 016), lasy: zasoby, przyrost i wyrąb (SEBI 017), rolnictwo: obszary podlegające praktykom zarządzania potencjalnie wspierającym różnorodność biologiczną (SEBI 020). Kolejnym krokiem było ustalenie strategii działania do roku 2020 (EEA Technical Report 2012). Zaproponowano w niej m. in. aby monitorować nie tylko zmianę liczebności i rozmieszczenia gatunków ale także by oceniać zagrożenie wyginięciem, a w przypadku siedlisk, poza zmianami powierzchni, określać także stan ich zachowania, reprezentatywność, wrażliwość i skuteczność działań ochronnych.

Europejski Urząd Statystyczny (Eurostat) jako miarę bioróżnorodności stosuje natomiast trzy elementy: zmiany liczebności gatunków ptaków typowych dla terenów uprawnych i kompleksów leśnych (za rok bazowy przyjęto 2000 i wszystkie zmiany są mierzone w odniesieniu do tego roku), procentowy udział w powierzchni danego kraju obszarów Natura 2000 tworzonych w oparciu o dyrektywę siedliskową oraz połów ryb przez kraje Unii Europejskiej w północno-wschodnim Atlantyku (Kruk 2014).

Badania na skalę światową, których celem jest ustalenie Wskaźnika Życia Planety (ang. *Living Planet Index*, LPI) prowadzi natomiast WWF. W okresach dwuletnich publikowane są raporty, dzięki którym możliwe jest śledzenie liczebności populacji ssaków, ptaków, ryb, gadów i płazów z całego świata. Dane dotyczą dokładnie 16 700 populacji reprezentujących 4 005 gatunków. Pojawiające się trendy są miarą zmian różnorodności biologicznej. Globalny LPI to wypadkowa trzech wskaźników: LPI dla lądów, LPI dla mórz i LPI dla wód słodkich. Wyjściowa wartość LPI ustalona w 1970 i wynosząca 1 jest odnośnikiem dla wartości uzyskiwanych w kolejnych latach. Spadek poniżej tej wartości oznacza spadek wskaźnika życia planety (WWF 2018). Wartości globalnego LPI prezentuje Ryc. 3.



Ryc. 3. Kształtowanie się Wskaźnika Życia Planety (ang. *Living Planet Index, LPI*) w latach 1970–2014 (źródło: WWF 2018)

Oceną bioróżnorodności w szerokim ujęciu zajmują się także takie instytucje, jak European Topic Centre on Biological Diversity, Global Biodiversity Information Facility oraz Group on Earth Biodiversity Observation Network. Wszystkie postawiły sobie za cel uporządkowanie i ujednolicanie sposobów oceny bioróżnorodności z wykorzystaniem zdalnych metod (Jongman 2013).

Nieco inaczej podeszli do kwestii oceny stanu bioróżnorodności Hal-kos i Tzeremes (2010), którzy poszukiwali relacji między poziomem zachowania różnorodności biologicznej a takimi cechami państw, jak wielkość ich populacji, emisja CO₂, PKB w przeliczeniu na mieszkańca i współczynnik Giniego (wskaźnik nierówności społecznej). Autorów tych interesowała produkcja rolna na poziomie państw i intensywność wykorzystania energii w gospodarce. Oba te czynniki traktowano jako potencjalnie niosące zagrożenie dla bioróżnorodności. Natomiast za kluczowy element pozytywny w tej kwestii uważano zwiększanie się powierzchni obszarów chronionych.



WIE

DLACZEGO
TAK WAŻNA
JEST OCHRONA
RÓŻNORODNOŚCI
BIOLOGICZNEJ?



Wszystkie organizmy na Ziemi żyją i rozwijają się w obrębie ekosystemów, które współtworzą wraz ze środowiskiem abiotycznym (nieożywionym). Jednym z elementów tych ekosystemów jest człowiek a jakość jego życia zależy niepodważalnie od stanu zachowania bioróżnorodności, która jest z kolei warunkiem utrzymania rolnictwa, rybołówstwa, leśnictwa i wielu gałęzi przemysłu. Pozycję i rolę bioróżnorodności w zmianach zachodzących na Ziemi dobrze ilustruje Rycina 4. Jak widzimy, to właśnie różnorodność biologiczna występująca w naturalnych ekosystemach generuje tzw. usługi ekosystemowe, definiowane jako procesy i cechy naturalnych ekosystemów, które wspierają działalność człowieka i podtrzymują ludzkie życie (Chapin III i in. 2000). Kalinowska (2011) wymienia następujące usługi, za które odpowiadają ekosystemy:

- 1. Zaopatrzeniowe** – jedne z najbardziej oczywistych. Obejmują w pierwszej kolejności pożywienie, jak mięso, ryby, produkty zwierzęce, jadalne części roślin, produkty działania mikroorganizmów i tp. Należą tu także różne materiały służące do budowy domów, głównie drewno ale też trzcina, liście palmowe oraz materiały do tworzenia ubrań (włókna roślinne i zwierzęce, pióra, skóry). Bardzo ważne są też substancje lecznicze. Wiele leków lub substancji do ich produkcji pochodzi z natury (Knutelski 2018). Przykładem niech będą badania nad właściwościami leczniczymi grzybów rosnących na żywym lub martwym drewnie w Puszczy Białowieskiej. Szczególne zainteresowanie wśród naukowców wzbudził ostatnio korzeniowiec sosnowy *Heterobasidion annosum* – grzyb odpowiadający za tzw. zgniliznę drewna. Okazuje się, że hamuje on rozwój komórek raka jelita grubego, co potwierdzili na liniach komórkowych oraz w trakcie badań na myszach laboratoryjnych badacze z Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku (<https://pulsmedycyny.pl/naukowcy-z-umb->

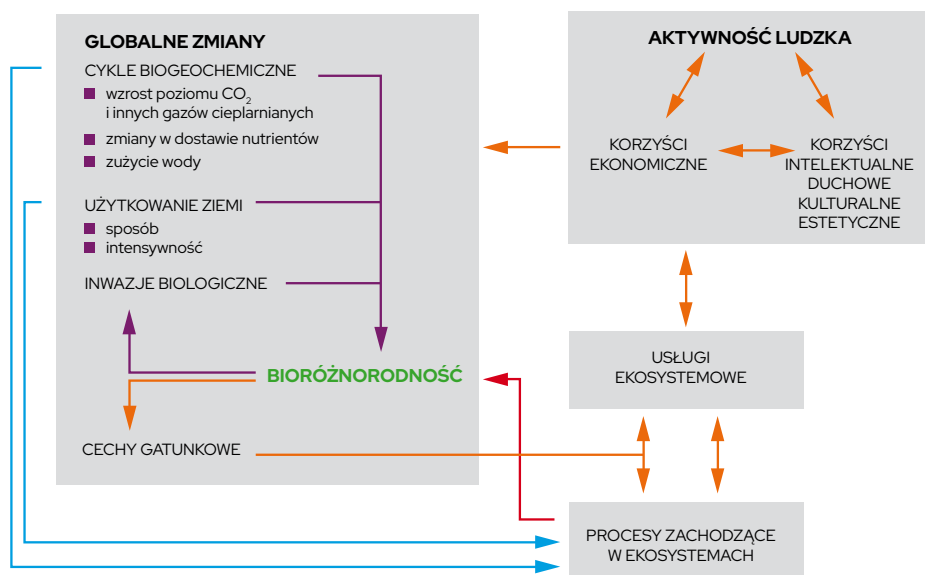
i-pb-opatentuja-zastosowanie-korzeniowca-sosnowego-w-leczeniu-raka-jelita-grubego-949167).

- 2. Regulacyjne** – polegają one na oczyszczaniu powietrza z pyłów, regeneracji tlenu i pochłanianiu dwutlenku węgla (Kalinowska 2011). Tak też, dzięki pobieraniu przez korzenie roślin różnych substancji – zarówno nadmiaru biogenów jak i skażeń chemicznych, oczyszczaniu ulega nie tylko powietrze, ale też gleba i woda. W przypadku wody, rośliny są wspierane przez niektóre bezkręgowce, jak małże, gąbki i żachwy. Inna bardzo ważna funkcja organizmów, w tym wypadku fotosyntetyzujących, to pochłanianie z atmosfery dwutlenku węgla, kluczowego gazu, który przyczynia się do globalnego ocieplenia i zmiany klimatu a im jest niezbędny w procesie fotosyntezy. Stąd ogromna rola organizmów samożywnych w ograniczaniu efektu cieplarnianego na Ziemi i spowolnieniu zmian klimatu (Knutelski 2018). Te same organizmy produkują też tlen. Ogromną rolę ekosystemy odgrywają również w utrzymywaniu stałości klimatu. Przykładem są tropikalne lasy deszczowe, których olbrzymia transpiracja zapewnia opady w ich najbliższym otoczeniu. Zatem wycięcie takich lasów skutkuje dramatycznym przesuszeniem. Natomiast we wszystkich strefach klimatycznych lasy na stokach gór pełnią ważną funkcję w zatrzymywaniu wody z gwałtownych opadów, przez co chronią tereny położone niżej przed powodzią i erozją gleby (Kalinowska 2011). Kolejny przykład to rola mchów w utrzymaniu stabilności wiecznej zmarzliny w strefie borealnych lasów iglastych, czyli w tajdze. Pokrywa mszysta ogranicza tam dopływ ciepła do podłoża, a że temperatura gleby ma silny wpływ na dostarczanie składników odżywczych i produktywność, to charakter tego ekosystemu pozostaje niezmienny (Chapin III i in. 2000).
- 3. Wspierające** – należą tu produkcja pierwotna oraz krążenie pierwiastków i tworzenie oraz utrzymywanie jakości gleby, a więc takie usługi ekosystemowe, bez których nie byłyby możliwe żadne inne. To tutaj należy także wymienić rolę zapylaczy w funkcjonowaniu całych ekosystemów. Z perspektywy ekonomicznej owady zapylające dostarczają świadczeń ekosystemowych wartych ponad 100 mld dolarów rocznie na całym świecie (Gallai i in. 2009). Spadek różnorodności gatunkowej pszczoł ma ogromne znaczenie nie tylko dla gospodarki człowieka ale i dla przyrody w ogóle. Jako przykład można przedstawić łąkę, gdzie różne gatunki owadów zapylają wiele gatunków roślin, stanowiących pokarm dla bydła. Jego odchody rozkładane są przez organizmy żyjące w glebie i w ten sposób nawożona jest gleba, na której rosną rośliny. Przetrwanie każdego z elementów tego cyklu zależne jest od pozostałych (Kalinowska 2011).

4. **Ekonomiczne** – bezpośrednio odczuwalne w postaci przyptywu gotówki. Źródłem dochodów jest wzrost aktywności przyrodniczej regionu, jego rozwój. Dzięki różnorodności biologicznej możliwe jest tworzenie miejsc pracy, choćby w sektorze turystycznym i edukacyjnym, a to przyczynia się do poprawy jakości życia na danym obszarze.
5. **Pozamaterialne** – zaspokajające potrzeby duchowe człowieka. Walory bioróżnorodności umożliwiają wypoczynek, stanowiąc doskonałą odskocznnię od stresów związanych z życiem w mieście, pracą zawodową, obowiązkami ciężącymi na każdym z nas. W niektórych kulturach pewne gatunki roślin i zwierząt także same w sobie są ważnym elementem religii i kultury.

Powyżej przedstawiono korzyści, jakie czerpie człowiek z racji dobrze zachowanej różnorodności biologicznej. Jednak patrzeć na to zagadnienie tylko z własnego, tzn. ludzkiego punktu widzenia, jest z pewnością krótkowzroczne i nie odzwierciedla całości problemu. Prześledźmy to na przykładzie różnorodności genetycznej drzew leśnych. Zadaniem lasu jest, owszem, zaspokojenie wzrastających wielorakich potrzeb społecznych i gospodarczych. Jednakże bioróżnorodność jest przede wszystkim konieczna dla zapewnienia ciągłości podstawowych procesów ekologicznych zachodzących w lasach, ich trwałości, restytucji na siedliskach zdegradowanych, utrzymania naturalnej odporności drzewostanów. Drzewa leśne, jako najważniejszy składnik ekosystemów leśnych, kształtują nisze ekologiczne dla innych gatunków flory i fauny. Zróżnicowanie genetyczne powinno być zachowane także dlatego, że istnieje wiele nierozpoznanych dotychczas właściwości genetycznych drzew, które w przyszłości będzie można z pożytkiem wykorzystać (Matras 2013). Jednak czynniki ekonomiczne nie powinny być traktowane nadrzędnie, gdyż zaburzenia w drzewostanie pociągają za sobą lawinę niekorzystnych zmian w całym ekosystemie leśnym. To samo dotyczy resztą wszelkich innych istniejących w przyrodzie układów.

Wyobraźmy sobie sytuację, gdy na skutek głównie działalności człowieka, rzadziej z przyczyn naturalnych, dane siedlisko zostaje podzielone, czyli ulega fragmentacji. Może to spowodować wzrost stosunku jego obwodu do powierzchni, a przez to nasilenie się wpływu tzw. efektu brzegowego. Oznacza to, że jest narażone na wpływy gatunków obcych w stopniu większym, aniżeli obszary niepodzielone, choćby nawet powierzchnie takich siedlisk były zbliżone. Te drugie pomimo niepożądanych wpływów, którym też przecież podlegają, zachowują jednakże wewnątrz wolne od działania efektu brzegowego, czyli tzw. niezaburzony rdzeń (ang. *core area*) (Ryc. 5). Wraz z rosnącym zasięgiem efektu brzegowego wzrasta ryzyko inwazji gatunków obcych (*vide* Kujawa i in. 2016). Można zatem powiedzieć, że zmiany w bioróżnorodności generują inwazje biologiczne (i odwrotnie) (Ryc. 4), a te należy traktować z całą powagą jako zjawisko bardzo niebezpieczne i gigantyczny problem ekologiczny. Jest to przyczyna

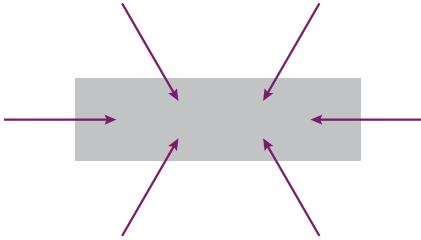


Ryc. 4. Rola bioróżnorodności w zmianach o charakterze globalnym (źródło: Chapin III i in. 2000; nieco zmienione)

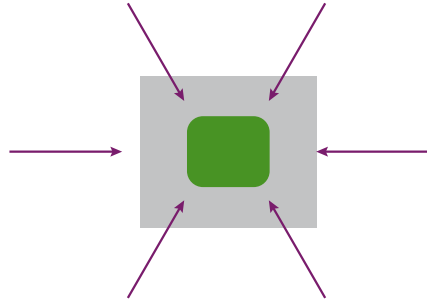
śmierci wielu organizmów, ponieważ gatunki inwazyjne przenoszą wirusy i pasożyty a ekosystemy nie są na to przygotowane. Takich gatunków inwazyjnych jest bardzo dużo na całym świecie, począwszy od mikroobów, przez rośliny, na ssakach skończywszy. Stanowi to poważny problem dla ekologii, gospodarki i ludzkiego zdrowia (Courchamp 2019). Jak pisaliśmy już wcześniej, nie zawsze większa liczba gatunków na danym terenie jest zjawiskiem korzystnym. Mogą być bowiem wśród nich gatunki inwazyjne a to jest przejawem obecności zaburzeń działających w środowisku i nie jest pożądane.

Do problemu ochrony bioróżnorodności należy zatem podchodzić z całą powagą, traktując różnorodność biologiczną jako czynnik niezbędny do zachowania mechanizmów działania żywej przyrody, zdolności przyrody do przetrwania zmian środowiska, a także dla zapobieżenia utracie jeszcze nieodkrytych i niewykorzystanych wartości przyrodniczych, które mogą być podstawą rozwoju i gwarancją przeżycia przyszłych pokoleń. Zatem konieczność ochrony różnorodności biologicznej winna w pierwszym rzędzie wynikać z podanych wyżej elementarnych przyczyn. Wszelkie korzyści materialne płynące z zachowania różnorodności biologicznej, jakie stają się udziałem człowieka, powinny być pozyskiwane w sposób zrównoważony, tak aby nie zaburzać funkcjonowania ekosystemów. Pamiętać

A




B



Ryc. 5. Fragmentacja siedlisk a efekt brzegowy; a) siedlisko podzielone, podlegające efektowi brzegowemu, co wyraża się intensywnym wpływem gatunków obcych (czerwone strzałki) penetrujących cały obszar, b) siedlisko pod słabszym wpływem efektu brzegowego, posiadające wolny od negatywnych wpływów (czerwone strzałki) rdzeń (ang. *core area*) (zielony obszar)

należy przy tym, że systemy ekologiczne i społeczne oddziałują w sposób nieliniowy, a preferencje ludzkie zmieniają się w czasie. Trudno zatem w tej chwili jednoznacznie przewidzieć potrzeby przyszłych społeczeństw (Chapin III i in. 2000).

A vibrant field of purple orchids in tall green grass. A dragonfly is visible in the upper left. The background shows a blue sky with light clouds. A large, semi-transparent white letter 'A' is overlaid on the left side of the image. A white rectangular box is centered over the orchids, containing the title text.

W
PŁYW
RÓŻNORODNOŚCI
BIOLOGICZNEJ
NA ŻYCIE
MIESZKAŃCÓW
MIAST

W poprzednim rozdziale pisaliśmy o znaczeniu bioróżnorodności i potrzebie jej ochrony. W tym miejscu chcemy skupić się na zagadnieniu różnorodności biologicznej w odniesieniu do miasta i jego mieszkańców. Znaczenie przyrody w miastach dostrzegano od starożytności. W miastach wszystkich kolejnych epok urządzano ogrody, a wiele z dawnych ich założeń istnieje do dziś, żeby wspomnieć te najświetniejsze, np. przy pałacu Schönbrunn w Wiedniu, czy też wokół warowni Alhambra w hiszpańskiej Grenadzie. Natomiast jedne z pierwszych udokumentowanych przypadków wykorzystywania zieleni w przestrzeni dostępnej dla zwykłych mieszkańców, zatem nie związane z rezydencjami arystokratów i władz kościelnych, znane są z miast holenderskich. W XVII w. zaczęto tam obsadzać drzewami ulice i kanały miejskie. Od XVIII w. zmieniał się charakter miast, w których drzewa stały się stałym elementem alej, bulwarów i promenad. W XIX w., w wyniku rozwoju przemysłu nastąpiło ograniczenie przestrzeni miejskiej dla przyrody, co doprowadziło do pogorszenia warunków życia (Kronenberg 2012). Stopniowo jednak zaczęto zwracać uwagę na fakt, że tereny zielone są częścią przestrzeni publicznej. Taki pogląd rozpowszechnił się szczególnie na przełomie XIX i XX w., czego dowodem było stworzenie w 1898 r. przez Ebenezera Howarda, brytyjskiego planistę i urbanistę, idei „miasta – ogrodu”. Miał to być sposób na przeludnienie miast i poprawę jakości życia mieszkańców, poprzez zbliżenie ich do środowiska naturalnego, przy jednoczesnym zachowaniu komfortu życia miejskiego. Służyło temu odpowiednie rozplanowanie miasta – jego podział na strefy o określonych funkcjach (vide Michniewicz-Ankiersztajn 2014). Jednakże dopiero w okresie powojennym zaczęto tworzyć właściwe normy urbanistyczne, zawierające wytyczne dotyczące zielni w miastach (vide Kronenberg 2012).

