

Zrównoważone rolnictwo w służbie bioróżnorodności

Dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie

ZESPÓŁ PARKÓW KRAJOBRAZOWYCH WOJEWÓDZTWA ŁÓDZKIEGO

fdpa Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

Zrównoważone rolnictwo w służbie bioróżnorodności

Redaktorzy:

- Katarzyna Izydorczyk
- Hieronim Andrzejewski
- Marek Rudziński

Zespół autorów:

Hieronim Andrzejewski, Wojciech Frątczak, Aleksandra Góralczyk, Aleksander Góralczyk, Katarzyna Izydorczyk, Szymon Kielan, Katarzyna Krakowska, Marek Rudziński, Grzegorz Siebielec, Anna Tupin, Piotr Wypych.

Publikacja powstała w ramach projektu „Zrównoważone rolnictwo w służbie bioróżnorodności" dofinansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Wersja pdf publikacji znajduje się na stronie: **www.fdpa.org.pl/bioroznorodnosc**

ISBN: **978-83-942485-7-4**

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa
ul. Gombrowicza 19, 01-682 Warszawa
telefon: +48 22 864 03 90,
e-mail: fdpa@fdpa.org.pl
www.fdpa.org.pl

Dofinansowano ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Niniejsza publikacja została opublikowana dzięki dofinansowaniu Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Za jej treść odpowiada wyłącznie Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.

Copyright © by Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA), Warszawa 2019
Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tego opracowania nie może być kopiowana, powielana lub rozpowszechniana bez uprzedniej pisemnej zgody FDPA.

Spis treści

5 | Wprowadzenie

CZĘŚĆ I Przyczyny i skutki utraty bioróżnorodności w krajobrazie rolniczym oraz możliwości jej odbudowy

7 | 1. Wpływ rolnictwa na bioróżnorodność i krajobraz
Piotr Wypych

13 | 2. Szata roślinna terenów rolniczych i jej przemiany
Hieronim Andrzejewski

19 | 3. Wpływ rolnictwa na bioróżnorodność kręgowców
Szymon Kielan

25 | 4. Ostoje bioróżnorodności i strefy ekotonowe w krajobrazie rolniczym – przykłady dobrych praktyk
Katarzyna Krakowska

CZĘŚĆ II Gleba i woda jako zasoby naturalne wymagające troski rolnika

31 | 5. Gleba i jej rola w środowisku
Grzegorz Siebielec

35 | 6. Zasoby wodne i ich dostępność
Katarzyna Izydorczyk, Wojciech Frątczak

39 | 7. Różnorodność siedlisk wodnych
Aleksandra Góralczyk, Aleksander Góralczyk

43 | 8. Azot i fosfor – niezbędne składniki pokarmowe dla roślin czy przyczyna zanieczyszczenia środowiska
Katarzyna Izydorczyk

49 | 9. Wymagania prawne dotyczące ograniczania zanieczyszczeń środowiska pochodzących z rolnictwa
Anna Tupin

CZĘŚĆ III Wpływ rolnictwa na degradację środowiska glebowego i ekosystemów wodnych

55 10. Wpływ złych praktyk i zanieczyszczeń rolniczych na środowisko glebowe
Grzegorz Siebielec

59 11. Przykłady złych praktyk rolniczych sprzyjających zanieczyszczeniu wód
Katarzyna Izydorczyk

65 12. Wpływ zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego na bioróżnorodność środowiska wodnego
Aleksandra Góralczyk, Aleksander Góralczyk

71 13. Gospodarcze konsekwencje rolniczego zanieczyszczenia wód związkami biogenicznymi
Katarzyna Izydorczyk

73 14. Na tropie zanieczyszczeń wód – lokalny system monitoringu wód
Wojciech Frątczak, Katarzyna Izydorczyk

CZĘŚĆ IV Rolnictwo zrównoważone dla ochrony gleb i ograniczenia zanieczyszczeń rolniczych

79 15. Dobre praktyki rolnicze w zarządzaniu strukturą gleby i rodzajem uprawy w celu ograniczenia strat substancji nawozowych
Grzegorz Siebielec

85 16. Obowiązki rolników wynikające z dyrektywy azotanowej
Anna Tupin

91 17. Rozwiązania oparte na przyrodzie jako narzędzia w ograniczaniu zanieczyszczeń z obszarów rolniczych do wód
Wojciech Frątczak, Katarzyna Izydorczyk

99 18. Jak uczyć w szkołach rolniczych o zrównoważonym rolnictwie
Marek Rudziński

105 Literatura



Wprowadzenie

Jerzy Wilkin
członek rzeczywisty PAN

Różnorodność postrzegana jest dość powszechnie jako ważna i pożądana wartość w niemal wszystkich dziedzinach życia: kulturalnego, przyrodniczego, gospodarczego, społecznego, politycznego i wielu innych. Nie jest przypadkiem, że główne hasło Unii Europejskiej to „Zjednoczeni w różnorodności". Różnorodność kojarzy się zazwyczaj z pięknem i bogactwem. Powinna także kojarzyć się z bezpieczeństwem. Różnorodność form i systemów przyrodniczych, gospodarczych czy kulturowych wzmacnia podstawy egzystencji człowieka i całych społeczeństw. Zwiększa możliwości wyboru i dostarcza swoistych zabezpieczeń, gdy niektóre składniki szeroko rozumianego środowiska, w jakim funkcjonuje człowiek, zawodzą lub wyczerpują się. Ochrona różnorodności jest zatem świadectwem mądrości.

Rolnictwo odgrywa szczególnie ważną rolę w zachowywaniu, pielęgnowaniu i dbaniu o różnorodność, nie tylko biologiczną (przyrodniczą), ale także kulturową i gospodarczą. Działalność rolnicza zajmuje około połowy powierzchni kraju (podobnie jest w całej UE) – nie tylko grunty rolne, ale i liczne zasoby przyrodnicze. Wpływa ona też na stan zaspokojenia potrzeb żywnościowych, a także oddziałuje na stosunki wodne, klimat, stopień zanieczyszczeń, zagospodarowanie przestrzenne kraju, pejzaż kulturowy i wiele innych. Rolnictwo jest wielofunkcyjne, a niektóre z jego funkcji mają charakter dóbr publicznych. Ochrona bioróżnorodności jest przykładem takiego dobra.

Od wielu dziesięcioleci naukowcy i politycy odpowiedzialni za tworzenie strategii rozwoju i polityki rolnej, zwłaszcza w krajach należących do UE i wysoko rozwiniętych pozaunijnych, dążą do ukształtowania takiego modelu rolnictwa, w którym panuje harmonia pomiędzy potrzebami produkcyjnymi i kryteriami rynkowymi a innymi jego funkcjami, w tym powiązanymi z dostarczaniem dóbr publicznych. Model taki stanowi rolnictwo oparte na zasadach zrównoważonego rozwoju. Zasady te głoszą, że rozwój społeczno-gospodarczy powinien godzić cele rozwoju gospodarczego (w tym wzrost dobrobytu) ze sprawiedliwym partycypowaniem w korzyściach z tego rozwoju przez różne grupy społeczne oraz z zachowaniem odziedziczonej jakości i różnorodności środowiska przyrodniczego. Z zasad zrównoważonego rozwoju płynie też bardzo ważny wniosek: zaspokajanie potrzeb obecnego pokolenia nie powinno zmniejszać możliwości rozwoju przyszłych pokoleń. Nie jest więc przypadkiem, że w polskich tłumaczeniach terminu *sustainable development* pojawiają się dwa pojęcia: rozwoju zrównoważonego i rozwoju trwałego. Odpowiednie zrównoważenie jest warunkiem trwałego rozwoju. Niektórzy badacze, szukając rodzimego odpowiednika *sustainable development*, używają terminu „rozwój samopodtrzymujący się", a więc trwały.

Działalność człowieka i związana z nim ekspansja gospodarcza silnie wpływają na ograniczenie różnorodności środowiska, zwłaszcza przyrodniczego. Raporty odpowiednich agend ONZ i innych organizacji międzynarodowych wykazują, że w wyniku tej działalności corocznie znikają z powierzchni naszego globu dziesiątki i setki gatunków ptaków, owadów, płazów i roślin oraz innych elementów przyrody. Powinno to budzić nie tylko zdziwienie i zatroskanie, ale wręcz przerażenie, na które odpowiedzią muszą być zdecydowane i konstruktywne reakcje.

Rolnictwo, które zajmuje tak dużą powierzchnię kraju i działa w bliskości innych systemów ekologicznych, np. lasów, torfowisk czy zbiorników wodnych, ma wielką rolę do odegrania w dziedzinie ochrony różnorodności. Aby temu sprostać, potrzebne są przynajmniej: wiedza, motywacja lub zaangażowanie i odpowiednia polityka rolna. Odpowiedzialnego rolnika, troszczącego się o powierzoną mu ziemię i inne

zasoby przyrody, określamy niekiedy angielskim terminem *steward* – służący, opiekun czy zarządzający. Rolnik powinien wiedzieć, jak służyć zasobom, które otrzymał, i jak nimi zarządzać. To wymaga wiedzy. Współczesne rolnictwo stosuje szeroko naukę i niekiedy wyrafinowaną wiedzę. Odpowiednie (zrównoważone) korzystanie ze środowiska przyrodniczego, nie wspominając o innych uwarunkowaniach działalności nowoczesnego rolnika, nie jest możliwe bez bardzo bogatej, wszechstronnej edukacji i osiągnięć nauki. To uwarunkowanie znacząco zmienia pozycję rolnika, stawiane mu wymagania i ocenę jego roli.

Rolnicy spełniający wyżej opisane oczekiwania cieszą się dużym prestiżem wśród mieszkańców UE, na co wskazują badania Eurobarometru. Unijni gospodarze, otrzymujący obfite wsparcie w ramach Wspólnej Polityki Rolnej, uzasadniają swoją aktywnością te wydatki. Nie tylko produkują żywność spełniającą określone standardy, ale też dbają o środowisko przyrodnicze, w tym bioróżnorodność, o zrównoważenie rozwoju i wysokiej jakości zasoby dla przyszłych pokoleń, dostarczają społeczeństwu ważnych dóbr publicznych.

Kształcenie rolników i innych osób związanych z rolnictwem oraz wiejskim środowiskiem oznacza wiele nowych zadań dla nauczycieli. Współczesny rolnik powinien być wszechstronnie wykształcony, nie tylko z zakresu nauk rolniczych, ale też środowiskowych, społecznych, prawnych i technicznych. Musi być osobą odpowiedzialną: wobec swojego otoczenia gospodarczego i społecznego, wobec środowiska przyrodniczego, z którego korzysta, i wobec przyszłości, która otrzyma jego dziedzictwo. Wyedukowanie takiego człowieka to bardzo trudne i odpowiedzialne zadanie. Musi on być wrażliwy. Każdy zaangażowany nauczyciel wie jednak, że kształcenie młodej osoby to inwestycja, która może przynieść rozmaite rezultaty. Przeważa nadzieja, że będą to rezultaty zdecydowanie pozytywne, a niekiedy nawet imponujące.

Mam głębokie przekonanie, że zamieszczone w niniejszym tomie opracowania nie tylko rozjaśnią charakter związków między działalnością rolniczą a bioróżnorodnością, spełniając tym samym ważną funkcję diagnostyczną, ale i skłonią do wypracowania sposobów ochrony tej różnorodności.

I Przyczyny i skutki utraty bioróżnorodności w krajobrazie rolniczym oraz możliwości jej odbudowy



1 Wpływ rolnictwa na bioróżnorodność i krajobraz

Piotr Wypych
Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Łódzkiego

Rolnictwo polegające na wytwarzaniu płodów rolnych w celu zaspokajania życiowych potrzeb mieszkańców Ziemi rozwinęło się ok. 10 tys. lat p.n.e. Od tego czasu człowiek bezustannie i coraz silniej wpływa na bioróżnorodność, a co za tym idzie – na krajobraz naszej planety. Dopiero kilkadziesiąt lat temu okazało się, że gatunki flory i fauny znikają w zastraszającym tempie, a zmiana pierwotnych lub naturalnych ekosystemów (krajobrazów) w użytki rolne i intensyfikacja produkcji rolniczej doprowadziły do degradacji bioróżnorodności w światowych zasobach przyrody (w tym polskich). Do niedawna człowiek był przekonany, że bogactwa przyrody ożywionej i nieożywionej są nieprzebrane, a przede wszystkim – że może bezkarnie te bogactwa eksploatować i przekształcać.

Według Jadwigi Sienkiewicz (Sienkiewicz 2010), **bioróżnorodność**, czyli różnorodność biologiczna (biotyczna), to „całe bogactwo form życia występujące na Ziemi, rozmaitość gatunków, genetyczna zmienność wewnątrzgatunkowa, a także rozmaitość wielogatunkowych układów przyrodniczych, tj. ekosystemów i krajobrazów".

Możemy mówić o bioróżnorodności:

- genetycznej,
- wewnątrzgatunkowej (fot. 1.1),
- międzygatunkowej (fot. 1.2),
- różnorodności ekosystemów – krajobrazów.



Fot 1.1. Koniki polskie – stado hodowane w siedzibie Zespołu Parków Krajobrazowych Województwa Łódzkiego (Oddział Terenowy Nadpilicznych Parków Krajobrazowych) w Moszczenicy. Pierwsze osobniki zostały tu przywiezione w połowie lat 90. XX wieku z instytutu PAN w Popielnie. Populacja konika polskiego w Moszczenicy stanowi część genotypu tego gatunku w Polsce (fot. P. Wypych)



Fot 1.2. Pełnik europejski porastający obrzeża łąk wilgotnych w Przedborskim Parku Krajobrazowym. Jest to jedno z ostatnich stanowisk tej rośliny w parku. Objęto ją ścisłą ochroną (fot. P. Wypych)

Różnorodność ekosystemów (ponadgatunkowa) określana jest również jako różnorodność biogeograficzna, siedliskowa, środowiskowa, zespołowa lub krajobrazowa. Dotyczy wielkiej rozmaitości ekosystemów, zróżnicowania siedlisk i procesów ekologicznych oraz rozmieszczenia i zasięgów gatunków, zbiorowisk oraz zgrupowań, a także funkcji i znaczenia gatunków kluczowych w ekosystemach (fot. 1.3). Różnorodność ekosystemową naszego kraju kształtują głównie lasy, obszary wodno-błotne i obszary rolnicze, w tym najbardziej wartościowe trwałe użytki zielone.



Fot 1.3. Wilgotne łąki (kośne) nad rzeką Luciążą w Sulejowskim Parku Krajobrazowym. Krajobraz doliny rzecznej o cechach półnaturalnych, harmonijnych, w której przyroda jest bardzo różnorodna (fot. P. Wypych)

Życie biotyczne na Ziemi (a zatem i wszelkie aspekty rolnictwa) istnieje zawsze w określonym krajobrazie. Wielu badaczy zagadnienia podkreśla równoznaczność bioróżnorodności ekosystemowej z krajobrazem, często stosując te terminy zamiennie. Najprościej krajobraz

możemy zdefiniować jako to, co nas otacza w danym miejscu i czasie, wycinek postrzeganej przestrzeni. Zgodnie z Europejską konwencją krajobrazową, sporządzoną we Florencji 20 października 2000 roku i ratyfikowaną przez Polskę w 2004, termin krajobraz oznacza:

Krajobraz

Obszar postrzegany przez ludzi, którego charakter jest wynikiem działania i interakcji czynników przyrodniczych i (lub) ludzkich. Definicja ta wskazuje, że poszczególne składowe obejmują zakres wielu dziedzin i specjalizacji naukowych – łącząc świat natury i kultury. W starożytności przez słowo *cultura* (od łacińskiego *colere* – uprawiać) rozumiano uprawę lub hodowlę. Funkcjonuje ono do dziś w wielu określeniach związanych z krajobrazem, takich jak: „pole o wysokiej kulturze", „kultura rolna", „kultura uprawy zbóż" itp.

Bogactwem bioróżnorodności odznaczają się półnaturalne i harmonijne krajobrazy rolnicze na obszarach wiejskich naszego kraju. Pokrywa je urozmaicona mozaika pól, łąk i pastwisk, z rozłogami, z miedzami i kępami zadrzewień, alejami lub szpalerami drzew, a także tradycyjną zabudową i starymi sadami oraz ogródkami przydomowymi. Spotykamy tu ekosystemy w postaci mokradeł, starorzeczy, oczek wodnych, nieuregulowanych rzek, strug i strumieni, zadrzewień, skarp z murawami kserotermicznymi czy wydmowych wyniesień piaszczystych (Symonides 2014). Często w krajobrazie tym widoczny jest średniowieczny układ łanów lub niw. Brak w nim natomiast współczesnych barier i zakłóceń krajobrazowych, takich jak: siłownie wiatrowe, przekaźniki, wieże telekomunikacyjne czy trwałe ogrodzenia (fot. 1.4).



Fot 1.4. Przedborski Park Krajobrazowy – okolice wsi Gaj. Harmonijny krajobraz rolniczy z mozaiką pól, miedz, zadrzewień śródpolnych i nieużytków (fot. P. Wypych)

Gospodarstwa rolne zajmują w Polsce 16,4 mln ha, co stanowi ok. 52% powierzchni kraju, **użytki rolne** zajmowały zaś w 2018 roku 14 669 tys. ha. W ogólnej powierzchni użytków rolnych największy jest udział powierzchni zasiewów (73,8%); udział powierzchni łąk trwałych wynosi 18,8%, a pastwisk trwałych – 2,7%. W latach 1946–2005 areał użytków rolnych zmniejszył się o ponad 2 mln ha, a powierzchnia lasów zwiększyła o ponad 2,6 mln ha (Rogacki 2007). Największe znaczenie dla zachowania bioróżnorodności mają trwałe użytki zielone – łąki i pastwiska.

Działalność rolniczą możemy najogólniej podzielić ze względu na sposób zagospodarowania na **rolnictwo konwencjonalne – intensywne** oraz rolnictwo ekstensywne, **zrównoważone oraz ekologiczne**. Rolnictwo konwencjonalne (intensywne, przemysłowe) ukierunkowane jest na maksymalizację zysku, stosuje się w nim uproszczone zmianowanie roślin oraz duże ilości nawozów i chemicznych środków ochrony, które przyczyniają się do zmniejszenia bioróżnorodności organizmów występujących na użytkach rolnych (dzikich roślin, bezkręgowców oraz kręgowców, w tym wielu gatunków ptaków – tabela 1.1). Im bardziej intensywne rolnictwo, tym większe zmiany w ekosystemach czy krajobrazie i tym gorzej dla występujących tam półnaturalnych zbiorowisk roślinnych oraz dzikich zwierząt (tabela 1.1). Do ochrony zasobów bioróżnorodności przyczyniają się z kolei systemy produkcji rolnej przyjazne dla środowiska, takie jak rolnictwo zrównoważone czy ekologiczne (tabela 1.1). **Rolnictwo ekologiczne** to sposób gospodarowania, w którym aktywizuje się przyrodnicze mechanizmy i procesy produkcyjne poprzez używanie środków naturalnych, nieprzetworzonych sztucznie. Zapewnia się tym samym ciągłą żyzność glebie i zdrowie zwierzętom hodowlanym, a także wysoką jakość biologiczną produktów rolniczych. W systemie tym wyklucza się korzystanie z syntetycznych nawozów mineralnych, chemicznych środków ochrony roślin, regulatorów wzrostu i sztucznych dodatków do pasz (tabela 1.1). Zasady rolnictwa ekologicznego są uregulowane ustawą z dnia 25 czerwca 2009 roku o rolnictwie ekologicznym.

Rolnictwo zrównoważone działa zgodnie z definicją zrównoważonego rozwoju przyjętą przez Zgromadzenie Ogólne ONZ w 1983 roku. Polega ono na zaspokajaniu bieżących potrzeb ludzi w taki sposób, aby nie ograniczyć możliwości zaspokajania potrzeb przyszłych pokoleń. Szczególną uwagę zwrócono tu na konieczność harmonijnego powiązania gospodarczych, społecznych i przyrodniczych elementów rozwoju rolnictwa z obecnymi i przyszłymi potrzebami ludzi w zakresie produkcji rolnej (tabela 1.1).

O **bioróżnorodności w rolnictwie** zwykle mówi się w kontekście:

- różnorodności gatunków i odmian roślin uprawnych oraz gatunków i ras zwierząt hodowlanych,
- bioróżnorodności roślin i zwierząt dzikich towarzyszących produkcji rolnej (Tyburski 2013).

Tabela 1.1. Sposób użytkowania rolniczego a bioróżnorodność (wybrane zagadnienia)

Rolnictwo zrównoważone, ekstensywne, ekologiczne	Rolnictwo intensywne, konwencjonalne
Grunty orne	
Wielogatunkowy płodozmian wpływa pozytywnie na żyzność i urodzajność gleby, zmniejsza ryzyko masowego występowania szkodników i chwastów. Płodozmian sprzyjający bioróżnorodności powinien składać się przemiennie z roślin jarych i ozimych, jednorocznych i wieloletnich, uprawianych w zwartym łanie i w szerokich rzędach, a także odznaczać się różnorodnością odmian, mieszaniną gatunków, wsiewkami i poplonami.	**Stosowanie uproszczonego zmianowania, nawozów mineralnych oraz pestycydów** przyczynia się do zmniejszania różnorodności gatunkowej i liczebności flory i fauny w konwencjonalnych agrocenozach rolnych.
Odpowiedni dobór gatunków i odmian roślin uprawnych – bioróżnorodność agroekosystemów można **zwiększyć poprzez zróżnicowanie genetyczne odmian**, uprawianie dawnych lokalnych genotypów obok współczesnych, wysokowydajnych odmian. Najwłaściwszą metodą ochrony zasobów genowych roślin użytkowych jest zachowanie ich *in situ* (czyli w miejscu ich naturalnego występowania) – w regionach ściśle związanych z ich pochodzeniem.	**Intensyfikacja produkcji rolniczej – aby zwiększyć produkcję, rolnicy upraszczają** strukturę upraw, eliminując gatunki rzekomo niepożądane czy szkodliwe, ale pożądane i pożyteczne z punktu widzenia bogactwa przyrody. Rolnicy tworzą wielkoobszarowe pola, które łatwo uprawiać maszynowo, co ewidentnie zmniejsza bioróżnorodność.
Uprawa „zapomnianych" i reliktowych gatunków roślin, takich jak: lnicznik siewny, rzodkiew oleista, pszenica orkisz, samopsza, proso, owies szorstki, soczewica itp.	Wąska specjalizacja w kierunku **uprawy niewielu gatunków** w monokulturach modyfikowanych genetycznie zwiększa zagrożenie gatunkami inwazyjnymi.
Występowanie i utrzymywanie chwastów polnych w stanie niezagrażającym uprawom i plonom. Mimo wszystkich negatywnych cech chwasty działają też niekiedy pozytywnie – mają właściwości ochronne, biologiczne, ziołolecznicze, miododajne, siedliskowe, pokarmowe itp.	**Duży udział zbóż w strukturze zasiewów** utrudnia przestrzeganie przyrodniczych podstaw zmianowania roślin, zwiększa zagrożenie wieloma gatunkami chwastów i patogenów.
Kształtowanie krajobrazu i odpowiedniej infrastruktury ekologicznej wokół gruntów rolnych – bioróżnorodność obserwowana na polu zależy nie tylko od warunków siedliskowych i sposobu gospodarowania rolniczego, ale także od zróżnicowania otaczającego krajobrazu. Zróżnicowanie to można osiągnąć przez zachowanie lub wprowadzenie wokół gruntów zadrzewień śródpolnych, szpalerów drzew, alei drzew, zarośli, kamieńców czy żywopłotów.	**Upraszczanie krajobrazu** polega m.in. na usuwaniu zadrzewień śródpolnych, pojedynczych drzew, nieużytków rolniczych, oczek wodnych, miedz itp. – działania te prowadzą do degradacji siedlisk.
Ochrona torfowisk, mokradeł, oczek wodnych, miedz i innych nieużytkowanych rolniczo miejsc. Siedliska te służą jako miejsce bytowania, rozwoju, schronienia oraz pozyskiwania pokarmu dla wielu pożytecznych gatunków zwierząt, w tym zapylaczy i naturalnych wrogów szkodników.	**Spadek liczebności zapylaczy** wynikający ze zwiększania jednogatunkowych powierzchni pól, uproszczenia płodozmianu oraz dominacji roślin zbożowych w zasiewach, przy zmniejszającej się powierzchni uprawy roślin motylkowatych i innych pożytecznych dla zapylaczy.
Ochrona zapylaczy przez uprawę roślin miododajnych, takich jak rzepak, gryka, facelia i inne rośliny bobowate.	
Zakładanie i utrzymanie bogatych w gatunki miedz śródpolnych i innych ostoi dzikich gatunków roślin, tworzenie specjalnych domków i budek dla dzikiej pszczoły murarki, trzmieli, ptaków itp.	

Użytki zielone – łąki i pastwiska

Bogactwo flory i fauny – zbiorowiska łąk i pastwisk składają się często z kilkudziesięciu, a nawet ponad stu gatunków roślin, co decyduje też o różnorodności fauny. Użytki zielone są siedliskami wielu gatunków roślin i zwierząt chronionych prawem rodzimym i europejskim.

Racjonalne – zrównoważone gospodarowanie

1. Ograniczenie liczby pokosów do najwyżej dwóch.
2. Ograniczenie nawożenia (zarówno nawozami naturalnymi, jak i mineralnymi).
3. Opóźnione terminy koszenia i wypasów stwarzające szansę zakwitnięcia późno kwitnących gatunków roślin i wydania przez nie nasion.
4. Koszenie od środka do zewnętrznej części działki, co daje zwierzętom okazję do ucieczki i wyprowadzenia młodych.
5. Utrzymywanie wypasu zwierząt, co przeciwdziała sukcesji gatunków obcych i inwazyjnych i sprzyja zachowaniu cennych zbiorowisk roślinnych.

Zachowywanie naturalnych siedlisk roślin i zwierząt w miejscu ich naturalnego występowania.

Pozostawianie korytarzy ekologicznych, w tym fragmentów nieskoszonej roślinności (m.in. dla zapewnienia schronienia małym kręgowcom).

Formy ochrony – Natura 2000, park narodowy, park krajobrazowy, użytek ekologiczny i in. – działają korzystnie na ograniczenie przekształcania lub zaorywania wyznaczonych cennych przyrodniczo trwałych użytków zielonych.

Pozyskanie funduszy na racjonalną zrównoważoną gospodarkę i ochronę cennych zbiorowisk – na trwałych użytkach zielonych z istniejących programów wspólnotowych.

Wskaźnik referencyjny – aby uniknąć masowego przekształcania użytków zielonych w grunty orne, wprowadzono w Polsce obowiązek utrzymania udziału tych użytków w powierzchni gruntów rolnych w skali całego kraju. Nie może się zmniejszyć o więcej niż 5% w stosunku do roku referencyjnego, czyli 2015.

Zubożenie – degradacja fauny i flory użytków zielonych, która wynika z braku utrzymania, wypasania zwierząt gospodarskich i hodowlanych.

Zaniechanie koszenia i innych zabiegów gospodarczych, które prowadzi do zubożenia – degradacji użytków zielonych.

Łąki jałowe, które powstają za sprawą wyjałowienia nienawożonych, ale intensywnie użytkowanych łąk świeżych.

Występowanie gatunków inwazyjnych.

Negatywne zagospodarowanie przestrzeni – składają się na nie takie praktyki, jak: fragmentaryzacja siedlisk, przekształcenia na cele budowlane i rekreacyjne, niszczenie korytarzy ekologicznych.

Zubożenie krajobrazu wynika z braku dbałości o różnorodność flory i fauny lub zaniechanie gospodarowania.

Nieprzestrzeganie prawa przez właścicieli łąk i pastwisk – dążą do umyślnej degradacji obszaru w celu przekształcenia go na tereny budowlane bądź rekreacyjne.

Sady

Bioróżnorodność genetyczną, międzygatunkową i wewnątrzgatunkową zapewnia się poprzez uprawę „zapomnianych" i reliktowych gatunków drzew owocowych, takich jak:

1. jabłonie, np.: papierówka, antonówka, kosztela;
2. grusze: bera biała, dobra Ludwika, kongresówka;
3. śliwy: mirabelka z Nancy, renkloda zielona, brzoskwiniowa, węgierka łowicka.

Tradycyjne przydomowe sady stały się charakterystycznym elementem krajobrazu polskiej wsi. Dodają one piękna i różnorodności ojczystemu krajobrazowi rolniczemu.

Monokulturowość gatunkowa i genetyczna – hoduje się jeden lub kilka zmodyfikowanych genetycznie gatunków drzew owocowych, z nastawieniem na szybki i doraźny zysk.

Stosuje się pestycydy w celu osiągnięcia maksymalnej korzyści z uprawy przy niewielkich nakładach prostej pracy. Skutkiem jest mała odporność gatunków zmodyfikowanych genetycznie na czynniki biotyczne i abiotyczne.

Upraszczanie krajobrazu polega na uprawie niskopiennych drzew owocowych tego samego gatunku i często jednej tylko odmiany; towarzyszy jej mecha-

Sad tradycyjny stanowi ekosystem o dużej wartości przyrodniczej **dzięki bogactwu zamieszkujących je organizmów żywych** pozostających we wzajemnych zależnościach.
Dawne odmiany drzew i krzewów owocowych wyróżniały się dużą wytrzymałością na czynniki atmosferyczne, dzięki czemu życie sadu tradycyjnego było znacznie dłuższe niż współczesnego. Długowieczność drzew wynikała także z ich małej podatności na choroby, co gwarantowało zbiór zdrowych, pozbawionych chemicznych pozostałości owoców.
Istotna jest ochrona zapylaczy poprzez utrzymywanie sadów tradycyjnych i ogrodów przydomowych, budowę schronów i domków dla owadów; zachowanie drzew dziuplastych.

niczna powtarzalność nasadzeń drzew – sadzone są „pod linijkę", rosną według schematu wyznaczonego przez człowieka, bez możliwości wykształcenia własnego pokroju i formy.
Grodzenie sadów, w wyniku którego powstają sztuczne bariery w migracji zwierząt i przecinane są korytarze ekologiczne.
Niszczenie zapylaczy, do którego dochodzi wskutek stosowania chemicznych środków ochrony.

Nieużytki rolne, grunty marginalne

W wyniku wyłączenia z użytku gospodarczego mogą tworzyć się **cenne i ciekawe zbiorowiska roślin oraz siedliska dla zwierząt** będące ostoją bioróżnorodności.
Zalesienia nieużytków przeciwdziałają degradacji gruntów (procesom erozji, wyjałowieniu, przenikaniu zanieczyszczeń do wód). Przyczyniają się do odtworzenia sieci starych i tworzenia nowych korytarzy ekologicznych między istniejącymi kompleksami leśnymi, m.in. umożliwiając migrację zwierzętom.
Przekształcenia w użytki ekologiczne – powstają one m.in. na siedliskach marginalnych oraz na gruntach zakwalifikowanych w ewidencji gruntów jako nieużytki, szczególnie nieużytki naturalne, czyli takie, które charakteryzuje niska wartość użytkowa, ale wysoka wartość przyrodnicza.
Przekształcanie w inne formy ochrony prawnej – stanowiska dokumentacyjne, pomniki przyrody.
Pozyskanie gruntów pod wieloletnie plantacje roślin uprawianych np. **na cele energetyczne**. Rośliny takie mają ponadprzeciętne zdolności do akumulacji metali ciężkich (fitoremediacja).

Sztuczne bariery, progi, wyłączenia, wyizolowanie terenu z otoczenia w wyniku inwestycji drogowych i przemysłowych tworzą niekorzystne warunki rolnicze. Powoduje to **wzrost procesu ugorowania oraz odłogowania** gruntów rolnych nieatrakcyjnych z punktu widzenia produkcji rolniczej i prowadzi do powstawania trwałych nieużytków.
Dochodzi do degradacji za sprawą negatywnej w przeszłości działalności człowieka, takiej jak zanieczyszczenia chemiczne w wyniku gospodarczej działalności człowieka; całkowite negatywne zmiany ekosystemów. Towarzyszy temu zniszczenie struktury powierzchni ziemi, przekształcenie istniejącego krajobrazu.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Wyjaśnij, czym jest bioróżnorodność.
2. Jakie cechy ma krajobraz rolniczy o dużym bogactwie bioróżnorodności?
3. Czym wyróżnia się rolnictwo konwencjonalne, intensywne?
4. Kiedy mówimy o rolnictwie zrównoważonym?

Propozycja ćwiczenia

Na podstawie krajobrazu rolniczego występującego w twojej okolicy opisz sposób użytkowania (zagospodarowania) rolniczego. Czy ten sposób użytkowania odznacza się wysoką bioróżnorodnością?

Notatki

2 Szata roślinna terenów rolniczych i jej przemiany

Hieronim Andrzejewski
Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Łódzkiego

Pokrywająca naszą planetę zieleń stanowi jej **szatę roślinną**. Składają się na nią zbiorowiska roślinne (roślinność) i gatunki roślin (flora). Szata roślinna poszczególnych regionów świata jest bardzo zróżnicowana. Wynika to z odmiennych warunków kształtowania się roślinności i flory, obejmujących czynniki środowiskowe (światło, temperatura, wilgotność, żyzność, gleba, opady, wiatr itd.), historyczne, a także związane z oddziaływaniem człowieka na ekosystemy. Roślinność i flora poszczególnych obszarów nie są stałe. Zwykle z upływem czasu i przekształceniami warunków abiotycznych i biotycznych zmienia się skład gatunkowy i struktura zbiorowisk. Czasami zmiany te zachodzą nagle, np. po dużych pożarach, innym razem trwają setki, a nawet tysiące lat, np. na rozległych niezakłóconych torfowiskach w chłodnym klimacie. Ważną rolę w przekształceniach szaty roślinnej odgrywa człowiek od przynajmniej kilkunastu tysięcy lat. Jego wpływ na ekosystemy, a zatem szatę roślinną, bez wątpienia wciąż wzrasta.



Fot. 2.1. Wilgotna łąka w dolinie niewielkiej rzeki (fot. H. Andrzejewski)

Szata roślinna naszego kraju była w przeszłości (po ustąpieniu ostatniego zlodowacenia i ociepleniu się klimatu) zdominowana przez zbiorowiska leśne. Rozwój osadnictwa i kultury rolnej sprawiły, że dziś na znacznej części jego obszaru występują zbiorowiska roślinne powstałe wskutek ciągłej (lub przynajmniej powtarzającej się co jakiś czas) ingerencji człowieka.

Nieco upraszczając, można powiedzieć, że w Polsce możemy wyróżnić podstawowe **typy zbiorowisk roślinnych** (stosując kryterium strukturotwórczego elementu zbiorowiska, jaki stanowią drzewa):

- zbiorowiska leśne,
- zbiorowiska zaroślowe,
- zbiorowiska nieleśne.

W krajobrazie rolniczym dominują zbiorowiska nieleśne, choć często w mozaice pól pojawiają się też zbiorowiska zaroślowe. Zbiorowiska nieleśne spotykane na obszarach rolnych moglibyśmy podzielić na pewne charakterystyczne podtypy, odpowiadające szczególnym cechom siedlisk, na których występują, czy specyficznym formom działalności człowieka, które decydują o strukturze i składzie poszczególnych zbiorowisk. Wymienia się następujące **podtypy roślinnych zbiorowisk nieleśnych**:

- wodne,
- szuwarowe,
- łąkowe,
- murawowe,
- ruderalne,
- segetalne (agrocenozy).

Podtypy te zostały uporządkowane w kolejności od najbardziej naturalnych do najsilniej związanych z działalnością człowieka. W krajobrazie rolniczym mogą występować wszystkie, często nawet w obrębie jednego stosunkowo dużego i zróżnicowanego gospodarstwa. Zwykle jednak na terenach rolniczych dominują powierzchniowo agrocenozy, czyli zbiorowiska roślin związanych z uprawami rolnymi.

2.1 Zbiorowiska roślinne terenów rolnych i ich flora

Zbiorowiska wodne, wody śródlądowe dzielą się na stojące (jeziora, sztuczne zbiorniki wodne, stawy, śródpolne oczka) oraz płynące (rzeki, strumienie, rowy). Istnieje wiele gatunków roślin, które przystosowały się do życia w środowisku wodnym. Czasem są one zanurzone w całości w toni, czasem tylko po części. Ponieważ rośliny potrzebują światła do prowadzenia fotosyntezy, występują one w wodzie zwykle tylko do głębokości, do której ono przenika. Niekiedy w płytkich wodach szybko rozrastające się gatunki (np. moczarka kanadyjska) wypełniają pędami całą toń. Niektóre rośliny są zakorzenione w dnie zbiornika, ale liście i kwiaty mają na powierzchni (np. grążele i grzybienie). Są też takie, które żyją na powierzchni wody, tworząc swoisty kożuch pokrywający zbiornik (np. rzęsy, spirodela wielokorzeniowa czy żabiściek pływający). Są wreszcie i takie, które rosnąc na dnie zbiornika, wytwarzają liście zarówno pływające, jak i nadwodne. Do takich gatunków należy strzałka wodna.

Rośliny wodne tworzą zwykle jedno- lub zaledwie kilkugatunkowe zbiorowiska. Mają one duże znaczenie w procesie oczyszczania wód, stanowią pokarm dla ryb i tworzą nisze siedliskowe niezbędne do życia i rozmnażania wielu gatunków zwierząt. Jednocześnie w wodach stojących przyczyniają się do zarastania i wypłycania zbiorników.

Zbiorowiska szuwarowe są nieodłącznie związane z siedliskami, które – przynajmniej przez znaczną część roku – są bardzo wilgotne lub wręcz zalane wodą (tzw. siedliska hydrogeniczne). Ten typ zbiorowisk spotyka się najczęściej na brzegach wód stojących i płynących, w strefach zalewowych i w bezodpływowych zagłębieniach okresowo wypełnionych wodą. Rośliny rosnące w takich miejscach są szczególnie przystosowane do przetrwania i rozwoju w stałym lub okresowym zanurzeniu dolnych części w wodzie. Zbiorowiska te występują zwykle na glebach organicznych o znacznym stopniu wilgotności. Są często jednogatunkowe i przywiązane do szczególnych warunków siedliskowych. Niektóre są powszechnie znane, a występujące w nich rośliny w różnym stopniu wykorzystywane przez człowieka, np.: szuwar trzcinowy, szuwar szerokopałkowy czy wąskopałkowy.



Fot. 2.2. Szuwar turzycy sztywnej (fot. H. Andrzejewski)

Na brzegach wód spotykamy też dwa charakterystyczne zbiorowiska szuwarowe: **szuwar tatarakowy** oraz **szuwar jeżogłówkowy**. **Szuwary stanowią często swego rodzaju ekoton, czyli strefę przejściową pomiędzy dwiema biocenozami, wokół zbiorników wodnych i przyczyniają się do ograniczenia spływu zanieczyszczeń do wód**. W dolinach rzek pospolicie występuje szuwar budowany przez **mozgę trzcinowatą**. Zajmuje ona niekiedy znaczącą powierzchnię w obniżeniach na dnie dolin rzecznych. W kompleksach wilgotnych łąk, w miejscach okresowo podtopionych, a także na obrzeżach cieków rozwijają się często szuwary turzycowe. Te rozłogowe lub kępowe rośliny przypominają nieco trawy, choć ich łodyga ma zawsze mniej lub bardziej trójkątny przekrój; mają też innego typu kwiaty niż trawy. Niektóre typy zbiorowisk szuwarowych mogą po czasie przekształcić się spontanicznie w olsy (bagienne lasy olszowe) lub rzadziej w łęgi (żyzne lasy olszowo-jesionowe w dolinach rzek i strumieni).

Zbiorowiska łąkowe to specyficzny rodzaj zbiorowisk roślinnych o półnaturalnym charakterze. Z pewnością w dalekiej przeszłości, gdy człowiek nie dokonał jeszcze znaczących przekształceń przyrody, w nieprzebytych kompleksach puszczańskich lasów pojawiały się polany pozbawione drzew, na których wypasały się chętnie liczne roślinożerne gatunki ssaków kopytnych – tury, żubry, jelenie, łosie. Ponieważ jednak hodowla zwierząt (przede wszystkim krów i koni) wymaga zapewnienia im paszy, łąki i pastwiska stały się jej podstawowym źródłem (i w znacznym stopniu są nadal). Łąki zakładano na miejscu łęgowych i grądowych lasów (po ich wcześniejszym wykarczowaniu), na żyznych, stosunkowo wilgotnych glebach. Warunkiem ich istnienia jest powtarzające się okresowo wykaszanie runa (z usunięciem biomasy, tj. siana) lub wypas. Częstym schematem zagospodarowania ekstensywnego łąk było koszenie dwa razy w sezonie, ze zbiorem siana, oraz w okresie późnoletnim wypas zwierząt (najczęściej bydła).

Zbiorowiska łąkowe uważamy za ekosystemy półnaturalne – ich skład gatunkowy jest w znacznym stopniu efektem naturalnych procesów doboru, lecz ich funkcjonowanie zależy od powtarzającego się cyklicznie koszenia i w mniejszym stopniu wypasania. Dominującą grupą roślin w tym typie zbiorowisk są trawy. Oprócz tego, dla co najmniej kilkudziesięciu gatunków roślin, zbiorowiska łąkowe stanowią optymalną przestrzeń rozwoju.



Fot. 2.3. Krwawnica pospolita zakwita latem w szuwarach i ziołoroślach (fot. H. Andrzejewski)

W podstawowej klasyfikacji dzieli się łąki na wilgotne i świeże. Wiele gatunków występuje na obu tych typach (jaskier ostry, szczaw zwyczajny, bodziszek łąkowy itd.), choć są i takie o specyficznych wymaganiach, rosnące tylko na określonym rodzaju łąki. Wyróżniamy m.in. wilgotne łąki kaczeńcowe, na których poza kwitnącą wczesną wiosną kniecią błotną (kaczyńcem) spotykamy wiele barwnych i interesujących gatunków roślin, takich jak: rzeżucha łąkowa, kuklik zwisły, kukułka szerokolistna, firletka poszarpana, ostrożeń warzywny. Spośród traw często rosną tu: kostrzewa łąkowa, wiechlina zwyczajna i łąkowa, śmiałek darniowy. Innym typem są łąki świeże rozwijające się na siedliskach mniej wilgotnych, na glebach

mineralnych. Łąki te zwane są rajgrasowymi, choć rajgras zwyczajny (pokaźna trawa) spotyka się na nich coraz rzadziej. Pospolitą trawą na łąkach świeżych jest natomiast kupkówka zwyczajna, obok której często występują takie gatunki, jak: kostrzewa czerwona, wiechlina wąskolistna. Oprócz tego rośnie na nich wiele gatunków o barwnych kwiatach, m.in.: złocień właściwy, dzwonek rozpierzchły, krwawnik pospolity, barszcz zwyczajny. Są to bardzo produktywne i cenne gospodarczo łąki, występują na obszarze całego kraju.

Zaniechanie ich użytkowania prowadzi nieodmiennie do powrotu formacji leśnych na te tereny. Na łąkach wilgotnych już kilkuletnie zaprzestanie koszenia uruchamia sukcesję w kierunku lasu, która rozpoczyna się od opanowania powierzchni przez siewki i podrosty olchy i brzozy. Równocześnie mogą się rozwijać tzw. ziołorośla, w których oprócz gatunków łąkowych pojawiają się gatunki przechodzące z innych zbiorowisk. Typowym gatunkiem ziołoroślowym jest wiązówka błotna.

Zbiorowiska murawowe wykształcają się tylko w szczególnych warunkach siedliskowych o skrajnym charakterze, najczęściej wynikającym z silnego nasłonecznienia, okresowego przynajmniej niedoboru wody, często słabo wykształconej gleby. Murawy dzieli się w znacznym uproszczeniu na naskalne (np. na odsłoniętych wychodniach skał wapiennych, piaskowców itp.) i występujące na luźnych utworach – piaskach, żwirach. W krajobrazie rolniczym zwykle niewielkie fragmenty murawy pojawiają się na wyjałowionych, wyłączonych z produkcji gruntach o niskiej klasie bonitacyjnej. Najczęściej w takich warunkach występuje murawa szczotlichowa z dominującą kseromorficzną trawą – szczotlichą siwą.

Zbiorowiska ruderalne występują pospolicie w naszym otoczeniu, zarówno w krajobrazie miejskim, jak i rolniczym. Olbrzymi potencjał roślin do zasiedlania nowych terenów sprawia, że każde prawie miejsce pozbawione szaty roślinnej jest szybko kolonizowane przez gatunki, które są w stanie skorzystać z nadarzającej się okazji. Zwykle już w kilka tygodni (w okresie wegetacyjnym) na nagiej glebie (a nawet skale macierzystej) pojawiają się siewki roślin. Wiele gatunków roślin wytwarza olbrzymie ilości nasion, które mogą być przenoszone na duże odległości (np. przez wiatr). Zbiorowiska ruderalne nie mają zwykle charakteru stabilnego (klimaksowego). Szybko zmienia się ich skład gatunkowy i gdyby nie powtarzające się co jakiś czas zaburzenia, większość z nich dążyłaby do przemiany w zbiorowiska zaroślowe, a potem zapewne w jakieś zbiorowisko leśne. Pospolite miejsca występowania zbiorowisk ruderalnych to miedze, drogi śródpolne, nieużytkowane fragmenty roślinności, zdziczałe przydroża, niezagospodarowane fragmenty gruntu wokół budynków, place budowy, miejsca składowania materiałów, niezagospodarowane sady, tereny przemysłowe itp. Często są to gatunki azoto- i fosforolubne. Wśród typowych roślin ruderalnych wymienić można m.in.: bylicę zwyczajną, trybulę leśną, perz zwyczajny, ostrożeń polny, stulichę psią, podbiał pospolity, wrotycz pospolity, rumian bezpromieniowy. Do tej grupy zalicza się także pokrzywę zwyczajną.

Zbiorowiska ruderalne mają duże znaczenie dla zachowania bioróżnorodności obszarów rolnych. Są niezwykle ważne dla wielu grup zwierząt, w szczególności ptaków i owadów, dla których są miejscem przebywania i rozrodu oraz stanowią źródło pokarmu. Wiele rosnących w nich gatunków ma także właściwości lecznicze.

Zbiorowiska segetalne – dzikie rośliny towarzyszące uprawom roślin. W długiej historii gospodarki rolnej liczne gatunki roślin przystosowały się do współwystępowania z gatunkami uprawnymi. Rośliny te określamy jako chwasty, choć pełnią one doniosłą funkcję w ekosystemach rolniczych. Możemy wyróżnić wśród nich dwie wyraźne grupy: segetalne zbiorowiska upraw zbóż oraz zbiorowiska segetalne okopowych.



