BIORÓŻNORODNOŚĆ
MIASTA BIAŁEGOSTOKU

Mokradła
Białegostoku

Piotr Banaszuk
Dan Wołkowycki

Białystok 2025

Autorzy opracowania:
Piotr Banaszuk, Dan Wołkowycki, Instytut Nauk Leśnych,
Politechnika Białostocka

Autor projektu „Bioróżnorodność Miasta Białegostoku”:
Andrzej Piotr Karolski

Okładka:
Kosaciec żółty *Iris pseudacorus*, fot. D. Wołkowycki

Projekt okładki, opracowanie graficzne, redakcja techniczna, skład:
Euro Pilot Sp. z o.o.
ul. Konarskiego 3, 01-355 Warszawa

W tekście wykorzystano przeredagowane fragmenty audycji „Dziki punkt widzenia” autorstwa Dana Wołkowyckiego, prowadzonych na antenie Radia Akadera w 2024 i 2025 r.

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

© by Miasto Białystok

BIAŁYSTOK 2025

Wydawca:
Prezydent Miasta Białegostoku

ISBN: 978-83-966939-6-9



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

Książkę tę poświęcamy **Śp. Andrzejowi Karolskiemu** – miłośnikowi przyrody, który zmienił nasze miasto na lepsze, zakładając w nim łąki kwietne i przywracając naturze część doliny Białej, bez którego pasji i zaangażowania nie powstałaby seria prac poświęconych przyrodzie Białegostoku oraz
Billowi Mitschowi – wybitnemu badaczowi mokradeł i przyjacielowi, którego wiedza i życzliwość stały się inspiracją dla wielu.

SPIS TREŚCI

1. SPECYFIKA MOKRADEŁ 8
   - Co to jest mokradło? 9
   - Hydrologia mokradeł 11
   - Gleby 18
   - Przystosowania roślin do życia na bagnach 21

2. CHARAKTERYSTYKA I KLASYFIKACJE MOKRADEŁ 22
   - Mokradła w literaturze obcojęzycznej 23
   - Podział mokradeł stosowany w Polsce 26
     - Kryterium hydrologiczne 26
     - Siedliska hydrogeniczne 30

3. ZNACZENIE MOKRADEŁ 38
   - Świadczenia ekosystemowe 39
     - Świadczenia zaopatrzeniowe mokradeł 40
       - Eksploatacja torfu 41
       - Ruda darniowa 44
     - Świadczenia regulacyjne 48
       - Różnorodność biologiczna 48
       - Mokradła i jakość wody 48
       - Mokradła i ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne 50
       - Mokradła i klimat 51
     - Wartości kulturowe i duchowe mokradeł 53

4. MOKRADŁA W MIEŚCIE 54
   - Funkcje ekologiczne miejskich mokradeł 56
   - Wartości społeczne 56

5. MOKRADŁA W BIAŁYMSTOKU 60
   - Dolina rzeki Białej 63
   - Szata roślinna białostockich mokradeł 73
   - Zwierzęta miejskich mokradeł 108

6. ZAGROŻENIA 124

7. OCHRONA MOKRADEŁ 138

8. WYBRANA LITERATURA 148

9. GALERIA 156

OD AUTORÓW

W roku 2025, kiedy powstawały „Mokradła Białegostoku", panowała susza. Zima minęła niemal bezśnieżnie, a jedynie przedwiośnie i wiosna przyniosły niewielkie opady. Biebrza, Narew i Supraśl, nie mówiąc już o pomniejszych rzekach, nie wystąpiły z brzegów. Niosły wody tak skąpe, że z łatwością mieściły się w swych korytach, a ich dolinami można było spacerować suchą nogą, bez konieczności omijania rozlewisk.

Paradoks naszych czasów polega na tym, że mimo narastających niedoborów wody kontynuujemy anachroniczne praktyki, które ten kryzys zaostrzają. Wciąż planujemy i prowadzimy prace przyśpieszające odpływ wód, jakby czas przestał płynąć, zatrzymując się sto lat temu, kiedy odwadnianie mokradeł uznawano za rozwiązanie problemów gospodarczych polskiej wsi. Strumienie i rzeki są pogłębiane, a ich brzegi wykaszane i ogołacane z drzew. W przeszłości sens takim działaniom nadawały potrzeby rolników, którym niełatwo było korzystać z podtapianych łąk. Trudno jednak znaleźć uzasadnienie takich działań dziś w śródleśnych dolinach, na obszarach miast lub w innych miejscach, z których rolnictwo wycofało się dawno temu.

Może źródłem takiej postawy – obecnie irracjonalnej i destrukcyjnej – jest odziedziczone po przodkach poczucie zagrożenia? W powszechnym odczuciu bagno kojarzy się przecież jednoznacznie źle, a język polski zachował pamięć o zagrożeniach, których dawniej przysparzały błota. Bagna uznawano za środowisko brudu, zgnilizny, miazmatów chorobotwórczych, co z czasem przeniosło się w sferę języka do opisów demoralizacji, zepsucia i beznadziei. Nic dziwnego, że osuszanie mokradeł stało się jednym z niechlubnych celów postępu i cywilizacyjnego zapanowania nad „chaosem przyrody" (Łotysz, 2023). Ten stereotyp, głęboko zakorzeniony w języku i kulturze, nie przystaje jednak do współczesnej wiedzy.

Dziś wiemy, że mokradła nie są siedliskiem rozkładu, lecz przestrzenią życia. To naturalne magazyny wody i węgla, filtry zanieczyszczeń, bufor chroniący przed powodziami, a także refugia dla wielu rzadkich i zagrożonych gatunków roślin i zwierząt. Stanowią one nie tylko ostoję różnorodności biologicznej, lecz także fundament bezpieczeństwa ekologicznego i dobrostanu społecznego. Ich degradacja prowadzi do narastania problemów środowiskowych, podczas gdy ich ochrona i odtwarzanie mogą być przynajmniej częściowo odpowiedzią na wyzwania kryzysów klimatycznego i wodnego.

Śnieżnych i mroźnych zim rychło nie przywrócimy. Nie jesteśmy jednak całkiem bezradni wobec coraz bardziej dotkliwej posuchy. Przede wszystkim zaprzestańmy dalszego niszczenia magazynów wody: zasypywania i odwadniania mokradeł, ogołacania brzegów rzek z drzew i krzewów. Zatroszczmy się należycie zarówno o śródmiejskie i podmiejskie lasy bagienne, jak i o mokradła nieleśne.

Bez większej nadziei, że uda się te postulaty ziścić, choćby w granicach i sąsiedztwie miasta Białystok, oddajemy Czytelniczkom i Czytelnikom tę książkę jako pobieżny przewodnik po świecie miejskich bagien, który bardzo zmienił się w ciągu ostatnich dekad, ulegając na naszych oczach stopniowo postępującej zagładzie. Dajcie się im wciągnąć, póki są jeszcze obecne w naszym otoczeniu.

Piotr Banaszuk, Dan Wołkowycki,
Białystok, sierpień 2025 r.

SPECYFIKA MOKRADEŁ



Torfowce, fot. D. Wołkowycki

Co to jest mokradło?

Mokradła to ekosystemy przejściowe między terenami lądowymi a trwale zalanymi wodami. Są one różnie charakteryzowane, ale ich wspólną cechą jest to, że są zalewane lub nasycone wodą stale bądź okresowo, na tyle jednak długo, że uwodnienie jest kluczowym czynnikiem kształtującym szatę roślinną i życie zwierząt.

Chociaż tereny podmokłe zajmują tylko niewielką część krajobrazu, ich rola w środowisku jest znacznie większa niż wynikałoby to z ich powierzchni. Mokradła występują na styku środowisk lądowych i wodnych, a wiele z nich jest połączonych hydrologicznie z wodami powierzchniowymi i/lub gruntowymi. Służą one jako źródła, pułapki (magazyny) i transformatory materii i energii, w tym makroelementów, takich jak węgiel (C), azot (N), fosfor (P) i siarka (S), oraz wielu pierwiastków śladowych. Produktywność biologiczna mokradeł często przewyższa w tym zakresie możliwości ekosystemów lądowych i wodnych. Mimo wielu typów terenów podmokłych mają one liczne wspólne cechy, zarówno strukturalne, jak i funkcjonalne, takie jak obieg składników odżywczych, bilans wodny, produkcja i akumulacja materii organicznej.

Tereny podmokłe są bardzo zróżnicowane, a ich cechy i funkcje w środowisku mogą być określone przez położenie w krajobrazie, klimat, warunki wodne, roślinność i gleby.

Różnorodność typów zasilania i dynamiki wody, żyzności, układów roślinnych i krajobrazowych powoduje, że istnieje wiele potocznych nazw mokradeł, które niestety często przechodzą do sfery nauki i powodują niemały zamęt pojęciowy. Wiele określeń można znaleźć w języku angielskim: *bog*, *carr*, *fen*, *flark*, *marsh*, *mire*, *swamp*, *turlough* (Mitsch i Gosselink, 2015) – żeby wymieć tylko najpopularniejsze. Polszczyzna zna moczary, bagna, torfowiska, trzęsawiska, bajora,

biele, bielawy, rojsty (Kotowski, 2017). Liczne lokalne określenia bagna i torfowiska można było znaleźć na Polesiu, np. *czeroty, łuhy, olosy* (Obrębski, 2007). Niektóre z tych terminów stały się źródłem nazw miejscowych, by wymienić tytułem przykładów Biały Ług i Kozłowy Ług na obrzeżach Puszczy Knyszyńskiej, Łęg Nurski albo Biele koło Juchnowca. Także Gdańsk i Gdynia być może biorą swoje miana od bagien i miejsc podmokłych, określanych w dawnej słowiańszczyźnie jako *gъdъ*.

Obecnie dla terenów podmokłych używamy ogólnego określenia mokradło będącego odpowiednikiem angielskiego *wetlands*. Polskie tłumaczenie tekstu konwencji ramsarskiej jako odpowiednik *wetlands* wprowadziło termin „obszary wodno-błotne", który jednak nie przyjął się szeroko, chociaż ciągle funkcjonuje w literaturze (Kotowski, 2017).

Mokradła definiowane są na różne sposoby. Bardzo szerokie ujęcie zawiera wspomniana konwencja ramsarska, według której (art. 1 ust. 1) do mokradeł zalicza się:

> tereny bagien, błot i torfowisk lub zbiorniki wodne, zarówno naturalne, jak i sztuczne, stałe i okresowe, o wodach stojących lub płynących, słodkich, słonawych lub słonych (łącznie z wodami morskimi, których głębokość podczas odpływu nie przekracza 6 m).

Zwięzłą i syntetyczną definicję mokradeł (*wetlands*) podaje Paul Keddy (2010).

> Mokradło to ekosystem, który powstaje, kiedy duże uwilgotnienie i zalew powierzchniowy prowadzą do ukształtowania gleb zdominowanych przez procesy anaerobowe i ograniczają dobór roślin do gatunków tolerujących podtopienie. Znajdziemy w tym przyczynę kształtującą ekosystem: silne uwodnienie i jego skutki – niedobory tlenu w glebie prowadzące do selekcji roślin radzących sobie zarówno z bezpośrednim wpływem zalewu, jak i z anaerobiozą.

Większość roślin lądowych, w tym ważnych z gospodarczego punktu widzenia drzew oraz gatunków uprawnych, nie jest w stanie przetrwać na okresowo zalanej lub nasyconej wodą glebie. „Sitem" lub filtrem środowiskowym, ograniczającym pulę gatunków do tych, które mają stosowne możliwości adaptacyjne, są uwodnienie siedliska i niedobór tlenu.

Szeroko ujmowane mokradła obejmują najróżniejsze rodzaje terenów podmokłych, od subtropikalnych zarośli namorzynowych aż po torfowiska subarktyczne. Mimo

że niektóre mokradła rozwijają się na płyciznach morskich, to większość z nich występuje w warunkach słodkowodnych. Powstają w miejscach, gdzie woda deszczowa gromadzi się w obniżeniach terenu podczas spływu do mórz i oceanów, zamykającego cykl hydrologiczny. Mokradła mają różne rozmiary. Mogą to być drobne formy o powierzchni kilkuset metrów kwadratowych aż do rozległych pokryw torfowych, zajmujących tysiące kilometrów. Można je spotkać w różnych krajobrazach – od wybrzeży morskich, przez doliny rzek i misy jezior aż po zagłębienia terenu na wysoko położonych wyżynach i w kotlinach śródgórskich.

Najczęściej mokradła odróżniają się od innych ekosystemów obecnością wody, która może zalewać teren lub zalegać jako woda gruntowa tuż pod jego powierzchnią, wykształceniem specyficznych gleb, często bardzo zasobnych w materię organiczną, a także występowaniem roślinności dobrze zaadaptowanej do dużego uwilgotnienia podłoża. Kiedy zaczynamy studiować te cechy, stwierdzamy jednak ogrom różnic, które dzielą tereny podmokłe na wiele kategorii, odmiennych pod względem zasilania w wodę, długości trwania zalewu, zasolenia i żyzności, wykształcenia zbiorowisk roślinnych i gleb.

Hydrologia mokradeł

Tylko niektóre z mokradeł są stale i w tym samym stopniu przesycone wodą na całej swej powierzchni. Większość z nich cechuje się okresowymi zmianami uwodnienia. Długotrwałość i zasięg zalewu powierzchniowego lub nasycenia gleb i osadów przez wody podziemne to kluczowe cechy hydrologii mokradeł, wpływające na ich specyfikę (Craft, 2016). Rytm uwodnienia zależy od warunków klimatycznych oraz rzeźby terenu i ukształtowania zlewni, w których rozwijają się mokradła. Mokradła są bardziej rozpowszechnione w klimatach chłodnych i wilgotnych, w których możemy spodziewać się przewagi przychodu wody nad jej rozchodem, niż w klimatach gorących i suchych. Gromadzeniu wody w krajobrazie sprzyjają słabo nachylone stoki i obecność mniej lub bardziej izolowanych obniżeń terenowych.

Źródłem wody są opady atmosferyczne, wody powierzchniowe i podziemne, a utrata wody następuje w wyniku ewapotranspiracji, czyli parowania z powierzchni gleby i odprowadzania jej przez rośliny, oraz odpływów powierzchniowego i podziemnego. Ruch wody w obrębie mokradła i wielkość jej odpływu mają decydujący wpływ na dynamikę poziomu wody (czyli tzw. hydroperiod), a w konsekwencji – na bilans i ilość wody magazynowanej w ekosystemie.

Mokradła **przybrzeżne w zasięgu pływów morskich** są często zalewane dwa razy dziennie podczas przypływów, najczęściej do głębokości nieprzekraczającej jednego metra.



Dolina Narwi pod Górą Strękową i w okolicy Bronowa pod Wizną z szeroko rozlanymi wodami wezbraniowymi, fot. D. Wołkowycki





Torfowisko wysokie z ubogą gatunkowo roślinnością mszarną, która jest przystosowana do bardzo kwaśnego i mało zasobnego w składniki odżywcze podłoża, zasilanego wyłącznie wodą opadową. Na zdjęciu płat bagna zwyczajnego *Rhododendron tomentosum*, krzewinki o charakterystycznym, intensywnym zapachu (fot. P. Banaszuk). Torfowiska tego typu nie występują współcześnie w granicach Białegostoku, ale można napotkać je w pobliskiej Puszczy Knyszyńskiej, m.in. w uroczyskach Czarny Ług, Łazarz (Moskal) i Jesionowe Góry.

Zalew w **mokradłach wykształconych w dolinach rzecznych** występuje kilka razy w roku; może trwać nawet kilka miesięcy, a jego głębokość w skrajnych przypadkach może przekraczać kilka metrów.

Torfowiska **zasilane wodą gruntową** odznaczają się stosunkowo stabilnym poziomem wody, której zwierciadło przez znaczną część roku układa się w pobliżu lub nieznacznie powyżej powierzchni terenu, a **torfowiska wysokie** zazwyczaj nie są zalewane w ogóle, za to odznaczają się stałym wysyceniem wodą. Zwierciadło wody zalega tam w pobliżu powierzchni terenu, a nasycenie porów glebowych wodą następuje na skutek działania sił kapilarnych.

Pochodzenie i sposób przemieszczania się w krajobrazie wody transportującej zawiesiny i związki rozpuszczone, w tym składniki odżywcze, a czasami niestety również toksyczne, kształtują fizyko-chemiczne środowisko bagien, tj. jakość i żyzność ich siedlisk. Woda deszczowa zawiera niewiele rozpuszczonych związków mineralnych, co powoduje, że torfowiska zasilane wyłącznie przez opady





Wody Supraśli zabarwione kwasami humusowymi wypłukanymi z nadrzecznych mokradeł, fot. D. Wołkowycki (także na stronie obok)

są zazwyczaj ubogie w składniki odżywcze roślin. Tereny wodno-błotne, które otrzymują wodę powierzchniową, często zawierają duże ilości rozpuszczonych minerałów i zawiesin, zwłaszcza jeśli wody wezbraniowe są zasobne w materiał erodowany ze zlewni. Słone bagna i namorzyny zawierają wiele rozpuszczonych soli. Zasobne w składniki mineralne mogą być też mokradła zasilane wodami gruntowymi, szczególnie gdy podłoże geologiczne zawiera dużo łatwo rozpuszczalnych minerałów, np. węglanu wapnia (Mitsch i Gosselink, 2015).

Ekosystem mokradłowy nie jest jedynie biernym odbiornikiem wody. Na zasadzie sprzężenia zwrotnego biotyczne komponenty ekosystemu (mikroorganizmy, rośliny i zwierzęta) są w stanie wpływać na warunki hydrologiczne i geochemiczne. Obumierające nieustanie rośliny powodują przyrastanie warstw torfu, są pułapką dla osadów i retencjonują składniki pokarmowe. W biochemicznych procesach rozkładu szczątków roślin: opadłych liści, zaschłych łodyg, gałązek, konarów i obumarłych pni, wszystkiego, co zaściela powierzchnię bagiennej gleby i przenika do jej górnych warstw, powstają kwasy humusowe. Łatwo rozpuszczają się w wodzie i są przez nią wypłukiwane, m.in. w czasie roztopów. Z wodami topniejącego śniegu kwasy humusowe trafiają do śródleśnych strumieni i rzek, które płyną przez torfowiska i lasy bagienne, zasobne w materię organiczną. Niektórym



Czasami bobry dla zatrzymania wody tworzą skomplikowane kilkupiętrowe budowle. Starasowana przez tamy bobrowe kopuła torfowiska soligenicznego w Łosinianach, fot. P. Banaszuk

z rzek regionu to właśnie ich żółtawe, brązowe lub ciemnobrunatne barwy nadały nazwy, np. Czarnej, płynącej przez Puszczę Knyszyńską albo Czarnej Hańczy na Suwalszczyźnie (dla odróżnienia od rzek Białych, toczących swe wody przez doliny wypełnione madami i jasnymi piaskami).

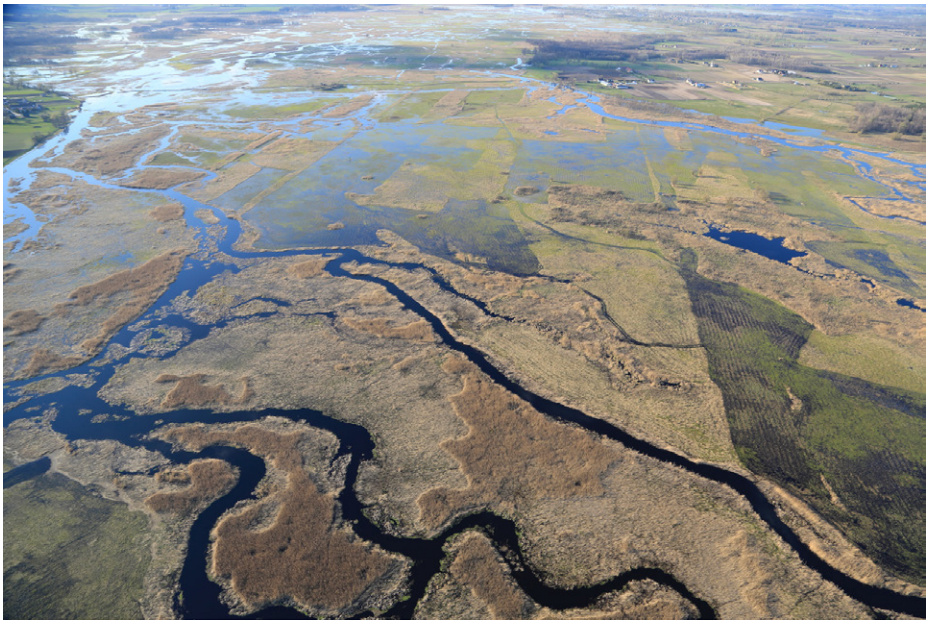
Zmieniający się skład gatunkowy roślin wpływa na rozchód wody w wyniku ewapotranspiracji. Niejednokrotnie zdarza się, że radykalne zmniejszenie transpiracji w wyniku wycięcia drzew porastających mokradło skutkuje wyraźnym podniesieniem się poziomu wody.

Na hydrologię terenów podmokłych mogą znacząco wpływać zamieszkujące je zwierzęta. Najbardziej znanym gatunkiem aktywnie kształtującym mokradła jest bóbr, który buduje tamy na małych ciekach i tym samym powoduje spiętrzenie wody oraz zalanie rozległych nieraz przestrzeni. W Ameryce Północnej funkcję „hydrotechniczną" pełnią też piżmaki, ryjące nory i korytarze zmieniające kierunki przepływu wody, oraz aligatory budujące *gator holes*, czyli małe zagłębienia i stawy zalane wodą przez cały rok, będące refugium dla ryb, żółwi i mięczaków (Mitsch i Gosselink, 2015).

Poziom wody w większości mokradeł zmienia się rytmicznie w zależności od pory roku (mokradła fluwiogeniczne), dnia (mokradła nadbrzeżne objęte pływami morskimi), a czasami w sposób nieprzewidywalny.

Szczególnie interesujący i niejednokrotnie spektakularny jest reżim wodny zalewanych dolin rzecznych, w których następujące po sobie okresy wezbrań i opadania wody są nazywane pulsowaniem i odgrywają ważną rolę w funkcjonowaniu nadrzecznych mokradeł.

Zalew pojawiający się każdego roku i zmieniające się wraz z nim warunki fizyko-chemiczne kształtują szczególnego rodzaju układ środowiskowy. Wpływają także na morfologiczne, anatomiczne, fizjologiczne, fenologiczne i etologiczne adaptacje organizmów zasiedlających siedliska w dolinie rzeki. Równina zalewowa, będąca dominującym elementem morfologicznym doliny, jest przez większą część roku środowiskiem lądowym, które tylko na czas wezbrania staje się



Wezbranie w dolinie Narwi w Narwiańskim Parku Narodowym (fot. A. Bielonko). Przez większość roku równina zalewowa to środowisko lądowe, które regularnie, raz lub dwa razy w roku, staje się częścią systemu rzecznego. Taki cykl trwa od kilku do kilkunastu tygodni, najczęściej wczesną wiosną po roztopach lub latem i jesienią po intensywnych opadach. Gdy woda ustępuje, mokradła wchodzą w krótkotrwały stan równowagi, który potrwa do kolejnej wielkiej wody. Najdłużej woda utrzymuje się w najgłębszych rozlewiskach wzdłuż koryta rzeki, a zwłaszcza w szerokich, płaskich częściach doliny. Największe wezbrania sięgają aż do krawędzi doliny, docierając do strefy olsów lub poziomu łąkowego, który leży kilkadziesiąt centymetrów powyżej torfowisk. Po ustąpieniu wezbrania, uwodnienie mokradeł zależy już jedynie od zasilania podziemnego, opadów oraz parowania i transpiracji.

elementem układu rzecznego. Po ustąpieniu zalewu warunki środowiskowe przesychających mokradeł zaczynają zmieniać się, aż do chwili, kiedy osiągną własny, krótkotrwały stan równowagi, który zaburzy kolejna wielka woda.

W Polsce zalew pojawia się (a w zasadzie pojawiał się, w dotychczasowych warunkach klimatu panującego do początku XXI w.) jeden lub dwa razy w roku: wczesną wiosną po roztopach i po opadach latem (tzw. wezbranie świętojańskie) lub jesienią. Trwa on od kilku do kilkunastu tygodni. Najgłębsze rozlewiska tworzą się w pasie ciągnącym się wzdłuż koryta rzeki, tam też wody wezbraniowe utrzymują się najdłużej, zwłaszcza w rozległych i płaskich, „basenowych" odcinkach doliny. W miejscach, gdzie rzeka nadbudowuje swój brzeg aluwiami (czyli osadami naniesionymi przez jej nurt), wielkie wody stagnują dłużej w najbardziej obniżonej części doliny, na zapleczu odsypów („warg") brzegowych. Wielkie wezbrania sięgają zazwyczaj krawędzi doliny. Po ustąpieniu wielkiej wody mokradła stają się mniej zależne od rzeki, a ich uwodnienie kształtują opady i straty wody przez parowanie i transpirację.

Woda wezbraniowa stanowi pas transmisyjny przemieszczający materię, energię i ułatwiający migrację organizmów między sąsiadującymi ekosystemami: wodnym i mokradłowym. Stałe zasilanie w składniki odżywcze sprawia, że mokradła zależne od „pulsujących" wód rzecznych to zazwyczaj środowiska najbardziej produktywne.

Gleby

Gleby mokradeł są nasycone wodą lub zalane wystarczająco długo w okresie wegetacyjnym, aby w ich stropowej części powstały warunki, które sprzyjają wzrostowi i regeneracji roślinności wilgociolubnej (hydrofitowej), albo inaczej rzecz ujmując – przystosowanej do dużego uwodnienia podłoża.

Gleby mokradeł rozwijają się przy stałym lub okresowym niedoborze tlenu, co odróżnia je od większości gleb na wysoczyznach. Beztlenowe środowisko bagien może przypominać pozostałości po dawnych epokach, kiedy wczesna atmosfera Ziemi była pozbawiona tego pierwiastka. Może ono sprzyjać rozwojowi specyficznych grup mikroorganizmów anareobowych, funkcjonujących niezmiennie od miliardów lat, np. bakteriom żelazowym i siarkowym, o których będzie mowa dalej, w części opisującej powstawanie na bagnach darniowych rud żelaza.