Dzisiaj wiadomo, że życie mieszkańców miast i jego jakość, zależne są nie tylko od samego ekosystemu miejskiego ale również od ekosystemów, które miasto otaczają. Dostarczają one spożywaną w mieście żywność i wodę, oczyszczają powietrze, czy też



Ryc. 6. Powiązania ekosystemów miejskich z otoczeniem (źródło: Kronenberg 2012; nieco zmienione)

stwarzają możliwości rekreacyjne (Ryc. 6). Obliczono, że wartość ekonomiczna usług zapewnianych przez ekosystemy rośnie wraz ze zmniejszaniem się odległości od centrum miasta, co uzasadnia choćby potrzebę zachowania i sadzenia lasów w pobliżu miast. Jednak wpływ bioróżnorodności na ich mieszkańców ma dużo szerszy wymiar. Należy go rozpatrywać w kilku aspektach.

Po pierwsze, przyroda ożywiona wywiera zdecydowanie dodatni wpływ na zdrowie ludzi zamieszkujących miasta. Wskazuje się w tym przypadku na niwelowanie stresu poprzez kontakt z przyrodą i wrażenia estetyczne a nawet możliwość rehabilitacji, o ile środowisko zbliżone będzie do naturalnego. Walory przyrodnicze miasta stwarzają jego mieszkańcom możliwości prawidłowego rozwoju psychicznego i społecznego. Przy czym im większa różnorodność siedliskowa, tym większa szansa na pojawienie się szczególnie lubianych przez człowieka organizmów, jak ptaki śpiewające czy motyle. Obecność tych przedstawicieli fauny wpływa na ludzi kojąco, poprawiając stan ich zadowolenia z życia na terenie zurbanizowanym (Trzaskowska 2015). Rozszczelnianie powierzchni zabudowanych w mieście, co ma miejsce dzięki terenom zielonym, wpływa pozytywnie na zwiększenie wilgotności powietrza, sprzyja tworzeniu mikroklimatu i ograniczeniu szkodliwych dla zdrowia pyłów i innych zanieczyszczeń. Ideą ułatwienia mieszkańcom miast o zwartej zabudowie dostępu do naturalnego środowiska jest wkomponowywanie zieleni w bryłę budynków mieszkalnych, w wielu przypadkach mamy tu do czynienia z nowymi formami zieleni, takimi jak zielone dachy (Fot. 2) i ogrody wertykalne (Fot. 3). Badania pokazały, że na każdego



Fot. 2.

Zielony dach na jednym z budynków Wydziału Biologii Uniwersytetu w Białymstoku (Fot. C. Drzymulski)



Fot. 3.

Ściana budynku porośnięta roślinnością (Dublin, Irlandia) (Fot. D. Drzymulska)

mieszkańca miasta powinno przypadać około 50 m² zieleni aby mogły być spełnione podstawowe warunki zdrowotne (Dubel 2000). Jakość życia mieszkańców miast rośnie, gdy mają oni możliwość obcowania z przyrodą ożywioną w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca zamieszkania. Stąd kluczowa rola takiego planowania przestrzennego, które lokalizowałoby tereny zielone w centrum miast. Ogranicza to presję zabudowy oraz powoduje, że tak zagospodarowane tereny znajdują się w zasięgu transportu publicznego a przez to są łatwo dostępne. Stanowi to zachętę do poprawy aktywności fizycznej (Fot. 4), co ma dobroczynny wpływ na stan zdrowia mieszkańców (Kronenberg 2012). Takie współgranie przyrody ożywionej oraz człowieka wpisuje się w koncepcję tzw. miasta kompaktowego. Jednym z pierwszych miast rozwijających się według tej idei był Sztokholm (vide Kronenberg 2012). Jednak przykłady koncepcji zagospodarowania przestrzennego wykorzystującej usługi miejskich ekosystemów, można znaleźć i naszym podwórku. Weźmy przykład Stawów Marczukowskich w Białymstoku, które po rewitalizacji stały się doskonałym miejscem bytowania dla płazów, ryb i ptaków. Było to możliwe dzięki stopniowej poprawie jakości wody. Badania hydrochemiczne przeprowadzone w trakcie prac rewitalizacyjnych, jak i po ich zakończeniu pozwalają przypuszczać, że warunki bytowania na terenie stawów organizmów wodnych i wilgociolubnych będą się w dalszym ciągu polepszać (Osipińska 2017; Bazydło 2018). W bezpośrednim otoczeniu stawów pojawiły



Fot. 4. Las przy ulicy 11 Listopada – miejsce lubiane przez biegaczy (Fot. T. Poskrobko)



Fot. 5. Stawy Marczukowskie w Białymstoku – widok na większy ze stawów, z położoną centralnie wyspą (Fot. C. Drzymulski)

się wiaty, ławki, miejsca odpoczynku, tablice informacyjne. Obecnie korzystają z tego nie tylko mieszkańcy Słonecznego Stoku ale także innych osiedli miasta. Jest to teraz doskonałe miejsce do relaksu i obcowania z przyrodą (Roszkowska 2017) (Fot. 5).

Po drugie, zieleń sprzyja niwelacji negatywnych cech aglomeracji. Jedną z najbardziej dotkliwych jest hałas. To właśnie drzewa i krzewy mogą pełnić funkcję izolacji akustycznej. W Białymstoku pojawiły się także specjalne ekrany dodatkowo obsadzone pnączami (Fot. 6). Zieleń ma też duże znaczenie w kontekście „uspokajania” ruchu, a przez to podnosi bezpieczeństwo mieszkańców. Odbywa się to poprzez np. ustawiane donice z roślinami (Fot. 7), które ograniczają zasięg ruchu samochodów i wyznaczają miejsca do parkowania. Inną, niezwykle uciążliwą dla mieszkańców cechą miast są tzw. wyspy ciepła. Powstają one na skutek wzrostu temperatury powietrza w wyniku zwiększenia udziału absorbujących gorąco nawierzchni dróg i budynków, zmniejszenia terenów zielonych i liczby drzew, a także zmian hydrologicznych. W wyniku tych przekształceń następuje redukcja parowania służącego do ochłodzenia środowiska miejskiego. Tereny o podwyższonej temperaturze charakteryzują się również dużą koncentracją zanieczyszczeń powietrza. Na terenie Warszawy różnica temperatury

między śródmieściem i obszarami peryferyjnymi sięga latem 7-8°C, a nawet do 10°C przy pogodzie bezwietrznej. Jak z tym skutecznie walczyć? Okazuje się, że to właśnie drzewa bardzo skutecznie regulują temperaturę w mieście. W jaki sposób? Otóż wbrew sile grawitacji woda jest dostarczana w takim drzewie do wszystkich gałęzi i liści korony, znajdujących się nawet na wysokości kilkudziesięciu metrów powyżej gruntu. Następnie wyparowuje do atmosfery obniżając temperaturę powietrza. Wyobraźmy sobie, że duży klon srebrzysty *Acer saccharinum* może w gorące, letnie popołudnie wyparować ponad 265 litrów wody w ciągu godziny. Ochładzający efekt jednego drzewa jest zatem ogromny. Można go przyrównać do wydajności pięciu przeciętnej wielkości klimatyzatorów. Jak podają Summit i Sommer (1998), w Sacramento (Kalifornia, USA) dzięki właściwie sadzonym drzewom, koszty klimatyzacji obniżono nawet o 30-40%. Co nie jest bez znaczenia, drzewa wykonują tę „pracę” za darmo, bez potrzeby użycia kosztownych systemów technicznych, jak ujęcia wody, sieci wodociągowe, czy też pompy. Ponadto, korony drzew są aktywną powierzchnią przyjmującą energię cieplną, chroniąc w ten sposób powierzchnię chodnika i przebywających na



Fot. 6.
Ekran akustyczny porośnięty
pnąciami przy ulicy
Generała Nikodema Sulika
w Białymstoku
(Fot. P. Zieliński)



Fot. 7. Donice kwiatowe ograniczające ruch kołowy przy Rynku Kościuszki w Białymstoku (Fot. D. Drzymulska)

nim ludzi, a także ściany sąsiednich budynków. Ważne jest zatem aby w miastach nie rezygnować z drzew na rzecz roślinności niższej, gdyż ta ostatnia nie daje takiego efektu klimatycznego. I wreszcie, drzewa chronią też przed wiatrem. Zbadano, że redukują one szybkość wiatru nawet do 50%, przyczyniając się do potencjalnych rocznych oszczędności zużycia energii (Szczepanowska 2015a). Należy dodać, że prawie we wszystkich dotychczas zbadanych miastach, inwestycje sadzenia drzew uzyskiwały wysokie wskaźniki relacji korzyści do kosztów, w Nowym Jorku sięgające do 5,6 a w odniesieniu do poszczególnych gatunków drzew nawet do wysokości 23,3 (dla platanów). Świadczy to o dużej efektywności inwestycji zielonej infrastruktury i jest silnym argumentem celowości jej ochrony i rozwoju (Szczepanowska 2015b). Niestety przepisy nie sprzyjają zadrzewianiu miast – przy nowoprojektowanych drogach drzewa muszą znajdować się 3 m od skrajni jezdni. Jednak w gęsto upakowanej zabudowie miejskiej warunek ten staje się trudny do spełnienia. Niektórzy traktują drzewa przy ulicach jako problem, ponieważ zacieniają one okna, zasłaniają przejścia dla pieszych, boczne drogi czy znaki drogowe a jesienią gubią liście. Niekiedy zdarza się, że niszczą infrastrukturę i chodniki (miastodrzew.wroclaw.pl/drzewa-w-miescie). Jednakże zalet bez wątpienia jest więcej i większość z nas zdecydowanie preferuje ulice czy place



Fot. 8a. Niemal pozbawiona drzew ulica Warszawska w Białymstoku (fot. T. Poskrobko)



Fot. 8b. Rynek Kościuszki w Białymstoku - przestrzeń pozbawiona drzew (fot. D. Drzymulka)

z drzewami zamiast pozbawionych nich „betonowych pustyń”, nawet jeżeli są to miejsca o pięknej zabudowie (Fot. 8a, b).

Po trzecie, różnorodność biologiczna sprzyja budowaniu więzi społecznych. Znane są szeroko akcje choćby wspólnego sadzenia drzew. Mieszkańcy miast chętnie spędzają też czas przy ogródkach warzywnych i sadach owocowych zakładanych w miastach (Fot. 9). Interesujące doświadczenie przeprowadzono w Leeds, w Anglii, gdzie na jeden weekend pokryto trawą 800 m² drogi osiedlowej. Spowodowało to entuzjastyczną reakcję mieszkańców, którzy gromadnie opuszczali swoje domy celem wspólnego zażywania ruchu i zabawy na świeżym powietrzu. Jednocześnie miało to wpływ na ograniczenie ruchu samochodowego, co także było korzystne z punktu widzenia mieszkańców (Kronenberg 2012).

Po czwarte, środowisko przyrodnicze miasta przekłada się również na jego wizerunek, a to często idzie w parze z realnymi zyskami ekonomicznymi. Nasilająca się konkurencja między miastami o przyciągnięcie nowych inwestycji uwzględnia bowiem także tzw. wskaźniki zdrowia środowiskowego. Ilustrują one zmiany stanu zdrowia mieszkańców wywołane zmianami jakości środowiska. Wizerunek miasta poprawiają także ciekawe, atrakcyjne formy zieleni, które spotykają się z zainteresowaniem mediów i stanowią atrakcję turystyczną promującą dane miasto. Ponadto otoczenie zieleni, zwłaszcza drzew wokół domów, wpływa w sposób bardzo konkretny na wzrost wartości nieruchomości i zwiększenie stopnia ich sprzedawalności (*vide* Szczepanowska 2015b). To samo dotyczy osiągania korzyści biznesowych poprzez poprawę wizerunku podmiotów, wokół siedzib których rosną drzewa (Wolf 2009). Okazuje się, że konsumenci są gotowi płacić 9% więcej w małych miastach i 12% więcej w dużych za towary kupowane w dzielnicach handlowych, w których rosną drzewa. Gotowi są również pojechać na zakupy dalej, do miejsca z drzewami. Wychodzą bowiem z założenia, że poziom dbałości o rośliny rosnące przy sklepie przekłada się na poziom dbałości o klienta. Dbanie o przyrodę w mieście może się opłacać także politycznie, co pokazuje przykład burmistrza Waszyngtonu, który wygrał wybory pod hasłem „więcej drzew – więcej głosów”, obiecując przywrócić utracone drzewa przy miejskich ulicach (*vide* Kronenberg 2012). O roli drzew w funkcjonowaniu miasta i jego mieszkańców a co za tym idzie, o realnych korzyściach finansowych z tego płynących, pisaliśmy już wcześniej. Jakie inne znaczenie, przyroda ożywiona składająca się na różnorodność biologiczną, posiada w kontekście obniżania kosztów życia w mieście? Przykładem niech będą działania, których celem jest przekształcanie trawników w kwietne łąki, łąki trawiaste lub łąki dla zapylaczy (Fot. 10). Skutkuje to zarówno podniesieniem stanu różnorodności biologicznej, poprawą estetyki, jak i ogranicza koszty utrzymania takich miejsc. Łatwiej jest utrzymać naturalną łąkę w parku, aniżeli tej samej wielkości ozdobny gazon. Ponadto, monokultury i ubogie ekosystemy zieleni miejskiej są bardzo podatne na wszelkie wahania

czynników środowiskowych. Zatem, gdy pozwalamy na spontaniczne pojawianie się roślinności ekosystem sam zyskuje homeostazę i nie wymaga nakładów na swoje utrzymanie. Wyższa różnorodność biologiczna to zatem wyższa stabilność ekosystemu. W takich warunkach pojawiają się także różne grupy zwierząt, w tym naturalni wrogowie innych, niepożądanych z punktu widzenia człowieka, np. nietoperze zjadające komary. Wszystko to zmniejsza koszty utrzymania miejskich ekosystemów, a te przecież ponoszą wszyscy mieszkańcy (Trzaskowska 2015).

Bogactwo różnorodności biologicznej w miastach wywiera także pozytywny wpływ na świadomość ekologiczną mieszkańców, którzy obcują z przyrodą niejako na miejscu, bez potrzeby wyjazdu poza obszar zamieszkania. W miastach jest znacznie więcej formalnych możliwości skorzystania z bliskości przyrody ożywionej, aniżeli na terenach wiejskich. Dotyczy to także tych osób, dla których jest to sposób zarobkowania, np. poprzez prowadzenie zajęć ekologicznych czy też organizowanie miejskich wycieczek ornitologicznych.

Należy też poświęcić kilka zdań zbiorowiskom roślinności synantropijnej (związanej z działalnością, obecnością człowieka), które w miastach rozwijają się często bardzo bujnie. Gatunki te doskonale odnajdują się na terenie zurbanizowanym i doskonale radzą sobie na podłożu antropogenicznym o podwyższonej lub obniżonej zawartości materii organicznej, czy też permanentnie wydeptywanym. Należy tu wymienić pokrzywę zwyczajną *Urtica dioica*, komosę białą *Chenopodium album*, łobodę błyszcząca *Atriplex nitens*, gwiazdnicę pospolitą *Stellaria media*, glistnika jaskółcze ziele *Chelidonium majus*, pięciornika gęśiego *Potentilla anserina*, rdest ptasi *Polygonum aviculare* i babkę zwyczajną *Plantago*




Fot. 9. Sad owocowy w Parku Antoniuk w Białymstoku (Fot. D. Drzymulska)



Fot. 10. Łąka kwiatna przy ulicy Jana Klemensa Branickiego w Białymstoku (Fot. C. Drzymulski)

major. Z jednej strony są to elementy pożądane, gdyż często pojawiają się na terenach poprzemysłowych, czy nieużytkach, „łagodząc” nieco ich nieestetyczny wizerunek. Mieszkańcy mają tam dużą swobodę dostępu i mogą poddawać się spontanicznym zachowaniom, co niekiedy nie jest możliwe na „uporządkowanych” terenach zieleni, gdzie wiele działań, które mogą prowadzić do powstania hałasu lub niszczenia założonej zieleni jest zakazanych. Na tych ostatnich mogą także wystąpić ograniczenia wstępu i opłaty. Z drugiej strony takie obszary może cechować niekontrolowany rozrost roślinności, co stanowi przeszkodę matkom z dziećmi w wózkach i osobom starszym. Miejsca te są również zanieczyszczone przez dziczące psy i koty, a poprzez słabe oświetlenie i bujną roślinność przyciągają osoby pijące alkohol a nawet element przestępczy. Wywołując negatywne odczucia w wielu mieszkańcach, powodując, że stają się one miejscem wyrzucania śmieci, nieczystości oraz podpaień (Trzaskowska 2008).

Na koniec krótko o granicach miasta. Otóż najczęściej miasto przechodzi łagodnie w tereny podmiejskie, czy strefę zielonych osiedli, do których z kolei przenika otaczający las. Ta strefa kontaktu miasta z przyrodą to niezwykle obszar, gdzie środowisko zajmowane przez ludzi styka się z naturalnym środowiskiem dzikich zwierząt. Ludziom daje to szansę obserwacji przyrody niemal tuż za progiem własnego domu. Jednocześnie rodzi także poważne zagrożenie w postaci kolizji samochodów ze zwierzętami, w tym tak dużymi, jak dzik *Sus scrofa*, sarna *Capreolus capreolus*, jeleni *Cervus elaphus*, czy łos *Alces alces* (Kalinowska 2015).