Fot. 2.4. Chaber bławatek (fot. H. Andrzejewski)

Różnią się one bardzo składem florystycznym. W uprawach roślin zbożowych, szczególnie żyta, występują m.in. takie gatunki, jak: chaber bławatek, głodek mniejszy, czerwiec roczny, wyka czterona-sienna, mak polny, rumianek pospolity. Uprawom roślin okopowych towarzyszą z kolei pospolicie takie gatunki, jak: komosa biała, chwastnica jednostronna, żółtlica drobnokwiatowa, bylica pospolita.



Fot. 2.5. Wyka ptasia - pospolita roślina w uprawach zbóż (fot. H. Andrzejewski)

Łącznie w Polsce ponad 400 gatunków roślin pojawia się w zbiorowiskach segetalnych. W związku z zachodzącymi zmianami w technologii upraw wiele gatunków segetalnych występuje ostatnio niezwykle rzadko.

2.2 Współczesne zmiany szaty roślinnej terenów rolniczych

Współczesna gospodarka rolna, poddana presji ekonomicznej, nie sprzyja zachowaniu pełni różnorodności biologicznej. Intensyfikacja rolnictwa znacząco ogranicza bioróżnorodność. Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin na dużą skalę nie jest obojętne dla świata żywego. Powszechna chemizacja rolnictwa ma zaś istotny wpływ na ekosystemy rolnicze.

Przez ostatnie 60 lat zasobność gleb w materię organiczną spadła aż o 40%. Za spadek jakości gleb uprawnych odpowiadają przede wszystkim: ich intensywna eksploatacja, odchodzenie od stosowania nawozów naturalnych (zwłaszcza obornika) na rzecz mineralnych, a także powszechne stosowanie środków ochrony roślin. Zdaniem naukowców, w Polsce uprawia się zbyt wiele roślin zbożowych, okopowych oraz kukurydzy. Rośliny te wyjaławiają glebę. Lekarstwem może być uprawa roślin strączkowych i motylkowych, dzięki którym poziom materii organicznej wzrośnie. Wśród głównych zagrożeń dla żyzności gleb w Europie wymienia się: spadek zawartości materii organicznej gleb, powodzie i ruchy masowe ziemi, zasklepianie, procesy erozyjne, zanieczyszczenia ze źródeł lokalnych i rozproszonych, zagęszczanie, spadek bioróżnorodności oraz zasolenie.

Jedną z zasad tradycyjnego rolnictwa było zmianowanie. Od pewnego czasu obserwujemy jednak narastającą tendencję do porzucania tej reguły sprzyjającej zachowaniu bioróżnorodności. Obecnie w Polsce 70% upraw to rośliny zbożowe, często monokultury. Płodozmianu nie stosuje się już nie tylko w uprawie kukurydzy – coraz częściej dotyczy to także zbóż, szczególnie pszenicy.

Poza nieprawidłowym (nadmiernym) nawożeniem, powodującym głębokie zmiany w środowisku glebowym, najistotniejszym z przyrodniczego punktu widzenia zagrożeniem dla bioróżnorodności jest powszechne stosowanie środków ochrony roślin, w szczególności herbicydów.

Przez stulecia rozwoju kultury rolnej na naszym obszarze wykształciły się swoiste biocenozy, których struktura i skład gatunkowy odpowiadały z jednej strony panującym warunkom wilgotnościowo-troficznym, z drugiej zaś (w równym stopniu) rodzajowi uprawy i stosowanym zabiegom. W toku skomplikowanego procesu wykształciły się złożone zbiorowiska segetalne, charakterystyczne dla poszczególnych typów upraw, często dodatkowo zróżnicowane regionalnie.



Fot. 2.6. Barwna bogata w gatunki miedza oraz pozbawiona innych roślin uprawa kukurydzy (fot. H. Andrzejewski)

Rośliny występujące w zbiorowiskach segetalnych długo uważane były za element wyłącznie niepożądany, co odzwierciedla popularne nazywanie roślin tej grupy chwastami. Postrzegane jako konkurencja roślin uprawnych, były eliminowane z upraw. Plewienie, odchwaszczanie, oczyszczanie materiału siewnego miało zapewnić przewagę roślin uprawnych nad towarzyszącymi im roślinami segetalnymi. Żadna jednak z tych tradycyjnych metod nie była w stanie doprowadzić do pełnej eliminacji tzw. chwastów z biocenoz upraw. Dopiero powszechne stosowanie herbicydów sprawiło, że duża grupa roślin segetalnych jest dziś zagrożona. Gatunki te, składające się na pełny wachlarz bioróżnorodności na obszarach rolnych, są znaczące z punktu widzenia środowiska. Z jednej strony stanowią ozdobę pól, wpływając m.in. na atrakcyjność krajobrazu (np. maki), z drugiej są ważne dla zachowania innych elementów biocenoz rolniczych, w szczególności owadów i ptaków. Jednym z prawdopodobnych powodów ograniczenia występowania kuropatwy na obszarze całego kraju jest zubożenie flory segetalnej stanowiącej źródło pokarmu dla ptaków tego gatunku, zarówno w okresie letnim, jak i zimą (nasiona). Niemal wszędzie w krajobrazie rolniczym obserwuje się zanikanie gatunków takich, jak: chaber bławatek, mak polny, kąkol polny, rumianek pospolity, głodek drobny, niezapominajka polna, czerwiec roczny i in. Uznaje się, że ponad 25% gatunków segetalnych jest dziś silnie zagrożonych.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie znasz rośliny wodne?
2. W jakich warunkach rozwijają się szuwary?
3. Jakie znasz przykłady roślin szuwarowych?
4. Gdzie rozwijają się zbiorowiska ruderalne? Wskaż gatunki roślin typowe dla tej grupy.
5. Co to są gatunki segetalne i jakie ich grupy wyróżniamy ?

Propozycja ćwiczenia

Podczas godzinnej wycieczki w okolicy szkoły lub miejsca zamieszkania zidentyfikuj 3–5 różnych nieleśnych zbiorowisk roślinnych oraz określ (za pomocą przewodników, kluczy do oznaczania) dominujące gatunki roślin i kluczowe cechy siedliska.

Zbiorowisko roślinne	Opis miejsca występowania i podstawowe cechy siedliska	Dominujące gatunki roślin

Notatki

3 Wpływ rolnictwa na bioróżnorodność kręgowców

Szymon Kielan
Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Łódzkiego

Tysiące lat gospodarki rolnej sprawiło, że wiele organizmów przystosowało się do życia na terenach rolnych, służących im jako zamienniki naturalnych siedlisk. Szybko zachodzący postęp technologiczny wywołał znaczące zmiany również w rolnictwie, a liczne organizmy zamieszkujące tereny rolne nie umieją przystosować się do nowych warunków. W Polsce tereny nieleśne stanowią ok. 2/3 powierzchni kraju. Składają się na nie głównie obszary rolnicze. Na terenach tych możemy spotkać większość gniazdujących u nas ptaków, ale również inne kręgowce, dlatego są one bardzo ważne dla zachowania bioróżnorodności kręgowców. Gdyby całkowicie zaniechano rolnictwa, znikłoby lub zaczęło rzadko występować wiele pospolitych obecnie rodzimych gatunków. Równoważenie zmian w rolnictwie z ochroną występujących gatunków oraz minimalizowanie negatywnych skutków zmian są więc bardzo ważne. W ostatnich latach kładzie się nacisk nie tylko na to, jak zwiększyć wydajność, ale również na to, jakie – często proste – zabiegi będą sprzyjały zachowaniu lub zwiększeniu bioróżnorodności w krajobrazie rolniczym.

Wśród kręgowców najbardziej różnorodną grupą spotykaną na terenach rolnych są ptaki. Łatwo je obserwować, dlatego używa się ich do monitoringu środowiska. Najlepiej obrazują one aktualne problemy związane z szybko zachodzącymi zmianami w rolnictwie. Spośród gatunków ptaków charakterystycznych dla terenów rolnych wybrano kilka bytujących w specyficznych siedliskach, szybko zanikających z różnych rejonów Europy, i umieszczono ich nazwy w załączniku I do dyrektywy ptasiej.

Po wstąpieniu Polski do UE powołano nową formułę ochrony przyrody – obszary Natura 2000, które dzielimy na siedliskowe i ptasie. W praktyce jednak często, chroniąc siedliska, chronimy również tam występujące gatunki ptaków czy innych zwierząt. Siedliska te obejmują ponad 20% powierzchni naszego kraju, są więc ważną formą ochrony przyrody. Ptasie obszary Natura 2000 tworzy się z kolei tam, gdzie w skali kraju występują wyjątkowo licznie gatunki wymienione w załączniku do dyrektywy. Nie są to gatunki przypadkowe. W załączniku umieszczono te, które są charakterystyczne dla określonych siedlisk i które z różnych przyczyn zanikają lub szybko się zmieniają. Powstała w całej Europie sieć obszarów Natura 2000 ma zapewnić tym gatunkom przetrwanie poprzez ochronę ich siedlisk.

Niestety od lat maleje zarówno liczebność, jak i stopień rozpowszechnienia większości pospolitych gatunków ptaków z terenów rolnych (Chodkiewicz i in. 2018). Poniżej przedstawiono kilka wybranych gatunków kręgowców, które żyją w różnych siedliskach, aby zobrazować zagrożenia, z jakimi się borykają, i zabiegi, jakie poprawią ich sytuację.

3.1 Wybrane gatunki ptaków wróblowych krajobrazu rolniczego

Najliczniejszą gatunkowo grupą ptaków, które spotykamy na terenach nieleśnych, są **ptaki wróblowe**. Są zwykle małe, wielkości wróbla, choć zaliczamy do nich również ptaki krukowate. Duża część tej grupy odżywia się głównie owadami i ich larwami, choć jest też wiele gatunków, które żywią się nasionami (zwykle nazywane są łuszczakami lub ziarnojadami). Nawet jednak ptaki z tej grupy w okresie karmienia piskląt nie gardzą pokarmem zwierzęcym. **Wiele z nich jest naszymi cichymi sprzymierzeńcami, ponieważ skutecznie eliminują nadmiar szkodników w uprawach rolnych.** Gatunki wyłącznie owadożerne z reguły odlatują na zimę z Polski, podczas gdy większość ziarnojadów spędza ten czas na naszych polach czy bliżej domostw, chętnie odwiedzając przydomowe karmniki. Większość gatunków zasiedlających tereny otwarte gniazduje na ziemi, co sprawia, że ich jaja są w znacznie większym stopniu narażone na zniszczenie zarówno na skutek drapieżnictwa, jak i przypadku – ptak może zostać rozdeptany czy rozjechany w czasie niektórych prac polowych.

Kilka spośród gatunków omawianej grupy, które umieszczono w załączniku do dyrektywy ptasiej, jest związanych z krajobrazem rolniczym. Do takich gatunków należy **świergotek polny** (fot. 3.1) występujący na terenach o ubogich glebach, zwykle piaszczystych. Preferuje on obszary otwarte z licznymi śródpolnymi drogami, na których chętnie żeruje, biegając po ziemi. Gatunek ten zanika z powodu zaniechania upraw na tych terenach oraz ich zalesiania. **Zapobiec temu mogłoby pozostawianie śródpolnych dróg, które coraz częściej znikają z terenów rolniczych, mimo że istnieje obecnie możliwość otrzymania do nich dopłat bezpośrednich, jeśli ich szerokość nie przekracza dwóch metrów (o czym wielu rolników być może nie wie).**



Fot. 3.1. Świergotek polny (fot. S. Kielan)

Kolejny gatunek, który w Polsce jest jeszcze liczny, lecz na zachodzie Europy już rzadki, to **ortolan**, ptak o bardzo melodyjnym głosie. Związany jest on z krajobrazem rolniczym pól poprzecinanych niewielkimi śródpolnymi zadrzewieniami czy lasami, alejami drzew, a nawet samotnymi drzewami. Największym zagrożeniem dla niego jest wycinanie śródpolnych zadrzewień oraz powiększanie powierzchni uprawy tej samej rośliny i scalanie pól. Skutkuje to zmniejszaniem się bazy pokarmowej oraz optymalnych miejsc do gniazdowania. Charakterystycznymi gatunkami dla zadrzewień śródpolnych są również dwa inne wymienione w załączniku do dyrektywy – **gąsiorek** (fot. 3.2) i jarzębatka. Co ciekawe, bardzo często oba gatunki występują wspólnie, z tym że **jarzębatka** jest znacznie rzadziej spotykana. Oba ptaki są wielkości wróbla. Najczęściej widuje się je w dolinach rzecznych, gdzie zasiedlają miejsca na styku lasu i łąk czy pól. Nierzadko wystarcza im kępa zakrzaczeń, zwłaszcza składających się z drzew lub krzewów kłujących, np. tarniny czy jeżyn. Gatunki te są owadożerne, choć gąsiorek potrafi upolować czasem i małe kręgowce, np. gryzonie. Ponieważ odżywiają się szkodnikami występującymi w uprawach rolnych, są niezwykle pożyteczne. Na zatrucie naraża je zjadanie owadów opryskanych środkami ochrony roślin.



Fot. 3.2. Gąsiorek (fot. S. Kielan)

Nie sposób nie wspomnieć o **skowronku** (fot. 3.3). Gatunek ten u nas jest wciąż pospolity, tymczasem na zachodzie Europy staje się rzadki. Prowadzony od kilkunastu lat Monitoring Pospolitych Ptaków Lęgowych pokazuje, że i w Polsce liczebność skowronka zaczyna spadać. Ma to związek z intensyfikacją rolnictwa i monokultur uprawowych oraz scalaniem małych pól, przez co znikają śródpolne miedze i drogi. Znaczenie ma również wzrost chemizacji w rolnictwie skutkujący eliminacją chwastów z upraw. Powoduje to ograniczenie bazy pokarmowej i miejsc optymalnych do zakładania gniazd. Również zwiększanie udziału upraw zbóż ozimych, kukurydzy i rzepaku negatywnie wpływa na liczebność populacji skowronka. W uprawach tych ptaki nie znajdą wystarczająco dużo pokarmu, ponieważ oba gatunki roślin po wyrośnięciu zacieniają dokładnie podłoże, nie ma więc pod nimi żadnych chwastów. Ponadto skowronek będzie miał problem z siadaniem w takiej uprawie, gdyż jest przyzwyczajony do siadania wprost na ziemi. Podobnie jest z uprawami zbóż ozimych, a przede wszystkim pszenżytem, które jest bardziej urodzajne od tradycyjnego żyta i ma gęstszą niż ono strukturę (Chylarecki i in. 2018).



Fot. 3.3. Skowronek (fot. S. Kielan)

3.2 Wybrane gatunki ptaków kurowatych i chruścieli krajobrazu rolniczego

Charakterystycznym ptakiem dla pól jest również **kuropatwa** (fot. 3.4), reprezentująca rodzinę kurowatych. Podobny jest do niej należący do rodziny chruścieli **derkacz**. Ten ptak wydający – przeważnie nocą – specyficzny dźwięk zamieszkuje głównie łąki. Oba gatunki wyróżniają się dość skrytym trybem życia oraz tym, że większość czasu spędzają na ziemi, rzadko podrywając się do lotu. Występują na tych samych terenach, kuropatwa jednak zwykle wybiera miejsca suchsze, derkacz zaś wilgotniejsze. Kuropatwa niegdyś była gatunkiem pospolitym na naszych polach. Obecnie w wielu regionach kraju stała się rzadkością. Wpływ na to ma wiele czynników, w tym związane z rolnictwem. Zwiększona chemizacja upraw sprawia, że zanikają chwasty stanowiące

jedno ze źródeł pokarmu. Zmniejsza się udział upraw ziemniaków, które również były często miejscem ich bytowania zapewniającym bezpieczne schronienie i odpowiednią bazę pokarmową. Zwiększa się zaś areał upraw jednogatunkowych w wyniku m.in. scalania pól. Zanikają szerokie miedze, ponieważ rolnicy chcą zachować dopłaty do areału w dobrej kulturze rolnej. Dla kuropatwy miejsce schronienia stanowią śródpolne zadrzewienia, szczególnie w okresie zimowym. Wybiera wtedy pojedyncze drzewa czy kępy krzewów.



Fot. 3.4. Kuropatwy (fot. S. Kielan)

Derkacz jest spotykany dość często u nas na łąkach, ale może to być sytuacja tymczasowa, ponieważ w ostatnich latach część łąk pozostaje bez wykaszania, co może sprzyjać temu gatunkowi. W dłuższej perspektywie łąki te zaczną zarastać krzewami i podrostami drzew i derkacz z nich ustąpi. Na pozostałych łąkach użytkowanych gospodarka może okazać się zbyt intensywna.

Derkacz jest gatunkiem wędrownym i przylatuje do Polski dopiero na początku maja, czyli w czasie, kiedy mogą pojawić się już pierwsze koszenia na łąkach. Zwykle jednak wybiera takie miejsca, gdzie zastaje pozostawiony nieskoszony fragment, np. w obniżeniu terenu. Aby mu pomóc, wystarczy więc w czasie pierwszego koszenia zostawić ten kawałek łąki, na którym wiosną było najwilgotniej, a wykosić go kolejnym razem, najlepiej dopiero w lipcu bądź sierpniu.

3.3 Wybrane gatunki ptaków siewkowych krajobrazu rolniczego

Znacznie mniej liczną grupą są ptaki żyjące na terenach otwartych, tzw. ptaki **siewkowe**. Zwykle są średniej wielkości, często o długich nogach i dziobach, co sprawia, że wydają się większe. Są typowe dla półnaturalnych łąk, które zasiedliły w wyniku wielowiekowej gospodarki rolnej. Obecnie stanowią jedną z poważniej zagrożonych wyginięciem grup ptaków w naszym kraju, na co wpływ mają m.in. zmiany w rolnictwie. Najczęściej spotykanym i najbardziej znanym gatunkiem z tej grupy jest **czajka** (fot. 3.5).

Omawiane ptaki najczęściej związane są z terenami podmokłymi. Zasiedlają głównie łąki, ale widuje się je też na polach. Cenią sobie płytkie rozlewiska, które tworzą się wiosną na łąkach. Tam żerują w płytkiej wodzie oraz mule. Żywią się głównie małymi bezkręgowcami.



Fot. 3.5. Czajka (fot. S. Kielan)

Innymi charakterystycznymi dla naszych łąk gatunkami z tej grupy ptaków są **rycyk** (fot. 3.6) i **krwawodziób** (fot. 3.7). Są już na tyle rzadkie, że zostały umieszczone w załączniku do dyrektywy. Często występują na tych samych terenach co czajka. Chętnie gniazdują w małych koloniach, zapewniając sobie wzajemnie większe bezpieczeństwo. Gatunki gniazdujące w kraju spędzają zimę na wybrzeżach zachodniej Europy i w Afryce, rzadko zimują u nas. Jesienną wędrówkę zaczynają bardzo wcześnie – na przełomie czerwca i lipca.



Fot. 3.6. Rycyk (fot. S. Kielan)

Znikanie gatunków siewkowych z naszych łąk bierze się ze znaczących zmian w rolnictwie, do których ptaki te nie mogą się tak szybko przystosować. Nie wypasa się bydła, łąki koszone są nierzadko trzykrotnie w ciągu roku, pierwszy pokos wykonuje się coraz wcześniej. Łąki wiosną są wałowane w okresie, gdy ptaki składają pierwsze jaja. Jest to związane z coraz większymi możliwościami technologicznymi – szerokie opony o niskim ciśnieniu pozwalają wjeżdżać na łąkę już wczesną wiosną. Do tego dochodzą: osuszanie terenów podmokłych, zasypywanie śródpolnych oczek wodnych czy zastoisk wody pośród łąk oraz bezśnieżne zimy, które skutkują brakiem wiosennych rozlewisk, tak istotnych dla ptaków siewkowych. Najkorzystniejsze dla nich jest rolnictwo tradycyjne z wypasem na łąkach lub późnym koszeniem.

Istotną kwestią jest intensywność użytkowania pastwisk, a więc stosunek liczby zwierząt do powierzchni pastwisk. Optymalny wypas polega na obsadzie pastwiska maksymalnie 1 DJP/ha przy powierzchni pastwiska powyżej 30 ha, co skutkuje znacznie większymi szansami na sukces lęgowy ptaków gniazdujących na ziemi. Tak duże powierzchnie pastwisk są jednak rzadkie. Można natomiast tworzyć wspólnoty gruntowe, które kiedyś były popularne. Rolnicy mający grunty na obszarach Natura 2000 mają możliwość otrzymania dopłat rolnośrodowiskowych, dlatego koszą w nieco późniejszym terminie w związku z występowaniem na ich łące jednego z kilku gatunków ptaków objętych programami rolnośrodowiskowymi. Poza obszarami Natura 2000 istnieje zaś możliwość otrzymania dopłat rolnośrodowiskowych do użytków zielonych, jeśli stwierdzone zostaną na nich siedliska naturowe.



Fot. 3.7. Krwawodziób (fot. S. Kielan)

Najczęściej są to łąki świeże (w wariancie półnaturalne łąki świeże) i łąki trzęślicowe (typ zmiennowilgotnej łąki budowanej w znacznej mierze przez trzęślicę modrą), których ochrona pośrednio będzie zabezpieczać również rzadkie ptaki oraz inne organizmy, np. rzadkie gatunki motyli.

3.4 Krajobraz rolniczy jako miejsce żerowania w okresie lęgowym i polęgowym

Tereny rolne stanowią też doskonałe miejsce do polowania dla ptaków drapieżnych, niektóre z nich zakładają nawet gniazda w uprawach zbóż czy szuwarach. Do gatunków takich należą **błotniak stawowy i błotniak łąkowy** (fot. 3.8). Nazwy tych ptaków sugerują, jakie siedliska wybierają najczęściej do zakładania gniazd czy miejsc żerowania. Pierwszy z nich – błotniak stawowy – rzeczywiście bardzo często gniazduje i poluje w pobliżu stawów, zwłaszcza z dużą powierzchnią szuwarów. Chętnie jednak wybiera się również nad pola czy łąki. W ostatnich latach notowane są również przypadki jego gniazdowania w uprawach zbóż.



Fot. 3.8. Samiec błotniaka łąkowego (fot. S. Kielan)

Błotniak stawowy zwiększa liczebność w naszym kraju. Błotniak łąkowy zaś wbrew nazwie obecnie najczęściej gniazduje na polach, w uprawach zbóż. Jest znacznie rzadszy, ptaków tego gatunku jest coraz mniej. Błotniaki wyróżniają się długimi wąskimi skrzydłami, długim ogonem oraz charakterystycznym lotem – bardzo często latają nisko tuż nad polami, patrolując teren.

Największym zagrożeniem dla gniazd błotniaków, prócz drapieżnictwa innych gatunków zwierząt, jest koszenie zbóż, zanim młode ptaki uzyskają zdolność do lotu. Ochrona błotniaka łąkowego polega zatem głównie na zabezpieczaniu jego gniazd – wyszukiwaniu w uprawach zbóż i grodzeniu ich. Możemy zrobić to sami, pozostawiając fragment nieskoszonego zboża, w którym zauważymy gniazdo z młodymi. Oba te gatunki polują na różne małe kręgowce, w tym często na gryzonie, które mogą powodować szkody w uprawach. Dla ptaków drapieżnych istotne jest również, aby miały miejsce, z którego będą mogły obserwować teren. Najlepiej, żeby to było drzewo, które posłuży również innym gatunkom, ale może być to nawet wbity drewniany kołek.

Wszystkie gatunki ptaków drapieżnych w Polsce podlegają ścisłej ochronie. Wiele z nich w przeszłości miało liczne problemy z rozmnażaniem spowodowane stosowaniem środków ochrony roślin w postaci DDT (dichlorodifenylotrichloroetan), którego używanie obecnie jest zabronione.

Tereny rolnicze mają również duże znaczenie w okresie polęgowego rozpraszania się ptaków, ich migracji czy zimowania. Na polach i łąkach gromadzą się niekiedy stada liczące tysiące gęsi, siewek czy szpaków. Znajdują one doskonałe warunki do żerowania na ścierniskach lub świeżo zaoranych gruntach. W trakcie prac polowych towarzyszą nam stada ptaków krukowatych, głównie **gawronów**. Są one sprzymierzeńcami rolników w walce ze szkodnikami upraw, gdyż odżywiają się wyciąganymi z gleby podczas uprawy larwami, np. chrabąszcza majowego. Powszechnie uważa się, że gawron jest gatunkiem pospolitym w naszym kraju i nic mu nie zagraża. Tymczasem badania pokazują, że systematycznie

jego liczebność spada, co również związane jest z rolnictwem. Gawrony wybierają krajobrazy rolnicze o dużej różnorodności siedlisk i upraw.

W okresie zimowym duże znaczenie dla zimujących ptaków mają pozostawione ścierniska. Licznie zimują na nich różne gatunki wróblaków, zwłaszcza ziarnojadów, które mogą tam znaleźć pokarm w trudnym dla nich okresie zimowym. Ścierniska są też miejscem występowania wielu gryzoni, które zwabiają ptaki drapieżne. O ile w okresie letnim uprawy kukurydzy są pustynią dodatkowo powodującą wzrost populacji dzików, o tyle ścierniska po kukurydzy są już wielką oazą dla zimujących ptaków. Nieraz prócz wróblaków na takich polach możemy spotkać zimujące **żurawie, gęsi czy łabędzie**. W okresie wiosennym znacznie więcej ptaków korzysta z rozległych łąk i pastwisk w dolinach rzek, zwłaszcza tych, które regularnie wiosną wylewają. Wiosenne rozlewiska zapewniają zaś migrującym ptakom odpowiednie warunki żerowania oraz bezpieczny odpoczynek. To, że wiele rzek uregulowano, a łąki osuszono, sprawia, że ptaki już się tam nie zatrzymują i przestają tam gniazdować. Dlatego należy dbać o to, aby łąki w okresie wczesnowiosennym były w jakimś stopniu zalane. Na zmeliorowanych łąkach trzeba w tym okresie umieszczać zastawki, które spowolnią odpływ wody, tak aby na łąkach utrzymała się przynajmniej do maja.

W porównaniu z zachodem Europy w Polsce zamieszkuje wyjątkowo dużo gatunków krajobrazu rolniczego. Ma to związek z zachowanym u nas jeszcze niejednokrotnie mało intensywnym rolnictwem oraz zróżnicowanym krajobrazem rolniczym – z dużą ilością śródpolnych oczek wodnych, drzew, zarośli czy miedz. Wiele gatunków ptaków u nas nierzadko spotykanych poza granicami naszego kraju to już gatunki zagrożone, rzadkie. Część z nich została umieszczona w załączniku I do dyrektywy ptasiej.

3.5 Wybrane gatunki płazów krajobrazu rolniczego

W krajobrazie rolniczym spotkać możemy również większość z występujących w naszym kraju płazów. Szczególnie istotne dla zachowania ich populacji są niewielkie śródpolne oczka wodne i zastoiska wody, w których mają możliwość rozmnażania się. Poza grupą żab wodnych większość naszych płazów związana jest z wodą tylko w okresie rozrodu. Później możemy je zobaczyć w różnych miejscach, zwykle jednak wilgotnych i zacienionych. Wśród rodzimych gatunków możemy spotkać kilka płazów ogoniastych, w tym najczęściej obserwowaną traszkę zwyczajną (fot. 3.9). Traszki w okresie godów przeobrażają się i zyskują bardziej kontrastowe ubarwienie.



Fot. 3.9. Traszka zwyczajna (fot. S. Kielan)

Mniej widowiskowe są ropuchy, spośród których najczęściej możemy spotkać **ropuchę szarą i zieloną**. Ropuchy są bardzo pożyteczne, gdyż odżywiają się głównie bezkręgowcami, wśród nich – szkodnikami rolniczymi. Płytko zalane łąki również dla płazów są miejscem do rozmnażania się. Wczesną wiosną w takich miejscach możemy spotkać setki niebieskich **żab moczarowych** (fot. 3.10). Niegdyś było ich znacznie więcej, obecnie rzadko się widuje już tak duże zgromadzenia. Po okresie godowym tracą niebieskie ubarwienie i stają się podobne do pospolitych brunatnych **żab trawnych**.



Fot. 3.10. Żaba moczarowa w okresie godowym (fot. S. Kielan)

Ze względu na pożyteczną rolę płazów dla środowiska wszystkie objęto ochroną gatunkową. W ostatnich latach, aby je chronić, buduje się specjalne przejścia pod drogami oraz ustawia płotki zapobiegające rozjeżdżaniu przez auta płazów w czasie wiosennych wędrówek do zbiorników wodnych. W krajobrazie rolniczym najważniejsze jest zachowanie ich miejsca rozrodu w postaci śródpolnych oczek wodnych czy wiosennych zastoisk wody w naturalnych obniżeniach terenu. Miejsca takie odznaczają się niezwykle bogatą bioróżnorodnością. Równie istotne jest powstrzymanie dalszego osuszania terenów podmokłych łąk okresowo zalewanych. Niestety, obecnie rolnicy często niszczą takie małe oazy, ponieważ utrudniają one mechaniczne prace polowe, a do takiej części pola nie otrzymuje się dopłat bezpośrednich. Skutkuje to znacznym zubożeniem bioróżnorodności w krajobrazie rolniczym.

3.6 Ssaki krajobrazu rolniczego

Ssaki, które spotykamy na terenach rolniczych, to zwykle łatwe do zauważenia gatunki łowne, takie jak sarna, dzik czy zając. Prócz nich występują tu liczne gatunki gryzoni, nierzadko uważanych za szkodniki, np. chomik europejski – gatunek niegdyś często spotykany, zachował się już tylko na niewielkim obszarze naszego kraju. Wpływ na to miało tępienie chomika, uważnego za szkodnika upraw. Obecnie głównym zagrożeniem dla niego jest drapieżnictwo związane ze znacznym wzrostem liczebności lisów oraz monokulturowość w rolnictwie. Zmiany, które obecnie obserwujemy w rolnictwie, sprzyjają mnożeniu się dzików w naszym kraju. Ma to związek przede wszystkim ze zwiększonym udziałem upraw kukurydzy, która stanowi zarówno doskonałe schronienie, jak i łatwo dostępny pokarm. Niestety wiąże się to również z coraz większymi stratami w rolnictwie.

Wieczorem i nocą na otwartych terenach krajobrazu rolniczego możemy dość łatwo spotkać różne gatunki nietoperzy. Ssaki te są oczywiście bardzo pożyteczne, bo odżywiają się głównie owadami, często uważanymi za niepożądane w otoczeniu. Postępująca intensyfikacja rolnictwa, a zwłaszcza chemia stosowana w uprawach roślin sprawiają, że mamy coraz mniej owadów, którymi mogłyby się one odżywiać. Nie bez znaczenia jest również dostępność miejsc do rozrodu nietoperzy, dlatego aby zwiększyć ich liczebność, możemy rozwieszać specjalnie dla nich wykonane budki w naszych przydomowych gospodarstwach.

3.7 Podsumowanie

Krajobraz rolniczy stanowi ważną ostoję bioróżnorodności. Przez tysiące lat rolnictwo było mało intensywne, dlatego sprzyjało wzrostowi różnorodności gatunkowej zamieszkujących te tereny kręgowców. W ostatnich latach zachodzą bardzo szybko zmiany, z którymi wiąże się zubożenie bioróżnorodności, w tym zwłaszcza intensyfikacja, zanikanie rozdrobnionej powierzchni upraw, osuszanie terenów podmokłych, wycinanie śródpolnych zadrzewień. Skutkuje to mało urozmaiconym krajobrazem, a w perspektywie – znacznie mniejszą różnorodnością kręgowców zamieszkujących te tereny.

W ramach programów rolnośrodowiskowych można starać się o dopłaty w zamian za ochronę najwrażliwszych gatunków ptaków żyjących na terenach podmokłych, przy okazji chroniąc również inne gatunki, które te tereny zamieszkują.

Dobrą praktyką jest również, zwłaszcza na dużych powierzchniach łąk, naturalny wypas bydła w ramach wspólnot gruntowych, dawniej często praktykowany. Należy przy tym zachowywać śródpolne zadrzewienia, a w miejscach, w których ich brak – odtwarzać je. Zwiększa to bioróżnorodność w krajobrazie rolniczym, a jednocześnie zabezpiecza pola przed erozją wietrzną gleby oraz skutkuje zmniejszeniem udziału szkodników upraw poprzez ich eliminację za pośrednictwem ptaków zasiedlających te enklawy.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie siedliska są szczególnie cenne dla ochrony bioróżnorodności kręgowców terenów rolnych?
2. Jakie znasz sposoby praktycznej ochrony bioróżnorodności kręgowców w krajobrazie rolniczym?
3. Jakie gatunki ptaków redukują szkodniki upraw rolnych?
4. Jakie zabiegi stosowane w rolnictwie mogą negatywnie wpływać na ptaki związane z siedliskami łąkowymi?

Propozycja ćwiczenia

Wyznacz w swojej okolicy dwa transekty o długości 1 km każdy. Jeden w krajobrazie rolniczym obejmujący pola uprawne, najlepiej jednego gatunku, drugi obejmujący mozaikę pól uprawnych i łąk lub zadrzewień śródpolnych (optymalnie jak najwięcej różnorodnych siedlisk). Spróbuj policzyć na nich w trakcie przemarszu gatunki kręgowców. Przeanalizuj, co mogło mieć wpływ na uzyskane wyniki.

4 Ostoje bioróżnorodności i strefy ekotonowe w krajobrazie rolniczym – przykłady dobrych praktyk

Katarzyna Krakowska
Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Łódzkiego

Współczesne tereny rolnicze to obszary dość jednorodne w obrębie danej uprawy, składające się zazwyczaj z roślin reprezentujących jeden gatunek, np. rzepak, owies. Różnorodność biologiczna, czyli **zróżnicowanie życia** (genów, gatunków i ekosystemów) na wszelkich poziomach jego organizacji, na takim terenie jest niska. Składają się na nią zazwyczaj rośliny uprawiane na danym polu i sporadycznie zwierzęta oraz inne gatunki roślin.

Obszarami charakteryzującymi się największą bioróżnorodnością są tereny przejściowe pomiędzy dwoma ekosystemami.

Ekosystem oznacza przy tym biocenozę wraz z organizmami tworzącymi sieć troficzną, z biotopem oraz zachodzącym w nim przepływem energii i materii. **Biocenoza** to zespół organizmów zwierzęcych, roślinnych oraz mikroorganizmów różnych gatunków, powiązanych siecią rozmaitych zależności. **Biotop** to środowisko życia biocenozy, środowiskowa część ekosystemu. **Sieć troficzna** to z kolei sieć zależności pokarmowych między organizmami różnych gatunków jednego ekosystemu, mającymi podobne zwyczaje żywieniowe.

Im więcej ekosystemów i im bardziej są urozmaicone, tym większa **różnorodność biologiczna** na danym terenie. Strefę przejściową pomiędzy ekosystemami nazywa się ekotonem. Bogactwo przyrodnicze strefy ekotonowej związane jest z różnorodnością gatunków występujących na tym terenie, większą niż ilość gatunków występująca w sąsiadujących ze sobą ekosystemach.

Najprostszym sposobem wyznaczenia poziomu różnorodności biologicznej kilku ekosystemów jest policzenie, ile gatunków roślin, zwierząt i grzybów występuje na powierzchni o identycznej wielkości w tych ekosystemach, i dokonanie porównania. Za pomocą przewodników do oznaczania roślin i zwierząt można określić gatunki występujące na badanych powierzchniach. Powierzchnia, na której występuje ich więcej, charakteryzuje się wyższą bioróżnorodnością.

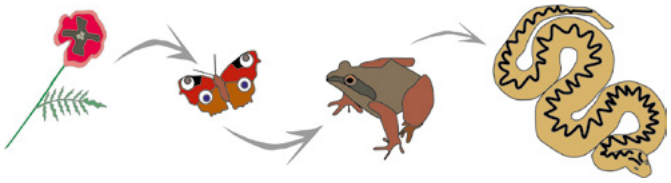
W środowisku różnorodnych gatunków zachodzi więcej procesów przyczyniających się do jego stabilności. Na obszarze takim znajdują się siedliska i całe ekosystemy pozostające w równowadze. Dzieje się tak ze względu na przeplatanie się różnorodnych łańcuchów pokarmowych na bogatym w gatunki terenie. Warunkiem zachowania stabilności ekosystemu jest zatem zachowanie w jego obrębie jak największej liczby gatunków pozostających we wzajemnych zależnościach, m.in. pokarmowych. Wyeliminowanie jednego gatunku prowadzi do rozerwania łańcucha pokarmowego, w skład którego on wchodził, a co za tym idzie do zachwiania stabilności ekosystemu. Ważne jest również zminimalizowanie stopnia ingerencji czynników zewnętrznych w ekosystem. Takim czynnikiem może być np. fragmentacja siedliska lub całego ekosystemu (wycięcie drzew i krzewów na danym obszarze lub zmiana jego przeznaczenia, np. pod zabudowę) lub wykonywane opryski. Największe zmiany w naturalnie funkcjonujących ekosystemach zachodzą przy udziale człowieka.

Na terenach rolniczych występują sztucznie stworzone przez człowieka ekosystemy, które funkcjonują okresowo w celu zapewnienia jak najwyższych plonów. Są to ekosystemy, w których pełna sieć troficzna nie jest w stanie się wytworzyć. Stosuje się tu środki zwalczające szkodniki, melioracje oraz orkę, jak również nawożenie w celu optymalizacji zysków, co nie pozostaje obojętne dla środowiska. Owady żerujące w tego typu ekosystemach nie stanowią elementu łańcucha pokarmowego, ponieważ na takim obszarze nie jest on w pełni wykształcony. Nie ma tu naturalnych wrogów owadów, jest natomiast nieograniczona baza pokarmowa, przez co ich liczba wzrasta w sposób niekontrolowany. W celu minimalizacji strat w przyszłych plonach używa się insektycydów redukujących liczbę owadów określanych mianem „szkodników". Środki owadobójcze działają zabójczo nie tylko na szkodniki żerujące na roślinach uprawnych, lecz również na pożyteczne owady, w tym zapylacze. Niezwykle istotna jest w takich przypadkach rzetelna wiedza na temat biologii żerującego na danej uprawie gatunku, zaczerpnięta nie tylko z opisu na opakowaniu insektycydu, ale również ze specjalistycznej literatury. Niezwykle często okazuje się bowiem, że ten sam gatunek owada może raz żerować na roślinie, a następnie ją zapylać w zależności od fazy jej rozwoju. Tak jest w przypadku słodyszka rzepakowego oraz rzepaku. Owad żeruje, wgryzając się w pąki kwiatowe rośliny, a na etapie kwitnienia jest bardzo wydajnym zapylaczem rzepaku. Stosowanie oprysków na ten gatunek owada w okresie kwitnienia rzepaku pozbawia zatem roślinę zapylaczy.

Co więcej, coraz większa grupa szkodników wykształca mechanizmy ochronne przed substancjami wykorzystywanymi do ich zwalczania i staje

się w następnym pokoleniu bardziej na nie odporna. Istotna jest również wiedza na temat miejsc i sposobu zimowania owadów, aby izolować i chronić uprawy przed nowym pokoleniem.

W naturalnym ekosystemie sytuacja jest inna ze względu na prawidłowo wytworzone łańcuchy pokarmowe, funkcjonujące jak ciągi organizmów ustawionych w takiej kolejności, że każde poprzednie ogniwo stanowi źródło pokarmu dla następnego. Niepotrzebna jest ingerencja z zewnątrz w postaci stosowania oprysków na ten gatunek owada w okresie kwitnienia rzepaku. Takie postępowanie *de facto* pozbawiłoby roślinę zapylaczy.



Rys. 4.1. Przykład łańcucha pokarmowego funkcjonującego w ostoi przyrodniczej (rys. K. Krakowska)

W celu wzmocnienia ochrony przed niepożądanymi bywalcami upraw oraz z kilku innych powodów przedstawionych poniżej, a przyczyniających się m.in. do wzrostu plonów, pozostawia się na terenach rolniczych lub tworzy się **ostoje bioróżnorodności**. Pełnią one różne funkcje. Stanowią schronienie, miejsce rozrodu oraz bazę pokarmową dla wielu organizmów, przyczyniają się również do zmiany warunków klimatycznych w mikroskali. Mogą to być rozkwiecone miedze i zadrzewienia śródpolne, rozkładające się drewno, oczka wodne i zabagnienia, sady, kamieńce, pobocza dróg porośnięte roślinnością. Na styku ostoi bioróżnorodności oraz ekosystemów rolniczych tworzą się strefy ekotonowe wzmacniające prośrodowiskowe działanie ostoi.

Zadrzewienia śródpolne to zbiorowiska roślinne składające się z rosnących w grupach drzew i krzewów. Przeważnie są to brzozy, osiki, graby, dęby oraz drzewa i krzewy owocowe, m.in. tarnina, grusze, mirabelki. Na terenach rolnych mogą rozkładać się liniowo, powierzchniowo lub punktowo. Zadrzewienia są bardzo ważne dla środowiska, ponieważ:

- stanowią ostoję bioróżnorodności,
- chronią przed wiatrem i mrozem,
- magazynują wodę,
- są schronieniem dla zwierzyny łownej,
- stanowią miejsce życia i bytowania wielu gatunków,
- stanowią „stołówkę" dla wielu zwierząt,
- są elementem ozdobnym krajobrazu.

W Wielkopolsce w 1992 roku utworzono Park Krajobrazowy im. Generała Dezyderego Chłapowskiego. Można tam zobaczyć unikatowy w skali kraju krajobraz rolniczy z systemem zadrzewień śródpolnych stworzonych przez patrona parku. Miejsce to jest poligonem badawczym ekosystemów na terenach rolniczych, dlatego analizowane są tam podstawy ich funkcjonowania oraz zależności przyrodnicze pomiędzy nimi.

Sieć zadrzewień może stworzyć **korytarz ekologiczny**, czyli ciąg komunikacyjny ułatwiający zwierzętom przemieszczanie się. Korytarz powinien mieć wielkość zależną od rozmiarów migrującej zwierzyny oraz jej wymagań. Zadrzewienia śródpolne, tereny podmokłe, miedze łączące dwa kompleksy leśne mogą stanowić korytarz dla zwierząt, które się przemieszczają, korzystając ze schronienia oraz bazy pokarmowej w nim dostępnej. Korytarze ekologiczne mogą ułatwiać migrację na duże odległości, np. jeleniowatym, a składać się mogą z potężnych kompleksów leśnych i terenów otwartych. Owady zapylające również korzystają z krawędzi zadrzewionych i zakrzaczonych obszarów, unikając przelotów przez otwarte tereny. Jednocześnie zwierzyna poruszająca się korytarzami ekologicznymi rzadziej żeruje na polach uprawnych, uznając ją za strefę zagrożenia. Sytuacja ta ulega zmianie, gdy część korytarza, np. w postaci zadrzewienia, zostanie wycięta. Wówczas zwierzyna zmuszona jest znaleźć nowe, bezpieczne drogi i w razie braku naturalnych kryjówek zaczyna korzystać z upraw polowych. Głównym warunkiem prawidłowego funkcjonowania korytarza jest więc brak barier ekologicznych, takich jak: ogrodzenia, zabudowa, ciągi komunikacyjne, lokalizacja inwestycji o dużym natężeniu hałasu oraz fragmentacja pasów zieleni tworzących korytarz. Istnienie takich barier znacznie utrudnia lub uniemożliwia migrację gatunków.



Fot. 4.2. Pas zadrzewień śródpolnych (fot. K. Krakowska)

Miedze śródpolne to pas nieuprawianego terenu pomiędzy dwoma polami. Miedze najczęściej kojarzone są z terenami rolnymi i stanowią jedną z najbardziej rozpoznawalnych ostoi bioróżnorodności. Porośnięte są różnobarwnymi kwiatami stanowiącymi pożytek dla wielu gatunków owadów, w tym motyli. Stanowią atrakcyjny element w krajobrazie. Warstwa próchnicza wykształciła się na nich lepiej niż na terenach uprawowych, ponieważ powstała z rozkładających się cząstek roślin i nie została znisz-

czona przez orkę. W związku z tym zarówno miedze, jak i zadrzewienia śródpolne to znakomite miejsca do rozwoju larw wielu pożytecznych organizmów.



Fot. 4.3. Miedza śródpolna (fot. K. Krakowska)

Rozwijają się one w warstwie glebowej i w warstwie roślinności. Miedze oraz zadrzewienia śródpolne zamieszkuje bardzo pożyteczna grupa owadów – mrówki. Żywią się one najczęściej owadami, dlatego ich rola na terenach rolniczych jest bardzo ważna – likwidują gąsienice i porządkują teren, usuwając padlinę oraz małe chore osobniki niektórych zwierząt. W ekosystemie miedzy i zadrzewień zajmują tak doniosłą pozycję jak dżdżownice w glebie. Dla wielu zwierząt stanowią również dobre źródło pożywienia.

Miejscem o dużym znaczeniu jest **pobocze drogi**, będące często strefą krawędziową pól. Można tam posiać różne gatunki kwiatów łąkowych, zwiększając tym samym ilość pożytku dla zapylaczy.



Fot. 4.4. Pobocze drogi (fot. K. Krakowska)

Ekosystem pobocza zbliżony jest do ekosystemu miedzy. Wypalanie traw na poboczach dróg nie sprzyja, wbrew potocznym opiniom, eliminacji „chwastów" i użyźnianiu gleby. W poprawnie funkcjonującym ekosystemie nie istnieją gatunki zbędne, zwane „chwastami". Liczba wszystkich gatunków jest regulowana przez procesy zachodzące wewnątrz ekosystemu, co prowadzi do równowagi. Wprowadzając ogień do prawidłowo funkcjonującego ekosystemu, zabija się zimujące w nim larwy owadów i inne drobne zwierzęta oraz grzyby i eliminuje bioróżnorodność, pozostawiając jedynie najbardziej odporne na wypalanie rośliny.

Rozkładające się drewno, podobnie jak pozostawione sterty gałęzi, z ekologicznego punktu widzenia mają ogromne znaczenie, szczególnie na terenach rolniczych. Spróchniałe drzewo oraz rozkładające się kłody i pnie są swoistym biotopem zapewniającym przez długi czas pokarm i miejsce schronienia wielu organizmom. Do powstania próchna przyczyniają się niektóre gatunki grzybów, tworząc w ten sposób środowisko życia dla żerujących w nim larw. Przykładem larwy żerującej w spróchniałych drzewach jest pachnica dębowa – chroniony gatunek chrząszcza. Gatunek ten w postaci larwy spędza 90% życia w spróchniałym drzewie, aby po czterech latach wyjść na miesiąc w postaci dorosłego owada i odbyć gody. Tak oto stare dziuplaste drzewo może stać się bardzo wartościowym elementem ochrony siedliska cennego gatunku.