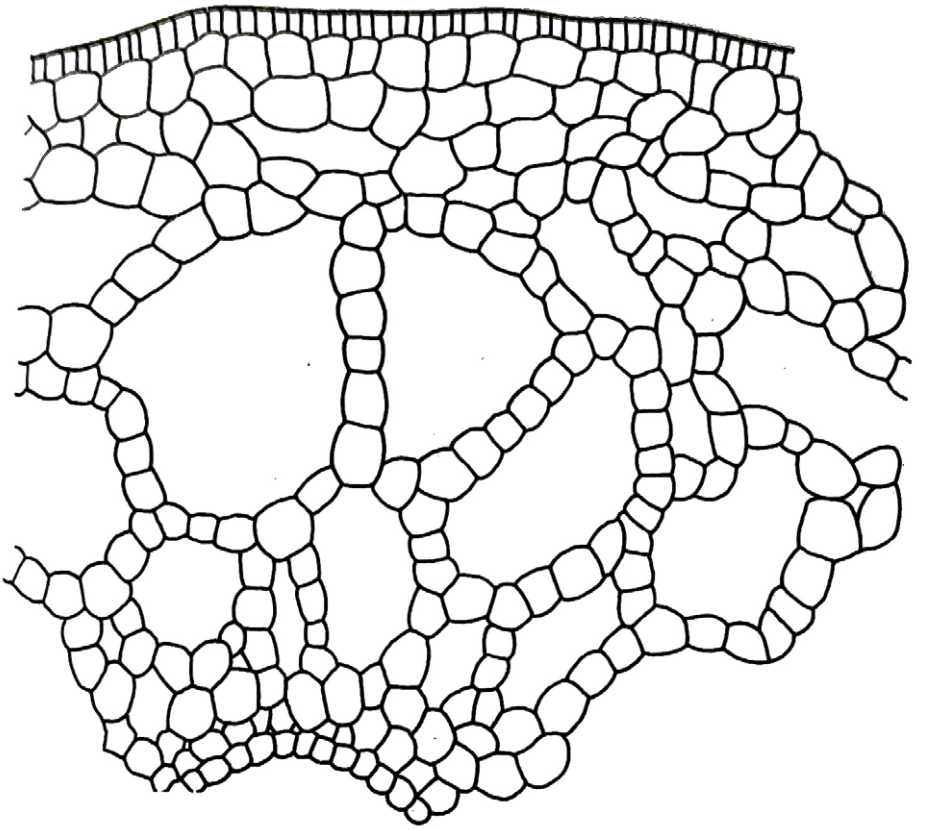
Wystarczy krótki czas podtopienia, żeby w glebach zabrakło tlenu, a do rozkładu materii organicznej były wykorzystywane jako akceptory elektronów związki nieorganiczne: azotany, siarczany, tlenki metali i dwutlenek węgla. Ich przemiany są



Miejsca wydobywania się gazów na przybrzeżnym namulisku nad Białą. U dołu opalizujący biofilm powstający w procesach metabolicznych bakterii żelazowych i siarkowych, fot. D. Wołkowycki



Bąble metanu na zalanej glebie organicznej, fot. P. Banaszuk



Przekrój przez łodygę okrężnicy bagiennej *Hottonia palustris*, spotykanej w dolinkach olsów, z licznymi przestworami powietrznymi ukazuje przykład przystosowań roślin bagiennych do życia w warunkach niedoborów tlenu w glebie (wg Schoenichena 1924, z: Podbielkowski i Tomaszewicz, 1982).

siłą napędową wielkich cykli biochemicznych związanych z obiegiem azotu i siarki w przyrodzie. Silne uwodnienie sprawia, że w mokradłach kształtuje się specyficzne środowisko glebowe, w którym dochodzi do nagromadzania szczątków organicznych (w szczególnych przypadkach w postaci torfu), a pierwiastki tworzące związki mineralne występują w postaci zredukowanej. Charakterystyczna jest obecność gazów takich jak metan (CH_4), siarkowodór (H_2S) i amoniak (NH_3).

Gleby mokradeł są bardzo zróżnicowane pod względem budowy i właściwości: od gleb torfowych (tworzących się ze szczątków roślin bagiennych) i mułowych (silniej natlenionych niż poprzednie) po gleby glejowe (w których dominują procesy biochemicznej redukcji żelaza i innych pierwiastków w warunkach silnego przesycenia wodą i ograniczonego dostępu tlenu) i mady, powstające z osadów naniesionych przez rzekę, nawarstwiających się na tarasie zalewowym.

Przystosowania roślin do życia na bagnach

Większość roślin lądowych nie radzi sobie z dużą wilgotnością środowiska i nie jest w stanie przetrwać na trwale lub okresowo zalewanych mokradłach. Niektóre drzewa i krzewy oraz byliny, takie jak liczne gatunki turzyc, pałki i oczerety, są przystosowane do okresowego zalewu, jeśli tylko nie jest zbyt głęboki i długotrwały.

Adaptacje takie mają charakter morfologiczny, prowadzący do zmiany budowy fizycznej rośliny, lub fizjologiczny, który wiąże się ze zmianą metabolizmu. Adaptacje morfologiczne polegają na zmianach w strukturze korzeni, łodyg lub liści, wspomagających transport tlenu do korzeni. Wspólną cechą wielu roślin zielnych jest obecność aerenchymy (Smirnoff i Crawford, 1983), gąbczastej tkanki w pędach i korzeniach wypełnionej głównie powietrzem. Łodyga w przekroju jest w większości pusta i służy jako przewód do transportu powietrza do części podziemnych. Łodygi niektórych gatunków, np. grążeli *Nuphar* spp. i „lilii wodnych", czyli grzybieni *Nymphaea* spp., są całkowicie puste. W przypadku grążeli gradienty temperatury i ciśnienia powodują przenikanie tlenu do młodszych pędów i jednocześnie wypychają gazy, będące efektem przemiany materii przez starsze pędy. Proces ten jest znany jako wentylacja ciśnieniowa (Dacey, 1980). Mechanizmy dostosowania fizjologicznego obejmują m.in. unikanie wytwarzania potencjalnie toksycznego etanolu.

Oprócz niedoborów tlenu krytycznym czynnikiem ograniczającym rozwój roślinności na mokradłach jest dostęp do składników pokarmowych. Nagromadzanie torfu, stopniowe przyrastanie i wypiętrzanie się jego złoża odcina korzenie roślin od podłoża mineralnego, co powoduje, że są one coraz bardziej uzależnione od biogenów wnoszonych do siedliska z wodą: opadami i wodą rzeczną. W torfowiskach wysokich (zależnych wyłącznie od wód opadowych) kwaśny odczyn środowiska i jego mała zasobność w biogeny stają się czynnikami skrajnie ograniczającymi dobór gatunków.

Nielicznym roślinom udało się wykształcić mechanizmy dostosowawcze do warunków mokradłowych. Uogólniając, siedliska poddane głębokiemu i długotrwałemu zalewowi odznaczają się mniejszym bogactwem gatunkowym niż te, które są zalewane rzadziej lub podlegają pulsowaniu hydrologicznemu.

02

CHARAKTERYSTYKA I KLASYFIKACJE MOKRADEŁ



Przyjeziorne torfowisko przejściowe, fot. D. Wołkowycki

Mokradła w literaturze obcojęzycznej

W literaturze anglosaskiej funkcjonuje prosty podział mokradeł wynikający z ich usytuowania w krajobrazie oraz sposobu zasilania. Wyróżnia się w nim sześć typów (Keddy, 2010).

» **Swamp** – to mokradło pokryte lasem na mineralnych glebach hydrogenicznych. Do tego typu należą nadrzeczne lasy łęgowe, zdominowane w Polsce (i oczywiście w Białymstoku) przez olsze, wierzby i topole.

» **Marsh** jest mokradłem z roślinnością zielną, często wynurzoną ponad lustro wody, występującą na silnie uwilgotnionych glebach mineralnych. Przykładem



Nadrzeczny las łęgowy na Dojlidach Fabrycznych, fot. D. Wołkowycki



Rozległe torfowiska wysokie typu bałtyckiego, Park Narodowy Ķemeri, Łotwa, fot. D. Wołkowycki (także na stronie obok)

mogą być mokradła zajmowane przez trzcinowiska i szuwary pałek: szerokolistnej *Typha latifolia* i wąskolistnej *T. angustifolia* wokół Wielkich Jezior Mazurskich, na płytkich wodach Zalewu Wiślanego, stawów Dojlidzkich i Marczukowskich oraz innych, które znajdują się w Białymstoku.

» **Bog** jest zdominowany przez mchy sfagnowe (torfowce, *Sphagnum* spp.), turzyce, krzewinki z rodziny wrzosowatych i zimozielone drzewa porastające głębokie torfy o kwaśnym odczynie (pH < 5). *Bogs* są rozprzestrzenione w klimatach umiarkowanym i chłodnym półkuli północnej. Największymi kompleksami mokradeł tego typu są torfowiska na Nizinie Zachodniosyberyjskiej w Rosji, na Nizinie Hudsońskiej i w zlewni rzeki Mackenzie oraz torfowiska „kołdrowe" w Irlandii i Wielkiej Brytanii. Duże powierzchnie zajmują one także na Litwie, Łotwie i w Estonii. Torfowiska tego typu występują też w Puszczy Knyszyńskiej, m.in. w rezerwacie przyrody Jesionowe Góry, i w innych puszczach regionu.

» **Fen** – torfowisko zdominowane przez turzyce i trawy, z licznym udziałem mchów brunatnych (m.in. z rodzajów sierpowiec *Drepanocladus* i skorpionowiec *Scorpidium*), na płytkich torfach o pH zazwyczaj przekraczającym 6,



a więc najwyżej lekko kwaśnym, obojętnym lub zasadowym. Niektóre z takich torfowisk wykształcają się na utworach węglanowych (torfowiska alkaliczne). Mokradła tego typu mają różne rozmiary – od wielkich torfowisk w Kanadzie i Rosji po drobne torfowiska na wysiękach wód gruntowych. Do tego typu należą mokradła w dolinie Rospudy, nad górną Biebrzą w okolicach Lipska i Szuszalewa, a także te, które jeszcze całkiem niedawno występowały w Białymstoku nad Bażantarką i przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki.

Pozostałe dwa typy, wyróżniane w tym ujęciu, to:

» **wilgotne łąki (wet meadows)** – okazjonalnie zalewane mokradła zdominowane przez roślinność zielną; okresowe duże uwodnienie nie sprzyja tu rozwojowi ani roślin typowo bagiennych, ani lądowych; mokre łąki spotyka się w dolinach rzecznych i w otoczeniu linii brzegowej dużych jezior;

» **zbiorniki płytkowodne (shallow waters)** o głębokości co najmniej 25 cm, z typowymi roślinami wodnymi.

Usystematyzowany podział mokradeł, stosowany niegdyś w Niemczech, przytoczył Stanisław Srokowski (1930) w opisie moczarów Prus Wschodnich.

> W Prusiech Wschodnich, jak zresztą na całej przestrzeni umiarkowanie chłodnej Europy, gdy idzie o klasyfikację moczarów, rozróżnia się błota lub bagna, towarzyszące najczęściej bezpośrednio jakiejś strudze rzecznej lub jezioru (Sumpfmoore), łąki zabagnione (Wiesenmoore), bagna zadrzewione (Bruchwaldmoore), wreszcie torfowiska w ścisłem tego słowa znaczeniu. Inny podział moczarów wyróżnia jeszcze torfowiska płaskie (Flachmoore) i wysokie (Hochmoore), wprowadzając tu ponadto typ przejściowy (Zwischenmoor).

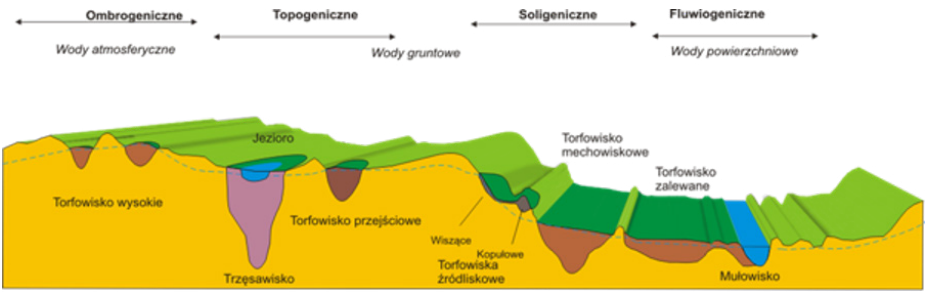
Godną uwagi współczesną próbą klasyfikacji torfowisk jest podział według procesów hydrologicznych, które doprowadziły do ukształtowania się ich poszczególnych rodzajów (Joosten i Clarke, 2002), a najbardziej kompleksowe ujęcie zagadnienia można znaleźć w pracy „Landschaftsökologische Moorkunde" z 2001 r., opublikowanej pod redakcją Michaela Succowa i Hansa Joostena.

Podział mokradeł stosowany w Polsce

Kryterium hydrologiczne

Pierwszy kompleksowy podział torfowisk według kryteriów hydrologiczno-ekologicznych zawarł Stanisław Kulczyński w pracy „Torfowiska Polesia" z lat 1939–1940, w której poszukiwał związków przyczynowo-skutkowych warunkujących istnienie i funkcjonowanie mokradeł. Kulczyński podzielił torfowiska na niskie, przejściowe i wysokie. Przyczyną ich zróżnicowania w tym ujęciu były szeroko pojęte warunki hydrologiczne, a skutkiem – odmienne w każdym przypadku zbiorowiska roślinne i formacje torfowe.

Teoria Kulczyńskiego jest twórcza i aktualna do dziś. Nawiązuje do niej klasyfikacja hydrologiczna terenów podmokłych (Okruszko i Oświt, 1992), stanowiąca jej rozwinięcie i obejmująca podział nie tylko torfowisk, lecz także mokradeł innego rodzaju. Uwzględniono w niej podstawowe elementy teorii Kulczyńskiego odpowiedzialne za zróżnicowanie warunków wodnych terenów podmokłych, a mianowicie: sposób dopływu i odpływu wody, określony jako rodzaj zasilania hydrologicznego, stan nawodnienia terenu wyrażony ilością wody w nim zawartej i czasem jej występowania, a także natlenienie gleby określone jako warunki hydroekologiczne. Zgodnie z tym ujęciem wyróżnia się cztery hydroekologiczne typy mokradeł torfowych (GIS mokradła).



Podział torfowisk ze względu na ich zasilanie (wg Żurek i Tomaszewicz, 1996).

» **Mokradła ombrogeniczne** (z gr. *ombros* – deszcz), czyli torfowiska wysokie, są niemal całkowicie zasilane przez wodę opadową. Najczęściej można je spotkać w położeniach wododziałowych, w których zajmują obniżenia bezodpływowe lub ze słabym odpływem, głównie w morenowym krajobrazie młodoglacjalnym północnej Polski i w górach, rzadziej w krajobrazie staroglacjalnym i w zagłębieniach międzywydmowych oraz sandrowych.

> Torfowiska wysokie swojemi najmłodszemi, t.j. środkowemi częściami, rosnącemi ciągle ku górze, gdy dolne stale obumierają i zapadają w głąb, spiętrzają się na kilka metrów ponad przyległą okolicę, a zawierając w swych mchach do 90% wody, mogą być traktowane jako istne góry wodne
> – pisał o takich bagnach Kulczyński (1939–1940).

W Polsce jednym z największych mokradeł tego typu jest torfowisko Karaska o powierzchni około 1000 ha, które powstało między rzekami Omulew a Rozoga. Najlepiej zachowaną część tego torfowiska, z dobrze wykształconymi borami bagiennymi i takimi roślinami chronionymi, jak rosiczka okrągłolistna, turzyce strunowa i bagienna, chroni rezerwat przyrody o powierzchni 402,69 ha. Typ ten reprezentują także torfowiska Łazarz (Moskal) w Puszczy Knyszyńskiej i Mechacz Wielki w Puszczy Rominckiej.

» **Mokradła topogeniczne** (z gr. *topos* – miejsce, pozycja) rozwijają się w obniżeniach zasilanych przez mało ruchliwe, płytkie wody podziemne, napływające z obszarowo niedużych zlewni; często powstają w wyniku lądowienia jezior (ich wypłycania się, wypełniania osadami, torfami i stopniowego zanikania). Piękne, niestety coraz bardziej przesychające mokradła topogeniczne wykształciły się w dolinie środkowej Biebrzy. Chronione są także w Wigierskim Parku Narodowym i w rezerwatach przyrody Gorbacz i Jezioro Wiejki koło Michałowa.



Mszar na topogenicznym torfowisku przejściowym w uroczysku Beretnica (a wg starszych map: Bezdenica) w Puszczy Knyszyńskiej wypełnia całkowicie misę dawnego jeziorka, fot. D. Wołkowycki



Niewielkie dystroficzne jeziorko otoczone płem (trzęsawiskiem) topogenicznego torfowiska przejściowego. Przyrost kożucha torfowców, krzewinek i turzyc stopniowo zamyka taflę wody i z czasem doprowadzi do zaniku jeziora. Puszcza Romincka, fot. D. Wołkowycki

» **Mokradła soligeniczne** (z łac. *solum* – podłoże, fundament, gleba) powstają w miejscach wypływu na powierzchnię terenu wód podziemnych, takich jak źródła lub wypływy powierzchniowe nieskupione, nazywane wysiękami i młakami. Ich występowaniu sprzyjają złożone warunki hydrogeologiczne, obecne głównie w krajobrazie morenowym, gdzie takie mokradła zajmują niższe części zboczy i tarasów nadzalewowych dolin rzecznych. Tego typu mokradła licznie występują w dolinie górnej Biebrzy, nad Rospudą, a jak wspomniano, do niedawna można było je spotkać także w Białymstoku.

» **Mokradła fluwiogeniczne** (z łac. *fluvius* – rzeka) rozwijają się w dolinach rzek w strefie objętej zalewem powierzchniowym. W Polsce największe mokradła fluwiogeniczne wykształciły się w dolinach Odry, Narwi i Noteci. Rozpowszechnione są także nad Supraślą i innymi mniejszymi rzekami, takimi jak Biała.



Torfowisko soligeniczne w Kotlinie Biebrzańskiej. Na pierwszym planie kukułka krwista żółtawa *Dactylorhiza incarnata* subsp. *ochroleuca*, zagrożony wyginięciem i chroniony podgatunek z rodziny storczykowatych (*Orchidaceae*), który jeszcze niewiele ponad dekadę temu występował także na torfowiskach tego typu nad Bażantarką w Białymstoku, gdzie wyginął w wyniku przesychania mokradeł, rozpadu złoża torfu i zarastania przez krzewy, fot. P. Banaszuk



Mokradła fluwiogeniczne w Narwiańskim Parku Narodowym, fot. A. Bielonko

Siedliska hydrogeniczne

Siedliska zależne od wody, czyli tzw. siedliska hydrogeniczne, klasyfikuje się w zależności od długotrwałości zalewu (podtopienia) gleby, związanego z tym jej natlenienia i rodzaju odkładającego się utworu. Dodatkowo, ze względu na żyzność siedliska, dzielimy je na: oligo-, mezo- i eutroficzne (te ostatnie dominują w naszym kraju).

A. Torfowiska

Torfowiska to silnie uwodnione mokradła, w których dochodzi do akumulacji materii organicznej w postaci torfu, porośnięte przez rośliny tolerujące wysoki poziom wody i niedobory tlenu. Naturalne, niezdrenowane torfowiska zawierają od 85 do 95% wody, co powoduje, że można je traktować jako wielką masę wody „opakowaną" w cienką otoczkę, zbudowaną z materii organicznej.

> Aus bloßem Regen und Himmels-Thau ist es gewachsen, es wird nicht von der Erde genährt.
> [Wzrasta z samego tylko deszczu i niebiańskiej rosy, nie jest karmione przez Ziemię].

To zdanie zapisane przez Heinricha Daua w 1823 r. jest kamieniem węgielnym w nauce o torfowiskach, ponieważ po raz pierwszy tak jasno opisał on torfowisko wysokie jako ekosystem zasilany wyłącznie przez wodę z opadów atmosferycznych, a nie przez wody podziemne.

Piękną definicję torfu dał Kohl (1864; za Succow i Joosten, 2001):

> nadzwyczaj interesująca kompozycja ładnych na wpół zniszczonych mchów, traw bagiennych, delikatnych kwiatów wrzosów, liści, pąków, łodyg i gałązek wielu innych roślin jeziornych i lądowych, z wtrąconymi tu i ówdzie z różnego rodzaju nasionami, [...] jak również ze skrzydłami i ciałkami żyjących przed tysiącami lat owadów, chrząszczy, skorupiaków, z ośćmi ryb i kośćmi zwierząt, a gdzieniegdzie z innymi dobrze zachowanymi kuriozami, wszystkie impregnowane żywicami ziemnymi, garbowane sokami roślinnymi i jednolicie zabarwione na brązowo [...]. To w większości materiał roślinny, ale także częściowo i mineralny, kuzyn i prekursor węgla kamiennego, który utworzył się w miejscach, w których zatrzymała się woda. Początkiem były rośliny bagienne [...] rosnące w miejscach podmokłych, które następnie obumierając, gromadziły w wodzie swoje szczątki, i wplatały w ten tworzący się *quodlibet* wiele innych roślin, które same nie mogłyby utworzyć torfu.

Torf jest osadem biogenicznym powstającym z masy obumarłych roślin, narastającej na miejscu – *in situ*. Ten swoisty proces osadotwórczy, przebiegający zazwyczaj ze stosunkowo dużą intensywnością, nazywa się sedentacją (z łac. *sedere* – siedzieć, siadać). Akumulacja osadów organicznych może zachodzić w bardzo różnych warunkach, łączy je jednak wspólna cecha: obecność wyspecjalizowanych zbiorowisk roślin, których systemy korzeniowe, a w przypadku mchów – łodyżki – dostarczają materiału budulcowego torfu.

Torf może przyrastać zarówno pod wodą, na jej powierzchni, jak i nad nią. W dobrze rozwiniętym i niezaburzonym torfowisku można wyróżnić dwie zasadnicze warstwy: górną, okresowo natlenioną warstwę akrotelmu (o miąższości nieprzekraczającej zazwyczaj 40 cm) i leżącą poniżej warstwę beztlenową, nazywaną katotelmem. W akrotelmie materiał organiczny jest mieszaniną obumarłych szczątków organicznych, żywych części mchów i korzeni roślin naczyniowych. Jest to poziom torfotwórczy i jednocześnie najbardziej aktywna mikrobiologicznie część torfowiska, w której stosunkowo aktywnie przemieszcza się też woda. Katotelm stale nasycony wodą i w przewadze beztlenowy ma małą aktywność mikrobiologiczną, a ruch wody jest tu zazwyczaj znikomy.



Torf, fot. P. Banaszuk



Ols, fot. Piotr Banaszuk



Torfowce to najważniejsze rośliny siedliskotwórcze na mszarach torfowisk przejściowych i wysokich, fot. D. Wołkowycki

Klasyfikacje torfowisk są najczęściej związane z ich położeniem w krajobrazie i z wynikających z tego konsekwencji: sposobu zasilania torfowiska w wodę oraz żyzności siedliska. W najbardziej uproszczonym podziale wyróżnia się trzy typy torfowisk: **wysokie** (ubogie w składniki pokarmowe – oligotroficzne), zasilane przez wody opadowe ubogie w składniki pokarmowe; **niskie** (zazwyczaj bardzo żyzne – eutroficzne), zasilane przez wody przepływające lub stagnujące w obniżeniach terenu oraz **przejściowe** (mezotroficzne), zależne od niezbyt żyznych wód jezior lub wód podziemnych.

W Polsce dominują torfowiska niskie, które stanowią ponad 92% wszystkich torfowisk. Największe z nich zajmują doliny: Biebrzy i górnej Narwi (100 tys. ha), Noteci (50 tys. ha), Tyśmienicy i Krzny (35 tys. ha) oraz Odry na Nizinie Szczecińskiej (25 tys. ha; GIS mokradła). Bardzo niewiele jest torfowisk wysokich – około 4 tys. obiektów większych od jednego hektara, o łącznej powierzchni 62 tys. ha (4,7% powierzchni wszystkich). Występują one głównie na pojezierzach, wyżynach i w górach. Niewiele mniejszy obszar (około 3%) zajmują torfowiska przejściowe (Ilnicki, 2002).

Torfowiska niskie są zasilane przez zasobne w składniki pokarmowe wody gruntowe lub powierzchniowe i powstają najczęściej w dolinach rzecznych lub misach jeziornych. W miejscach o stałym dopływie wód podziemnych i przez większą część roku zalewanych odkłada się torf szuwarowy. Torfowiska niskie, zalewane przez 24 miesiące, są porośnięte szuwarami turzyc wysokich, a odkłada się w nich torf turzycowiskowy. Na siedliskach krótkotrwale zalewanych, często zasilanych wodą wyciekającą z warstw wodonośnych, rozwijają się torfowiska ze zbiorowiskami leśnymi – olsami, zdominowanymi przez olszę czarną, bądź zaroślowymi, z dużym udziałem krzewiastych wierzb łozowiskami, w których powstają torfy olesowe: olchowe i łozowe. Torfowiska olesowe najczęściej występują w brzeżnych (zewnętrznych) częściach dolin rzecznych i w zagłębieniach wytopiskowych, powstałych na równinach morenowych i sandrowych.

Soligeniczne torfowiska mechowiskowe (z roślinnością turzycowo-mszystą, z której tworzy się torf mechowiskowy) powstają w miejscach o stałym i często intensywnym dopływie wód podziemnych, najczęściej w głęboko wciętych dolinach rzecznych. W wyniku zarastania płytkich jezior powstają niekiedy topogeniczne torfowiska przejściowe, budowane (podobnie jak te wysokie) przez torfowce i krzewinki.

Miąższość złóż torfowych może osiągać nawet ponad 10 m, chociaż najczęściej spotyka się torfowiska płytkie, o miąższości złoża nieprzekraczającej 1,5 m. Wiele złóż torfowych jest podesłanych gytią, co wskazuje na ich jeziorną genezę.

B. Mokradła nietorfowe

Mułowiska to siedliska powstałe w dolinach rzecznych, w których regularny zalew trwa nawet kilka miesięcy. Najczęściej można je spotkać w strefie przykorytowej, w zarastających starorzeczach lub obniżeniach tarasu zalewowego. Powstający w nich osad – muł jest ciemno zabarwionym, mazistym utworem organicznym z dużą domieszką drobnych cząstek mineralnych. Muły mają niewielką miąższość, zazwyczaj nieprzekraczającą jednego metra. Wyjątkiem są muły wypełniające starorzecza, gdzie ich grubość osiąga nawet 2 m. Bardzo dobrze wykształcone mułowiska i gleby limnowe (mułowe) spotyka się w dolnym basenie Biebrzy i w dolinie Narwi, w okolicy Bokin.

Gytiowiska to mokradła, w których głównym typem osadu jest gytia, osad jeziorny powstały na skutek nagromadzenia organicznych i mineralnych składników sedymentujących z toni wodnej jeziora. Gytiowiska powstają po osuszeniu zbiorników wodnych i odsłonięciu osadów jeziornych, przekształcanych następnie w użytki zielone. Można je spotkać na północy Polski,

z najbardziej znanym Nietlickim Bagnem na Mazurach, osuszonym częściowo w XIX w., kiedy z wielkim rozmachem prowadzono prace melioracyjne w Prusach Wschodnich.

> W roku 1863 obniżono poziom jeziora Orzyskiego (Arys S.) o 2,3 m, przez co zyskano 9 km^2 łąk i osuszono 33 km^2 okolicznych bagien [...]; w latach 1865–1869 obniżono poziom jeziora Wąż (Wonsch S.) na północ od Sniardwy o 2 m, zdobywając przez to 33 km^2 użytków rolnych i zmniejszając obszar ogromnych bagien Nietlickich (Nietlizer Bruch), leżących naokół jeziora
>
> – pisał Srokowski (1930).