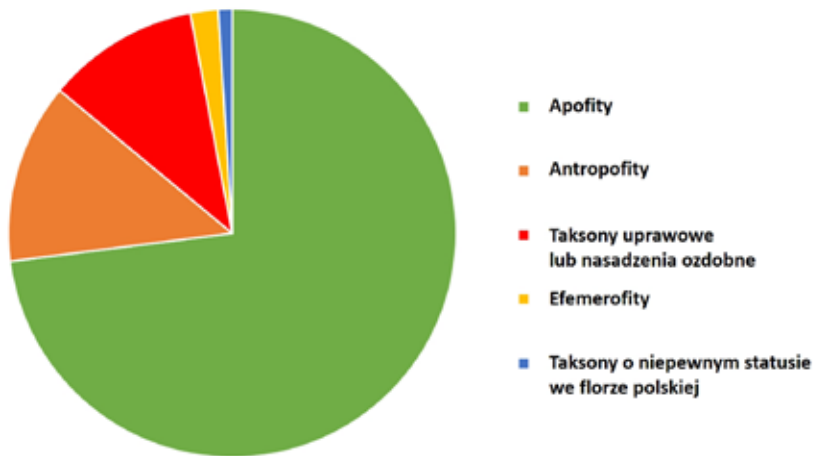
ZAGROŻENIA
BIORÓŻNORODNOŚCI.
CO MOŻE
OGRANICZAĆ
RÓŻNORODNOŚĆ
BIOLOGICZNA
BIAŁEGOSTOKU?

Funkcjonowanie naturalnej i seminaturalnej przyrody na terenie miasta uzależnione jest od wielu czynników ograniczających jej rozwój. Podstawowym zagrożeniem dla organizmów żywych jest stale wzrastająca liczba ludności oraz rosnące zagęszczenie populacji. Jesteśmy coraz bardziej wygodni, potrzebujemy gładkich nawierzchni i przestronnych budynków by zapewnić sobie maksymalny komfort życia. Powoduje to, że zaczynamy konkurować o przestrzeń i w efekcie ograniczamy powierzchnię terenów zielonych. Większe tereny zielone są w takich sytuacjach likwidowane lub dzielone na mniejsze fragmenty a otaczająca infrastruktura uniemożliwia przemieszczanie się organizmów między sąsiadującymi siedliskami. Tereny o większej bioróżnorodności często otoczone są budynkami, ulicami, ekranami akustycznymi, ogrodzeniami i innymi konstrukcjami, które nie sprzyjają swobodnemu rozwojowi większości gatunków. Im bliżej centrum miasta, tym bardziej tereny zielone stają się izolowane, co w znacznym stopniu ogranicza możliwość migracji organizmów. Konsekwencją takiej izolacji jest ubożenie puli genowej populacji, osłabienie jej kondycji, chów wsobny a w skrajnych przypadkach całkowity zanik. To właśnie fragmentacja siedlisk, jak już wskazaliśmy wcześniej, jest jednym z ważniejszych problemów utrzymania różnorodności biologicznej (Xu i in. 2018). W każdym mieście można wskazać zagrożone miejsca. Zazwyczaj są to izolowane tereny zielone położone w obrębie ścisłego centrum. W Białymstoku należą do nich np. Park im. J. Dziekońskiej, Park Centralny czy Park Stary im. Księcia Józefa Poniatowskiego (Ryc. 7).

Kolejnym istotnym zagrożeniem dla różnorodności biologicznej miast jest sztucznie wytworzony mikroklimat. Jak już wspomnieliśmy w poprzednim rozdziale, w miastach tworzą się tzw. wyspy ciepła, które powstają w wyniku szybszego nagrzewania powierzchni betonowych czy asfaltowych, szczególnie w miejscach pozbawionych cienia. Nagrzane powierzchnie następnie powoli oddają ciepło w chłodniejszej porze dnia. Ponadto w miastach notujemy

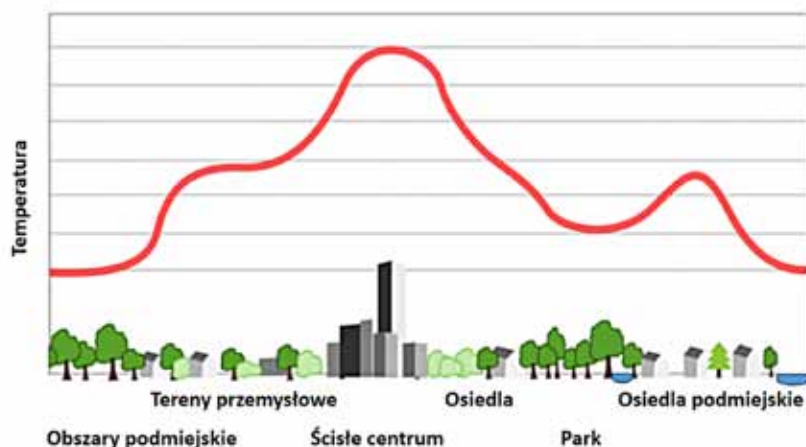
Fot. 11.

Stadion miejski w Białymstoku w czasie meczu jako przykład zanieczyszczenia przestrzeni miasta światłem (fot. T. Poskrobko)



Ryc. 7. Lasy, wybrane parki i ekosystemy wodne Białegostoku. 1 – Las Wesołowski, 2 – Las Pietrasze, 3 – Las Solnicki, 4 – las przy ulicy Adam Mickiewicza, 5 – las Bacieczki, 6 – Las Bagno; A – Park im. J. Dziekońskiej, B – Park Centralny, C – Park Stary im. Księcia Józefa Poniatowskiego, D – Park Branickich, E – Park Planty, F – Park Konstytucji 3 Maja, G – Park Antoniuk; RA – Rezerwat Antoniuk, RLZ – rezerwat Las Zwierzyniecki, CZ – cmentarz żydowski przy ulicy Wschodniej, SD – Stawy Dojlidzkie

wzmógłony ruch pojazdów i intensywniejszą działalność przemysłową. Wszystko to powoduje że temperatura (szczególnie w ścisłym centrum) może być nawet o kilka stopni wyższa niż na przyległych terenach (Ryc. 8). Jeżeli na dodatek w mieście brakuje odpowiednich kanałów przewietrzania tzw. korytarzy



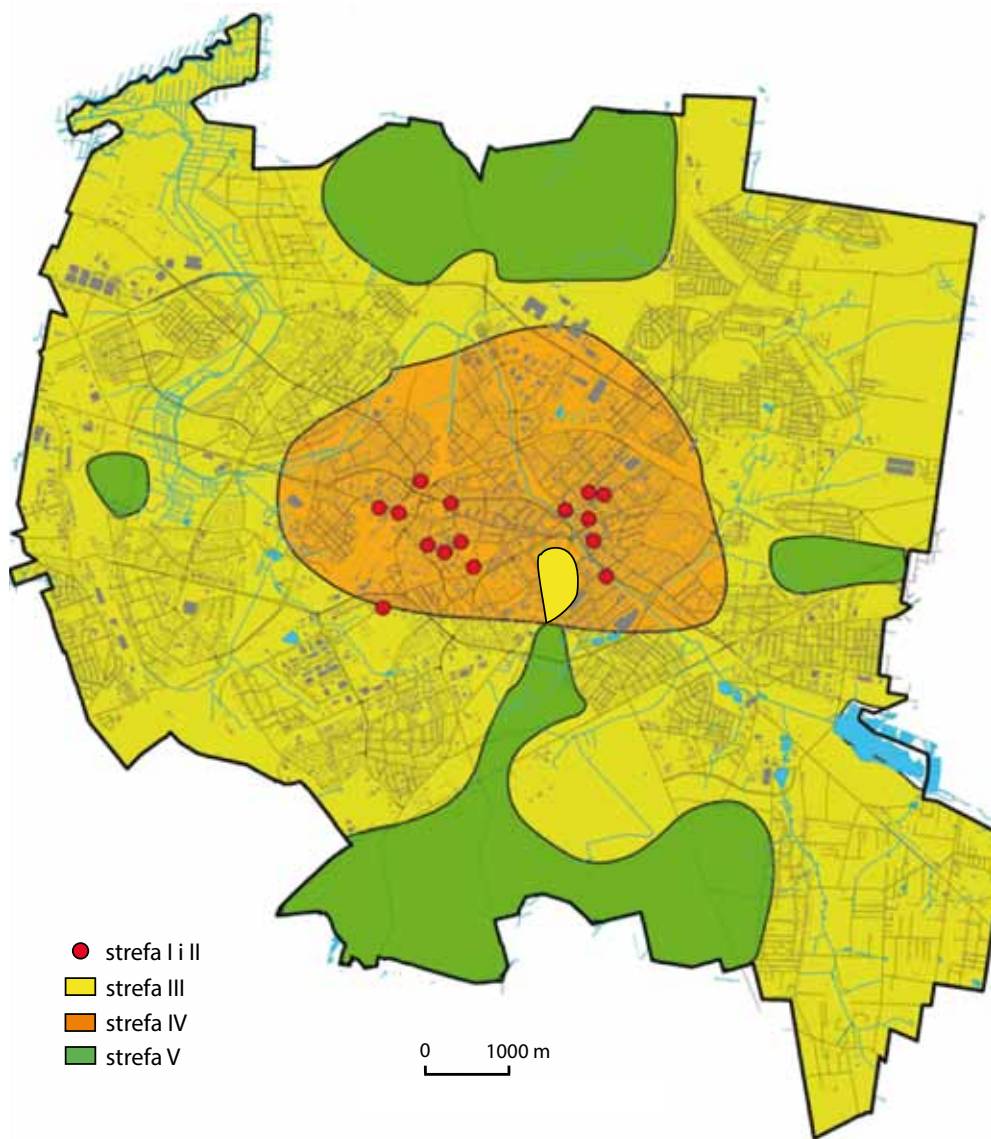
Ryc. 8. Powstawanie miejskiej wyspy ciepła (źródło: Akbari i in. 1992; nieco zmienione)

powietrznych, to podwyższona temperatura utrzymuje się jeszcze dłużej w ciągu dnia. Warto pamiętać, że w ten sposób nie tylko podgrzewamy powietrze ale też wody i środowisko glebowe. Po każdym letnim deszczu woda opadowa spływająca z dróg czy parkingów odbiera ciepło i ogrzana trafia zwykle do wód powierzchniowych. Podobnie obserwowany jest wzrost temperatury gleb w okolicach sieci kanalizacyjnej, którą płyną m.in. podgrzane ścieki z naszych domów. Niestety dla niektórych gatunków podniesienie temperatury środowiska ich występowania nawet o kilka stopni przekracza możliwości adaptacyjne i gatunki te wycofują się z takiego terenu. Dobrze to widać w okresie letnich upałów, kiedy trawniki miejskie stają się suche i pozbawione zieleni.

Rośliny i zwierzęta miast w znacznym stopniu są podatne na działanie zanieczyszczeń powietrza. Spaliny pochodzące z pieców c.o. czy pojazdów zawierają CO₂, CO, tlenki azotu, lotne związki organiczne czy pyły zawieszone. Zjawisko to nasila się w okresie jesiennym, zimowym i wczesną wiosną, szczególnie w tych częściach miasta, gdzie dominuje zabudowa jednorodzinna. Odnotowywane są wtedy podwyższone stężenia pyłu PM_{2,5} (pył zawieszony o średnicy nieprzekraczającej 2,5 μm) i PM₁₀ (pył zawieszony o średnicy nieprzekraczającej 10 μm). Długotrwałe utrzymywanie się ich w powietrzu powoduje gromadzenie się tych pyłów w układzie oddechowym zwierząt, zatykanie aparatów szparkowych u roślin, uszkodzenia mechaniczne liści itp. Według Światowej Organizacji Zdrowia PM_{2,5} jest najbardziej szkodliwy dla zdrowia, ponieważ ekspozycja na wysokie stężenia tego pyłu powoduje choroby układu oddechowego i krążenia. Oczywiście organizmy nie są całkowicie bezbronne, np. rośliny, przy niskim ale

stale utrzymującym się zanieczyszczeniu powietrza, są w stanie ograniczyć jego oddziaływanie. Zazwyczaj odpowiedź taka następuje na poziomie fizjologicznym i charakteryzuje się zmniejszeniem przyrostu, mniejszą wielkością organów i wydajnością produkcji tlenu itd. (Garrec 2019). Jednak duże nagromadzenie w tkankach roślinnych różnego rodzaju zanieczyszczeń pochodzących z powietrza może powodować uszkodzenia i obumieranie tych roślin a także zatrucia i w efekcie podwyższoną śmiertelność zwierząt roślinożernych. W Białymstoku najsilniejszy wpływ na stan jakości powietrza mają liniowe źródła zanieczyszczeń, tj. szlaki komunikacyjne i zanieczyszczenia powierzchniowe. Największymi emiterami powierzchniowymi pyłów PM10 w Białymstoku są rozległe osiedla domków jednorodzinnych. Stężenia pyłów w powietrzu znacząco podnoszą się w okresie grzewczym. Do osiedli o okresowo podwyższonych wartościach PM10 należą: Bacieczki, Wygoda, Jaroszkówka, Skorupy, Mickiewiczza, Kawalerskie i Starsielce. Źródła punktowe mają w Białymstoku mniejsze znaczenie. Jednakże i one mogą być uciążliwe. W szczególności dotyczy to takich emiterów jak: Elektrociepłownia Białystok, Zakłady Usług Technicznych Fasty Sp. z o.o., Zakłady Przemysłu Sklejek BIAFORM S.A., czy też Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe „Silikaty-Białystok” Sp. z o.o. (Kwiatkowski, Gajko 2012).

Pisząc o zanieczyszczeniach powietrza nie sposób nie wspomnieć o doskonałych bioindykatorach jego stanu, czyli o porostach. Organizmy te są bowiem nie tylko elementami przyrody poprawiającymi bioróżnorodność miasta ale także w sposób czytelny reagują na ilość szkodliwych związków wydzielanych przez ruch kołowy i przemysł. W bioindykacji tego typu wykorzystuje się porosty nadrzewne (epifityczne), stosując tzw. skalę porostową, która pozwala wydzielić strefy wegetacji porostów o różnym poziomie odporności na zanieczyszczenia powietrza. Na terenie Białegostoku występuje pięć spośród siedmiu wyróżnianych w ogóle stref wegetacji porostów, czyli stref lichenoidykacyjnych (Matwiejuk 2007b) (Ryc. 9). Przy czym im niższy numer strefy, tym zanieczyszczenie powietrza jest większe. Zdecydowana większość powierzchni miasta objęta jest trzema strefami – III, IV i V. Co bardzo korzystne z punktu widzenia życia w mieście oraz funkcjonowania świata ożywionego, strefy I (zupełny brak porostów nadrzewnych) i II (najbardziej odporne epifityczne porosty skorupiaste) zajmują jedynie niewielkie obszary w centrum miasta i w okolicach dworców PKS i PKP, czyli tam gdzie jest szczególnie nasilony ruch kołowy. Ponadto odnotowano kilka punktów na stanowiskach przy takich ulicach, jak Słonimska, Świętojańska i Kopernika. Strefa III (obok porostów skorupiastych pojawiają się tu porosty łuseczkowate) obejmuje szerzej rozumiane centrum miasta, w tym osiedla: Przydworcowe, Piaski, Młodych, Bojary, Białostoczek, Antoniuk i Piasta. W strefie IV korę drzew kolonizują, oprócz porostów skorupiastych i łuseczkowatych, gatunki o plechach listkowatych, należące do tych bardziej wrażliwych na zanieczyszczenie powietrza. Co jest optymistyczne, strefa IV jest najbardziej rozległa



Ryc. 9. Strefy lichenoindykacyjne w Białymstoku (źródło: Matwiejuk 2007b i Kwiatkowski, Gajko 2012; nieco zmienione)

w Białymstoku. Obejmuje zwartą i luźną zabudowę miasta na peryferiach, ze znacznym udziałem zieleni miejskiej. W jej granicach położone są liczne osiedla, w tym Skorupy, Wygoda, Jaroszkówka, Pietrasze, Dziesięciny I i II, Bacieczki, Zawady, Wysoki Stoczek, Bema, Dojlidy, Słoneczny Stok, Zielone Wzgórza, Leśna

Dolina, Starosielce, Nowe Miasto, Skorupy, Zawady, oraz lotnisko na Krywlanach, parki zespołów pałacowych Branickich i Lubomirskich oraz Planty. Natomiast strefa V (pojawiają się w niej najbardziej wrażliwe na zanieczyszczenia porosty krzaczkowate) dość dokładnie pokrywa się z terenami zalesionymi Białegostoku, obejmując Las Pietrasze, Las Bagno, Las Solnicki, Las Bacieczki i las na osiedlu Mickiewicza (zarówno część parkową, jak i objętą ochroną rezerwatową) oraz cmentarz wojskowy położony na terenie Parku Konstytucji 3 Maja. Występują tu gatunki porostów najmniej odporne na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego. Na podstawie wykonanych przez Matwiejuk (2007a, b) badań można stwierdzić, że roślinność drzewiasta Białegostoku wpływa korzystnie na ograniczenie zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego.

Kolejnym czynnikiem wpływającym szczególnie negatywnie na roślinność miast jest podwyższone stężenie ozonu. Ozon w mieście powstaje dzięki przekształceniom chemicznym jakim pod wpływem intensywnego światła podlegają inne gazowe zanieczyszczenia powietrza, m.in. CO i tlenki azotu. Ze względu na jego bezpośredni i wysoce utleniający wpływ na różne procesy fizjologiczne roślin (fotosynteza, oddychanie itp.) uważany jest za gaz silnie fitotoksyczny. Obecnie uważa się, że 90% strat wydajności związanych z zanieczyszczeniem powietrza w świecie roślin ma swoje źródło w ozonie (Garrec 2019).

Do jednych z bardziej niepokojących zagrożeń w funkcjonowaniu organizmów w mieście, a tym samym negatywnie wpływających na zachowanie bioróżnorodności, jest zanieczyszczenie wody. Woda w miastach jest obciążona różnego rodzaju zanieczyszczeniami pochodzącymi z działalności przemysłowej, gospodarstw ludzkich, spływu powierzchniowego (Machon 2019). Od wielu lat obserwuje się podwyższone stężenia w wodach miejskich takich pierwiastków, jak chlor, sód i potas. W oczywisty sposób jest to związane w naszej strefie klimatycznej z zimowym odładzaniem dróg i chodników za pomocą soli (NaCl, KCl). Jony tych związków są bardzo dobrze rozpuszczalne w wodzie i szybko migrują z roztworem glebowym do wód podziemnych i powierzchniowych. Przez ich nadmiar w glebie rośliny nawet w sprzyjających warunkach wilgotnościowych cierpią na deficyt wody, ponieważ nie są w stanie pobrać jej z podłoża.