Sterty chrustu zalegające na poboczach pól to znakomita kryjówka dla wielu drobnych zwierząt. Można tam spotkać m.in.: ślimaki, zaskrońca zwyczajnego, żmiję zygzakowatą, ryjówkę aksamitną, mysz, makolągwę, strzyżyka, pokrzywnicę czy ropuchę szarą. Te ostatnie po odbyciu godów opuszczają staw i resztę sezonu spędzają na lądzie, zdobywając pożywienie w sadach, ogrodach i polach. Odpoczywają właśnie w stertach pozostawionych gałęzi. Tam również jest dla nich oraz jeży znakomite miejsce do zimowania. Ropuchy są sprzymierzeńcami ludzi, ponieważ znacznie ograniczają populacje komarów, ślimaków oraz owadów żerujących w ogrodach.



Fot. 4.5. Drewno jako ostoja wielu pożytecznych gatunków (fot. P. Wypych)

Na terenach rolniczych w celu zwiększenia liczby zapylaczy w środowisku wystawia się **hotele dla owadów**. Są to drewniane konstrukcje zawierające fragmenty rozkładającego się drewna, rurki trzcinowe, szyszki, pustaki oraz drewniane klocki z nawierconymi otworami. Ze względu na zmianę charakteru architektury wiejskiej elementy takie nie są już naturalnie spotykane w wiejskim krajobrazie. Hotele zapewniają pszczołowatym, błonkówkom oraz całej grupie owa-

dów zapylających miejsce do rozrodu.

Aby zachować pożyteczne owady, należy nakierować się na ochronę ich siedlisk. Jednym z największych sprzymierzeńców człowieka w walce ze szkodnikami upraw są chrząszcze. Najbardziej znane owady z tej grupy to biedronki, które żywią się głównie mszycami, ale nie tylko. Biedronka mączniakówka żywi się grzybnią mączniaka prawdziwego. Kolejną, bardzo żarłoczną grupą owadów wśród chrząszczy są biegaczowate. Używając swoich silnych szczęk, polują na inne owady, gąsienice, pędraki, dżdżownice i ślimaki. Ta grupa poluje wieczorem, a za dnia wybiera sobie na kryjówkę sterty kamieni lub drewno i gałęzie. Kamieńce to również miejsce bytowania dla gadów wygrzewających się na słońcu oraz punkt obserwacyjny dla wielu gatunków ptaków, a także miejsce rozrodu dla zapylaczy, np. trzmiela ziemnego lub kamiennika. **Kamieńce** to wyjątkowa ostoja bioróżnorodności, do której stworzenia właściwie nie trzeba zbyt wiele pracy. Zebrane z pola drobne głazy układa się w pryzmach lub stożkach na poboczach pól i zostawia, a pożyteczne organizmy znajdują je i adaptują jako optymalne dla życia i rozwoju miejsce.



Fot. 4.6. Pryzma kamieni (fot. K. Krakowska)

Przykładem dobrych praktyk w tym zakresie jest przeprowadzony w 2003 roku przez Towarzystwo Badań i Ochrony Przyrody Program ochrony trzmieli w Polsce środkowej. Celem projektu było zwiększenie liczebności populacji trzmieli poprzez przywrócenie i wzbogacenie ich bazy pokarmowej oraz tworzenie sztucznych miejsc gniazdowych. Na terenie siedmiu parków krajobrazowych i jednego narodowego zorganizowano m.in. ponad tysiąc miejsc rozrodu dla trzmieli, tzn. budek i kamieńców, oraz zapewniono im bazę pokarmową. Na skutek tych działań wzrosła nie tylko liczba wydajnych zapylaczy w regionie, ale również plony.

Zagłębienie wypełnione wodą to naturalny lub sztuczny niewielki zbiornik wodny odgrywający istotną rolę w środowisku przyrodniczym. Oczko wodne w krajobrazie rolniczym pełni różnorodne funkcje sprzyjające wzrostowi bioróżnorodności.



Fot. 4.7. Zagłębienie śródpolne wypełnione wodą (fot. K. Krakowska)

Jest wodopojem, który można odnaleźć po ścieżkach wydeptanych przez zwierzęta wśród upraw. Stanowi ostoję dla zwierząt, m.in.: królików, myszy, zajęcy, bażantów, kuropatw, oraz miejsce życia dla ptactwa wodnego i rozrodu dla płazów i owadów. Pełni również doniosłą funkcję w retencji wody i utrzymuje wyższą wilgotność powietrza. Dla zachowania ekosystemu takiego miejsca niezwykle ważne jest utrzymanie tam wody przez cały cykl rozwojowy organizmów w nim zamieszkujących. Naturalne oczko zazwyczaj jest usytuowane optymalnie, dlatego gwarantowane jest zatrzymanie w nim wody przez cały sezon. Tworząc zaś sztuczne oczko wodne, należy brać pod uwagę podobne czynniki. Jedną z najgroźniejszych dla szkodników upraw grup owadów zamieszkujących wypełnione wodą obniżenia terenu są ważki. Są one drapieżnikami zarówno w postaci larwalnej, jak i dorosłej. Oblatując tereny uprawowe, redukują liczbę innych owadów, które w nadmiarze występują na tym obszarze i często wyrządzają tam duże szkody.

Sad to obszar użytkowany rolniczo, na którym uprawia się drzewa lub krzewy dostarczające jadalnych owoców. Wyróżniamy dwa rodzaje sadów – tradycyjne oraz towarowe (produkcyjne). W sadach towarowych na każdym etapie wegetacji drzew (zawiązywanie pąków, kwitnienie, owocowanie) stosuje się opryski zapobiegające chorobom i redukujące liczbę szkodników. Łącznie może ich być kilkadziesiąt. Zabiegi te służą uzyskaniu jak największej ilości znormalizowanych wielkościowo i kolorystycznie owoców. W sadach towarowych dobór i wygląd owoców podyktowany jest wymogami rynku, a produktywność szacuje się na kilka do kilkunastu lat. Po tym okresie sad jest wycinany i zastępowany innymi uprawami. Różnorodność biologiczna na takim terenie jest znacznie uboższa niż na obszarze sadu tradycyjnego.

Cechą tradycyjnego sadu są duże rozstawy między drzewami i wysoko wyniesione korony. W związku z tym drzewa są lepiej przewietrzane, a co za tym idzie mniej narażone na choroby grzybowe. Stare odmiany

są bardziej odporne na szkodniki, choroby oraz mróz, co wiąże się z wielowiekową naturalną selekcją. W takim sadzie nie ma potrzeby stosowania chemicznych środków ochrony, owoce są więc zdrowsze, a wykonane z nich przetwory smaczniejsze. Ponadto stary sad jest wielogatunkowy i wieloodmianowy, co sprzyja zachowaniu bioróżnorodności. Dzięki wykształconym w tradycyjnym sadzie ekosystemom tworzącym się przez wiele lat jest on swoistą ostoją bioróżnorodności, złożoną z wielu gatunków roślin, zwierząt i grzybów.



Fot. 4.8. Sad tradycyjny (fot. K. Krakowska)

Zwierzęta związane z sadem tradycyjnym to m.in.: dudek, sikora, sowa, szpak, gil, kuna domowa, jeż, mysz, ryjówka, krety, owady zapylające, a także szkodniki, np.: owocówka jabłkóweczka, mszyce, czy owady drapieżne żywiące się szkodnikami, np.: biedronka, złotook, biegacz, ślimaki, i żywiące się nimi płazy: żaby i ropuchy. Mieszkańcy sadu tradycyjnego pozostają w ciągłych zależnościach pokarmowych i stanowią bogatą sieć troficzną ekosystemu, w którym mieszkają.

Sad tradycyjny rośnie około stu lat, a potem ginie bezpowrotnie. Trzeba w tym okresie rozmnożyć drzewa, aby zachować stare odmiany. Pomocna okazuje się wtedy nauka, jak rozmnażać i pielęgnować stare drzewa. Jedyna droga do zachowania tradycyjnych gatunków to założenie sadu w terenie, z którego można pobrać zrazy i przeszczepić je na nowe drzewo. Ważne są również szkółki, w których można zakupić drzewa ze starymi odmianami proponowanymi przez szkółkarza lub zamówić np. takie drzewka, jakie były już w naszym sadzie.

Każdego roku zainteresowanie tradycyjnymi sadami nieznacznie rośnie. Coraz więcej organizacji i instytucji prowadzi projekty popularyzujące wiedzę na temat zachowania i pielęgnacji sadów tradycyjnych. Są wśród nich parki krajobrazowe.

Zazwyczaj postrzegamy tereny rolne jako pewien sztuczny układ przyrodniczy stworzony przez człowieka w celu osiągnięcia korzyści z wyprodukowanych dóbr. Niezwykle często ten układ jest zaburzany przez nadmierną eksploatację i pozbawiany bioróżnorodności. Środowisko świadczy ludziom usługi ekosystemowe, przynosząc korzyści w wymiarze ekonomicznym. Przykłady takich usług to produkcja tlenu, wody, żywności, leków, regulacja jakości powietrza, amortyzacja ekstremalnych zjawisk, zapobieganie erozji, zapylanie i kontrola biologiczna upraw, zapewnienie bodźców estetycznych, krajobraz.

Jedna z ważniejszych usług ekosystemowych to zachowanie bioróżnorodności jako gwarancji wszystkich pozostałych usług świadczonych przez środowisko człowiekowi. Dlatego niezwykle ważne jest zachowanie na terenach rolnych ostoi bioróżnorodności, które jako naturalne ekosystemy wpływają pozytywnie na jakość świadczonych przez środowisko usług.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Czym według ciebie jest ostoja ekologiczna na terenie rolnym? Podaj cztery przykłady ostoi.
2. Podaj przykład łańcucha pokarmowego, który występuje w ostojach na terenach rolnych.
3. Jak można wpłynąć na wzrost bioróżnorodności w terenie rolniczym? Podaj trzy przykłady.
4. Środowiskiem życia jakich organizmów mogą być poszczególne rodzaje ostoi (miedze i zadrzewienia śródpolne, oczka wodne i zabagnienia, sady, kamieńce, rozkładające się drewno, pobocza dróg)? Odpowiedzi wpisz do Karty pracy 1.
5. Wymień trzy bariery ograniczające migracje zwierząt w korytarzu ekologicznym.

Karta pracy 1

Wypisz wybrane gatunki charakterystyczne dla poszczególnych ostoi bioróżnorodności na terenach rolnych w twojej okolicy.

Nazwa ostoi	Gatunek charakterystyczny dla ostoi
Miedze śródpolne i pobocza dróg	
Zadrzewienia śródpolne	
Oczka wodne i zabagnienia	
Sady tradycyjne	
Kamieńce	
Rozkładające się drewno	

Notatki

II Gleba i woda jako zasoby naturalne wymagające troski rolnika



5 Gleba i jej rola w środowisku

Grzegorz Siebielec
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

5.1 Funkcje gleby

W dotychczasowym powszechnym rozumieniu **funkcje gleb** ograniczano do **produkcyjnej**, ściśle związanej z rolnictwem. Funkcja ta, z uwagi na stałą konieczność zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego, nadal nie traci znaczenia. Często nie dostrzegano natomiast, że ochrona gleb ma fundamentalne znaczenie dla prawidłowego działania obszarów wiejskich i miejskich, kształtowania warunków życia człowieka oraz utrzymania bezpieczeństwa środowiskowego. Bezpieczeństwo to jest uzależnione od **funkcji retencyjnej** gleby (magazynowanie wody, zapobieganie powodziom, ograniczanie suszy), **filtracyjnej** (unieszkodliwianie zanieczyszczeń), **zapewnienia bioróżnorodności** roślin i zwierząt oraz funkcji **sekwestracji (wychwycenia) dwutlenku węgla**. Zapewnienie potencjału produkcyjnego i innych funkcji gleb przyszłym pokoleniom jest uzależnione od właściwych praktyk w rolnictwie. Intensyfikacja produkcji oraz niewystarczająca świadomość jej skutków powodują często stosowanie niewłaściwych praktyk gospodarowania glebą.

O **żyzności gleby** oraz o jej **odporności** na różne formy degradacji, decydują takie czynniki, jak:

- skład granulometryczny,
- zawartość materii organicznej (próchnicy),
- odczyn,
- zasobność w składniki pokarmowe,
- zanieczyszczenie.

Pokrywa glebowa naszego kraju jest dość zróżnicowana, co decyduje również o **zmienności potencjału produkcyjnego rolnictwa.** Zróżnicowanie naturalnego potencjału produkcyjnego w skali kraju wynika też z przestrzennej zmienności ukształtowania terenu, opadów i temperatury. Największe ograniczenia w rozwoju produkcji roślinnej obejmują zarówno tereny typowo górskie, jak i tereny nizinne. Na tych pierwszych wynikają one głównie z ukształtowania rzeźby terenu i z klimatu, a na drugich wiążą się z małą pojemnością wodną gleb lekkich oraz ograniczoną naturalną zasobnością gleb w składniki pokarmowe. Największe skupiska terenów mało przydatnych dla rolnictwa występują w województwie podlaskim, mazowieckim i pomorskim.

Skład granulometryczny gleb, zwany również **teksturą** lub **uziarnieniem**, wynika z rodzaju skały macierzystej, jest zatem czynnikiem niezależnym od działalności człowieka. Uziarnienie gleb ma istotny wpływ na:

- potencjał produkcyjny rolnictwa,
- występowanie suszy rolniczej,
- procesy migracji biogenów i zanieczyszczeń.

Wytworzone z piasków gleby lekkie o dużej przepuszczalności i małej retencji stają się bardzo podatne na suszę glebową. Zjawisko to jest szczególnie dotkliwe na obszarach o tzw. opadowym typie gospodarki wodnej, z poziomem wody gruntowej poniżej zasięgu systemu korzeniowego roślin. Do obszarów mocno narażonych na suszę należą np. Wielkopolska i znaczna część Podlasia. Słabe zdolności retencyjne gleb lekkich i niższe plony wiążą się z występowaniem ryzyka wymywania składników nawozowych do wód gruntowych oraz ich spływów do wód powierzchniowych.

Rolnik nie ma wpływu na uziarnienie gleb, powinien jednak dostosowywać do niego swoje praktyki i sposób produkcji.

Materia organiczna, której najistotniejszą część stanowi **próchnica glebowa**, należy do najważniejszych składników gleby. Materia organiczna jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleby decydującym o jej właściwościach, gdyż warunkuje wiele funkcji glebowych.

1. Jest ważnym **źródłem składników pokarmowych** dla roślin oraz **energii i węgla** dla mikroorganizmów glebowych, jest także magazynem azotu glebowego.
2. Ważna jest jej **rola strukturotwórcza** – zlepiając cząstki mineralne odpowiada za tworzenie właściwej, agregatowej struktury gleby, co z kolei pozytywnie wpływa na przewietrzanie, przepuszczalność, pojemność wodną i zwięzłość gleby.
3. Próchnica glebowa **bierze udział w procesach sorpcji wymiennej i regulowaniu buforowych właściwości gleby.** Jest ważna ze względu na zdolność do sorpcji kationów oraz na właściwości buforowe, czyli zdolność do przeciwdziałania gwałtownym zmianom pH gleby. Związki próchniczne mogą tworzyć z metalami związki o różnej trwałości (sole, związki chelatowe), przez co wpływają na rozpuszczalność i migrację jonów metali. Mogą zatem zarówno zwiększać dostępność niektórych pierwiastków potrzebnych roślinom (mikroelementów), jak i zmniejszać dostępność szkodliwych zanieczyszczeń. W glebach kwaśnych ogromne

znaczenie ma zdolność materii organicznej do wiązania jonów glinu, toksycznego dla systemu korzeniowego roślin, a z kolei dostępność związków fosforu (fosforanów) zwiększa się w obecności materii organicznej. Związki humusowe mają zdolność wiązania nie tylko mineralnych składników gleby, ale także cząsteczek organicznych zanieczyszczeń, jak np. pozostałości środków ochrony roślin.

4. Zasoby glebowej materii organicznej są zarazem ogromnym **rezerwuarem węgla organicznego**, stąd zachowanie ich i przeciwdziałanie ubytkom jest niezwykle ważne z punktu widzenia ograniczania emisji dwutlenku węgla do atmosfery.
5. Ubytek próchnicy jest istotnym wskaźnikiem pogorszenia się warunków siedliskowych oraz żyzności gleby.

Zawartość próchnicy w glebach Polski uzależniona jest od czynników naturalnych, takich jak: typ gleby i jej uziarnienie (gatunek), położenie w rzeźbie terenu i stosunki wodne, charakter szaty roślinnej porastającej teren, na które nakłada się wpływ gospodarki.

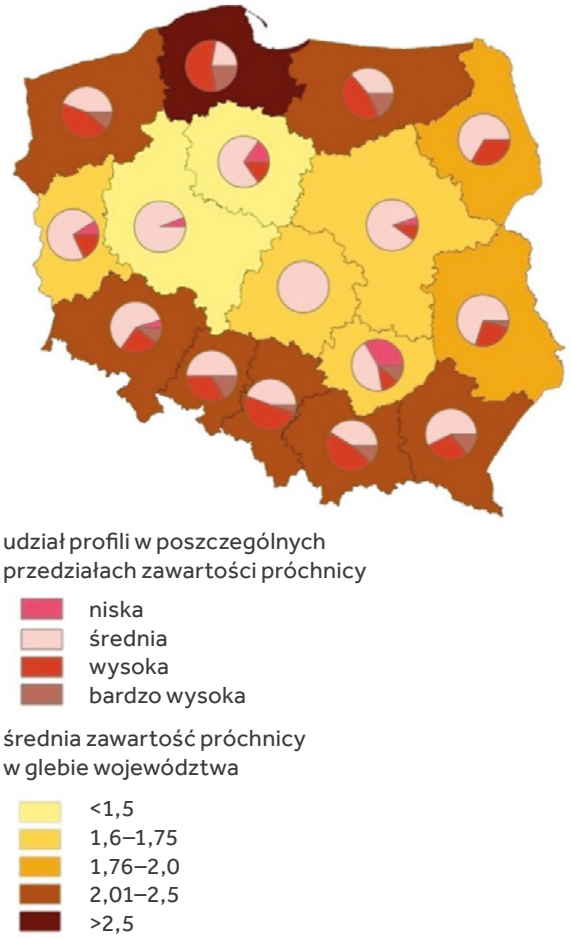
W Polsce ze względu na zawartość substancji organicznej w fazie stałej poziomu próchnicznego (według Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, 1989) wyróżnia się gleby:

- mineralne (<5%) – dzielące się ponadto na cztery klasy zasobności w próchnicę:
  - niską (<1%)
  - średnią (1–2%)
  - wysoką (2–3,5%)
  - bardzo wysoką (>3,5%)
- organiczno-mineralne (5–20%)
- organiczne (>20%).

Gleby Polski zawierają stosunkowo mało materii organicznej, gdyż dominują lekkie, wytworzone z piasków różnego pochodzenia (rys. 5.1). Są one przewiewne i stale zbyt suche, co nie sprzyja akumulacji próchnicy w glebach, a procesy mineralizacji związków organicznych są potęgowane przez obserwowane w ostatnich latach niedobory opadów.



Fot. 5.1. Zawartość materii organicznej decyduje o jakości i właściwościach gleby (fot. W. Szymański)



Rys. 5.1. Zmienność zawartości próchnicy w glebach z podziałem na województwa.
Źródło: opracowanie własne badań monitoringowych z 2015 r. (Siebielec i in., 2017)

Odczyn gleby jest jednym z podstawowych parametrów fizykochemicznych gleby. Decyduje o przebiegu wielu procesów glebowych, wpływa na przyswajalność składników pokarmowych dla roślin i bezpośrednio oddziałuje na ich rozwój.

Naturalna wartość odczynu gleby warunkowana jest takimi czynnikami, jak:

- rodzaj skały macierzystej i jej skład mineralogiczny (kwaśnym bądź zasadowym charakterem),
- rodzaj i zawartość materii organicznej,
- warunki klimatyczne decydujące o wymyciu składników zasadowych.

Utworami macierzystymi gleb Polski są głównie polodowcowe skały osadowe, stosunkowo łatwo przepuszczalne, w których zachodzą procesy wymywania kationów zasadowych. Pierwotnie wiele z tych utworów zawierało węglan wapnia, lecz długotrwała infiltracja wód opadowych spowodowała ich odwapnienie.

Z rolniczego punktu widzenia za **optymalny odczyn** uważa się taki, przy którym składniki pokarmowe są najłatwiej dostępne dla roślin, a gleba wykazuje pożądane właściwości fizyczne. Zakresy optymalnego odczynu zależą od składu granulometrycznego gleby

oraz od wymagań uprawianych gatunków. Większość roślin uprawnych najlepiej plonuje przy odczynie obojętnym lub lekko kwaśnym.

Jako przedział optymalny dla procesów biologicznych związanych z metabolizmem większości gatunków roślin i mikroorganizmów glebowych przyjmuje się wartości pH od 5,5 do 7,2. Na glebach kwaśnych odczyn jest czynnikiem ograniczającym plonowanie większości roślin uprawnych, a spadek plonu zależy od wrażliwości poszczególnych gatunków.

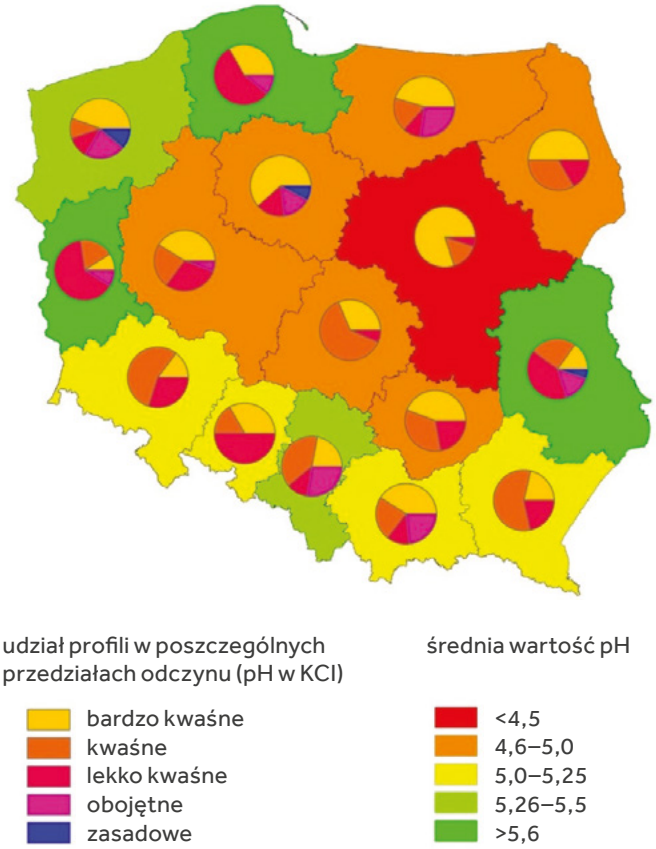
Przy wartościach pH poniżej 4,5 uzyskanie wysokich plonów jest praktycznie niemożliwe. Należy pamiętać, że rośliny uprawne różnią się wrażliwością na zakwaszenie gleby. Rośliny wrażliwe na zakwaszenie, do których należą pszenica i burak cukrowy, będą reagować znacznym spadkiem plonu. Nieco bardziej odporne na zakwaszenie gleby są takie rośliny, jak: żyto, owies czy ziemniaki. Również one plonują optymalnie na glebach o odczynie obojętnym lub lekko kwaśnym (pH >5,5).

Tabela 5.1. Zakresy wartości pH stosowane w ocenie odczynu gleb

Odczyn gleby	pH w roztworze 1 M KCl
bardzo kwaśny	<4,5
kwaśny	4,6–5,5
lekko kwaśny	5,6–6,5
obojętny	6,6–7,2
zasadowy	>7,2

Obiektywną **miarą odczynu** jest stężenie, a właściwie aktywność jonów wodorowych w roztworze glebowym albo standardowym roztworze ekstrakcyjnym, np. 1 mol KCl wyrażony w jednostkach **pH** jako ujemny logarytm ich stężenia w roztworze. W ocenie odczynu gleby najczęściej stosuje się podział przedstawiony w tabeli 5.1.

Z badań monitoringowych gleb Polski wynika, że ponad 50% gleb użytków rolnych w Polsce jest nadmiernie zakwaszonych (Siebielec i in. 2017; rys. 5.2). Utrzymanie takiego stanu w dłuższym czasie prowadzić będzie do ograniczeń w produkcji roślinnej i będzie miało skutki dla środowiska.



Rys. 5.2. Zmienność odczynu gleb z podziałem na województwa. Źródło: opracowanie własne badań monitoringowych z 2015 r. (Siebielec i in., 2017)

5.2 Formy degradacji gleby

Komisja Europejska wskazuje na **osiem podstawowych zagrożeń i procesów degradacji gleb** istotnych dla polityki ochrony zasobów przyrody w UE:

- erozja,
- zanieczyszczenie gleb,
- ubytek glebowej materii organicznej,
- utrata bioróżnorodności,
- zagęszczenie,
- zasolenie,
- osuwiska i powodzie,
- utrata powierzchni w wyniku urbanizacji (zasklepianie gleb).

W Polsce poważnym zagrożeniem dla gleb, choć nieujętym w komunikacie KE, jest **zakwaszenie**. Najistotniejszymi procesami degradacji gleb użytkowanych rolniczo w naszym kraju są: zakwaszenie gleb, erozja, ubytek materii organicznej, zagęszczenie oraz zanieczyszczenia. Procesy te, wraz z praktykami sprzyjającymi degradacji gleb są opisane w rozdziale 10.

5.3 Rekomendacje

Cele właściwego gospodarowania glebami:

- ograniczenie erozji wodnej i wietrznej gleby,
- ograniczenie wprowadzania zanieczyszczeń do gleby, umożliwiające produkcję zdrowej żywności,
- utrzymanie poziomu materii organicznej przynajmniej na stałym poziomie,
- utrzymanie zdolności gleby do zatrzymywania wody,
- ograniczenie emisji gazów cieplarnianych z gleby,
- utrzymanie dobrej struktury gleby i wystrzeganie się jej zagęszczenia,
- unikanie zakwaszenia gleb.



Fot. 5.2. Uprawa wzdłuż spływu stoku sprzyja erozji wodnej i wietrznej gleby (fot. W. Szymański)

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Które cechy gleby decydują o jej żyzności i funkcjach?
2. Które z procesów degradacji gleb są najistotniejsze dla obszaru Polski?
3. Jakie są główne naturalne i antropogeniczne przyczyny zakwaszenia gleb?

Propozycja ćwiczenia

Zapoznaj się z ofertą usług okręgowej stacji chemiczno-rolniczej skierowaną do rolników w zakresie analiz fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych gleb. Jakie korzyści niesie wykonywanie badania gleb?

Notatki

6 Zasoby wodne i ich dostępność

Katarzyna Izydorczyk
Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk
Wojciech Frątczak
Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie

6.1 Co to są zasoby wodne

Zasoby wodne to wszystkie wody nadające się do wykorzystania, występujące na danym obszarze stale lub czasowo. Składają się na nie:

- opady atmosferyczne,
- wody powierzchniowe,
- wody podziemne.

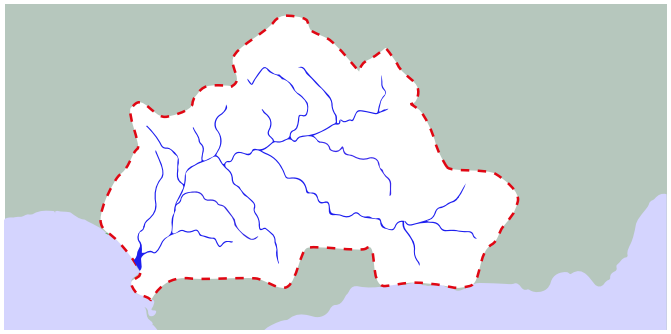
Najważniejszą formą **opadów atmosferycznych** oraz głównym źródłem wód powierzchniowych i gruntowych jest deszcz, a w zimie śnieg. Rzadziej występują opady w postaci gradu czy krupy. Dla rolnictwa ważną formą opadów jest rosa.

Część wód opadowych, która nie wsiąknie w glebę ani nie odparuje, spływa po powierzchni ziemi w kierunku spadku terenu, stopniowo się gromadząc i tworząc **wody powierzchniowe, do których zaliczamy**:

- **wody płynące** – cieki, w tym rzeki, strugi, strumienie i potoki oraz inne wody płynące w sposób ciągły lub okresowy, naturalnymi lub uregulowanymi korytami,
- **wody stojące** – stawy, jeziora i sztuczne zbiorniki wodne.

Rzeka główna (mająca ujście bezpośrednio w morzu, jeziorze i in.) wraz ze wszystkimi mniejszymi swoimi dopływami tworzy **system rzeczny**.

Obszar lądu, z którego cały spływ powierzchniowy wód jest odprowadzany przez system strug, strumieni, potoków, rzek i kanałów do wybranego punktu biegu cieku, nazywany jest **zlewnią**. Gdy zlewnia obejmuje cały system rzeczny, tj. system rzeki głównej i jej dopływów, pojęcie zlewni jest równoznaczne z pojęciem **dorzecza**. (rys. 6.1). Dorzecze może składać się z wielu zlewni.



Rys. 6.1. Dorzecze – obszar terenu, z którego woda spływa poprzez system rzeki głównej i jej dopływów
Źródło: opracowanie własne

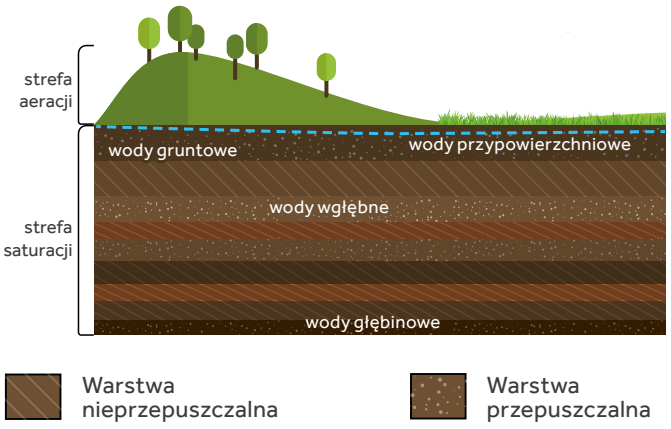
Kierunki odpływu wód do dwóch różnych systemów wodnych wydziela **dział wodny**, który stanowi granicę zlewni.

Woda opadowa, wsiąkając w glebę, tworzy **wody glebowe**, które zaopatrują rośliny w wodę. Woda glebowa znajduje się w porach, tj. wolnych przestworzach w glebie o naturalnej strukturze. Woda porusza się w porach w dół pod wpływem siły ciężkości (wsiąkanie) i przetłaczania wodnego (przesiąkanie) lub w górę (podsiąkanie), a także w bok (nasiąkanie boczne).

W trakcie wsiąkania, czyli **infiltracji**, wody opadowe natrafiają na nieprzepuszczalne podłoże (np. glina, iły), co powoduje wypełnienie wszystkich porów glebowych i tworzenie **warstwy wodonośnej**. Strefa nasycenia wodami podziemnymi nosi nazwę **strefy saturacji** i położona jest poniżej strefy nasycenia powietrzem glebowym i innymi gazami, czyli **strefy aeracji**.

Wśród **wód podziemnych** wyróżniamy:

- wody przypowierzchniowe (zaskórne),
- wody gruntowe,
- wody wgłębne,
- wody głębinowe (rys. 6.2).



Rys. 6.2. Podział wód podziemnych
Źródło: Wody podziemne, Wademecum dla Uczniów Technikum, online: http://www.instsani.pl/650/wody-podziemne [dostęp 26.08.2019])

Wody przypowierzchniowe (zaskórne) występują nad pierwszą płytko zalegającą warstwą nieprzepuszczalną. Mają charakter lokalny – najczęściej spotyka się je w bezodpływowych wklęsłościach terenu lub płaskich dnach dolin rzecznych. Miejscami mogą wychodzić na powierzchnię ziemi, tworząc zabagnienie. Występują najczęściej w gorszych warunkach infiltracyjnych. Często zanikają w okresach posusznych.

Wody gruntowe znajdują się nad pierwszą warstwą nieprzepuszczalną na głębokości kilku metrów. Są oddzielone strefą aeracji znacznie grubszą niż wody przypowierzchniowe. Zwierciadło podlega wahaniom sezonowym. Warstwa wody gruntowej zachowuje się podobnie jak wody powierzchniowe. W terenie, gdzie występują spadki, woda gruntowa porusza się w kierunku nachylenia podłoża. Wody gruntowe zasilają rzeki i jeziora.

Wody wgłębne są oddzielone od powierzchni ziemi warstwą utworów nieprzepuszczalnych. Zasilanie wód wgłębnych odbywa się poprzez przesiąkanie wód przez okna hydrologiczne (czyli nieciągłości warstw nieprzepuszczalnych) lub szczeliny uskoków tektonicznych.

Wody głębinowe to wody podziemne uwięzione pod wieloma warstwami nieprzepuszczalnymi, całkowicie odizolowane od czynników zewnętrznych.

6.2 Dostępność zasobów wodnych

Woda w przyrodzie znajduje się w ustawicznym ruchu, dlatego mówimy o **obiegu wody pomiędzy atmosferą, litosferą** (czyli powłoką skalną Ziemi) a **hydrosferą** (obejmującą wszystkie wody: oceany, morza, rzeki oraz wody podziemne). Ciągły ruch wody nie zapewnia jednak jej odpowiedniej ilości, tak aby zaspokoić potrzeby społeczeństwa i przyrody. Istotna jest również ich odpowiednia jakość.

Polska należy do krajów o niewielkich zasobach wodnych. Odnawialne zasoby słodkiej wody w przeliczeniu na mieszkańca wynoszą 1600 m^3 (średnia roczna z wielolecia, GUS 2016). Jest to zatem poniżej poziomu 1700 m^3 na mieszkańca uznawanego za poziom krytyczny. Powoduje on tzw. stres wodny, czyli przekroczenie poziomu bezpieczeństwa wodnego. Spośród krajów UE tylko w trzech poziom jest niższy: w Czechach (1500 m^3), na Cyprze (400 m^3) i na Malcie (200 m^3).

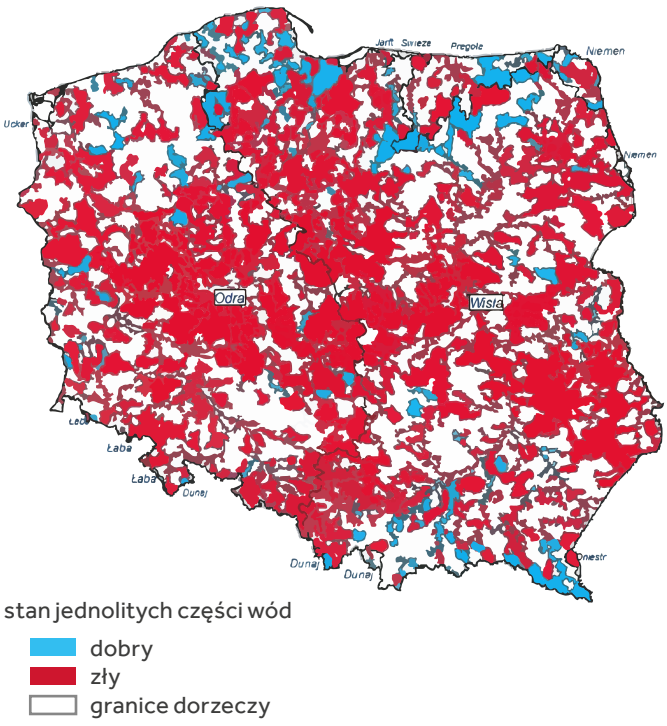
Wielkość zasobów słodkiej wody na mieszkańca wynika z **bilansu wodnego** kraju. W Polsce **opad atmosferyczny** stanowi główne źródło wody – w ciągu roku dostarcza jej 192,4 mld m^3. Wraz z **rzekami** odpływa z obszaru kraju 58,4 mld m^3, co stanowi 30% wody pochodzącej z opadów. To tzw. woda niebieska, stosowana do zaspokajania głównie potrzeb ludności i przemysłu. Pozostała ilość wody powraca do atmosfery poprzez **ewapotranspirację** (parowanie), obejmującą parowanie z gruntu (ewaporację) oraz parowanie z komórek roślinnych (transpirację). W wyniku parowania ubywa aż 70% wody, która trafiła na ziemię wraz z opadem atmosferycznym. Jest to tzw. woda zielona, z której korzysta roślinność, w tym rośliny uprawowe.

Istotnym zjawiskiem jest **deficyt wody** związany z niewystarczającą ilością opadów. W Polsce średnia roczna suma opadów wynosi 594 mm. Rozkład opadów w czasie jest nierównomierny. Opady półrocza zimowego stanowią 37,5% rocznej sumy, letnie zaś 62,5%. Nierównomiernie rozkłada się również suma opadów na poszczególne obszary Polski. Wiosną i latem największe miesięczne sumy występują na południu, podczas gdy jesienią i zimą – w północnych regionach kraju. Najmniejsze opady występują zaś w centrum Polski.

Gdy wielkość opadów jest mniejsza niż parowania, występuje zjawisko suszy, w tym **suszy rolniczej**, której skutki bezpośrednio dotykają rolników. Na potrzeby rolnictwa uruchomiono **System Monitoringu Suszy Rolniczej**, mający wskazywać obszary, na których wystąpiły straty w uprawach spowodowane suszą. W ramach przeciwdziałania skutkom suszy konieczne jest zwiększanie **retencji (zatrzymania) wody** na obszarach rolniczych, m.in. przez:

- ograniczenie i spowolnienie spływu wód z systemów drenarskich,
- odtwarzanie mokradeł i obszarów wodno-błotnych,
- zwiększanie retencji glebowej użytków rolnych i leśnych.

Dla rozwoju gospodarczego kraju konieczne jest zapewnienie nie tylko odpowiedniej ilości zasobów wodnych, ale także odpowiednia ich **jakość**. W rolnictwie jakość wody decyduje m.in. o jakości żywności.



Rys. 6.3. Ocena stanu jednolitych części wód rzek i zbiorników zaporowych w latach 2010–2015
Źródło: GIOS za lata 2010–2015, online: http://www.gios.gov.pl/pl/stan-srodowiska/monitoring-wod [dostęp 26.08.2019]

Ocena stanu wód mówiąca o jakości wód powierzchniowych i podziemnych prowadzona jest w ramach **państwowego monitoringu środowiska**. Stan wód jest

określany na poziomie **jednolitych części wód**, wśród których wyróżniamy jednolite części wód powierzchniowych (JCWP) i jednolite części wód podziemnych (JCWPd).

Zgodnie z wymaganiami ramowej dyrektywy wodnej (patrz rozdział 9) wody powinny osiągnąć **dobry stan.** Dobry stan wód jest określony przez wartości progowe dla wskaźników stanu jakościowego i ilościowego, które ustala kraj członkowski dla poszczególnych typów wód. Wśród analizowanych wskaźników znajdują się substancje pochodzące z rolnictwa. Badane są związki biogeniczne (azot i fosfor) wchodzące m.in. w skład nawozów, jak również substancje priorytetowe, do których należą środki ochrony roślin lub produkty ich rozkładu.

Niestety dane za lata 2010–2015 wskazują, że jedynie 11% badanych odcinków rzek i zbiorników zaporowych ma dobry stan wód (rys. 6.3). Lepiej sytuacja przedstawia się dla jezior – 36% z przebadanych 493 jezior miało stan bardzo dobry lub dobry.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jaka jest różnica pomiędzy zlewnią a dorzeczem?
2. Które z wód podziemnych oddzielone są od powierzchni ziemi warstwą utworów nieprzepuszczalnych?
3. Jakie składowe wchodzą do bilansu wody?

Propozycja ćwiczenia

Na podstawie map potencjalnego zasięgu suszy (umieszczonych na portalu http://www.susza.iung.pulawy.pl/mapy/) przeanalizuj ryzyko zagrożenia suszą dla zbóż jarych, zbóż ozimych oraz ziemniaków, jakie wystąpiły lub mogą wystąpić na terenie twojego województwa.

Notatki

7 Różnorodność siedlisk wodnych

Aleksandra Góralczyk
Międzyobszarowe Indywidualne Studia Matematyczno-Przyrodnicze Uniwersytetu Łódzkiego

Aleksander Góralczyk
Polski Związek Wędkarski Okręg w Piotrkowie Trybunalskim

7.1 Bogactwo siedlisk rzecznych

Od drobnych strumieni aż po Wisłę, różnorodność polskich cieków znajduje odzwierciedlenie w ich różnorodności przyrodniczej. Wszystkie cieki, a zwłaszcza te, które zachowały naturalne koryta i reżim hydrologiczny, to cenne przyrodniczo ekosystemy. Są wśród nich karpackie rzeki roztokowe, rzeki kamieńcowe i nizinne, spokojne rzeczki meandrujące wśród bagiennych lasów i łąk, małe strumyki i wielkie rzeki (Pawlaczyk 2015).

W różnych celach powstało wiele typologii cieków wodnych. Dla potrzeb gospodarowania wodami najczęściej stosowana jest **typologia abiotyczna** oparta na podstawowych parametrach fizyczno-chemicznych i geomorfologiczno-krajobrazowych, uwzględniająca także położenie w ekoregionach. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009 w prawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych (Dz.U. z 2009 r. nr 122 poz. 1018) wyróżnia się aż 26 typów cieków (fot. 7.1).

W każdym z rodzajów wód zależnie od typu i strefowości żyje typowa flora i fauna. Wiele jednostek systematycznych (rodzajów, gatunków) roślin i zwierząt wodnych służy do oceny stanu wód i zależnie od celu oceny stanowi podstawę do ich klasyfikacji.









Fot. 7.1. Różnorodność rzek - przykłady: a) potok wyżynny krzemianowy z substratem gruboziarnistym, b) potok nizinny piaszczysty, c) rzeka nizinna piaszczysto-gliniasta, d) wielka rzeka nizinna (fot. archiwum autorów]

7.2 Koncepcja ciągłości rzeki

Wspólną cechą większości rzek naturalnych jest ich **ciągłość od źródeł aż do ujścia**. Ekolodzy posługują się pojęciem kontinuum rzecznego, które akcentuje ciągłe zmiany szerokości i głębokości koryta, szybkości prądu, przepływu, temperatury wody, ilości i rodzaju zawiesiny, natlenienia, dopływu materii organicznej itd. na całej długości rzeki. Wzdłuż biegu rzeki zmienia się **stosunek produkcji pierwotnej do respiracji** (oddychania).

1. **W górnych odcinkach**, niegdyś zwykle zalesionych, produkcja pierwotna jest niewielka. W odcinkach tych występuje duży dopływ ze zlewni grubocząsteczkowego detrytusu (organicznych cząstek martwej materii). Wśród fauny dominują gatunki bezkręgowców dennych odżywiających się materią organiczną o powierzchni większej niż 1 mm, np. larwy muchówek i chruścików, kiełże, ślimaki, czyli tzw. **rozdrabniacze**. Licznie występują również **zbieracze**, czyli czynnie przemieszczający się konsumenci mniejszych cząsteczek martwej materii organicznej o gradacji poniżej 1 mm, np. jętki, mniejsze chruściki.
2. **W środkowych odcinkach rzeki** przy szerokim korycie nawet nadbrzeżne drzewa nie zacieniają całego cieku.
   Wzrasta intensywność rodzimej produkcji pierwotnej w wyniku rozwijania się w nurcie makrofitów, czyli roślin wodnych. W naszych wodach do **makrofitów** występujących w środkowych odcinkach rzek należą np.: włosieniczniki, rdestnice, strzałka, jeżogłówka i inne. Na tym odcinku stosunek produkcji pierwotnej do respiracji jest zrównoważony.
   W faunie dominują **zdrapywacze** – bezkręgowce żywiące się peryfitonem, czyli drobnymi organizmami (m.in. glonami i pierwotniakami) porastającymi różnorakie podłoża występujące w wodzie. Zdrapywacze zeskrobują je z podwodnych powierzchni różnych twardych przedmiotów, takich jak kamienie czy konary. Liczne są tutaj także **zbieracze** oraz **filtratorzy** – zwierzęta bezkręgowe przystosowane do odcedzania z toni najdrobniejszych fragmentów materii organicznej, pierwotniaków i bakterii o różnych cechach przystosowawczych. Zmniejsza się natomiast liczba rozdrabniaczy.
3. **W dolnym odcinku rzeki** dopływ detrytusu z zewnętrznych źródeł jest niewielki. W toni rozwija się fitoplankton, czyli drobne rośliny jednokomórkowe unoszące się w wodzie. Ich obecność powoduje dalszy wzrost produkcji pierwotnej. Produkcja pierwotna przeważa nad respiracją. W faunie dominują **zbieracze i filtratorzy.**
4. **Na całej długości cieku** występują równie licznie **drapieżcy** żywiący się innymi, dającymi się pochwycić przedstawicielami fauny wodnej (od pierwotniaków po kręgowce). Do grupy tej należą zarówno bezkręgowce (np. larwy ważek czy chrząszczy), jak i kręgowce (np. ryby, płazy).

Opis ten i oparta na nim typologia „idealnej rzeki" odpowiada jednak w rzeczywistości tylko fragmentom cieków z uwagi na występowanie zmian w morfologii koryta w wyniku regulacji brzegów, przegradzania rzek budowlami, umocnienia dna. Czynnikiem zaburzającym jest również odprowadzanie zanieczyszczeń.

7.3 Różnorodność wód stojących

Podobnie jak wody płynące, w różnych typach wód stojących panują zmienne warunki środowiskowe. Obowiązująca typologia jezior za podstawę stawia zawartość związków wapnia, wypływ wód zlewni i stratyfikację termiczno-tlenową.

Z uwagi na postępujące nieuchronnie procesy starzenia się jezior (sukcesja) zwykło się też je dzielić na:

- **oligotroficzne** – o wysokim poziomie natlenienia i przezroczystości i z bardzo niską zawartością substancji odżywczych (biogennych); stanowią one wysoce zróżnicowany świat organiczny, przy ograniczonej biomasie często reprezentowany przez gatunki endemiczne (występujące tylko w tym jeziorze lub regionie);
- **eutroficzne** – o stosunkowo dobrze natlenionej wodzie, z dużą ilością substancji odżywczych, dużym zróżnicowaniem roślinno-zwierzęcym i wysoką produktywnością, tj. dużym potencjałem wzrostu biomasy roślin i zwierząt zasiedlających wodę;
- **dystroficzne** – o słabo natlenionej wodzie, zwykle silnie zakwaszone, z dużą ilością martwej materii organicznej i ubóstwem form życia biologicznego.

7.4 Na styku lądu i wody

W naturalnym, niezmienionym antropogenicznie krajobrazie większość cieków i stałych zbiorników wodnych (z wyłączeniem stref wysokogórskich) otoczona jest naturalną **roślinną strefą buforową**. W tych miejscach brzegi rzek pokryte są wielogatunkowym zespołem hydrofitów (roślin wodolubnych), traw, turzyc, krzewów lub drzew dzięki wyższej wilgotności i lepszym warunkom wegetacji niż w strefach bardziej oddalonych od wody.