Namuliska to siedliska mokradłowe powstające w okresowo zalewanych dolinach rzecznych, w których wody wezbraniowe wnoszą cząstki mineralne: piaski, pyły i iły, oraz organiczne – nazywane namułami. Osady rzeczne (aluwialne) mogą osiągać grubość nawet kilka metrów i są skałami macierzystymi gleb nazywanych madami. Rozległe namuliska występują w dolinach Wisły, Odry, Bugu, dolnej Narwi, dolnej Warty i Pilicy.



Mułowisko w dolinie Biebrzy w pobliżu Osowca, fot. P. Banaszuk

Podmokliska tworzą się na obrzeżach różnego rodzaju obniżeń oraz w niższych partiach śródbagiennych wysp mineralnych. Powstają w nich utwory torfiaste bądź mineralno-próchniczne, gleby gruntowo-glejowe, murszowate i czarne ziemie.

Tabela 1. Powierzchnia mokradeł w strefach morfogenetycznych Polski [w km^2]; w nawiasie udział mokradeł w powierzchni strefy [%] (na podstawie Dembek, Piórkowski i Rycharski, 2000)

Strefa morfogenetyczna	Mokradła nietorfowe	Torfowiska			Mokradła ogółem
		niskie	przejściowe	wysokie	
młodoglacjalna *	6062 (5,15%)	6239 (5,30%)	259 (0,22%)	436 (0,37%)	12 995 (11,04%)
staroglacjalna **	16 810 (15,08%)	4626 (4,15%)	100 (0,09%)	56 (0,05%)	21 582 (19,36%)
wyżynno-górska	8049 (9,64%)	735 (0,88%)	58 (0,07%)	58 (0,07%)	8901 (10,66%)
Polska ogółem	30 924 (9,89%)	11 600 (3,71%)	407 (0,13%)	532 (0,17%)	43 463 (13,9%)

* w zasięgu ostatniego zlodowacenia (bałtyckiego, czyli vistulianu)

** poza zasięgiem ostatniego zlodowacenia na niżu

03

ZNACZENIE MOKRADEŁ



Łęg nad dopływem Białej na Dojlidach, fot. D. Wołkowycki

Świadczenia ekosystemowe

Mimo oczywistej zależności człowieka od biosfery Ziemi świadomość różnorodności świadczeń, które wynikają z obecności ekosystemów, ich potencjału dostarczania dóbr i zasobów niezbędnych do przetrwania i utrzymania dobrostanu ludzkości, jest stosunkowo młoda, a pojęcie „kapitał naturalny" zostało wprowadzone do obiegu naukowego przez E.F. Schumachera dopiero w 1973 r. Obecnie nie ulega wątpliwości, że świadczenia lub usługi ekosystemowe to rozliczne korzyści przynoszone społeczeństwu przez przyrodę, mające fundamentalne znaczenie dla naszego przetrwania, dobrobytu i rozwoju gospodarczego. Świadczenia te obejmują wszystko, od regulacji klimatu, ochrony przed ekstremalnymi zjawiskami hydro-meteorologicznymi, dostarczania zasobów i materiałów, w tym czystej wody i powietrza, żywności i paszy dla zwierząt aż po rekreację i wartości duchowe. Zrozumienie usług ekosystemowych ma kluczowe znaczenie dla docenienia wartości przyrody oraz opracowania strategii ochrony i zrównoważonego gospodarowania zasobami naturalnymi. Jak zauważa Partha Dasgupta (2021), nasze źródła utrzymania, gospodarka i dobrobyt zależą od Natury, tymczasem ludzkość nie zdołała nawiązać zrównoważonej relacji z przyrodą. Przeciążamy jej zdolności regeneracyjne, co grozi bytowi przyszłych pokoleń. Aby chronić tak cenne ekosystemy jak mokradła, musimy uznać, że nasze społeczeństwa są częścią Natury, a nie czymś od niej odrębnym, i odpowiednio zmienić nasze działania oraz systemy wartości.

W 1997 r. Constanza ze współautorami oszacowali, że ekosystemy dostarczają średnio 33 bln dolarów rocznie w postaci usług, w porównaniu z globalnym PKB wynoszącym wówczas 18 bln dolarów na rok. Szacunki z 2011 r. wskazują, że wartość świadczeń może sięgać aż 125 bln dolarów rocznie. Mokradła należą pod tym względem do najbardziej wartościowych ekosystemów. Każdy hektar mokradeł śródlądowych świadczy

rocznie usługi wyceniane na około 26 tys. dolarów. Kwota ta sięga nawet 194 tys. dolarów na rok w przypadku mokradeł przybrzeżnych w zasięgu pływów morskich i namorzynów (Constanza i in., 2014).

Wspólna Międzynarodowa Klasyfikacja Usług Ekosystemowych CICES dzieli świadczenia ekosystemów na trzy główne grupy: zaopatrzeniowe, regulacyjne i utrzymaniowe oraz kulturowe (Haines-Young i Potschin, 2018).

- Do świadczeń zaopatrzeniowych zalicza się wszystkie substancje odżywcze, nieodżywcze i energię pochodzące z systemów żywych, a także substancje nieożywione (w tym wodę) wykorzystywane przez człowieka;
- do regulacyjnych – wszystkie usługi, w których żywe organizmy mogą wpływać na środowisko naturalne, co z kolei oddziałuje na zdrowie, bezpieczeństwo i/lub komfort ludzi (np. przez wpływ na wilgotność i temperaturę powietrza w miastach);
- do świadczeń kulturowych – interakcje człowieka z naturą, które dają ludziom możliwość czerpania dóbr lub korzyści niematerialnych realizowanych przez bezpośredni kontakt z przyrodą lub przez bardziej odległy rodzaj interakcji i które wpływają na stan fizyczny oraz psychiczny ludzi.

Świadczenia zaopatrzeniowe mokradeł

Od początku cywilizacji wszystkie społeczeństwa były uzależnione od wody, a wiele z nich bezpośrednio od terenów podmokłych. Mokradła wykorzystywano w rybołówstwie, rolnictwie, do zaopatrzenia w surowce i wodę pitną, transportu i produkcji energii. Mokradła od tysiącleci dostarczały pożywienia – z nich wywodzą się uprawiane obecnie kasztany wodne, taro i ryż *Oryza sativa* udomowiony w południowo-wschodniej Azji. Na terenach podmokłych rośnie lotos, ceniony nie tylko ze względu na piękne kwiaty, lecz także jadalne korzenie. Chrupkie korzenie lotosu, o łagodnym smaku, są wykorzystywane w wielu kuchniach azjatyckich. Amerykańskie i europejskie mokradła były źródłem dzikiego ryżu *Zizania aquatica*. Nasiona manny *Glyceria fluitans* i *G. maxima* były niegdyś powszechnie zbierane na większości obszarów dzisiejszej Polski oraz zachodniej i południowej Białorusi (por. Wołkowycki, 2016). Manna była ceniona za słodki smak, lecz droga ze względu na czasochłonny sposób zbierania, toteż nasiona były często składnikiem daniny płaconej lokalnym właścicielom ziemskim przez wieśniaków (Łuczaj i in., 2012). Pałka *Typha* spp. jest wykorzystywana od wieków przez rdzenne społeczności do różnych celów kulinarnych i leczniczych. Mokradła są do dzisiaj miejscem przemysłowego pozyskiwania żurawiny *Vaccinium macrocarpon* i maliny moroszki *Rubus chamaemorus*. Ptactwo, ryby, skorupiaki uzupełniały dietę, a w latach niedostatku ratowały mieszkańców od głodu (por. Wetland medicines).

W Afryce Północnej spośród 518 gatunków roślin mokradłowych 43% ma wartość społeczną i ekonomiczną dostarczając drewna, materiałów konstrukcyjnych, papieru, chemikaliów, paliw, aromatów, surowców rękodzielniczych, paszy dla zwierząt, ozdób, żywności, ale najliczniejsze są gatunki o zastosowaniu leczniczym. Najwięcej roślin leczniczych pochodzi tam z rodzin: turzycowatych (*Cyperaceae*), jasnotowatych (*Lamiaceae*), rdestowatych (*Polygonaceae*) i astrowatych (*Asteraceae*), występujących na terenach podmokłych. Zdecydowana większość surowców leczniczych w Afryce Północnej jest zbierana z dziko rosnących roślin słodkowodnych i mokradłowych (Juffe-Bignoli i in., 2012), przy czym 20% gatunków ważnych dla lokalnej gospodarki jest obecnie zagrożonych wyginięciem.

Na terenach podmokłych, w dolinach i deltach rzek, rozwijały się cywilizacje Egiptu, Mezopotamii, Chin i Indii. Na mokradłach zakładali grody Słowianie, co opisywał Ibrahim ibn Jakub (tłum. Kowalski, 1946):

> Twierdza zwie się Grad, tzn. wielka twierdza, a na południe [od niej] znajduje się twierdza zbudowana na słodkiej wodzie [...].
> Tak Saqaliba budują większą część ze swych twierdz: idą na łąki bogate w wodę i moczary, wytyczają tam plac okrągły, bądź w formie czterech narożników i w obwodzie wytyczonej twierdzy, tak jak zamierzyli, kopią dookoła [ze wszystkich stron] pierścień z ziemi i wysypują wybraną ziemię – przy czym ta budowla zostaje wzmocniona deskami i palami – tawabi [bastion, budowla], aż nie osiągnie odpowiedniej wysokości [...].
> Zbrojni tylko z wielkim trudem dochodzą do ziemi Naqun, gdyż cała [ta] ziemia stanowi łąki i zwarte bagna.

Eksploatacja torfu

Wysoce niefortunnym sposobem wykorzystywania mokradeł na potrzeby człowieka, niszczącym nieodnawialny zasób przyrody, jest wydobywanie torfu.

Brykiety torfu wycinane z łatwo dostępnych złóż służyły do ogrzewania domów. W Białymstoku i okolicach miasta było to znacznie mniej rozpowszechnione niż choćby na Mazurach i Pomorzu[1], ale stosowanie opału pozyskiwanego z nadrzecznych mokradeł potwierdzają archiwalne fotografie ze Starosielc (Wróbel

[1] W połowie XVII w., w relacji z wyprawy pod wodzą Czarnieckiego do Danii, dziwił się temu Pasek jako praktyce niespotykanej wówczas w Polsce: „Drew omale, ziemią rzniętą a suszoną palą" (Pasek, 1987). O zapachu torfu palonego zimą w Toruniu w latach 20. XX w. wspomina kpt. Mamert Stankiewicz (1997) dojeżdżający na zajęcia do Szkoły Podchorążych: „Przez ulice uśpionego miasta, pachnące spalonym torfem, jechaliśmy do sławnego hotelu »Trzy Korony« [...] i nazajutrz rano o 8 zaczynaliśmy nasze wykłady".



Wydobywanie torfu na Bacieczkach w latach 1941–1944, fot. E. Janiak, Starosielce, ze zbiorów Mieczysława Marczaka, opublikowana pierwotnie w: Wróbel i in., 2024



Obecnie jest już dostępnych wiele rodzajów podłoża do amatorskiej uprawy kwiatów i warzyw, które są wytworzone bez użycia torfu (*torffrei*); przykład z Niemiec, fot. P. Banaszuk

i in., 2024) z okresu międzywojennego, a także obserwacje z Jurowiec z ostatniej dekady XX w. (Cetera i in., 2002). Mniej lub bardziej zarośnięte doły po wydobyciu torfu (tzw. torfianki lub potorfia) można spotkać w wielu torfowiskach północno-wschodniej Polski: na Mazurach, w Kotlinie Biebrzańskiej, Niecce Gródecko-Michałowskiej, dolinie Świsłoczy. Współczesne ogromne wyrobiska po przemysłowym wydobyciu torfu powstały w miejscu aktywności kopalni Imszar i Rabinówka w Niecce Gródecko-Michałowskiej.

Obecnie w Europie pozyskuje się około 20 mln ton torfu rocznie, z czego około 62% (czyli około 12,1 Mt) stanowi torf energetyczny – używany do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej, głównie w Finlandii, Irlandii, Białorusi, Rosji i Szwecji; 38% (około 7,4 Mt) wydobytego torfu służy celom nieenergetycznym – przede wszystkim w sektorze ogrodniczym (jako składnik podłoży uprawowych), ale też w przemyśle kosmetycznym i leczniczym. Najwięksi eksporterzy torfu nieenergetycznego to kraje bałtyckie, Niemcy i Irlandia, a większość tego surowca jest zużywana w Europie Zachodniej (Hirschler i Osterburg, 2022).

Dewastacja środowiska, zanik unikalnych ekosystemów torfowiskowych i negatywne oddziaływanie na klimat spowodowały, że kilka krajów europejskich zdecydowało się ograniczyć wydobycie i użytkowanie torfu.

Brytyjskie Ministerstwo Środowiska, Żywności i Wsi (DEFRA) w sierpniu 2022 r. ogłosiło zakaz sprzedaży torfu i produktów zawierających torf w sektorze ogrodnictwa detalicznego do 2024 r., z ostatecznym całkowitym zakazem stosowania torfu w sektorze profesjonalnym od 2030 r. W Niemczech strategia zmniejszenia zużycia torfu Federalnego Ministerstwa Wyżywienia i Rolnictwa (BMEL) przewiduje całkowitą rezygnację z użycia torfu w podłożach dla hobbystów do 2026 r. oraz w dużej mierze w ogrodnictwie zawodowym do 2030 r. Obecnie w handlu jest dostępnych już ponad 300 rodzajów ziemi kwiatowej całkowicie wolnej od torfu (Hobby-Gartenbau Torffreie und -reduzierte Substrate legen zu).

Ruda darniowa

Na mokradłach, nad brzegami rzek, żyją organizmy zdolne do funkcjonowania w kompletnych ciemnościach, w dodatku bez dostępu do ciał innych, które dałoby się zjeść. Te pradawne istoty były obecne na Ziemi już miliardy lat temu, na długo, zanim zazieleniła się roślinami. Żywią się w sposób prostszy niż one. Nie potrzebują do tego Słońca. Żyją dzięki chemosyntezie, energię niezbędną do wytwarzania cukrów uzyskując dzięki utlenianiu różnych związków nieorganicznych. To bakterie żelazowe, siarkowe i inne chemoautotrofy.

Na przejawy ich aktywności najłatwiej natknąć się od jesieni do wiosny i w czasie lekkich zim w miejscach, gdzie wody stokowe spływają do brzegów rzek i strumieni. Żyją tam, gdzie na powierzchnię ziemi wydostają się sole żelaza, związki siarki i manganu wymywane z mokradeł, ulegające przy tym intensywnemu natlenieniu. Występujące w takich miejscach podwodne kolonie bakterii bywają bardzo rozbudowane i mają złożoną architekturę. I są doskonale widoczne gołym okiem. Łatwo spotkamy je podczas spacerów wokół śródleśnych stawów, wzdłuż brzegów Białej, Supraśli i innych rzek.

Przybrzeżne mokradła zasiedlane przez bakterie chemoautotroficzne wyróżnia barwa osadów, rdzawa od tlenków żelaza. Na powierzchni wody tworzy się tam biofilm, który łatwo pomylić z wyciekiem oleju lub ropy – opalizująca błona, silnie załamująca światło i mieniąca się metalicznymi barwami, czasem spękana w spore płytki. To mieszanina białek, cukrów, kwasów nukleinowych i humusowych, substancji lipidowych i innych metabolitów.

Utlenianie żelaza daje niewiele energii, dlatego bakterie żelazowe muszą przetwarzać ogromne jego ilości. W efekcie gromadzą się masy uwodnionych tlenków żelaza. W taki sposób aktywność bakterii żelazowych, takich jak *Gallionella ferruginea* i *Leptospirillum ferrooxidans*, wydatnie przyczynia się do powstawania złóż rud darniowej, bagiennej i rzecznej.





Efekty metabolizmu bakterii żelazowych i tworzenie się rudy darniowej w górnym biegu Białej, przy Stawach Dojlidzkich, fot. D. Wołkowycki



Białystok bierze swą nazwę od rzeki Białej i zasilających ją strumieni, toczących swe wody po jasnym, piaszczystym dnie. Nazwa miasta to dosłownie „Biały Strumień", taki jak ten, w Lesie Pietrasze, fot. D. Wołkowycki

Rudy te na masową skalę były wydobywane nad rzekami na Niżu Polskim i wytapiane na miejscu, w samych dolinach lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie, w niewielkich, ale czasami licznych dymarkach, od pradziejów po XIX stulecie. Na mniejszą skalę wykorzystywane były aż po lata 60. wieku XX. To od nich (a pośrednio – od skupień bakterii żelazowych) biorą nazwy rozliczne miejscowości, takie jak: Rudy, Rudnie, Rudawki i Rude Rzeczki. Choć, jak się wydaje, brak dowodów na wydobywanie i przetapianie rudy darniowej na terenie dzisiejszego Białegostoku, zapewne mogło się tu odbywać. Z całą pewnością tego typu lokalne wykorzystywanie nadrzecznych mokradeł miało miejsce w pobliskich miejscowościach, m.in. nad Sokołdą w Surażkowie i nad Narwią w Surażu, co potwierdzają napotykane tam żużle z dymarek.

Rudy darniowe, tworzące się dzięki aktywności bakterii żelazowych, zalegają płytko: od 10 do 30 cm pod powierzchnią gruntu. Mogą osiągać grubość do jednego metra, a z jednego hektara nadrzecznych mokradeł można było wydobyć ich cztery i pół tony. Ruda darniowa jest odnawialna. Jej złoża odtwarzają się niezwykle szybko, już w ciągu kilku lat, czasem nawet po roku. W zasadzie – odtwarzały się. Kres tym naturalnym procesom położyły odwadniające melioracje, prowadzone na masową skalę po lata 80. zeszłego stulecia.

Obecność bakterii żelazowych i efektów ich działalności nie pozostawała bez wpływu na nadrzeczne lasy. Wytop żelaza był bardzo energochłonny. By uzyskać ciepło niezbędne do stopienia rudy, zużywano znaczne ilości węgla drzewnego. Szacuje się, że do wytworzenia 100 kg żelaza potrzeba było tony lub dwóch węgla, a więc trzydziestu, a nawet osiemdziesięciu m^3 drewna (Ratajczak i Rzepa, 2011).

Mikroskopijne bakterie żelazowe zapisały się w historii, i to nie raz. Eksploatacja wytworzonych przy ich udziale rud umożliwiła niesamowity skok cywilizacyjny w epoce żelaza. Dostawy żelaza wytopionego z limonitu w gigantycznych jak na owe czasy ośrodkach metalurgicznych na Mazowszu i w Górach Świętokrzyskich uzbroiły barbarzyńców plądrujących Bizancjum w pierwszych wiekach naszej ery. Tysiąc siedemset lat później złoża rud darniowych pozwoliły na wyposażenie Kanału Augustowskiego w mechanizmy niezbędne do śluzowania statków. Jak dowiadujemy się ze „Słownika Geograficznego Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich":

> W 1818 roku hrabia Karol Brzostowski [...] wystawił we wsi Huta koło Sztabina [...] piec do wytapiania rudy łącznej [czyli darniowej] wydobywanej z bagien nad Biebrzą, a w roku 1830 nowy wielki piec, którego miechy poruszała machina parowa. Zakład produkował rocznie ponad 220 ton żelaza. Fabryka ta dostarczała odlewów do śluz przy budującym się kanale augustowskim.

Z rudy wyrabiano także garnki, narzędzia rolnicze i krzyże żeliwne, na które do dziś można trafić na rozstajach dróg w tamtym regionie. A wytop żelaza w takich ilościach wymagał wycinania rok w rok prawie 300 ha lasu.

Przykład bakterii żelazowych żyjących na nadrzecznych mokradłach dowodzi, jak nierozerwalnie nasze życie i kultura są splecione z otoczeniem przyrodniczym i zależne od istot, których sąsiedztwa często nawet sobie nie uświadamiamy.

Świadczenia regulacyjne

Różnorodność biologiczna

Do drugiej połowy XX w. wiedza na temat wartości i pozaprodukcyjnych funkcji mokradeł była mała, a opis korzyści, które przynosiły ich obecność i użytkowanie, w zasadzie ograniczał się do zbieractwa, myślistwa i rybołówstwa, a później produkcji rolniczej i leśnictwa. Obecnie wiadomo, że mokradła dostarczają wielu innych świadczeń o wartości dalece wykraczającej poza pożytki, jakie można osiągnąć z ich eksploatacyjnego: rolniczego i leśnego wykorzystania, a im bardziej naturalny stan mokradła, tym więcej wypływa z niego korzyści środowiskowych i społecznych.

Mokradła stanowią jedne z najbogatszych biologicznie i najbardziej produktywnych ekosystemów na Ziemi. Choć zajmują jedynie około 6% powierzchni lądowej globu, są siedliskiem dla około 40% wszystkich gatunków roślin i zwierząt, w tym 30% wszystkich znanych gatunków ryb. Do tej pory na mokradłach zidentyfikowano ponad 100 tys. gatunków słodkowodnych, a każdego roku odkrywa się kilkaset nowych. Mokradła są domem dla wielu zagrożonych gatunków płazów i gadów, migrujących i osiadłych ptaków wodno-błotnych oraz tysięcy gatunków roślin. Mokradła przybrzeżne, takie jak namorzyny, należą do najbardziej zróżnicowanych biologicznie miejsc na Ziemi, a wiele gatunków endemicznych występuje wyłącznie na obszarach mokradłowych. Nie da się przecenić znaczenia różnorodności biologicznej mokradeł, zarówno dla zdrowego funkcjonowania naszej planety, jak i zrównoważonego rozwoju ludzkości (www.ramsar.org).

Mokradła i jakość wody

Mimo postępów edukacji w dalszym ciągu mała jest społeczna świadomość roli mokradeł w oczyszczaniu wody powierzchniowej i gruntowej. Tereny podmokłe usytuowane wzdłuż cieków i zbiorników wodnych, tzw. bagienne strefy buforowe, działają jak „nerki krajobrazu" (Mitsch i Gosselink, 2015) – filtrując zanieczyszczenia z przepływających przez nie wód gruntowych i powierzchniowych. Strefy

buforowe mogą znacznie poprawić jakość wody przez zatrzymanie niewykorzystanych przez rośliny uprawne składników nawozowych, takich jak azot (N) i fosfor (P). Dla „retencji" azotanów równie skuteczne są mokradła z glebami organicznymi, jak i mineralnymi. Przy ładunkach przewyższających 160 kg N/ha/rok średnia skuteczność usuwania azotu ogólnego wynosi 80%, a azotanów – 70%. Oczyszczaniu wody sprzyja wydłużony czas jej migracji przez strefę buforową, dlatego tak ważne jest spowolnienie przepływu i unikanie powstawania tzw. uprzywilejowanych ścieżek migracji roztworów w zlewni. Strefy buforowe powinny być uznane za trwały i wielkoobszarowy element zarządzania zanieczyszczeniami w zlewni, konieczny dla poprawy jakości wód powierzchniowych. Należy jednak pamiętać, że długotrwała ekspozycja mokradła na zanieczyszczenia może spowodować, że stanie się ono środowiskowym odbiornikiem, w którym niepożądane związki chemiczne mogą gromadzić się w stężeniach wystarczająco dużych, aby wywierać szkodliwy wpływ na funkcje przyrodnicze. A ustalenie



„Nerki krajobrazu" – to metaforyczne określenie roli mokradeł jest przypisywane pionierowi ekologii tych ekosystemów Howardowi T. Odumowi, ponieważ mokradła filtrują wodę oraz usuwają składniki przemiany materii podobnie, jak nerki regulują skład chemiczny krwi. Pojęcie to spopularyzował Willam J. Mitsch. W latach 1993–1994 na terenie Wilma H. Schiermeier Olentangy River Wetland Research Park (ORWRP) w Columbus, Ohio, prof. Mitsch zainicjował budowę dwóch sztucznych mokradeł o charakterystycznym, nerkowatym kształcie, każde o powierzchni około 1 ha, zasilanych wodą przepływającą z rzeki Olentangy. Wieloletnie badania pomogły potwierdzić trafność metafory, a określenie „nerki krajobrazu" stało się powszechnie używane w kontekście renaturyzacji ekosystemów i polityki środowiskowej, fot. P. Banaszuk



Zarośla mangrowców, nazywane również lasami namorzynowymi, to ekosystemy występujące na bagnistych, słonych wybrzeżach strefy tropikalnej i subtropikalnej. Ich przetrwanie jest możliwe dzięki niezwykłym adaptacjom, które pozwalają im funkcjonować w środowisku o zmiennym poziomie wody i dużym zasoleniu. Namorzyny wykształciły korzenie oddechowe (pneumatofory), które wystają pionowo z podłoża, umożliwiając pobieranie tlenu z powietrza. Wiele gatunków posiada również korzenie podporowe, które rozgałęziają się od pnia i korony. Pasy zarośli namorzynów odgrywają ważną rolę w ochronie wybrzeży przed niszczycielską siłą fal, w tym tsunami, fot. P. Banaszuk

progu tolerancji i odporności nie zawsze jest w takich przypadkach łatwe. W Unii Europejskiej wprowadzenie i utrzymanie stref buforowych wzdłuż cieków należy do norm dobrej kultury rolnej, zgodnej z ochroną środowiska (GAEC 4) i jest warunkiem przyznania płatności bezpośrednich.

Mokradła i ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne

Coraz częściej dostrzega się związek między dobrze zarządzanymi terenami podmokłymi a łagodzeniem skutków klęsk żywiołowych i ekstremalnych zjawisk pogodowych. Analizy skutków fali tsunami na południowym Pacyfiku w 1998 r. i Oceanie Indyjskim w 2004 r oraz huraganu Katrina pustoszącego Nowy Orlean w 2005 r. pokazały społeczeństwu i politykom, jak cenne są bufory w postaci nadbrzeżnych mokradeł namorzynowych i jakich strat ludzkich i materialnych można by uniknąć, gdyby w porę wprowadzić skuteczną ochronę tych środowisk. Liczba ofiar i straty wywołane przez tsunami były szczególnie duże tam, gdzie

zniszczono lasy namorzynowe, chroniące ląd przed wtargnięciem wody morskiej (Danielsen i in., 2005). Symulacje komputerowe wskazują, że pas mangrowców szeroki na 100 m może zmniejszyć efekt uderzenia fali o ponad 90% (Hiraishi i Harada, 2003).