Kolejne może niedoceniane zagrożenie bioróżnorodności w mieście to „zanieczyszczenie sztucznym światłem”. Jest to zjawisko związane ze stosowaniem sztucznego oświetlenia takiego, jak oświetlenie drogowe, oświetlenie budynków użyteczności publicznej, oświetlenie obiektów przemysłowych, handlowych, rozrywkowych, parkingów, zewnętrzne i wewnętrzne oświetlenie domów, światła pojazdów. W Białymstoku jednym z miejsc oświetlonych w sposób wręcz ekstremalny jest stadion sportowy przy ulicy Słonecznej (Fot. 11). Łuna jaka mu towarzyszy nocą widoczna jest poza miastem w promieniu kilku kilometrów. Z behawioralnego punktu widzenia zanieczyszczenie światłem prowadzi do reakcji przywabiania, odstraszenia i dezorientacji (Gaston i in. 2013). Na

przykład u małych nocnych ssaków ekspozycja na sztuczne światło powoduje reakcję ucieczki. Prawdopodobnie jest to związane z możliwością dostrzeżenia takiego zwierzęcia przez drapieżniki. Przykładem zwierząt szczególnie wrażliwych na ten typ zagrożenia są nietoperze, których zachowanie zmienia się w nocy ze względu na sztuczne światło. Niektóre bardzo popularne gatunki polują na owady przyciągane przez aureole latarni ulicznych. Inne rzadsze gatunki są bardzo płochliwe i uciekają z miast w poszukiwaniu odpowiedniego miejsca. Wydawać by się mogło, że dodatkowe i dłużej utrzymujące się w ciągu dnia światło jest zaletą. Tymczasem u małych nocnych ssaków narażonych na zanieczyszczenie światłem zaobserwowano, że ograniczają one ruchliwość i tym samym poszukiwanie pożywienia. Efektem jest pogorszenie ich stanu fizycznego i stres (Rich, Longcore 2006). Sztuczne oświetlenie miast jest zagrożeniem dla wielu gatunków nocnych owadów czy ptaków, które wykorzystują światło np. gwiazd, księżycy jako drogowskaz do poruszania się w ciemności. Ich ekspozycja na sztuczne oświetlenie powoduje, że osobniki tych gatunków zbliżają się do sztucznego źródła światła, co powoduje ich całkowitą dezorientację. U płazów ekspozycja na sztuczną iluminację może powodować zaprzestanie wykonywania pieśni godowych. Osobniki tym samym stają się mniej wybredne w czasie rozrodu. A warto zaznaczyć, że sukces reprodukcyjny zależy w głównej mierze od właściwego doboru partnera (Le Tallec 2019). Na poziomie ekosystemowym zanieczyszczenie światłem może powodować szereg zaburzeń równowagi takiego miejskiego ekosystemu. W szczególności może dochodzić do modyfikowania konkurencji międzygatunkowej. Na przykład niektóre nietoperze wykorzystują gromadzenie się owadów przy zapalonych latarniach i dziesiątkują je w większym stopniu niż by to miało miejsc w środowisku pozbawionym sztucznego oświetlenia. Zanieczyszczenie światłem może również przyczynić się do fragmentacji siedlisk. Przykładem niech będą owady nocne. Dla nich oświetlone drogi są prawdziwymi barierami, które zakłócają trasy przemieszczania się tych zwierząt (Le Tallec 2019). Problem zanieczyszczeń światłem dotyczy nie tylko zwierząt ale także roślin. Istnieją takie siedliska w mieście, które są oświetlane sztucznym światłem przez całą noc. W wielu przypadkach sztuczne światło w porze nocnej jest wystarczająco mocne, by wywołać niepożądaną reakcję fizjologiczną u roślin, wpływać na ich fenologię czy tempo wzrostu (Bennie i in. 2016).

Narażenie populacji roślin i zwierząt występujących w mieście na tak wiele czynników stresowych osłabia ich kondycję. Dlatego gdy w takiej miejskiej populacji pojawiają się choroby, to ze wzmożoną siłą. Ponadto duże zagęszczenie różnych gatunków roślin i zwierząt na małym obszarze (teren zurbanizowany) intensyfikuje związki między nimi, stąd też epidemie w miastach przybierają znacznie gwałtowniejszy charakter, aniżeli poza obszarami zurbanizowanymi.

Coraz częściej zwraca się uwagę na hałas generowany w miastach jako czynnik ograniczający bioróżnorodność. Sam dźwięk nie stanowi większego

problemu, ponieważ wiele gatunków zwierząt wydaje i słyszy dźwięki, które służą do komunikowania się między osobnikami, partnerami lub do wykrywania ofiar czy drapieżników. Problem powstaje, gdy dźwięki zamieniają się w hałas. W miastach jest wiele dźwięków wytwarzanych przez człowieka, których zakres jest nieprzyjemny nawet dla nas samych np. hałas komunikacyjny czy też przemysłowy. Negatywne oddziaływanie hałasu dotyczy wielu grup zwierząt takich jak: ptaki, płazy, gady, ryby, ssaki i bezkręgowce (Sordello i in. 2019). Obejmuje kilka rodzajów ekosystemów, w tym ekosystemy lądowe, wodne i przejściowe.

Różnorodność biologiczna środowisk miejskich często jest zwiększana w sposób sztuczny, ponieważ dużą część stanowią gatunki uprawne (ozdobne) czy zwierzęta udomowione. Jeśli chodzi o florę, myślimy o wszystkich bylinach, krzewach i drzewach ozdobnych lub warzywach, które są wysiewane czy zasadzane na trawnikach, rabatach, klombach, przydomowych ogródkach, działkach, parkach ale i balkonach, gazonach itd. Na terenie miast nie ma możliwości uniknięcia gatunków obcych. W ogrodach, parkach, skwerach dominują gatunki roślin ozdobnych, często nieznanymi dla naszego obszaru. Jednak nie wszystkie gatunki obce są zagrożeniem. Jedynie część z nich po introdukcji nabiera charakteru gatunku inwazyjnego ponieważ zaczyna wywierać negatywny wpływ na rodzime gatunki, siedliska lub ekosystemy. Częściej takie składniki flory spotykane są w mieście lub w strefie podmiejskiej, niż na pozostałych obszarach (McIntosh 2013). Wśród występujących w miastach gatunków o cechach inwazyjnych, a Białystok nie jest tu niestety wyjątkiem, są klon jesionolistny *Acer negundo*, sumak octowiec *Rhus typhina*, robinia akacja *Robinia pseudoacacia*, dereń rozłogowy *Cornus sericea*, czeremcha amerykańska *Padus serotina*, aronia śliwolistna *Aronia prunifolia*, winobluszcz zaroślowy *Parthenocissus inserta* (Fot. 12), słonecznik bulwiasty *Helianthus tuberosus* (Fot. 13), żółtlica drobnokwiatowa *Galinsoga parviflora*, kolczurka klapowana *Echinocystis lobata*, przetacznik perski *Veronica persica* czy nawłóć kanadyjska *Solidago canadensis* (Rzymowska 2018). W przypadku Białegostoku to właśnie nawłóć kanadyjska (Fot. 14) staje się poważnym problemem. Łatwo zasiedla ona nowe tereny i co gorsza wypiera rodzime gatunki. Zaliczana jest do uciążliwych i trudnych do wytopienia roślin. Ponadto stwierdzono, że liczba gatunków ptaków łąkowych jest zdecydowanie niższa na terenach zdominowanych przez nawłóć kanadyjską, aniżeli na łąkach bez nawłoci. Co gorsza gatunek ten ma bardzo dobrze rozwinięty system allelopatyczny. Wydziela on różnego rodzaju substancje, które hamują rozwój innych roślin, dzięki czemu łatwiej wypiera gatunki rodzime. Ponadto stwierdzono, że nawłóć wpływa negatywnie na obieg węgla i pierwiastków biogennych w glebie (<http://www.iop.krakow.pl/ias/>).

Spośród miejskich zwierząt kręgowych funkcjonują takie, które wygrywają konkurencję z innymi. Należą do tej grupy koty i psy. Wbrew temu, co sądzi większość z nas mają one ogromny wpływ na ekosystemy miejskie. Mimo, że



Fot. 12. Winobluszcz zaroślowy *Parthenocissus inserta* w dolinie rzeki Białej przy ulicy Pod Krzywą w Białymstoku (Fot. P. Zieliński)

pupile są codziennie karmione przez swoich właścicieli, to wciąż skutecznie polują na dzikie zwierzęta. Badania pokazują, że są bardzo aktywnymi drapieżnikami, zabijającymi ptaki, drobne ssaki, gady czy bezkręgowce (Thomas i in. 2012). Stwierdzono, że drapieżnictwo kotów w Wielkiej Brytanii mogło być istotnym czynnikiem wpływającym na dynamikę populacji a nawet całkowite wyginięcie w miastach niektórych gatunków ptaków (Baker i in. 2008).

Kolejnym czynnikiem negatywnie wpływającym na utrzymanie bioróżnorodności jest spadek poziomu zwierciadła wód podziemnych. Wykorzystanie nowych terenów pod budowę wymaga często jego osuszenia, co niekorzystnie wpływa na bogactwo gatunkowe siedlisk. W Białymstoku w ten sposób powstały na przykład nowe budynki mieszkalne w rejonie ulicy Jana Pawła II, nad rzeką Białą. Takie zabiegi powodują, że najbardziej zagrożone w mieście są rośliny i zwierzęta terenów podmokłych, o płytko zalegających wodach podziemnych. Tego rodzaju tereny na obszarze miasta są niepożądane, czego skutkiem jest właśnie ich osuszanie i przeznaczanie np. pod zabudowę. Dlatego na terenie miasta coraz trudniej można spotkać takie gatunki jak knieć błotna *Caltha palustris* czy tatarak *Acorus calamus*.



Fot. 13. Słonecznik bulwiasty *Helianthus tuberosus* (Fot. P. Zieliński)




Fot. 14. Inwazja nawłoci kanadyjskiej *Solidago canadensis* przy ulicy Konstantego Ciołkowskiego w Białymstoku (Fot. P. Zieliński)



Fot. 15. Zielony przystanek przy Placu Niezależnego Zrzeszenia Studentów w Białymstoku (Fot. D. Drzymulska)

Ostatnim i bardzo aktualnym problemem są globalne zmiany klimatyczne. Wraz z ich nasileniem na terenie Polski coraz bardziej jesteśmy narażeni na ekstremalne zjawiska pogodowe, jak ulewne deszcze, gwałtowne burze, podtopienia, długotrwałe susze czy fale upałów. O ile zjawiska te są mniej uciążliwe na terenach wiejskich, to w gęsto zabudowanych miastach są poważnym wyzwaniem. Dlatego coraz częściej zwraca się uwagę na adaptację miast do zmian klimatu poprzez realizację projektów łagodzących ekstrema pogodowe (Machon 2019). Zabiegi takie poprawiają mikroklimat i retencję wód opadowych. W przypadku Białegostoku jest to rzadsze koszenie trawy w pasach komunikacyjnych, wprowadzenie kwiatowych łąk, czy też tzw. zielonych przystanków (Fot. 15).



**JAK CHRONIĆ
I ZACHOWAĆ
RÓŻNORODNOŚĆ
BIOLOGICZNĄ
MIASTA?**

Badania naukowe wyraźnie pokazują, że jakość życia mieszkańców miast, a nawet ich zdrowie, są ściśle związane z jakością różnorodności biologicznej w dzielnicach, w których mieszkają (Machon 2019). Dlatego ochrona różnorodności biologicznej miasta jest w naszym interesie.

Najważniejszym czynnikiem, który wpływa na utrzymanie i decyduje o jakości różnorodności biologicznej, jest miejsce występowania i wielkość siedliska. Im bardziej rozległe tereny zielone, tym lepiej. Utrzymaniu bioróżnorodności sprzyja połączenie pasami roślinności sąsiadujących ze sobą parków, lasów, zielców. Te korytarze ekologiczne zapewniają migrację osobników i ekologiczną łączność między środowiskami. Dlatego nawet sztucznie utworzone aleje, łąki itp. mogą stanowić wsparcie dla bioróżnorodności, o ile są one dobrze zaplanowane. W związku z tym konieczna jest zmiana podejścia do organizacji przestrzeni miejskiej, która integruje różnorodność biologiczną z tkanką miejską (Parris i in. 2018).

Bardzo ciekawe podejście do utrzymania różnorodności biologicznej w miastach prezentują Parris i in. (2018), podając siedem wytycznych:

- 1. Nadrzędną zasadą** przy zachowaniu w jak najlepszym stanie miejskiej różnorodności biologicznej jest pełna identyfikacja i jednocześnie ochrona obszarów o szczególnych walorach przyrodniczych. Dotyczy to zarówno obecnych, jak i potencjalnych miejsc w mieście oraz w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Według tego podejścia należy skupić się na obszarach, w obrębie których mamy najwięcej do stracenia (lub najwięcej do zyskania). Zwykle takie „skarby” to duże zbiorowiska roślinne (lasy, porośnięte roślinnością wzniesienia), tereny podmokłe, rzeki i ich doliny, tereny o dużej mozaikowatości siedlisk. Oczywiście nie oznacza to, że nie należy dbać o obszary o mniejszej bioróżnorodności, ponieważ są równie cenne.

2. **Drugą zasadą** przy utrzymaniu miejskiej różnorodności biologicznej jest utrzymanie lub przywracanie łączności między cennymi siedliskami tak aby umożliwić przemieszczanie się zwierząt oraz rozprzestrzenianie grzybów i roślin (zarodników, ziaren pyłku i nasion) w krajobrazie miejskim.
3. **Trzecią zasadą** utrzymania miejskiej różnorodności biologicznej jest pomoc w rekonstrukcji typowych cech ekosystemu, które mogą zapewnić sprzyjające środowisko bytowania wielu gatunkom roślin i zwierząt. Rozwój miast może spowodować zarówno znaczną utratę wielu środowisk, jak i uproszczenie siedlisk dla wielu gatunków flory i fauny.
4. **Zapewnienie zrównoważonego** obiegu wody i materii w ekosystemach funkcjonujących na terenie miasta. Nieprzepuszczalne powierzchnie, takie jak dachy, utwardzone drogi i betonowe chodniki zwiększają spływ powierzchniowy po każdych opadach deszczu. Woda ta jest następnie transportowana za pomocą systemów kanalizacji deszczowej do strumieni lub innych odbiorników i nie trafia do swojej naturalnej zlewni. Urbanizacja zakłóca także cykliczny obieg materii poprzez utratę wierzchniej warstwy gleby np. podczas budowy domów czy dróg (Booth i in. 2002) oraz poprzez usuwanie resztek trawy i liści.
5. **Kontrola i przywracanie** zależności biologicznych, w tym konkurencji o zasoby. Prawidłowo funkcjonująca symbioza, roślinożerność, drapieżnictwo, pasożytnictwo są ważnymi procesami kształtującymi różnorodność biologiczną danego miejsca. Także zapylenie roślin kwitnących ma kluczowe znaczenie dla zachowania różnorodności rodzimych gatunków roślin w miastach. Ze względów estetycznych jesteśmy przyzwyczajeni do wystrzyżonych na wysokość kilku centymetrów trawników. Jednak takie zabiegi są zabójcze dla roślin w okresie suszy. Warto zrezygnować z koszenia w czasie upałów by jak najdłużej zachować zieleń w mieście. Jeśli już kosimy, to powinno być ono rozłożone w czasie, tak by umożliwić gatunkom zakończenie cyklu życiowego. Na przykład zmiana częstotliwości i okresu koszenia trawników zwiększa chociażby różnorodność bezkręgowców (Helden, Leather 2004) a pozostawienie zamiast usuwania resztek roślinnych (trawy, opadłych liści czy drobnych gałęzi) tworzy nowe siedliska dla grzybów, flory i fauny (Imberger i in. 2011; Threlfall i in. 2016).
6. **Dostosowanie infrastruktury** miejskiej do potrzeb środowiska. Infrastruktura ta może mieć bowiem oczywisty niekorzystny wpływ na

różnorodność biologiczną poprzez zwiększenie śmiertelności, np. wypadki samochodowe z udziałem zwierząt czy zderzenia miejskich ptaków z oknami budynków i innych dużych szklanych powierzchni. Odnosnie ptaków stosuje się na ekranach akustycznych przy ulicach wizerunki ptaków drapieżnych aby niejako odstraszać inne ptaki a przez to chronić je przed niebezpiecznym zderzeniem z ekranem (Fot. 16). Tutaj też należy podkreślić potrzebę ograniczania sztucznego oświetlenia w nocy.

- 7. W ramach zrównoważonego** rozwoju warto zadbać o tworzenie nowych terenów zielonych – potencjalnych ognisk bioróżnorodności. Sprzyjanie utrzymaniu prywatnych ogrodów, budowanie sadzawek, oczek wodnych, parków kieszonkowych. Należy też zwracać uwagę na nieużytki i tereny poprzemysłowe, które potencjalnie mogą być ważnym elementem bioróżnorodności w mieście. Takie wielokierunkowe podejście zapewni heterogeniczność siedlisk. Oczka wodne, fontanny, stawy i mokradła mogą pełnić np. funkcję siedlisk lęgowych rodzimych płazów w parkach miejskich i rezerwach.

Do tej listy można śmiało dodać kilka kolejnych punktów, chociażby:

- 8. W ekosystemach miejskich** i tak narażonych na podwyższony poziom zanieczyszczeń jest bardzo istotne ograniczone stosowanie pestycydów. Powinny być one wykluczone ze względu na toksyczność dla mieszkańców miasta i negatywny wpływ na różnorodność biologiczną.
- 9. Przy planowaniu** nowych terenów zielonych warto zwracać uwagę na preferowanie rodzimych gatunków. Dobrą inicjatywą byłoby utworzenie listy pożądanych gatunków dla danego regionu/miasta. Wówczas np. deweloperzy oprócz gatunków obcych mogliby przyczyniać się do rozprzestrzeniania i zachowania gatunków rodzimych. Zapewniłoby to wiele funkcji samoregenerujących takiego nowo powstałego sztucznego ekosystemu.
- 10. Uwzględnienie wpływu** zmian klimatu, w tym między innymi długotrwałych susz w okresie letnim oraz nawalnych deszczy, we wszystkich inicjatywach na rzecz zwiększenia różnorodności biologicznej.
- 11. Zaangażowanie społeczności** lokalnych w dbałość o różnorodność biologiczną miasta.