Fot. 7.2. Roślinność strefy buforowej (fot. W. Szymański)

Funkcje tych naturalnych pasów buforowych są bardzo zróżnicowane:

- systemy korzeniowe roślin silnie wiążą podłoże w strefie linii brzegowej cieku, ograniczając lub uniemożliwiając erozję skarpy brzegowej;
- podczas wezbrań lub falowania strefa roślinna w linii brzegowej stabilizuje znaczną część zdeponowanych w tym obszarze osadów naniesionych przez wodę;
- w okresie wegetacji roślinność strefy brzegowej wraz z roślinnością zasiedlającą dno akwenu przejmują znaczną część substancji biogennych, tzn. związków azotu, fosforu i potasu rozpuszczonych w wodzie (niezależnie od ich pochodzenia);
- w dużym stopniu blokują też w tkankach inne substancje negatywnie oddziałujące na wodne organizmy żywe, m.in. metale ciężkie (ołów, rtęć) – wiązanie tych składników w formie żywej biomasy czyni z roślinnych stref buforowych wysokowydajny system oczyszczania wody.

7.5 Ichtiofauna jako czynnik różnicujący wody śródlądowe

Grupą zwierząt nierozerwalnie kojarzoną ze środowiskiem wodnym są niewątpliwie ryby. **Ichtiofauna**, czyli gatunki ryb zamieszkujące określony ciek, akwen lub obszar, zajmują różne szczeble piramidy troficznej na poziomie konsumentów. Z uwagi na bardzo zróżnicowane potrzeby środowiskowe poszczególne gatunki ryb zasiedlają różne strefy i rodzaje wód. Z tego powodu były przez wiele dziesięcioleci podstawą ich typologii (stosowanej m.in. w gospodarce rybackiej).

Pod względem występujących w **jeziorze dominujących gatunków ryb**, co w części jest pochodną jego cech morfologicznych (głębokość, struktura podłoża, ukształtowanie), chemizmu wody (pH, twardość itd.) i zasobności biogenów, przyjęto typologię rybacką jezior z podziałem na typy:

- jeziora sielawowe,
- jeziora leszczowe,
- jeziora sandaczowe,
- jeziora szczupakowo-linowe,
- jeziora karasiowe (Szczerbowski, 1993).

Podstawą tej rybackiej typologii jezior jest występowanie w nich dominujących gatunków ryb i innych im towarzyszących.

Podobnie na podstawie ichtiofauny **w biegu rzeki** zwykło się wyróżniać tzw. krainy lub strefy bytowania wskaźnikowych gatunków ryb.

1. Kraina (strefa) pstrąga obejmuje górne odcinki rzek o czystej wodzie, bystrym nurcie, dnie skalistym lub żwirowatym. Przewodnim gatunkiem jest pstrąg potokowy, gatunkami towarzyszącymi są: głowacz, strzebla potokowa i śliz. W okresie tarła pojawiają się łosoś i troć.
2. Kraina (strefa) lipienia to podgórskie odcinki rzek, o bardziej ustalonym dnie pokrytym żwirem i otoczakami. Przewodnimi gatunkami są: lipień, kleń, świnka i brzanka, towarzyszą im: piekielnica, ukleja, okoń i szczupak, a rzadziej już pstrąg.
3. Kraina (strefa) brzany stanowi obszar przejściowy od strefy lipienia do rzeki nizinnej. Rzeki są w niej głębokie, o ustalonych brzegach i podłożu zbudowanym z drobnego żwiru i piasku. Gatunek przewodni to brzana, ale występuje tam wiele innych gatunków, np.: świnka, kleń, miętus, boleń, kiełb i ukleja.
4. Kraina (strefa) leszcza obejmuje rzeki nizinne. Prowadzą dużo niezbyt przejrzystej wody, mają dno muliste lub mulisto-piaszczyste. Dominującymi gatunkami ryb są leszcz i sandacz.
5. Odcinek ujściowy to środowisko życia o cechach pośrednich między warunkami rzecznymi a morskimi. Zasiedlają je biocenozy stanowiące mieszaninę gatunków pochodzenia słodkowodnego i morskiego oraz nielicznych gatunków euryhalinowych, czyli przystosowanych do przemieszczania się z wód słodkich do zasolonych i na odwrót.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jak zmienia się stosunek produkcji pierwotnej do respiracji wzdłuż poszczególnych odcinków rzeki?
2. Jakie typy jezior wyróżnia się ze względu na ich trofię?
3. Jakie krainy rzeczne wyróżnia się z uwagi na występujące w nich ryby?

Propozycja ćwiczenia

Na podstawie informacji pozyskanych z Polskiego Związku Wędkarskiego wskaż, do jakiego typu według składu gatunkowego ryb zaliczyłbyś rzekę lub jezioro zlokalizowane w twoim miejscu zamieszkania lub nauki.

Notatki

8 Azot i fosfor – niezbędne składniki pokarmowe dla roślin czy przyczyna zanieczyszczenia środowiska

Katarzyna Izydorczyk
Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk

8.1 Azotu na obszarach wiejskich

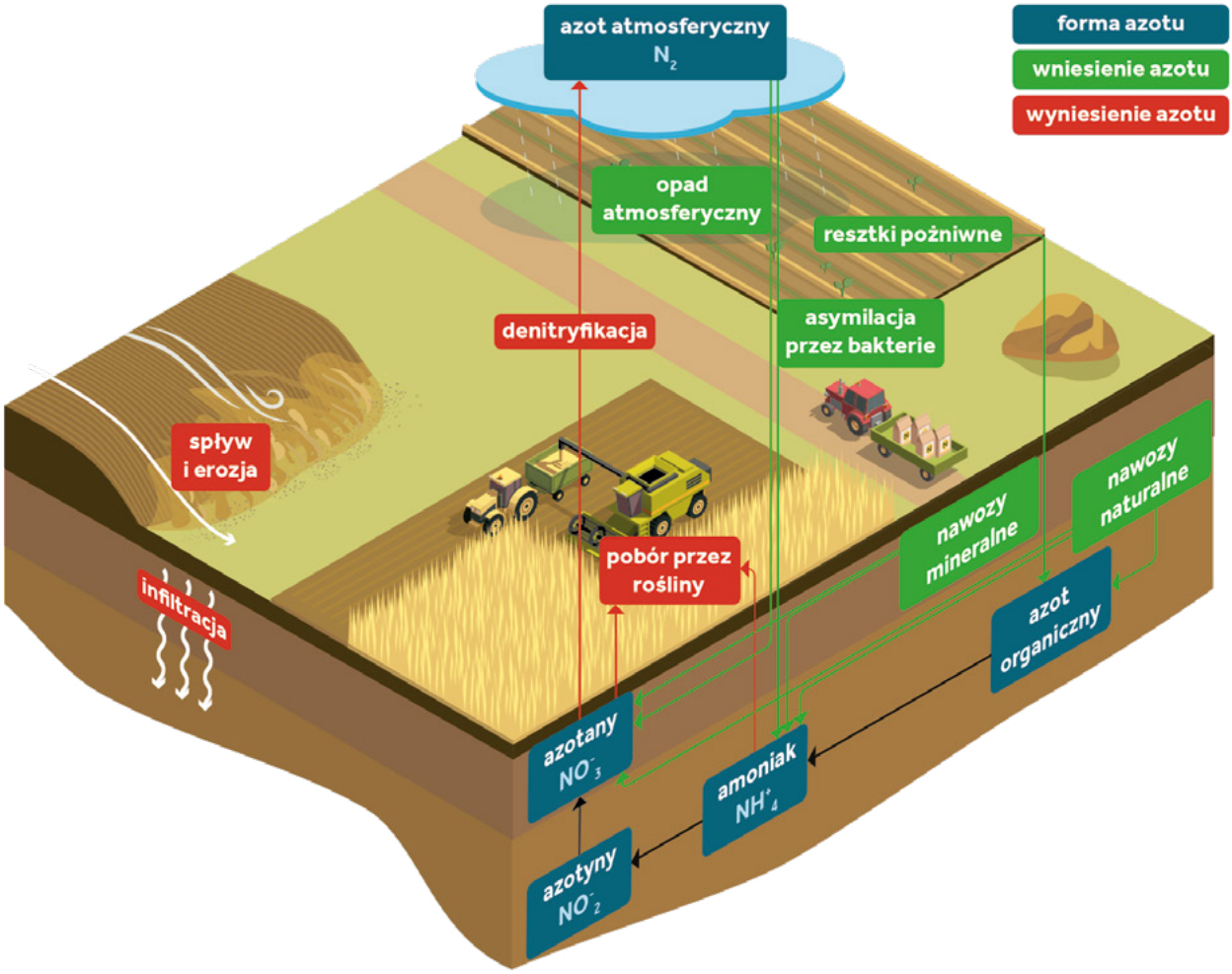
Azot (N) jest podstawowym pierwiastkiem budującym organizmy żywe. Wchodzi w skład wielu związków nieorganicznych (amoniak, kwas azotowy) oraz organicznych (aminokwasy, kwasy nukleinowe, białka) stanowiących elementy budujące lub zapasowe.

Rośliny pobierają azot w formie **jonów amonowych** (NH_4^+) lub **jonów azotanowych** (NO_3^-). Najkorzystniejszą pod względem energetycznym formą dostępną dla roślin są jony azotanowe. Forma przyswajalnego przez rośliny azotu zależy jednak od wielu czynników zewnętrznych, takich jak odczyn gleby czy napowietrzenie.

Ze względu na dostępność jonów azotanowych dla roślin istotny jest proces **nitryfikacji**, czyli **przemiany jonów amonowych w jony azotanowe** (rys. 8.1). Nitryfikacja jest procesem biologicznego utleniania NH_4^+ przez mikroorganizmy glebowe (nitryfikatory) w celu pozyskania energii. Ostatecznym jej azotowym produktem jest anion azotanowy NO_3^-. Proces odbywa się dwuetapowo: bakterie *Nitrosomonas* utleniają formę amonową do azotynów, a *Nitrobacter* utleniają azotyny do formy azotanowej.

W celu zapewnienia optymalnej dla roślin zawartości azotu w uprawie stosuje się **nawozy mineralne, naturalne i organiczne** (rys. 8.1). Nawozy azotowe zawierają głównie trzy formy azotu: azotanową, amonową i amidową.

Nawożenie nie jest jedynym **źródłem azotu w glebie.** Należy pamiętać, że **resztki pożniwne** oraz materia organiczna zawarta w glebie są bogate w organiczne związki azotu. W wyniku **mineralizacji** (rozkładu, dekompozycji) zawartych w nich substancji organicznych powstają proste związki nieorganiczne. Proces ten zachodzi przy udziale mikroorganizmów (reducentów).



Rys. 8.1. Obieg azotu na użytkach rolnych i sposoby jego wyniesienia
Źródło: opracowanie własne



Fot. 8.1. Resztki pożniwne są bogatym źródłem organicznych związków azotu (fot. W. Szymański)

Dodatkowym źródłem azotu dla roślin jest azot atmosferyczny. Musi on najpierw być zasymilowany, czyli związany przez bakterie azotowe, najczęściej żyjące w symbiozie z roślinami motylkowatymi. Bakterie wiążą **azot atmosferyczny** i przekształcają go do amoniaku, który z kolei jest szybko przekształcany do jonów amonowych.

Wskutek zanieczyszczenia powietrza zwiększa się również ilość azotu trafiająca do gleby z **depozycji atmosferycznej** poprzez opad lub osad atmosferyczny. W wyniku np. spalania paliw kopalnych do atmosfery przedostają się tlenki azotu, które łączą się z kropelkami wody zgromadzonymi w chmurach, tworząc kwas azotanowy. Spada on na ziemię w postaci kwaśnych deszczy.

Istnieje kilka sposobów wyniesienia azotu z użytków rolnych.

1. Część wniesionych do gleby jonów azotanowych i amonowych kumuluje się w roślinach uprawnych. W trakcie zbiorów wraz z **plonem** część tej puli azotu zostaje wyniesiona ze środowiska.
2. Ponadto wniesione do gleby związki azotu ulegają **denitryfikacji**, która jest szczególnie istotna ze względu na usuwanie azotu ze środowiska glebowego. Proces **denitryfikacji** zachodzi w warunkach beztlenowych przy udziale mikroorganizmów glebowych. W wyniku tego procesu jony azotanowe przekształcają się w gazowe tlenki, a następnie powstałe półprodukty mogą być redukowane do azotu cząsteczkowego, który przy odpowiedniej temperaturze i ciśnieniu występuje w formie gazowej i jest uwalniany do atmosfery.
3. Z gazową formą azotu związany jest także proces **emisji amoniaku i tlenków azotu** z użytków rolnych do atmosfery, m.in. w wyniku przechowywania i stosowania nawozów naturalnych.
4. Pozostała niezagospodarowana pula azotu może się przemieszczać i stanowić zanieczyszczenie ekosystemów wodnych. Wiąże się to z bardzo dobrą rozpuszczalnością azotu w wodzie, przez co azot uznawany jest za pierwiastek niezwykle mobilny w środowisku. Może być on **wymyty** w głąb do wód podziemnych lub systemów drenarskich. W przypadku intensywnych opadów azot zawarty w cząsteczkach gleby lub rozpuszczony w wodzie opadowej w formie **spływu powierzchniowego** może zasilić wody powierzchniowe.

8.2 Przemiany fosforu w środowisku

Fosfor (P) jest podstawowym makroelementem organizmów żywych. Stanowi przede wszystkim składnik wiązania w cząsteczce ATP (adenozynotrifosofranu), który jest bazowym źródłem energii dla reakcji biochemicznych zachodzących w organizmach.

Rośliny pobierają fosfor występujący **w roztworze glebowym** w formie fosforanów – jonów pochodzących z rozpadu kwasu ortofosforowego: PO_4^{3-}, HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$ (rys. 8.2).

Jony fosforanowe wykazują tendencję do tworzenia **nierozpuszczalnych związków** w wyniku reakcji z innymi składnikami gleby:

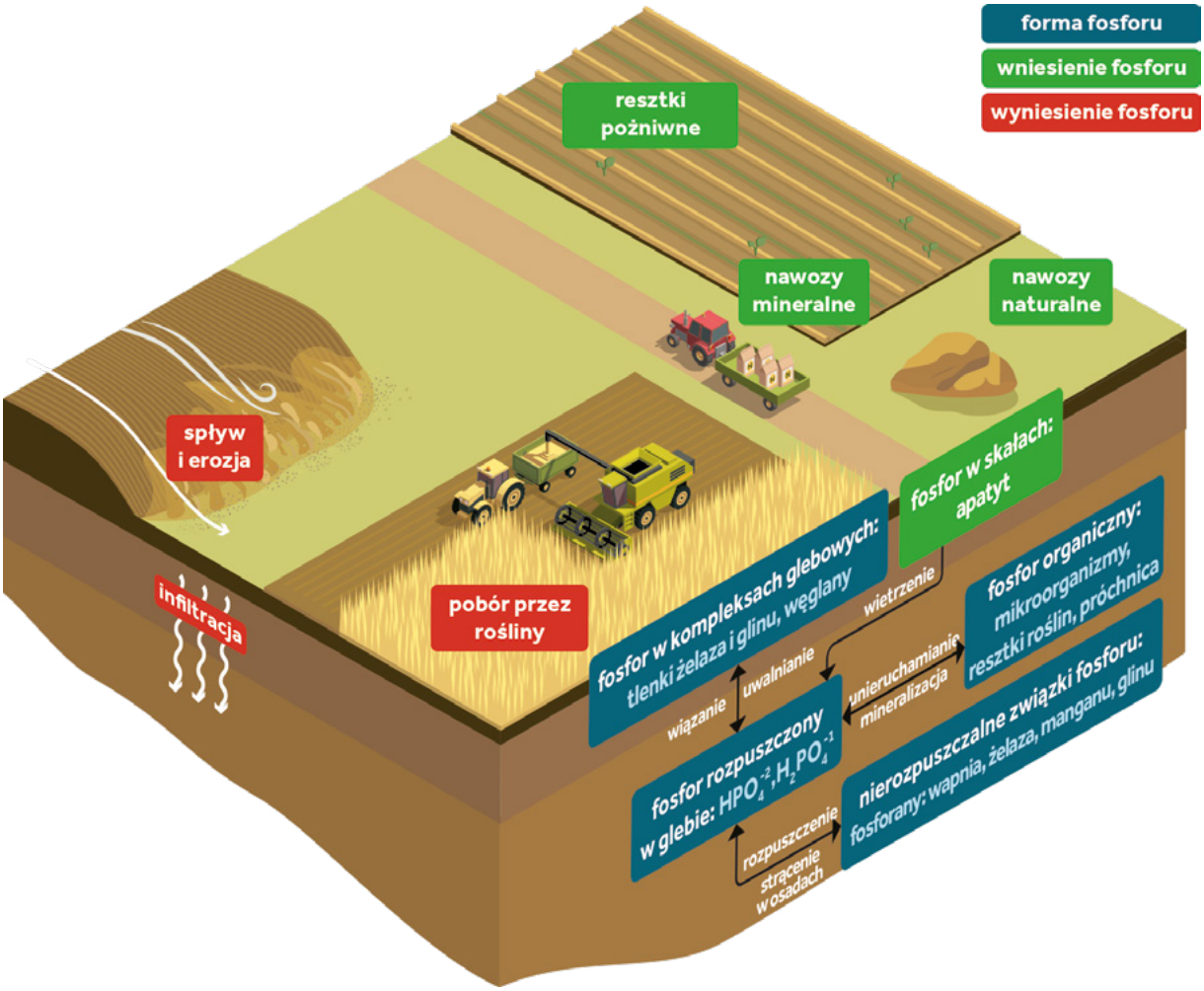
- w środowisku kwaśnym (pH <5,5) dochodzi do powstawania **fosforanu glinu** (P-Al) lub **żelaza** (P-Fe),
- w glebach alkalicznych (pH >7) jony fosforanowe reagują z **wapieniem** (P-Ca).

Tworzenie nierozpuszczalnych związków fosforu odbywa się w wyniku **wytrącania** (strącania). Wytrącanie to reakcja chemiczna, w wyniku której następuje wydzielenie z roztworu w formie osadu substancji nierozpuszczalnej. Ponadto fosforany mogą zostać przyłączone na powierzchni cząstek stałych gleby – **adsorpcja**.

Powyższe połączenia nie są trwałe i dlatego pula ta nazywana jest fosforem ruchomym. Ponowne **uruchomienie fosforu** zachodzi, gdy w wyniku pobierania przez rośliny zmniejsza się dostępność fosforu w roztworze glebowym. Uruchomienie fosforu zależy m.in. od odczynu gleby, a także od wilgotności i zawartości materii organicznej w glebie. W przypadku niekorzystnych warunków, np. zbyt kwaśnego lub zbyt alkalicznego odczynu gleby, może dochodzić do utrudnienia uruchamiania fosforu, czyli **uwstecznienia fosforu**, tzn. spadku jego przyswajalności dla roślin.

Ponadto w glebie występuje **fosfor trwale związany,** na jego pulę składają się nieorganiczne trudno rozpuszczalne związki fosforu oraz jego związki organiczne, które są odporne na mineralizację przez mikroorganizmy glebowe (Bezak-Mazur, Stoińska 2014).

Podobnie jak w przypadku azotu, w produkcji roślinnej stosuje się nawożenie fosforem w celu dostarczenia lub utrzymania właściwej dawki fosforu dla roślin uprawnych. Nawożenie odbywa się z zastosowaniem nawozów mineralnych, naturalnych lub organicznych. Ponadto naturalnym źródłem fosforu w glebie jest



Rys. 8.2. Przemiany fosforu w glebie
Źródło: opracowanie własne

skała macierzysta, m.in. fluoroapatyt i hydroksyapatyt. W wyniku wietrzenia skał dochodzi do uwolnienia zawartych w niej minerałów fosforowych.

Podobnie jak w przypadku azotu, źródłem fosforu są **resztki pożniwne** oraz **materia organiczna** zawarta w glebie. W wyniku mineralizacji, która zachodzi przy udziale bakterii fosforanowych, formy organiczne fosforu są przekształcane w nieorganiczne formy rozpuszczone.

Należy również pamiętać o możliwości uruchamiania **fosforu z zasobów glebowych**, co w przypadku gleb bogatych w fosfor może stanowić istotne źródło fosforu dla roślin.



Fot. 8.2. Wynoszenie fosforu z gleby odbywa się poprzez zbiór plonów. (fot. W. Szymański)

Wynoszenie fosforu z gleby odbywa się poprzez **zbiór plonów**. W przeciwieństwie do azotu fosfor nie ulega przemianom do formy gazowej, ponadto jest pierwiastkiem mało ruchliwym w glebie i na ogół pozostaje tam, gdzie został wprowadzony z nawozami. Nadmierne stosowanie nawozów może zatem powodować kumulację fosforu zagrażającą jakości wód. Część fosforu może się przemieścić ze **spływem powierzchniowym** do wód powierzchniowych, a w pewnych warunkach (patrz rozdział 8.3) także z **wymyciem** do wód podziemnych lub systemów drenarskich.

8.3 Mechanizmy transportu zanieczyszczeń z gleby do wód

W przemieszczaniu zanieczyszczeń w postaci związków biogenicznych (azotu i fosforu) z ekosystemu lądowego (z użytków rolnych) do ekosystemu wodnego szczególnie istotne są dwa mechanizmy transportu:

- spływ powierzchniowy,
- wymywanie (infiltracja).

Spływ powierzchniowy wód powstaje podczas roztopów śniegu oraz w trakcie silnego opadu deszczu. Spływająca woda zmywa wierzchnią warstwę gleby,

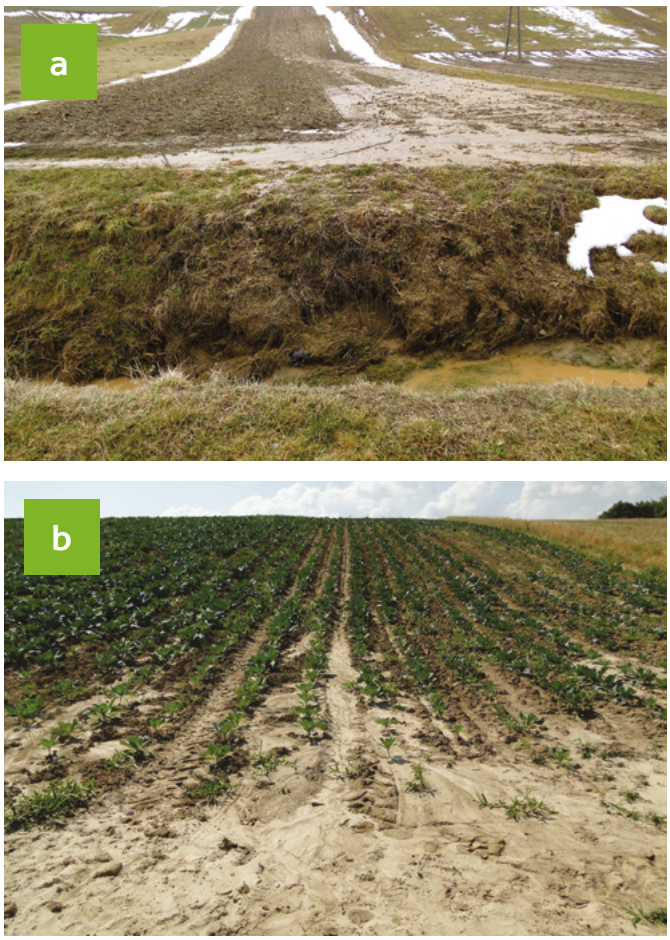
wskutek czego dochodzi do porwania jej cząstek i przemieszczenia ich (fot. 8.4a). Zjawisko to nosi nazwę **erozji wodnej**.

Wraz z glebą przemieszcza się do pobliskich cieków i zbiorników fosfor związany z cząsteczkami gleby. W trakcie spływu powierzchniowego dochodzi również do wypłukiwania z gleby form rozpuszczalnych, zarówno fosforu, jak i azotu.

Wielkość ładunku transportowanych związków biogenicznych w formie spływu powierzchniowego zależy od:

- podatności gleby na zmywy,
- stopnia nachylenia terenu,
- ilości i rozkładu opadów atmosferycznych,
- rodzaju działalności rolniczej, np. gatunku uprawianej rośliny.

Największy jest transport biogenów w uprawach roślin okopowych, następnie zbóż, najmniejsze natomiast straty obserwuje się na trwałych użytkach zielonych i w lasach (Jasiewicz, Baran 2006; fot. 8.4b). **Wymywanie** do wód podziemnych jest głównym mechanizmem strat azotu. Azot jako pierwiastek bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie łatwo ulega wymywaniu przez infiltrujące (wsiąkające) wody opadowe i przemieszczanie w głąb do wód podziemnych. Intensywność wymywania zależy w głównej mierze od **pojemności wodnej** gleby.



Fot. 8.3. Czynniki zwiększające wielkość spływu powierzchniowego wód: (a) nachylenie terenu, (b) uprawa redlinowa (fot. Katarzyna Izydorczyk)

Gdy gleba ma zdolność do magazynowania większej ilości wody, wydłuża się czas przemieszczania zanieczyszczeń do wód podziemnych. Zwiększona pojemność wodna gleby często wynika z bardzo drobnoziarnistego materiału, np. cząsteczek ilasto-pylastych. Cząsteczki te dodatkowo charakteryzują się wyższymi **zdolnościami sorpcyjnymi**. W wyniku przyłączania (sorpcji) zanieczyszczeń na cząsteczkach gleby i ich zmagazynowania następuje dodatkowe zmniejszenie zagrożenia dla wód.

Fosfor też ulega wymywaniu do wód, choć powszechnie proces wymywania jest przypisywany przemieszczaniu się związków azotu. Należy mieć na uwadze, że nagromadzone w glebie związki fosforu mogą się również uwalniać do roztworu glebowego i wody gruntowej, a następnie przemieszczać w procesie wymywania w głąb profilu gleby.

Związane jest to m.in. z przekroczeniem **stopnia nasycenia gleby fosforanami** (Sapek 2014). Wówczas, gdy stężenie fosforanów w wodzie przepływającej przez glebę jest niższe, gleby bogate w fosfor mają tendencję do jego uwalniania. Uwolniony, rozpuszczony w wodzie fosfor stanowi potencjalne zanieczyszczenie wód.

8.4 Obszarowe i punktowe źródła zanieczyszczeń rolniczych

Użytki rolne, z których dochodzi do przemieszczenia składników z nawozów mineralnych i naturalnych do wód, nazywamy **obszarowymi źródłami zanieczyszczeń.**



Fot. 8.4. Grunty orne mogą stanowić obszarowe źródła zanieczyszczenia wód (fot. Katarzyna Izydorczyk)

Są one związane głównie z produkcją roślinną (fot. 8.5). Jak wspomniano w tym rozdziale zanieczyszczenia te powstają, gdy wody opadowe wypłukują składniki nawozowe (głównie azot i fosfor) z pól do cieków wodnych i wód podziemnych, szczególnie przy niewłaściwym dawkowaniu nawozów i nieodpowiednim terminie ich stosowania. Zanieczyszczenia obszarowe to poza substancjami biogenicznymi przedostawanie

się do wód zawiesiny organicznej i mineralnej oraz substancji antropogenicznego pochodzenia, takich jak środki ochrony roślin, substancje ropopochodne, związki metali ciężkich.

Punktowe źródła zanieczyszczeń na terenach wiejskich to zanieczyszczenia powstające na małej powierzchni w gospodarstwach i wynikają z zaniedbań w produkcji zwierzęcej oraz gospodarki ściekowej. Zaliczamy do nich przedostające się do wód odcieki z pryzm obornikowych (fot. 8.5), nieszczelnych zbiorników na gnojowicę i gnojówkę, silosów na kiszonkę i pryzm składowanych materiałów. To również zanieczyszczenia spowodowane nieszczelnością bezodpływowych zbiorników na ścieki komunalne.



Fot. 8.5. Odcieki z pryzm obornikowych – punktowe źródło zanieczyszczenia wód na terenach rolniczych (fot. M. Krzysztoforski)

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie główne procesy przemiany azotu zachodzą dzięki mikroorganizmom?
2. Z jakimi pierwiastkami fosfor może tworzyć nierozpuszczalne formy?
3. Jakie czynniki stymulują wielkość strat substancji biogenicznych w wyniku spływu powierzchniowego?
4. Jakie punktowe źródła zanieczyszczeń występują na terenach wiejskich?

Propozycja ćwiczenia

Wykorzystując kalkulator do obliczania maksymalnej dawki azotu, sprawdź dawkę odpowiednią dla gospodarstwa opisanego poniżej. Kalkulator znajdziesz na stronie internetowej Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie: https://www.cdr.gov.pl/aktualnosci/57-cdr-informuje/2784-aplikacje-do-sporzadzania-planu-nawozenia-azotem-do-wyliczania-maksymalnych-dawek-azotu.

Opis gospodarstwa

- rodzaj produkcji zwierzęcej: bydło mięsne, obora głęboka, wybieg, wypas;
- żywienie: wypas, kiszonka z kukurydzy, sianokiszonka z lucerny i traw;
- struktura stada na początku roku:
  - buhaj 1
  - krowy 16
  - jałówki cielne 4
  - jałówki 0,5–1,5 roku 4
  - opasy 0,5–1,5 roku 16
  - cielęta do 0,5 roku 0
- brakowanie krów: 3 szt.; urodzenia: 16 szt. cieląt; upadki: cielęta – 1 szt.; sprzedaż roczna: opasy 13 szt., krowy brakowane: 3 szt. (nie przewiduje się zwiększenia stanu zwierząt);
- powierzchnia użytków rolnych: 30 ha, gleby słabogliniaste, kompleks zbożowo-pastewny mocny, żytni dobry;
- kategoria gleby: średnia, kl. IIIb – 8 ha, kl. IVa – 11 ha, kl. IVb – 5 ha, kl. V i VI – 6 ha
- zasiewy:
  - **działka 1:** 4 ha, pszenżyto (plon 6,5 t/ha) po kukurydzy na kiszonkę (plon 50 t/ha), resztki pożniwne zaorane;
  - **działka 2**: 8 ha, kukurydza na kiszonkę (plon 60 t/ha) po pszenicy oz. (plon 7,5 t/ha), resztki pożniwne zaorane;
  - **działka 3**: 6,5 ha, jęczmień jary (plon 5,5 t/ha) po kukurydzy na kiszonkę (plon 62 t/ha), resztki pożniwne zaorane;
  - **działka 4**: 4,5 ha pastwisko średnie (35 t/ha);
  - **działka 5**: 5 ha, łąka intensywna (plon 50 t/ha) po łące;
  - **działka 6:** 2 ha trawy z motylkowatymi (plon 45 t/ha), po trawach z bobowatymi;
- część nawozów naturalnych może być zbywana.

9 Wymagania prawne dotyczące ograniczenia zanieczyszczeń środowiska pochodzących z rolnictwa

Anna Tupin
Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie

9.1 Ramowa dyrektywa wodna i podstawowe założenia ochrony wód w UE

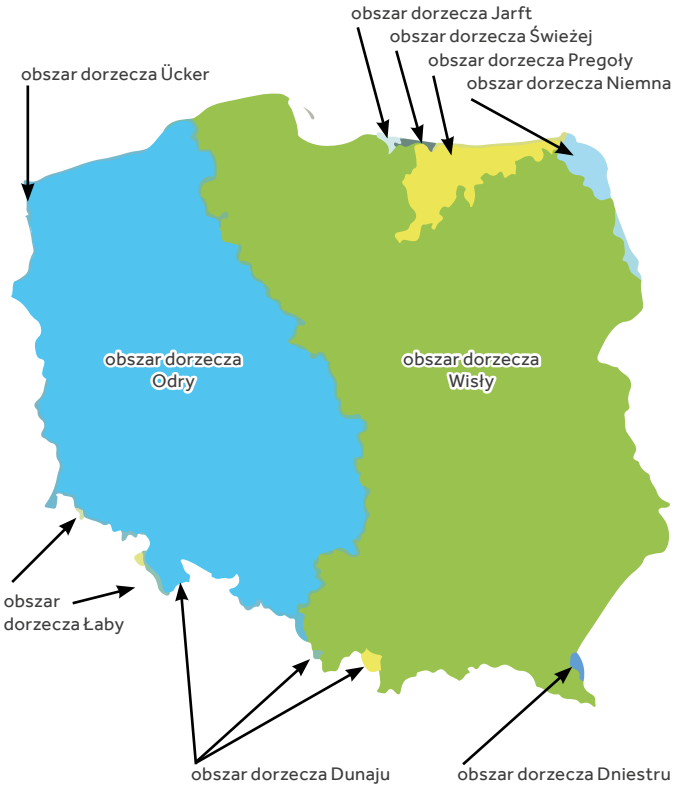
Głównym celem dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 roku ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, zwanej **ramową dyrektywą wodną** (RDW), jest osiągnięcie **dobrego stanu wód i ekosystemów lądowych od nich zależnych** (art. 4). Państwa członkowskie zobowiązane były osiągnąć powyższy cel do 2015 roku, a w uzasadnionych przypadkach osiągnięcie celu zostało przedłużone do 2021 lub 2027 roku. Zgodnie z przyjętą w Polsce ustawą z dnia 20 lipca 2017 roku – Prawo wodne, za wdrażanie ramowej dyrektywy wodnej odpowiada Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie.

Osiągnięciu celów określonych w dyrektywie służy planowanie w cyklach sześcioletnich gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy. Obszary dorzeczy w Polsce, dla których zostały przyjęte **plany gospodarowania wodami,** przedstawia grafika 9.1.

Plany gospodarowania wodami określają cele środowiskowe polegające na niepogarszaniu lub poprawie stanu poszczególnych części wód powierzchniowych i podziemnych. Cele środowiskowe określane są na podstawie takich informacji, jak:

- dane o **stanie** jakościowym i ilościowym wód, zgromadzone w ramach państwowego monitoringu środowiska (patrz rozdział 6);
- dane o **presji** działalności człowieka na stan wód.

Częścią planowania gospodarowania wodami jest Państwa członkowskie przyjmują odpowiednie programy działań mających na celu ograniczenie zidentyfikowanych presji na stan wód. W Polsce dokumentem określającym programy działań, obowiązującym w cyklu planistycznym na lata 2016-2021, jest Program wodnośrodowiskowy kraju (I Aktualizacja).



Rys. 9.1. Obszary dorzeczy w Polsce, dla których opracowane zostały plany gospodarowania wodami na lata 2016–2021
Źródło: Aktualizacja Programu wodno-środowiskowego kraju, 2016, online: http://www.apgw.kzgw.gov.pl/pl/informacje-ogolne [dostęp 26.08.2019]

Wśród działań określonych w Programie wodno-środowiskowym kraju, odnoszących się do terenów wiejskich, znalazły się w szczególności:

- **uporządkowanie gospodarki ściekowej** (m.in. prowadzenie przez gminy ewidencji zbiorników bezodpływowych i przydomowych oczyszczalni ścieków, prowadzenie przez gminy kontroli wywozu nieczystości ciekłych, budowa sieci kanalizacyjnej);
- **ograniczanie odpływu azotanów** do wód z terenów rolniczych.

9.2 Dyrektywa azotanowa – odpowiedź UE na zanieczyszczenie wód azotanami pochodzenia rolniczego

9.2.1. Prawo europejskie

Główną przyczynę zanieczyszczeń obszarowych wpływających na wspólnotowe wody stanowi najczęściej odpływ powierzchniowy i podpowierzchniowy azotanów z terenów upraw rolnych. Z uwagi na powyższe przyjęta została dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 roku dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG), zwana dyrektywą azotanową. Jej podstawowe cele prezentuje grafika (rys. 9.2).

Zgodnie z dyrektywą, państwa członkowskie UE w celu zmniejszenia zanieczyszczenia wód azotanami pochodzenia rolniczego i zapobiegania dalszemu zanieczyszczeniu wyznaczają wody zanieczyszczone lub zagrożone zanieczyszczeniem oraz strefy zagrożenia, z których mają miejsce spływy do tych wód. Przy wyznaczaniu ich państwa członkowskie kierują się kryteriami określonymi w załączniku I do dyrektywy azotanowej. W związku z tym ustalają, czy związki azotu w wodach nie przekraczają wartości dopuszczalnych lub nie wykazują tendencji wzrostowej do ich przekroczenia w przypadku niepodjęcia działań zaradczych. Zawartość związków azotu nie może przekraczać:

- w wodach powierzchniowych słodkich przeznaczonych do pozyskiwania wody pitnej: – 50 mg NO_3/l,
- w wodach podziemnych: azotany – 50 mg NO_3/l,
- dodatkowo w wodach powierzchniowych – wartości parametrów wskazujących eutrofizację lub tendencję do eutrofizacji wód.

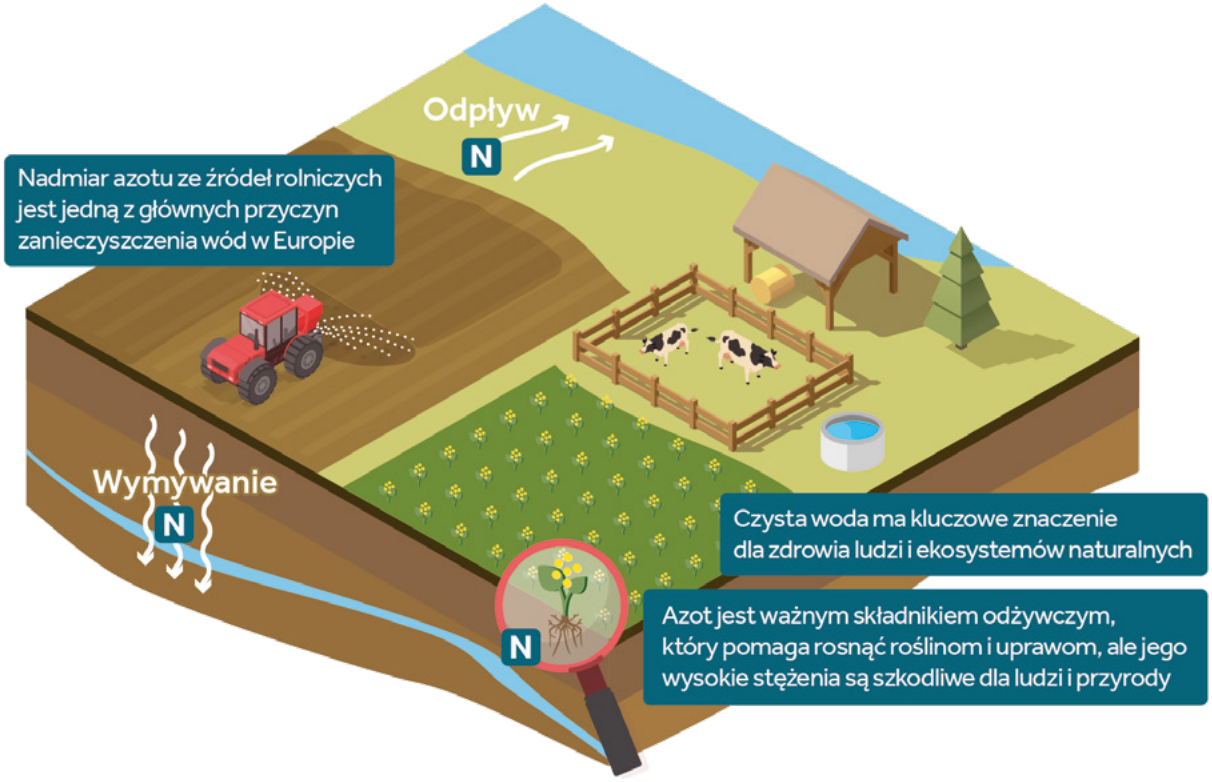
Państwa członkowskie ustanawiają zbiór zasad dobrej praktyki rolniczej do dobrowolnego przestrzegania oraz wprowadzają programy działań określające obowiązkowe środki zaradcze do stosowania dla wyznaczonych stref zagrożenia. Gdy państwo członkowskie stosuje obowiązkowe środki zaradcze na całym terytorium kraju, jest zwolnione z obowiązku określania stref zagrożenia.

Dyrektywa azotanowa realizowana jest w cyklach czteroletnich, a wyniki oceny skuteczności programów działań są raportowane do KE.

Zakres wymaganych środków zaradczych i zasad dobrej praktyki rolniczej określają załączniki II i III do dyrektywy (tabela 9.1).

UE chce zmniejszyć zanieczyszenie wody spowodowane przez azotany pochodzące z rolnictwa i określa działania, jakie kraje członkowskie powinny podjąć.

- monitorowanie jednolitych części wód pod względem stężenia azotanów
- identyfikacja wód zanieczyszczonych lub zagrożonych zanieczyszczeniem związkami azotu ze źródeł rolniczych
- ustanowienie kodeksów dobrych praktyk rolniczych i środków mających na celu zapobieganie i zmniejszanie zanieczyszczenia wody azotanami



Rys. 9.2. Podstawowe cele dyrektywy azotanowej
Źródło: opracowanie własne na podstawie *Ograniczenie zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód*, FDPA 2018

Tabela 9.1. Wymagania dyrektywy azotanowej w zakresie przyjęcia odpowiednich środków zaradczych

Załącznik II. Zbiór (zbiory) zasad dobrej praktyki rolniczej	Załącznik III. Środki, które należy włączyć do programów działania
1. okresy, kiedy rolnicze wykorzystanie nawozu jest niewłaściwe 2. ograniczenie rolniczego wykorzystania nawozu: › na terenach o dużym nachyleniu › na gruntach nasyconych wodą, zatopionych, przemarzniętych lub pokrytych śniegiem › w pobliżu cieków wodnych; 3. Odpowiednia pojemność i konstrukcja pojemników do składowania odchodów zwierzęcych; 4. Dawki i równomierność aplikowania, zarówno nawozów mineralnych jaki i naturalnych, które zapewniają utrzymanie strat substancji odżywczych do wód na dopuszczalnym poziomie	1. okresy, kiedy rolnicze wykorzystanie niektórych rodzajów nawozu jest zakazane 2. pojemność zbiorników na odchody zwierzęce zapewniająca przechowywanie w najdłuższym okresie, podczas którego rolnicze wykorzystanie w strefie zagrożenia jest zabronione 3. ograniczenie rolniczego wykorzystania nawozów, zgodne z dobrą praktyką rolniczą i uwzględniające cechy danej strefy zagrożenia 4. ogólny wymóg: roczna dawka nawozów naturalnych nie może zawierać więcej niż 170 kg azotu w czystym składniku na 1 ha UR; ponadto: dawkowanie nawozu według zapotrzebowania roślin i zawartości azotu w glebie 5. prowadzenie rejestru wykorzystania nawozu

Źródło: opracowanie własne na podstawie załączników II i III dyrektywy azotanowej

Stosowanie się do wymogów określonych w załączniku II i III dyrektywy przez prowadzących działalność rolniczą jest warunkiem wsparcia finansowego w ramach wspólnej polityki rolnej krajów unijnych, przewidzianego jako:

- **płatności bezpośrednie** (w zakresie dyrektywy azotanowej – konieczność przestrzegania środków z zał. III),
- **płatności rolno-środowiskowo-klimatyczne** (w zakresie dyrektywy azotanowej - stosowanie dobrej praktyki rolniczej zgodnie z zał. II do dyrektywy).

9.2.2. Realizacja dyrektywy azotanowej w Polsce

Postanowienia dyrektywy azotanowej zostały transponowane do polskiego prawodawstwa w 2001 roku, w szczególności przez ustawę z dnia 18 lipca 2001 roku – Prawo wodne. W ustawie:

- wyznaczone zostały wody wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych oraz obszary szczególnie narażone, z których odpływ azotu ze źródeł rolniczych do tych wód należy ograniczyć, zwanych w skrócie OSN;
- wprowadzone zostały na OSN programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych;
- opracowany został kodeks dobrej praktyki rolniczej (2004 r.).

Za wyznaczenie OSN i wprowadzenie dla nich programów działań odpowiadali dyrektorzy regionalnych zarządów gospodarki wodnej (RZGW).

Wyznaczone w 2003 roku OSN obejmowały 2% powierzchni kraju. Maksymalna powierzchnia OSN, dla których realizowane były programy działań, określona była w cyklu obejmującym lata 2012–2016, kiedy osiągnęła ok. 4,5% powierzchni kraju.

1 stycznia 2018 roku weszła w życie ustawa z dnia 20 lipca 2017 roku – Prawo wodne, w wyniku której przestały obowiązywać OSN i wprowadzono nastpujce przepisy:

- program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu opracowuje dla obszaru całego kraju minister właściwy ds. gospodarki wodnej w uzgodnieniu z ministrem właściwym ds. rolnictwa (art. 104 i 106 ustawy);
- zbiór zaleceń dobrej praktyki rolniczej do dobrowolnego stosowania opracowuje minister właściwy do spraw rolnictwa w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw gospodarki wodnej (art. 103 ustawy).

Rada Ministrów rozporządzeniem z dnia 5 czerwca 2018 roku przyjęła Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapo-

bieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. z 2018 r. poz. 1339), które weszło w życie z dniem 27 lipca 2018 roku (dalej: program działań).

Wprowadzenie programu działań do stosowania na całym terytorium kraju było podyktowane wyrokiem Trybunału Sprawiedliwości UE z dnia 20 listopada 2014 roku, zgodnie z którym Polska uchybiła zobowiązaniom wynikającym z dyrektywy azotanowej w związku z niewystarczającym wyznaczeniem stref zagrożenia.

W 2019 roku przyjęty został przez ministra rolnictwa i rozwoju wsi Zbiór zaleceń dobrej praktyki rolniczej (ZZDPR), który zastępuje Skrócony zbiór zasad dobrej praktyki rolniczej dla potrzeb wdrażania dyrektywy azotanowej, będący częścią Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej z 2004 roku, oraz inne wymagania tego kodeksu odnoszące się do: zasad stosowania nawozów zawierających azot, wapnowania gleb, przechowywania nawozów naturalnych (Gospodarowanie nawozami a ochrona... 2019).

Aktualne dokumenty i akty prawne w Polsce związane z realizacją dyrektywy azotanowej oraz udzielaniem wsparcia finansowego w ramach wspólnej polityki rolnej przedstawia poniższe zestawienie (tabela 9.2).

Działania wspierające realizację wymagań dyrektywy azotanowej

Działaniami poprawiającymi skuteczność programów wprowadzanych w celu ograniczania i zapobiegania zanieczyszczaniu wód związkami azotu ze źródeł rolniczych są w szczególności szkolenia i kampanie edukacyjne dla rolników dotyczące stosowania zasad dobrej praktyki rolniczej organizowane przez ośrodki doradztwa rolniczego we współpracy z samorządami gminnymi oraz Fundacją na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.