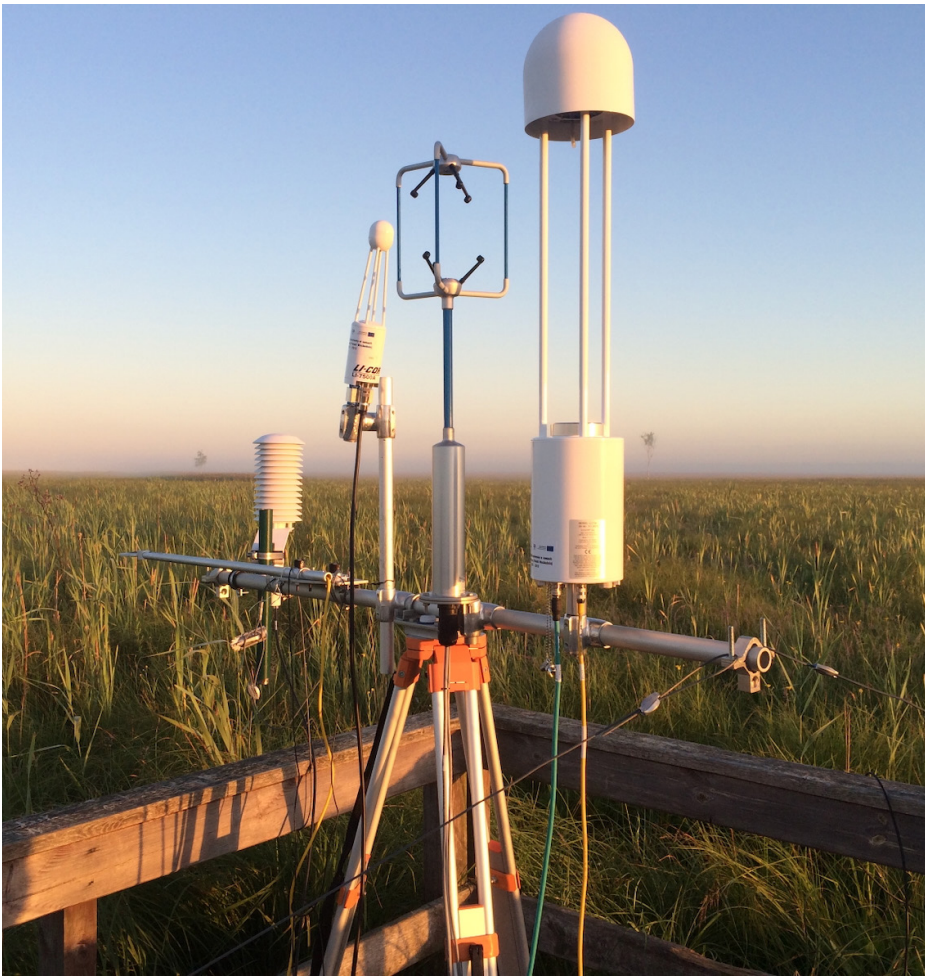
Mokradła mogą pomóc w eliminacji lub zmniejszeniu zagrożenia spowodowanego przez powodzie także na terenach miejskich, gdzie są alternatywą dla rozwiązań inżynierskich i tzw. szarej infrastruktury. Pełnią taką funkcję w Białymstoku zajmując szerokie, niezabudowane odcinki doliny Białej, zdolne do przyjmowania wielkich wód opadowych i roztopowych.

Mokradła i klimat

Mokradła, a przede wszystkim torfowiska mają szczególne znaczenie dla regulacji klimatu. Torfowiska zajmują jedynie 3% powierzchni lądów, głównie w borealnej i umiarkowanej strefach klimatycznych, lecz zmagazynowane w takich mokradłach zasoby węgla według różnych szacunków wynoszą od ponad 550 Gt do nawet 644 Gt, a tym samym 21% całkowitego zapasu węgla organicznego w glebach. Torfowiska są wielkimi magazynami azotu organicznego, którego ilości w torfowiskach północnych ocenia się na 8–15 Gt (Leifeld i Menichetti, 2018).

Mokradła w fazie akumulacji działają jak magazyn gazów cieplarnianych przez fotosyntetyczną asymilację dwutlenku węgla z atmosfery i sekwestrację materii organicznej (Brix i in., 2001), ale proces ten przebiega z różną intensywnością w zależności od warunków środowiskowych. Uogólniając, torfowiska akumulują mniej węgla w wyższych szerokościach geograficznych, a więcej – w strefie równikowej; wartości te wahają się od 10–30 g do ponad 200 g C/m^2/rok.

Naturalne, dobrze uwodnione tereny podmokłe są jednak także źródłem gazów cieplarnianych, głównie metanu. Bilans między asymilacją netto CO_2 a emisją CH^4 ukazuje, czy mokradło można uznać za pochłaniacz, czy też obszar emisji gazów cieplarnianych, a tym samym określa rolę mokradeł w globalnych zmianach klimatu. Rocznie tylko kilkanaście procent węgla netto związanego przez tereny podmokłe może być uwolnione do atmosfery jako metan. Ze względu na odmienną charakterystykę pochłaniania podczerwieni i trwałość w atmosferze obu gazów, **potencjał tworzenia efektu cieplarnianego** (GWP, z ang. *global warming potential*) przez metan jest prawie trzydzieści razy większy niż CO_2 w stuletniej skali czasu. Metan emitowany obecnie utrzymuje się w atmosferze średnio ok. dekady, czyli znacznie krócej niż CO_2, jednak pochłania on również znacznie więcej energii niż dwutlenek węgla. GWP metanu uwzględnia też pewne efekty pośrednie, takie jak to, że jest on prekursorem ozonu, a ozon sam



System pomiarowy używany w badaniach wymiany gazów między ekosystemami i atmosferą. Urządzenie złożone z anemometru ultradźwiękowego i analizatora gazów mierzy w ułamkach sekundy, jak powietrze unosi się i opada nad powierzchnią terenu oraz jak zmieniają się w tym czasie stężenia dwutlenku węgla, metanu i pary wodnej. Dzięki temu można policzyć, ile gazów cieplarnianych ekosystem pochłania, a ile oddaje do atmosfery. Na zdjęciu urządzenie zainstalowane na Bagnie Ławki w dolnym basenie Biebrzy, fot. P. Banaszuk

w sobie również jest gazem cieplarnianym. W dłuższej skali czasowej, przekraczającej sto lat, oddziaływanie CH_4 jest mniejsze w stosunku do CO_2, a tereny podmokłe stają się skuteczną pułapką dla gazów cieplarnianych. Sytuacja zmienia się drastycznie po osuszeniu torfowiska. Zmniejszenie uwilgotnienia zwiększa aktywność mikroorganizmów rozkładających materię organiczną w warunkach tlenowych, co prowadzi do jej mineralizacji i zaniku, a do atmosfery w dużych ilościach uwalniają się dwutlenek węgla i podtlenek azotu.

Wartości kulturowe i duchowe mokradeł

Mokradła mają duże znaczenie rekreacyjne i kulturowe, przyczyniając się nie tylko do ochrony środowiska. Oprócz korzyści ekonomicznych przysparzają także tych niematerialnych. Stanowią miejsce uprawiania takich aktywności, jak turystyka piesza, żeglarstwo, łowiectwo, wędkarstwo i obserwacja ptaków, przyciągając co roku miliony odwiedzających.

Na podstawie przeglądu literatury z lat 1968–2022 Wood i współautorzy (2024) stwierdzili, że najczęstszym rodzajem aktywności „bagiennej" były rekreacja i turystyka (40%). Rzadsze były wizyty i przeżycia związane z tożsamością i dziedzictwem kulturowym (16%) oraz edukacją i nauką (13%). Synteza opublikowanych szacunków wskazuje, że średnia wartość korzyści kulturowych terenów podmokłych wynosi około 57 tys. GBP/ha/rok. Wartość tę należy traktować z ostrożnością, ponieważ zakres szacunków tych świadczeń wynosił od <1 GBP do ponad miliona GBP/ha/rok. Wiadomo jednak, że wartości te są ogromne. W Stanach Zjednoczonych sama obserwacja ptaków wodno-błotnych generuje przychody sięgające prawie 10 mld dolarów rocznie (Wetland Functions and Values).

Tereny podmokłe są często miejscami pielgrzymek i duchowego spełnienia, a ich wody są wykorzystywane w rytuałach i do celów leczniczych. Przykładów dostarczają m.in. skit w Odrynkach nad Narwią i pustelnia na jeziorze Studzieniczne. „Mokradła są źródłem życia, a błogosławieństwo płynące z ich wód jest dziś częścią niemal każdej głównej religii" (Papayannis i Pritchard, 2010). Te przykłady niematerialnych usług duchowych i aspektów religijnych mają wpływ na zarządzanie terenami podmokłymi i ich ochronę (Verschuuren, 2018).

04

MOKRADŁA W MIEŚCIE



Przesychające mokradła w dolinie Białej na Dziesięcinach, fot. D. Wołkowycki

Miasta są przestrzenią, w której koncentrują się liczne problemy środowiskowe, takie jak zanieczyszczenie powietrza, przegrzewanie się miejskich wysp ciepła, naprzemienne niedobory wody i powodzie wywołane intensywnymi opadami, utrata walorów przyrodniczych miejskich lasów i zanik wielu półnaturalnych ekosystemów, inwazje gatunków obcych.

Intensywne wykorzystanie przestrzeni powoduje, że społeczności miast, odpowiadające za 71–76% emisji CO_2 z globalnego końcowego zużycia energii, są głównymi „sprawcami" odpowiedzialnymi za wpływ na zmiany klimatu. Jednocześnie przestrzeń miejska odznacza się dużą koncentracją działań oraz zasobów finansowych, infrastrukturalnych i ludzkich, które są podatne na skutki tych zmian (unhabitat.org).

W nadchodzących dziesięcioleciach setki milionów mieszkańców miast zetkną się z problemami wywołanymi przez podnoszący się poziom mórz, zwiększone opady, powodzie, częstsze i silniejsze wiatry i burze oraz ekstremalne upały i chłody. Zmiany klimatu mogą również negatywnie wpłynąć na infrastrukturę miast, pogorszyć dostęp do podstawowych usług miejskich oraz jakość życia, a najbardziej poszkodowaną grupą będą mieszkańcy ubożsi. Przynajmniej część tych problemów może złagodzić tzw. błękitno-zielona infrastruktura miasta, której kluczowym elementem są mokradła. Tereny podmokłe odgrywają ważną rolę w kształtowaniu przestrzeni i ekosystemu miasta dzięki zasilaniu zbiornika wód gruntowych, buforowaniu wezbrań, oczyszczaniu wody, regulowaniu mikro- i mezoklimatu, poprawianiu estetyki krajobrazu i utrzymaniu różnorodności biologicznej. Miejskie tereny podmokłe stanowią połączenie wartości ekologicznych, kulturowych i społecznych, które są niezbędne dla dobrego samopoczucia mieszkańców. Ponieważ obszary zurbanizowane nadal się rozwijają i ewoluują, zrozumienie przeróżnych korzyści płynących z terenów podmokłych staje się kluczowe dla ich zrównoważonego planowania i rozwoju.

Funkcje ekologiczne miejskich mokradeł

Funkcje ekologiczne miejskich terenów podmokłych należą do najbardziej znaczących. Tereny podmokłe działają jak naturalne gąbki – pochłaniają wodę deszczową i zmniejszają zagrożenie powodziami miejskimi. Podczas opadów z utwardzonych powierzchni są zmywane zanieczyszczenia, zagrażające jakości wód powierzchniowych będących ich odbiornikiem. Mokradła łagodzą te problemy: filtrują osady, wychwytują składniki odżywcze i inne zanieczyszczenia, zanim dostaną się one do ekosystemów wodnych. Ten proces filtracji podnosi jakość wody i poprawia stan („zdrowie") miejskich strumieni i rzek (Mitsch i Gosselink, 2015).

Dobrego przykładu dostarcza miasto Portland (USA), które dzięki rozwojowi zielonej infrastruktury było w stanie wydatnie zmniejszyć odpływ wody deszczowej i zaoszczędzić podatnikom ponad 300 mln dolarów. Dla porównania utrzymanie szarej infrastruktury (czyli technicznych rozwiązań przechwytywania wód opadowych), sieci oczyszczania i retencji wody, kosztowałoby 1,4 mld dolarów.

Miejskie tereny podmokłe są ostojami różnorodności biologicznej, zapewniając siedliska dla wielu gatunków, których obecność ma pozytywny wpływ na odporność ekologiczną, pomagając miastom dostosować się do zmian środowiskowych. Oprócz roli w gospodarce wodnej i ochronie różnorodności biologicznej miejskie tereny podmokłe pełnią istotną funkcję w łagodzeniu zmian klimatycznych. Mają znaczny potencjał niwelowania efektu miejskiej wyspy ciepła przez naturalne mechanizmy chłodzenia. Parki z dużym udziałem mokradeł mogą znacząco obniżać temperaturę powietrza latem (Deng i in., 2023). Szacuje się, że może to być nawet 4,9±3,2°C (Kumar i in., 2024).

Wartości społeczne

Równie istotne jest znaczenie kulturowe miejskich terenów zielonych. Służą one jako ważne przestrzenie dla zaangażowania społeczności i ekspresji kulturowej, zapewniają możliwości rekreacji, edukacji i kontaktu z naturą (Szulczewska i Stankowska, 2020). Praktyki kulturowe i tradycje lokalne często wiążą się z wodami i obszarami podmokłymi, które są odwiedzane w celu łowienia ryb, obserwacji ptaków i nieformalnych spotkań towarzyskich. Co więcej, miejskie tereny podmokłe mogą mieć historyczne znaczenie dla społeczności. Mogą być powiązane z rdzennymi praktykami lub historią lokalną, służąc jako miejsca opowiadania historii i tradycyjnej wiedzy ekologicznej. Przykładów podtrzymywania takich więzi z tradycją i kulturą poprzednich pokoleń, związaną z mokradłami, dostarczają działania warszawskiej fundacji Ja Wisła, a także, choć z obszarów



Fred W. Coyle Freedom Park w Naples na Florydzie jest wyjątkowym przykładem mokradeł łączących funkcje środowiskowe i społeczne. Zespół mokradeł Freedom Park podczyszcza wody opadowe spływające z uszczelnionych terenów miejskich przed ich wpuszczeniem do bagien Everglades, stwarza możliwości rekreacyjne dla mieszkańców i turystów, a także jest miejscem upamiętnienia ofiar ataków terrorystycznych z 11 września 2001 r. oraz żołnierzy USA, którzy oddali życie w obronie kraju, fot. P. Banaszuk



Dobrze zaprojektowany ogród deszczowy może efektywnie przechwytywać część spływu powierzchniowego po intensywnym deszczu. Na zdjęciu przykład z Florydy, USA, fot. P. Banaszuk

wiejskich, Biebrzańskie Sianokosy, mistrzostwa w koszeniu bagiennych łąk, organizowane cyklicznie przez Biebrzański Park Narodowy. Działania tego rodzaju pozwalają przekazywać wiedzę o roli nadrzecznych łąk, żywiących do niedawna wsie wchłonięte przez miasto i samo miasto przecież. W ten sposób tereny podmokłe mogą być czymś więcej niż tylko przestrzeniami ekologicznymi; mogą służyć jako żywe muzea, łącząc społeczności miast z ich dziedzictwem.

Społeczny wymiar miejskich terenów podmokłych obejmuje zdrowie i dobrostan mieszkańców. Dostęp do terenów zielonych wiąże się z korzyściami dla zdrowia psychicznego (Kaplan, 2001) i poprawą jakości życia. Ekspozycja na środowisko naturalne zmniejsza stres, poprawia nastrój i promuje aktywność fizyczną, prowadząc w efekcie do ogólnie lepszych wyników zdrowotnych. Równość społeczna jest kolejnym ważnym czynnikiem w wycenie świadczeń miejskich terenów podmokłych. Często zmarginalizowane grupy społeczne nie mają dostępu do naturalnych przestrzeni, co pogłębia dysproporcje zdrowotne. Włączenie terenów podmokłych do planowania urbanistycznego może zaradzić tym nierównościom, jednocześnie promując integrację i sprawiedliwość środowiskową (Tzoulas i in., 2007).



05

MOKRADŁA W BIAŁYMSTOKU

Dolina Białej na Dziesięcinach, fot. D. Wołkowycki

Przeważająca część Białegostoku jest położona w zlewni rzeki Białej, lewobrzeżnego dopływu Supraśli. To nad tą rzeką i nad jej dopływami skupia się większość miejskich mokradeł. Długość Białej wynosi 32,7 km, z czego około 20 km biegnie w granicach miasta. Zasilają ją stale: bezimienny dopływ spod Dojlid Górnych, Dolistówka i Bażantarka. Pozostałe cieki mają głównie okresowy przepływ i prowadzą wodę w okresie roztopów i po większych opadach. Powierzchnia zlewni Białej wynosi 133,37 km^2, z czego około 83 km^2 (62%) znajduje się w granicach miasta.

W Białymstoku występują trzy użytkowe poziomy wodonośne w utworach czwartorzędowych. Dwa z nich: międzymorenowy i spągowy, to poziomy wgłębne o znacznym rozprzestrzenieniu, powszechnie ujmowane studniami wierconymi. Poziom trzeci, przypowierzchniowy, jest poziomem lokalnym. Mokradła w Białymstoku wykształciły się w obniżeniach zasilanych wodami rzecznymi i gruntowymi, głównie z pierwszego przypowierzchniowego poziomu wodonośnego.

Niestety, zaburzenie obiegu wody w zlewniach i presja zabudowy spowodowały dramatyczne zmiany naturalnego reżimu wodnego cieków, zanik naturalnych



Mokradła przy brzegach Stawów Dojlidzkich porastają szuwary wysokie, fot. D. Wołkowycki



Wierzby w łęgu nad Dolistówką, fot. D. Wołkowycki

wypływów wód podziemnych, drobnych strumieni, niewielkich zbiorników wodnych i mokradeł. Obecny stan pozostałych obszarów wodno-błotnych w mieście wskazuje, że są one jedynie smutną pozostałością dawnych torfowisk, podmokłisk i namulisk, które wykształciły się w dolinach rzek, bezodpływowych obniżeniach wytopiskowych i u podnóży zboczy, na wysiękach wód gruntowych.



Zarastające mokradła soligeniczne przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki

Mokradła przetrwałe na obszarze Białegostoku można znaleźć w dolinie dolnej Supraśli, której niewielki fragment znajduje się w północno-zachodniej części miasta, dolnym odcinku doliny Białej, fragmentach dolin Jaroszówki, Dolistówki, Bażantarki i cieku spod Dojlid Górnych. Pozostałości dawnych mokradeł występują w płytkich zagłębieniach, takich jak w Lesie Bagno, czy w otoczeniu sztucznych zbiorników wodnych: Stawów Dojlidzkich i Stawów Marczukowskich. Unikalny charakter ma (a w zasadzie miało do niedawna) torfowisko przepływowe przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki, zasilane przez wody podziemne.

Dolina rzeki Białej

Rzeka Biała jest ciekiem IV rzędu. Ma status silnie zmienionej części wód, o typie abiotycznym – to potok nizinny piaszczysty. To cechy tej rzeki i zasilających ją strumieni, toczących płytkie, przezroczyste wody w korytach wysłanych jasnymi piaskami nadały nazwę miastu. Biały (i)stok to przecież nic innego, jak biały (jasny) strumień albo źródło. Zlewnia Białej jest wykształcona w czwartorzędowych utworach Wysoczyzny Białostockiej. Jest nachylona z południowego wschodu na północny zachód, przy czym najbardziej urozmaicone pod względem rzeźby są jej krańce północno-wschodnie i wschodnie.



Mokradła w górnym biegu Białej na Dojlidach Fabrycznych, fot. D. Wołkowycki



Wyprostowane sztucznie, głęboko wcięte koryto Białej na Dziesięcinach w okolicach ul. Świętokrzyskiej, fot. D. Wołkowycki

W górnej części biegu rzeki zlewnia ma charakter rolniczy. Biała i jej dopływy dostarczają tu wodę Stawom Dojlidzkim, których obramowana groblami część ma powierzchnię 154 ha, a powierzchnia lustra wody – 106 ha. Następnie, na długości około 20 km, Biała płynie w granicach Białegostoku, a jej dolina jest silnie przekształcona i wkomponowana w strukturę przestrzenną miasta. Odcinki Białej, środkowy i dolny, zostały przystosowane do pełnienia funkcji odbiorników wód deszczowych i oczyszczonych ścieków komunalnych. Koryto rzeki jest uregulowane, na wielu odcinkach prostoliniowe, ma sztucznie ukształtowane brzegi i jest mocno skrócone w stosunku do pierwotnego, lekko meandrującego przebiegu. Po przekroczeniu granicy obszaru gęstej zabudowy śródmiejskiej rzeka płynie szeroką do 1,5 km, tylko miejscami zabagnioną doliną o łagodnych zboczach, zajętych w dużej części przez niską zabudowę mieszkaniową. System rowów melioracyjnych, założonych w dolinie w okresie międzywojennym, w części nie jest konserwowany, niektóre rowy wypłyciły się i praktycznie już nie funkcjonują, inne jednak są nadal pogłębiane, a ich brzegi umacniane sztucznie, co wzmaga i tak zaawansowane procesy rozpadu nadrzecznych mokradeł. W wielu fragmentach doliny została zaburzona łączność rzeki z wodami gruntowymi na wysoczyźnie na skutek budowy wielkośrednicowych kolektorów oraz innych urządzeń technicznych wzdłuż biegu doliny (Kwiatkowski i Gajko, 2011).



Masowe występowanie pokrzywy *Urtica dioica* i ostrożenia polnego *Cirsium arvense* jest efektem przesychania mokradeł, rozkładu torfu i uwalniania się dużych ilości azotu i fosforu, jak tu, nad Białą na Bacieczkach i Wysokim Stoczku, fot. D. Wołkowycki



Wezbranie w dolinie Białej w Białymstoku po intensywnych opadach w maju 2017 r. To jedna z wielu wielkich wód w ciągu ostatnich lat. Dolina rzeki jest główną strefą obrony obszarów zabudowanych przed powodzią i wielkim zbiornikiem przyjmującym wody deszczowe spływające po uszczelnionych i wyasfaltowanych powierzchniach miasta. Prognozy zmian klimatu wskazują, że nawalne deszcze i związane z nimi podtopienia oraz powodzie błyskawiczne będą pojawiały się z coraz większą częstotliwością. Ochrona dolin rzecznych i spełnianych przez nie funkcji powinna być w takiej sytuacji priorytetem, fot. P. Banaszuk

Dolinę Białej w Białymstoku przecinają nasypy drogowe, groble i infrastruktura elektroenergetyczna. Nad rzeką poprowadzono liczne rurociągi.

Rzeka ma mocno zmieniony reżim hydrologiczny, pozostający pod wpływem szybkiego odpływu wód opadowych z systemu sieci kanalizacyjnej, czego efektem są gwałtowne i krótkotrwałe wezbrania oraz długie i głębokie niżówki. Po intensywnych opadach znaczące części doliny bywają podtapiane. W okresie suszy hydrologicznej Biała jest zagrożona wysychaniem. W dolnym, przyujściowym odcinku rzeka jest odbiornikiem ścieków oczyszczonych z Białegostoku i kilku ościennych gmin.

Warunki siedliskowe w dolinie Białej są złe. Regulacja rzeki spowodowała drastyczne przekształcenia siedlisk i roślinności doliny. Wcięte na 1–2 m koryto rzeki drenuje dolinę, czego efektem jest przesychanie osadów i gleb oraz postępujący zanik utworów organicznych. Systematycznie zmniejszają się powierzchnie zajęte przez turzycowiska, zwiększa się areał ziołorośli z dużym udziałem pokrzywy, a miejscami ostrożenia polnego i inwazyjnych gatunków obcych. Praktycznie nie ma śladu po dawnym, meandrującym korycie rzeki i starorzeczach. Zmiany siedliskowe spowodowały zmniejszenie pojemności retencyjnej doliny. Czynnikiem, który nasila



Łachy tworzone przez Białą przy ul. Wierzbowej, fot. D. Wołkowycki

problemy hydrologiczne w systemie rzeki Białej, są zmiany klimatyczne, zwłaszcza bezśnieżne zimy i przedłużające się okresy bezopadowe latem, skutkujące coraz dłuższymi okresami niskich stanów wody. Negatywne zmiany potęguje postępujące zwiększanie udziału powierzchni szczelnych w zlewni. Po każdym większym deszczu nawalnym dochodzi do gwałtownego odpływu wody systemem kanalizacji burzowej i spływu powierzchniowego, którego objętość przekracza pojemność koryta rzeki. Dolina Białej staje się wtedy wielkim odbiornikiem wody, która rozlewa się po równinie zalewowej. Na śródmiejskim odcinku, gdzie silnie przekształcone koryto ma trapezoidalny przekrój, nie da się zidentyfikować żadnych naturalnych form hydromorfologicznych. Są one jednak obecne w niektórych miejscach, zwłaszcza w dolnym biegu rzeki, w postaci erozyjnych podcięć, łach i namulisk. Prace utrzymaniowe prowadzą do usuwania roślinności zielnej i wszelkich obiektów hamujących odpływ: drzew i martwego drewna w postaci gałęzi, pni czy korzeni. Tylko miejscami w strefach brzegowych koryta występują makrofity wynurzone, przede wszystkim grążele *Nuphar lutea*.

Najlepiej zachowany jest odcinek doliny Białej poniżej ujścia Bażantarki, który odznacza się występowaniem nieźle wykształconych kompleksów wilgotnych łąk, turzycowisk i resztek lasów łęgowych. Jest on korytarzem ekologicznym i siedliskiem wielu ważnych gatunków zwierząt, m.in. bobra i wydry.

Od stosunkowo niedawna rzeka Biała zyskała szansę na drugie życie. Jej fragment od ul. Pod Krzywą do ul. Czesława Miłosza został częściowo zrenaturyzowany. Wyprostowane koryto odzyskało dawny, meandrowy przebieg, odtworzono starorzecze, a poziom wody stabilizuje zastawka piętrząca. Efektem wykonanych prac ekoinżynieryjnych jest spowolnienie przepływu wody, jej zwiększona retencja i powrót różnych gatunków ryb – od cierników i płoci po szczupaki. Projekt zdobył Polską Nagrodę Krajobrazową i stał się przykładem, że nawet w centrum miasta można odtworzyć ekosystemy bliższe naturze. Biała jest wpisana w dwa strategiczne programy: ogólnopolski Krajowy Program Renaturyzacji Wód Powierzchniowych oraz Gminny Program Rewitalizacji Białegostoku na lata 2024–2034. Pierwszy z nich skupia się na aspektach hydrologicznych i ekologicznych, drugi – na tworzeniu atrakcyjnej przestrzeni publicznej.

Biała w Białymstoku to przykład, że rzeka w mieście może być czymś więcej niż przeszkodą w zabudowie czy kanałem odprowadzającym wodę. Może stać się miejscem życia – zarówno dla ludzi, jak i dla przyrody. Wciąż jednak jest tu o wiele więcej potencjalnych możliwości i potrzeb niż realnie podjętych starań. Jeśli uda się połączyć wysiłki wszystkich stron: społeczników, naukowców i zarządców, Biała wraz ze swoją doliną może częściowo odzyskać dawną świetność i na nowo stać się obszarem o żywotnej roli w mieście.



Zrenaturyzowany fragment doliny Białej przy ul. Jana Klemensa Branickiego. Dolinę przy odtworzonych meandrach porastają szuwary i łęgi wierzbowe, którym towarzyszą niestety liczne gatunki inwazyjne, fot. D. Wołkowycki



Tama bobrowa na Bażantarce w pobliżu ujścia do Białej, fot. P. Banaszuk

Dolistówka jest prawym dopływem rzeki Białej, ma powierzchnię zlewni wielkości 16,2 km^2, z czego prawie 80% leży w granicach Białegostoku. Od źródeł w okolicach wsi Sowlany Dolistówka płynie na południe wzdłuż granicy miasta, a następnie skręca na południowy zachód i uchodzi do Białej przy ul. Jana Klemensa Branickiego. Zlewnia jest niemal w całości przekształcona, a rzeka uregulowana i wyprostowana.