**MIEJSCA, GATUNKI,
SIEDLISKA
CHARAKTERYSTYCZNE
DLA
BIORÓŻNORODNOŚCI
BIAŁEGOSTOKU**

Jednym z bardziej charakterystycznych i rozpoznawalnych obiektów przyrodniczych Białegostoku są Stawy Dojlidzkie (Ryc. 7). Ich budowa rozpoczęła się w 1962 roku, kiedy to poddano spiętrzeniu rzekę Białą w miejscu, gdzie dawniej znajdowały się stawy rybackie. Zachowaniu dużej bioróżnorodności sprzyja otoczenie stawów. Występują tam bowiem zarówno łąki, lasy, pola, tereny podmokłe a w mniejszym stopniu także tereny zurbanizowane (Skoczko, Szatyłowicz 2015). Stawy Dojlidzkie zasilane są kilkoma ciekami wodnymi, w tym rzeką Białą. Ciekawostką może być



Fot. 17.
Żaglówki na stawie
plażowym w Dojlidach
(Fot. T. Poskrobko)

Fot. 16. Ekran akustyczny
z wizerunkami ptaków
drapieżnych przy ulicy
Zwierzynieckiej w
Białymstoku (Fot. P. Zieliński)

to, że jeden ze zbiorników (Staw Sobolewski) został utworzony na źródliisku. Wielkość stawów waha się od 2 do 45 ha. Spośród 19 zbiorników wodnych, jedynie tzw. staw plażowy jest wykorzystywany do celów rekreacyjno-sportowych (Fot. 17). Pozostałe, wraz z przyległymi zabagnieniami i lasami olszowymi (olsami) stanowią ostoję ptactwa wodnego i wodno-błotnego. Właśnie one są miejscem występowania aż 217 gatunków ptaków, z czego 105 to gatunki lęgowe (Przyroda Dojlid 2010). Dla porównania w Narwiańskim Parku

Ryc. 10. Wybrane lokalizacje cennych i interesujących gatunków roślin, zwierząt oraz zbiorowisk roślinnych na terenie Białegostoku. Szczegóły w pracy. 1 – Ptaki i płazy – Stawy Dojlidzkie (fot. jak w tekście), 2 – Porosty epifityczne – Las Solnicki (fot. Danuta Drzymulska, zdjęcie poglądowe), 3 – Sowy i motyle – Dojlidy Górne (fot. D. Drzymulska, zdjęcie poglądowe i fot. jak w tekście, odpowiednio), 4 – Sowy – Las Solnicki (fot. D. Drzymulska, zdjęcie poglądowe), 5 – Porosty epifityczne – róg ulicy Zwierzynieckiej i ulicy Wesołej (fot. D. Drzymulska, zdjęcie poglądowe), 6 – Motyle – pogranicze Słonecznego Stoku i Zielonych Wzgórz (fot. jak w tekście), 7 – Porosty epifityczne – Las Bacieczki (fot. Danuta Drzymulska, zdjęcie poglądowe), 8 – Motyle – Bacieczki i Leśna Dolina (fot. jak w tekście), 9 – Zbiorowiska zaroślowe i zielne oraz flora, w tym storczyki – osiedle Antoniuk, na pograniczu z Białostoczekiem (fot. D. Drzymulska, zdjęcie poglądowe i fot. jak w tekście, odpowiednio), 10 – Motyle – rejon oczyszczalni ścieków, osiedle Zawady (fot. jak w tekście), 11 – Sowy – Las Pietrasze i parki w centrum (fot. D. Drzymulska, zdjęcie poglądowe), 12 – porosty epifityczne – Cmentarz żydowski przy ulicy Wschodniej (fot. D. Drzymulska, zdjęcie poglądowe), 13 – Motyle – nad rzeką Dolistówką, na północy miasta (fot. jak w tekście), 14 – Zbiorowiska zaroślowe oraz motyle – nad rzeką Białą, pogranicze osiedli Mickiewicza i Skorupy (fot. D. Drzymulska, zdjęcie poglądowe i fot. jak w tekście, odpowiednio), 15 – Sowy i porosty epifityczne – Las Bagno (fot. D. Drzymulska, zdjęcia poglądowe)

Narodowym, który uznawany jest przez międzynarodową organizację BirdLife International za ostoję ptaków IBA (*Important Bird Area*), opisano w latach 1979–2000 203 gatunki, w tym 154 – lęgowe. Zatem Stawy Dojlidzkie wypadają tu, chyba nadspodziewanie, bardzo dobrze. Jako dwa podstawowe czynniki wpływające niezwykle pozytywnie na liczebność i zróżnicowanie gatunkowe ptaków należy wymienić intensywne zarastanie stawów roślinnością wynurzoną oraz okresowe spuszczenie i napełnianie stawów. To drugie jest przykładem pozytywnego wpływu człowieka na kształtowanie się bioróżnorodności. Dzięki takim zabiegom możliwe są lęgi czajek *Vanellus* sp., krwawodzioba *Tringa totanus*, sieweczek *Charadrius* sp., natomiast bataliony *Calidris pugnax* i ptaki z podrodziny brodzieńców pojawiają się tu jako ptaki przelotne. Na Stawach Dojlidzkich lęgną się także bardzo rzadkie gatunki ptaków (Ryc. 10). Prawdziwym ewenementem jest perkoz rogaty *Podiceps auritus*, który ma tu swoje jedyne miejsce lęgowe w skali Europy Środkowej i Zachodniej. Do rzadkich gatunków lęgowych należą także rybitwy – białoskrzydła *Chlidonias leucopterus* (Fot. 18) i białowąsa *Ch. hybrida*, sieweczka obroźna *Charadrius hiaticula*, podróżniczek *Luscinia svecica* (Fot. 19) i kureczka nakrapiana (kropiatka) *Porzana porzana*. Wszystkie znajdują się w naszym kraju pod ochroną ścisłą. Jeżeli chodzi o ptaki przelotne, stwierdzono 62 gatunki wodno-błotne. Okres największych przelotów przypada na luty-kwiecień oraz sierpień-listopad. Wśród ptaków intensywnie pojawiających się należy wymienić: kaczki właściwe (plemię Anatini), łyski *Fulica atra*, tracze (plemię Mergini), czaple siwe *Ardea cinerea*, gągoły *Bucephala clangula*, głównienki *Aythya ferina*, czy też kormorany *Phalacrocorax carbo*. Pojedynczo przelatują nawet orły bieliki *Haliaeetus albicilla*. Jednak cenne ptaki to nie jedyny wkład tego obszaru w stan różnorodności biologicznej miasta. Jest to również ważne miejsce bytowania i rozrodu płazów (Ryc. 10). Stwierdzono tu 11 gatunków tych kręgowców, spośród 12 w ogóle notowanych na terenie Białegostoku



Fot. 18.
Rybitwa białoskrzydła
Chlidonias leucopterus
(Fot. J. Kupryjanowicz)



Fot. 19. Podróżniczek
Luscinia svecica
(Fot. J. Kupryjanowicz)

(Siwak 2002). Do gatunków opisanych na terenie Stawów a znajdujących się pod ochroną ścisłą w naszym kraju należą: kumak nizinny *Bombina bombina*, rzekotka drzewna *Hyla arborea* (Fot. 20), grzebiuszka ziemna *Pelobates fuscus*, ropucha zielona *Bufo viridis*, ropucha paskówka *Bufo calamita* i żaba moczarowa *Rana arvalis* (Fot. 21). Występują tu także gatunki objęte ochroną częściową: traszka zwyczajna *Lissotriton vulgaris*, ropucha szara *Bufo bufo*, żaba jeziorkowa *Pelophylax lessonae*, żaba trawna *Rana temporaria* i żaba wodna *Rana esculenta*. Zdaniem Siwaka (2002) przynajmniej kilka Stawów Dojlidzkich powinno być objętych ochroną prawną jako użytek ekologiczny. Natomiast jak podaje Łaska (2016), istnieje potrzeba utworzenia tam rezerwatu przyrody oraz zespołu



Fot. 20.
Rzekotka drzewna *Hyla arborea* (Fot. A. Hermaniuk)



Fot. 21. Żaba moczarowa
Rana arvalis – samce w szacie
godowej (Fot. A. Hermaniuk)

przyrodniczo-krajobrazowego. Z pewnością Stawy stanowią ważny składnik każdego z trzech podstawowych poziomów bioróżnorodności w naszym mieście.

Wracając do tematu ptaków, w Białymstoku odnotowano kilka gatunków cennych, będących pod ochroną ścisłą sów. Jak podają Zbyryt i in. (2017) w naszym mieście występują trzy gatunki tych ptaków. Najwięcej lokalizacji odnotowano dla puszczyka zwyczajnego *Strix aluco*. Jest on obecny w Lesie Solnickim, w Lesie Bagno, w lasach na północy miasta oraz w parkach w centrum. Mniej stanowisk zajmuje uszatka zwyczajna *Asio otus*. Ten gatunek sowy występuje na osiedlach Dojlidy Górne i Jaroszówka. Natomiast sóweczka zwyczajna *Glauclidium passerinum* była notowana w Lesie Sonickim. Lokalizację sów w naszym

mieście prezentuje Rycina 10. W stosunku do lat poprzednich odnotowano w Białymstoku zanik pójdzki *Athene noctua* i płomykówki *Tyto alba*, co może wynikać z dużej presji siedlisk ludzkich i zmiany zabudowy z drewnianej na murowaną. Istnieje jednak realna szansa, że płomykówka i pójdzka ponownie zasiedlą Białystok, gdyż w ostatnich latach wykrywane są coraz częściej nieznane wcześniej stanowiska tych gatunków w okolicach miasta.

Kolejnymi ważnymi ekosystemami miejskimi są rzeki, które od zawsze skupiały osadnictwo ze względu na stałe zapewnianie bieżącej wody. One też, najbardziej spośród opanowanych przez miasta ekosystemów, ucierpiały na skutek działalności człowieka. Miejskie ekosystemy rzeczne w wyniku bardzo silnej antropopresji doświadczyły przyspieszonej utraty bioróżnorodności, przypuszczalnie znacznie szybszej, aniżeli ekosystemy lądowe (Bernhardt i in. 2007). Poprawa stanu przekształconych środowisk rzecznych stała się ważnym elementem ochrony środowiska w miastach (Zieliński 2016). W przypadku Białego stoku jego główną osią jest dolina rzeki Białej (Ryc. 7), która miejscami zachowała wysoki stopień naturalności. Dzięki temu można ją zaliczyć do najważniejszych systemów przyrodniczych strefy śródmiejskiej. Pełni przy tym funkcję korytarza ekologicznego łączącego naturalne ekosystemy przyrodnicze rozdzielone zabudową miejską. W odcinku położonym przed Białymstokiem jest ciekim okresowym a następnie sporadycznie wysychającym. Stały przepływ rzeki rozpoczyna się dopiero w okolicach wsi Kuriany. Następnie wpływa ona w obręb dużego



Fot. 22. Malownicza szata roślinna w dolinie rzeki Białej w rejonie ul. Konstatego Ciołkowskiego i ul. Czesława Miłosza w Białymstoku (Fot. P. Zieliński)



Fot. 23. Dolina rzeki Białej w rejonie ulicy Jana Klemensa Branickiego (Fot. T. Poskrobko)

obniżenia wytopiskowego, którego część centralną stanowią obecnie Stawy Dojliżdzkie. Ten odcinek rzeki pod względem ekologicznym, hydrologicznym i krajobrazowym wyróżnia się jako „ognisko bioróżnorodności”. Następny odcinek to zrewitalizowany fragment doliny rzecznej sięgający ulicy Czesława Miłosza. Z roku na rok zyskuje on na wartości przyrodniczej i malowniczości (Fot. 22). Niestety w bardziej ścisłym centrum Białegostoku rzeka płynie głęboko wciętym, uregulowanym korytem. Śladem jej dawnej naturalności są natomaist duże meandry otaczające naturalne piaszczysto-gliniaste wyniesienia z osiedlami Białoścoczek, Antoniuk, Wysoki Stoczek i Bacieczki. Dopiero po przejściu obszaru gęstej zabudowy rzeka płynie szeroką (do 1,5 km szerokości) doliną, miejscami wciąż zabagnioną, o bardzo łagodnych zboczach. Tak zachowaną doliną rzeka opuszcza miasto i w pobliżu Usowicz dociera do rzeki Supraśl. Tam, a jest to charakterystyczne dla rzek o niewielkim spadku, Biała na krótkim odcinku płynie równoległe do Supraśli. Opisane tu przekształcenia doliny i koryta rzeki Białej są wynikiem trwającego kilkaset lat rozwoju osadnictwa, co miało ogromny wpływ na funkcjonowanie tego ekosystemu. Zmiany morfologiczne koryta (faszyna, betonowe płyty, narzuty kamienne) oraz budowa instalacji hydrotechnicznych istotnie wpłynęły na spadek różnorodności biologicznej w dolinie, szczególnie



Fot. 24. Zrewitalizowany odcinek rzeki Białej w rejonie ulicy Konstantego Ciołkowskiego w Białymstoku (Fot. P. Zieliński)

w centrum miasta. Ponadto, jedynie w odcinkach powyżej i poniżej ścisłego centrum rzeka posiada zdolność do samooczyszczania. Cechą charakterystyczną Białej jest duża zmienność jakości wody zarówno przestrzenna, jak i czasowa oraz utrudniony kontakt hydrologiczny z naturalną zlewnią (Zieliński i in. 2009). Przeprowadzone badania hydromorfologiczne potwierdziły, że rzeka Biała jest w swoim środkowym biegu ciekim o zaburzonej naturalności zarówno w obrębie koryta, jak i doliny (Bralski 2009). Jednak na uwagę zasługuje odcinek dolny i ujściowy, dla których wskaźnik naturalności osiąga wartości sugerujące dobrą kondycję. Jej stan na tych odcinkach może nawet posłużyć za tzw. stanowisko referencyjne dla ewentualnych przyszłych działań renaturyzacyjnych lub rewitalizacyjnych rzeki Białej w obrębie centrum miasta (Bralski 2009; Zieliński in. 2012). W odcinku ujściowym jest on porównywalny ze stanem rzek z obszarów chronionych, takich jak Park Krajobrazowy Puszczy Knyszyńskiej (Górniak 1999).

Szczególnie cenny fragment doliny rzeki Białej, to wspomniany już wyżej odcinek położony w rejonie ulic Czesława Miłosza, Jana Klemensa Branickiego, majora Bernardyna Wasilewskiego, Pod Krzywą i Konstantego Ciołkowskiego, na pograniczu osiedli Mickiewicza i Skorupy (Ryc. 7; Fot. 23). Zachowały się tam zbiorowiska zaroślowe o charakterze naturalnym (Ryc. 10), a wśród nich dwa



Fot. 25. Dolina rzeki Białej w rejonie ulicy Hugona Kołłątaja w Białymstoku (Fot. P. Zieliński)



Fot. 26.
Źródliko na osiedlu
Dojlidy Górne
w Białymstoku
(Fot. K. Puczko)

szczególnie cenne, wymienione w Załączniku I Dyrektywy siedliskowej (92/43/EWG). Znajdziemy tu nadrzeczne łągi: łąg wierzbowy z kręgu *Salicetum albo-fragilis* (kod 91E0-1) i łąg topolowy z kręgu *Populetum albae* (kod 91E0-2). Są to pozostałości siedlisk jakie były dawniej charakterystyczne dla doliny rzeki Białej. Towarzyszą im wysokie szuwały trawiaste, szuwały trzcinowe i turzycowe, ziołorośla połąkowe i nitrofilne ziołorośla okrajkowe (Fot. 24). Biorąc pod uwagę fakt, iż jest to niemal centrum miasta a zatem teren silnie zurbanizowany, nawet tak nieduże połacie łągów stanowią szczególną wartość przyrodniczą, wzbogacającą walory krajobrazowe (Łaska 2012). Zdaniem Łaski i Urban (2016) obszar ten byłby doskonałym miejscem do urządzenia parku botanicznego, co znacznie podniosłoby estetykę krajobrazu w centrum miasta i poprawiło jakość życia w aglomeracji miejskiej. Stąd też w latach 2015–2016 przeprowadzono na wspomnianym odcinku szereg prac rekultywacyjnych obejmujących koryto rzeki i jej dolinę. W efekcie zlikwidowano prostoliniowe odcinki koryta i betonowe umocnienia brzegów, przywrócono meandrujący kształt, obniżono skarpy, utworzono wyspę oraz próg piętrzący, zapewniający odpowiednią wilgotność dolinnych gleb. Dopiero po kilku latach od zakończenia prac w pełni można docenić przeprowadzone zabiegi. Poprawiły one walory estetyczne rzeki, skutecznie przystosowały tę część miasta do zmian klimatycznych a nawet wpłynęły korzystnie na jakość wody (Modzelewska 2019). W korycie wcześniej pozbawionym roślinności wodnej pojawiły się makrofity a wśród nich: mozga trzcinowata *Phalaris arundinacea*, pałka szerokolistna *Typha latifolia*, strzałka wodna *Sagittaria sagittifolia*, rdestnica kędzierzawa *Potamogeton crispus*, rdestnica połyskująca *P. lucens* i wiele innych. Kolejny niezwykle cenny ze względu na zachowanie bioróżnorodności w mieście jest fragment doliny Białej położony pomiędzy ulicami Władysława Sikorskiego a Generała Kleeberga. Dolina na tym odcinku w wielu miejscach jest trudno dostępna i wciąż zachowuje cechy terenu podmokłego, z wysokimi ziołoroślami i kępami wierzby (Fot. 25).