Oprócz tego, dla potrzeb osiągnięcia zakładanych efektów programu działań realizowane są kontrole u prowadzących działalność rolniczą:

- w zakresie wywiązywania się z obowiązków określonych w programie działań - prowadzone przez właściwe organy inspekcji ochrony środowiska;
- w zakresie przestrzegania norm i wymogów wzajemnej zgodności (norm dobrej kultury rolnej zgodnej z ochroną środowiska oraz wymogów z obszarów m.in. środowisko i zmiana klimatu) u rolników ubiegających się o płatności w ramach systemów wsparcia bezpośredniego lub o niektóre płatności realizowane w ramach Programu rozwoju obszarów wiejskich -prowadzone przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (Kontrola na miejscu... b.d.).

9.3 Ochrona powietrza - przeciwdziałanie uciążliwościom zapachowym

O uciążliwościach zapachowych na obszarach rolniczych decydują w szczególności produkowane odchody zwierzęce i ich właściwości, takie jak: temperatura, pH, uwodnienie oraz stosunek węgla do azotu. Do głównych odorantów emitowanych z obiektów hodowlanych zalicza się siarkowodór, amoniak i tlenki azotu.

Unormowania przeciwdziałania uciążliwości zapachowej określają następujące dokumenty:

1. Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej opracowany w 2016 roku przez ministra ds. środowiska. Opracowanie Kodeksu było odpowiedzią

Tabela 9.2. Obowiązujące dokumenty i akty prawne związane z realizacją dyrektywy azotanowej i wsparciem finansowym rolników

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu" (Dz.U. z 2018 r. poz. 1339)	Zbiór zaleceń dobrej praktyki rolniczej mający na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych (luty 2019)
Ustawa z dnia 5 lutego 2015 roku o płatnościach w ramach systemów wsparcia bezpośredniego (t.j. Dz.U. z 2018 r. poz. 308)	Ustawa z dnia 20 lutego 2015 roku o wspieraniu rozwoju obszarów wiejskich z udziałem środków Europejskiego Funduszu Rolnego na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020 (t.j. Dz.U. z 2018 r. poz. 627 z późn. zm.)

na brak możliwości wprowadzenia rozporządzenia w sprawie wartości odniesienia substancji zapachowych w powietrzu i metody oceny zapachowej jakości powietrza, na podstawie delegacji określonej w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. W odniesieniu do rolnictwa Kodeks określa możliwe metody ograniczania emisji, m.in. od¬powiednio dobrany system żywienia (np.: obniżenie poziomu białka ogólnego w mieszankach, optyma¬lizacja stosunku białka i aminokwasów do energii) czy stosowanie ogrzewania podłogowego, a przy rozprowadzaniu nawozów naturalnych na gruntach rolnych stosowanie urządzeń do bezpośredniej aplikacji nawozu do gleby.

2. Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2017/302 z 15 lutego 2017 roku ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń. Wymagania określone decyzją zostały przyjęte do obowiązkowego stosowania w ramach zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom wynikającego z dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 roku w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola). Wprowadzono m.in. obowiązki:
   - opracowania planu zarządzania zapachami jako część systemu zarządzania środowiskowego,
   - zapewnienia odpowiedniej odległości między gospodarstwem czy zespołem urządzeń a obiektem wrażliwym,
   - stosowania systemu oczyszczania powietrza,
   - przechowywania gnojowicy lub obornika stałego pod przykryciem (Bujny, Maśliński 2018).

   Wymagania mają zastosowanie zawsze do nowych instalacji, a w przypadku istniejących instalacji dostosowanie do nowych wymagań następuje w terminie nie dłuższym niż 4 lata od dnia publikacji konkluzji BAT w Dzienniku Urzędowym UE, czyli do 20 lutego 2021 roku.
3. Kodeks dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku, opracowany w 2019 roku przez ekspertów z instytutów nadzorowanych przez ministra ds. rolnictwa i rozwoju wsi. Kodeks jest odpowiedzią na dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów za¬nieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylenia dyrektywy 2001/81/ WE (tzw. dyrektywa NEC). Jednym z głównych zanieczyszczeń gazowych powietrza powstającym w produkcji rolniczej jest amoniak. Szacuje się, że w UE rolnictwo jest odpowiedzialne za ponad 92% emisji tego gazu, natomiast w Polsce wartość ta sięga 94%. Najwięcej amoniaku uwalnia się z odchodów zwierząt – 78%, a pozostałe 22% emisji związane jest ze stosowaniem mineralnych nawozów azotowych. Dyrektywa NEC ustanawia zobowiązania w zakresie redukcji zanieczyszczeń powietrza, w tym m.in. poprzez opracowanie i upowszechnianie Kodeksu dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku. Opracowany Kodeks wskazuje na szereg praktyk rolniczych, które ograniczają emisję amoniaku do atmosfery. Zawiera przede wszystkim kwestie:
   - niskoemisyjnych technik aplikacji i przechowywania nawozów naturalnych i mineralnych,
   - niskoemisyjnych systemów utrzymania i żywienia zwierząt,
   - zaleceń zarządzania nawożeniem azotowym.

   Kodeks jest pomocnym narzędziem w upowszechnianiu metod ograniczania emisji amoniaku z rolnictwa, jak również racjonalnego zarządzania azotem w gospodarstwie rolnym. (Kodeks dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku, MRiRW, Warszawa 2019).

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jaki organ prowadzi kontrolę spełnienia wymogów wzajemnej zgodności ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego u rolników ubiegających się o płatności w ramach systemów wsparcia bezpośredniego lub o niektóre płatności realizowane w ramach Programu rozwoju obszarów wiejskich?
2. Jaki organ prowadzi kontrolę rolników w zakresie wywiązywania się przez nich z obowiązków określonych w krajowym Programie działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu?

Propozycja ćwiczenia

1. Na podstawie informacji zawartych w serwisie mapowym Geoportal.gov.pl, w zakładce Dane innych instytucji (Wody Polskie) w warstwie Jednolite części wód powierzchniowymi (JCW: rzeczne, jeziorne, przejściowe, przybrzeżne) dostępnych pod linkiem: http://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp_2.html?locale=pl&gui=new&sessionID=4026736, sprawdź, w obszarze jakiej JCW znajduje się twoja szkoła. Następnie na podstawie bazy danych aktualizacji planów gospodarowania wodami zamieszczonej na stronie http://apgw.gov.pl/pl/II-cykl-materialy-do-pobrania wygeneruj kartę charakterystyki dla wymienionej JCW. Wymień działania dla tej JCW.
2. Zapoznaj się z Kodeksem dobrej praktyki rolniczej w zakresie ograniczania emisji amoniaku dostępnym na stronie https://www.gov.pl/web/rolnictwo/kodeks-dobrej-praktyki-rolniczej-w-zakresie-ograniczania-emisji-amoniaku. Następnie wymień niskoemisyjne metody utrzymania i żywienia zwierząt możliwe do zastosowania w znanym ci gospodarstwie. Oceń stopień redukcji amoniaku, jaki zostanie osiągnięty tymi metodami.

Notatki

III Wpływ rolnictwa na degradację środowiska glebowego i ekosystemów wodnych



10 Wpływ złych praktyk i zanieczyszczeń rolniczych na środowisko glebowe

Grzegorz Siebielec
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

10.1 Złe praktyki w gospodarowaniu glebą i ich skutki

10.1.1. Praktyki powodujące zakwaszenie gleb

Na naturalne procesy zakwaszania gleb nakładają się **antropogeniczne źródła zakwaszenia**. Już samo pozyskiwanie plonu może powodować zubożanie gleby o składniki zasadowe (wapń, magnez) pobierane z plonem. Za główną antropogeniczną przyczynę zakwaszania gleb użytków rolnych uznaje się jednak **stosowanie nawozów mineralnych**. Większość z nich to tzw. nawozy fizjologicznie kwaśne, tj. zawierające główny składnik w formie kationowej.

Stosowanie nawozów azotowych to jedna z najistotniejszych antropogenicznych przyczyn zakwaszania gleb. Fizjologicznie kwaśne są nawozy azotowe zawierające azot w formie amonowej lub amidowej (mocznik). Azot podany w formie amidowej -NH_2 w glebie szybko ulega przekształceniu do związku amonowego. W formie amonowej zaś jest pobierany przez rośliny na zasadzie równoważnikowej wymiany jonowej pomiędzy korzeniem a glebą. Pobierają go korzenie roślin, które w zamian do roztworu glebowego wydzielają kationy wodoru zakwaszające glebę. Ponadto azot amonowy ulega nitryfikacji. Nitryfikacja jest kolejną obok azotanów przyczyną pojawienia się w glebie kationu wodorowego, dlatego proces ten przyczynia się do zakwaszenia gleby, szczególnie w glebach o neutralnym odczynie. Fizjologicznie kwaśna jest też większość nawozów fosforowych oraz sole potasowe.

Procesy zakwaszania gleb związane ze stosowaniem nawozów fizjologicznie kwaśnych powinny być systematycznie neutralizowane stosowaniem wapna. Niepokojącym zjawiskiem jest zmniejszanie się zużycia nawozów wapniowych w rolnictwie, powodujących odkwaszenie gleby, przy jednoczesnym zwiększeniu ilości stosowanych nawozów azotowych. Z uwagi na to, że dla zapewnienia plonowania roślin stosowanie nawozów azotowych jest niezbędne, **jako główną przyczynę zakwaszenia gleby należy traktować wieloletnie zaniedbania w wapnowaniu gleb.**

Niewłaściwy odczyn gleby może wywoływać wiele negatywnych zmian w środowisku, powodując **degradację gleby**:

- przy wartościach pH poniżej 4,5 w KCl w roztworze glebowym pojawiają się rozpuszczalne formy glinu uszkadzające włośniki korzeni i upośledzające pobieranie wody i składników;
- na glebach kwaśnych odczyn jest czynnikiem ograniczającym plonowanie większości roślin uprawnych, a spadek plonu zależy od wrażliwości poszczególnych gatunków;
- w warunkach zbyt niskiego odczynu zmniejsza się pobranie składników nawozowych przez rośliny, a w wyniku wymywania składniki te przedostają się do wód gruntowych (azot) lub uwsteczniają (fosfor);
- zakwaszenie gleb sprzyja również degradacji ich struktury, hamuje akumulację próchnicy, ogranicza aktywność mikroorganizmów, a w glebach zanieczyszczonych tzw. metalami ciężkimi powoduje ich większą biodostępność.

10.1.2. Praktyki powodujące erozję gleby

Erozja gleby jest fizycznym zjawiskiem, polegającym na przenoszeniu cząstek glebowych na skutek działania wody lub wiatru i ich transporcie do innych miejsc (miejsca sedymentacji). W warunkach Polski największe znaczenie ma erozja wodna, która zachodzi w terenie pofałdowanym, a najbardziej narażone na zjawiska erozji są gleby pyłowe, tzw. lessy. Zjawisko **erozji wodnej** zwizualizowano na fot. 10.1.



Fot. 10.1. Proces erozji wodnej (fot. R. Wawer)

Czynniki wywołujące erozję można podzielić na dwie grupy: **czynniki naturalne** (ukształtowanie powierzchni, gleba, opad atmosferyczny, wiatr) oraz **antropogeniczne** (struktura użytkowania, system gospodarowania, struktura upraw, wielkość i układ działek, drogi i elementy krajobrazu). Intensywność degradacji gleby w wyniku erozji zależy od natężenia i układu poszczególnych czynników.

Antropogeniczne czynniki sprzyjające erozji gleb przede wszystkim związane są z nieprawidłowym użytkowaniem gruntów i niewłaściwą uprawą roli. Struktura gruntów i zasiewów, wielkość działek, układ działek, dróg i elementów krajobrazowych w zlewni należą do podstawowych czynników wywołujących erozję. Najbardziej zagrożone przez erozję są grunty orne. Intensyfikacji erozji sprzyja zatem **przekształcanie łąk i pastwisk lub upraw wieloletnich, np. sadów, w grunty orne.**

Duże znaczenie dla nasilenia zjawisk erozyjnych ma struktura zasiewów. Za najbardziej sprzyjające rozwojowi erozji uważa się **rośliny uprawiane rzędowo**, m.in.: ziemniaki, buraki cukrowe oraz kukurydzę.

Niekorzystną tendencją sprzyjającą erozji gleb jest **specjalizacja produkcji** z jej podziałem na gospodarstwa rolne i farmy hodowlane. Zanik produkcji hodowlanej w wielu mniejszych gospodarstwach prowadzi do zaniku uprawy roślin motylkowatych oraz braku obornika, co pociąga za sobą obniżenie zawartości próchnicy i zdolności retencyjnych gleby i sprzyja procesom erozji. W innych gospodarstwach z kolei pojawia się nadprodukcja gnojowicy, którą w nadmiernych ilościach odprowadza się na pola uprawne, skąd łatwo może przedostać się do wód podpowierzchniowych i powierzchniowych.

Duże rozdrobnienie działek hamuje rozwój procesów erozyjnych, dlatego zmiany wymuszane względami ekonomicznymi, powodujące **zwiększanie powierzchni gospodarstw i powierzchni działek**, będą powodowały wzrost zagrożeń erozją gleby.

Są też inne **praktyki zwiększające ryzyko erozji**. Należą do nich również:

- niedostosowanie sposobu użytkowania gruntów do warunków naturalnych, tzn. użytkowanie orne przy dużym nachyleniu powierzchni;
- stosowanie wielu zabiegów uprawowych oraz zagęszczenie gleby przez zbyt ciężki sprzęt;
- negatywny bilans materii organicznej;
- likwidacja elementów ochronnych w postaci miedz, tarasów, zadrzewień i zakrzaczeń;
- uprawa roli i siew roślin wzdłuż stoków;
- brak agrotechniki przeciwerozyjnej (uprawa bezorkowa, mulczowanie);
- planowanie dróg rolniczych bez uwzględnienia rzeźby terenu;
- rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków erozyjnych (np. wąwozów, stromych zboczy);
- zostawianie gleby zimą bez okrywy roślinnej;
- uprawa zbóż jarych zamiast ozimych;
- brak stosowania międzyplonów i poplonów;
- pozostawianie niewielkich form erozyjnych, w których następuje koncentracja okresowych spływów wód powierzchniowych;
- zbyt późny termin siewu, utrudniający właściwe krzewienie roślin przed zimą.

Zagrożenia środowiskowe związane z erozją nie ograniczają się jedynie do miejsca jej powstania i do samej gleby. Materiał glebowy powstały w wyniku erozji przemieszczany jest poza pole uprawne i dostaje się do wód powierzchniowych, powodując ich zanieczyszczenie, przede wszystkim związkami azotu i fosforu oraz środkami ochrony roślin. Innym ważnym elementem jest zamulanie dróg, poboczy oraz cieków wodnych.

10.1.3. Praktyki powodujące spadek materii organicznej

Podstawowym warunkiem poprawnego gospodarowania w rolnictwie jest **utrzymanie dodatniego lub przynajmniej zrównoważonego bilansu glebowej materii organicznej** (próchnicy), który wylicza się z następującego równania:

saldo MOG (glebowej materii organicznej) =

$$\mathbf{a - b},$$

gdzie:

a – przychód (reprodukcja) z nawozów naturalnych (obornik), nawozów organicznych (np. kompost) oraz resztek pożniwnych;

b – mineralizacja (degradacja) wynikająca z rozkładu istniejącej materii organicznej.

W ostatnich latach w niektórych regionach kraju obserwuje się **wzrost udziału gospodarstw bezinwentarzowych**, a więc pozbawionych nawożenia organicznego obornikiem. Powoduje to, że w województwach takich jak małopolskie, podkarpackie, lubelskie występuje znaczny **deficyt nawozów naturalnych** (obornika) wynikający z zaniechania produkcji zwierzęcej, co skutkuje negatywnym bilansem materii organicznej w glebach. Z kolei koncentracja produkcji zwierzęcej w niektórych województwach, takich jak: podlaskie i warmińsko-mazurskie, może wiązać się z presją na środowisko wodne związaną z nadmiarem biogenów.

Zawartość materii organicznej w glebie jest również uwarunkowana **rodzajem zmianowań**, co wiąże się z **ilością i jakością pozostających na polu resztek pozbiorowych**. Do roślin próchnicotwórczych, a więc takich, których uprawa wzbogaca glebę w materię organiczną, zalicza się trawy oraz rośliny bobowate. Dużo mniej resztek pozbiorowych wnoszą do gleby zboża, jeśli słoma nie jest przyorywana, a najmniej – rośliny okopowe.

Oprócz negatywnego bilansu materii organicznej, wynikającego ze zmianowania roślin i nawożenia naturalnego, zasadniczym czynnikiem naturalnym powodującym spadek zawartości próchnicy jest zmiana stosunków wilgotnościowych i obniżenie poziomu lustra wody gruntowej w glebach o opadowo-gruntowym typie zasilania w wodę.

Do praktyk powodujących ubytek materii organicznej w glebie zaliczane są zatem:

- zmiana sposobu użytkowania z naturalnego (leśnego, łąkowego) na orny;
- zaniechanie stosowania obornika, gnojowicy, nawozów zielonych, kompostów;
- duża ilość zabiegów uprawowych powodujących nadmierne napowietrzenie gleby, intensyfikujące rozkład materii organicznej;
- intensyfikacja uprawy, wprowadzanie uproszczonego zmianowania z dominacją zbóż (szczególnie monokultur zbożowych);
- zbiór słomy zbóż do innych celów niż przyoranie.

Spadek zawartości materii organicznej gleb wywołuje zaś szereg negatywnych zjawisk, takich jak:

- spadek żyzności;
- zmniejszenie pojemności sorpcyjnej i buforowej, co sprzyja wymywaniu składników nawozowych;
- większe narażenie roślin na suszę wynikające ze słabej retencji wody w glebie;
- pogorszenie właściwości fizycznych gleby (struktury, przepuszczalności);
- spadek aktywności procesów mikrobiologicznych;
- wzrost emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

10.1.4. Praktyki powodujące zagęszczenie gleby

Zagęszczenie gleby jest efektem jej mechanicznego ugniatania przez ciężki sprzęt lub podczas wypasu zwierząt, szczególnie w warunkach nadmiernego uwilgotnienia. Można wyróżnić:

- zagęszczenie powierzchniowych warstw gleby,
- zagęszczenie podglebia.

Powierzchniowe zagęszczenie może być dość łatwo usunięte zabiegami spulchniającymi glebę (orka, kultywatorowanie itp.) i nie stanowi trwałego zagrożenia dla środowiska i żyzności gleby.



Fot. 10.2. Zagęszczenie gleby w wyniku zastosowania ciężkiego sprzętu (fot. Linda Maring)

Z kolei zagęszczenie podglebia jest trudniejsze i kosztowniejsze – wymaga zabiegów głęboszowania. Najbardziej narażone na zagęszczenie są gleby ciężkie, gliniaste.

Praktykami sprzyjającymi zagęszczeniu gleby są:

- prowadzenie prac agrotechnicznych przy nadmiernej wilgotności gleby,
- nadmierna liczba zabiegów z udziałem sprzętu ciężkiego (fot. 10.2),
- niedostosowanie wielkości sprzętu i ciśnienia w ogumieniu do warunków glebowych,
- brak dbałości o poziom materii organicznej w glebie,
- wielokrotne, ciągłe wykonywanie orki na tej samej głębokości (w podglebiu tworzy się „podeszwa płużna").

Nadmierne zagęszczenie gleby i podglebia wpływa na funkcje gleby. Zmniejsza się objętość porów i ich ciągłość, a tym samym **zdolność gleby do przepuszczania wody i powietrza**. Niższa przepuszczalność powoduje z kolei spływ powierzchniowy opadów, przez co gleba pozostaje przesuszona, i erozję wodną. Efektem zagęszczenia gleby może być również przemieszczanie się składników nawozowych na jej powierzchni. Słabe natlenienie gleby może prowadzić do ograniczenia rozwoju roślin oraz zwiększania strat azotu glebowego w wyniku denitryfikacji.

Zagęszczenie podglebia ogranicza rozwój korzeni i ich penetrację w głąb gleby, co skutkuje obniżeniem wielkości i jakości plonów roślin.

10.2 Zanieczyszczenia gleby

10.2.1. Rodzaje zanieczyszczeń

Jednym z priorytetów właściwej produkcji rolniczej jest **ochrona gleby przed zanieczyszczeniem**, ze szczególnym uwzględnieniem tzw. trwałych zanieczyszczeń. Należą do nich:

1. potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe (PTPŚ), takie jak: ołów, kadm, rtęć. PTPŚ mogą pochodzić ze źródeł naturalnych (skała macierzysta gleby), co ma często miejsce w województwie śląskim, lub z opadu pyłów w regionach o dużym zagęszczeniu przemysłu. Zawartość oraz biodostępność pierwiastków w glebach użytkowanych rolniczo z reguły nie jest tak duża, żeby zagrażała zdrowiu człowieka, szczególnie jednak w regionach poprzemysłowych pobieranie kadmu obniża jakość plonów;
2. wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) – zanieczyszczenie gleb WWA występuje lokalnie i pochodzi ze źródeł antropogenicznych,

takich jak: procesy przemysłowe związane ze spalaniem ropy naftowej i węgla, ogrzewanie budynków, transport drogowy oraz spalanie odpadów miejskich i przemysłowych. Ponadto źródłem WWA dla gleb użytkowanych rolniczo mogą być osady ściekowe, ścieki i spływy z dróg asfaltowych, a także wycieki paliwa i smarów z maszyn rolniczych. WWA w mniejszym stopniu dostają się do roślin z gleby;

3. pozostałości pestycydów – pestycydy są substancjami syntetycznymi stosowanymi w ochronie roślin uprawnych. Ich substancje czynne należy traktować jako zanieczyszczenia gleb, gdyż mogą działać szkodliwie na człowieka i inne organizmy żywe. Obecnie produkowane pestycydy zawierają nieco szybciej rozkładające się substancje czynne niż w przeszłości stosowane, np. DDT.

W określonych sytuacjach jako zanieczyszczenia gleby można traktować związki azotu oraz fosforu pochodzące z nawozów mineralnych lub naturalnych, jeśli znajdują się w glebie w nadmiernych ilościach. Te zanieczyszczenia mają mniej trwały charakter, mogą jednak wpływać na jakość plonów (przenawożenie azotem) lub stanowić ryzyko dla jakości wód gruntowych i powierzchniowych (przenawożenie fosforem).

Specyficznym rodzajem zanieczyszczeń gleb są zanieczyszczenia biologiczne, np.: bakterie patogenne Salmonella i Shigella lub jaja pasożytów jelitowych, które mogą zostać przeniesione z gleby na plony.

Znaczenia nabierają również takie zanieczyszczenia jak antybiotyki i ich pozostałości lub hormony. Wiedza na temat skali i procesów zanieczyszczenia gleb tymi związkami nie jest jednak pełna.

10.2.2. Praktyki rolnicze powodujące zanieczyszczenia gleb w rolnictwie

Właściwa produkcja rolnicza zakłada ograniczanie wprowadzania trwałych zanieczyszczeń do gleby. Praktyki powodujące zanieczyszczenie gleby:

- długotrwałe stosowanie nawozów niskiej jakości (np. fosforanów zawierających nadmiar ołowiu i kadmu),
- używanie obornika zawierającego pozostałości leków weterynaryjnych i zbyt dużo metali (np. miedzi),
- nadmierne stosowanie pestycydów,
- niekontrolowane stosowanie obornika i osadów ściekowych (zbyt duże dawki lub niska jakość sanitarna), co może powodować wprowadzenie nadmiernych ilości PTPŚ lub patogenów do gleby),
- nawadnianie zanieczyszczoną wodą,
- niedostosowanie dawek nawozów mineralnych i naturalnych (obornik, gnojowica) do potrzeb roślin i charakterystyki gleby, co może skutkować zanieczyszczeniem gleb związkami azotu i fosforu.

W glebach zanieczyszczonych pierwiastkami śladowymi sytuację pogarszają zakwaszenie gleby i brak dbałości o poziom materii organicznej, które ograniczają w niej sorpcję pierwiastków. W glebach kwaśnych więcej pierwiastków jest transportowanych do roślin niż w glebach o odczynie obojętnym. Z kolei niewłaściwy dobór roślin uprawnych na glebach zanieczyszczonych kadmem powoduje nadmierny transfer tego pierwiastka do łańcucha żywieniowego. Warzywa i rośliny okopowe gromadzą więcej kadmu w jadalnych częściach roślin niż rośliny zbożowe, a w określonych sytuacjach rośliny jadalne nie powinny być uprawiane.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie są niewłaściwe praktyki sprzyjające erozji gleb?
2. Jakie są skutki ubytku materii organicznej w glebach?
3. Jakie rodzaje zanieczyszczeń mogą występować w glebach użytkowanych rolniczo?
4. Co sprzyja gromadzeniu zanieczyszczeń w glebie użytkowanej rolniczo?

Propozycja ćwiczenia

1. Opracuj w formie graficznej i opisowej łańcuch zależności (przyczyny – stan – skutki) dla zakwaszenia gleb (przyczyny naturalne i antropogeniczne zakwaszenia > zakwaszenie gleb > skutki dla gleb, środowiska i człowieka).
2. Opisz skutki braku i nadmiaru oraz niewłaściwego stosowania nawozów naturalnych.

11 Przykłady złych praktyk rolniczych sprzyjających zanieczyszczeniu wód

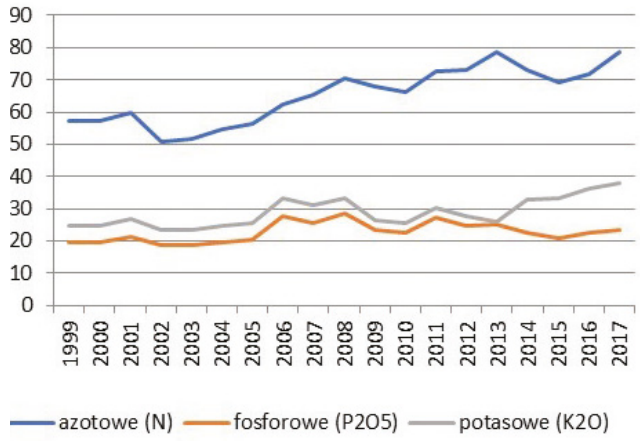
Katarzyna Izydorczyk
Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk

11.1 Intensyfikacja i specjalizacja rolnictwa jako potencjalne zagrożenie dla wód

Konieczność zwiększenia plonowania w produkcji roślinnej związana jest z intensyfikacją nawożenia mineralnego, co przy niewłaściwych praktykach może przyczyniać się do zwiększenia zanieczyszczenia wód.

W Polsce w ciągu ostatnich 10 lat odnotowuje się systematyczny **wzrost wykorzystania nawozów mineralnych**, zwłaszcza nawozów azotowych. Średnie krajowe zużycie nawozów mineralnych w przeliczeniu na czysty składnik i 1 ha użytków rolnych (UR) oscyluje na poziomie **130 kg NPK/ha UR**, choć w poszczególnych województwach waha się od 70 do 203 kg NPK/ha UR. W puli tej przeważa azot – 74 kg N/ha UR, na fosfor i potas przypada zaś odpowiednio 24 kg P/ha UR i 31 kg K/ha UR (rys. 11.1).

Zużycie nawozów mineralnych w przeliczeniu na czysty składnik i na 1 hektar użytków rolnych [kg / ha UR]



Rys. 11.1. Wieloletnie zmiany średniego krajowego wykorzystania nawozów mineralnych z uwzględnieniem poszczególnych pierwiastków: azotu, fosforu i potasu
Źródło: opracowanie własne na podstawie Rocznika statystycznego GUS z lat 2015-2018

Odpady z produkcji zwierzęcej (m.in. obornik, gnojówka, gnojowica) mogą również powodować zanieczyszczenie środowiska wodnego, jeśli są niewłaściwie przechowywane, lub nadmiernie bądź nieterminowo stosowane jako nawozy naturalne.

Zmiany związane z intensyfikacją i specjalizacją rolnictwa powodują **wzrost potencjalnego ryzyka zanieczyszczenia wód**. Przede wszystkim zmiany w systemie utrzymania zwierząt gospodarskich powodują **spadek produkcji obornika**, który używany zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej poprawia właściwości gleby m.in. poprzez zwiększenie zawartości materii organicznej. Natomiast bezściółkowe systemy utrzymania zwierząt sprzyjają **nadprodukcji gnojowicy** na obszarach koncentracji intensywnego chowu trzody chlewnej. Naruszenie zasady obsady zwierząt w stosunku do powierzchni pól przeznaczonych do nawożenia (SD/1 ha UR) prowadzi do przenawożenia i może przyczyniać się do zanieczyszczenia wód.

11.2 Straty substancji nawozowych jako zagrożenie dla wód podziemnych i powierzchniowych

Należy podkreślić, że rośliny uprawne wykorzystują jedynie część składników pokarmowych wprowadzanych do gleby w postaci nawożenia zarówno mineralnego, jak i naturalnego. **Średnie wykorzystanie azotu** z nawozów w produkcji roślinnej w kraju szacuje się na poziomie **56%**, z nadwyżką bilansową ok. 54 kg N/ha UR (Gaj 2013). Oznacza to, że biorąc pod uwagę bardzo dobrą rozpuszczalność azotu mineralnego, 44% użytych nawozów potencjalnie trafia do wód podziemnych i powierzchniowych. Wykorzystanie **fosforu** natomiast wynosi 25%, a średnia nadwyżka ok. 3 kg P/ha UR (Gaj 2013). Niski stopień wykorzystania wynika z szybkiego wiązania z cząsteczkami gleby fosforu dostarczonego wraz z nawozami, co prowadzi do wzbogacania gleby w fosfor.

Substancje nawozowe niewykorzystane przez rośliny, zwłaszcza mineralne formy azotu, stwarzają duże zagrożenie dla jakości wód. Konieczne jest zatem **wprowadzenie zasad racjonalnego zarządzania składnikami pokarmowymi** (m.in. zasad rolnictwa precyzyjnego). Należy dążyć do zwiększenia użycia nawozów, a jednocześnie troszczyć się o jakość środowiska oraz o zysk ekonomiczny w postaci niewysianych nawozów (np. uwzględniając mapę zasobności gleby podczas rozsiewania nawozu). Takie działania są sprzeczne z interesem ekonomicznym producentów nawozów, ale powinny dominować w produkcji rolniczej – zwłaszcza roślinnej.

Stratom substancji nawozowych sprzyja kilka czynników. Po pierwsze, wielkość strat zależy m.in. od **warunków agrometeorologicznych**. Istotne jest dostosowanie **warunków i terminów rozsiewania (apli-**

kowania) nawozów, tak aby ryzyko wymycia z gleby było jak najmniejsze. Do największych strat azotu i fosforu dochodzi zimą na glebie pozostawionej bez pokrycia roślinnego. Rośliny nie wykorzystują zaaplikowanego nawozu, a gdy użyto go na glebach pokrytych śniegiem lub zamarzniętych, przemieszcza się on w trakcie roztopów do wód powierzchniowych i gruntowych. Także stosowanie nawozów na gleby podtopione bądź zalane ze względu na bezpośredni kontakt z wodą przyczynia się do zanieczyszczenia wód.

Ze szczególną uwagą należy wykonywać **nawożenie w bezpośrednim sąsiedztwie wód powierzchniowych** (rowów, cieków, zbiorników wodnych), gdzie występuje ryzyko szybkiego przemieszczenia substancji nawozowych do wód. Transport substancji nawozowych może w tym przypadku obejmować m.in. bezpośredni zmyw zerodowanej warstwy gleby wzbogaconej fosforem do wód powierzchniowych. Ponadto warunki wysokiej wilgotności gleby na styku lądu i wody sprzyjają wymywaniu rozpuszczonych związków azotu i fosforu do wód gruntowych, które następnie zasilają wody powierzchniowe.

Czynnikiem decydującym o wielkości strat azotu i fosforu jest także **nadmierna i równomierna na całym polu dawka nawożenia** nieuwzględniająca badania zasobności gleby (mapa zasobności gleby) oraz wymagań uprawianej rośliny.

Stratom sprzyja ponadto **nieuregulowany odczyn gleby**, który ogranicza przyswajalność składników pokarmowych przez rośliny. Wapnowanie gleb na bazie regularnego badania odczynu gleby jest zatem najprostszym i najefektywniejszym narzędziem do ograniczenia transferu związków azotu i fosforu z obszarów rolniczych do ekosystemów wodnych.

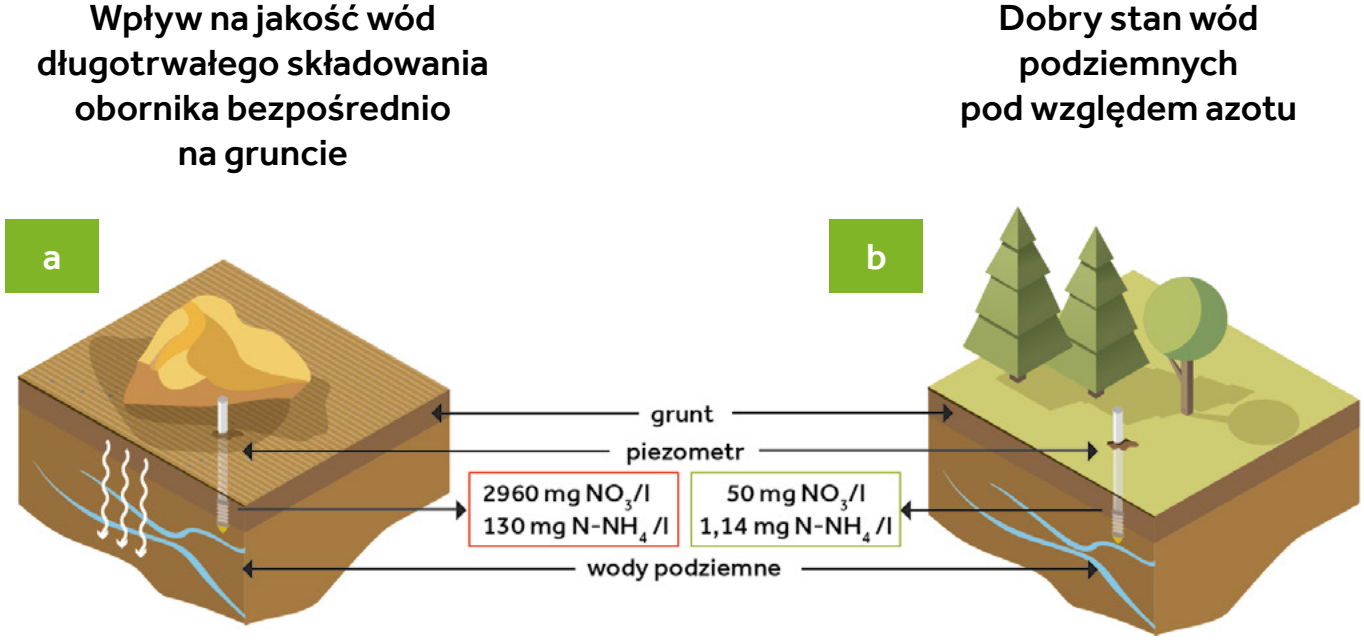
11.3 Niewłaściwe składowanie obornika jako zagrożenie dla wód podziemnych i powierzchniowych

Zagrożenie dla jakości wód związane jest także z niewłaściwym przechowywaniem nawozów naturalnych. Układanie **pryzmy obornikowej bezpośrednio na gruncie** przyczynia się do wzbogacenia gleby oraz wód podziemnych w związki azotu (rys. 11.2).

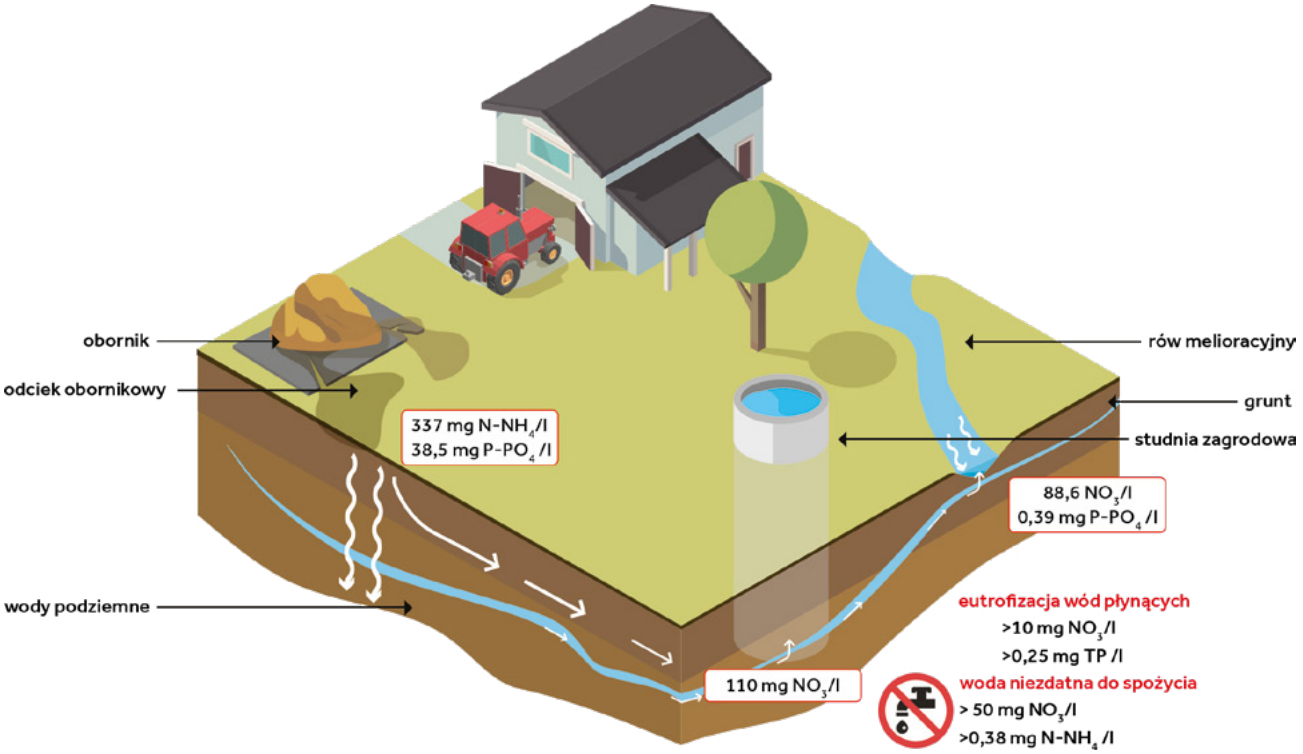
Wykazano, że przy krótkotrwałym (mniej niż 200 dni) przechowywaniu obornika z pryzmy wymywane jest do 4% azotu zawartego w nim na początku składowania. Z kolei wieloletnie składowanie na pryzmie powoduje skażenie gleby i wód. Potwierdzają to wyniki badań jakości wody gruntowej pobranej z piezometrów zlokalizowanych pod pryzmą lub w jej bezpośrednim sąsiedztwie, w których stężenie jonów azotanowych wynosiło maksymalnie ok. 3000 mg NO_3/l, co stukrotnie przekroczyło normę dla dobrego stanu wód podziemnych w zakresie azotanów (Pietrzak, Nawalny 2008).

Składowanie pryzmy obornikowej na **źle zabezpieczonej płycie obornikowej** również może stanowić zagrożenie dla wód podziemnych i powierzchniowych (rys. 11.3). Badania wykazały **wysokie stężenie jonów amonowych w odciekach obornikowych**, co powodowało zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych (Smoroń 2016).

Średnie stężenie azotu amonowego w odcieku z obornika krowiego wyniosło 337 mg N-NH_4/l. W konsekwencji przemieszczania się związków azotu do wód i przekształcenia jonów amonowych w jony azotanowe odnotowano podwyższone stężenia azotanów w wodzie ze studni zagrodowej.



Rys. 11.2. Zanieczyszczenie wód podziemnych jako efekt wieloletniego składowania pryzmy obornikowej bezpośrednio na gruncie (a) w zestawieniu z wartościami granicznymi dla dobrego stanu wód podziemnych (b)
Źródło: opracowanie własne na podstawie Pietrzak, Nawalny 2008



Rys. 11.3. Negatywny wpływ odcieków ze źle zabezpieczonej płyty obornikowej na jakość wód podziemnych i powierzchniowych
Źródło: opracowanie własne na podstawie Smoroń 2016

Wyniosło ono 112 mg NO_3/l, czyli dwukrotnie więcej niż norma dla wody pitnej (50 mg NO_3/l).

Odnotowano również negatywny wpływ odcieków na jakość wód w rowie melioracyjnym. Stężenie azotanów wzrosło dwukrotnie na wysokości odcieków (z 49 do 88 mg NO_3/l), przekraczając dziewięciokrotnie wartość graniczną wskazującą na eutrofizację wód (10 mg NO_3/l).

Należy przy tym podkreślić, że odcieki obornikowe są również źródłem fosforu.Średnie stężenie fosforanów w odcieku z obornika krowiego wyniosło 38,5 mg P-PO_4/l, a z obornika świńskiego – 83,3 mg P-PO_4/l. Odnotowano pogorszenie jakości wody w pobliskim rowie melioracyjnym ze względu na zawartość fosforu. Stężenie fosforanów wzrosło trzykrotnie (z 0,14 do 0,39 mg P-PO_4/l), przekraczając wartość graniczną wskazującą na eutrofizację wód (0,25 mg TP/l).

11.4 Gnojowica – cenny nawóz czy niebezpieczna substancja?

Gnojowica powstająca w bezściółkowym systemie utrzymania zwierząt jest wartościowym nawozem naturalnym, jednak stosowana w nadmiarze lub niewłaściwie może spowodować poważne zanieczyszczenia środowiska.

Właściwości chemiczne gnojowicy różnią się w zależności od gatunku zwierząt, ich wieku i spo-

Tabela 11.1. Zawartość azotu i fosforu w gnojowicy

Parametr	Azot ogółem	Azot amonowy	Fosfor ogółem	Fosfor fosforanowy
jednostka miary	[mg N/l]	[mg N-NH_4/l]	[mg P/l]	[mg P-PO_4/l]
gnojowica świńska	min–max **1200–5800** średnia **3500**	-	min–max **460-2000** średnia **680**	-
gnojowica bydlęca	min–max **3100–6000** średnia **3800**	-	min–max **570-1600** średnia **750**	-
gnojowica świńska	-	**5700**	-	**724**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Smurzyńska i in. 2016, Marszałek i in. 2014

sobu odżywiania czy ilości zużytej wody (tabela 11.1). Średnie stężenie związków azotu wynoszą: 3500 mg N/l w gnojowicy świńskiej i 3800 mg N/l w gnojowicy bydlęcej (Smurzyńska i in. 2016). Należy podkreślić, że gnojowica jest również ważnym źródłem fosforu. Stężenie fosforanów w niej może osiągać nawet poziom 750 mg $P\text{-}PO_4$/l (Marszałek i in. 2014).

Przyjmuje się, że gnojowica zastosowana **w dawce 10 m³/ha** i zawierająca **8–10% suchej masy** wnosi do gleby:

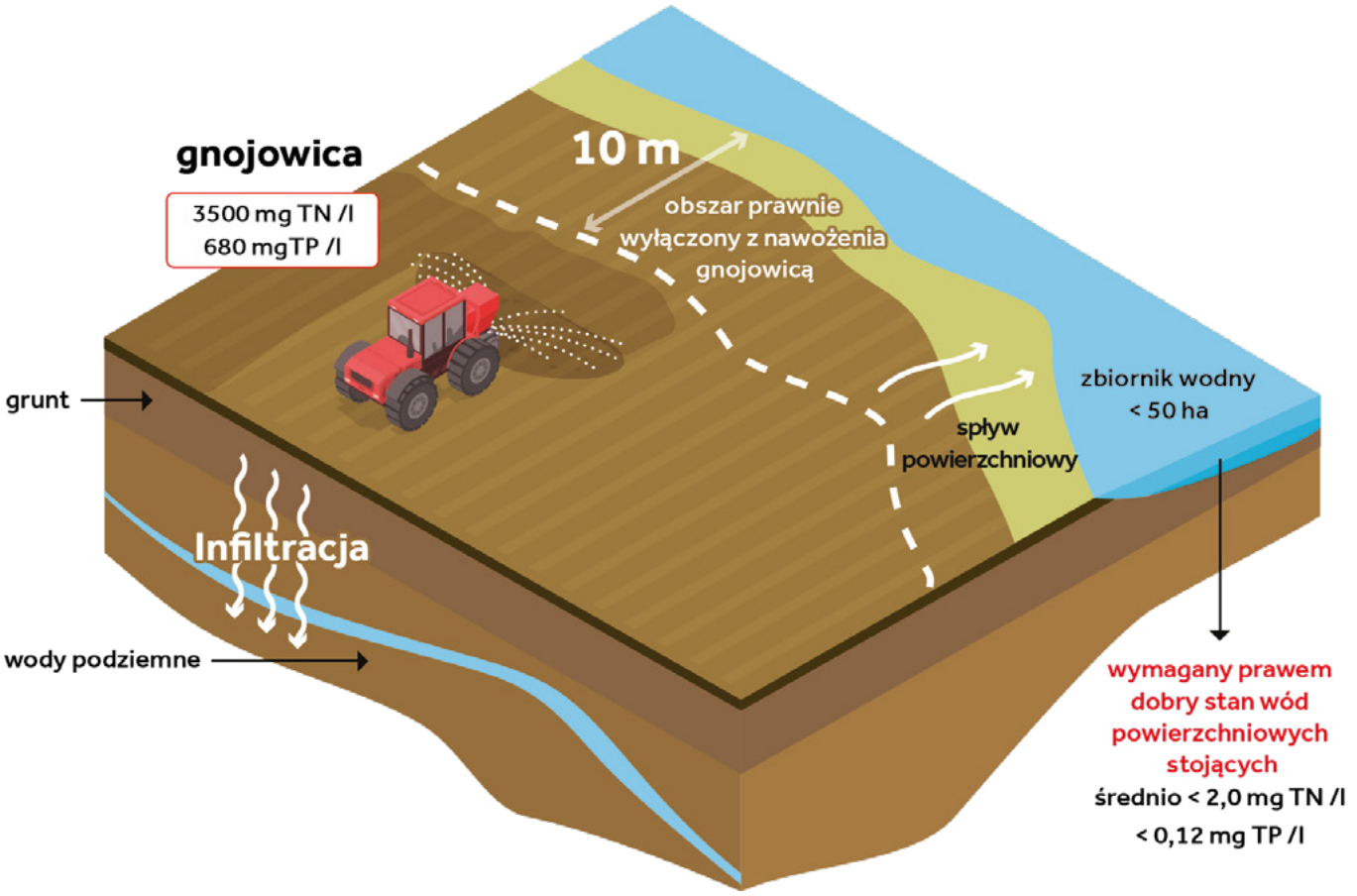
- **64 kg azotu**,
- **40 kg fosforu**,
- **30 kg potasu** (Zbytek, Talarczyk 2008).