Bażantarka jest lewym dopływem Białej. Stały przepływ w cieku rozpoczyna się przy ul. Pogodnej, do ul. Gen. Józefa Bema rzeka płynie wybetonowanym korytem. Od zbiornika przy tej ulicy toczy wody głębokim rowem, po czym wpływa w obniżenie wytopiskowe częściowo zajęte przez Stawy Marczukowskie, a następnie płynie w dolinie rzeki Białej, do której wpada w okolicy ul. Generała Władysława Sikorskiego.

Jaroszówka jest lewym dopływem Supraśli, ma zlewnię o powierzchni 4,82 km^2. Jest ciekiem w górnej części naturalnym, a niżej – wyprostowanym i skanalizowanym. W jej dolnym biegu powstały stawy rybne.

Szczególnymi obiektami są nisze źródliskowe, których sporo jest w samym Białymstoku i w okolicach miasta, a w pobliskiej Puszczy Knyszyńskiej – ponad czterysta. Takie zagęszczenie wypływów wód podziemnych na niżu to ewenement w skali kraju. Naturalne wypływy wód czwartorzędowych kształtują lokalny krajobraz i stanowią ważny element różnorodności biologicznej. Woda źródlisk jest mało zasobna w składniki odżywcze, co wyróżnia je na tle innych typów wód i czyni cennym siedliskiem dla różnorodnych organizmów. W strefie hyporeicznej – czyli w obszarze, gdzie woda gruntowa i powierzchniowa płyną wymieszane – roślinność i inne organizmy żywe wspomagają krążenie składników odżywczych.

W Białymstoku w niszach źródliskowych tworzą się niewielkie mokradła – często niepozorne, lecz o dużej wartości ekologicznej. Pełnią one funkcję ekotonów – strefy przejściowej między wodą podziemną, powierzchniową i lądem – charakteryzujących się specyficznymi gradientami chemicznymi i fizycznymi, a także różnorodnością roślin i innych organizmów, które przystosowały się do tych specyficznych warunków. Dzięki temu źródliska stają się istotnymi enklawami przyrodniczymi w miejskiej mozaice, podnosząc wartość ekologiczną i biocenotyczną miasta.

Niestety, rosnące uszczelnienie powierzchni miasta, zmniejszone zasilanie wód podziemnych i zaburzenia poziomów wodonośnych doprowadziły do zaniku wielu źródeł i strumieni oraz zależnych od nich mokradeł. Źródła białostockie są również mocno narażone na zanieczyszczenia powierzchniowe w strefach



Białostockie lasy kryją liczne wypływy wód podziemnych, fot. D. Wołkowycki (zdjęcie górne i dolne)



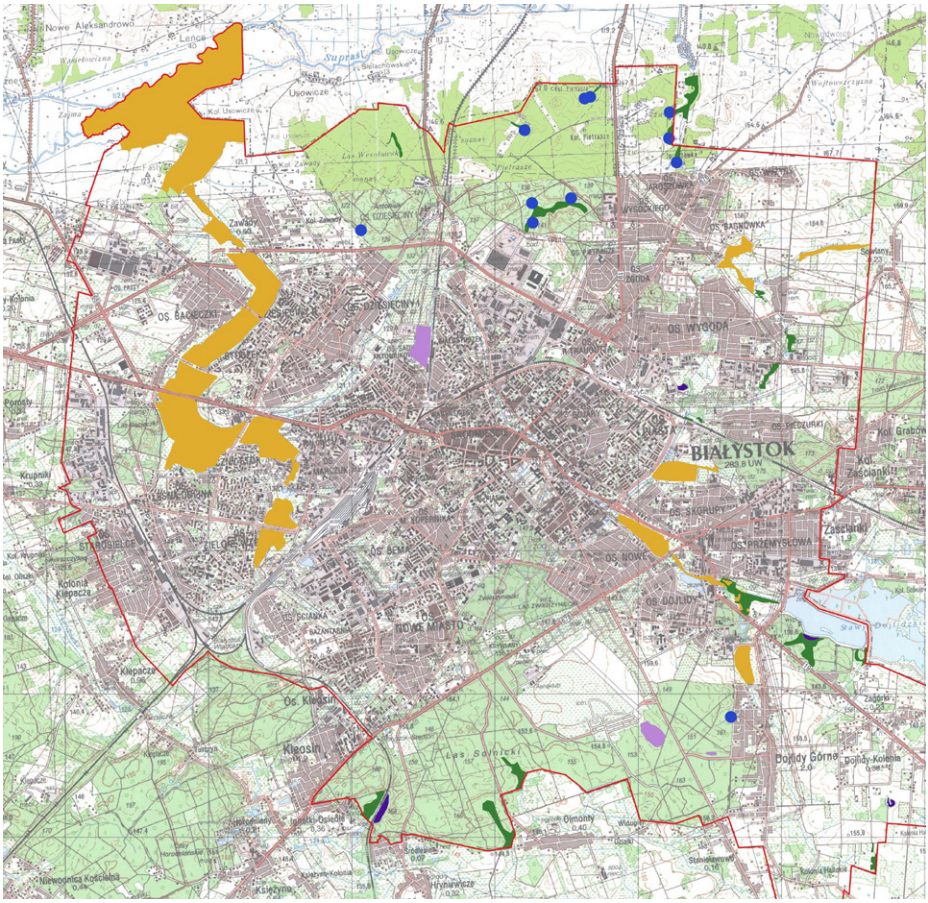
zasilania wód podziemnych i wycieki z sieci kanalizacyjnej. Część nisz źródliskowych jest zasypywana, a niektóre z nich mieszkańcy traktują jako miejsca do nielegalnego składowania odpadów.



Jedna z nisz źródliskowych w Białymstoku zasypywana odpadami, fot. D. Wołkowycki

Szata roślinna białostockich mokradeł

Olbrzymia większość mokradeł utrzymujących się obecnie w granicach miasta leży w dolinach Białej i jej dopływów. Do czasów regulacji rzeki byt wielu z nich zależał od wód wezbraniowych, występujących z koryt po obfitych opadach lub po roztopach i rozlewających się szeroko na dnie doliny. Są to więc mokradła fluwiogeniczne, do których należą m.in. żyzne **torfowiska niskie**, występujące dawniej w wielu dolinach rzecznych. Współcześnie torfowiska tego typu trudno już spotkać w Białymstoku. Po wyprostowaniu i pogłębieniu koryta Białej, a także



Najważniejsze miejsca występowania mokradeł w Białymstoku. Przesychające mokradła fluwiogeniczne (dawniej ramowane wzdłuż krawędzi dolin przez torfowiska soligeniczne), zajmowane współcześnie przez szuwary, łąki wilgotne i ziołorośla (tworzące mozaikę z zaroślami wierzb) oznaczone są kolorem jasnobrązowym, a mokradła topogeniczne i soligeniczne – różowym; kolor fioletowy oznacza olsy, a ciemnozielony łęgi; niebieskie punkty odpowiadają źródliskom; granice miasta wyznacza czerwona linia (oprac. oryg.; w podkładzie mapa topograficzna z zasobów Geoportalu Infrastruktury Informacji Przestrzennej).



Szuwary trzcinowe przy brzegach Stawów Marczukowskich, fot. D. Wołkowycki

Bażantarki, Dolistówki i mniejszych cieków, i po pocięciu rowami melioracyjnymi ich dolin płytkie warstwy torfów niskich, nawadnianych dawniej przez wody rzeczne, przesychały i rozpadały się, szybko ulegając mineralizacji. Miejsce dawnych gleb organicznych zajmują obecnie zasobne w materię organiczną gleby mineralne.

Torfowiska niskie i inne nadbrzeżne mokradła fluwiogeniczne zwykle są porośnięte **szuwarami**, czyli zbiorowiskami roślinnymi budowanymi przez okazałe byliny, wieloletnie rośliny zielne. Występujące masowo w szuwarach turzyce, zwłaszcza błotna *Carex acutiformis* i zaostrzona *C. acuta* (= *C. gracilis*), trzcina *Phragmites australis*, pałki (szeroko- i wąskolistna *Typha latifolia*, *T. angustifolia*) należą w takich warunkach do najważniejszych roślin torfotwórczych. Rozległe połaci szuwarów wielkoturzycowych napotkamy m.in. w dolnym odcinku doliny Białej, poczynając od ujścia rzeki do Supraśli, w Zawadach, na Dziesięcinach i Bacieczkach, w sąsiedztwie ulic Gen. Stanisława Maczka, Produkcyjnej, Hugo Kołłątaja i al. Jana Pawła II. Na brzegach stawów: tych największych, Dojlidzkich, i tych rozproszonych w różnych częściach miasta: na Marczuku, przy ul. Adama Mickiewicza i w innych miejscach, rosną szuwary właściwe (wysokie): trzcinowe, pałkowe, a znacznie rzadziej – oczeretowe. Przybrzeżne namuliska nad Białą często zajęte są przez łany tataraku *Acorus calamus*, który został zawleczony na nasze ziemie w XIII–XVI w.



Najbardziej efektowną rośliną szuwarów jest chyba kosaciec żółty *Iris pseudacorus,* fot. D. Wołkowycki



Szuwary trzcinowe na Stawach Dojlidzkich, fot. D. Wołkowycki

w czasie najazdów mongolskich lub wojen z Tatarami i Turkami. Aromatyczne pędy tej rośliny sprzedawano jeszcze w latach 70. XX w. na lokalnych targowiskach w Białymstoku. Tatarak podkładano pod chleb w czasie wypieku, sporządzano z niego także nalewki (por. Wołkowycki, 2016).

> Łopatę pod chleb podsypują otrębami, przekładają liśćmi z chrzanu, kapusty lub tataraku [...]. Wyciągnięte środki z młodego tataraku dzieci wysysają z soku albo żują (Chętnik, 1936). Ajerówką lub kalmusówką zowie się wódka na tatarak nalewana. Z korzonków ajeru robiły babki nasze konfitury, smażąc je w miodzie lub cukrze i przechowując w apteczkach domowych na przekąskę po wódce dla mężczyzn. W Zielone Świątki lud przystraja tatarakiem w mieszkaniach swoich okna i kominy, oraz potrząsa podłogi i ziemię przed chatą, co miłą woń przynosi. Na Boże Ciało, jak dziś kwiatami, wysypywano dawniej drogę procesyi do czterech ołtarzy tatarakiem (Gloger, 1900).

Tatarak wykorzystywano w ten sposób także w domach. Z okazji rautu wydanego w 1813 r. w Tykocinie „podłoga została posypana liśćmi *Acorus calamus* [...], które przy nadepnięciu wydawały przyjemny zapach”[2].

[2] Według relacji anonimowego podróżnika z Anglii, opublikowanej w „The New Monthly Magazine”, 1817, VII(39).



Szuwar pałki szerokolistnej *Typha latifolia* na Dojlidach w zimowej szacie, fot. D. Wołkowycki



Szuwary tataraku *Acorus calamus* porastają żyzne namuliska na brzegach Białej nawet na odcinkach uregulowanych, w sąsiedztwie osiedli mieszkaniowych, jak tu, na Dziesięcinach, nieopodal ul. Świętokrzyskiej, fot. D. Wołkowycki



Szuwar pałkowy w rozlewisku bobrowym w Lesie Solnickim, fot. D. Wołkowycki



Kępowe szuwary turzycy prosowej *Carex paniculata* nieopodal granicy Białegostoku i wsi Nowodworce, fot. D. Wołkowycki



Rozległe łany szuwarów wielkoturzycowych w dolinie Białej w Leśnej Dolinie, fot. D. Wołkowycki



Na wyobrażenie dawnych, wczesnoholoceńskich „sawannowych" krajobrazów mokradeł w dolinach rzecznych pozwalają okolice miasta Narew, gdzie wypas koników polskich prowadzi Polskie Towarzystwo Ochrony Ptaków, fot. D. Wołkowycki

W zmeliorowanych śródmiejskich (i wielu innych) dolinach rzecznych miejsce szuwarów zajęły łąki wilgotne. Ich najbogatsze przyrodniczo i najbardziej efektowne, kwietne postaci to **łąki ostrożeniowe,** na których oprócz ostrożeni: łąkowego *Cirsium rivulare* i warzywnego *C. oleraceum* licznie może występować także rdest wężownik *Polygonum bistorta* o różowych kwiatach, zbitych w okazałe wałeczkowate kwiatostany. Łąki wilgotne (jak i wszystkie inne) swój skład gatunkowy i inne specyficzne cechy zawdzięczają systematycznemu wykaszaniu, prowadzonemu przez całe stulecia przez rolników z Bacieczek, Białostoczku, Dojlid, Pieczurek, Skorup, Zawad i innych wsi, które zostały wchłonięte przez rozrastający się Białystok. Dawniej, od wczesnych okresów holocenu, parkowe i „sawannowe" krajobrazy z dużym udziałem zbiorowisk trawiastych były kształtowane i podtrzymywane przez dziką megafaunę – liczne populacje wielkich roślinożerców: turów, tarpanów, łosi i żubrów, które skutecznie ograniczały zarastanie dolin rzecznych przez drzewa i krzewy. Współcześnie łąki kośne spotkamy tylko w peryferyjnych częściach miasta, u ujścia Białej, na Bagnówce i Dojlidach Górnych. Unikalnym typem zbiorowisk tego rodzaju, nie tylko w mieście, lecz także w całym regionie i kraju, są trzęślicowe łąki zmiennowilgotne. Te niezwykle bogate florystycznie i kwietne łąki zajmują miejscami siedliska odwodnionych torfowisk soligenicznych, ale gwałtownie zanikają, zarastając krzewami i drzewami.



Łąki kośne na Bagnówce, fot. D. Wołkowycki



Łąki wilgotne z rdestem wężownikiem *Polygonum bistorta*, fot. D. Wołkowycki



Łąki wilgotne wyróżnia bogactwo efektownie kwitnących roślin zielnych, takich jak firletka poszarpana *Lychnis flos-cuculi*, rosnąca miejscami masowo u ujścia Białej, fot. D. Wołkowycki



Łąki kośne utrzymują się jeszcze u ujścia Białej do Supraśli, w okolicach oczyszczalni ścieków, fot. D. Wołkowycki



Parkowy krajobraz z łąkami wilgotnymi, zaroślami wierzb i bzu czarnego oraz łęgami u ujścia Białej, fot. D. Wołkowycki



Ostrożeń łąkowy *Cirsium rivulare* to jeden z najważniejszych gatunków wskaźnikowych dobrze zachowanych łąk wilgotnych. Tu z jego nektaru korzysta latolistek cytrynek *Gonepteryx rhamni*, fot. D. Wołkowycki



Kosaciec syberyjski *Iris sibirica* to najbardziej efektowny gatunek zmiennowilgotnych łąk zajmujących do niedawna odwodnione torfowiska soligeniczne w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki



Ziołorośla wiązówkowe nad Białą nieopodal ul. Wysoki Stoczek, fot. D. Wołkowycki



Ziołorośla z krwawnicą pospolitą *Lythrum salicaria*, fot. D. Wołkowycki

Tam, gdzie rolników zabrakło, miejsce łąk wilgotnych w krótkim czasie zajęły **ziołorośla**, w których panuje wiązówka błotna *Filipendula ulmaria*, a czasem także krwawnica pospolita *Lythrum salicaria* i tojeść pospolita *Lysimachia vulgaris*. Ziołorośla wyróżniają się znikomym udziałem traw, typowych dla zbiorowisk łąkowych, ale jak łąki obfitują w rośliny o okazałych i efektownych kwiatostanach, dających szczodry pożytek rozlicznym owadom. Niektóre rośliny nadrzecznych łąk wilgotnych i ziołorośli mogą służyć także nam, dzięki swym właściwościom leczniczym. Kłącza rdestu wężownika leczą dolegliwości układu pokarmowego, mają także działanie przeciwkrwotoczne, przeciwzapalne i przeciwbakteryjne. Żywokost zwyczajny *Symphytum officinale*, zgodnie ze swą nazwą, może wspierać gojenie się złamań i ran. Wonne kwiaty wiązówki działają podobnie jak lipowe: przeciwgorączkowo i napotnie. Duże i dobrze wykształcone płaty ziołorośli wiązówkowych znajdują się w Białymstoku m.in. na mokradłach przy al. Jana Pawła II i ul. Generała Władysława Sikorskiego. Specyficzną postacią ziołorośli są zbiorowiska lepiężnika różowego *Petasites hybridus* o ogromnych, parasolowatych liściach, rozrastającego się łanowo, zwłaszcza w miejscach spływu wód, przy krawędziach dolin rzecznych, m.in. nad Białą na Bacieczkach i Dojlidach Fabrycznych.



W ziołoroślach licznie występują efektownie kwitnące byliny, takie jak krwawnica pospolita *Lythrum salicaria* i tojeść pospolita *Lysimachia vulgaris*, fot. D. Wołkowycki



Arcydzięgiel litwor *Angelica archangelica* to jeden z nielicznych gatunków ziołoroślowych objętych częściową ochroną prawną. Stanowisko przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki, fot. D. Wołkowycki



Wiązówka błotna *Filipendula ulmaria* to główny gatunek tworzący ziołorośla po zaprzestaniu wykaszania łąk wilgotnych, fot. D. Wołkowycki



Strojnica włoska *Graphosoma italicum* na arcydzięglu, fot. D. Wołkowycki



Lepiężnik różowy *Petasites hybridus* nad Białą na Dojlidach Fabrycznych. Kwiaty tej rośliny pojawiają się jeszcze przed rozwojem liści, które w pełni lata osiągają olbrzymie rozmiary, fot. D. Wołkowycki



Żywokost lekarski *Symphytum officinale*, fot. D. Wołkowycki



Łan turzycy obłej *Carex diandra* na mokradłach soligenicznych przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki, fot. D. Wołkowycki

W brzeżnych partiach białostockich (i wielu innych) dolin rzecznych jeszcze kilka dekad temu rozpowszechnione były **torfowiska soligeniczne (przepływowe)**. Ostatnie z nich bezpowrotnie nikną na naszych oczach przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki, al. Jana Pawła II i ul. Hugo Kołłątaja. Nie spotkamy ich już natomiast nad Bażantarką, nad Białą ani w innych częściach miasta, gdzie do niedawna występowały. Torfowiska soligeniczne, w odróżnieniu od tych zasilanych przez wody rzeczne, są zależne od wód podziemnych. Nie są zalewane, a ich uwilgotnienie zależy głównie od wód ściekających z miejsc położonych wyżej, wybijających z głębszych warstw wodonośnych i spływających ku strumieniom i rzekom. Wody podziemne zasilające torfowiska przepływowe mogą mieć różny odczyn, bardziej kwaśny lub zasadowy. Mokradła tego typu są porośnięte mechowiskami, czyli zbiorowiskami roślinnymi tworzonymi przez zwarte kobierce mchów brunatnych i niskie, wiotkie byliny, takie jak turzyce: dwustronna *Carex disticha*, obła *C. diandra*, odległokłosa *C. distans*, pospolita *C. nigra*, prosowata *C. panicea*. Dawniej rozległe mechowiska bywały nazywane bielami, zapewne od masowo występującej w ich składzie wełnianki wąskolistnej *Eriophorum angustifolium*, o owocach opatrzonych długim, śnieżnobiałym puchem. Taką też nazwę noszą lasy mieszane na torfowiskach soligenicznych z mszysto-paprociowym runem i drzewostanami tworzonymi przez brzozę, świerk i sosnę, opisane ponad pół wieku temu przez prof. Andrzeja Czerwińskiego (1972). Jedyny w Białymstoku płat



Turzyca prosowata *Carex panicea* to jeden z gatunków typowych dla mokradeł soligenicznych, fot. D. Wołkowycki



Kukułka krwista typowa *Dactylorhiza incarnata* subsp. *incarnata* na białostockich mokradłach, fot. D. Wołkowycki



Las typu bielu nieopodal lotniska na Krywlanach, fot. D. Wołkowycki

tego typu bielu można spotkać w Lesie Solnickim, w pobliżu lotniska, w oddz. 152c. Na starych mapach uroczysko o nazwie Biele znajdziemy nieopodal Zawad, co wskazuje, że brzeżne części doliny Białej, pozostające poza zasięgiem wód wezbraniowych rzeki, mogły być zajmowane przez mszysto-turzycową roślinność torfowisk przepływowych. Ich występowanie w tym miejscu potwierdza zresztą najstarsze opublikowane źródło opisujące przyrodę Białegostoku – krótki artykuł ogłoszony w 1898 r. przez Antona Hansa pt. „Floristisches aus Bialystok…", w którym tak opisał on tutejsze mokradła:

> Jeśli jednak wejdzie się na nizinę pokrytą czarną próchnicą, a miejscami torfowiskami, sceneria nagle zmienia się całkowicie. Tutaj [olcha][3] *Alnus glutinosa* dominuje nad puszczami [turzyc i traw] *Cyperaceae* i *Gramineae*, ozdobionymi [czermienią] *Calla palustris* L., [bobrkiem] *Menyanthes trifoliata* L., [siedmiopalecznikiem] *Comarum palustre* L., [jaskrem wielkim] *Ranunculus Lingua* L., [kosaćcem żółtym] Iris *Pseud-Acorus* L. i srebrnowłosą [wełnianką] *Eriophorum*. (W tym miejscu

[3] Hans używa wyłącznie łacińskich nazw naukowych. Wszystkie poprzedzające je tutaj odpowiedniki polskie nie pochodzą z tłumaczenia nazw niemieckich, ale zostały dodane, by uczynić tekst bardziej przystępnym.

przypomina mi się niedawny incydent z jednej z moich wycieczek, kiedy, zaskoczony rażącym słońcem, zobaczyłem przede mną nieznane srebrne, połyskujące jezioro, które zmusiłoby nas do zmiany trasy. Ale kiedy zbliżyłem się do brzegu rzekomego jeziora, okazało się ono rozległą płaską łąką pokrytą niezliczoną ilością *Eriophorum*!).

Mechowiska na torfowiskach przepływowych wyróżniają się bogactwem florystycznym i występowaniem wielu zagrożonych i chronionych prawem roślin. Należą do nich m.in. kukułka krwista typowa *Dactylorhiza incarnata* subsp. *incarnata* i kruszczyk błotny *Epipactis palustris*. Oba te gatunki z rodziny storczykowatych jeszcze kilka lat temu występowały na mokradłach Białegostoku w populacjach liczących tysiące pędów, a najbogatszymi ich stanowiskami były nieczynna część wyrobiska piasku przy zakładach Silikaty oraz torfowisko przepływowe przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki. W tym drugim przypadku to już niestety przeszłość, ponieważ tamtejsze mokradła ulegają postępującemu przesychaniu i silnie zarastają krzewami, w tym inwazyjnymi, takimi jak dereń rozłogowy *Cornus sericea*. Nie spotkamy już w mieście kukułki krwistej żółtawej *Dactylorhiza incarnata* subsp. *ochroleuca*, którą jeszcze w tym stuleciu można było znaleźć nad Bażantarką, ani gnidosza błotnego *Pedicularis palustris* (Wołkowycki, 2019). Miejscami trwają jeszcze nieliczne populacje dziewięciornika błotnego *Parnassia palustris* o białych, żyłkowanych kwiatach, narażonego w całym kraju na wyginięcie.

Torfowisk opisywanych przez Hansa, pokrytych łanami wełnianek, w Białymstoku od dawna już nie ma. Jedyne w granicach miasta **topogeniczne torfowisko przejściowe**, gdzie można wciąż znaleźć te rośliny, zachowało się na Dojlidach, przy ul. Grabowej, w oddz. 161g. Wełniance pochwowatej *Eriophorum vaginatum* o efektownych, puszystych owocostanach, towarzyszą tam nielicznie torfowce. Siedlisko w tym miejscu bardzo silnie przesycha i użyźnia się, a złych zmian raczej nie da się już powstrzymać.

Bezodpływowe, zabagnione zagłębienia zajmowane są przez **olsy.** To zastoiskowe lasy niepodzielnie zdominowane przez olszę czarną (olchę, *Alnus glutinosa*). W typowych postaciach olsy wyróżniają się silnie zróżnicowaną strukturą przestrzenną. Drzewa wyrastają tu na kępach, wyniesionych niekiedy na prawie metr ponad dna dolinek, długotrwale, zwłaszcza wiosną, zalanych wodą. Olsy w Białymstoku zajmują skrajnie niewielkie powierzchnie, a ich najlepiej wykształcone fragmenty przylegają od południa do dojlidzkiego Stawu Plażowego, w miejscach, gdzie spływ wód przegrodziła grobla.

Najbardziej rozpowszechnionymi lasami białostockich mokradeł są **łęgi**. Dla niewprawnego oka wiele spośród nich na pozór nie różni się od olsów. Rzeczywiście,



Kruszczyk błotny *Epipactis palustris*, fot. D. Wołkowycki



Dereń rozłogowy *Cornus sericea*, krzew o bordowych gałęziach, to inwazyjny gatunek obcy, dziczejący z miejskich terenów zieleni i zarastający mokradła, jak tu, przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki, fot. D. Wołkowycki

ton i ogólny wygląd tym lasom zwykle, podobnie jak w olsach, nadają olchy, wypełniające samodzielnie pułap koron, często bez towarzystwa innych gatunków drzew. W odróżnieniu od olsów łęgi to jednak lasy mokradeł zależnych od wód ruchomych: tych płynących w strumieniach i rzekach, tych podziemnych, zasilających je ze źródlisk, i tych stokowych, spływających do dolin po ich zboczach. Bywają zalewane w czasie wezbrań, ale na dosyć krótko. Takie warunki wodne sprawiają, że w runie łęgów brak okazałych turzyc, kosaćców, trzcin i innych roślin szuwarowych typowych dla olsów, tj. dla lasów mokradeł o długotrwałym zalewie. Wypełniają je za to rozliczne gatunki, które znajdziemy także na nadrzecznych łąkach i w ziołoroślach, jak choćby ostrożenie: łąkowy i warzywny oraz wiązówka błotna. Nic w tym dziwnego, gdyż łąki i ziołorośla powstały przecież przez wypas i wykaszanie pod okapem łęgów, co doprowadziło do stopniowego rozrzedzania, a wreszcie zupełnego zaniku drzewostanu. Zbieżność nazw stosowanych od wieków: „łęg" i „łąka" nie jest tu przypadkowa.