Niezwykle ciekawymi elementami hydrograficznymi Białegostoku są źródła. Znajduje się tu kilkanaście wciąż wydajnych źródeł. Najwięcej z nich występuje w lasach na osiedlach Jaroszkówka i Pietrasze. Można je spotkać także na południu miasta, na osiedlu Dojlidy Górne (Ryc. 7). Zazwyczaj usytuowane są w górnych odcinkach rzek: Białej, Dolistówki, Jaroszkówki, Bażantarki i Horodniarki. Ich występowanie na terenie miasta świadczy o jego dobrej kondycji przyrodniczej, gdyż na obszarach zurbanizowanych źródła są bardzo rzadkie (Jekatierynczuk-Rudczyk 2008). Źródła to miejsca naturalnego, skoncentrowanego i co ważne samoczynnego wypływu wody podziemnej na powierzchnię terenu. Są to najczęściej wypływy descensyjne (grawitacyjne) rzadziej wypływy ascensyjne (wstępujące), czyli takie z których woda wypływa pod niewielkim ciśnieniem. Wyglądają często niepozornie, jak zagłębienia w terenie o podmokłym dnie (Fot. 26). Cechą charakterystyczną źródeł jest stale wypływająca



Fot. 27.
Kruszczyk błotny
Epipactis palustris
(Fot. E. Jermakowicz)

woda podziemna koncentrująca się w postaci niewielkiego odpływu – strużki. Wydajność tych źródeł zwykle nie przekracza 5 l/s (Jekatierynczuk-Rudczyk 2007). Wody źródeł charakteryzują się niezależnie od pory roku niską temperaturę i niewielką zmiennością tego parametru a jednocześnie w ziemi prawie nigdy nie zamarzają. Najpowszechniejszymi formami morfologicznymi źródeł Białegostoku są nisze o kształcie owalnym, kolistym lub półkolistym. Oprócz tego występują formy podłużne – korytowe. Pod względem hydrobiologicznym nasze źródła prezentują zarówno helokreny (wysięki płytkie i rozległe), reokreny (wyptywy skoncentrowane), jak i limnokreny (tworzące zbiorniki wodne). Źródła w powszechnej opinii są nie tylko symbolami czystości i dobrej jakości wody oraz miejscami narodzin rzek i strumieni, lecz także w wielu kulturach postrzegane są jako swoisty początek wszystkiego a nawet miejsca posiadające szczególną moc (Jokiel, Michalczyk 2019). Niewątpliwie nisze białostockich źródeł są oazami bioróżnorodności zapewniającymi mozaikowość siedlisk. Są to typowe siedliska przejściowe, czyli o cechach ekotonów (Jekatierynczuk-Rudczyk 2007). Nisze porośnięte są roślinnością wilgociolubną (higrofilną) jak i roślinnością typowo wodną (hydrofilną). Żyją tam licznie zwierzęta wodne i lądowe. W samej wodzie źródeł spotyka się niezwykle okazy organizmów nigdzie indziej niewystępujących,

szczególnie mając na myśli teren miejski. Sprzyja temu duża stabilność termiczna wód, ale także unikalny skład chemiczny. Wśród źródłiskowych glonów dominującą grupą są okrzemki (Bacillariophyceae), stanowiące ponad 80% wszystkich oznaczanych taksonów. Mniej jest zielenic (Chlorophyta), euglenin (Euglenophyta) i sinic (Cyanophyta). W źródłach Białegostoku najpowszechniejszymi i najbardziej licznymi taksonami występującymi niemal we wszystkich wypływach są okrzemki z rodzajów *Diatoma*, *Cocconeis* i *Navicula*. Dominującym gatunkiem jest *Diatoma hyemale* var. *mesodon* – charakterystyczny dla naturalnych wypływów wody podziemnej (Jekatierynczuk-Rudczyk 2007). W niszach białostockich źródeł rozpoznano także łącznie 20 gatunków roślin naczyniowych, w tym częściowo chronioną rukiew wodną *Nasturtium officinale* i 24 gatunki mszaków: 20 – mchów, jak będący pod ochroną częściową *Leptodictyum humile* i 4 – wątrobowców, m.in. chroniony *Plagiochila asplenioides* (Puczeko i in. 2018). Mimo wpływów antropogenicznych jakim niewątpliwie podlegają białostockie źródła, ich bogactwo gatunkowe porównywalne jest z tym, jakie opisano dla niektórych źródeł położonych na terenie Puszczy Knyszyńskiej a zatem na obszarze chronionym (Park Krajobrazowy Puszczy Knyszyńskiej), będącym pod słabym wpływem antropopresji. Dobry status ekologiczny źródeł Białegostoku potwierdza



Fot. 28.
Kukułka krwista
Dactylorhiza incarnata
(Fot. E. Jermakowicz)



Fot. 29. Czerwończyk fioletek *Lycaena helle* (Fot. P. Klimczuk)

obecność krenofitów, takich jak rzeżucha gorzka *Cardamine amara* i śledzienica skrętolistna *Chrysosplenium alternifolium*. Obecność naturalnych wypływów wody podziemnej na terenie miast jest rzadkością, dlatego też obiekty te powinny być objęte ochroną prawną. Tym bardziej, że w dobie silnej antropopresji i zmian w obiegu wody (obniżanie się zwierciadła wód podziemnych), obserwuje się postępującą ich degradację, w tym pogorszenie jakości wody wypływów (Jekatierynczuk-Rudczyk, Żuk 2006).

Interesujące miejsce, charakteryzujące się występowaniem cennych zespołów zaroślowych i roślin zielnych oraz chronionych przedstawicieli flory zlokalizowane jest w północnej części miasta, na osiedlu Antoniuk, przy wschodniej granicy z osiedlem Białostoczek (Ryc. 10). (Łaska 2014). Obszar o powierzchni ok. 13 ha i kształcie zbliżonym do trójkąta ograniczony jest torami kolejowymi, ogródkami działkowymi oraz nowo wybudowanym przedłużeniem ulicy Sitarskiej, czyli ulicą Księdza Michała Sopoćki. Stwierdzono tam pięć zbiorowisk roślinnych związanych z cennymi siedliskami przyrodniczymi wymienionymi w Załączniku I Dyrektywy Rady 92/43/EWG (tzw. Dyrektywa siedliskowa), wymagających ochrony w formie wyznaczenia obszarów Natura 2000. Do grupy tej należą: nadrzeczny łąg wierzbowy *Salicetum albo-fragilis* (kod 91E0), niżowe świeże łąki

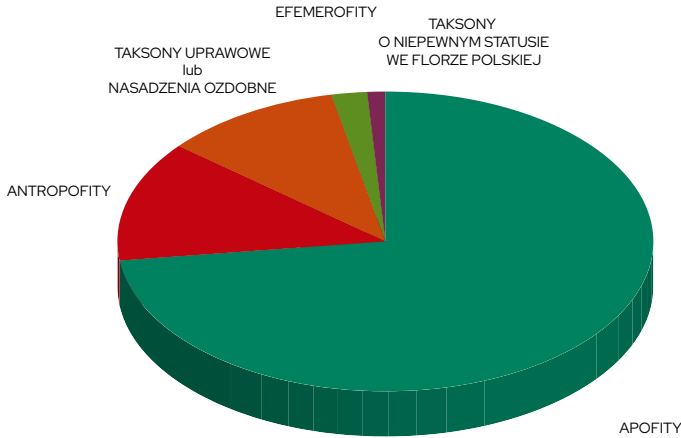


Fot. 30. Czerwończyk nieparek *Lycaena dispar* (Fot. P. Klimczuk)

użytkowane ekstensywnie *Arrhenatheretum elatioris* 1925 (kod 6510) oraz trzy zespoły ziołorośli nadrzecznych (kod 6430), tj. *Calystegio-Angelicetum archangelicae litoralis*, *Urtico-Calystegietum sepium* i *Calystegio-Epilobietum hirsuti*. Ponadto, na omawianym obszarze stwierdzono występowanie ośmiu chronionych gatunków roślin. Pod ochroną ścisłą znajdują się dwa gatunki storczyków, tj. kruszczyk błotny *Epipactis palustris* (Fot. 27) i listera jajowata *Listera ovata*, poza tym paprotnik nasięźrzał pospolity *Ophioglossum vulgatum*. Natomiast gatunki częściowo chronione to: storczyki – kukułka krwista *Dactylorhiza incarnata* (Fot. 28) kukułka plamista *D. maculata* i mieszaniec dwóch poprzednich, czyli *D. incarnata* x *maculata*. Do tej grupy należą też dzięgiel litwor nadbrzeżny *Angelica archangelica* ssp. *litoralis* i mech *Climacium dendroides*. Najliczniejsze populacje należą do storczyków. W 2013 roku trzy gatunki kukułki liczyły łącznie 4116 osobników, populacje kruszczyka błotnego – 4372 osobniki a listery jajowatej – 173 osobniki. Pretenduje to do nadania opisanemu obszarowi rangi użytku ekologicznego i nadania mu nazwy „Białostockie łąki storczykowe”, co uwypukliłoby różnorodność gatunkową miasta.

Kolejną interesującą grupą organizmów występujących w Białymstoku są motyle. W ciągu jednego sezonu stwierdzono występowanie aż 58 gatunków motyli dziennych, wśród nich gatunki prawnie chronione (Chętnicki i in. 2011). Natomiast łączna liczba gatunków znanych z obszaru naszego miasta wynosi jeszcze więcej, gdyż aż 82. Najcenniejszym przedstawicielem białostockiej lepidopterofauny jest czerwończyk fioletek *Lycaena helle* (Fot. 29) wymieniony w załączniku II i IV Dyrektywy Siedliskowej, podlegający w naszym kraju ścisłej ochronie gatunkowej. Również w skali światowej uznawany jest za gatunek zagrożony wyginięciem. Jego obecność na danym terenie wiąże się z występowaniem rdestu wężownika *Polygonum bistorta* rosnącego przy krzewach wierzbowych i innych zadrzewieniach, na którym to żerują gąsienice tego motyla. Czerwończyk fioletek został zlokalizowany na osiedlu Zawady – w rejonie oczyszczalni ścieków oraz na Leśnej Dolinie i w Bacieczkach. Inne cenne gatunki motyli Białegostoku to czerwończyk nieparek *Lycaena dispar* (Fot. 30), modraszek aleksis *Glaucopsyche alexis* i rojnik morfeusz *Heteropterus morpheus*. Pierwszy z nich występuje w Białymstoku na licznych stanowiskach, w tym w miejscach wstępowania czerwończyka fioletka a ponadto nad rzeką Białą – w rejonie ulicy Czesława Miłosza, na styku Zielonych Wzgórz i Słonecznego Stoku, przy cieku wodnym w Dojlidach Górnych oraz nad Dolistówką na osiedlach Wygoda i Jaroszówka. Jego gąsienice żywią się różnymi gatunkami szczawiu *Rumex* sp. Natomiast modraszek aleksis został odnotowany jedynie na osiedlu Jaroszówka, nad Dolistówką. Jego larwy z kolei żerują na roślinach motylkowych, jak lucerna *Medicago* sp., przelot *Anthyllis* sp., czy nostrzyk *Melilotus* sp. Osiedle Zawady, w okolicy oczyszczalni ścieków to miejsce szczególnie cenne z punktu widzenia bogactwa lepidopterofauny, gdyż występuje tam także rojnik morfeusz. Gąsienice tego motyla potrzebują do rozwoju traw. Wybrane lokalizacje, w których stwierdzono występowanie wyżej wymienionych gatunków prezentuje Rycina 10. Należy podkreślić, że znaczne bogactwo gatunkowe motyli Białegostoku wybitnie podnosi jego walory przyrodnicze i świadczy o panujących tu korzystnych warunkach środowiskowych.

Interesująco pod względem różnorodności biologicznej na poziomie gatunkowym przedstawia się biota porostów opracowana przez Matwiejuk (2005, 2007 a, b, 2008). Obiektem o szczególnie wysokich pod tym względem walorach jest stary zalesiony cmentarz żydowski położony przy ulicy Wschodniej (Ryc. 7). Zidentyfikowano tu liczne gatunki epilityczne, czyli występujące na podłożu skalnym (Ryc. 10). Na podłożu granitowym dominują gatunki rzadkie dla Polski niżowej, jak *Aspicilia cinerea*, *Neofuscelia loxodes*, *Neofuscelia pulla* i *Lecanora rupicola*. Dwa ostatnie oraz 8 innych, w tym *Rhizocarpon reductum* i *Psilolechia lucida* nieznane są z innych rejonów Białegostoku (Matwiejuk 2008). Stwierdzono także występowanie gatunków znajdujących się pod ochroną prawną w naszym kraju: ścisłą – chróścik orzęsiony *Stereocaulon tomentosum* oraz częściową – chróścik karłowaty *Stereocaulon condensatum*. Ponadto, na terenie




Ryc. 11. Udział procentowy gatunków należących do różnych grup geograficzno – historycznych w wybranych parkach Białegostoku (na podstawie: Witak 2015)

miasta zidentyfikowano po 2 gatunki porostów reprezentujących rodzaje najbardziej wrażliwe na czynniki antropogeniczne, czyli rodzaj włośotka *Bryoria* i rodzaj brodaczką *Usnea* (Matwiejuk 2005). Brodaczką kędzierzawą *Usnea subfloridana* zlokalizowana została w Lesie Bacieczki i Lesie Solnickim, brodaczką kępkową *Usnea hirta* – w Parku Branickich, na dwóch cmentarzach, w Lesie Bagno a nawet na skrzyżowaniu ulic Wesołej i Zwierzynieckiej, włośotka brązowa *Bryoria fuscescens* – w Lesie Bacieczki, Lesie Solnickim oraz na skrzyżowaniu ulic Wesołej i Zwierzynieckiej a także w Lesie Bagno a włośotka spleciona *Bryoria implexa* – w Lesie Solnickim (Ryc. 10). Wszystkie te gatunki to epifity, czyli porosty nadrzewne. Zarówno brodaczkę, jak i włośtki występują pospolicie jedynie w dużych, naturalnych kompleksach leśnych oraz w pierwotnych lasach górskich. Jest wiele regionów i miast, gdzie bardzo trudno znaleźć choćby jednego przedstawiciela brodaczek czy włośtek. Odszukane w Białymstoku gatunki z rodzaju *Usnea* i *Bryoria* świadczą o tym, że negatywne zmiany, jakie zachodzą w biocie porostów na wielu obszarach, w naszym mieście nie są tak drastyczne. Istnieją tu jeszcze oazy zieleni – lasy, parki, cmentarze, gdzie występują rzadkie, cenne gatunki porostów.

Na terenie Białegostoku znajduje się kilka całkiem sporych kompleksów leśnych (Ryc. 7). Część z nich wymieniona została już wcześniej. Lasy w granicach administracyjnych miasta stanowią ok. 18% jego powierzchni, co plasuje Białystok na jednym z wyższych miejsc wśród większych miast Polski (https://www.bialystok.pl/pl/dla_mieszkanow/ochrona_srodowiska/przyroda_w_naszym_mieście/). Dwa najrozleglejsze położone są na linii północ-południe, na przeciwnych

krańcach miasta. Na północy, w obrębie osiedli Zawady i Jaroszkówka znajdują się Las Wesołowski i Las Pietrasze. W obrębie tego pierwszego położony jest Rezerwat Antoniuk z lasem mieszanym leszczynowo-świerkowym stanowiącym przedmiot ochrony. Drugi duży obszar leśny, Las Solnicki, leży na południu, na osiedlu Dojlidy. Inny spory kompleks leśny zlokalizowany jest na osiedlu Mickiewicza. Jest to z pewnością swego rodzaju ewenement, gdyż po nieznanym oddaleniu się od niemal samego centrum miast można zagłębić się w cieniście las liściasty i poczuć bliskość natury. Las ten jest przecięty na dwie części ruchliwą ulicą 11 Listopada, co musi niestety skutkować fragmentacją siedlisk. Po jednej ze stron ulicy znajduje się drugi z białostockich rezerwatów – „Las Zwierzyniecki”, powołany do ochrony grądu, czyli lasu liściastego z udziałem graba zwyczajnego *Carpinus betulus*. Inne kompleksy leśne Białegostoku to: na wschodzie Las Bacieczki (osiedle Leśna Dolina), na zachodzie Las Bagno (pogranicze osiedli Skorupy i Wygoda) a na południowym zachodzie miasta las przy Stawach Dojlidzkich (pogranicze osiedli Dojlidy i Dojlidy Górne).

Białystok charakteryzuje się także dużą liczbą parków (Ryc. 7), które bez wątpienia mają istotny wpływ na stan bioróżnorodności miasta. W związku z tym, że parki należą do obiektów o dużym wpływie człowieka, w wielu przypadkach ich różnorodność wynika z obecności gatunków obcych. Badania przeprowadzone w 2014 roku w pięciu miejskich parkach (Park Branickich, Park Planty, Park Centralny, Park Konstytucji 3 Maja i Park Antoniuk) wykazały, iż nie są one jednakowe, co potwierdza istotny udział człowieka w ich kształtowaniu (Witak 2015). Dla badanych parków opisano 156 taksonów zielnych roślin naczyniowych. Liczba taksonów skorelowana była dodatnio z powierzchnią parków. W najmniejszym z badanych parków stwierdzono 45 taksonów, zaś w największym było ich 117. Wiele z oznaczonych gatunków to tzw. „gatunki wyłączne” i stanowiły one aż 50% flory wszystkich obiektów. Największy udział gatunków wyłącznych wystąpił we florze Parku Centralnego i wynosił aż 20% (Witak 2015). Biorąc pod uwagę grupy socjologiczno-ekologiczne w badaniach tych wykazano największy udział gatunków zbiorowisk leśnych i zaroślowych oraz zbiorowisk synantropijnych. Gatunki muraw, zbiorowisk wodnych i bagiennych oraz zbiorowisk łąkowych stanowiły około 10%. Uwzględniając zaś klasyfikację geograficzno-historyczną wykazano, że największy udział we florze badanych parków mają apofity – aż 73%. Antropofity i gatunki uprawowe stanowiły odpowiednio 13% i 11% (Ryc. 11). Tym samym udział antropofitów w białostockich parkach jest zdecydowanie mniejszy niż np. w Poznaniu (Jackowiak 1998). Niestety we florze zielnych roślin naczyniowych białostockich parków stwierdzono 9 gatunków inwazyjnych m.in.: szarłat szorstki *Amaranthus retroflexus*, konyzę kanadyjską *Conyza canadensis*, żóltlicę drobnokwiatową *Galinsoga parviflora* i niecierpka drobnokwiatowego *Impatiens parviflora*.



TOMASZ
POSKROBKO

**WARTOŚĆ
EKONOMICZNA
RÓŻNORODNOŚCI
BIOLOGICZNEJ**

W społeczeństwie nieustannie toczy się spór o to, jak bardzo należy chronić bioróżnorodność. W dyskusji tej na pierwszy plan wybijają się głosy żarliwych protagonistów ochrony z jednej strony, z drugiej zaś jej zacieklej oponentów. Ci pierwsi wysuwają postulaty by za wszelką cenę maksymalizować poziom ochrony bioróżnorodności (czy też środowiska przyrodniczego sensu largo), zaś drudzy przekonują, że ochrona taka nie ma wielkiego sensu. Co ciekawe i jedni i drudzy sprowadzają rzecz do argumentów antropocentrycznych. W każdym przypadku chodzi o dobro społeczeństwa. Zwolennicy argumentują, że bioróżnorodność jest niezbędna by gatunek ludzki mógł funkcjonować, szczególnie w długiej perspektywie. Chodzi tu w szczególności o fakt, że owa różnorodność kształtuje nasz (ludzki) habitat, a jego silne zaburzenie czy wręcz zniszczenie musi nieuchronnie prowadzić do zaburzeń lub zniszczenia nas samych. Przeciwnicy z kolei twierdzą, że ochrona bioróżnorodności dużo kosztuje i przynosi straty, gdyż wprowadza restrykcyjne ograniczenie do gospodarki, utrudniając prowadzenie produkcji lub dostarczanie usług. To z kolei sprawia, że społeczeństwo rozwija się wolniej, jest biedniejsze niż mogłoby być i nie może wypełni zaspokajać swoich potrzeb. Po środku tej dyskusji znajdują się przeciętni obywatele, którzy zgadzają się, że ochrona bioróżnorodności jest istotna, jednak należy ją godzić z interesami gospodarki. Niestety osiągnięcie kompromisu i wyznaczenie optymalnego poziomu ochrony bioróżnorodności nie jest sprawą prostą.

Ekonomiści również zabierają głos w tej dyskusji. Ich zdaniem możliwa jest pewna obiektywizacja poziomu ochrony bioróżnorodności, jeśli ową ochronę poddamy rachunkowi ekonomicznemu. Jednak by to uczynić konieczne jest wyrażenie obu stron równania (tzn. kosztów ochrony różnorodności z jednej strony a korzyści z bioróżnorodności z drugiej) w wartościach pieniężnych. Innymi słowy konieczne jest wyznaczenie wartości ekonomicznej bioróżnorodności. Jak pisze profesor Tomasz Żylicz „Jeśli (...) przyjąć, że ludzie cenią sobie różne rzeczy, to trzeba ustalić, jak

dalece gotowi są zrezygnować z zaspokojenia jednej potrzeby, by podnieść stopień zaspokojenia innej. I właśnie do tego służy pieniądz: informuje o preferencjach społecznych wiarygodniej, niż referenda, w których oceny werbalne mogą się przecieć rozmiącać z prawdziwymi zamierzeniami lub decyzjami” (Żylicz 2014).