Większość substancji nawozowych jest w formie mineralnej, **łatwo przyswajalnej** dla roślin, dlatego działanie nawozowe gnojowicy jest podobne do nawozów mineralnych. Co więcej, jeśli stosuje się gnojowicę zawierającą więcej niż 20 g P/kg suchej masy, należy traktować ją jako **nawóz fosforanowy** (Sapek 2014).

Istnieją określone zagrożenia związane z niewłaściwym stosowaniem gnojowicy. Ze względu na występowanie w niej form mineralnych azotu i fosforu konieczne jest zachowanie szczególnej ostrożności w jej aplikacji zgodne z BAT – najlepszymi dostępnymi technikami (rys. 11.4).

Zgodnie z dyrektywą azotanową **nie należy przekraczać rocznej dawki 170 kg azotu (czystego składnika) pochodzącego z nawozów naturalnych na 1 ha UR**, co odpowiada ok. 45 m³/ha gnojowicy. Przy zachowaniu dopuszczalnej dawki azotu wnoszone jest do środowiska także **106 kg** fosforu. Nawozowe używanie gnojowicy może zatem prowadzić do przesycenia gleby fosforanami. Tymczasem przekroczenie stopnia nasycenia gleby fosforem ułatwia jego bezpośrednie wymywanie z gleby. Natomiast przemieszczanie cząsteczek gleby wzbogaconych w fosfor w wyniku spływów powierzchniowych powoduje ich osadzanie na dnie cieków i zbiorników wodnych, co przyczynia się do ich użyźnienia, czyli eutrofizacji (Sapek 2009).

Nadmierne stosowanie gnojowicy oznacza także zagrożenie w postaci wymywania związków azotu do wód i zakwaszania gleb amoniakiem. Ponadto może powodować zagrożenie dla jakości powietrza poprzez emisję odorów, zwłaszcza amoniaku i gazów cieplarnianych.



Rys. 11.4. Potencjalne zagrożenie dla wód związane ze stosowaniem gnojowicy
Źródło: opracowanie własne

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie praktyki rolnicze sprzyjają stratom substancji biogenicznych w trakcie nawożenia?
2. Jakie zagrożenia dla wód podziemnych i powierzchniowych wynikają ze źle składowanego obornika?
3. Jakie zagrożenia dla wód związane są z nadmiernym stosowaniem gnojowicy?

Propozycja ćwiczenia

Na podstawie załącznika 6 do Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. z 2018 r. poz. 1339) oblicz minimalny wymagany areał gospodarstwa rolnego prowadzącego hodowlę świń utrzymywanych bezściółkowo o wadze ponad 30 kg i obsadzie tysiąca stanowisk, z uwzględnieniem 2% upadków, aby zachować zasadę nieprzekraczania rocznej dawki 170 kg azotu (czystego składnika) pochodzącego z nawozów naturalnych na 1 ha użytków rolnych. Przyjmuje się, że powstały w gospodarstwie nawóz nie zostanie zbyty innym podmiotom.

Notatki

12 Wpływ zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego na bioróżnorodność środowiska wodnego

Aleksandra Góralczyk
Międzyobszarowe Indywidualne Studia Matematyczno-Przyrodnicze Uniwersytetu Łódzkiego

Aleksander Góralczyk
Polski Związek Wędkarski Okręg w Piotrkowie Trybunalskim

12.1 Utrata bioróżnorodności siedlisk jako efekt wzrostu żyzności wód

Woda w formie opadu atmosferycznego (deszcz, śnieg, grad, mgły), przenikając przez warstwy gruntu lub spływając powierzchniowo, zabiera i transportuje w formie rozpuszczonej lub w formie zawiesiny wiele substancji. Spływ wód opadowych oraz emisje w formie wywierzysk wód podziemnych stanowią główne źródło zasilania strumieni, rzek, jezior i innych wód powierzchniowych. **Wnoszone wraz z wodą substancje biogenne, w głównej mierze związki azotu, fosforu, potasu, wapnia, decydują o pierwotnej produkcji i żyzności akwenu**. To one wraz z innymi czynnikami chemicznymi (np. kwasowością, natlenieniem), czynnikami fizycznymi (m.in. termiką, naświetleniem, prędkością przepływu) ograniczają występowanie w wodach określonych zespołów organizmów żywych, zarówno roślin, jak i zwierząt. Wypłukiwanie z gleby i głębszych warstw podłoża rozpuszczonych lub mechanicznie wleczonych substancji jest zjawiskiem kształtującym życie biologiczne wód.



Fot. 12.1. Eutrofizacja wód spowodowana nadmiarem związków biogennych (fot. W. Szymański)

Naturalnie ukształtowana równowaga w ekosystemach wodnych ulega zachwianiu w wyniku działalności człowieka. Rosnące zużycie nawozów w uprawach rolnych, jak również niewłaściwe praktyki rolnicze powodują, że znacząco wzrasta ilość dostających się do wód powierzchniowych związków biogennych, zanieczyszczeń chemicznych i zawiesiny mineralno-organicznej transportowanych z krajobrazu rolniczego do wód. Negatywny wpływ zanieczyszczeń potęguje zwężanie lub eliminowanie stref buforowych cieków i akwenów w wyniku prac budowlanych, agrotechnicznych, melioracyjnych itp. **Bezpośrednim efektem wzrostu stężenia azotu i fosforu** w wodzie jest **zwiększenie produkcji pierwotnej**. Następuje niekontrolowany wzrost liczby **producentów**, czyli organizmów, które same sobie wytwarzają pokarm w wyniku syntezy złożonych związków organicznych z prostych związków nieorganicznych przy udziale energii świetlnej bądź chemicznej.

Wzrost w szczególności roślin planktonowych, tj.: bakterii, sinic, glonów, ale również roślinności naczyniowej w strefie wodnej narusza równowagę w środowisku oraz **powoduje zmiany warunków bytowych** dla innych organizmów żywych. Bezpośrednim tego przejawem jest **zmiana warunków tlenowych w wodzie**, będących głównym czynnikiem selekcji fauny wodnej. Zarówno ciemna faza fotosyntezy, jak i procesy rozkładu martwych fragmentów roślin pochłaniają rozpuszczony w wodzie tlen. Często gdy procesy te w zbiornikach, a nawet w rzekach, przebiegają zbyt intensywnie, prowadzą do tworzenia stref beztlenowych lub stref o obniżonej zawartości tlenu.

Efektem towarzyszącym zwiększonej produkcji pierwotnej jest zwykle **zmniejszenie przezroczystości wody, co wywołuje pogorszenie się warunków świetlnych**, a także **zmianę innych parametrów fizykochemicznych**, takich jak odczyn wody (pH) czy jej twardość. Obumarła biomasa producentów pierwotnych generuje z kolei **zwiększenie ilości osadów** w strefie dennej (zbiorniki) lub brzegowej (cieki). W konsekwencji zmiana warunków bytowych prowadzi do **ograniczenia liczebności lub przemieszczenia się** poza dany obszar znacznej liczby **organizmów**, a w skrajnych przypadkach – do **ich obumierania**.

Pierwotnie zróżnicowane pod względem warunków bytowych środowisko wodne różnych typów cieków czy akwenów ulega upodobnieniu, co prowadzi do **utraty bioróżnorodności siedlisk i biotopów**. Jest to najczęściej dostrzegany negatywny skutek zanieczyszczeń obszarowych. Wraz z utratą siedlisk spada zróżnicowanie zespołów roślinnych i zwierzęcych na dotkniętym tym zjawiskiem obszarze z **eliminacją wielu gatunków lub zastępowaniem ich przez inne, zwykle pospolite, o bardzo niskich wymaganiach środowiskowych**.

12.2 Utrata bioróżnorodności gatunkowej jako efekt sieciowego układu oddziaływania

Sieciowy układ oddziaływania różnorodnych czynników oraz i ich wzajemny stopień powiązania nie pozwalają na jednoznaczne, proste przypisanie zmian gatunkowych w ekosystemie (w tym negatywnych zmian w bioróżnorodności) do jednego zmieniającego się czynnika zewnętrznego.

W warunkach podwyższonej żyzności wód (trofii) naturalnie ukształtowane **zróżnicowanie** gatunkowe **producentów** (organizmów samożywnych) zastępowane bywa **gwałtownym wzrostem liczebności** w ramach **niewielkiej liczby gatunków**. Typowym przykładem takiego procesu w środowisku wodnym jest cykliczne pojawianie się ogromnych ilości sinic (*Microcistis sp.*, *Aphanizomenon sp.*) lub glonów w jeziorach, stawach, zbiornikach zaporowych oraz w morzach.



Fot. 12.2. Glony nitkowate kolonizujące koryta rzek wraz z postępującą eutrofizacją (fot. archiwum autora)

Podobnych „inwazji" na rzeki dokonują glony nitkowate (skrętnica i in., fot. 12.2) i towarzyszące im na powierzchni plech kolonie bakterii. Pokrywają one często wszystkie twarde elementy brzegów i dna w korycie cieków. Zdolność do szybkiego masowego rozmnażania się posiadają też niektóre rośliny naczyniowe umiejące pływać, jak: rzęsa drobna, spirodela wielokorzeniowa, salwinia pływająca. Wpływają one często na niemal całkowite zacienienie głębszych warstw zbiorników, ograniczają też wymianę gazową (natlenianie wody) i redukują znacząco liczbę gatunków roślin w strefie dennej i gatunków zwierząt bytujących w zbiorniku (fot. 12.3).



Fot. 12.3. Inwazyjny rozwój rzęsy w silnie zeutrofizowanym starorzeczu (fot. archiwum autora)

Spadek zróżnicowania dostępnego pokarmu bezpośrednio **eliminuje** ze środowiska pierwotnie bytujących tam **konsumentów**. Zastępujące okrzemki i inne składniki peryfitonu (pokarmu wielu drobnych zwierząt wodnych) sinice lub nitkowate zielenice oraz towarzyszące temu zastąpieniu zmiany parametrów środowiska prowadzą do ujednolicania i ubożenia gatunkowego fauny bezkręgowej.



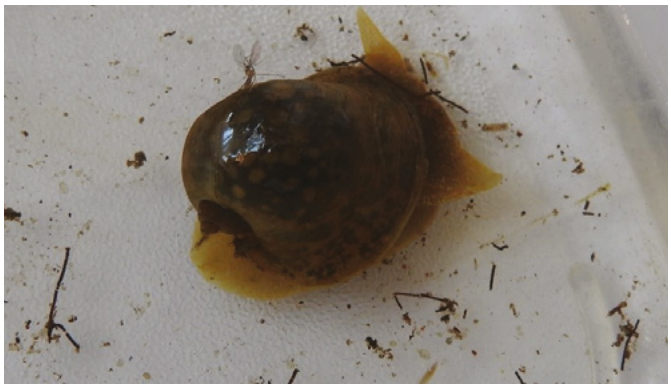
Fot. 12.4. Kiełż zdrojowy – gatunek czystych natlenionych cieków (fot. archiwum autora)

W czystych wodach górnej partii potoków i mniejszych rzek wśród bezkręgowych organizmów dennych dominują liczne gatunki kiełży (fot. 12.4), jętek, widelnic, sieciarek i bezdomkowych chruścików. Wzrost zamulenia i wahania zawartości tlenu powodują spadek ich różnorodności i liczebności, a nawet całkowity zanik.



Fot. 12.5. Szczeżuja pospolita – pospolity gatunek wód stojących; tutaj uśmiercona deficytem tlenu w obszarze dna zbiornika na skutek spływu zanieczyszczeń obszarowych (fot. archiwum autora)

Z kolei powiększające się strefy miękkich namułów o rosnącej miąższości sprzyjają występowaniu i wzrostowi liczebności takich grup bezkręgowców jak ochotkowate czy rureczniki – dominujących w składzie bentosu wód silnie zeutrofizowanych. Również liczne pierwotnie gatunki małż – skójki, gałeczki, groszówki – zastępowane są przez limnofilne szczeżuje znoszące gorsze warunki tlenowe (fot. 12.5) i bardziej aktywne ślimaki zdolne do szybszego przemieszczania się (zatoczki, błotniarki – fot. 12.6).



Fot. 12.6. Błotniarka uszata – bardzo odporny na zanieczyszczenia gatunek wód stojących (fot. archiwum autora)

Najbardziej widoczne stają się **zmiany w obszarze ichtiofauny**. W potokach górskich zanikają typowe gatunki, takie jak pstrąg potokowy (fot. 12.7), strzebla, głowacze, a w nizinnych: śliz (fot. 12.8), kiełbie, piekielnica, miętus, okoń. Wzrasta też udział ryb karpiowatych w zespołach ichtiofauny większości wód naszego obszaru w stosunku do innych rodzajów (szczególnie w stosunku do ryb drapieżnych). W skrajnych przypadkach powstają z kolei obszary występowania jednego gatunku, np. ciernika (fot. 12.9) lub cierniczka o niewielkich wymaganiach bytowych. W wodach stojących lub wolno płynących mogą przejąć dominację inwazyjne gatunki obce, jak: karaś srebrzysty, czebaczek amurski, trawianka (fot. 12.10).

Spływ zanieczyszczeń do wód negatywnie wpływa na bioróżnorodność zwierząt żyjących na styku lądu i wody lub czasowo te wody zasiedlających. Niestabilne warunki tlenowe zbiorników narażonych na silne spływy zanieczyszczeń obszarowych czynią mniejsze zbiorniki **nieprzydatnymi do rozrodu płazów**, przez co ich różnorodność gatunkowa i liczebność znacząco w tym obszarze spada. Wzrastają natomiast, pozbawione licznych naturalnych wrogów, populacje komarów i innych kłopotliwych owadów.



Fot. 12.7. Pstrąg potokowy (w kropki) – wskaźnikowy gatunek czystych strumieni (fot. archiwum autora)



Fot. 12.8. Śliz – ustępujący ze strumieni w wyniku zanieczyszczeń (fot. archiwum autora)



Fot. 12.9. Ciernik kolonizujący silnie zeutrofizowane cieki wodne (fot. archiwum autora)



Fot. 12.10. Karaś srebrzysty (1) i czebaczek amurski (2) – obce gatunki inwazyjne w wodach silnie zeutrofizowanych i zanieczyszczonych (fot. archiwum autora)

12.3 Konsekwencje eutrofizacji wód stojących

Zmiany wywołane podwyższaniem trofii wód jeziora wywołanym dopływem zanieczyszczeń (w tym zanieczyszczeń obszarowych) mają drastyczny przebieg. Różnorodną gatunkowo, ale ograniczoną liczebnie florę planktonową oligotroficznych jezior z dominacją okrzemek zastępują jedno-, dwugatunkowe **zakwity sinic**. Z kolei zawiesina fitoplanktonowa unosząca się na powierzchni lustra wody **zmniejsza jej przezroczystość**, co ogranicza życie roślinne na większych

głębokościach, powodując zanik roślin zanurzonych, np.: kobierców lobelii, poryblinu, włosieniczników, zdrojka, a nawet moczarki kanadyjskiej i wywłóczników. Zakwity powodują skrajnie wysokie, **strefowe przetlenienie wody** w ciągu dnia będące efektem fotosyntezy, ale także silne **spadki natlenienia wody** w porze nocnej wywołane respiracją, co jest szczególnie istotne dla funkcjonowania fauny wodnej. Ponadto procesy rozkładu martwych komórek fitoplanktonu pochłaniają rozpuszczony w wodzie tlen. Procesy te często, gdy przebiegają zbyt intensywnie, doprowadzają do tworzenia **stref beztlenowych** lub stref o obniżonej zawartości tlenu.

Oprócz tego, w fazie obumierania sinic może dochodzić do zatruwania środowiska wodnego wytwarzanymi przez nie biologicznie aktywnymi substancjami – **toksynami sinicowymi**. Większość obumierającej biomasy fitoplanktonu osiada (sedymentuje) z kolei na dnie zbiornika, tworząc **osady denne** bogate w substancje biogenne. Mogą one zasilać akwen nawet przez długi okres po ograniczeniu czasowego spływu zanieczyszczeń do zbiornika ze zlewni.



Fot. 12.11. Sielawa – ginący gatunek oligotroficznych głębokich jezior (fot. archiwum autora)

Z jezior **znikają** zwykle już bezpowrotnie rodzime zespoły **ryb planktonożernych**: sielawa (fot. 12.11), sieja, stynka, tracą w nich bowiem strefy rozrodu („podwodne łąki" w dotlenionej strefie dna). Zastępowane są przez powszechnie bytujące w różnych typach jezior **ryby karpiowate** (fot. 12.12), które odbywają tarło w roślinnych strefach brzegowych.



Fot. 12.12. Płoć – pospolity gatunek karpiowaty zwiększający liczebność przy eutrofizacji wód (fot. archiwum autora)

Jezioro zmienia więc swój charakter z oligotroficznego w eutroficzny, a w dalszym ciągu w dystroficzny. Postępujące procesy sukcesji prowadzą ostatecznie do **lądowacenia** z całkowitą eliminacją środowiska wodnego i związanych z nim organizmów.

12.4 Środki ochrony roślin i ich szkodliwość dla organizmów wodnych

Odrębnym zagadnieniem związanym z zanieczyszczeniami obszarowymi wód powierzchniowych jest toksykacja (zatrucie) środowiska wodnego substancjami z grupy środków ochrony roślin i procesami ich rozpadu. Różnorodność substancji z tej grupy, o nierozpoznanym często wpływie na poszczególne zespoły i gatunki w środowisku naturalnym, sprawia, że przy powszechności ich używania mogą działać destrukcyjnie.

Większość preparatów spośród środków ochrony roślin jest **wodorozpuszczalna lub wodorozcieńczalna**. Dlatego właśnie środowisko wodne rzek, jezior, zbiorników zaporowych, a w konsekwencji mórz i oceanów staje się ostatecznym miejscem ich spływu i akumulacji.

Substancje stosowane do ochrony roślin bardzo często **nie mają naturalnych odpowiedników** w przyrodzie. Wrażliwym na ich obecność w środowisku gatunkom roślin i zwierząt brakowało ewolucyjnie czasu na wytworzenie mechanizmów obronnych.

W innych przypadkach podobieństwo chemiczne substancji czynnej tych preparatów lub produktów ich rozpadu do niektórych enzymów lub hormonów **destabilizuje funkcje życiowe** wybranych gatunków organizmów ze środowiska wodnego, prowadząc do ich eliminacji z ekosystemu w wyniku blokady przyswajania substancji pokarmowych, zaburzeń procesu rozmnażania lub wzrostu itp.

Duża toksyczność wielu preparatów sprawia, że mogą wywoływać drastyczne skutki, nawet przy niedługiej obecności w środowisku, utrudniającej ich wykrycie. Działając krótkotrwale, eliminują z ekosystemu definitywnie lub na bardzo długi czas wiele gatunków roślin i zwierząt. Toksyczność pestycydów (insektycydu endryna) na poziomie śmiertelnym dla ryb i innych organizmów wodnych (zooplanktonu i bentosu) stwierdzono już przy stężeniu dziesiątych części ppm (czyli stężeniu niższym niż 1 : 1 000 000), a przy długiej ekspozycji nawet dziesięciotysięcznych części ppm.

Innym przykładem substancji używanych w produkcji rolnej i powodujących zanieczyszczenie wód są preparaty z grupy fosfonianów – w tym popularny **glifosat**. Od czasu wprowadzenia go na rynek w roku 1974 jego zużycie wzrosło drastycznie (nie tylko w rolnictwie), głównie za sprawą upowszechnienia

upraw roślin modyfikowanych genetycznie. Preparat dopuszczony jest nie tylko do zwalczania chwastów, ale również w innych celach, m.in. do desykacji zbóż i rzepaku (wysuszenie na 1–3 tygodni przed zbiorem nierówno dojrzewających roślin uprawnych). Kontrowersje wokół biodegradacyjności i niskiej szkodliwości tego środka chwastobójczego narastają z każdym rokiem. **W roku 2017 roku Europejska Agencja Chemikaliów (ECHA) podtrzymała stanowisko o wysokiej szkodliwości glifosatu dla organizmów wodnych** (tabela 12.1).

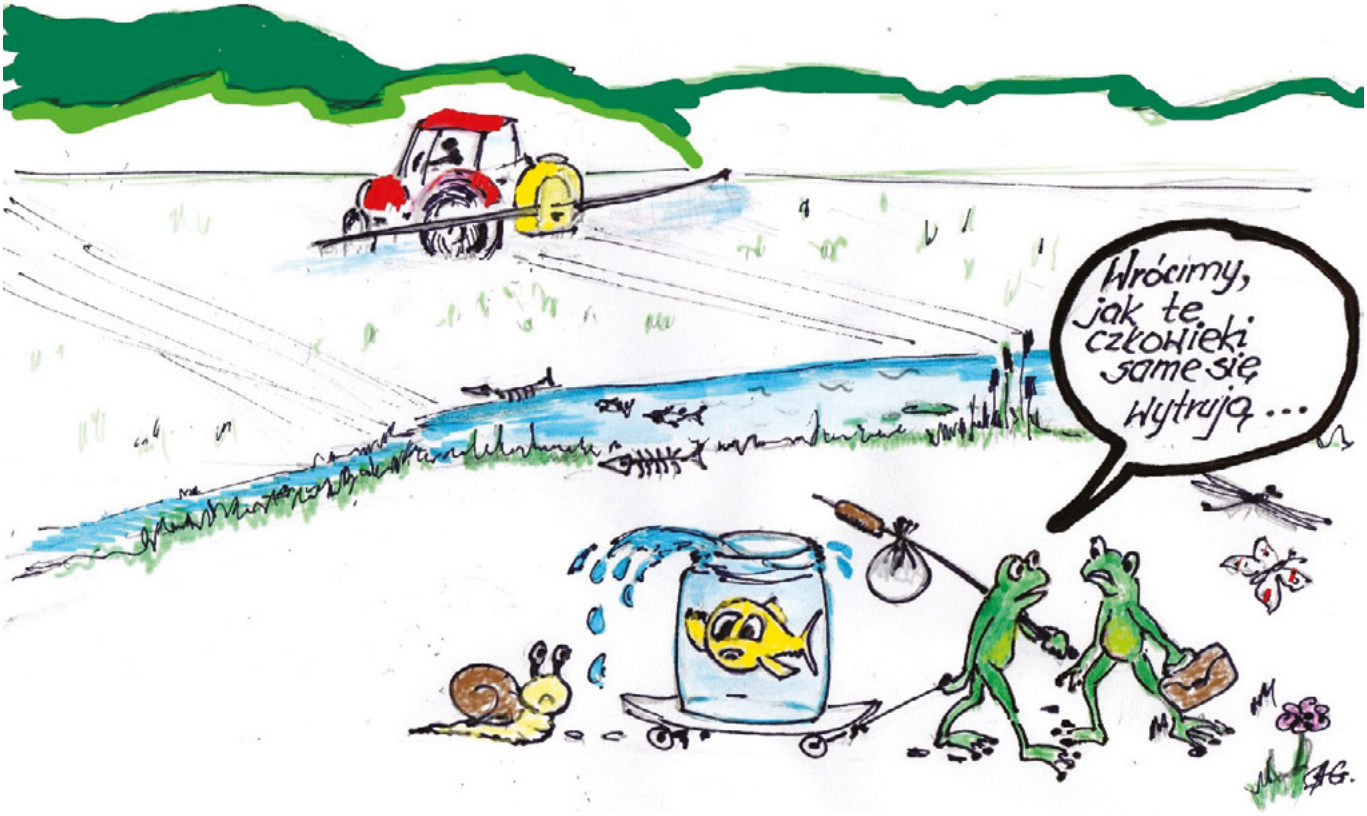
Produktem rozpadu stosunkowo nietrwałego w środowisku glifosatu (DT50 – 12 dni) jest m.in. szkodliwy środowiskowo kwas aminometylofosfonowy (AMPA) o bardzo długim czasie rozpadu i biodegradacji. Niewykluczone, że dalsze badania nad tym preparatem spowodują, iż podzieli los preparatów chloroorganicznych, takich jak DDT – przez lata powszechnie stosowany (jego wynalazcę uhonorowano w 1948 roku Nagrodą Nobla), jak się okazało, z ogromną szkodą dla środowiska i zdrowia ludzi.

Wiele środków z tej grupy herbicydów zachowuje wyjątkowo długą trwałość w środowisku i zdolność kumulowania się w tkankach zwierząt. Dokładne badania nad szkodliwością masowo stosowanych środków ochrony roślin nie zawsze są prowadzone lub ich wyniki nie trafiają do szerokiego odbioru. Niski poziom stężeń tych niebezpiecznych substancji w środowisku oraz trudny do prześledzenia szlak ich obiegu i produktów ich rozpadu w środowisku naturalnym, szczególnie w środowisku wodnym, utrudnia kierunkowe badania i monitorowanie stanu wód pod tym kątem. Tymczasem świadomość zagrożenia, jakie niosą dla środowiska i społeczeństwa chemiczne środki ochrony roślin, powinna być przyczynkiem do ograniczania ich zużycia i dalece posuniętej ostrożności w stosowaniu.

Tabela 12.1. Toksyczność herbicydów na bazie glifosatu dla wybranych rodzajów i gatunków zwierząt wodnych

Gatunek	Badana substancja	Oceniany parametr	Efekt koncentracji mg/l	Źródło danych
Gammarus sp. (kiełże) *Daphnia pulex* (rozwielitka pchłowata)	Roundup®	śmiertelność zanik funkcji ruchowych	48 LC_{50} = 62,0 96h EC_{50} = 8,5	Folmar i in. 1979 Servizi i in. 1987
Ceriodaphnia dubia (wioślarka litoralowa)	Roundup bioactive® Roundup® Rodeo®	śmiertelność	48h LC_{50} = 5,7	Tsui i Chu 2004
Oncorhynchus mykiss (pstrąg tęczowy)	Gli. (kwas) Roundup®	śmiertelność	96h LC_{50} = od 2 do 140	Folmar i in. 1979
Cyprinus carpio (karp)	Gli. (kwas)	śmiertelność	96h LC_{50} = 620,0	Neškovic i in. 1996
Hylla sp. (rzekotki) *Rana sp.* (żaby) *Bufo sp.* (ropuchy)	Roundup®	śmiertelność	3,8 mg/l wywołało 100% śmiertelności 3,8 mg/l wywołało 100% śmiertelności 3,8 mg/l wywołało 98% śmiertelności	Relyea 2005

Źródło: opracowanie własne na podstawie Perez 2011



Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Podaj przykład producentów w środowisku wodnym. Jak wzrost stężenia azotu i fosforu wpływa na producentów i jak wpływa to na zmianę warunków bytowania?
2. Jakie negatywne skutki w składzie gatunków organizmów zasiedlających wody płynące powodują zanieczyszczenia biogeniczne?
3. Jakie zmiany wywołuje wzrost trofii (eutrofizacja) wód stojących?
4. Jakie właściwości substancji z grupy środków ochrony roślin sprawiają, że stanowią one zagrożenie dla środowiska wodnego?

Propozycja ćwiczenia

Wykonaj analizę makrobezkręgowców żyjących w osadach dennych cieku lub zbiornika wodnego położonego w pobliżu szkoły. Użyj czerpacza dna Günthera, a w razie braku czerpacza można pobrać osad metalowym sitem. Pobraną próbkę osadu należy przepłukać na siatce lub na sicie o oczkach 0,5 × 0,5 mm, żeby usunąć najdrobniejsze frakcje osadu dennego. Materiał pozostały w siatce lub na sicie po przepłukaniu ostrożnie przenieś do przygotowanego wcześniej pojemnika. Pęsetą i w rękawiczkach jednorazowych wybierz z osadu organizmy i oznacz je za pomocą kluczy.

Dodatkowe informacje znajdziesz w:

- Bis i in., 2013, Przewodnik do oceny satnu ekologicznego rzek na podstwie makrobezkręgowców bentosowych (GIOŚ), online: http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_wod/PRZEWODNIK_DO_OCENY_STANU_EKOLOGICZNEGO_RZEK_MAKROBENTOS_2013.pdf
- Stańczykowska, 1979, *Zwierzęta bezkręgowe naszych wód*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.

13 Gospodarcze konsekwencje rolniczego zanieczyszczenia wód związkami biogenicznymi

Katarzyna Izydorczyk
Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk

13.1 Skażenie azotanami jako przyczyna podnoszenia kosztów uzdatniania wód do celów spożywczych

Obecność azotanów w wodzie przeznaczonej do spożycia stanowi istotne zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka oraz zwierząt gospodarskich. Spożywanie większych ilości azotanów może być przyczyną methemoglobinemii, choroby objawiającej się utratą zdolności hemoglobiny do transportu tlenu, groźnej szczególnie dla dzieci i niemowląt. W organizmie azotany mogą być przekształcane w azotyny, których spożywanie znacznie zwiększa ryzyko wystąpienia nowotworu układu pokarmowego.

Dopuszczalna norma w wodzie pitnej to **50 mg azotanów (NO_3) na litr**. Tymczasem badania prowadzone przez Instytut Techniczno-Przyrodniczy w latach 2011–2015 wskazują na silne zanieczyszczenie azotanami studni zagrodowych położonych na terenie 50 gospodarstw w Polsce. Średnie stężenie azotanów w próbkach wody pobranych ze studni wyniosło 73 mg NO_3/l (Pietrzak 2013).

Zanieczyszczenie wód w płytkich studniach zagrodowych nie stanowi bezpośredniego problemu dla zdrowia człowieka, ponieważ 84,7% ludności zamieszkującej gminy wiejskie (GUS 2015) korzysta z sieci wodociągowej. Należy jednak brać pod uwagę, że na obszarach wiejskich sieć wodociągowa jest zasilana z lokalnych studni gminnych. W obszarach o wysokim stopniu zanieczyszczenia azotanami wód gruntowych może dochodzić do zanieczyszczenia niżej położonych pokładów wodonośnych. Wiąże się to z podwyższeniem kosztów uzdatniania wody – trzeba przeprowadzić dodatkowe procesy w celu zapewnienia wymaganej jakości wody pitnej.

13.2 Ograniczenie wykorzystania wód powierzchniowych w wyniku występowania zakwitów wody

Straty fosforu w wyniku erozji cząsteczek gleby i wymywania przyczyniają się do eutrofizacji wód śródlądowych. **Eutrofizacja**, czyli użyźnienie, polega na stopniowym zwiększaniu ilości substancji biogenicznych w wodach płynących i zbiornikach wodnych.

Bezpośrednią konsekwencją wzrostu stężenia fosforu w zbiornikach wodnych jest wystąpienie **zakwitów wody** wywołane masowym rozwojem fitoplanktonu, które prowadzi do zmiany koloru wody (fot. 13.1, patrz też rozdział 12.3).



Fot. 13.1. Zakwit sinic stanowi zagrożenie dla kąpiących się ludzi (fot. K. Izydorczyk)

Szczególnie niebezpieczne jest występowanie zakwitów sinicowych, które mogą produkować **toksyny sinicowe**. Mikrocystyny – toksyny produkowane przez sinice z rodzaju *Microcystis* i innych rodzajów (np. *Planktothrix*, *Anabaena*) należą do najczęściej występujących toksyn sinicowych w wodach słodkich. Ich obecność może wywoływać u osób kąpiących się skórne odczyny alergiczne oraz zatrucia pokarmowe. Toksyny sinicowe są substancjami potencjalnie rakotwórczymi, co powoduje, że woda pobrana z wód powierzchniowych do celów spożywczych musi być odpowiednio uzdatniana.

Występowanie zakwitów sinicowych będące przyczyną zamykania kąpielisk uniemożliwia użytkowanie rekreacyjne wód, co może się przekładać na ograniczenie rozwoju turystycznego w danym obszarze. Ponadto jeśli korzysta się z wód powierzchniowych jako źródła wody pitnej, zakwit prowadzi do pogorszenia jakości pobieranej wody i wzrostu kosztów jej uzdatniania.

13.3 Rolnicze zanieczyszczenia biogeniczne przyczyną eutrofizacji Bałtyku

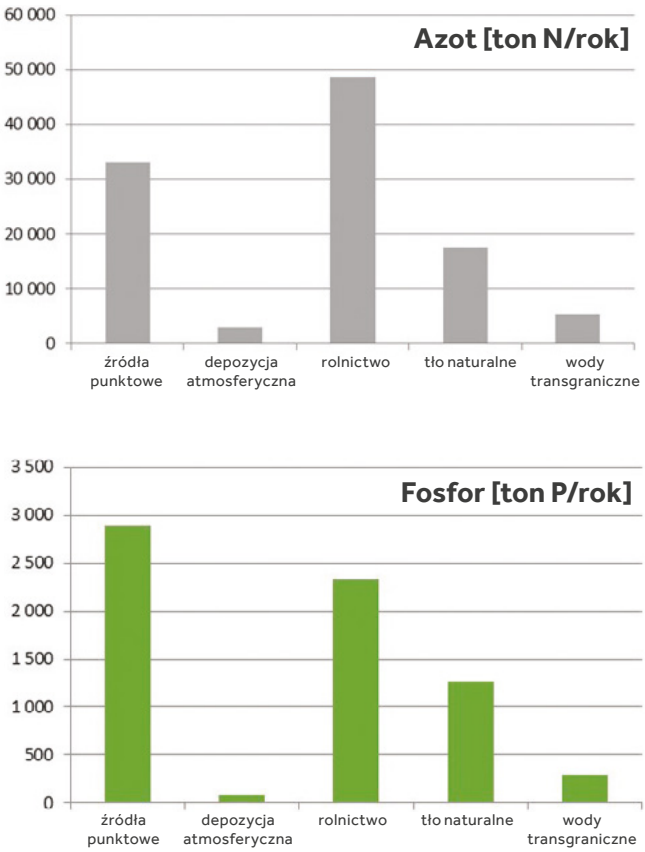
Straty substancji nawozowych powodują zanieczyszczenie wód podziemnych i powierzchniowych. Zanieczyszczenia wód mają konsekwencje zarówno lokalne, jak i w skali całej zlewni. Ponadto zanieczyszczenie związkami biogenicznymi wód śródlądowych przyczynia się do **eutrofizacji wód morskich**.

Podobnie jak w śródlądowych zbiornikach wodnych, konsekwencją przeżyźnienia wód morskich jest występowanie zakwitów sinic, które skutkują zamykaniem kąpielisk.

Dane zaprezentowane w raporcie międzynarodowej organizacji HELCOM – Komisji Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku (2018) wskazują, że rolnictwo jest drugim poza punktowymi zrzutami zanieczyszczeń głównym źródłem emisji zanieczyszczeń biogenicznych z obszaru Polski (rys. 13.1). W roku 2012 z terenu Polski rzekami odprowadzono do Bałtyku **107 647 ton azotu**, z czego 45% pochodziło z rolnictwa.

Rolnictwo ma również wysoki (34%) udział w ładunku **fosforu** odprowadzonego rzekami, który łącznie wynosił **6 863 ton**.

Podejmowane działania w zakresie ograniczania emisji azotu i fosforu do wód przynoszą efekty w postaci zmniejszenia wielkości ładunku odprowadzanego z obszaru Polski do Morza Bałtyckiego. W ciągu ostatnich 20 lat roczny ładunek azotu spadł o 35%, fosforu zaś o 14% pomiędzy rokiem 1995 a 2014 (HELCOM 2018). Zgodnie z międzynarodowymi umowami, Polska zobowiązana jest do podejmowania działań w celu dalszego ograniczenia poziomu rocznej emisji. Konieczne jest zatem m.in. ograniczenie strat substancji biogenicznych z działalności rolniczej dzięki zmianie podejścia: dążeniu do rolnictwa zrównoważonego, a nie intensyfikacji rolnictwa.



Rys. 13.1. Ładunek azotu i fosforu wniesiony rzekami z obszaru Polski do Morza Bałtyckiego w roku 2012 z uwzględnieniem źródeł pochodzenia zanieczyszczeń
Źródło: opracowanie własne na podstawie HELCOM 2018

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie zagrożenie dla zdrowia człowieka wynika z zanieczyszczenia wód azotem?
2. Jakie zagrożenie dla zdrowia człowieka związane jest z występowaniem toksyn sinicowych?
3. Jakie są w Polsce dwa główne źródła zanieczyszczeń azotem i fosforem przyczyniające się do eutrofizacji Morza Bałtyckiego?

Propozycja ćwiczenia

1. Na podstawie informacji od dostawcy wody wodociągowej przeanalizuj dane na temat stężenia azotanów w wodzie surowej, tzn. pobranej z ujęcia, oraz wody uzdatnionej. Jaka technologia uzdatniania wody jest stosowana? Czy obejmuje dodatkowy etap usuwania azotanów?
2. Na podstawie informacji w prasie lokalnej, mediach społecznościowych, danych ze stacji sanitarno-epidemiologicznej zbierz dane o występowaniu zakwitów wody w popularnym w twojej okolicy zbiorniku wodnym.

14 Na tropie zanieczyszczeń wód – lokalny system monitoringu wód

Wojciech Frątczak
Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie,

Katarzyna Izydorczyk
Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk

14.1 Elementy lokalnego systemu monitoringu wód

Lokalny system monitoringu wód (LSMW) to szkolny system monitoringu pozwalający na prowadzenie badań terenowych przez uczniów pod opieką nauczyciela. **Składa się on z sieci punktów pomiarowych jakości wód podziemnych i powierzchniowych** położonych na terenie rolniczym, pozwalających na prowadzenie analizy wielkości zanieczyszczeń pochodzących ze źródeł rolniczych. Ze względu na cel prowadzonych badań miejsce przeznaczone pod LSMW powinno być zlokalizowane w pobliżu cieku wodnego (naturalnego lub rowu melioracyjnego) lub wód stojących (stawu) w bliskim sąsiedztwie potencjalnego źródła zanieczyszczeń (takiego jak: grunty orne, składowisko obornika, budynki gospodarcze, pastwiska intensywnie wykorzystywane).

Do poboru **wód podziemnych** służą otwory obserwacyjne wyposażone w piezometry. Próby mogą być również pobierane z eksploatowanych studni kopanych lub wierconych. Przy poborze należy zachowywać generalną zasadę: próbka wody powinna reprezentować rzeczywisty skład chemiczny wód podziemnych w miejscu poboru.

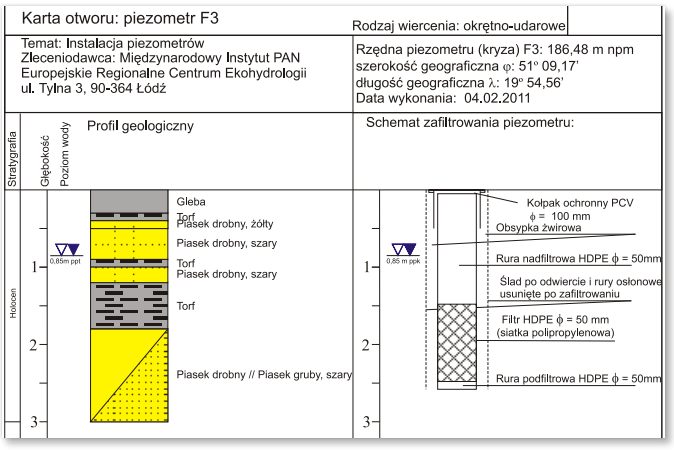
Piezometr to perforowana rura PCV lub HDPE (fot. 14.1). Dzięki perforacji woda z warstwy wodonośnej przedostaje się do wnętrza piezometru, skąd może zostać pobrana do dalszych analiz. Długość piezometru jest dostosowana do głębokości zalegania warstw wodonośnych. W szkolnym LSMW analiza będzie obejmować wody gruntowe zalegające na głębokości do 2 m poniżej powierzchni terenu. Część perforowana piezometru powinna znajdować się w warstwie wodonośnej.

Piezometr jest zamontowany we wcześniej wywierconym otworze. Odwiert pod piezometry wykonuje się wiertnicą mechaniczną lub świdrem ręcznym. Otwór powinien być głębszy niż odnotowany w trakcie odwiertu poziom wody, tak aby uwzględnić roczne wahania poziomu lustra wody. Przestrzeń pomiędzy rurą PCV lub HDPE a ścianami otworu najczęściej zasypuje się urobkiem własnym, zaś w obrębie utworów słabo przepuszczalnych wskazane jest użycie obsypki filtracyjnej (2 mm). Piezometr zabezpiecza się kołpakiem (np. z PCV) w celu ochrony przed zanieczyszczeniem wód z powierzchni terenu.



Fot. 14.1. Piezometr PCV z 50-centymetrową strefą perforacji w dolnym odcinku (fot.archiwum autora)

Zaleca się, aby piezometr był wyniesiony ok. 20–30 cm powyżej gruntu, co chroni przed przedostawaniem się zanieczyszczeń z powierzchni terenu w trakcie poboru wód, a także ułatwia lokalizację punktu pomiarowego. Zakończenie piezometru może też być równe z powierzchnią terenu, tak aby nie przeszkadzać w prowadzeniu działalności rolniczej. W tym przypadku miejsce zainstalowania piezometru powinno być oznakowane w terenie, np. za pomocą jaskrawo pomalowanego kołka.



Rys. 14.1. Przykładowa karta otworu pod piezometr. Lewa strona: profil geologiczny, prawa strona: schemat zafiltrowania piezometru
Źródło: Aquageo Michał Fic

W trakcie wykonywania odwiertu możliwe jest wykonanie wstępnego rozpoznania budowy geologicznej. Odwiert przechodzi przez warstwy utworów geologicznych o różnym składzie i przepuszczalności (rys. 14.1).

Sieć piezometrów służy do monitoringu zmian jakości wód podziemnych na danym obszarze. Badanie to opiera się na porównaniu wyników z poszczególnych piezometrów ułożonych w **transekt**, czyli rozmieszczonych wzdłuż linii wyznaczonej tak, aby pozwalała wykonać obserwację wpływu określonego czynnika (np. potencjalnego źródła zanieczyszczeń) na jakość wód (rys. 14.2). Transekt składa się z co najmniej dwóch piezometrów i powinien być zlokalizowany zgodnie z kierunkiem przepływu wód podziemnych. W skład transektu może dodatkowo wchodzić punkt poboru wód powierzchniowych, zlokalizowany np. w rowie melioracyjnym czy stawie.

Piezometr pozwala na:

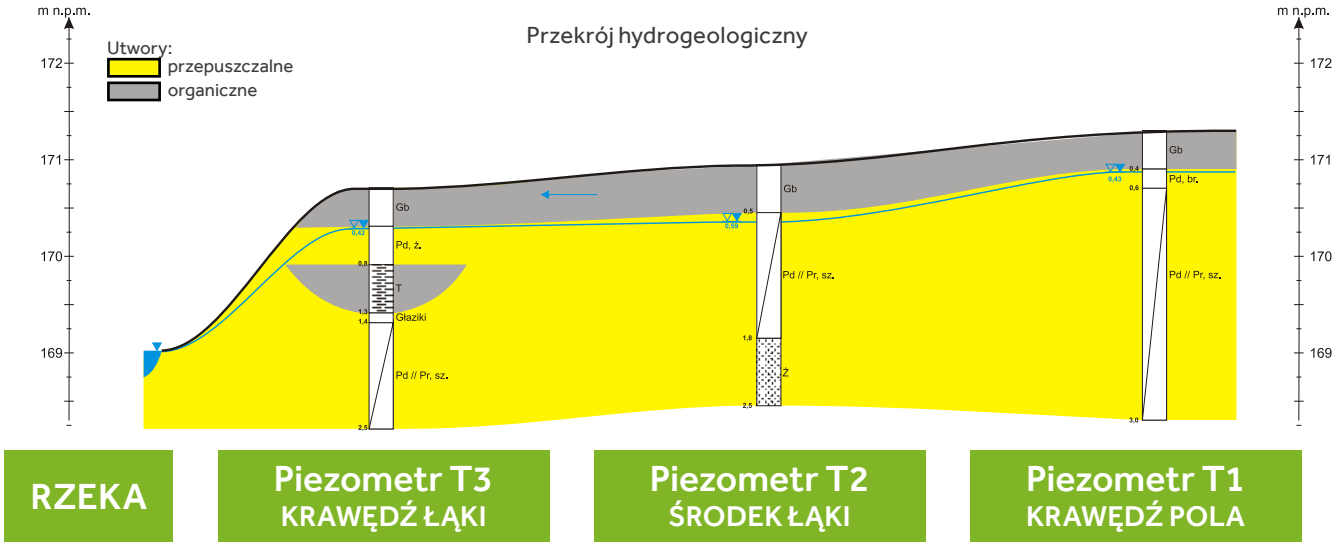
- bezpośredni pomiar poziomu zwierciadła wody w warstwach wodonośnych za pomocą przyrządu zwanego świstawką,
- pomiar *in situ* (w piezometrze) parametrów fizykochemicznych wody, takich jak temperatura, zawartość tlenu, pH, konduktywność za pomocą sond pomiarowych połączonych z miernikami,
- pobór wody z piezometru za pomocą pompy elektrycznej w celu analizy parametrów chemicznych (np. stężenia azotanów).

W wodach powierzchniowych płynących punkt pomiarowy powinien być zlokalizowany w głównym nurcie cieku. Nie należy pobierać prób z zastoisk. W wodach stojących zalecane jest pobieranie próbek wody z pomostu, co pozwala uniknąć zaczerpnięcia wody tuż przy linii brzegowej.

14.2 Pobór próbek wody

W trakcie poboru próbek wody gruntowej należy zachować ostrożność oraz zachować kolejność poszczególnych kroków. Wszystkie czynności należy wykonywać w rękawiczkach jednorazowych.

1. **Pomiar poziomu wody** – po zdjęciu kołpaka ochronnego z piezometru należy zmierzyć za pomocą świstawki poziom wody podziemnej, czyli głębokości zalegania wód poniżej poziomu terenu. **Świstawka** (gwizdek hydrogeologiczny, gwizdek studzienny) to rurka metalowa otwarta całkowicie w dolnej części i posiadająca szczelinę w górnej części umocowana na taśmie mierniczej (fot. 14.2). Gdy dolna część świstawki zetknie się ze zwierciadłem wody w piezometrze, słyszalny jest gwizd wytwarzany przez powietrze przelatujące przez gwizdek pod naporem wody. W momencie usłyszenia gwizdu należy zaprzestać dalszego opuszczania świstawki i odczytać głębokość na taśmie pomiarowej. W przypadku piezo-



Rys. 14.2. Przykład transektu składającego się z trzech piezometrów pozwalających prowadzić badania nad ograniczaniem transferu zanieczyszczeń z obszaru gruntów ornych w wyniku przejścia przez strefę buforową (ekstensywnie użytkowana łąka)

metru wyniesionego ponad poziom terenu należy dokonać korekty odczytu, odejmując wysokość piezometru mierzoną od poziomu terenu do górnej krawędzi przyrządu.