Z przyrodniczego punktu widzenia (a także ze względu na dobro, jakie przynoszą mieszkańcom miasta) najcenniejsze są łęgi jesionowo-olszowe otaczające źródliska, tak charakterystyczne dla Białegostoku (i pobliskiej Puszczy



Kukułka krwista żółtawa *Dactylorhiza incarnata* subsp. *ochroleuca* do niedawna rosła na soligenicznych mokradłach nad Bażantarką, fot. D. Wołkowycki



Dziewięciornik błotny *Parnassia palustris* wciąż spotykany jest w Białymstoku na mokradłach zasilanych przez wody podziemne, fot. D. Wołkowycki



Wełniankę pochwowatą *Eriophorum vaginatum* w Białymstoku można spotkać jedynie na niewielkim torfowisku topogenicznym na Dojlidach, fot. D. Wołkowycki



W pełni lata dno olsu przy dojlidzkim Stawie Plażowym wypełniają łany okazałych turzyc, fot. D. Wołkowycki



Szyszeczkowate owocostany olchy kryją drobne orzeszki opatrzone wąskimi korkowymi listewkami, dzięki którym łatwo unoszą się one na wodzie, a osiadając na brzegach strumieni, rzek i jezior mogą dać początek nowym drzewom, fot. D. Wołkowycki



Ols przy Stawach Dojlidzkich, fot. D. Wołkowycki



Łęg przystrumykowy w Lesie Pietrasze, fot. D. Wołkowycki (także na stronie obok)





W runie łęgów na przedwiośniu kwitną rozliczne geofity, takie jak śledziennica skrętolistna *Chrysosplenium alternifolium*, zawilec gajowy *Anemone nemorosa* i ziarnopłon wiosenny *Ficaria verna*. Rośliny te można spotkać także w miejskich parkach, które często zajmują dawne siedliska łęgów, fot. D. Wołkowycki



Łęg olszowy nad Supraślą zalany wodami wezbraniowymi na przedwiośniu, fot. D. Wołkowycki



Martwe drewno w niszy źródliska porastają mchy i wątrobowce, takie jak stożka *Conocephalum sp.*, fot. D. Wołkowycki



Pozostałości łęgów wierzbowych w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki



W łęgach źródliskowych i przystrumykowych często rośnie rzeżucha gorzka *Cardamine amara*, fot. D. Wołkowycki



Wierzba biała *Salix alba* na rzeką Białą w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki

Knyszyńskiej). Najbardziej spektakularny łęg tego typu zajmuje niszę źródła w Lesie Pietrasze, gdzie intensywny wypływ wód podziemnych zniósł całkowicie spory fragment pagórka i uformował kilkumetrowe, urwiste skarpy. Dno niszy źródliskowej zalegają liczne kłody martwych drzew i niewielkie głazy wypłukane przez wodę, porastane przez mchy i wątrobowce. Na skarpach rośnie tu na jedynym stanowisku w mieście parzydło leśne *Aruncus sylvestris*. Nadleśnictwo Dojlidy niedawno posadziło w tym miejscu sporą grupę cisów, w ramach krajowego programu restytucji tego gatunku. Inne dobrze wykształcone łęgi źródliskowe można spotkać przy północnych i południowych granicach Lasu Pietrasze, na zachodzie Lasu Antoniuk, na Jaroszówce i w Lesie Solnickim, w pobliżu linii kolejowej.

Odmienny charakter mają łęgi wierzbowe i wierzbowo-topolowe, zajmujące mady. W lasach tych panują wierzby: biała *Salix alba* i krucha *S. fragilis*, a miejscami topole: biała *Populus alba* i szara *P. x canescens*. Współcześnie lasów tych pozostało bardzo niewiele, ponieważ ich żyzne siedliska zajmowane były pod uprawę już wieki temu, ale wciąż towarzyszą Białej w jej środkowym biegu, m.in. na zrenaturyzowanym odcinku wzdłuż ul. Jana Klemensa Branickiego.

Okrajki łęgów bardzo często są zajmowane przez ziołorośla welonowe – festony pnączy przypominających liany, choć o niezdrewniałych pędach: chmielu *Humulus lupulus* i kielisznika zaroślowego *Calystegia sepium*, którym towarzyszy przytulia czepna *Galium aparine*, a sporadycznie – pasożytnicza kanianka pospolita *Cuscuta europaea*.

Bardziej wyczerpujący opis flory i roślinności mokradeł został zamieszczony w drugim tomie serii „Bioróżnorodność Miasta Białegostoku", poświęconym jego szacie roślinnej (Wołkowycki, 2019).



Ziołorośla welonowe na okrajku łęgu w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki



Okazałe kwiaty kielisznika zaroślowego *Calystegia sepium*, fot. D. Wołkowycki



Mewy śmieszki *Chroicocephalus ridibundus* na Stawach Dojlidzkich, fot. D. Wołkowycki

Gęsi ciągnące nad Stawami Dojlidzkimi, które są ważną ostoją wodno-błotnych ptaków lęgowych i migrujących, fot. D. Wołkowycki

Zwierzęta miejskich mokradeł

Mokradła zapewniają siedliska, miejsca rozrodu i żerowania rozlicznym zwierzętom. Wiele spośród nich opisano w innych tomach serii „Bioróżnorodność Miasta Białegostoku". Należą do nich przecież niektóre pająki, np. rozciągnik natrzcinny (Kupryjanowicz, 2022), motyle, takie jak czerwończyk fioletek i rusałka drzewoszek (Sielezniew i Dziekańska, 2019) oraz chrząszcze (Gutowski i Lasoń, 2024), płazy (Hermaniuk, 2023), ssaki (Ratkiewicz i Rode, 2022) i ptaki wodno-błotne, szczególnie liczne na Stawach Dojlidzkich (Mirski i Grygoruk, 2021).

Gdybyśmy chcieli pokusić się o wskazanie najbardziej emblematycznego przedstawiciela fauny mokradeł, z pewnością zasługiwałby na to bóbr. To ziemno-wodne zwierzę nie tylko jest zależne od mokradeł, na których spędza całe swoje życie, lecz jest także ich kreatorem i inżynierem.

Co ósmy polski bóbr jest podlasianinem (lub podlasianką). Według danych GUS w Polsce współcześnie żyje blisko (lub nieco ponad, dokładnie tego nie wiemy) 150 tys. tych zwierząt. Ćwierć wieku temu, w 2000 r., było ich około 25 tys., więc w ciągu tego okresu ich liczba wzrosła sześciokrotnie. Tak liczna współcześnie populacja bobrów to ogromny sukces ochrony konserwatorskiej i reintrodukcji tych zwierząt, rozpoczętych w latach 70. XX w. Tym większy, że na ziemiach Polski, w obecnych ich granicach, bobry zostały wybitne niemal doszczętnie do połowy XIX w. Zygmunt Gloger w „Encyklopedii Staropolskiej" (1900) pisał, że bobry

> podobno najliczniejsze były na Podlasiu nad górną Narwią i Biebrzą, którą dawniej nazywano Bobrą od obfitości tych zwierząt. Ostatnie bobry wyginęły nad Narwią w Tykocińskiem i nad Bobrą w pierwszej połowie XIX wieku. Sędziwy starzec pokazywał mi miejscowości [nad Narwią i Nereślą] w dobrach Tykocińskich, gdzie za jego dzieciństwa chciwi na futra kłusownicy zniszczyli ostatnie gony czyli chaty bobrów podlaskich.

Na Wiśle po raz ostatni bobry widziano w 1850 r. Do wytępienia bobrów doszło mimo bardzo długiej historii ochrony tego gatunku, która sięga początków państwa polskiego. Dokumentują ją zapisy już z czasów Bolesława Chrobrego, dotyczące regaliów królewskich, silnie ograniczających odławianie tych zwierząt. Podobne regulacje zawarto w statutach litewskich i ustawie na wołoki (włócznej) z 1557 r., ogłoszonej przez Zygmunta II Augusta. Ten akt prawny, porządkujący administrację leśną i dobra królewskie, zawierał przepisy nakładające kary pieniężne za zabicie bobra. Zabronione było oranie pól, koszenie łąk i wycinanie łóz w odległości rzutu pałką od ich żeremi (m.in. Rakowska i Stachurska-Swakoń, 2021). Z czasów królowej Bony pochodzi świadectwo bobrownictwa prowadzonego w okolicach wsi Leńce, w południowej części Puszczy Knyszyńskiej (tej, która obecnie przylega do granic Białegostoku). Pozostawił je Samuel Leniec Samotyja, według którego:

> pan Mikolai kgdy Ganiaz u v Otciznu vzial i Belsk derżal i mene na tom mescy posadil, kazal mi ich [bartników suraskich] vygoniati s posci, chtob ne chotel do Ganiazia dani davati, i bobrovnikov też Belskich ne velel do tych rek poscati. I ia vże na nego pocal bobry biti[4].

[4] *Arheografičeskij sbornik dokumentov, otnosâŝihsâ k istorii Severo-Zapadnoj Rusi* (Wilno 1867) według Bończak-Kucharczyk E., Maroszek J. b.d.w. *Leńce.* W: *Historyczne kompozycje ogrodowe i parkowe wschodniej Polski.*



Gniazdo remiza *Remiz pendulinus* zawieszone na gałązkach brzozy przy Stawach Dojlidzkich, fot. D. Wołkowycki



Rozlewisko bobrowe w Lesie Solnickim jasno ukazuje kluczową rolę, jaką pełni ten gatunek tworząc i podtrzymując siedliska mokradłowe, niezbędne do życia rozlicznych roślin i zwierząt, fot. D. Wołkowycki

Bobry to stworzenia społeczne i silnie terytorialne. Łączą się na stałe w pary i wspólnie wychowują potomstwo. W bobrzych rodach istnieje ścisła hierarchia i podział obowiązków. Zwierzęta razem budują i naprawiają tamy, żeremia i nory. Bobrzy ojciec pilnuje bezpieczeństwa całego rewiru, oznacza jego granice przez pozostawienie śladów zapachowych na niewielkich kopczykach lub roślinności. Młode pozostają z rodzicami przez dwie zimy i migrują późną wiosną. Bobry dożywają w stanie dzikim do 30 lat, ale w meno- i andropauzę (jeśli można to do nich odnieść) wchodzą w wieku 11 lub 12 lat. Kiedy ostatnie pokolenie młodych opuści rodzinne żeremie czy norę, rodzice dożywają swoich dni już samotnie (m.in. Janiszewski i Misiukiewicz, 2012; Misiukiewicz, 2017).

Bóbr to gatunek zwornikowy (inaczej – kluczowy), czyli taki, który jest niezbędny do funkcjonowania całego ekosystemu i warunkuje istnienie innych organizmów. Rozlewiska na przetamowanych przez bobry rzekach i strumieniach dają miejsce do życia zwierzętom i innym organizmom, których bez bobrów w krajobrazie leśnym, rolnym, nie mówiąc już o miejskim, albo w ogóle by nie było, albo byłoby ich nieporównanie mniej. Z bobrzych rozlewisk korzystają ryby, żaby, traszki i ropuchy, ptaki wodno-błotne, ślimaki i mnóstwo innych zwierząt bezkręgowych. Zbiorniki takie działają jak filtr i osadnik materii, magazyn związków chemicznych



Żeremie bobrów w Lesie Solnickim, fot. D. Wołkowycki



Ślady pobytu i żerowania bobrów można spotkać w wielu miejscach w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki



Ślady pobytu i żerowania bobrów można spotkać w wielu miejscach w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki (zdjęcie górne i dolne)



docierających ze zlewni. Można znaleźć przykłady, które wskazują, że dziesięć kolejnych tam na kilometrze rzeki zatrzymuje do 6,5 tys. m³ różnych osadów. Bez bobrów zatem nasze otoczenie byłoby znacznie mniej różnorodne przyrodniczo. Można powiedzieć, że bobry we współczesnym świecie są błogosławieństwem, ponieważ zacierają grzechy popełnione przez nas w trakcie regulacji rzek i odwadniania ich dolin. Nie oznacza to jednak, że sąsiedztwo tych ssaków nie wywołuje napięć i sytuacji konfliktowych, zwłaszcza w sąsiedztwie siedzib ludzkich, ale także w świecie przyrody i w jej ochronie. Sąsiedztwo bobrów może powodować problemy związane ze wspólnym (przez nie i przez nas) użytkowaniem gruntów. Potrafią one uszkadzać groble i wały, kopiąc w nich nory, albo korzystać z upraw rolnych i sadów. Mogą powodować ubytki starszych drzew w nadrzecznych parkach. Problematyczne bywa podtapianie przez te zwierzęta siedlisk gatunków znacznie rzadszych współcześnie niż bobry lub ekosystemów wymagających ochrony. Należą do nich świerczyny torfowiskowe, łęgi źródliskowe, łąki storczykowe i zmiennowilgotne, nieznoszące długotrwałego zalewania. Czasami zatem powstaje dylemat, związany ze współwystępowaniem różnych gatunków chronionych prawem, które potrzebują do życia tej samej przestrzeni, ale korzystają z niej w odmienny sposób. Bobry współcześnie stały się gatunkiem niezagrożonym, ale mogą ograniczać możliwości bytowania innych, znacznie bardziej zagrożonych i wymagających większej troski. W celu złagodzenia wpływu bobrów na otoczenie stosuje się różne rozwiązania techniczne: osłony z siatki, ogrodzenia, rury i dreny wstawiane w tamy. To rozwiązania o niepełnej skuteczności, ponieważ bobry często doskonale sobie z nimi radzą i są w stanie bardzo szybko wypełniać ubytki w swoich konstrukcjach. Zawsze też, o czym nie można zapominać, za ewentualne straty z nawiązką odpłacają zwiększonymi funkcjami retencyjnymi i wodochronnymi. Cała krajowa populacja bobrów retencjonuje około 70 mln m³ wody. To więcej niż przeciętne zasoby zalewu Siemianówka. Budowa jednego zbiornika retencyjnego o powierzchni 4,5 ha w jednej z gmin województwa podlaskiego w 2023 r. kosztowała 8,5 mln zł, czyli 2,5 razy więcej niż odszkodowania wypłacone w całym województwie przez Skarb Państwa za szkody wyrządzone przez te zwierzęta. Liczby te pozwalają ocenić rachunek strat i zysków, jakie zawdzięczamy bobrom.

Zwierzęta te, a przynajmniej ślady ich bytowania w postaci tam, żeremi, nadgryzionych i obalonych drzew można dość łatwo napotkać w różnych miejscach w mieście. Najłatwiej natknąć się na nie podczas spacerów przy Stawach Dojlidzkich, ale znajdziemy je także nad Białą na Białostoczku i Dojlidach Fabrycznych oraz w Lesie Solnickim.

Mokradła i płytkie wody to środowiska niezbędne do życia płazom, których liczne gatunki występują (a przynajmniej występowały do niedawna) w granicach miasta (Hermaniuk, 2023) i wokół niego. To miejsca rozrodu i zimowania wielu z tych

zwierząt. Jako pierwsze po zimowej diapauzie, zwykle w drugiej połowie marca, budzą się żaby moczarowe i trawne. Po nich przychodzi czas na następne: ropuchy, traszki, grzebiuszki (czyli huczki), kumaki i rzekotki. Jesienią, zanim temperatury spadną do bliskich zeru, płazy znajdują schronienia na dnie stawów i starorzeczy (jak żaby zielone), zagrzebują się pod korzeniami drzew (jak ropuchy), w próchniejących pniach (jak traszki) albo pod odstającą korą, jak sprawnie wspinające się po gałęziach rzekotki, które nawet na zimę niechętnie oddalają się od drzew. Na jakieś pół roku ich metabolizm niemal ustaje. Serce bije ledwie kilka razy na minutę. Oddech zanika, bo niektóre z płazów, zwłaszcza te zimujące w wodzie, tlen w tym czasie pobierają wyłącznie przez skórę. To nic, gdyż podtrzymanie procesów życiowych w czasie diapauzy zapewnia im głównie beztlenowy rozkład glikogenu, zgromadzonego u schyłku lata. Niektóre, jak żaby moczarowe i rzekotki, niewiele sobie robią z zamarznięcia nawet dwóch trzecich płynów ustrojowych. Rozerwaniu komórek przez kryształki lodu w takiej sytuacji zapobiegają zapasy substancji krioprotekcyjnych – glukozy, glicerolu i specyficznych białek. Gdy temperatury zaczynają rosnąć z nadejściem wiosny, płazy stopniowo wychodzą ze stanu hibernacji i przystępują do godów. Samce żab, ropuch i rzekotek obejmują w tym czasie swoje wybranki, łącząc się z nimi w uścisku zwanym ampleksusem. Niewiele w nim jednak czułości i delikatności. Przeciwnie. U tych płazów – tak jak u ryb – zapłodnienie jaj następuje w wodzie. Wypuszczenie partnerki z objęć grozi utratą szans na przekazanie swych genów. Nic dziwnego, że samce nie zwalniają uścisku nawet na chwilę. Są dźwigane przez samice – na barana – w czasie wędrówek po lądzie i w wodzie. Bywa, że odurzone hormonami, obłapiają się w większych grupach albo chwytają w miłosne objęcia osobniki innych gatunków, ryby, jakieś przedmioty unoszące się w wodzie, a nawet... nasze zanurzone w niej dłonie. Wiosną, w czasie godów, samce żab moczarowych przybierają intensywną niebieską barwę. To efekt działania chromatoforów – komórek pigmentowych znajdujących się w ich skórze. Pod wpływem testosteronu samce traszek rozwijają wysokie, faliste grzebienie na grzbiecie i ogonie, co przydaje im powabu w oczach partnerek. Zmiany barwy i wielkości organów pobudzane są przez wydłużający się dzień i większą ilość światła, stymulującego przysadkę mózgową do wydzielania hormonów. Przede wszystkim jednak – cóż w tym dziwnego – działają tak widok i feromony płazich samic.

W odróżnieniu od żaby moczarowej rzekotka jest w stanie zmieniać barwę ciała nie tylko w czasie godów, lecz także przez cały sezon, jak kameleon dostosowując ją do otoczenia, zależnie od tła przybierając kolory zielony, żółtawy, niebieskawy lub ciemnobrązowy, by się zamaskować.

Po godach płytkie i ciepłe wody zapełnią się kłębami skrzeku – otoczonych galaretowatymi osłonkami żabich jaj, z których wyklują się kijanki – zupełnie nieprzypominające rodziców. W trakcie kilku miesięcy, a czasem w ciągu roku, przejdą

one metamorfozę – niezwykły i skomplikowany proces przeobrażenia. Kijanki całe życie spędzają w wodzie i oddychają skrzelami. W trakcie metamorfozy zastępują je płuca. Ogon, w wyniku apoptozy, zaprogramowanej śmierci komórek, zostaje wchłonięty, za to wyrosną im łapy, najpierw tylne, a następnie przednie. Przewód pokarmowy, służący kijankom do pochłaniania glonów i innych roślin, skraca się przed przejściem na dietę mięsną, typową dla dorosłych. Czaszka, mózg i układ nerwowy, oczy i inne narządy zmysłów gruntownie zmieniają się w przygotowaniu do polowań i życia na lądzie.

Wszystkie płazy bezogonowe to hałaśliwe stworzenia. Samce żab, ropuch, kumaków, huczków i rzekotek nawołują samice w specyficzny dla gatunku sposób. Wiele odzywa się także później, by zacieśniać relacje w grupie, zniechęcać rywali i intruzów, ostrzegać przed drapieżnikami, choć w tym ostatnim przypadku efekt bywa obosieczny, ponieważ głosy żab są doskonale wychwytywane przez polujące na nie ptaki. Głośne koncerty, a przy tym intensywna wentylacja ciała, pozwalają schłodzić się w letnie dni. Czasem, jak u kumaków – to reakcja na ubywanie wody w miejscu bytowania: taki komunikat – „uff, jak sucho, i jak gorąco". W okresach suszy niektóre z płazów, np. ropucha zielona, zagrzebane w ziemi na kilka tygodni zapadają w sen letni.

Płazy zjadają i są zjadane, żywiąc drapieżniki wyższego poziomu troficznego. Kijanki pochłaniają naprawdę spore ilości glonów i detrytusu: martwych resztek unoszących się w wodzie. Ropuchy i żaby potrafią odłowić do dwóch kilogramów owadów i ślimaków w ciągu sezonu. Same lądują w brzuchach bocianów, czapli, wydr i borsuków. I zaskrońców, które skutecznie polują na nie w wodzie i na lądzie. Obserwacje polujących na żaby węży mogą przydarzyć się nawet w środku miasta, np. w parku na białostockich Plantach. Te niepozorne zwierzęta są zatem istotnym trybikiem kręgu życia i kaskadowych relacji, spajających ekosystemy. Bez płazów populacje komarów i innych muchówek, w tym przenoszących malarię i inne choroby, rosną, bywa że o 40%. Ich brak trudno też zastąpić w diecie niektórych ptaków, których liczebność drastycznie wówczas spada. Bez kijanek wody szybciej zakwitają glonami i tracą klarowność, co pogarsza warunki życia innych mieszkańców wód.

Płazy to jedna z grup zwierząt, których bardzo szybko ubywa. Najważniejszą tego przyczyną jest zanik siedlisk – odwadniające melioracje mokradeł, zanik śródpolnych i śródmiejskich oczek wodnych, okresy suszy potęgujące się wraz ze zmianami klimatu, zanieczyszczenia wód, pestycydy stosowane w rolnictwie. Mnóstwo z tych zwierząt ginie pod kołami samochodów, zwłaszcza w czasie wiosennych, masowych wędrówek z zimowisk do miejsc rozrodu. Mimo budowy – z myślą o nich – specjalnych przejść pod szosami i tymczasowych barier ochronnych wzdłuż nich, stawianych np. przy ul. Plażowej – na najbardziej ruchliwych i kluczowych odcinkach



Żaby trawne i moczarowe często składają skrzek w płytkich rozlewiskach, łatwo nagrzewających się wczesną wiosną, jak tu, nad Dolistówką, fot. D. Wołkowycki

w ciągu jednej nocy może zginąć ponad tysiąc żab. Szacuje się, że rocznie na polskich drogach ginie od 6 do 10 mln płazów, a śmiertelność w trakcie wiosennych migracji redukuje liczebność niektórych z nich nawet o 90%.

Jak już wielokrotnie tu podkreślano, bardzo zły wpływ na torfowiska i inne ekosystemy wodno-błotne wywiera brak mroźnych i śnieżnych zim, a co za tym idzie – niedobory wody. Brak mrozu i śniegu to brak roztopów i zalewów oraz wiosenne susze, które silnie ograniczają możliwości rozwoju gatunków zasiedlających mokradła. Takich jak komary.

Komary, choć często postrzegane wyłącznie jako uciążliwe i niebezpieczne dla ludzi (bo przecież mogą przenosić wirusy i pasożyty), pełnią niezbywalną funkcję w wielu ekosystemach. Od ich stałej, corocznej i licznej obecności zależą stabilność i trwanie złożonych sieci troficznych i kaskad zależności splatających życie – zwłaszcza, ale nie tylko – nad rzekami, jeziorami i na śródleśnych bagnach.

W starorzeczach, stawach i innych płytkich wodach w „normalnym" sezonie na jednym metrze kwadratowym żyje od 100 do nawet 10 tys. larw komarów. Czyli od 10 do 500 w litrze wody. Zwisając głowami w dół tuż pod powierzchnią



Jedna z żab zielonych na Stawach Dojlidzkich, fot. D. Wołkowycki

(bo oddychają powietrzem zasysanym sponad niej) pochłaniają detrytus, czyli martwe szczątki roślin, a także bakterie, glony i pierwotniaki. Są więc żywymi filtrami wody. Same z kolei żywią rozliczne inne istoty – inne owady wodne: larwy ważek, nartniki, chrząszcze wodne (takie jak pływaki), kijanki żab, traszki, cierniki i karasie oraz niektóre ptaki wodno-błotne.

W czasie krótkiego życia dorosłych komarów, które wiosną i latem trwa zwykle kilka tygodni, są one (o ile występują obficie) żywymi transporterami pierwiastków i związków chemicznych. Żywią się krwią ludzi, saren, jeleni i innych ssaków (w czym mają udział tylko komarze samice), a także nektarem roślin – same dostarczają pokarmu pająkom i ważkom, jerzykom, jaskółkom i nietoperzom. I wielu innym. Są ważne także dla roślin, ponieważ należą do zapylaczy najbardziej aktywnych o zmierzchu i w nocy, kiedy większość innych owadów nie odwiedza kwiatów.

W ekosystemie pozbawionym komarów rozkład materii organicznej w wodach, remineralizacja składników pokarmowych (azotu i fosforu) będą bardzo spowolnione. Spadnie ich dostępność dla wodnych i przybrzeżnych roślin oraz innych organizmów. Bez komarów zmniejszy się liczba potomstwa ptaków i nietoperzy, których sukces rozrodczy zależy od dostępności owadziego pokarmu. To samo

będzie dotyczyło żab i ryb, a także roślin przez komary zapylanych. A to z kolei wpłynie na inne organizmy, żywiące się tymi, których byt bezpośrednio zawisa na populacjach bzyczących krwiopijców.

Drastyczny spadek liczebności i częstości występowania komarów to jedna z oczywistych konsekwencji zmian klimatu. Komary nie są jednak w swym losie odosobnione, dzielą go z rozlicznymi innymi owadami żyjącymi na mokradłach, na łąkach i w lasach. Potwierdzają to twarde dane z wielu krajów Europy, zbierane m.in. dzięki tzw. testom szyby albo maski samochodowej. Takie zaskakująco proste badania polegają na zliczaniu owadów rozbitych o przednią szybę lub tablicę rejestracyjną samochodu na określonym odcinku. Dzięki temu możemy porównywać średnie liczby owadów występujących wzdłuż jednego kilometra drogi. Dane z takich „splat-testów" są przygnębiające. W ciągu ostatnich dwudziestu lat w różnych regionach Europy odnotowano spadki liczebności owadów sięgające 50, a nawet 80%. Z każdą kolejną dekadą ubywa kolejne 10% owadów. To ogromne liczby. Przyczyny takiego stanu rzeczy są złożone. Do najbardziej oczywistych należą melioracje, które zniszczyły większość obszarów mokradłowych i dolin rzecznych w Polsce i Europie, a także intensyfikacja rolnictwa związana ze stosowaniem pestycydów. Winne są także zmiany krajobrazowe: upraszczanie i ujednolicanie upraw, zanik śródpolnych miedz, okrajków, oczek wodnych i innych – dla nas nieużytków, dla owadów siedlisk niezbędnych do życia.



Mokradła, także te białostockie, żywią bogaty świat owadów, m.in. ważek, do których należy świtezianka błyszcząca *Calopteryx splendens*, fot. D. Wołkowycki



Zaskroniec *Natrix natrix* to ziemno-wodny wąż chętnie polujący na płazy na mokradłach, fot. D. Wołkowycki



Gąsienice proporzycy marzymłódki *Tyria jacobaeae*, motyla z podrodziny niedźwiedziówkowatych, żerujące na starcu bagiennym *Jacobea paludosa* na mokradłach nad Supraślą, fot. D. Wołkowycki



Kąpielica czyli żylenica nadwodna *Sialis lutaria* z rzędu wielkoskrzydłych *Megaloptera* w nadwodnych szuwarach, fot. D. Wołkowycki

06

ZAGROŻENIA



Rów odwadniający las łęgowy przy ul. Hugona Kołłątaja, fot. D. Wołkowycki

Rozwój społeczeństw od najdawniejszych czasów nierozerwalnie łączył się z ingerencją w naturalne środowisko. Człowiek, pragnący zapewnić sobie bezpieczeństwo, dostęp do pożywienia oraz możliwość ekspansji, nieustannie przekształcał krajobraz, w którym żył. Wśród wielu obszarów poddawanych takim zabiegom szczególne miejsce zajmują tereny podmokłe – bagna, mokradła i rozlewiska. W głęboko zakorzenionej świadomości społecznej to właśnie opanowanie tych środowisk stało się symbolem walki z siłami natury.