Wartość jest pojęciem dość nieprecyzyjnym. Słownik języka polskiego PWN przytacza pięć jakościowo różnych definicji tej kategorii. W życiu codziennym można wyobrazić sobie wiele różnych wartości, jak: wartości etyczne, społeczne, religijne, narodowe, historyczne, etc. Pośród nich jest również wartość ekonomiczna. Jednak „wartość ekonomiczna” w odróżnieniu od pozostałych jest pojęciem precyzyjnym i obiektywnym – nie zależy ona bowiem od przyjętego światopoglądu, wierzeń czy sentymentów. Niestety często zdarza się, że ludzie mieszają pojęcie wartości ekonomicznej z innymi rodzajami wartości, nie rozumiejąc istoty stojącej za tą kategorią ekonomiczną. Szczególnie często zdarza się to w przypadku dyskusji nad wartością ekonomiczną środowiska przyrodniczego i różnorodności biologicznej. Z jednej strony pojawiają się głosy, że bioróżnorodność nie ma w ogóle żadnej wartości ekonomicznej ponieważ nie ma ceny i nie jest przedmiotem kupna/sprzedaży na rynku lub nie została wytworzona przez człowieka, a więc nie wiązała się z żadnym kosztem produkcji, z drugiej zaś można usłyszeć argument, że wartość taka jest nieskończona, wszak bez przyrody gatunek ludzki nie byłby w stanie egzystować. Z punktu widzenia ekonomisty oba argumenty są zupełnie nietrafione i świadczą o braku zrozumienia istoty wartości ekonomicznej w ogóle, a już szczególnie bioróżnorodności.

Jedną z najczęściej przytaczanych definicji nauki, jaką jest ekonomia, jest definicja brytyjskiego ekonomisty Lionela Robbinsa, w której stwierdza on, że jest to nauka badająca sposoby dokonywania przez ludzi wyborów, w sytuacji gdy zasoby którymi dysponują są niewystarczające, by zaspokoić wszystkie ich potrzeby (Robbins 1932). Oznacza to, że ekonomia bada sytuacje w których ludzie dokonują alternatywnych wyborów, zamieniając jedno dobro na inne, przykładowo kurczaki za zboże, lub muszelki za ubrania. W wymianie tej od dawna pośredniczy pieniądz a więc można zamienić określoną kwotę na dobra lub usługi np. paliwo czy bilet na pociąg. Stajemy przy tym przed dylematem na co wydać ograniczone środki. Czy będzie to nowy żyrandol do domu, wakacje nad Morzem Bałtyckim czy może chesne za studia. O tym czy ktoś dokona takiego, czy innego wyboru decyduje właśnie wartość ekonomiczna. Jest to mianowicie kwota, którą osoba zdolna jest poświęcić, żeby w zamian otrzymać konkretne dobro lub usługę. Innymi słowy źródło wartości ekonomicznej tkwi w użyteczności dóbr lub usług. Warto zwrócić uwagę, że tak rozumiana wartość ekonomiczna wyznaczana jest nie w procesie produkcji, lecz konsumpcji. Tak więc wartość nie zależy od kosztu produkcji, tylko odzwierciedla dokonywane przez ludzi wybory i wskazuje, w jaki sposób dane dobro czy usługa zaspokajają ludzkie potrzeby.

Biorąc pod uwagę powyższą tezę, że różnorodność biologiczna ma nieskończoną wartość należy ją zdecydowanie odrzucić, wszak większość ludzi nie byłaby w stanie zrezygnować ze wszystkiego co posiada, tylko po to, by wymienić je za jakiś element środowiska przyrodniczego. Zakładając bowiem, że przyroda ma nieskończenie dużą wartość, każdy zamieniłby swój majątek – posiadający przecież większą lub mniejszą ale skończoną wartość ekonomiczną – na coś o nieskończenie dużej wartości. Z drugiej jednak strony można dojść do wniosku, że bioróżnorodność nie ma też zerowej wartości, wszak istnieją osoby które chętnie poświęcą pewną kwotę pieniędzy by móc oddychać czystszy powietrzem bądź napawać się widokiem klucza żurawi przelatujących nad ich głowami i nie zmienia tego fakt, że żurawie nie zostały wyprodukowane a co za tym idzie istnieją bez ponoszenia kosztów produkcji ani tym bardziej to, że owe żurawie nie są przedmiotem wymiany na rynku, a przez to nie posiadają swojej ceny.

Można więc założyć, że wartość ekonomiczna bioróżnorodności mieści się gdzieś w przedziale otwartym, między zerem a nieskończonością. Ekonomiści, stosując szereg uznanych w nauce metod, określają wartość różnych elementów środowiska, w tym różnorodności biologicznej. Nie oznacza to jednak, że jest to zadanie proste a dokonywane szacunki nie budzą kontrowersji.

We współczesnej ekonomii, całkowita wartość ekonomiczna składa się z rozmaitych elementów. W najogólniejszym podejściu wartość tę można podzielić na wartość użytkową bezpośrednią i pośrednią oraz wartość pozaużytkową (Żylicz 2017).

Wartość użytkowa jest związana z konsumpcją jakiegoś dobra/usługi. Przykładowo wartość ekonomiczna parku śródmiejskiego może być postrzegana przez pryzmat zasobów surowcowych drewna jakie się w nim znajdują, które to zasoby można by wyciąć i spieniężyć. To oczywiście nie wyczerpuje całej jego wartości ekonomicznej. Należy tu bowiem doliczyć choćby wartość związaną z bezpośrednim użytkowaniem, ale nie zużywaniem dobra. W przypadku parku może to być wartość ekonomiczna spaceru i kontemplowania piękna przyrody lub podziwiania śpiewu ptaków. Z kolei pośrednia wartość użytkowa wynika z korzyści jakich dostarcza różnorodność biologiczna, które jednak są jedynie pośrednio wykorzystywane przez konsumenta. Przykładowo ekosystem leśny ma możliwość oczyszczania wody. Dzięki temu nawet ci ludzie, którzy nie są bezpośrednimi użytkownikami ekosystemu (nie odwiedzają lasu z siekierą lub przynajmniej z zamiarem spaceru) mogą czerpać korzyści z wody pitnej, która została oczyszczona podczas przechodzenia przez ekosystem. Jest to więc wartość związana z tak zwanymi usługami środowiska.

John Krutilla (1967) zauważył, że wartość użytkowa nie wyczerpuje całej wartości ekonomicznej jaką można przypisać przyrodzie. Istnieją wszak ludzie którzy gotowi są zapłacić za dobro lub usługę, mimo że nigdy (zarówno pośrednio jak i bezpośrednio) z niego nie skorzystają. Przykładem mogą tu być osoby

wspierające finansowo program aktywnej ochrony wilka w Polsce, realizowany przez WWF Polska. Jest raczej mało prawdopodobne, że osoby takie liczą na spotkanie z wilkiem na żywo, by podziwiać jego piękno. Nie można tu więc mówić o wartości użytkowej. Sam fakt istnienia jakiegoś gatunku czy ekosystemu może stanowić wartość ekonomiczną. Można więc uznać, że obok ekonomicznej wartości użytkowej istnieje również wartość pozaużytkowa. Tą z kolei można podzielić na wartość istnienia (jak w powyższym przypadku), wartość opcyjną (Weisbrod 1964), wartość dziedziczenia oraz wartość wikarialną.

Wartość opcyjna przypisywana jest przez ludzi dobru/usłudze, z uwzględnieniem przyszłych, potencjalnych możliwości. Przykładowo środki przeznaczane na ochronę lasów równinowych Papui-Nowej Gwinei mogą być motywowane tym, że istnieje pewna szansa, że wśród bogactwa różnorodności biologicznej ekosystemów znajdzie się nowy rodzaj antybiotyku. Wartość dziedziczenia wynika z faktu, że niektórzy ludzie skłonni są poświęcić swoje pieniądze by jakiś zasób istniał i był w dyspozycji przyszłych pokoleń. Z kolei wartość wikarialna jest wyrazem pewnego rodzaju altruizmu – ludzie chcą by zasób istniał tylko po to, by inni mogli go użytkować. Należy jednak zwrócić uwagę, że podział wartości pozaużytkowej nie jest podziałem precyzyjnym. Wielu ekonomistów wskazuje, że odpowiednio zmierzona wartość opcyjna zawiera w sobie wszystkie inne rodzaje wartości ekonomicznej.

Pomiar wartości ekonomicznej nie jest sprawą prostą. Ekonomiści dysponują zaledwie kilkoma metodami, które mogą dać względnie precyzyjne wyniki, pod warunkiem, że badania są przeprowadzone rzetelnie, zgonie z metodologią i procedurami. Badania takie, są jednak dość kosztowne, co sprawia, że nie ma ich wiele, w szczególności w Polsce. W naszym kraju wycenienie ekonomicznej poddane były niemal wyłącznie duże kompleksy przyrodnicze, jak puszcze: Białowieska i Kampinoska, bagna biebrzańskie czy wybrzeże Bałtyku. Zdecydowane jednak brakuje informacji jaką wartość reprezentuje różnorodność biologiczna w miastach. Badania przeprowadzane od kilku lat przez studentów Ekonomii Uniwersytetu w Białymstoku, w ramach przedmiotu Ekonomia środowiska, dla różnych elementów środowiska przyrodniczego Białegostoku (jak np. staw plażowy w Dojlidach, Las Zwierzyniecki, zielen śródmiejska) wskazują, że elementy te posiadają wartość ekonomiczną. Oznacza to, że ludzie są gotowi za nie zapłacić, nie tylko by utrzymać *status quo*, ale również by polepszyć ich stan. Niestety badania takie nie są na tyle rzetelne, by można było pokusić się o określenie jaka jest rzeczywista wartość bioróżnorodności Białegostoku.

11

UWAGI KOŃCOWE



Nawet uboga natura obecna w środowisku miejskim zapewnia wiele korzyści mieszkańcom. Przyroda pomaga ludziom zaznać relaksu, odpocząć fizycznie i psychicznie a jest to zdecydowanie łatwiejsze, gdy mieszkamy w dzielnicy bogatej w tereny zielone. Dlatego warto zwrócić uwagę na tworzenie parków czy skwerów, tak aby każdy mieszkaniec miał publiczny ogród na odległość krótkiego spaceru. Jak podaje Europejska Agencja Środowiska tereny zielone w polskich miastach zajmują większą część powierzchni, niż w pozostałych krajach (Kosmala, Błaszczak 2012). Białystok pod tym względem nie wypada co prawda tak dobrze jak Poznań, gdzie tereny zielone (lasy, parki, skwery) zajmują 20% obszaru miasta, jednakże z wynikiem 14% plasuje się w czołówce „zielonych” polskich miast. Zatem nie jesteśmy przegrani na starcie i mamy spore możliwości aby budować pozytywną relację miasto-różnorodność biologiczna. W Białymstoku pierwsze kroki są już czynione, czego przejawem wydaje się być coraz częstsze uwzględnianie zieleni miejskiej w planowaniu nowych osiedli mieszkalnych, czy też realizowanie nowatorskich projektów związanych z zielenią. Mimo, że środowisko miejskie siłą rzeczy bardzo ogranicza bytowanie roślin i zwierząt, cenne gatunki i zbiorowiska nie muszą być w nim rzadkością. Ważne jest jednak byśmy zadbali o to by miasto, mimo intensywnego rozwoju, było nadal przyjazne dla świata przyrody ożywionej. Sami przecież też jesteśmy jej częścią. Działania takie będą bardziej efektywne, jeżeli zostaną ukierunkowane na wykorzystanie i podkreślenie naturalnych, już istniejących ale być może zaniedbanych walorów miasta. Optymizmem napawa kolejny projekt Urzędu Miejskiego w Białymstoku zmierzający do poprawy warunków funkcjonowania stawów miejskich. Dotyczyć on będzie zbiorników wodnych przy ulicy Adama Mickiewicza. Dzięki przebudowie teren ten stanie się atrakcyjnym miejscem wypoczynku oraz ostoją dla różnych gatunków roślin i zwierząt bytujących w naszym mieście.

W przypadku Białegostoku główną oś aglomeracji stanowi niewątpliwie rzeka Biała, która funkcjonowała na tym terenie zanim rozwinęło się osadnictwo. Jak każda nizinna rzeka o bardzo niewielkim spadku intensywnie meandrowała, czego ślady odnajdujemy w różnych odcinkach jej biegu. Dlatego też przemieszczając się z jednego osiedla na drugie wielokrotnie przekraczamy naszą główną rzekę. Szczególnie na przedmieściach jej podmokłe brzegi przez długi czas były mało atrakcyjne i nie zostały zabudowane. Biorąc pod uwagę to, że tereny dolinne o podwyższonej wilgotności są zawsze enklawami większego bogactwa gatunkowego, powinniśmy zrobić wszystko by nieunikniony dalszy rozwój miasta nie odbywał się kosztem cennych terenów nadrzecznych. Mamy to szczęście, że w dobrej kondycji zachowały się duże seminaturalne fragmenty doliny Białej, które w przyszłości mogą stanowić rodzaj miejskiego parku-rezerwatu w sercu metropolii. Już za kilka lat rzeka Biała znajdująca się w obrębie granic miasta może stanowić „zieloną wstęgę” pełniącą jednocześnie wiele istotnych z punktu widzenia zachowania bioróżnorodności funkcji np. może być świetnym

korytarzem ekologicznym, ostoją dla bytowania roślin i zwierząt nietypowych dla terenów zurbanizowanych, może być miejscem wytchnienia i rekreacji a także miejscem edukacji przyrodniczej. Patrząc na nasze miasto trzeba podkreślić, że pierwsze kroki w tym kierunku już poczyniono. Zrewitalizowany już został odcinek rzeki Białej pomiędzy ulicą Konstantego Ciołkowskiego a ulicą Czesława Miłosza. Kolejnym krokiem powinna być szeroka dyskusja nad poprawą stanu rzeki i jej doliny w obrębie ścisłego centrum. Zróbmy wszystko by dziś izolowana rzeka stała się znakiem rozpoznawczym i przede wszystkim naturalnym elementem w centrum, lubianym przez mieszkańców i turystów.

Drugim znakiem rozpoznawczym Białegostoku są z pewnością lasy. Obejmują one miasto z czterech stron niczym klamry, będąc przy tym ostoją wielu interesujących gatunków roślin i zwierząt. Co ciekawe, w ich obrębie położone są nawet dwa rezerваты przyrody. Także parki stanowią istotny element środowiska przyrodniczego miasta. Warto zatem zrobić wszystko aby chronić jego różnorodność biologiczną, gdyż zasługuje ono na to, aby nasz znak firmowy – zieleń był w coraz lepszej kondycji. Idealna kompozycja lasów, parków i wód powierzchniowych winna pozostać wizytówką Białegostoku. Niemniej bioróżnorodność ma niejedno oblicze i należy mieć na uwadze bardzo różne aspekty tego zagadnienia. Żyjemy nadzieję, że choć w niewielkim stopniu zdołaliśmy to przybliżyć.

12

LITERATURA



- Akbari H., Davis S., Dorsano S., Huang J., Winert S. 1992. Cooling our communities – A guidebook on tree planting and white coloured surfacing US Environmental Protection Agency: Office of Policy Analysis, Climate Change Division.
- Angermeier P. L. 1994. Does biodiversity include artificial diversity? *Conservation Biology* 8: 600-602.
- Baker P. J., Molony S. E., Stone E., Cuthill I. C., Harris S. 2008. Cats about town: is predation by free-ranging pet cats *Felis catus* likely to affect urban bird populations? *Ibis* 150: 86-99.
- Barabasz W., Pikulicka A. 2012. Ochrona biosfery i bioróżnorodności. *Inżynieria ekologiczna* 30: 7-17
- Bazydło M. 2018. Ocena skuteczności rewitalizacji stawów Marczukowskich w Białymstoku. Maszynopis. Uniwersytet w Białymstoku, Białystok.
- Bennie J., Davies W. T., Cruse D., Gaston K. J. 2016. Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology* 104: 611-620.
- Bernhardt E. S., Palmer M. A. 2007. Restoring streams in an urbanizing world. *Freshwater Biology* 52(4): 738-751.
- Bond E. M., Chase J. M. 2002. Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales. *Ecology Letters* 5: 467-470.
- Booth D. B., Hartley D., Jackson R. 2002. Forest cover, impervious-surface area, and the mitigation of stormwater impacts. *JAWRA - Journal of the American Water Resources Association* 38(3): 835-845.
- Bralski M. 2009. Stan ekologiczny rzeki Białej. Maszynopis. Uniwersytet w Białymstoku, Białystok.
- Chapin III F. S., Zavaleta E. S., Eviner V. T., Naylor R. L., Vitousek P. M., Reynolds H. L. Hooper D. U., Lavorel S., Sala O. E., Hobbie S. E., Mack M. C., Diaz S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Chętnicki W., Werpachowski C., Łupiński S., Giedrewicz M., Klimczuk P., Gawędzki P., Buńkowski T., Czerniak W. 2011. Inwentaryzacja fauny płazów, gadów oraz motyli dziennych na obszarze miasta Białegostoku. Maszynopis. Departament Urbanistyki Urzędu Miejskiego w Białymstoku, Białystok.
- Cierech R. 2013. Sosna supraska – genetyczny fenomen jakości i piękna. W: Dobrowolski D., Kurzawa J. (red.). Puszcza Knyszyńska perła w koronie Jagiellonów. Sosna supraska na dworze królowej puszczy Europy. Urząd Miejski w Supraślu, Supraśl, s. 55-64.
- Courchamp F. 2019. Zjadanie bioróżnorodności. *ACADEMIA-magazyn Polskiej Akademii Nauk* 1/6.
- Dasmann R. F. 1991. The importance of cultural and biological diversity. W: Oldfield M. L., Alcorn J. B. (red.). *Biodiversity: culture, conservation, and ecodevelopment*. Westview Press, Boulder, s. 7-15.
- DeLong Jr D. C. 1996. Defining biodiversity. *Wildlife Society Bulletin* 24, 4: 738-749.
- Dubel K. 2000. Uwarunkowania przyrodnicze w planowaniu przestrzennym. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Duelli P., Obrist M. K. 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 87-98.
- EEA Technical Report 2012. Streamlining European biodiversity indicators 2020: Building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process. European Environment Agency, Copenhagen.