2. **Odfiltrowanie wody z piezometru** – jeśli otwory nie są ciągle eksploatowane, należy przed pobraniem próbki wód podziemnych usunąć co najmniej dwukrotną objętość słupa wody stagnującej w piezometrze – pompując wodę przez ok. 2–3 minuty. Można to zrobić specjalną elektryczną **pompką monitoringową** (fot. 14.2) lub naczynkami dostosowanymi do poboru próbek wody (próbnikami).



Fot. 14.2. Świstawka (po lewej) oraz pompka elektryczna zasilana akumulatorem (fot. archiwum autora)

3. **Pomiary *in situ*** – po dwukrotnej wymianie objętości wody w piezometrze można przystąpić do wykonywania pomiarów *in situ*, czyli bezpośrednio w piezometrze. Parametry takie, jak: temperatura wody, zawartość tlenu, pH wody, konduktywność, można określić za pomocą sond mierniczych połączonych kablem z miernikami. Jeśli nie ma aparatury, pomiary te można wykonać w pobranych próbkach wody termometrem, testami paskowymi lub zestawem gotowych odczynników.
4. **Pobór próbki wody** – należy przystąpić do pobrania próbki wody naczynkiem lub pompką monitoringową, opuszczając je na wysokość perforowanej części piezometru, gdzie w wyniku wymiany napłynęła świeża woda z warstwy wodonośnej. Do poboru i transportu próbek wody można użyć butelek szklanych bądź butelek z tworzyw sztucznych ze szczelnym zamknięciem (np. polietylenowej, teflonowej, polipropylenowej). Pojemniki powinny być tak dobrane, aby można było myć i oczyszczać ściany, i usuwać powierzchniowe zanieczyszczenia oraz uniknąć wzajemnego oddziaływania między składnikami próbki i naczyniem.

Należy wystrzegać się skażenia próbki wody na skutek użycia pojemników zanieczyszczonych lub zawierających pozostałości cieczy lub ciał stałych. Dlatego przed nalaniem próbki pojemniki trzeba trzykrotnie przepłukać pobieraną wodą. Jeśli używamy węża z tworzywa sztucznego, napełnianie prowadzimy do momentu dwu-, trzykrotnej wymiany wody w pojemniku. Pojemniki należy całkowicie napełnić pobieraną wodą. Ogranicza to efekt wstrząsania i napowietrzania, jakiemu próbka podlega podczas transportu. Próbki powinny być transportowane w lodówce przenośnej, co zapewnia niską temperaturę i zaciemnienie.

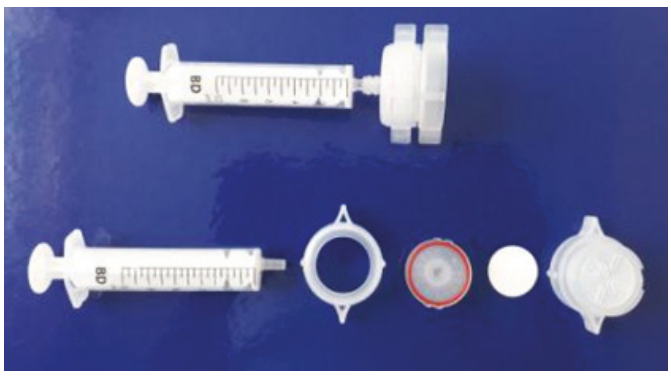
Próbkę wód powierzchniowych można pobrać do wiadra lub innego pojemnika dostosowanego objętością i wielkością do badanego cieku lub zbiornika. Pomiar należy wykonywać z zachowaniem ostrożności, tak aby nie doszło do zmącenia osadów dennych.

14.3 Prace laboratoryjne

Prace laboratoryjne również przebiegają w kilku etapach.

1. **Filtracja próbek wody w miejscu ich poboru.** W warunkach szkolnych możliwe jest przeprowadzenie badań rozpuszczonych form azotu i fosforu. Oznaczenie takich form odbywa się w przefiltrowanej wodzie. Wskazane jest przefiltrowanie próbki wody bezpośrednio po jej poborze w terenie. Powoduje to usunięcie z próbki zawiesiny oraz większości mikroorganizmów, co zapobiega niekorzystnym zmianom składu wody przed jej analizą chemiczną. Wskazane jest przefiltrowanie przez filtr membranowy (sączek) o porach 0,45 µm. Do przefiltrowania małej ilości wody można użyć strzykawki lekarskiej wraz z zamontowanym filtracyjnym adapterem strzykawkowym (holderem) na filtry membranowe (fot. 14.3).
   Aby przefiltrować próbki, należy:
   - zamontować filtr membranowy w holderze,
   - pobrać strzykawką wodę z butelki,
   - założyć holder z sączkiem na strzykawkę,
   - przefiltrować wodę do opisanego pojemnika.

   Należy pamiętać o dokładnym przepłukaniu wodą destylowaną strzykawki po każdorazowym użyciu oraz każdorazowej wymianie jednorazowego filtra.



Fot. 14.3. Zestaw do filtracji próbek wody: strzykawka z filtracyjnym adapterem strzykawkowym (holderem) zawierającym filtr membranowy (sączek) (fot. archiwum autora)

2. **Analiza rozpuszczonych form azotu i fosforu w pobranych próbkach.** W laboratorium szkolnym do wykonania analizy form rozpuszczonych azotu i fosforu pomocne są gotowe testy dostępne na rynku. Należą do nich m.in.:
   - testy paskowe (ang. *test strips*), które wymagają jedynie zanurzenia paska testowego w przefiltrowanej wodzie; wynik odczytujemy, porównując wybarwienie na pasku ze skalą barw zamieszczoną na opakowaniu (fot. 14.4),



Fot. 14.4. Bezpieczne i proste wykorzystanie testów paskowych w badaniach jakości wody (fot. archiwum autora)

   - zestawy testowe (ang. *test kits*) z kartą barw – analizy wykonuje się zgodnie z instrukcją załączoną do zestawu, używa się gotowych odczynników; wynik ustala się poprzez porównanie otrzymanego koloru roztworu (badana woda wraz z odczynnikami) z kartą barw (fot. 14.5).

Przy wyborze zestawu do oznaczeń konieczne jest uwzględnienie odpowiedniego zakresu stężeń badanej substancji, tak aby wynik był jak najbardziej miarodajny.



Fot. 14.5. Przykładowy zestaw do oznaczania azotanów metodą kolorymetryczną z kartą barw (fot. archiwum autora)

14.4 Opracowanie wyników

Aby określić stopień zanieczyszczenia wód, otrzymane wyniki należy zestawić z wartościami granicznymi ustalonymi przez przepisy prawa (tabela 14.1).

Kolejnym krokiem jest porównanie wartości stężeń pomiędzy wynikami otrzymanymi dla poszczególnych piezometrów w transekcie, co pozwoli np. na obserwację spadku stężenia azotanów wraz z oddalaniem się od źródła zanieczyszczenia.

Wykonywanie kilku pomiarów w ciągu roku umożliwia obserwację sezonowej zmiany stopnia zanieczyszczenia wód, a także wpływu czynników zewnętrznych, np. obserwację zmiany stężenia azotanów w wodzie w zależności od prowadzonych zabiegów (rozsiewania nawozów azotanowych).

Tabela 14.1. Dopuszczalne wartości stężenia azotanów

Nazwa dokumentu	Obowiązujące normy stężenia azotanami
dyrektywa azotanowa, załącznik I	wody zanieczyszczone to wody powierzchniowe i podziemne zawierające >50 mg NO_3/l
rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi	woda dostarczana: poniżej 50 mg NO_3/l
rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 roku w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych	klasa I – wody bardzo dobrej jakości: poniżej 10 mg NO_3/l klasa II – wody dobrej jakości: poniżej 25 mg NO_3/l
rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 lipca 2016 roku w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych	wartości graniczne zmienne w zależności od typu wód rzecznych, naturalnych: klasa I – wody bardzo dobrej jakości: od poniżej 1 do poniżej 10 mg NO_3/l klasa II – wody dobrej jakości: od poniżej 4 do poniżej 22 mg NO_3/l

Źródło: opracowanie własne

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Co to jest i do czego służy piezometr?
2. Co to jest transekt piezometrów?
3. Do pomiaru jakiego parametru służy świstawka?
4. Wymień poszczególne kroki przy wykonywaniu poboru prób wody z piezometru.

Propozycja ćwiczenia

Zidentyfikuj potencjalne źródło zanieczyszczenia wód azotanami pochodzenia rolniczego wokół twojej szkoły. Następnie zaplanuj sieć monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych na tym terenie.

Notatki

IV Rolnictwo zrównoważone dla ochrony gleb i ograniczenia zanieczyszczeń rolniczych



15 Dobre praktyki rolnicze w zarządzaniu strukturą gleby i rodzajem uprawy w celu ograniczenia strat substancji nawozowych

Grzegorz Siebielec

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Do czynników wpływających na poziom wykorzystania składników nawozowych i ograniczenie ich strat należą zarówno zabiegi rolnika, jak i właściwości samej gleby. Rolnik może w dużym stopniu kształtować właściwości gleby wpływające za poziom strat składników nawozowych poprzez:

- dbałość o właściwości sorpcyjne gleby, kontrolowanie odczynu gleby i zawartości materii organicznej;
- dbałość o właściwości fizyczne gleby, zwłaszcza jej struktury i przepuszczalność;
- ograniczanie narażenia na erozję.

Natomiast umiejętne i dostosowane do warunków zabiegi nawożenia, a także zmianowanie roślin bezpośrednio wpływają na poziom wykorzystania przez rośliny składników lub ich stratę.

15.1 Kształtowanie właściwości sorpcyjnych gleby

Straty fosforu w wyniku erozji cząsteczek gleby i wymywania przyczyniają się do eutrofizacji wód śródlądowych. Eutrofizacja, czyli użyźnienie, polega na stopniowym zwiększaniu ilości substancji biogenicznych w wodach płynących i zbiornikach wodnych.

Bezpośrednią konsekwencją wzrostu stężenia fosforu w zbiornikach wodnych jest wystąpienie zakwitów wody wywołane masowym rozwojem fitoplanktonu, które prowadzi do zmiany koloru wody (fot. 13.1, patrz rozdział 12.3).

15.1.1. Odczyn gleby

Odczyn jest czynnikiem decydującym o wielu biologicznych i fizykochemicznych procesach zachodzących w glebach (patrz rozdział 5). Jeśli jest zbyt niski, rośliny pobierają mniej składników nawozowych, a te w wyniku wymywania przedostają się do wód gruntowych (azot) lub uwstecznieją (fosfor). Na glebach kwaśnych **niezbędny jest zabieg wapnowania**.

Dawki wymagane do całkowitego zobojętnienia zakwaszenia wylicza się na podstawie analizy **kwasowości hydrolitycznej gleby**; dawkę wapna – mnożąc wartość kwasowości hydrolitycznej przez współczynnik 0,85 i otrzymując dawkę tlenku wapnia (CaO) w t/ha.

Przy stosowaniu **wapna tlenkowego** należy zastosować dawkę równą wyliczonej na podstawie powyższego przeliczenia; a przy stosowaniu **tradycyjnego wapna węglanowego** wymagana dawka nawozu będzie ponad dwukrotnie większa, ponieważ zawartość tlenku wapnia w dostępnych w naszym kraju nawozach węglanowych kształtuje się z reguły na poziomie 45%. Należy również przyjąć, że **nie jest konieczne wapnowanie gleb**, których kwasowość odpowiada **dawce mniejszej niż 1 tona CaO na hektar**.

Jeśli brak badań kwasowości hydrolitycznej gleby, można zastosować metodę uproszczoną, polegającą na określaniu potrzeb wapnowania na **podstawie odczynu i uziarnienia gleby** (tabela 15.1).

Tempo odkwaszania gleby zależy od stopnia rozdrobnienia wapna węglanowego, które jest wytwarzane poprzez mielenie skał węglanowych. Im wapno jest bardziej rozdrobnione, tym efekt wapnowania będzie szybszy. Pełnego efektu zastosowania wapna węglanowego należy jednak spodziewać się nie wcześniej niż w drugim roku po zastosowaniu. Wapno tlenkowe działa znacznie szybciej, dlatego należy je stosować na gleby cięższe, o lepszych zdolnościach buforowych.

Dla utrzymania właściwego odczynu gleby istotna jest również **forma stosowanych nawozów mineralnych**, a szczególnie nawozów azotowych. Nawozy różnią się siłą zakwaszania gleby – te zawierające azot w formie amonowej, np. siarczan amonu, będą w większym stopniu zakwaszać glebę niż nawozy z azotem azotanowym, np. saletra wapniowa (patrz rozdział 3.2).

Po przeprowadzeniu odkwaszania gleby dawkami wapna wyliczonymi na podstawie kwasowości hydrolitycznej lub pilności wapnowania należy co kilka lat stosować **wapnowanie zapobiegawcze** znacznie mniejszymi dawkami wapna.

Niższy **koszt zabiegu** zapewnia zastosowanie wapna węglanowego wapniowego lub dolomitowego.

Odczyn pośrednio wpływa również na inne cechy decydujące o zdolnościach gleby do zatrzymywania składników nawozowych – jej strukturę oraz zawartość materii organicznej. W glebach kwaśnych struktura jest wadliwa, a w glebach mineralnych warunki akumulacji materii organicznej utrudnione.

Tabela 15.1. Zalecane dawki wapna nawozowego (t CaO ha–1)

Kategoria agronomiczna gleby	pH				
	< 4,5	4,5–5,1	5,2–5,6	5,7–6,1	6,2–6,6
bardzo lekkie	2,5	1	-	-	-
lekkie	5	3	1	-	-
średnie	6	4	2	1	-
ciężkie	6	5	3	1,5	1

Źródło: opracowanie własne

15.1.2. Zawartość materii organicznej

Materia organiczna gleby kształtuje zdolności sorpcyjne gleby względem składników nawozowych oraz wpływa na strukturę gleby i jej przepuszczalność. Ponadto bezpośrednio wpływa na poziom retencji wody opadowej w glebie, co warunkuje dostępność wody dla roślin uprawnych. W warunkach niedostatku wody plony są niższe, a stopnień wykorzystania składników nawozowych przez rośliny ograniczony.

Jak wspomniano w rozdziale 5, podstawowym warunkiem poprawnego gospodarowania w rolnictwie jest **utrzymanie dodatniego lub przynajmniej zrównoważonego bilansu glebowej materii organicznej**, czyli równowagi pomiędzy tempem mineralizacji materii organicznej a jej dopływem w postaci resztek roślin lub nawozów organicznych i naturalnych.

Do **praktyk zapewniających dodatni bilans materii organicznej w glebie** należą:

- przyorywanie słomy i zielonego nawozu,
- uprawa poplonów i międzyplonów,
- uprawa roślin strączkowych,
- stosowanie nawozów naturalnych (obornik) i organicznych (np. kompost),
- uproszczenia w uprawie roli.

Resztki roślinne oraz **nawozy naturalne i organiczne** są w glebie rozkładane przez mikroorganizmy, a następnie podlegają przemianom prowadzącym do powstania związków próchnicowych. Rośliny uprawne znacznie różnią się ilością resztek pozostawianych na polu, a co za tym idzie – wpływem na bilans substancji organicznych w glebie.

Do **roślin próchnicotwórczych**, a więc takich, których uprawa wzbogaca glebę w materię organiczną, zalicza się: trawy, strączkowe i motylkowe. Dużo mniej resztek pozbiorowych wnoszą do gleby zboża, a najmniej – okopowe. Z tego powodu w uprawie roślin zbożowych, która obecnie dominuje w produkcji roślinnej, istotne jest przyorywanie słomy. Powyższe zależności zostały wykorzystane do opracowania tzw. współczynników rozkładu i odnawiania materii organicznej w glebach (tabela 15.2).

Dobrym źródłem materii organicznej są nawozy naturalne. **Obornik** to tradycyjny nawóz naturalny, składający się z odchodów (kału i moczu) zwierząt gospodarskich oraz ściółki. Skład chemiczny obornika może być zróżnicowany, w zależności od gatunku i wieku zwierząt, sposobu ich żywienia oraz jakości skarmianej paszy, a także od stanu zdrowia zwierzęcia, ilości stosowanej ściółki oraz stopnia przefermentowania materiału. Obornikiem należy nawozić racjonalnie, zgodnie z zaleceniami Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej. Dawka nawozu naturalnego (obornika, gnojówki i gnojowicy) na hektar użytków rolnych w ciągu roku nie może przekroczyć 170 kg N/ha.

Tabela 15.2. Współczynniki reprodukcji i degradacji (w t/ha) glebowej materii organicznej

Roślina lub nawóz organiczny	Współczynnik reprodukcji (+) lub degradacji (–) dla gleb			
	lekkich	średnich	ciężkich	czarnej ziemi
okopowe	-1,26	-1,4	-1,54	-1,02
kukurydza	-1,12	-1,15	-1,22	-0,91
zboża, oleiste	-0,49	-0,53	-0,56	-0,38
strączkowe	+0,32	+0,35	+0,38	+0,38
trawy w polu	+0,95	+1,05	+1,16	+1,16
bobowate, mieszanki	+1,89	+1,96	+2,10	+2,10

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej 2004

Istotny wpływ na zasoby materii organicznej w glebach ma również system uprawy roli (orka). Zamiana tradycyjnego sposobu uprawy roli (orkowego) na **system bezorkowy lub z ograniczoną liczbą zabiegów uprawowych** pozwala zwiększyć zasoby materii organicznej.

Uproszczenia w uprawie roli zmniejszają zakłócenia profilu glebowego, ograniczają napowietrzanie gleby sprzyjające degradacji materii organicznej oraz chronią strukturę gleby. Uprawa uproszczona lub bezorkowa powoduje jednak akumulację próchnicy węgla wyłącznie przy wieloletnim stosowaniu.

Pośrednio na poziom materii organicznej w glebie wpływają również:

- regulacja odczynu gleby,
- zabezpieczenie gleby przed erozją.

15.2 Kształtowanie właściwości fizycznych gleby

15.2.1. Struktura gleby

Jakość **struktury gleby** wpływa na ryzyko wystąpienia strat składników nawozowych. Słaba struktura gleby powoduje ograniczenie wzrostu roślin, a w konsekwencji mniejsze użycie składników nawozowych. Gleba o słabej strukturze jest bardziej narażona na zjawiska erozji. Najkorzystniejsza jest tzw. **struktura gruzełkowata**. Jej charakterystyczną cechą jest występowanie kulistych agregatów o chropowatej powierzchni i znacznej porowatości zwanych gruzełkami (fot. 15.1). Spoiwem, które zlepia ziarna glebowe i drobne agregaty, jest próchnica i minerały ilaste.

Gleba bez struktury gruzełkowatej jest trudna w uprawie, zbryla się i łatwiej podlega erozji. Struktura gruzełkowata odgrywa ważną rolę w kształtowaniu właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby oraz wpływa na stosunki wodno-powietrzne w glebie.



Fot. 15.1. Struktura gruzełkowata mady czarnoziemnej (fot. J. Niedźwiecki)

Na strukturę gleby wpływają czynniki naturalne, do których należą uziarnienie (korzystnie oddziałują części ilaste), poziom i intensywność opadów, procesy zamarzania i rozmarzania, rodzaj skały macierzystej. Struktura jest niszczona przez nadmierne uwilgotnienie, a także przez silne deszcze, których krople rozmywają agregaty glebowe.

Do powstawania struktury gruzełkowatej przyczyniają się naprzemienne nawilgacanie i wysychanie, pęcznienie i kurczenie, zamarzanie i rozmarzanie gleby, obecność fauny glebowej, zwłaszcza dżdżownic, a także fizyczne oddziaływanie rozwijających się korzeni roślin.

Zabiegi agrotechniczne również mają znaczny wpływ na strukturę gleby. Podczas każdego zabiegu uprawowego dochodzi do zniszczenia pewnej ilości agregatów. Uogólniając, **im mniej intensywna jest uprawa roli**, tym lepszy jest stan struktury gleby. Także wielkość i rozwój systemu korzeniowego wpływa na strukturę: im **bogatszy system korzeniowy**, tym korzystniejsza struktura gleby.

Korzystnie na strukturę gleby wpływa ponadto właściwa **regulacja odczynu**. Gleba zakwaszona ma wadliwą strukturę, co jest skutkiem głównie niedostatecznej zawartości wapnia oraz obniżonej intensywności procesów biologicznych związanych z aktywnością mikroorganizmów i organizmów glebowych. Zabieg wapnowania skutecznie poprawia zatem strukturę gleby.

Oprócz tego dla struktury gleby dobre jest odpowiednie **zmianowanie, z udziałem roślin strukturotwórczych**. Należą do nich rośliny bobowate (np. groch, łubin, koniczyny, lucerna, seradela), które ponadto działają próchnicotwórczo oraz wzbogacają glebę w azot. Niektóre z nich (np. łubin) posiadają palowy system korzeniowy, który pozwala przemieszczać składniki nawozowe (w tym wapń) do wierzchnich warstw gleby, a korzenie również fizycznie oddziałują dodatnio na strukturę gleby.



Fot. 15.2. Mulcz ze słomy (fot. J. Smagacz)

Istotnym czynnikiem wpływającym na strukturę gleby jest jej **wilgotność podczas mechanicznej uprawy**. Uprawę należy przeprowadzić podczas takiej wilgotności, przy której zachodzi dobra agregacja warstwy uprawnej oraz jej spulchnienie. Uprawa gleby zbyt

suchej lub nadmiernie uwilgotnionej degraduje strukturę gleby. Co więcej, **stosując różne systemy melioracji**, takie jak odwadnianie lub nawadnianie, można poprawić warunki wilgotnościowe, a tym samym ograniczać wpływ upraw na strukturę gleby. Należy również **ograniczać uprawy wiosenne na glebach lekkich**, aby zachować odpowiedni poziom wilgotności gleby.

Strukturze gleby sprzyja też dbałość o poziom materii organicznej poprzez praktyki opisane w podrozdziale 15.1.2.

Zastosowanie okrywy glebowej w postaci **poplonów lub mulczu** przez jak największą część roku przeciwdziała degradującym wpływom intensywnych opadów na strukturę gleby. Mulcz to warstwa ochronna gleby umieszczana na jej powierzchni (fot. 15.2). Do mulczowania najczęściej stosuje się resztki roślinne, np. rozdrobnioną słomę. Jest to zabieg, który dodatkowo ogranicza parowanie wody, kiełkowanie chwastów oraz erozję wodną i wietrzną gleby.

15.2.2. Przepuszczalność gleby

Przepuszczalność gleby to cecha charakteryzująca przemieszczanie się wody w profilu glebowym. Straty składników nawozowych mogą być znaczne, zarówno w glebie zbyt przepuszczalnej, jak i nieprzepuszczalnej.

W glebach zbyt przepuszczalnych składniki nawozowe są łatwo wymywane do wód gruntowych, dlatego istotne jest dostosowanie dawek nawozów, szczególnie azotowych, do potrzeb roślin. Ponadto ważne są praktyki sprzyjające gromadzeniu się materii organicznej w glebie, co spowalnia ruch wody w głąb profilu gleby. Najbardziej przepuszczalne są gleby lekkie, wytworzone z piasków.

Zbyt niska przepuszczalność gleby najczęściej dotyczy gleb gliniastych, powoduje pozostawanie wody na powierzchni lub jej spływ z pól wraz ze składnikami nawozowymi. Na takich glebach niezwykle istotne są terminy prac polowych – nie mona wykonywać ich przy nadmiernej wilgotności gleby. Uprawa gleby gliniastej przy nadmiernej wilgotności powoduje jej zagęszczenie i utratę przepuszczalności.

Sposoby ograniczania zagęszczenia gleby można pogrupować:

- dostosowanie technologii uprawy (np. szerokości siewu do szerokości opon pojazdów i narzędzi rolniczych),
- stosowanie sprzętu z oponami niskociśnieniowymi oraz agregatowanie maszyn, ograniczające liczbę przejazdów,
- poprawa odporności gleby na zagęszczenie (np. uprawy bezorkowe lub uproszczenia w uprawie roli),
- dbałość o strukturę gleby,
- dodatni bilans materii organicznej w glebie.

15.3 Przeciwdziałanie erozji gleb

Erozji wodnej gleby (patrz rozdziały 5, 8) towarzyszy przemieszczanie się jej cząstek wraz z wodą i składnikami nawozowymi poza pole uprawne, a w konsekwencji zanieczyszczenie wód powierzchniowych, w tym związkami azotu i fosforu.

Do korzystnych praktyk ograniczających erozję wodną gleby, a przez to również straty składników nawozowych należą:

- **stosowanie pokrywy roślinnej przez cały rok na glebach o dużym nachyleniu**, co zmniejsza erozję wodną poprzez zmniejszenie spływu powierzchniowego i zwiększenie infiltracji – systemy korzeniowe roślin stabilizują agregaty gleby;
- **odpowiedni kierunek** uprawy roli i międzyrzędzi na zboczach – prostopadły do kierunku zbocza, tak by ograniczyć ruch wody;
- **mulczowanie (ściółkowanie) gleby**: używanie resztek roślinnych do pokrycia powierzchni gleby, które skutecznie chroni ją przed erozją; pomaga również zatrzymać wodę w glebie;
- **tarasowanie**, które polega na budowaniu konstrukcji mechanicznych w celu zmiany profilu nachylenia i zmniejszenia spływu i związanej z tym erozji (fot. 15.3); w połączeniu ze stałą pokrywą roślinną może być szczególnie skuteczne w zmniejszaniu ryzyka erozji (podobny efekt dają żywopłoty lub pasy trawy);



Fot. 15.3. Tarasowanie jako zabieg ograniczający erozję gleby (fot. B. Podolski)

- uproszczenie w uprawie roli – spośród systemów uprawy w agrotechnice przeciwerozyjnej wskazany jest przede wszystkim **system bezorkowy z mulczowaniem powierzchni gleby oraz siew bezpośredni** – takie sposoby uprawy korzystnie wpływają na strukturę gleby, a także poprawiają wsiąkanie wody opadowej i ograniczają jej spływy.

Niezależnie od systemu uprawy, na gruntach ornych położonych na stokach wszystkie zabiegi agrotechniczne powinny być wykonywane w kierunku poprzecznym do jego nachylenia. **Orka jesienna w poprzek nachylenia pola** zmniejsza nasilenie erozji i zwiększa zapas wody w glebie.

15.4 Dostosowanie dawek nawozów do wymagań rośliny uprawnej i warunków glebowych

Jednym z elementów zrównoważonej produkcji rolnej jest **równowaga składników nawozowych w glebie**. Nadwyżka składników pokarmowych, zwłaszcza azotu i fosforu, jest wymywana z gleby, co może spowodować eutrofizację i pogorszenie jakości wody i całych ekosystemów wodnych. Stosowanie nawozów mineralnych i naturalnych, w tym rodzaje nawozów, dawki i terminy aplikacji, powinny być dostosowane do naturalnej wydajności gleby, jej zasobności i zdolności buforowania, a także potrzeb roślin uprawnych. Jak już wspomniano, wapnowanie kwaśnej gleby zwiększa wydajność roślin w zakresie wykorzystania składników nawozowych i zdolności gleby do ich zatrzymywania.

Przyczyn niepełnego wykorzystania składników pokarmowych z nawozów bezpośrednio związanych z ich stosowaniem jest kilka:

- zbyt wysoka dawka nawozów,
- niewłaściwie dobrane proporcje poszczególnych składników,
- niewłaściwy termin lub sposób aplikacji, który powinien być dostosowany do zasobności gleby, zwłaszcza na polach o dużej powierzchni,
- czynniki meteorologiczne.

Najważniejszym elementem ochrony wód jest zatem **optymalizacja nawożenia mineralnego**. Ze względów środowiskowych największe znaczenie ma optymalizacja nawożenia azotem, ale nie można zapominać, że efektywność wykorzystania tego składnika zależy od zaopatrzenia roślin we wszystkie niezbędne składniki pokarmowe. Optymalizacja nawożenia jest ważna także z powodów ekonomicznych – strata każdego kilograma składnika z zastosowanych nawozów ma wymierny skutek finansowy.

Potrzeby pokarmowe roślin określa pobranie składnika z plonem, wyznaczane jako iloczyn prognozowanego w danych warunkach plonu i jednostkowego pobrania składnika, tzn. pobrania potrzebnego do wyprodukowania jednostki plonu (por. tabela 15.3). Najlepszym rozwiązaniem w zakresie zrównoważonego nawożenia jest **przygotowanie planu nawozowego** w oparciu o analizy zasobności gleb.

Tabela 15.3. Pobranie jednostkowe azotu przez wybrane rośliny uprawne

potrzeby pokarmowe = prognozowany plon × pobranie jednostkowe

Rodzaj uprawy	Pobranie azotu [kg N/t produktu]
gryka	41,7
jęczmień jary browarny	21
kukurydza na ziarno	26
pszenica jara	27
pszenica ozima	27
żyto	24
pszenżyto	27
rzepak, nasiona	50
burak cukrowy	3,5
ziemniak późny	4,2

Źródło: rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 roku w sprawie przyjęcia Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. z 2018 r. poz. 1339)

Potrzeby pokarmowe mogą być częściowo zaspokojone z rezerw składników nagromadzonych w glebie, z nawozów organicznych, z przyoranych produktów ubocznych przedplonu itp. Pozostałą część należy uzupełnić w nawozach mineralnych. O zasobach składników w glebie można wnioskować na podstawie **analizy próbki glebowej** pobranej z pola. Standardowa analiza gleby dla potrzeb doradztwa nawozowego obejmuje: odczyn gleby, zawartość przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Badania należy wykonywać nie rzadziej niż co 4–5 lat, jednak częstsze i ukierunkowane przestrzennie badania gleb dają precyzyjniejsze informacje na temat potrzeb nawozowych i zmian właściwości gleb.

Wszystkie nawozy należy stosować w terminach i warunkach, które nie stwarzają ryzyka, że zawarte w nich składniki mineralne, zwłaszcza azot, będą wymywane do wód gruntowych lub zmywane do wód powierzchniowych. **Nawozów nie wolno używać** na glebach zalanych wodą, przykrytych śniegiem, zamarzniętych do głębokości 30 cm oraz podczas opadów deszczu. Zabronione jest aplikowanie nawozów azotowych oraz nawozów naturalnych w postaci płynnej na glebach bez okrywy roślinnej oraz na stokach o nachyleniu większym niż 10%.

Do **nawozów naturalnych** zaliczane są obornik, gnojówka, gnojowica oraz odchody zwierząt gospodarskich. Są one źródłem składników pokarmowych roślin oraz materii organicznej, mogą jednak być także istotnym źródłem emisji biogenów do środowi-

ska. **W dawce nawozów naturalnych** w ciągu roku nie należy **przekraczać dawki azotu 170 kg/ha**. Nawozy naturalne najlepiej stosować pod rośliny o długim okresie wegetacji, które w dłuższym okresie mogą pobierać składniki pokarmowe uwalniane stopniowo z nawozów, a więc przede wszystkim pod kukurydzę, ziemniaki i buraki cukrowe.

Obornik może być stosowany zarówno w okresie jesiennym, jak i wiosennym, przy czym wiosną nawóz ten powinno się stosować w mniejszych niż zalecane dawkach. Gnojowica i gnojówka z kolei są polecane szczególnie do aplikacji wiosennej, na nieobsianą glebę. Ich działanie nawozowe jest dużo szybsze w porównaniu do obornika, ponieważ większość substancji nawozowych zawarta jest w nich w formie mineralnej.

Po zastosowaniu nawozów naturalnych może dochodzić do gazowych strat azotu, dlatego nawozy te należy szybko przykryć glebą. Im szybciej azot znajdzie się w glebie, tym mniejsze będą jego straty.

15.5 Stosowanie międzyplonów i poplonów

Uprawa poplonów, międzyplonów oraz stosowanie nawozów zielonych mają duże znaczenie dla ochrony jakości gleby i **poziomu materii organicznej**. Takie zabiegi powinny być stosowane przez wszystkie gospodarstwa, zwłaszcza przez rolników posiadających uprawy na glebach piaszczystych, które są narażone na ryzyko erozji, oraz nieprowadzących hodowli zwierząt gospodarskich i w związku z tym niestosujących obornika bądź gnojowicy. Odpowiedni dobór roślin na międzyplon lub poplon może nie tylko zapobiec degradacji gleby, ale i **wzbogacić ją w azot** oraz **poprawić jej strukturę**.

Międzyplony i poplony pobierają również dużą ilość składników nawozowych z gleby, co **zapobiega ich wymywaniu do wód gruntowych**. Rozkład resztek roślinnych wzbogaca powierzchniową warstwę gleby w te składniki.

Do uprawy **poplonu ścierniskowego** powinna zostać wybrana roślina o krótkim okresie wegetacyjnym, rosnąca szybko i produkująca duże ilości zielonej masy przy małych wymaganiach wodnych podczas kiełkowania i wzrostu. Najbardziej rozpowszechnionymi poplonami są: gorczyca biała, facelia, rzodkiew, łubin, bobik, seradela, słonecznik, żyto.

Bardzo duże znaczenie dla ograniczania strat składników nawozowych mają **międzyplony ozime**. Dobrym międzyplonem ozimym mogą być mieszanki, np. żyta z rzepakiem.

15.6 Podsumowanie i rekomendacje

Najważniejsze praktyki pozwalające na ograniczenie strat składników nawozowych obejmują:

- uregulowanie odczynu gleb, aby zapewnić dobre warunki rozwoju roślin,
- dodatni bilans materii organicznej, która poprawia warunki wodne w glebie,
- dbałość o strukturę i właściwą przepuszczalność gleby,
- zabezpieczenie gleby przed erozją,
- właściwe stosowanie nawozów, a w szczególności dostosowanie dawek i terminów aplikacji do warunków i potrzeb roślin,
- stosowanie międzyplonów i poplonów, które zatrzymują składniki nawozowe w glebie.

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Opisz cechy gleby wpływające na jej właściwości sorpcyjne.
2. Jak można obliczyć niezbędną dawkę wapna?
3. Jakie czynniki najbardziej pozytywnie oddziałują na bilans materii organicznej w glebie, a jakie negatywnie?
4. Jakie czynniki naturalne i agrotechniczne oddziałują na strukturę gleby?
5. Jakie praktyki ograniczają wymywanie składników nawozowych do wód gruntowych, a jakie zmywy składników po powierzchni gleby?

Propozycja ćwiczenia

1. Na podstawie średnich plonów głównych roślin uprawnych w Polsce (dane GUS) określ pobranie azotu przez te rośliny z powierzchni 1 ha.
2. Opracuj zestaw praktyk ograniczających straty składników nawozowych z gleby lekkiej zakwaszonej.

16 Obowiązki rolników wynikające z realizacji dyrektywy azotanowej

Anna Tupin
Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie

Obowiązki wynikające z wdrażania dyrektywy azotanowej w Polsce określa Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (2018). Część wymagań dyrektywy azotanowej jest regulowana przepisami odrębnymi. I tak, wymóg stosowania w okresie roku dawki zwierzęcych nawozów naturalnych wykorzystywanych rolniczo nieprzekraczającej **170 kg azotu w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych** określony jest w ustawie z dnia 20 lipca 2017 roku – Prawo wodne. Natomiast **zakaz stosowania nawozów na glebach zamarzniętych, zalanych wodą, nasyconych wodą lub przykrytych śniegiem** określony jest w ustawie z dnia 10 lipca 2007 roku o nawozach i nawożeniu (Dz.U. z 2018 r. poz. 1259).

16.1 Wykorzystanie nawozów w pobliżu wód powierzchniowych i ujęć wody

Program działań określa warunki rolniczego **wykorzystania nawozów w pobliżu wód powierzchniowych** i **ujęć wody**. W obecnie obowiązującym określone są odległości od wód, w jakich nie stosuje się nawozów na gruntach rolnych (tabela 16.1). Wcześniej podano je w ustawie o nawozach i nawożeniu.

Istnieje możliwość zmniejszenia odległości o połowę w przypadku aplikowania nawozu urządzeniami bezpośrednio do gleby oraz podzielenia nawozu na trzy równe dawki przy zachowaniu co najmniej 14-dniowego odstępu między ich zastosowaniem.

Tabela 16.1. Odległości, w jakich nie stosuje się nawozów w pobliżu wód powierzchniowych lub ujęć wody

Na gruntach rolnych od brzegu

Rodzaj nawozu	jezior i zbiorników wodnych o pow. do 50 ha	cieków naturalnych	rowów z wyłączeniem rowów o szerokości do 5 m liczonej na górnej krawędzi brzegu	kanałów
nawozy z wyłączeniem gnojowicy	5 m	5 m	5 m	5 m
gnojowica	10 m	10 m	10 m	10 m

Na gruntach rolnych od

Rodzaj nawozu	brzegu jezior i zbiorników wodnych o pow. powyżej 50 ha	ujęć wody, jeżeli nie ustanowiono strefy ochronnej na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 roku Prawo wodne (Dz.U. z 2017 r. poz. 1566 i 2180, oraz Dz.U. z 2018 r. poz. 650 i 710)	obszarów morskiego pasa nadbrzeżnego
wszystkie rodzaje nawozów	20 m	20 m	20 m

Źródło: rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 roku w sprawie przyjęcia Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz. U. 2018 r. poz. 1339)

16.2 Wykorzystanie nawozów na terenach o dużym nachyleniu

Szczególną uwagę zwraca się na **używanie nawozów na terenach o dużym nachyleniu**. W przypadku terenów o dużym nachyleniu w kierunku wód powierzchniowych m.in. zwiększa się o 5 metrów odległość od wód, w pobliżu których obowiązuje zakaz stosowania nawozów. Na pozostałym terenie należy:

- odpowiednio rozdzielić dawki nawozów azotowych mineralnych,
- na gruntach ornych dokonać bezpośredniej aplikacji nawozów do gleby lub przyorać bądź wymieszać je z glebą, a w okresie wegetacyjnym roślin uprawnych – stosować je przy największym zapotrzebowaniu roślin na azot;
- zabiegi uprawowe należy wykonywać w kierunku poprzecznym do nachylenia stoku, stosując odkładanie skiby w górę stoku.

16.3 Terminy nawożenia

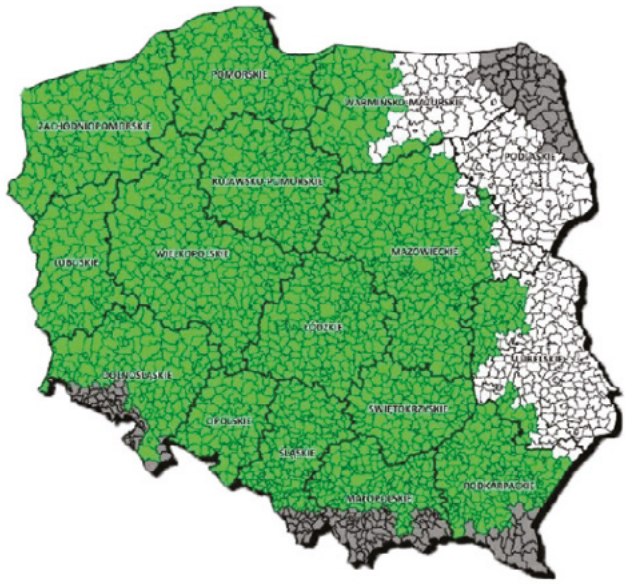
Do istotnych zmian wprowadzonych obecnym programem działań należą zmiany **okresów nawożenia**, które precyzują, kiedy można stosować nawozy azotowe mineralne oraz nawozy naturalne.

Na gruntach ornych nawozy stosuje się w terminach:

- **1 marca – 25 października** – nawozy azotowe mineralne i nawozy naturalne płynne na przeważającej części obszaru Polski,
- **1 marca – 31 października** – nawozy naturalne stałe.

Termin stosowania nawozów azotowych mineralnych i naturalnych płynnych został skrócony do 15 października lub do 20 października dla wybranych obszarów Polski (rys. 16.1), co wynika z dostosowania okresów nawożenia do długości sezonu wegetacyjnego.

Na **uprawach trwałych, uprawach wieloletnich oraz trwałych użytkach zielonych** nawozy mogą być stosowane w terminie **od 1 marca do 31 października** – azotowe mineralne i naturalne płynne, oraz **od 1 marca do 30 listopada** – nawozy naturalne stałe.



termin stosowania nawozów od dnia 1 marca do 20 października

termin stosowania nawozów od dnia 1 marca do 15 października (gminy z załącznika nr 2 do Programu działań)

termin stosowania nawozów od dnia 1 marca do 25 października (gminy z załącznika nr 3 do Programu działań)

Rys. 16.1. Mapa poglądowa gmin objętych różnymi terminami stosowania nawozów azotowych mineralnych oraz nawozów naturalnych płynnych
Źródło: Zasada wzajemnej zgodności (*cross-compliance*). Zmiany obowiązujące od 2018 r. w związku z wprowadzeniem obowiązku stosowania na obszarze całego kraju Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych, Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi 2018

16.4 Warunki przechowywania nawozów naturalnych

Program działań szczegółowo definiuje **warunki przechowywania nawozów naturalnych** rozumianych jako nawozy pochodzące od zwierząt gospodarskich (obornik, gnojówka, gnojowica, pomiot ptasi) przeznaczone do rolniczego wykorzystania, w tym również w formie przetworzonej. Wymagane jest zapewnienie odpowiedniej powierzchni nieprzepuszczalnych miejsc do przechowywania nawozów naturalnych stałych oraz odpowiednich pojemności przykrytych, w szczególności osłoną elastyczną lub osłoną pływającą, szczelnych zbiorników na nawozy naturalne płynne.

Program określa szczegółowo sposób wyliczenia powierzchni bądź pojemności zbiorników na nawozy naturalne, która jest wymagana dla danego gospodarstwa, tak aby zapewnić przechowanie:

- nawozów naturalnych płynnych przez 6 miesięcy,
- nawozów naturalnych stałych przez 5 miesięcy.



Fot. 16.1. Przykryty zbiornik na gnojowicę (fot. W. Krawczyk)





Fot. 16.2 a, b. Kożuch z gnojowicy zabezpiecza przed emisją amoniaku (fot. A. Dudek)

Dostosowanie powierzchni lub pojemności miejsc do przechowywania nawozów naturalnych według wymogów określonych w programie powinno nastąpić **do dnia 31 grudnia 2021 roku**, z wyjątkiem podmiotów prowadzących chów lub hodowlę zwierząt gospodarskich w liczbie mniejszej lub równej 210 DJP, dla których obowiązuje **termin do dnia 31 grudnia 2024 roku**.

Jednocześnie program dopuszcza przechowywanie **obornika na pryzmie bezpośrednio na gruncie przez okres nie dłuższy niż 6 miesięcy**. Działanie to jest obwarowane koniecznymi do spełnienia warunkami, m.in. pryzmę lokalizuje się poza zagłębieniami terenu, na możliwie płaskim terenie, o dopuszczalnym spadku do 3%, w miejscu niepiaszczystym i niepodmokłym, w odległości większej niż 25 m od linii brzegu wód powierzchniowych, pasa morskiego i ujęć wody, a ponowne złożenie obornika w tym samym miejscu następuje po czasie nie krótszym niż 3 lata.

Obowiązki nałożone są także na **podmioty przyjmujące nawozy naturalne na podstawie umowy**, które w chwili przyjmowania tych nawozów naturalnych powinny mieć odpowiednią powierzchnię lub pojemność do ich przechowywania w bezpieczny dla środowiska sposób, zapobiegający przedostawaniu się odcieków do wód i gruntu.

16.5 Dawkowanie i sposoby nawożenia azotem

W celu ograniczenia nadmiernego nawożenia azotem program działań wprowadził zapisy określające **dawkowanie i sposoby nawożenia azotem**, wskazując m.in. podmioty, które są zobowiązane do wykonywania **planów nawożenia azotem**, oraz precyzując metodę opracowania planu (tabela 16.2). Plan opracowuje się odrębnie dla każdej działki rolnej i przechowuje się w gospodarstwie rolnym przez okres 3 lat.

Program dopuszcza, że podmiot, który prowadzi chów lub hodowlę drobiu powyżej 40 tys. stanowisk lub chów lub hodowlę świń powyżej 2 tys. stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior, **może zbyć do 30% produkowanego nawozu naturalnego, a pozostałą ilość zagospodarowuje na użytkach rolnych**, których jest posiadaczem i na których prowadzi uprawę roślin lub może przeznaczyć do produkcji biogazu rolniczego. Należy podkreślić, że program wprowadził **obowiązek posiadania planu nawożenia także przez podmiot nabywający nawóz naturalny lub produkt pofermentacyjny od gospodarstw wielkotowarowych**.

Podmiot, który nie jest obowiązany do opracowania planu nawożenia azotem, powinien posiadać **obliczenia maksymalnych dawek azotu**. Wymagane jest stosowanie nawozów w takich dawkach, aby nie przekraczać maksymalnych ilości azotu działającego ze wszystkich źródeł, które zostały określone w załączniku do programu, dla upraw w plonie głównym, dla plonów uzyskiwanych w warunkach uregulowanego odczynu gleby, zbilansowanego nawożenia azotem, fosforem i potasem (NPK) i stosowania integrowanej ochrony roślin.

Ponadto program nakłada obowiązek **prowadzenia ewidencji zabiegów agrotechnicznych** związanych z nawożeniem azotem na prowadzących działalność rolniczą i posiadających plan nawożenia azotem albo obliczenia maksymalnych dawek azotu, jeśli działalność prowadzona jest na powierzchni większej lub równej 10 ha użytków rolnych lub utrzymuje się zwierzęta gospodarskie w liczbie większej lub równej 10 DJP według stanu średniorocznego.