Osuszanie terenów podmokłych miało przede wszystkim wymiar praktyczny. W czasach, gdy podstawą utrzymania i siły gospodarczej społeczności było rolnictwo, eksploatowano każdą przestrzeń nadającą się pod uprawę. Mokradła uchodziły za obszary bezużyteczne i niebezpieczne, siedlisko chorób, szczególnie malarii, a także przeszkodę dla transportu i osadnictwa. Nic więc dziwnego, że przez stulecia podejmowano wysiłki, by te tereny ujarzmić, a narracje towarzyszące takim działaniom często przyjmowały formuły wojenne. Człowiek stawał do boju z przyrodą, a każdy kanał, grobla czy wał przeciwpowodziowy był (i często wciąż bywa) orężem w walce o przetrwanie i rozwój. W opowieściach o takich zmaganiach powtarzał się motyw podboju – zdobywania nowych terytoriów nie przez ekspansję na inne ludy, lecz przez odbieranie ziemi samej Naturze. W ten sposób mokradła przestawały być nieokiełznanym żywiołem, a stawały się przestrzenią ujarzmioną, podporządkowaną człowiekowi i jego potrzebom (Łotysz, 2023).

Tytus Liwiusz podaje, że próby (nie do końca udane) odwodnienia malarycznych Pól Pontyjskich były podejmowane już w II wieku p.n.e. przez konsula Corneliusa Cethegusa, któremu powierzono zadanie przekształcenia ich w grunty orne. Ostatecznym pogromcą tych bagien w regionie Pontine był jednak Benito Mussolini i jego faszystowski reżim w latach 30. XX w. W ramach tzw. *bonifica integrale* (kompleksowej

melioracji) od 1928 r. rozpoczęto budowę kanałów, rowów, systemu pomp oraz osuszanie bagien; równocześnie zakładano nowe miasta (Łotysz, 2023).

Na terenach dzisiejszej Polski wielkie prace odwadniające prowadził Fryderyk Wilhelm I na obszarach spustoszonych przez wojnę trzydziestoletnią. Z inicjatywy Fryderyka II Hohenzollerna osuszano dolny bieg Odry i dolinę Noteci (Łotysz, 2023). Jednakże odwadnianie terenów podmokłych nabrało rozmachu właściwie dopiero z postępami techniki w XIX w. i zajmowaniem coraz to nowych przestrzeni na potrzeby upraw i hodowli.

W 1930 r. z pewną zazdrością pisał Srokowski o użytkowaniu mokradeł w Prusach:

> Na bagnach wysokich, tam gdzie istnieje rolnictwo, uprawiane bywają przeważnie kartofle, które przynoszą do 150 q z hektara. Bagna płaskie, dające się nieporównanie łatwiej rolniczo wyzyskać, są poza tem w Prusiech Wschodnich główną podstawą hodowli bydła. Gdy bowiem łąki na mineralnym gruncie dają rocznie z hektara 10–15 q siana, to niektóre nizinne wykazują zbiór znacznie większy, bo sięgający 80 do 90 q, a w wyjątkowych razach nawet 130 do 137 q. Wilgotne łąki wschodnio-pruskie, pokrywające wiele torfowisk, przedstawiają przeto najważniejszy dla kraju zbiornik paszy, zwłaszcza w stronach, gdzie zawodzi uprawa koniczyny. Skarby, które tkwią w bagnach wschodnio-pruskich, są zatem ogromne. Mogą one setki lat kraj żywić, ogrzewać, oświetlać i zaopatrywać w siły potrzebne do rozwinięcia przemysłu. Dziś to wszystko leży jednak jeszcze niewyzyskane.

Niezadowolenie z niedostatecznej aktywności w melioracji torfowisk w Polsce w okresie międzywojennym dało się wyczytać w doniesieniach prasowych. W artykule o niewykorzystanych możliwościach produkcyjnych bagien Polesia, w porównaniu do sukcesów gospodarczych, które przyniosła melioracja Pól Pontyjskich, będąca częścią walki faszystowskich Włoch o zboże (*battaglia del grano*) dziennikarze „Głosu Lubelskiego" dopytywali: „Kiedyż narodzi się Mussolini, który zamieni je w pola i ogrody?" (Łotysz, 2023). Po drugiej wojnie światowej osuszanie mokradeł rozpoczęło się na ogromną skalę. Ponad 80% powierzchni krajowych torfowisk w różnym stopniu osuszono i przekształcono w łąki i pastwiska.

Odwadnianie na potrzeby rolnictwa i osadnictwa, regulacja rzek i pobór wody na cele gospodarcze, akwakultura, wydobycie torfu, zanieczyszczenie, zasypywanie i wiele innych ingerencji w środowisko mają niezwykle destrukcyjny wpływ na mokradła. Szacuje się, że od 1900 r. do początku XXI w. na świecie zanikło 64–71% terenów podmokłych, ale utrata mogła sięgać nawet 87% od 1700 r.



Zasypywanie śródmiejskich mokradeł na osiedlu Leśna Dolina i przy ul. Przędzalnianej w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki

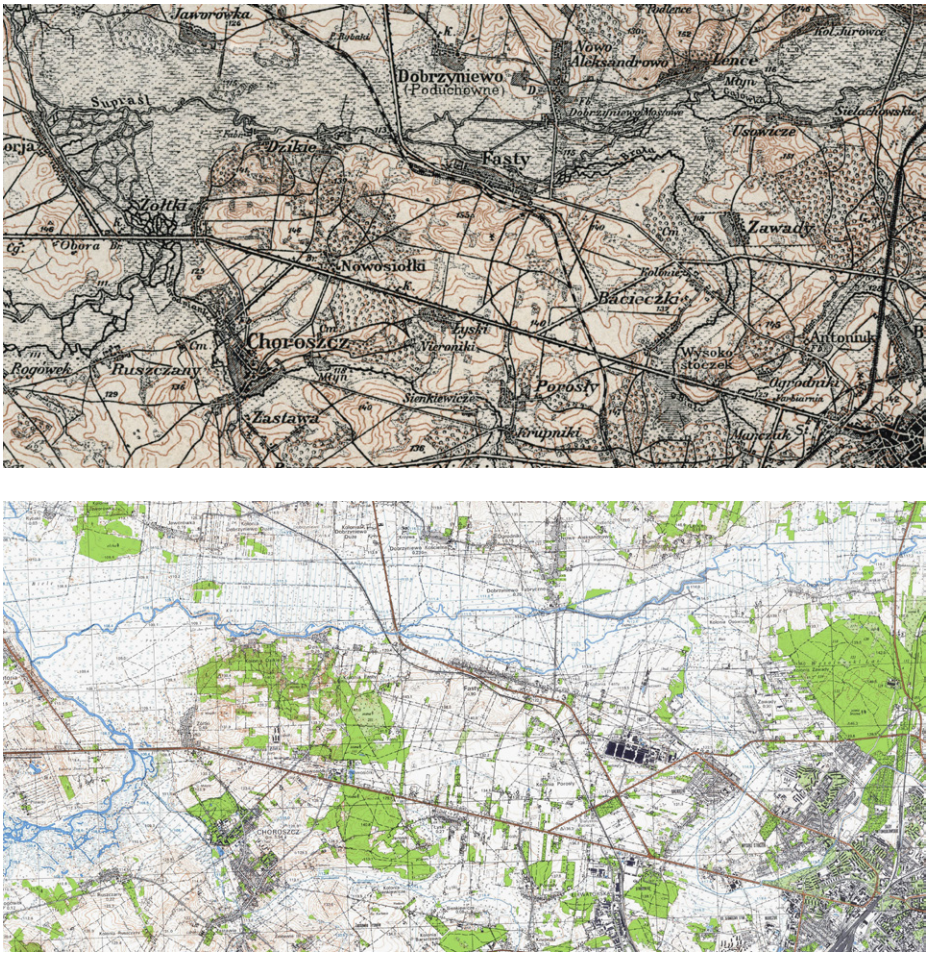


Szczególnie niszczycielsko w historii mokradeł zapisały się stulecia XX i XXI, w których niszczenie bagien przyspieszyło 3,7-krotnie w stosunku do czasów poprzednich. Chociaż tempo utraty terenów podmokłych w Europie obecnie zwolniło, a w Ameryce Północnej utrzymuje się na niskim poziomie od lat 80. XX w., ich destrukcja w dalszym ciągu dotyka Azji (Davidson, 2014).

W Chinach presja populacyjna i błędy polityki gospodarczej w ostatnich 50 latach spowodowały utratę 23% mokradeł śródlądowych i 51% przybrzeżnych (An i in., 2007). Szczególnie podatne na utratę terenów podmokłych są delty rzek, których duże obszary są przekształcane na potrzeby rolnicze. Taki też los w początkach XX w. spotkał deltowe ujścia Białej i Supraśli pod Białymstokiem. Torfowiskom północnym zagraża wydobycie paliw kopalnych, w tym piasków roponośnych w Kanadzie. W Europie wiele z około 600 tys. km^2 torfowisk (1 mln km^2 włączając torfowiska płytsze niż 30 cm) jest osuszonych i zdegradowanych. W niektórych krajach ta wartość sięga 50 i więcej procent. Przykładowo w Niemczech szacuje się, że przekształcenia dotknęły 95% torfowisk. Na całym świecie od 1980 do 2005 r. zanikło 20% (3,6 mln ha) mokradeł namorzynowych (FAO, 2007).

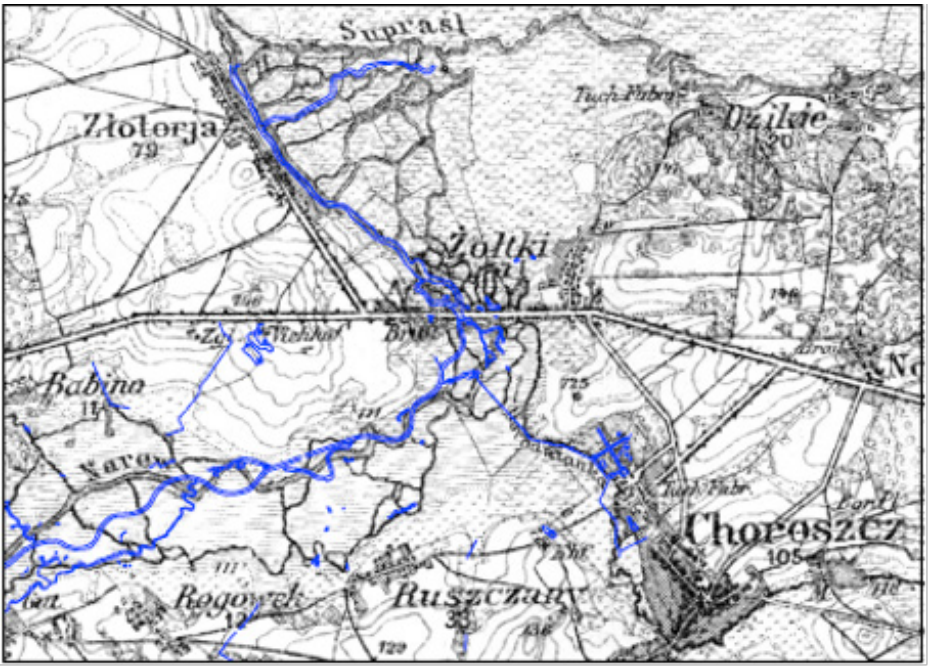
Osuszanie podlaskiego, najbliższego nam świata rozpoczęliśmy dawno temu. Cieki były regulowane lokalnie, by poprawić żeglugę lub osuszyć łąki (np. melioracje w dobrach szlacheckich). Od drugiej połowy XVIII w. rozpoczęły się systematyczne prace hydrotechniczne, by usprawnić spław drewna tymi głównymi w owych czasach arteriami transportu. Taki los spotkał m.in. Narewkę w Puszczy Białowieskiej. To w konsekwencji rozpoczętych wówczas prac dno tej wyprostowanej sztucznie rzeki stale się obniża, już grubo o ponad metr w stosunku do stanu sprzed kilku dekad. W konsekwencji prowadzi to do przyśpieszonego odpływu wód z przyległych lasów. To właśnie odwodnienie lasów było pierwotną przyczyną gradacji kornika drukarza, która doprowadziła do masowego zamierania świerków i ostrego konfliktu społecznego wokół tego, jak zarządzać tym procesem, i czy w ogóle to robić.

Schyłek XIX stulecia i pierwsza połowa XX w. przyniosły w naszym regionie coraz bardziej intensywne odwodnienia mokradeł i dolin rzecznych na potrzeby rolnictwa. Przybrały one na sile w latach 50., 60. i 70. zeszłego stulecia, kiedy to zniszczono nie tylko Bagno Wizna i wiele innych mokradeł w dolinie Narwi, lecz także dopełnił się los większości torfowisk w całej Polsce. Również w tym okresie doliny białostockich (i okolicznych) rzek i strumieni zostały pocięte rowami melioracyjnymi. W połowie lat 80. działania te – na szczęście, choć zbyt późno – wyhamowały, dzięki czemu ocalał m.in. bagienny fragment doliny Narwi, chroniony obecnie w tamtejszym parku narodowym, a także częściowo Bagna

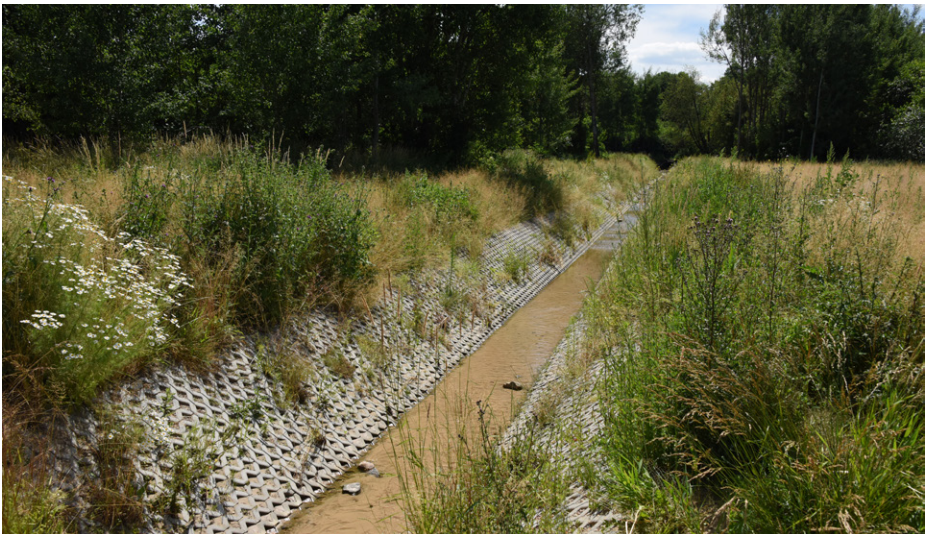


Regulacja Supraśli i Białej oraz odwodnienie ich dolin przez sieć rowów melioracyjnych po II Wojnie Światowej doprowadziły do zaniku deltowego ujścia pierwszej z tych rzek oraz wielu mokradeł na terenie Białegostoku i w jego okolicach, zwłaszcza tych soligenicznych. Zmiany sieci hydrograficznej ukazują fragmenty map topograficznych: Arkusza M29. Białystok Mapy Taktycznej Polski Wojskowego Instytutu Geograficznego z 1923 r., reprodukującego mapę niemiecką z 1915 r. (u góry) oraz mapy topograficznej opracowanej przez OPGK w Białymstoku wg stanu z 1982 r. (u dołu).

Biebrzańskie. Niestety, mimo nasilających się niedoborów wody melioracje odwadniające mokradła nadal bywają podtrzymywane, nawet w dolinach rzek śródmiejskich (m.in. w Białymstoku), z których rolnictwo ustąpiło dekady temu. Udrażnianie rowów, pogłębianie cieków, usuwanie drzew, krzewów i martwego drewna z ich brzegów bardzo przyśpieszają odpływ wód i przyczyniają się do postępującego zaniku mokradeł.



Regulacja Narwi i osuszenie torfowisk na potrzeby gospodarki rolnej w końcu lat 70. XX w. doprowadziły do drastycznych zmian środowiskowych. Na rysunku pokazano przykład z okolicy ujścia Supraśli do Narwi. Tłem historycznym jest *Karte des westlichen Russlands*, arkusz M29 Białystok w skali 1:100000 z 1915 r. Kolorem niebieskim zaznaczono sieć rzeczną w z przełomu XX i XXI wieku, ryc. A. Kamocki



Pogłębiony kilka lat temu (ok. 2019 r.) i wyłożony betonowymi płytami rów przyśpiesza odwadnianie i zanik mokradeł w Leśnej Dolinie w Białymstoku, fot. D. Wołkowycki



Rów melioracyjny po pracach utrzymaniowych w podbiałostockiej Grabówce, fot. D. Wołkowycki



Pogłębianie, wykaszanie i oczyszczanie brzegów Białej przy ul. Jana Klemensa Branickiego dewastuje efekty prac, wykonanych olbrzymim nakładem sił i środków, zmierzających do renaturyzacji tego odcinka doliny, fot. D. Wołkowycki

Rozmiar przyrodniczych i funkcjonalnych strat spowodowanych przez osuszanie mokradeł pogłębiają w ostatnich latach zmiany klimatu, które przyniosły drastyczne skrócenie śnieżnych i mroźnych zim, doprowadzając niemal do ich zaniku. Przy braku śniegu i długotrwałych mrozów, nawet jeśli pada w miesiącach zimowych, to woda (w postaci stałej) nie jest magazynowana do wiosny, kiedy najbardziej potrzebują jej łąki, lasy, pola i ogrody.

Szczególnie niepokojący jest zanik torfowisk, ekosystemów, które powstawały przez tysiące lat. Przyjmuje się, że torf w klimacie umiarkowanym przyrasta z szybkością 1 mm rocznie, choć rzeczywista prędkość jest znacznie mniejsza i zazwyczaj wynosi nieco ponad 0,5 mm na rok; większe tempo, sięgające nawet do 1–2 mm, może osiągać w wyjątkowo sprzyjających warunkach. Warstwa torfu o grubości jednego metra powstaje zatem przez co najmniej 1000 lat, ale po osuszeniu torfowisko ginie w zastraszająco szybkim tempie. Odwodnienie przerywa akumulację materii organicznej i rozpoczyna proces decesji (rozpadu złoża). Torf przestaje być wypierany i „unoszony" przez wodę, jego powierzchnia osiada, a masa organiczna kurczy się i pęka. W szczeliny i pory glebowe wnika powietrze, rozpoczyna się utlenianie – mineralizacja i zanik masy organicznej. Całość przemian fizycznych, chemicznych i biologicznych odwodnionej i natlenionej masy torfowej nazywa się **murszeniem**, a utworem powstającym w wyniku murszenia jest **mursz**. Cechą charakterystyczną murszu jest zmiana włóknistego, gąbczastego lub amorficznego torfu w struktury gruzełkowe lub ziarniste.

Na początku osiadanie powierzchni odwodnionego torfowiska zachodzi bardzo szybko, po kilku, kilkunastu latach spowalnia, może być jednak przyspieszone przez kolejne odwodnienia. Tempo obniżania powierzchni może osiągać nawet kilka centymetrów na rok, a ubytek masy organicznej – kilkanaście ton na hektar rocznie. Tempo zaniku torfowiska zależy od sposobu jego użytkowania. Użytkowanie łąkowe i pastwiskowe, najpowszechniejsze w naszym kraju, powoduje obniżanie się torfowisk niskich o około jeden centymetr rocznie i w zdecydowanej większości jest spowodowane mineralizacją masy glebowej. Znacznie bardziej destrukcyjne jest użytkowanie głęboko odwodnionych torfowisk jako gruntów ornych, na których ubytek torfu może sięgać trzech centymetrów rocznie. Oznacza to, że metrowa warstwa tak użytkowanego torfowiska może zaniknąć w ciągu zaledwie 30 lat. Do zaniku torfowiska mocno przyczynia się roślinność leśna. W Kotlinie Biebrzańskiej pod lasem brzozowym ubytek torfu osiąga przeciętnie 2 cm/rok.

Mineralizacji torfu i murszu towarzyszy uwalnianie azotu w ilościach często znacznie przekraczających zapotrzebowanie roślin. Roczna mineralizacja organicznych związków azotu w stropowej, 20-centymetrowej warstwie gleby



Przesuszony torf kurczy się i pęka. W szczeliny wnika powietrze i rozpoczyna się intensywne utlenianie i zanik masy organicznej. Przemiany fizyczne, chemiczne i biologiczne odwodnionej i natlenionej masy torfowej nazywa się **murszeniem**, a utworem powstającym w wyniku tego procesu jest **mursz**. Efektem jest uwalnianie do atmosfery ogromnych ilości dwutlenku węgla. Wody gruntowe w zanikającym torfowisku są zazwyczaj zasobne z rozpuszczony węgiel organiczny i związki azotu uwalniane z mineralizującego się torfu (porzucona kopalnia torfu, Slavskij Rajon, Obwód Królewiecki, Rosja), fot. P. Banaszuk



Północnoamerykański klon jesionolistny *Acer negundo* często zasiedla nadrzeczne łęgi, fot. D. Wołkowycki

murszowej sięga ponad 360 kg/ha, co przyczynia się do **eutrofizacji** siedlisk (ich przeżyźnienia), a także jest przyczyną emisji do atmosfery podtlenku azotu – bardzo aktywnego gazu cieplarnianego (Ilnicki i Szajdak, 2016).

Na całym świecie torfowiska odwodnione na potrzeby leśnictwa, upraw lub użytków zielonych co roku emitują około 2 Gt dwutlenku węgla w wyniku mikrobiologicznego utleniania torfu lub pożarów i powodują 5% wszystkich antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych (Günther i in., 2020). Najwięcej dwutlenku węgla uwalniają torfowiska Indonezji – nawet ponad 600 Mt CO_2 rocznie (Briefing Paper, 2019). Torfowiska w krajach Unii Europejskiej emitują około 220 Mt CO_2/rok. Największym emitentem dwutlenku węgla z odwodnionych torfowisk są Niemcy, a następnie Finlandia, Polska, Irlandia, Rumunia, Szwecja, Łotwa, Litwa i Holandia (Greifswald Mire Centre). Polskie zdrenowane gleby torfowe użytkowane rolniczo lub leśnie są źródłem około 34 Mt ekwiwalentu CO_2, a kopalnie torfu dodają do tej wartości jeszcze 1,9 Mt (Kotowski, 2021).



Kolczurka klapowana *Echinocystis lobata* to jeden z najczęstszych inwazyjnych gatunków obcych, kolonizujących nadwodne mokradła. Jej eliminacja z mocy prawa należy do zadań własnych samorządów miast i wsi. Stawy Dojlidzkie, fot. D. Wołkowycki

Ponowne nawodnienie torfowisk może znacząco zmniejszyć emisję dwutlenku węgla, ale przywraca emisję metanu (CH_4), którego silny i jeszcze nie do końca poznany wpływ na globalne ocieplenie wzbudza czasami wątpliwości, czy warto jest świadomie tworzyć lub przywracać źródło tego gazu cieplarnianego. Modele klimatyczne wskazują jednoznacznie, że renaturyzacja torfowisk jest potrzebne, a im szybciej tego dokonamy, tym lepiej dla klimatu. Niekorzystny wpływ na bilans radiacyjny spowodowany przez CH_4 nie osłabia potencjału łagodzenia zmian klimatu, będącego efektem ponownego nawodnienia torfowisk. Natomiast odroczenie nawodnienia zwiększa długoterminowy efekt ocieplenia na skutek ciągłej emisji CO_2.

Przesychające i użyźniające się mokradła, zwłaszcza te nieleśne, z których wycofali się rolnicy, ale i nadrzeczne łęgi, padają łatwą ofiarą licznych inwazyjnych gatunków obcych. Kolonizują je i masowo zarastają: dereń rozłogowy *Cornus sericea*, kolczurka klapowana *Echinocystis lobata*, nawłocie kanadyjska *Solidago canadensis* i późna *S. gigantea*, niecierpek gruczołowaty *Impatiens glandulifera*, rdestowiec ostrokończysty *Reynoutria japonica* i inne, wypierające rośliny rodzime, powodujące zmiany siedlisk i niszczące sieci powiązań ekosystemowych. Eliminacja niektórych z nich: kolczurki, niecierpka gruczołowatego i rdestowców z mocy prawa należy do zadań własnych samorządów terytorialnych.

Szacuje się, że globalna degradacja terenów podmokłych powoduje utratę około 20 bln dolarów rocznie w usługach ekosystemowych (Costanza i in., 2014).

Tabela 2. Potencjał zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych z torfowisk w Polsce w przypadku ich ponownego nawodnienia i renaturyzacji (źródło: Kotowski, 2021)

Sposób użytkowania terenu	Emisja w stanie odwodnionym	Emisja po nawodnieniu	Możliwe zmniejszenie emisji
	t ekw. CO_2 ha^{-1} rok^{-1}		Kt ekw. CO_2
Las	12,1	3,5	2531,3
Grunt orny	37,1	10,8	brak danych
Łąka uboga w biogeny	24,0	3,5	2287,6
Łąka zasobna w biogeny, głęboko odwodniona	29,0	10,8	16 168,6
Łąka zasobna w biogeny, płytko odwodniona	16,8	10,8	666,3
Kopalnia torfu	12,4	3,5	68,2
Możliwe całkowite zmniejszenie emisji			21 722,0
		– z tego w rolnictwie	19 122,5
		– z tego w leśnictwie	2531,3



Jeden z głębokich rowów odwadniających Las Zwierzyniecki, fot. D. Wołkowycki



OCHRONA MOKRADEŁ

Próg z konarów i gałęzi spowalnia odpływ wód w rowie w Lesie Zwierzynieckim, fot. D. Wołkowycki

Postrzeganie i gospodarcze znaczenie mokradeł zmieniają się w czasie. Pierwotnie były to obszary o znaczeniu obronnym, dostarczające łatwo osiągalnych zasobów naturalnych związanych z pożywieniem i drewnem. Jeszcze w drugiej połowie XX w. mokradła oceniano głównie ze względu na ich produktywność. Dopiero ostatnio społeczeństwo zaczęło dostrzegać ich inne funkcje środowiskowe. Niestety, chociaż wartość terenów podmokłych jest już uznawana na całym świecie, ich ochrona jest zazwyczaj zdecydowanie niewystarczająca. Stany Zjednoczone prawdopodobnie mają najbardziej rygorystyczną metodologię definiowania terenów podmokłych, oceny ich korzyści funkcjonalnych i przywracania mokradeł. Większość z tych zasad jest skodyfikowana w prawie amerykańskim w ustawie *Clean Water Act,* znowelizowanej w 1972 r. W innych krajach przepisy i środki ochrony obszarów wodno-błotnych nie zawsze są równie dobrze zdefiniowane, ale międzynarodowe instrumenty, takie jak konwencja ramsarska o obszarach wodno-błotnych o znaczeniu międzynarodowym, zapewniają ochronę przynajmniej niektórych z nich (www.ramsar.org).

Rośnie świadomość potrzeby zwiększenia ochrony przyrody mokradeł w Unii Europejskiej, w tym renaturyzacji terenów podmokłych. Rozporządzenie 2024/1991 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 24 czerwca 2024 r. w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych ma na celu przywrócenie różnorodnej biologicznie i odpornej przyrody na całym terytorium Unii, realizację celów związanych z łagodzeniem zmian klimatu, a także poprawę bezpieczeństwa żywnościowego. Osiągnięcie tych ambitnych celów będzie wymagało szeroko zakrojonych działań na rzecz ochrony i przywrócenia terenów podmokłych. Zgodnie z ustaleniami państwa członkowskie UE powinny „wdrożyć środki odbudowy, które do 2030 r. doprowadzą do dobrego stanu co najmniej 30% siedlisk w ekosystemach lądowych, przybrzeżnych, słodkowodnych i morskich, które nie są w dobrym stanie".