- Falińska K. 1996. Ekologia roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Gallai N., Salles J. M., Settele J., Vaissière B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-821.
- Garrec J. P. 2019. What is the impact of air pollutants on vegetation? *Encyclopedia of the Environment* (online ISSN 2555-0950), <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/life/impact-air-pollutants-on-vegetation/>
- Ghilarov A. M. 1996. What does biodiversity mean - scientific problem or convenient myth? *Trends in Ecology and Evolution* 11: 304-306.
- Gaston K. J., Bennie J., Davies T. W., Hopkins J. 2013. The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological Reviews* 88: 912-927.
- Górniak A. 1999. Wody Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej. PKPK, Supraśl.
- Górniak A. 2000. Klimat województwa podlaskiego. IMiGW, Oddział w Białymstoku, Białystok.
- Halkos G. E., Tzeremes N. G. 2010. Measuring biodiversity performance: A conditional efficiency measurement approach. *Environmental Modelling & Software* 25: 1866-1873.
- Hawksworth D. L., Rossman A. Y. 1997. Where are all the undescribed fungi? *Phytopathology* 87: 888-891.
- Helden A. J., Leather S. R. 2004. Biodiversity on urban roundabouts - Hemiptera, management and the species-area relationship. *Basic and Applied Ecology* 5: 367-377.
- Heywood V. H., Watson, R. T. 1995. *Global biodiversity assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Imberger S., Thompson R., Grace M. 2011. Urban catchment hydrology overwhelms reach-scale effects of riparian vegetation on organic matter dynamics. *Freshwater Biology* 56: 1370-1389.
- Jackowiak B. 1998. Struktura przestrzenna flory dużego miasta. Studium metodyczno-problemowe. *Prace Zakładu Taksonomii Roślin t. 8, UAM, Poznań*.
- Jekatierynczyk-Rudczyk E. 2007. Charakterystyka jakości wody naturalnych wypływów wód podziemnych Białegostoku. W: Jokiel P., Moniewski P., Ziułkiewicz M. (red.). *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź: 234-241.
- Jekatierynczyk-Rudczyk E. 2008. Threats to a small river and its urban catchment: Hydrological and hydrochemical assessment of Jaroszówka River in Białystok, Poland. *Ecology & Hydrobiology* 8: 77-87.
- Jekatierynczyk-Rudczyk E., Żuk E. 2006. Walory krenologiczne Białegostoku i okolic. *Podlaska Kultura Fizyczna*: 29-34.
- Jokiel P., Michalczyk Z. 2019. Źródła Polski - zachować dla przyszłości. *Prace Geograficzne* 157: 7-31.
- Jongman R. H. G. 2013. Biodiversity observation from local to global. *Ecological Indicators* 33: 1-4.
- Kalinowska A. 2011. Dla trwałości życia - różnorodność biologiczna a dobrostan ludzkości. W: Kalinowska A. (red.). *Wybrane zagadnienia z ekologii i ochrony środowiska. Różnorodność biologiczna w wielu odsłonach*. Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym i Zrównoważonym Rozwojem Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 9-19.
- Kalinowska A. 2015. Różnorodność biologiczna w miastach - „ofiara” czy „beneficjent” zmian klimatu? W: Kalinowska A. (red.). *Miasto idealne - miasto zrównoważone*. Planowanie

przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu. Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym i Zrównoważonym Rozwojem Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 61-69.

- Knopf F. L. 1992. Focusing conservation of a diverse wildlife resource. W: Transactions of the 57th North American Wildlife and Natural Resources Conference. Wildlife Management Institute, s. 241-242.
- Knutelski S. 2018. Różnorodność biotyczna dobrostanem ludzkości. Polish Journal for Sustainable Development 22: 27-38.
- Kondracki J. 2009. Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Konwencja o różnorodności biologicznej i jej praktyczne znaczenie 2017. Kancelaria Senatu RP, Warszawa.
- Kornaś J., Medwecka-Kornaś A. 2002. Geografia roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kosmała M., Błaszczak M. 2012. Społeczny wymiar zieleni i jej wpływ na jakość życia mieszkańców miast. Przegląd Komunalny 8: 51-57.
- Kronenberg J. 2012. Usługi ekosystemów w miastach. Zrównoważony rozwój – Zastosowania 3: 14-28.
- Kruk H. 2014. Przegląd wybranych metod oceny bioróżnorodności. Ekonomia i Środowisko 2: 44-62.
- Krutilla J. V. 1967. Conservation reconsidered. The American Economic Review 4(57): 777-786.
- Kujawa A., Orczewska A., Falkowski M., Blicharska M., Bohdan A., Buholz L., Chylarecki P., Gutowski J. M., Latałowa M., Mysłajek R. W., Nowak S., Walankiewicz W., Zalewska A. 2016. Puszcza Białowieska- obiekt światowego dziedzictwa UNESCO-priorytety ochronne. Leśne Prace Badawcze 77: 302-323.
- Kwiatkowski W., Gajko K. 2012. Ekofizjografia Białegotoku. Tom II, Ocena i funkcjonowanie środowiska. Uwarunkowania ekofizjograficzne. UM w Białymstoku, Białystok.
- Le Tallec T. 2019. What is the ecological impact of light pollution?, Encyclopedia of the Environment, [online ISSN 2555-0950] url : <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/life/what-is-the-ecological-impact-of-light-pollution/>.
- Lovejoy T. E. 1980. The Technical Report. W: Barney G. O. (red.). The Global 2000 Report to the President, vol. 2. Penguin, New York, s. 327-332.
- Łaska G. 2012. Różnorodność i walory przyrodnicze zbiorowisk mokradłowych w dolinie Białej, w centrum Białegotoku. Inżynieria Ekologiczna: 87-98.
- Łaska G. 2014. Zagospodarowanie śródmiejskiej strefy łąk storczykowych w Białymstoku w świetle zasad rozwoju zrównoważonego. Problemy Ekologii Krajobrazu 37: 181-190.
- Łaska G. 2016. Środowiskowe uwarunkowania i kierunki zrównoważonej gospodarki opartej na wiedzy w aspekcie rozwoju infrastruktury komunikacyjnej Białegotoku. Ekonomia i Środowisko 3: 267-281.
- Łaska G., Urban K. 2016. Projekt koncepcyjny urządzenia parku botanicznego w śródmieściu Białegotoku." Topiarus. Studia krajobrazowe 1: 289-303.
- Machon N. 2019. What biodiversity in the city? Encyclopédie de l'Environnement, Université Grenoble Alpes, [en ligne ISSN 2555-0950]. <http://www.encyclopedie-environnement.org/>

- Makomska-Juchiewicz M. 2009. Stan wdrożenia sieci Natura 2000 w Polsce. *Chrońmy Przyrodę Ojczyzną* 65.1: 11-28.
- Matras J. 2013. Ochrona różnorodności genetycznej drzew leśnych. *Polish Journal of Agronomy* 14: 22-36.
- Matwiejuk A. 2005. Porosty z rodzajów brodaczek *Usnea* i włośtek *Bryoria* w Białymstoku. *Chrońmy Przyrodę Ojczyzną* 61: 21-30.
- Matwiejuk A. 2007a. Porosty Białegostoku. Analiza florystyczno-ekologiczna. *Ekonomia i Środowisko, Białystok*.
- Matwiejuk A. 2007b. Porosty Białegostoku jako wskaźniki zanieczyszczenia atmosfery. *Ekonomia i Środowisko, Białystok*.
- Matwiejuk A. 2008. Lichens of the Jewish cemetery in Białystok (north-eastern Poland). *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Botanika-Steciana* 12: 111-116.
- May R. M. 1988. How many species are there on Earth? *Science* 241(4872): 1441-1449.
- McIntosh N. 2013. The need to involve stakeholders to combat IAS in cities. *Invasive Alien Species: the Urban Dimension. Strengthening local action in Europe's urban areas*. 5 September 2013, IUCN Global Headquarters, Gland, Switzerland.
- Michalicha M., Mitrus C. 2018. Patki jako wskaźnik różnorodności biologicznej miast. *Polish Journal of Sustainable Development* 22: 63-68.
- Michniewicz-Ankiersztajn H. 2014. Rola zieleni w kształtowaniu przestrzeni miast europejskich w kontekście jakości życia ich mieszkańców. *Journal of Health Sciences* 4: 130-140.
- Modzelewska K. 2019. Mikrobiologiczna ocena skuteczności działań rewitalizacyjnych rzeki Białej w Białymstoku. *Maszynopis. Uniwersytet w Białymstoku, Białystok*.
- Mora C., Tittensor D. P., Adl S., Simpson A. G. B., Worm B. 2011. How many species are there on Earth and in the ocean? *Plos Biology* 9: 1-8.
- Mushet D. M., Euliss N. H., Shaffer T. L. 2002. Floristic quality assessment of one natural and three restored wetland complexes in North Dakota, USA. *Wetlands* 22: 126-138.
- Nielsen S. E., Bayne E. M., Schieck J., Herbers J., Boutin S. 2007. A new method to estimate species and biodiversity intactness using empirically derived reference conditions. *Biological Conservation* 137: 403-414.
- Noss R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
- Noss R. F., Cooperrider A. Y. 1994. *Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity*. Island Press, Washington.
- Oldfield M. L., Alcorn J. B. 1991. Conservation of traditional agroecosystems. W: Oldfield M. L., Alcorn J. B. (red.). *Biodiversity: culture, conservation, and ecodevelopment*. Westview Press, Boulder, s. 37-58.
- Osipińska A. 2017. Stan ekologiczny stawów Marczukowskich. *Maszynopis. Uniwersytet w Białymstoku, Białystok*.
- Parris K. M., Amati M., Bekessy S. A., Dagenais D., Fryd O., Hahs A. K., Hes D., Imberger S. J., Livesley S. J., Marshall A. J., Rhodes, J. R., Threlfall C. G., Tingley R., Ree R., Walsh C. J., Wilkerson M. L., Williams N. S. G. 2018. The seven lamps of planning for biodiversity in the city. *Cities* 83: 44-53.
- Pimm S. L., Russell G. J., Gittleman J. L., Brooks T. M. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269(5222): 347-350.
- *Przyroda Dojлід* 2010. MOSiR, Białystok.

- Puczko K., Zieliński P., Jusik S., Kołakowska A., Jekatierynczuk-Rudczyk E. 2018. Vascular plant and bryophyte species richness in response to water quality in lowland spring niches with different anthropogenic impacts. *Environmental Monitoring and Assessment* 190: 338.
- Rich C., Longcore T. 2006. *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press, Washington.
- Robbins L. C. 1932. *An essay on nature and significance of economics*. Macmillan, London.
- Roszkowska P. 2017. Społeczne aspekty funkcjonowania Stawów Marczukowskich. *Maszynopis*. Uniwersytet w Białymstoku, Białystok.
- Rzymowska Z. 2018. Obce gatunki inwazyjne we florze spontanicznej żywoptotów w południowo-zachodniej części miasta Siedlce. *Polish Journal of Agronomy* 32: 23-29.
- Samson F. B., Knopf F. L. 1994. A framework to conserve biological diversity through sustainable land management. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference* 59:367-377.
- Sienkiewicz J. 2010. Koncepcje bioróżnorodności – ich wymiary i miary w świetle literatury, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 45: 7-29.
- Siwak P. 2002. *Płazy Białegostoku*. Maszynopis. Uniwersytet w Białymstoku, Białystok.
- Skoczko I., Szatyłowicz E. 2015. Zastosowanie współczynnika Schindlera do oceny podatności na degradację zbiorników małej retencji. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska* 6: 137-143.
- Sordello R., De Lachapelle F. F., Livoreil B., Vanpeene S. 2019. Evidence of the environmental impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map protocol. *Environmental Evidence* 8: 8.
- Spellerberg I. F., Haldes S. R. 1992. *Biological conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Summit J., Sommer R. 1998. Urban tree-planting programs: a model for encouraging environmentally protective behavior. *Atmospheric Environment* 32: 1-5.
- Szczepanowska H. B. 2015a. Zieleń w mieście jako sposób na miejskie wyspy ciepła. W: Kalinowska A. (red.). *Miasto idealne – miasto zrównoważone. Planowanie przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu*. Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym i Zrównoważonym Rozwojem Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 81-95.
- Szczepanowska H. B. 2015b. Dobre praktyki w zakresie zagospodarowania przestrzeni miejskiej zieloną infrastrukturą, zwłaszcza drzewami. W: Kalinowska A. (red.). *Miasto idealne – miasto zrównoważone. Planowanie przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu*. Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym i Zrównoważonym Rozwojem Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 201-209.
- Tacacs D. 1996. *The idea of biodiversity: philosophies of paradise*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Thomas R. L., Fellowes M. D., Baker P. J. 2012. Spatio-temporal variation in predation by urban domestic cats (*Felis catus*) and the acceptability of possible management actions in the UK. *PLoS one* 7: e49369.
- Threlfall C. G., Ossola A., Hahs A. K., Williams N. S. G., Wilson L., Livesley S. J. 2016. Variation in vegetation structure and composition across urban green space types *Frontiers in Ecology and Evolution* 4: 66.
- Trzaskowska E. 2008. Wykorzystanie zbiorowisk synantropijnych jako miejsc spontanicznego wypoczynku w miastach. *Nauka Przyroda Technologie* 2: 1-7.

- Trzaskowska E. 2015. Ochrona różnorodności biologicznej w miastach jako jedna z zasad zrównoważonego rozwoju. *Studia Miejskie* 19: 87-97.
- Xu X., Xie Y., Qi K., Luo Z., Wang X. 2018. Detecting the response of bird communities and biodiversity to habitat loss and fragmentation due to urbanization. *Science of the Total Environment* 624: 1561-1576.
- Weiner J. 2007. Kłopoty z bioróżnorodnością. *Wszechświat* 108: 93-96.
- Weiner J. 2012. *Życie i ewolucja biosfery*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Weisbrod B. A. 1964. Collective consumption services of individual consumption goods. *Quarterly Journal of Economics* 77: 71-77.
- Wilson E. O. (red.) 1988. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Witak N. 2015. Zielne rośliny wybranych parków Białegostoku. Maszynopis. Uniwersytet w Białymstoku, Białystok.
- Wolf K. L. 2009. More in store: research on city trees and retail. *Arborist News* 18: 21-27.
- Wołkowycki D. 2010. Zróżnicowanie szaty roślinnej pogranicza Europy środkowej i północno-wschodniej. Z Mazowsza na Polesie i Wileńszczyznę W: Obidziński A. (red.). *Monografia sesji terenowych LV Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego*. Polskie Towarzystwo Botaniczne – Zarząd Główny, Warszawa, s. 9-37.
- WWF 2018. *Living Planet Report – 2018: Aiming Higher*. W: Grooten M., Almond R. E. A. (red.). WWF, Gland.
- Zbyryt A., Kapowicz E., Myka O., Polakowski M. 2017. Sowy Strigiformes Białegostoku – rozmieszczenie, liczebność i zmiany. *Ornis Polonica* 58: 274-282.
- Zieliński P. 2016. Co sprzyja skutecznej renaturyzacji rzek i w jaki sposób można ją ocenić? *Gospodarka Wodna* 4: 116-124.
- Zieliński P., Górniak A., Piekarski M. K. 2009. The effect of hydrological drought on chemical quality of water and dissolved organic carbon concentrations in lowland rivers. *Polish Journal of Ecology* 57(2): 217-227.
- Zieliński P., Górniak A., Bralski M. 2012. Wykorzystanie cech hydromorfologicznych do oceny stanu ekologicznego rzeki miejskiej. *Inżynieria Ekologiczna* 29: 246-256.
- Żylicz T. 2014. *Cena Przyrody. Ekonomia i Środowisko*, Białystok.
- Żylicz T. 2017. Wartość ekonomiczna przyrody. *Zarządzanie Publiczne* 39(1): 114-124.

BIORÓŻNORODNOŚĆ

Pojęcie różnorodności biologicznej, tak popularne w ostatnich latach, dotyczy wszystkiego co nas otacza oraz warunków w jakich żyjemy. Człowiek jest jedynie częścią składową tego skomplikowanego układu. Gatunek ludzki, jak żaden inny żywy organizm ma olbrzymi wpływ na kształtowanie środowiska, a więc i na jego bioróżnorodność. Niestety w większości przypadków ten wpływ jest bardzo szkodliwy, a często wręcz niszczący. W roku 1992 na Szczycie Ziemi zorganizowanym w Rio de Janeiro podpisana została Konwencja o różnorodności biologicznej, która kładzie szczególny nacisk na edukację i podnoszenie świadomości społeczeństwa na temat ochrony bioróżnorodności.

Projekt „Bioróżnorodność Miasta Białegostoku” to próba poznania, analizy i opisanie kondycji przyrody naszego miasta. To także wskazanie najcenniejszych obiektów przyrodniczych, które wymagają szczególnej troski i konkretnych działań aby uchronić je przed degradacją. Do projektu udało mi się zaprosić wybitnych przedstawicieli ze świata nauki, którzy pracują i realizują swoje zawodowe pasje na białostockich uczelniach.

Projekt przewidziany do realizacji w okresie trzech lat będzie zawierał szczegółowe opracowania z różnych dziedzin przyrodniczych. W roku 2019 zostały zrealizowane trzy części tego projektu. W pierwszej, wprowadzającej, chcemy w sposób zrozumiały przybliżyć czytelnikom pojęcie bioróżnorodności. Podać różne jej definicje, opowiedzieć jakie są jej rodzaje, czego dotyczą, jak się je bada i mierzy. W opracowaniu podejmujemy próbę wyjaśnienia, dlaczego duża różnorodność biologiczna jest tak ważna i cenna dla jakości życia ludzi w miastach, ich zdrowia, a także kosztów funkcjonowania aglomeracji. Kolejne opracowanie, które zostało zrealizowane, dotyczy szaty roślinnej występującej w obrębie naszego miasta. Autor w sposób szczegółowy opisuje bogactwo i różnorodność gatunkową roślin oraz siedliska, w których występują. Trzecia część projektu obejmuje tematykę dotyczącą motyli dziennych Białegostoku. Dowiadujemy się w niej o bogactwie gatunkowym tej grupy owadów oraz o bardzo ciekawej biologii. Wszystkie opracowania są niezwykle interesujące i stanowią cenny materiał do dalszych badań i analiz. Każde z opracowań zawiera mnóstwo fotografii, zestawień, tabel i wykresów. Wydane zostały w podobnej szacie graficznej i mają swój niepowtarzalny styl. Gwarantuję, że podczas lektury każdy czytelnik będzie mógł odkrywać na nowo przyrodę Białegostoku i zdobyć dużo praktycznej wiedzy. Jestem przekonany, że po lekturze większość z Państwa będzie pozytywnie zaskoczona jakością białostockiej przyrody i z większym zrozumieniem i poszanowaniem będzie korzystała z jej walorów.

Andrzej Piotr Karolski

ISBN 978-83-943607-5-7



9 788394 360757