Przywrócenie wody do torfowisk przez ponowne nawadnianie może znacznie zmniejszyć emisje gazów

cieplarnianych, przywrócić zbiorowiska roślinne i ożywić różnorodność biologiczną, a tym samym umożliwić ekstensywne zarządzanie, takie jak paludikultura (Jurasinski i in., 2024). Wszelkie środki zaradcze i działania polityczne muszą opierać się jednak na dokładnym i szczegółowym oznaczaniu emisji. Ten kluczowy aspekt musi zostać uwzględniony, aby zapewnić skuteczne i świadome podejmowanie decyzji.

Na amerykańskim Środkowym Zachodzie, w tzw. pasie kukurydzy (Corn Belt) w zlewni Missisipi w latach 2000–2006 odtworzono ponad 30 000 ha mokradeł (Fennessy i Craft, 2011). Rekultywację śródlądowych terenów podmokłych, niegdyś użytkowanych rolniczo, zaczęto wdrażać w Europie w celu poprawy jakości wody i zwiększenia różnorodności krajobrazu oraz akumulacji węgla (Acreman i in., 2007; Protect wetlands in Europe).

Zapisy, dotyczące ochrony mokradeł można odnaleźć w wielu europejskich i międzynarodowych aktach prawnych.



Renaturyzacja torfowisk nad jeziorem Michigan (Indiana Dunes National Park, Illinois, USA). Ponowne uwodnienie zdegradowanych mokradeł spowodowało ekspansję pałki (*Typha sp.*). Po usunięciu tego gatunku z użyciem herbicydów wolontariusze nasadzają gatunki „docelowych" roślin bagiennych. W Polsce nie praktykuje się stosowania metod chemicznych do zwalczania ekspansywnych gatunków rodzimych, ze względu na wysokie ryzyko niepożądanych zmian w środowisku, fot. P. Banaszuk

1. **Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.** Ta kompleksowa dyrektywa ustanawia zintegrowane podejście do gospodarki wodnej w całej UE. Nakłada ona na państwa członkowskie obowiązek zapewnienia dobrego stanu ekologicznego i chemicznego wód (w tym terenów podmokłych).

2. **Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory**, zwana **Dyrektywą Siedliskową**, mająca fundamentalne znaczenie dla polityki ochrony przyrody UE, nakłada obowiązek ochrony siedlisk przyrodniczych i gatunków. Ustanawia ona sieć Natura 2000, która obejmuje wiele ekosystemów terenów podmokłych.

3. **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa,** zwana **Dyrektywą Ptasią**, mająca na celu ochronę dzikich gatunków ptaków, przyczynia się również do ochrony terenów podmokłych przez ochronę ważnych siedlisk ptaków wodno-błotnych w całej Europie.

4. **Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim.** Chociaż dyrektywa ta ma na celu przede wszystkim zmniejszenie ryzyka powodziowego, promuje ona zintegrowane praktyki zarządzania ryzykiem powodziowym, które często obejmują ochronę i odtworzenie naturalnych terenów podmokłych jako buforów przeciwpowodziowych.

5. **Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG)**. Dyrektywa ta, mająca na celu poprawę jakości wody przez kontrolę zanieczyszczenia azotanami, pochodzącymi ze źródeł rolniczych, przynosi pośrednie korzyści terenom podmokłym przez ograniczenie nadmiernego obciążenia składnikami biogenicznymi, które może prowadzić do degradacji środowiska naturalnego.

6. **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko.** Dyrektywa nakładająca obowiązek przeprowadzania szczegółowych ocen oddziaływania na środowisko dużych inwestycji, gwarantuje, że wszelkie potencjalne skutki dla terenów podmokłych i innych wrażliwych ekosystemów są dokładnie oceniane i łagodzone.

7. **Konwencja ramsarska o ochronie terenów podmokłych (1971 r.).** Chociaż konwencja ta jest traktatem międzynarodowym, a nie prawem UE, została przyjęta przez większość państw członkowskich UE jako wytyczna w zakresie ochrony i zrównoważonego wykorzystania terenów podmokłych.

8. **Rozporządzenie (UE) 2024/1991 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 24 czerwca 2024 r. w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych i zmiany rozporządzenia (UE) 2022/869.** Przyjęte w 2024 r. przełomowe prawo wyznacza prawnie wiążące cele w zakresie renaturyzacji zdegradowanych ekosystemów w całej Unii Europejskiej. Kładzie ono nacisk na odtwarzanie terenów podmokłych oraz innych ekosystemów, nakładając obowiązek wymiernej poprawy jakości siedlisk i różnorodności biologicznej. Prawo to stanowi ramy dla inicjatyw na rzecz renaturyzacji, zachęcając do zrównoważonego gospodarowania gruntami i przeznaczając środki finansowe na przywrócenie naturalnych procesów, które wspierają zarówno równowagę ekologiczną, jak i odporność na zmianę klimatu.

Te ramy prawne stanowią podstawę działań na rzecz ochrony środowiska terenów podmokłych w Unii Europejskiej. Pomagają one zapewnić nie tylko lepszą jakość wody i integralność siedlisk przyrodniczych, lecz także odporność ekologiczną i klimatyczną dzięki zrównoważonym praktykom zarządzania. Gdybyż tylko w pełni przestrzegano ich zapisów.

Śnieżnych i mroźnych zim nie przywrócimy. Nie jesteśmy jednak całkiem bezradni wobec posuchy. Po pierwsze, zaprzestańmy dalszego niszczenia magazynów wody: zasypywania i odwadniania mokradeł, ogołacania brzegów rzek z drzew i krzewów. Po drugie, zatroszczmy się o lasy bagienne – jeszcze bardziej, choć jest to już na bardzo dobrej drodze. Po trzecie wreszcie – łapmy wodę, gdzie tylko to możliwe, przegradzając rowy, czym się da, jeśli nie technicznymi zastawkami, to choćby belą siana lub stertą gałęzi. W tym ostatnim, na szczęście, nie pozostaniemy osamotnieni, mogąc liczyć na czworonożnych sprzymierzeńców – bobry.

Wiedzą na temat tego, jak skutecznie chronić miejskie mokradła, różnorodność ich przyrody i świadczeń o żywotnym znaczeniu dla mieszkańców miasta, dysponujemy od lat (por. Kwiatkowski i Gajko, 2011; Wołkowycki, 2019). Wypada zatem w tym miejscu tylko ją przypomnieć, z może nazbyt naiwną nadzieją, że przynajmniej niektóre z tych postulatów uda się kiedyś wcielić w życie.

Skuteczna ochrona sieci rzecznej oraz wszelkich mokradeł (siedlisk zależnych od wody) w Białymstoku wymaga spójnych działań w pięciu obszarach.



Odpływ na rowie odwadniającym torfowisko można efektywnie zahamować zasypując lub przegradzając go biomasą z cięć pielęgnacyjnych lub wykaszania na przyległych mokradłach. To pierwszy krok w kierunku całkowitego zarośnięcia i zneutralizowania takiego odprowadzalnika wody. Torfowisko Verdal w środkowej Norwegii, fot. P. Banaszuk



Tam, gdzie zawodzi technika i człowiek wodę piętrzą bobry. Tama bobrowa na rzeczce Horodniance przy zachodnich peryferiach Białegostoku. Na pierwszym planie nieczynna od lat zastawka, fot. P. Banaszuk



Studenci Koła Naukowego Leśników Politechniki Białostockiej wykonujący progi z martwego drewna na rowie w komunalnym Lesie Zwierzynieckim w Białymstoku w ramach akcji „Woda jest z lasu", fot. D. Wołkowycki

1. Ochrona źródlisk oraz naturalnych strumieni wraz z otaczającymi je lasami łęgowymi powinna mieć charakter zachowawczy. Obszary te powinny być rygorystycznie chronione jako lasy i siedliska wodochronne i jako takie powinny być uwzględnione w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego oraz innych dokumentach planistycznych. Gospodarka leśna na tych obszarach była prowadzona jeszcze całkiem niedawno, a innymi zagrożeniami są zmiany stosunków wodnych oraz postępujące ich zasypywanie i zaśmiecanie. Usuwanie tych ostatnich zagrożeń spoczywa na zarządcach i właścicielach gruntów. Dotyczy to w szczególności łęgów źródliskowych i przystrumykowych w Lesie Pietrasze, Lesie Solnickim, Lesie Antoniuk, na Jaroszówce, ale i w innych częściach miasta.

   Ze względu na funkcje wodochronne, klimatyczne i inne świadczenia zachowawczą ochroną powinny zostać objęte także inne lasy zdolne do naturalnej regeneracji na siedliskach mokradłowych, tj. lasy wilgotne, łęgi i olsy (Lw, Ł, OlJ, Ol), w celu zwiększenia ich różnorodności, zasobów drzew o funkcjach biocenotycznych i martwego drewna. Drewno pozyskiwane w trakcie cięć przygodnych i innych prac nie powinno być usuwane poza granice płatów

tych siedlisk. W szczególności dotyczy to obszarów starych lasów, tj. Antoniuk i Zwierzynieckiego.

2. Wyłączenie spod zabudowy dolin rzek, strumieni i innych cieków przez stosowne zapisy w dokumentach planistycznych. Presja budowlana stale się nasila i powoduje zmniejszanie się powierzchni siedlisk wodochronnych. Obecnie dotyczy to m.in. dolin Dolistówki w rejonie ul. Wołyńskiej, Dojlid Górnych, a także doliny Bażantarki.

3. Wzmacnianie funkcji retencyjnych dolin rzek i strumieni przez ich renaturyzację, w tym przywracanie meandrującego biegu i inne działania spowalniające odpływ wód z dala od siedzib ludzkich.

   3.1 W pierwszym etapie – odpowiednie dostosowanie czynności i prac utrzymaniowych na sieci rowów melioracyjnych, odnowienie lub budowa urządzeń spowalniających odpływ (zastawek) i ich stosowanie.
   3.2 Wykonanie zastawek naturalnych z materiału miejscowego na rowach. W szczególności dotyczy to Lasu Zwierzynieckiego, w tym tamtejszego rezerwatu przyrody.
   3.3 Zaniechanie wycinania drzew i krzewów oraz wykaszania roślinności przy brzegach cieków na odcinkach położonych z dala od terenów zabudowanych.
   3.4 Docelowo – przywrócenie meandrującego biegu i naturalnej dynamiki rzeki Białej i zasilającej ją strumieni na niektórych odcinkach, położonych z dala od terenów zabudowanych, w szczególności w dolinie Białej, poniżej ul. Generała Władysława Sikorskiego, a także w dolinach Bażantarki i Dolistówki.

4. Ochrona półnaturalnych mokradeł nieleśnych.

   4.1 Formalno-prawna ochrona najcenniejszych obiektów, w pierwszym rzędzie mokradeł przy ul. Bł. Ks. Michała Sopoćki, przez utworzenie na ich obszarze użytku ekologicznego oraz zapis w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego wykluczający możliwości zabudowy tego obszaru i zmiany jego stosunków wodnych.
   4.2 Czynna ochrona wybranych, najcenniejszych mokradeł nieleśnych przez przywrócenie właściwych stosunków wodnych, powstrzymywanie sukcesji wtórnej, karczowanie, wycinanie i wykaszanie ekspansywnych drzew, krzewów i bylin, w szczególności inwazyjnych gatunków obcych.



Rów w Lesie Zwierzynieckim przegrodzony fragmentami martwego drewna, fot. D. Wołkowycki

5. Ochrona łączności ekologicznej.

Przywrócenie i podtrzymywanie łączności ekologicznej przez utrzymanie półnaturalnego charakteru roślinności na obszarach o funkcjach korytarzy ekologicznych, w szczególności w dolinach cieków. Wprowadzenie i przestrzeganie zapisów planistycznych wyłączających możliwość zabudowy obszarów o takich funkcjach.



Jeśli udałoby się wcielić w życie choćby część z powyższych reguł, różnorodne przyrodniczo lasy bagienne i mokradła, szuwary, półnaturalne łąki i ziołorośla zyskają szansę przetrwania w naszym mieście, służąc roślinom, zwierzętom i nam – współczesnym i przyszłym mieszkańcom Białegostoku.

08 WYBRANA LITERATURA



Mokradła w Lesie Solnickim, fot. D. Wołkowycki

Acreman, M.C., Fisher, J., Stratford, C.J., Mould, D.J., Mountford, J.O. 2007. Hydrological science and wetland restoration: Some case studies from Europe. Hydrology and Earth System Sciences 11, 1: 158–169.

An, S., Li, H., Guan, B., Zhou, C., Wang, Z., Deng, Z., Zhi, Y., Liu, Y., Xu, C., Fang, S., Jiang, J., Li, H. 2007. China's natural wetlands: past problems, current status, and future challenges. Ambio 36, 4: 335–342.

Bończak-Kucharczyk, E., Maroszek, J. b.d.w. Historyczne kompozycje ogrodowe i parkowe wschodniej Polski. www.ogrodowy.minigo.pl/index.php

Briefing Paper on the role of peatlands in the new European Union's Common Agriculture Policy (CAP), Greifswald Mire Centre. 2019. https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/GMC-briefing%20paper_CAP_final.pdf

Brix H, Sorrell, B.K., Lorenzen, B. 2001. Are Phragmites-dominated wetlands a net source or net sink of greenhouse gases? Aquatic Botany 69, 2–4: 313–324.

Cetera, J., Gaweł, A., Wołkowycki, D. 2002. Dolinami rzek. Muzeum Podlaskie w Białymstoku, Białystok.

Chętnik, A. 1936. Pożywienie Kurpiów. Jadło i napoje zwykłe, obrzędowe i głodowe. Polska Akademia Umiejętności. Prace Komisji Etnograficznej 16: 1–134.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., & van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387: 253–260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change 26: 152–158.

Craft, C. 2016. Creating and restoring wetlands: From theory to practice. Elsevier, Amsterdam.

Czerwiński, A. 1972. Lasy brzozowe ze związku *Alnion-glutinosae w północno-wschodniej Polsce.* Rocznik Białostocki 11: 101–159.

Dacey, J.W. 1980. Internal winds in water lilies: an adaptation for life in anaerobic sediments. Science 210: 1017–9.

Danielsen, F., Sørensen, M.K., Olwig, M.F., Selvam, V., Parish, F., Burgess, N.D., Hiraishi, T., Karunagaran, V.M., Rasmussen, M.S., Hansen, L.B., Quarto, A, Suryadiputra, N. 2005. The Asian tsunami: A protective role for coastal vegetation. Science 310: 643–643.

Dasgupta, P. 2021. The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. HM Treasury, London.

Dau, J.H.C. 1823. Versuch einer Geschichte der Hochmoore der Herzogthümer Schleswig und Holstein. Königliche Schulbuchdruckerei, Kiel.

Davidson, N.C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research 65: 934–941.

Dembek, W., Piórkowski, H., Rycharski, M. 2000. Mokradła na tle regionalizacji. Biblioteczka Wiadomości IMUZ 97: 1–135.

Deng, Y., Yao, Y., Zhang, L. 2023. Analysis of urban wetland park cooling effects and their potential influence factors: Evidence from 477 urban wetland parks in China. Ecological Indicators 156.

Fennessy, S., Craft, C. 2011 Agricultural conservation practices increase wetland ecosystemservices in the Glaciated Interior Plains. Ecological Applications 21, 3, Supplement: 49–64.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. The world's mangroves 1980–2005: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005 FAO Forestry Paper 153.

GIS Mokradła. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy PIB https://www.itp.edu.pl/GIS_mokradla/html/index.php?page=zroznicowanieGIS mokradła.

Gloger, Z. 1900. Encyklopedja Staropolska Ilustrowana. Tom I. Druk P. Laskauera i W. Babickiego, Warszawa.

Greifswald Mire Centre, Wetlands International, National University of Ireland (NUI) Galway, 2020. Peatlands in the EU. Common agricultural policy (CAP) after 2020. Position paper, v. 4.8.

Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebsch, F., Couwenberg, J. 2020. Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. Nature Communications 11, 1644.

Gutowski, J.M., Lasoń, A. 2024. Chrząszcze Białegostoku. Bioróżnorodność miasta Białegostoku. t. 11. Miasto Białystok.

Haines-Young, R., Potschin, M.B. 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. www.cices.eu

Hans A. 1892. Floristisches aus Bialystok (Westrussland). Monstrositaten von Geum rivale L. [Zur Flora von Bialystok in Westrussland] – Deutsche botanische Monatsschrift. Zeitung für Systematiker, Floristen und alle Freunde der heimischen Flora. Zugleich Organ der bayerischen botanischen Gesellschaft in München, sowie der botanishen Vereine in Hamburg und Nürnberg und der Thüringischen botanischen Gesellschaft "Irmischia" in Arnstadt 10(1–2): 5–8.

Hermaniuk, A. 2023. Płazy i gady Białegostoku. Bioróżnorodność miasta Białegostoku. t. 10. Miasto Białystok.

Hiraishi, T., Harada, K. 2003. Greenbelt Tsunami Prevention in South-Pacific Region. Report of the Port and Airport Research Institute 42, 2.

Hirschler, O., Osterburg, B. 2022. Peat extraction, trade and use in Europe: a material flow analysis. Mires and Peat 28.

Hobby-Gartenbau: Torffreie und -reduzierte Substrate legen zu. 08.01.2024 www.fnr.de/presse/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/hobby-gartenbau-torffreie-und-reduzierte-substrate-legen-zu?

Ilnicki, P. 2002. Torfowiska i torf. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Ilnicki, P., Szajdak, L.W. 2016. Zanikanie torfowisk. Wydawnictwo Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań.

Janiszewski, P., Misiukiewicz, W. 2012. Bóbr europejski *Castor fiber.* BTL Works, Warszawa.

Joosten, H., Clarke, D. 2002. Wise Use of Mires and Peatlands. International Mire Conservation Group and International Peat Society.

Juffe-Bignoli, D., Rhazi, L., Grillas, P. 2012. The socio-economic value of aquatic plants. In: Juffe-Bignoli, D., Darwal, W.R.T. (eds), Assessment of the socio-economic value of freshwater species for the northern African region. Gland/ Málaga, IUCN, 41–65.

Jurasinski, G., Barthelmes, A., Byrne, K.A., Chojnicki, B.H., Christiansen, J.R., Decleer, K., Fritz, C., Günther, A.B., Huth, V., Joosten, H., Juszczak, R., Juutinen, S., Kasimir, Å., Klemedtsson, L., Koebsch, F., Kotowski, W., Kull, A., Lamentowicz, M., Lindgren, A., Lindsay, R., Linkevičienė, R., Lohila, A., Mander, Ü., Manton, M., Minkkinen, K., Peters, J., Renou-Wilson, F., Sendžikaitė, J., Šimanauskienė, R., Taminskas, J., Tanneberger, F., Tegetmeyer, C., van Diggelen, R., Vasander, H., Wilson, D., Zableckis, N., Zak, D.H., Couwenberg, J. 2024. Active afforestation of drained peatlands is not a viable option under the EU Nature Restoration Law. Ambio 53, 7: 970–983.

Kaplan, S. 2001. Meditation, restoration, and the management of mental fatigue. Environment and Behavior 33, 4: 480–506.

Keddy, P.A. 2010. Wetland ecology: Principles and conservation. 2nd edition. Cambridge University Press.

Kotowski, W. 2017. https://bagna.pl/zglebiaj-wiedze/meandry-terminologii/353-meandry-terminologii

Kotowski, W. 2021. Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych z użytkowania gleb organicznych w Polsce oraz potencjału ich redukcji. Fundacja WWF Polska, Warszawa.

Kowalski, T. (tłum.) 1946. Relacja Ibrahima ibn Jakuba z podróży do krajów słowiańskich w przekazie Al-Bakriego. Monumenta Poloniae Historica, seria II, t. I.

Kumar, P., Debele, S.E., Khalili, S., Halios, C.H. et al. 2024. Urban heat mitigation by green and blue infrastructure: Drivers, effectiveness, and future needs. The Innovation 5(2), 100588.

Kulczyński, S. 1939–1940. Torfowiska Polesia. T. 1 i 2, Kraków.

Kupryjanowicz, M. 2022. Pająki Białegostoku. Bioróżnorodność miasta Białegostoku. t. 7. Miasto Białystok.

Kwiatkowski, W., Gajko, K., 2011. Ekofizjografia Białegostoku. Białystok. https://www.bip.bialystok.pl/rozwoj_gminy/zagospodarowanie-przestrzenne/dokumenty-planistyczne/inne-dokumenty-planistyczne/ekofizjografia-bialegostoku-2011-r.html

Leifeld, J., Menichetti, L., 2018. The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. Nature Communications 9, 1071.

Łotysz, S. 2023. Pińskie błota. Natura, wiedza i polityka na polskim Polesiu do 1945 r. TAiWPN Universitas, Kraków.

Łuczaj, Ł.J., Dumanowski, J., Köhler, P., Mueller-Bieniek, A. 2012. The Use and Economic Value of Manna grass (Glyceria) in Poland from the Middle Ages to the Twentieth Century. Hum. Ecol. 40: 721–733.

Mirski, P., Grygoruk, G. 2021. Ptaki Białegostoku. Bioróżnorodność miasta Białegostoku. t. 5. Miasto Białystok.

Misiukiewicz, W. 2017. Bóbr – pracowity mąciwoda. Wydawnictwo Bernardinum, Pelplin.

Mitsch, W.J., Gosselink, J.G. 2015. Wetlands. John Wiley & Sons.

Obrębski, J. 2007. Polesie. Oficyna Naukowa, Warszawa.

Okruszko, H., Oświt, J. 1992. Theory of Kulczyński on hydrological classification of peatlands in the light of contemporary investigations. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 61, 1: 21–35.

Papayannis, T., Pritchard, D., 2010. Wetland Cultural and Spiritual Values, and the Ramsar Convention. W: B. Verschuuren et al. (eds.), Sacred Natural Sites: Conserving Nature and Culture. Earth Scan, London.

Pasek, J.C. 1987. Pamiętniki. Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.

Podbielkowski, Z., Tomaszewicz H. 1982. Zarys hydrobotaniki. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

Protect wetlands in Europe. https://en.nabu.de/focus-regions/europe/european-wetlands.html

Rakowska, R., Stachurska-Swakoń, A. 2021. Historia bobra europejskiego i obecny stan populacji. Wszechświat 122: 1–3.

Ratajczak, T., Rzepa, G. 2011. Polskie rudy darniowe. Wydawnictwa AGH, Kraków.

Ratkiewicz, M., Rode, P. 2022. Ssaki Białegostoku. Bioróżnorodność miasta Białegostoku. t. 6. Miasto Białystok.

Schumacher, E.F. 1973. Small Is Beautiful: A Study of Economics as if People Mattered. Blond & Briggs, London.

Sielezniew, M., Dziekańska, I. 2019. Motyle dzienne Białegostoku. Bioróżnorodność miasta Białegostoku. t. 3. Miasto Białystok.

Smirnoff, N., Crawford, R.M.M. 1983. Variation in the Structure and Response to Flooding of Root Aerenchyma in some Wetland Plants . Annals of Botany 51, 2: 237–249.

Srokowski, S. 1930. Jeziora i moczary Prus Wschodnich. Zakłady Graficzne Antoni Szlachtowicz i S-ka, Warszawa.

Stankiewicz, M. 1997. Z floty carskiej do polskiej. Iskry, Warszawa.

Succow, M., Joosten, H. (eds.) 2001. Landschaftsökologische Moorkunde 2. völlig neu bearbeitete Auflage. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart. Szulczewska, B., Stankowska, A. (red.) 2020. O znaczeniu zieleni w miastach. IRMiR, Warszawa – Kraków.

Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemelä, J., James, P. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review. Landscape and Urban Planning 81, 3: 167–178.

Unhabitat. org. https://unhabitat.org/topic/climate-change

Verschuuren, B. 2018. Religious and Spiritual Aspects of Wetland Management. In: C.M. Finlayson et al. (eds.), The Wetland Book. Springer, Dordrecht.

Wetland Functions and Values. https://dec.vermont.gov/doc/watershed/wetlands/functions/wetland-functions-and-values-recreational-values-and-economic-benefits

Wetland medicines. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/tmp/pdf/wwd/8/cd/wwd2008-a10%20medicine.pdf

Wołkowycki, D. 2016. Relikty dawnych upraw i dziko rosnące rośliny użytkowe w tradycyjnej kulturze Podlasia i wschodniego Mazowsza. W: P. Banaszuk, D. Wołkowycki (red.), Narwiański Park Narodowy. Krajobraz, przyroda, człowiek. Białystok – Kurowo.

Wołkowycki, D. 2018. Szata roślinna Białegostoku. Bioróżnorodność miasta Białegostoku. t. 2. Miasto Białystok.

Wood, K.A., Jupe, L.L., Aguiar, F.C., Collins, A.M., Davidson, S.J., Freeman, W., Kirkpatrick, L., Lobato-de Magalhães, T., McKinley, E., Nuno, A., Pagès, J., Petruzzella, F., Pritchard, A.D., Reeves, J., Magela Thomaz, S., Thornton, S.A., Yamashita, H., Newth, J.L. 2024. A global systematic review of the cultural ecosystem services provided by wetlands. Ecosystem Services 70.

Wróbel, W., Sobieszczak, P., Olszyński, P., Kietliński, M. 2024. Z dziejów Starosielc. Galeria im. Sleńdzińskich, Białystok.

www.ramsar.org

Żurek, S., Tomaszewicz, H. 1996. Badanie bagien. W: M. Gutry-Korycka, H. Werner-Więckowska (red.), Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych. Wyd. II uzupełnione. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 190–210.

GALERIA



Ślady aktywności bobrów nad Białą na Dojlidach przy ul. Stawowej, fot. D. Wołkowycki



Wnętrze bielu w Lesie Solnickim z obfitym udziałem zachylnika błotnego *Thelypteris palustris* w runie, fot. D. Wołkowycki



Próg z miejscowego materiału spowalnia odpływ wód wczesną wiosną w rowie w Lesie Zwierzynieckim, fot. D. Wołkowycki



W przystrumykowym łęgu w Lesie Pietrasze, fot. D. Wołkowycki



Żery bobrów przy Stawach Dojlidzkich, fot. D. Wołkowycki



Żyzne namuliska wzdłuż brzegów Białej to szlaki chętnie uczęszczane przez liczne zwierzęta, fot. D. Wołkowycki



Kukułka szerokolistna *Dactylorhiza majalis* na białostockich wilgotnych łąkach, fot. D. Wołkowycki



Ropucha szara *Bufo bufo*, dość częsta w białostockich parkach i ogrodach, jak wszystkie płazy odbywa rozród w płytkich wodach i na mokradłach, fot. D. Wołkowycki



Na przybrzeżnych mokradłach nad Białą nawarstwiają się ślady życia roślinnego, zwierzęcego i ludzkiego. Zniesione przez wodę pędy szuwarowych bylin, strąki inwazyjnej robinii akacjowej *Robinia pseudoacacia*, muszle zatoczka rogowego *Planorbarius corneus* i innych mięczaków, fot. D. Wołkowycki