Tabela 16.2. Obowiązki podmiotów związane z opracowywaniem planu nawożenia azotem

Rodzaj podmiotu	Podleganie wymogowi posiadania planu nawożenia azotem	Metoda opracowania planu nawożenia azotem
podmiot, który prowadzi chów lub hodowlę drobiu powyżej 40 tys. stanowisk lub chów bądź hodowlę świń powyżej 2 tys. stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior	tak, za wyjątkiem zbywanych nawozów naturalnych lub produktów pofermentacyjnych	opracowuje plan zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej, na podstawie składu chemicznego nawozów oraz potrzeb pokarmowych roślin i zasobności gleb, uwzględniających stosowanie odpadów i nawozów. Uzyskuje pozytywną opinię okręgowej stacji chemiczno-rolniczej o tym planie.Doręcza wójtowi (burmistrzowi, prezydentowi miasta) oraz wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska właściwemu ze względu na miejsce stosowania nawozów kopię planu wraz z pozytywną opinią
podmiot posiadający gospodarstwo rolne o powierzchni powyżej 100 ha użytków rolnych lub uprawy intensywne, których lista została określona w załączniku nr 7 do programu, na gruntach ornych na powierzchni powyżej 50 ha bądź utrzymujący obsadę większą niż 60 DJP według stanu średniorocznego	tak, za wyjątkiem zbywanych nawozów naturalnych lub produktów pofermentacyjnych	plan z uwzględnieniem sposobu obliczania dawki nawozów azotowych mineralnych – uproszczonego bilansu azotu, który został określony w załączniku do programu, lub przy zastosowaniu programu nawozowego obejmującego wymagania dla uproszczonego bilansu azotu
podmiot nabywający nawóz naturalny lub produkt pofermentacyjny do bezpośredniego rolniczego wykorzystania w celu nawożenia lub poprawy właściwości gleby od podmiotu importującego nawóz naturalny lub produkt pofermentacyjny bądź od podmiotu, który prowadzi chów lub hodowlę drobiu powyżej 40 tys. stanowisk lub chów bądź hodowlę świń powyżej 2 tys. stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg albo 750 stanowisk dla macior	tak	brak szczególnych wytycznych

Źródło: opracowanie własne

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. W jakim okresie mogą być stosowane nawozy naturalne na gruntach ornych na obszarze większości gmin w Polsce?
2. Jaką minimalną odległość od wód należy zachować, stosując nawozy w pobliżu brzegu jezior i zbiorników wodnych o powierzchni powyżej 50 ha, ujęć wody i obszarów morskiego pasa nadbrzeżnego, a jaką w pobliżu brzegu jezior i zbiorników wodnych o powierzchni do 50 ha, cieków naturalnych, rowów i kanałów?

Propozycja ćwiczenia

1. Na podstawie załącznika 5 do Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. z 2018 r. poz. 1339) wykonaj obliczenia wymaganej powierzchni płyty obornikowej dla gospodarstwa rolnego opisanego w ćwiczeniu do rozdziału 8.

Notatki

17 Rozwiązania oparte na przyrodzie jako narzędzia w ograniczaniu zanieczyszczeń z obszarów rolniczych do wód

Wojciech Frątczak
Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie

Katarzyna Izydorczyk
Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk

17.1 Rozwiązania oparte na przyrodzie

Ograniczenie zanieczyszczeń z obszarów rolniczych do wód jest możliwe. Prowadzi do niego poprawa praktyk rolniczych oraz świadome wykorzystywanie procesów zachodzących w środowisku, w tym rozwiązań opartych na przyrodzie.

Rozwiązania oparte na przyrodzie (ang. *nature-based solutions*) definiowane są jako „rozwiązania oparte i inspirowane naturą (przyrodą), które są opłacalne, dostarczają równocześnie korzyści natury ekologicznej, ekonomicznej i społecznej, a także wspierają adaptację do zmian klimatu". Do tych rozwiązań, stosowanych w ochronie wód na obszarach rolniczych, zaliczane są elementy krajobrazu dobrze znane, choć w wyniku intensyfikacji rolnictwa zanikające, takie jak:

- nadbrzeżne strefy buforowe,
- mokradła,
- oczka śródpolne.

Odtwarzanie tych elementów krajobrazu lub ich budowa przyczyniają się do ponownego wprowadzenia na tereny rolnicze procesów występujących w przyrodzie, które korzystnie wpływają na zamknięcie obiegów azotu i fosforu, oraz ograniczenia ich strat do wód.

Do rozwiązań opartych na przyrodzie należą także instalacje z zakresu **biotechnologii ekohydrologicznych** (Zalewski 2014), takie jak:

- bariery denitryfikacyjne, czyli instalacje ze złożem z materii organicznej, których celem jest wzmocnienie denitryfikacji i oczyszczenie wód podziemnych;
- wysokoefektywne strefy ekotonowe, których podstawą są nadbrzeżne roślinne strefy buforowe, zaś ich efektywność w usuwaniu zanieczyszczeń została wzmocniona poprzez instalację ściany denitryfikacyjnej oraz bariery na bazie kamienia wapiennego;
- sekwencyjne systemy sedymentacyjno-biofiltracyjne służące do podczyszczania wód płynących.

Instalacje te bazują na naturalnie występujących procesach, takich jak denitryfikacja, sorpcja fosforu czy asymilacja biogenów przez rośliny, a ich głównym celem jest regulowanie tych procesów dla zwiększenia efektywności ograniczania zanieczyszczeń.

Rozwiązania oparte na przyrodzie, w tym biotechnologie ekohydrologiczne, powinny być traktowane jako działanie wspomagające dobre praktyki rolnicze. Podejście takie przyczyni się do wzrostu skuteczności ograniczania zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego (Frątczak, Izydorczyk 2015).

17.2 Nadbrzeżne strefy buforowe jako bariera dla zanieczyszczeń pomiędzy gruntami ornymi a wodą

Strefy buforowe na styku lądu i wody (zwane również **ekotonami**) to jedno z najczęstszych rozwiązań opartych na przyrodzie. Występują one w formie pasów nadbrzeżnej stałej roślinności, np.: ziołorośli, szuwarów, wierzbowisk bądź zadrzewień, jak również w formie ekstensywnie użytkowanych łąk (fot. 17.1).

Ekotony zlokalizowane pomiędzy gruntami ornymi a ciekami chronią ekosystemy wodne przed bezpośrednim wpływem działań rolniczych, m.in. ograniczają przemieszczanie się składników nawozowych w środowisku. Strefy buforowe przyczyniają się do redukcji zanieczyszczeń transportowanych spływem powierzchniowym oraz redukują odpływ szkodliwych substancji występujących w płytkich wodach gruntowych (Izydorczyk i in. 2015).

Do procesów, dzięki którym strefy buforowe ograniczają zanieczyszczenia wód, należy **asymilacja azotu i fosforu przez rośliny**, a następnie przekształcenie biogenów w biomasę.

Wbudowywanie substancji biogenicznych w tkanki i korzenie roślin jest jednym z najistotniejszych procesów zachodzących w strefie wodno-lądowej. Jego intensywność wykazuje jednak dużą zmienność. W głównej mierze zależy ona od właściwości gatun-

kowych roślin oraz od czynników środowiskowych, takich jak: dostępność składników pokarmowych, poziom wód gruntowych czy światło i temperatura. **Trzcina pospolita**, za sprawą wbudowywania związków biogenicznych w jej tkanki, usuwa z ekosystemu w ciągu sezonu wegetacyjnego do 40 kg P/ha i do 225 kg N/ha. Dla **manny wodnej** występującej w strefach buforowych nad zbiornikiem Sulejów wartości zakumulowanych w biomasie substancji biogenicznych osiągnęły poziom: dla fosforu – 39 kg P/ha na rok i dla azotu – 266 kg N/ha na rok (Izydorczyk i in. 2015).





Fot. 17.1 a, b. Przykłady nadbrzeżnych stref buforowych na obszarach rolniczych (fot. archiwum autora)

Dla wychwytywania w strefach buforowych fosforu ważne są procesy fizykochemiczne zachodzące w glebie, takie jak:

- **sorpcja i wytrącanie** rozpuszczalnych form fosforu w reakcji ze składnikami gleby i tworzenie nierozpuszczalnych soli (patrz rozdział 8);
- **sedymentacja**, czyli osadzanie się w strefie cząstek gleby transportowanych spływem powierzchniowym, zmniejsza erozję gleby oraz transport form nierozpuszczalnych fosforu.

W strefie buforowej w wyniku sedymentacji można zatrzymać nawet 128 kg P/ha na rok (Hoffmann i in. 2009). Znaczącą drogę usuwania azotu stanowią z kolei procesy zachodzące w wyniku aktywności drobnoustrojów glebowych, w tym **denitryfikacja** polegająca na przekształceniu jonów azotanowych NO_3^- w gazową formę azotu N_2 (patrz rozdział 8).

Na przebieg denitryfikacji korzystnie wpływa wysoka wilgotność w strefach buforowych. Gdy pory glebowe są stale wypełnione wodą, redukcja stężenia azotanów w wyniku denitryfikacji waha się od 50% do nawet 90%. Badania naukowe wykazały, że denitryfikacja usuwa z gleby do 300 kg N/ha w ciągu roku. Istotne jest również to, że proces ten przebiega także w niskiej temperaturze (w zakresie od 1 do 5°C), co wydłuża okres pracy strefy buforowej również poza sezonem wegetacyjnym.

Odpowiednie zarządzanie strefami buforowymi w dolinach rzecznych jest kluczowe dla osiągnięcia dobrej jakości wód gruntowych i powierzchniowych. Szczególnie istotne jest stosowanie stref buforowych **wzdłuż małych cieków** narażonych na silną presję rolniczą ze względu na wysokie stężenie zanieczyszczeń w wodach gruntowych i powierzchniowych w stosunku do ilości przepływającej wody w cieku.

Odtworzenie stref buforowych wokół linii brzegowej **zbiorników wodnych** i naturalnych, i sztucznych należy uznać za podstawowy zabieg chroniący wody przed zanieczyszczeniami z rolniczo użytkowanej zlewni.

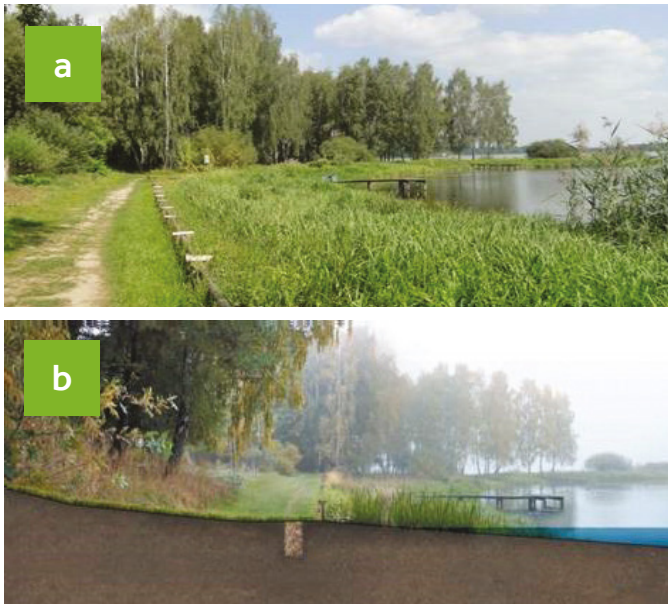
Należy jednak pamiętać, że dla efektywnego działania stref buforowych muszą być spełnione warunki graniczne (Izydorczyk i in. 2015). Optymalne strefy ekotonowe powinny mieć powyżej 10 m **szerokości**. Szerokość ta zapewnia nie tylko wysoki stopień usuwania biogenów, ale także wystarczająco szeroki pas roślinności stanowiącej korytarz migracyjny dla zwierząt. Biorąc jednak pod uwagę, że najwyższa redukcja substancji biogenicznych obserwowana jest w pierwszych metrach ekotonu, szerokość 5 m powinna stanowić minimalną szerokość strefy buforowej. Pas taki jest najczęściej na tyle wąski w stosunku do przyległego pola, że nie wyłącza zbyt dużego obszaru z produkcji rolniczej.

O skuteczności stref buforowych decyduje ich **ciągłość** wzdłuż linii brzegowej. Efektywniejsze są strefy ciągłe i wąskie w porównaniu ze strefami szerokimi, ale występującymi tylko na pewnych odcinkach linii brzegowej cieku lub zbiornika wodnego. Szczególną uwagę należy zwracać na wszelkiego rodzaju stałe bądź czasowe przerwy (np. bruzdy, obniżenie terenu), które stanowią uprzywilejowane drogi spływu dla wody i w znacznym stopniu ograniczają efekt działania strefy.

Konieczne jest również coroczne **wykaszanie** stref buforowych, pozwala to bowiem na wydłużenie zdolności retencjonowania materii organicznej w strefie. Gdy nastąpi wysycenie się strefy materią organiczną, może dochodzić do uwalniania fosforu i azotu z ekotonu do wody. Zalecane jest koszenie, a także przycinanie pędów oraz gałęzi w okresie późnego lata, a następnie ich **usuwanie ze strefy buforowej**, zanim azot i fosfor uwolnione w trakcie rozkładu biomasy dostaną się do gleby i wód.

17.3 Wysokoefektywne strefy ekotonowe – rozwiązanie dla obszarów nadbrzeżnych silnie zanieczyszczonych

Wysokoefektywne strefy ekotonowe to nadbrzeżne roślinne strefy buforowe, których efektywność została wzmocniona instalacją ściany denitryfikacyjnej w obszarach zanieczyszczonych związkami azotu oraz bariery na bazie kamienia wapiennego w obszarach zanieczyszczonych związkami fosforu (Izydorczyk i in. 2015). Zaleca się tworzyć takie strefy w obszarach nadbrzeżnych, w których stwierdza się silne zanieczyszczenie azotem i fosforem płytkich wód gruntowych mających kontakt z wodami powierzchniowymi.
W razie zanieczyszczenia wód gruntowych azotanami zaleca się dla zwiększenia efektywności **roślinnej strefy buforowej** skonstruowanie w strefie ściany denitryfikacyjnej jako elementu wzmacniającego proces denitryfikacji (patrz fot. 17.3).



Fot. 17.2 a, b. Prototypowa wysokoefektywna strefa ekotonowa dla ograniczenia zanieczyszczenia azotanami płytkich wód podziemnych (roślinna strefa wzmocniona budową podziemnej ściany denitryfikacyjnej umieszczonej w ciągu komunikacyjnym, stanowisko demonstracyjne Barkowice LIFE+ EKOROB): (a) zdjęcie wykonane po 3 latach eksploatacji, (b) schemat ze wskazaniem lokalizacji podziemnej ściany denitryfikacyjnej (fot. archiwum autora)

W prototypowej wysokoefektywnej strefie ekotonowej skonstruowanej w linii brzegowej zbiornika Sulejów na wysokości miejscowości Barkowice ściana denitryfikacyjna została skonstruowana przez wykonanie wykopu prostopadle do kierunku przepływu wód podziemnych oraz wypełnienie go wiórami sosnowymi wymieszanymi z piaskiem w proporcji 70/30 (fot. 17.2). Wyniki ze skonstruowanej wysokoefektywnej strefy ekotonowej wykazały skuteczność ściany denitryfikacji w usuwaniu azotanów na poziomie 67% przy stężeniu wejściowym ponad 200 mg NO_3/l (Frątczak i in. 2013).

W obszarze cechującym się wysokim stężeniem fosforu w płytkich wodach gruntowych zaleca się wzmocnienie **roślinnej strefy buforowej barierą wapienną. Bariera na bazie kamienia wapiennego** ma na celu zwiększenie zawartości wapnia w strefie nadbrzeżnej. W trakcie przepływu wód przez barierę wapienną redukuje się stężenie rozpuszczonych jonów fosforanowych w wyniku **adsorpcji jonów fosforu na powierzchni wapienia oraz strącanie rozpuszczonych jonów fosforu z jonami wapnia** i tworzenie nierozpuszczalnych fosforanów wapnia (patrz rozdział 8).

W prototypowej wysokoefektywnej strefie ekotonowej zbudowanej w miejscowości Zarzęcin w linii brzegowej zbiornika Sulejów bariera wapienna została wykonana w formie przekopu o głębokości 1,5 m i szerokości ok. 1 m wypełnionego wapieniem (o wielkości 5–8 cm) z zabezpieczeniem przed kolmatacją wykonanym z geowłókniny (fot. 17.3).

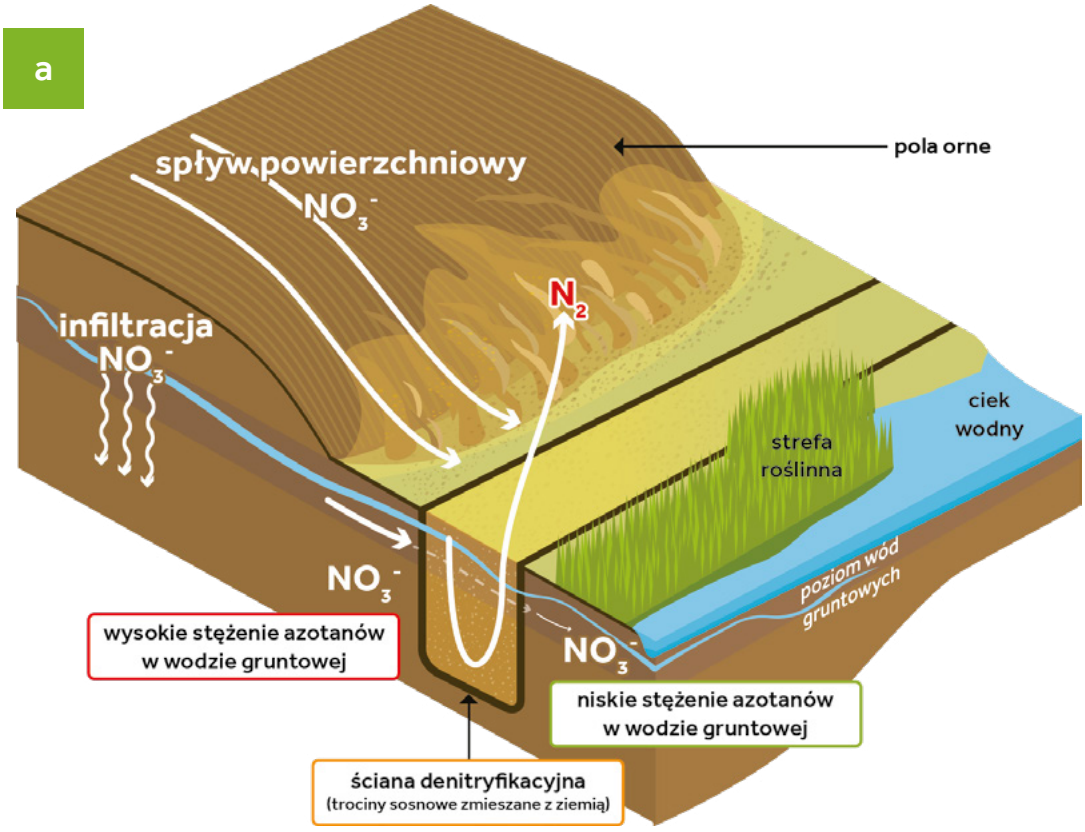


Fot. 17.3. Prototypowa wysokoefektywna strefa ekotonowa dla ograniczenia zanieczyszczenia związkami fosforu płytkich wód podziemnych – roślinna strefa buforowa wzmocniona podziemną barierą wapienną, stanowisko demonstracyjne Zarzęcin LIFE+ EKOROB (fot. archiwum autora)

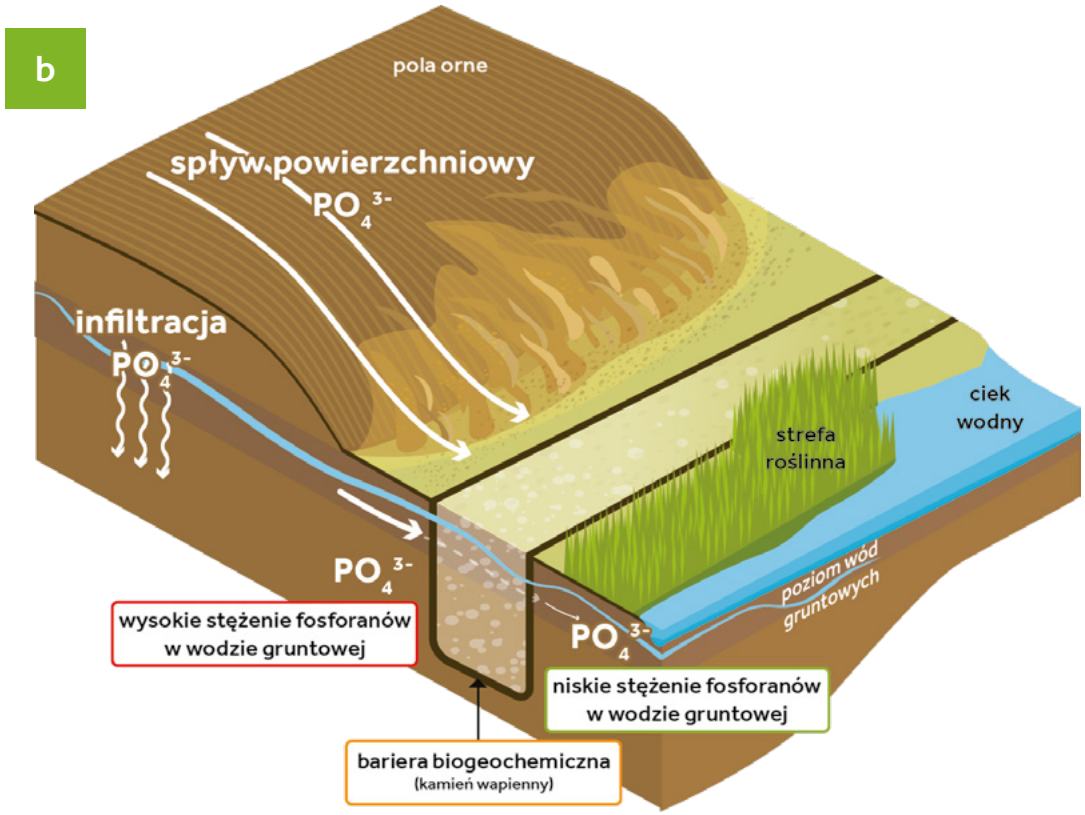
W pierwszym roku eksploatacji bariery wapiennej stężenie fosforanów w wodach gruntowych po przejściu przez barierę uległo redukcji o 58% (Izydorczyk i in. 2013). Kolejne lata eksploatacji przy wysokim obciążeniu fosforem (stężenie wejściowe powyżej 5 mg PO_4/l) pokazały jednak stosunkowo krótki czas życia złoża (Frątczak i in. 2019), wynikający zarówno z jego nasycenia, jak i kolmatacji. Konieczne okazało się dostosowanie techniki konstrukcji bariery tak, aby umożliwiała szybką i tanią wymianę złoża.
Wysokoefektywne strefy ekotonowe, stanowiące istotne narzędzie redukcji dopływu substancji biogenicznych z gruntów ornych do cieków i zbiorników wodnych, zaleca się stosować w rejonach intensywnej gospodarki rolniczej (rys. 17.1):

- o wysokim stopniu zanieczyszczenia wód gruntowych,
- przy niewystarczającej powierzchni do zastosowania szerokiej roślinnej strefy buforowej,
- przy występowaniu płytkiego zwierciadła wód gruntowych,
- w rejonie skarp cieków, z których obserwujemy wysięki wód do cieków (Izydorczyk i in. 2015).

Denitrfikacja – uwalnianie azotu **do atmosfery**



Wiązanie fosforu w kompleksy z wapniem Ca - P(x)



Rys. 17.1 a, b. Wysokoefektywne strefy ekotonowe jako narzędzie ograniczania zanieczyszczeń obszarowych pochodzenia rolniczego: (a) roślinna strefa buforowa wzmocniona ścianą denitryfikacyjną w celu zmniejszenia zanieczyszczenia azotanami; (b): roślinna strefa buforowa wzmocniona barierą wapienną w celu redukcji zanieczyszczeń fosforem
Źródło: Izydorczyk i in. 2015

17.4 Bariery denitryfikacyjne – rozwiązanie do walki z azotanami w wodzie gruntowej

Jednym ze skutecznych narzędzi ograniczania przemieszczania się azotanów z terenów rolniczych do wód jest zastosowanie **barier denitryfikacyjnych**, których działanie polega na wzmocnieniu denitryfikacji (Izydorczyk i in. 2015).

Proces ten jest kluczowy w usuwaniu zanieczyszczeń azotanowych (patrz rozdział 8). Jego intensyfikacja polega na dodaniu do złoża biodegradowalnego węgla organicznego, który stanowi źródło energii dla bakterii denitryfikacyjnych prowadzących przemianę azotanów do azotu atmosferycznego.

Materiał organiczny przemieszany z ziemią bądź piaskiem stanowi **złoże bariery denitryfikacyjnej**, przez które będą przepływały wody gruntowe zanieczyszczone azotanami. Istotne jest, aby do konstrukcji barier denitryfikacyjnych używać dostępnych w danym regionie **materiałów zawierających węgiel organiczny**. Należą do nich np.:

- kory lub trociny z drzew iglastych,
- trociny drzewne z palet dębowych,
- rozdrobnione odpady ogrodowe (gałęzie, liście),
- kompost z liści,
- słoma,
- resztki pożniwne,
- kolby kukurydzy,
- październe lniane,
- węgiel brunatny itp.

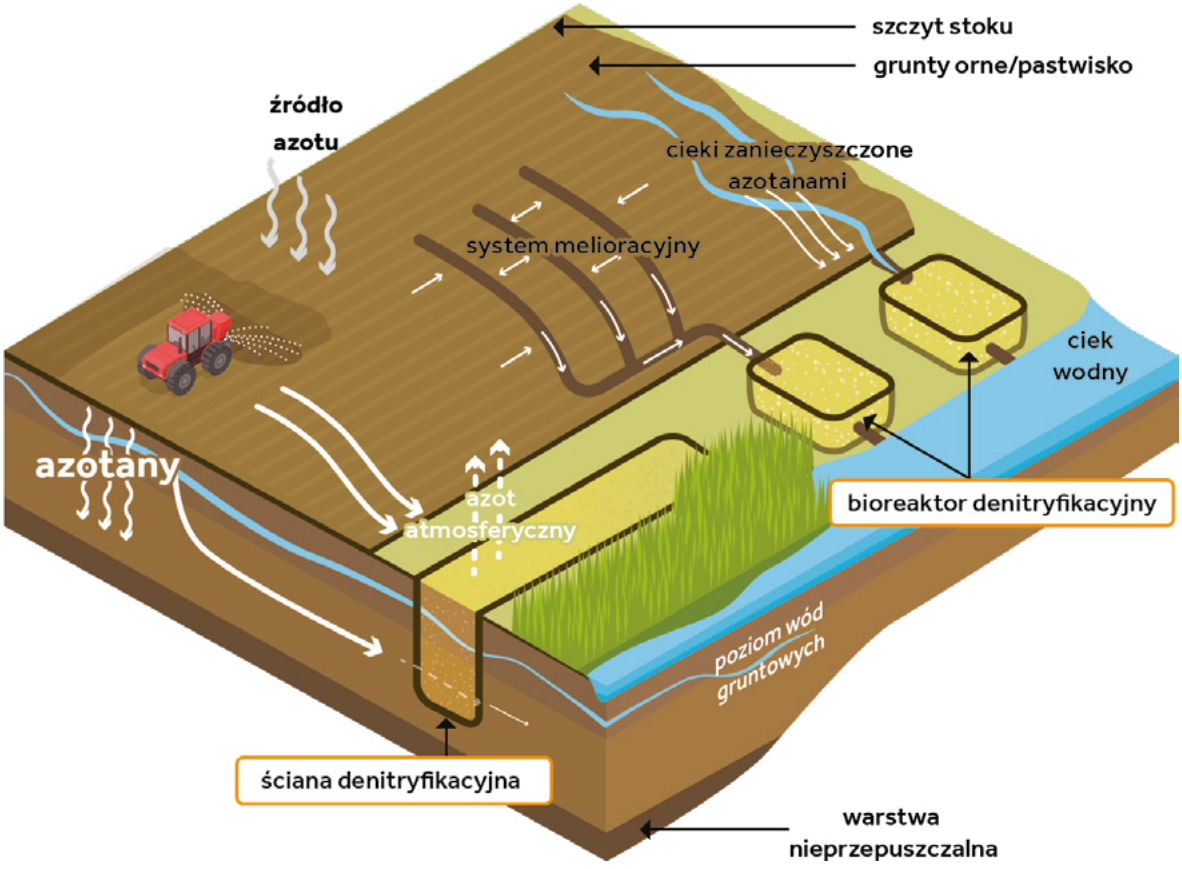
Zaletą barier denitryfikacyjnych jest **minimalna ingerencja w krajobraz i długotrwała praca** w terenie. Wykazano, że trociny sosnowe dostarczają aktywnego substratu denitryfikacyjnego przez co najmniej kilkanaście lat.

W zależności od specyfiki źródła zanieczyszczenia azotem w zlewni można stosować różne **typy barier denitryfikacyjnych**. W zależności od sposobu instalacji złoża w stosunku do kierunku przepływu wód bariery dzielimy na:

- warstwy denitryfikacyjne,
- ściany denitryfikacyjne,
- bioreaktory (złoża) denitryfikacyjne (rys. 17.2).

Warstwa denitryfikacyjna to pozioma warstwa materiału organicznego, która ma na celu redukcję azotanów wypłukanych grawitacyjnie (pionowo) do wód gruntowych. Zaleca się jej wykorzystanie do ochrony wód gruntowych pod pryzmą obornika.

Warstwy denitryfikacyjne utworzone z warstwy trocin drzewnych lub mieszaniny trocin drzewnych, kompostu z liści i nieprzetworzonych ziaren zbóż przyczyniły się do zmniejszenia stężenia azotanów w zakresie 74–80% przy maksymalnym dopływie zanieczyszczeń na poziomie 400 mg NO_3/l (Robertson i in. 2000).



Rys. 17.2. Bariery denitryfikacyjne – schemat umieszczenia ściany denitryfikacyjnej wzdłuż cieku, umieszczenie bioreaktora denitryfikacyjnego na zamknięciu systemu rowów melioracyjnych, zastosowanie bioreaktora denitryfikacyjnego na cieku naturalnym.
Źródło: Izydorczyk i in. 2015

Ściana denitryfikacyjna to wykop o głębokości 1–1,5 m wypełniony mieszanką piasku i materiału organicznego, usytuowany prostopadle do przepływu zanieczyszczonych azotanami płytkich wód gruntowych czy podpowierzchniowych wód drenarskich. Instalacje zastosowane wzdłuż linii brzegowej są przydatne do ochrony przed spływem podpowierzchniowym z pól uprawnych do rzek i jezior. Ściany denitryfikacyjne można również stosować wokół źródła punktowego, takiego jak pryzma obornikowa lub szklarnia.

Jeśli chodzi o efektywność ścian denitryfikacyjnych w usuwaniu azotanów, to przy wysokich stężeniach azotanów (powyżej 50 mg NO_3/l) ich wydajność wynosi od 50% do 95% stężenia wejściowego.

Bioreaktory to rodzaj „kontenera" wypełnionego substratem organicznym o głębokości zwykle 1–2 m i różnej długości. Mogą być umieszczone w dnie rowu melioracyjnego lub naturalnego cieku w celu poprawy jakości wód. Materiał organiczny umieszcza się bezpośrednio w rowach lub w zagłębieniach na drodze przepływu wód. Najczęściej stosowane były do rekultywacji odcieków z pól (np. upraw kukurydzy), ścieków z ferm czy odcieków z pól golfowych. Efektywność instalacji zwiększa się wraz ze wzrostem czasu retencji wody w złożu.

Bioreaktory zainstalowane na końcu drenów mogą usuwać nawet do kilkunastu kilogramów azotu w ciągu roku.

17.5 Naturalne i sztuczne mokradła

Mokradła (tereny podmokłe, wetlandy) to obszary, na które kierowane są wody powierzchniowe bogate w substancje nawozowe. Następnie woda jest na nich czasowo retencjonowana (zatrzymywana). Na obszarach tych powierzchnia wody jest wystawiona na działanie atmosfery. Pokrywa ją roślinność wodna (głównie wynurzona) nasadzona na stosunkowo płytkim dnie (głębokość wody 20–40 cm).

W celu poprawy jakości wód zaleca się:

- odtworzenie **naturalnych** terenów podmokłych,
- konstruowanie **sztucznych** mokradeł.

Podobnie jak strefy buforowe, również tereny podmokłe przyczyniają się do poprawy jakości wód przez procesy zachodzące w systemie roślinności wodnej, gleby i związanych z nią zbiorowisk mikroorganizmów.

Efektywność terenów podmokłych w usuwaniu składników biogenicznych zależy od kilku zmiennych, w tym od:

- warunków klimatycznych,
- czasu retencji wody (jak długo woda jest zatrzymywana w systemie),
- wielkości ładunku zanieczyszczeń dochodzącego do obszaru,
- długości okresu funkcjonowania,
- rodzaju budowy mokradeł.

Wadą terenów podmokłych jest to, że wymagają znacznej przestrzeni. Mogą też być przyczyną konfliktów z uwagi na niepożądany potencjalny wzrost liczebności komarów. Na sztucznie skonstruowanych mokradłach wartości usuwania substancji biogenicznych dochodzą nawet do 3 tys. kg N/ha na rok oraz 100 kg P/ha rok (Verhoeven i in. 2006). W przypadku rozpuszczonego nieorganicznego fosforu sztuczne mokradła mogą zatrzymać ponad 50% ładunku wchodzącego, o ile czas retencji wody przekracza siedem dni.

17.6 Naturalne lub sztuczne małe zbiorniki wodne

Stawy sedymentacyjne są rodzajem zbiorników wodnych, w których zawiesina i składniki biogeniczne są zatrzymywane głównie w wyniku sedymentacji. Mogą składać się z prostych niepodzielnych wgłębień, w których woda bogata w zawiesinę może zostać zretencjonowana lub mogą być połączone z obszarami podmokłymi.

Śródpolne oczka wodne to drobne bezodpływowe zbiorniki wodne, zazwyczaj o kształcie kolistym, głębokości dochodzącej do 3 m (średnio ok. 1 m) i powierzchni nieprzekraczającej z reguły 0,2 ha (fot. 17.4). Odtwarzanie oczek wodnych na obszarach podmokłych pól uprawnych przyczynia się do efektywnego usuwania azotu i fosforu ze spływu powierzchniowego w wyniku intensyfikacji sedymentacji oraz wbudowywania w biomasę roślin nadbrzeżnych i wodnych.



Fot. 17.4. Oczko śródpolne (fot. A. Guziak)

W przypadku odtwarzania oczek wodnych teren pod oczko należy wydzielić z produkcji rolniczej poprzez zaniechanie uprawy, a następnie wykonać pogłębienie i pozostawić obszar do naturalnej sukcesji.

17.7 Sekwencyjny system sedymentacyjno-biofiltracyjny do podczyszczania wód płynących

Sekwencyjny system sedymentacyjno-biofiltracyjny może być wykorzystany do poprawy jakości wód w ciekach sztucznych i naturalnych. Prototypowy system został opracowany i skonstruowany w celu doczyszczania wód burzowych i zabezpieczenia jakości wód kaskady zbiorników zbudowanych na rzece Sokołowce w Łodzi (Zalewski i in. 2014). W pierwszym roku funkcjonowania odnotowano redukcję stężenia azotu całkowitego i zawiesiny ogólnej o 50%.



Fot. 17.5. Sekwencyjny system sedymentacyjno-biofiltracyjny zbudowany na dopływie z Goleszy Dużych w celu podczyszczania wód cieku o zlewni rolniczo-leśnej, bezpośrednio zasilający Zbiornik Sulejów, stanowisko demonstracyjne Swolszewice LIFE+EKOROB (fot. archiwum autora)

Omawiany system jest typem wzmocnionych, sztucznych obszarów podmokłych składającym się z trzech stref: sedymentacji, geochemicznej oraz biofiltracji (fot. 17.5). **Strefa sedymentacji** zbudowana jest w celu ograniczenia transportu zawiesiny mineralnej i organicznej. W wyniku spowolnienia przepływu wód następuje sedymentacja, czyli osadzanie cząstek zawiesiny. Dla prawidłowego funkcjonowania systemu konieczne jest usunięcie zgromadzonego materiału poprzez odmulanie części sedymentacyjnej co najmniej dwa razy do roku: wiosną po zejściu pokrywy śnieżnej oraz jesienią.

Głównym celem **strefy geochemicznej** jest redukcja stężenia fosforu rozpuszczonego w wodzie. W trakcie przepływu wód przez barierę skonstruowaną z gabionów wypełnionych mieszanką kamienia wapienno-dolomitowego wzmocniony zostaje proces adsorbacji oraz strącania fosforu z jonami wapnia i tworzenie nierozpuszczalnych fosforanów wapnia.

W **strefie biofiltracji** wykorzystywany jest proces retencji fosforu i azotu w tkankach roślin. Na odpowiednio przygotowanym podłożu żwirowo-piaskowym ze zmiennym gradientem głębokości wykonuje się nasadzenia roślin wodnych, m.in. manny mielca czy trzciny pospolitej.
Aby usunąć zakumulowane w tkankach roślin związki biogeniczne, konieczne jest wykaszanie roślin oraz pozbycie się wykoszonej biomasy z systemu po sezonie wegetacyjnym. Działanie to ma na celu ograniczenie uwalniania związków azotu i fosforu w trakcie zimy wskutek rozkładu roślin.

Sekwencyjne systemy sedymentacyjno-biofitracyjne mogą być stosowane w zlewni rolniczej w celu:

- podczyszczania wód odpływających z systemów melioracyjnych i obszarów zmeliorowanych,
- podczyszczenia wód cieków w rejonach intensywnej gospodarki rolniczej,
- podczyszczenia wód cieków w obszarach narażonych na presję komunalną (nielegalne zrzuty),
- podczyszczenia wód opadowych w obrębie domostw (podwórek), jak i z obszaru sołectw przed odprowadzeniem do cieków i zbiorników wodnych (Izydorczyk i in. 2015).

Pytania i polecenia sprawdzające wiedzę

1. Jakie procesy zachodzące w strefie buforowej ograniczają zanieczyszczenie wód?
2. Jakie wyróżniamy typy barier denitryfikacyjnych?
3. Gdzie mogą być wykorzystywane sekwencyjne systemy sedymentacyjno-biofiltracyjne?

Propozycja ćwiczenia

1. Które z przedstawionych rozwiązań opartych na przyrodzie możesz zastosować w obrębie rodzinnego gospodarstwa rolnego? Uzasadnij wybór, uwzględniając potencjalne źródła zanieczyszczeń.

2. Na podstawie map zamieszczonych na portalu http://mapy.geoportal.gov.pl wylicz, jaką powierzchnię zajmują w twoim gospodarstwie strefy buforowe (w tym ekstensywne łąki) pomiędzy gruntami ornymi a ciekami. Następnie oblicz, jaką powierzchnię zajmowałyby strefy buforowe przy założeniu zachowania 5-metrowej szerokości.

18 Jak w szkołach rolniczych uczyć o zrównoważonym rolnictwie

Marek Rudziński
Krajowe Centrum Edukacji Rolniczej w Brwinowie

Dynamiczny rozwój technologii rolniczej, konkurencyjność na rynku wytwórców żywności i wymogi rynku powodują ciągły wzrost oczekiwań w zakresie zwiększenia skali produkcji i wydajności jednostkowej. Wymaga to ciągłego wzrostu nakładów materiałowych intensyfikujących produkcję: dawkowania nawozów, środków ochrony roślin, uprawy gleby. Wprowadzanie zasad rolnictwa precyzyjnego do produkcji rolniczej nie sprzyja producentom środków ochrony roślin czy nawozów mineralnych. Zastosowanie tych zasad znacznie ogranicza bowiem zużycie nawozów, wymaga natomiast niejednokrotnie dużych nakładów inwestycyjnych na modernizację sprzętu do wykonywania niektórych zabiegów agrotechnicznych, co też jest działaniem proekologicznym, sprzyjającym zachowaniu bioróżnorodności.



Fot. 18.1. Różnorodność biologiczna jest podstawą życia i działalności człowieka (fot. J. Szałach)

Działalność produkcyjna, ogrodnicza czy rolnicza, odbywa się w określonym środowisku przyrodniczym i ma duży wpływ na zachodzące w nim zmiany – niekiedy niszczący, zwłaszcza w kontekście dynamicznego rozwoju produkcji rolniczej, wynikającego ze zwiększonego zapotrzebowania na żywność, które nie pokrywa się z gęstością zaludnienia na świecie.

Problemy konieczności ochrony środowiska zostały wyeksponowane w przedłożonym przez ministra rolnictwa i rozwoju wsi dokumencie przyjętym przez Radę Ministrów, Wspólna polityka rolna po 2020 roku – polskie priorytety. Według tych zapisów, drugi filar WPR jest ważnym narzędziem realizacji europejskich celów w obszarze ochrony środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatu. Wcześniej zagadnienia ochrony były już ujęte w zasadach wzajemnej zgodności (*cross-compliance*). Odbieranie płatności bezpośrednich przez rolników w pełnej wysokości w ramach różnych systemów (SPS i SAPS) zostało uzależnione od utrzymywania gruntów wchodzących w skład gospodarstwa o dobrej kulturze rolnej, zgodnej z ochroną środowiska (GAEC), oraz od spełniania wymogów z zakresu środowiska i innych czynników:

- identyfikacji i rejestracji zwierząt (obszar A),
- zdrowia publicznego, zdrowia zwierząt i roślin (obszar B),
- dobrostanu zwierząt (obszar C).

Pojęcie środowiska naturalnego jako obszaru niezmienionego przez działalność człowieka traci sens, ponieważ nawet na obszary trudno dostępne dla działalności rolniczej (wysokie góry, obszary pokryte lodem) przemieszczają się zanieczyszczenia z terenów rolniczych, np. poprzez emisję lotnych substancji czy spływ zanieczyszczeń do cieków wodnych. Ponadto producenci środków do produkcji rolniczej nie są najczęściej zainteresowani zmniejszaniem ich aplikowanej ilości, gdyż jest to sprzeczne z ich ekonomicznym interesem zwiększania produkcji, poszukiwania i wskazywania nowych obszarów zbytu czy zastosowania ich produktów jako środków do intensyfikacji produkcji. Takie podejście często dominuje w ekonomii produkcji, dlatego należy je równoważyć działaniami ochraniającymi otaczające człowieka środowisko przyrodnicze. Często dochodzi tu do konfliktu, ale dysponując określoną wiedzą, można tak prowadzić działalność rolniczą czy produkcyjną, aby mniej degradowała ona otaczające nas środowisko przyrodnicze z całym bogactwem jego bioróżnorodności.



Fot. 18.2. Zachowanie bioróżnorodności w krajobrazie rolniczym zapewnia bogactwo gatunków flory i fauny (fot. M. Szewczyk-Mucha)

Nie bez znaczenia jest też wpływ działalności człowieka na zmiany klimatyczne, m.in. ocieplenie czy okresy suszy, które powodują zwiększenie obszarów

deficytu wody, będącej jednym z kluczowych warunków produkcji roślinnej (jako produktów do konsumpcji po przetworzeniu lub jako paszy dla zwierząt hodowlanych). Zmiany klimatu są powodem pojawiania się gwałtownych zjawisk atmosferycznych, które powodują duże zniszczenia w uprawach (np. nagłe wichury czy ulewy). Gwałtowny opad prowadzi do wypłukiwania składników, a efektem jest raptowny spływ wody (erozja, wymywanie).

Oprócz tego pozarolnicza działalność człowieka powoduje znaczne zmiany w środowisku, np. wyrobiska po kopalniach odkrywkowych skutecznie obniżają poziom wód gruntowych, co powoduje „stepowienie" urodzajnych rejonów Wielkopolski (odkrywki po złożach węgla brunatnego).

Rynek konsumentów oczekuje żywności zdrowej (zwłaszcza pochodzenia roślinnego, bez nadmiernej aplikacji związków chemicznych w procesie uprawy) czy genetycznie modyfikowanej. Z tego powodu należy wskazywać takie kierunki produkcji rolniczej, które mogą stanowić zwiększone źródło dochodu ze sprzedaży jakościowej żywności, produkowanej w niezanieczyszczonym środowisku.
Kształcenie zawodowe w szkołach ponadpodstawowych czy ponadgimnazjalnych, a od 1 września 2019 roku kształcenie branżowe, ukierunkowane jest głównie na aspekty produkcyjne.



Fot. 18.3. Barwne runo łąkowe. Kwitnie m.in. firletka poszarpana, jaskier ostry oraz dzwonek rozpierzchły (fot. H. Andrzejewski)

Dotyczy to również zawodów rolniczych, branży rolno-hodowlanej czy branży ogrodniczej. Zespół autorów niniejszej publikacji podczas warsztatów dla szkół uczestniczących w realizowanym projekcie dokonał analizy zapisów figurujących w podstawach programowych szkolnictwa branżowego, które mają obowiązywać w szkołach kształcących w zawodach rolniczych (rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 16 maja 2019 w sprawie podstaw programowych kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz dodatkowych umiejętności zawodowych w zakresie wybranych zawodów szkolnictwa branżowego, Dz.U. z 2019 r. poz. 991). Z przeprowadzonej analizy zapisów wynika, że zaprezentowane w niniejszym opracowaniu zagadnienia w wielu podstawach programowych są zbieżne z oczekiwaniami tego dokumentu i będą przydatnym materiałem w kształceniu w wielu zawodach z branży rolno-hodowlanej.

Syntetyczne opracowanie zagadnień może być źródłem wiedzy o zachowaniu bioróżnorodności w działalności produkcyjnej na terenach wiejskich dla nauczycieli kształcenia zawodowego. Nauczyciele mogą przekazać pozyskaną wiedzę uczniom, dobierając treści odpowiednio do prowadzonych zajęć z zakresu kształcenia zawodowego.

18.1 W jakich zawodach uczyć o zrównoważonym rolnictwie

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 15 lutego 2019 roku w sprawie ogólnych celów i zadań kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz klasyfikacji zawodów szkolnictwa branżowego (Dz.U. z 2019 r. poz. 316) minister rolnictwa i rozwoju wsi jest odpowiedzialny za kształcenie w zawodach ujętych w tabeli 18.1. Znajdują się wśród nich zawody o charakterze przetwórczym, które mogą wydawać się tu zbędne, jednak działalność produkcyjna ich przedstawicieli również wpływa na środowisko przyrodnicze (odpady poprodukcyjne, ścieki, opakowania po półproduktach czy wyrobach). Dla osób z tej grupy zawodów niektóre z zaprezentowanych zagadnień też są przydatne, aby organizując i prowadząc proces produkcji, miały świadomość swojego wpływu na środowisko przyrodnicze.



Fot. 18.4. Największym skarbem polskiej wsi jest jej bogactwo przyrodnicze (fot. P. Czaja)

Głównymi adresatami niniejszego opracowania powinni być uczniowie kształcący się w zawodach bezpośrednio związanych z prowadzoną produkcją rolniczą: roślinną, zwierzęcą, ogrodniczą. W opublikowanych podstawach programowych zwrócono uwagę na zagadnienia stosowania środków ochrony roślin, z którymi ma się do czynienia we wszystkich zawodach związanych z produkcją roślinną; są one również stosowane jako pasza dla zwierząt (o czym wie technik hodowca koni, pszczelarz) czy rośliny ozdobne (o czym wie ogrodnik, technik architektury krajobrazu).

Tabela 18.1. Zawody zaliczane do właściwych dla ministra rolnictwa i rozwoju wsi

Lp.	Symbol cyfrowy	Nazwa zawodu
1.	311208	Technik inżynierii środowiska i melioracji
2.	311515	Technik mechanizacji rolnictwa i agrotroniki
3.	311930	Technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej
4.	324002	Technik weterynarii
5.	314202	Technik architektury krajobrazu
6.	314203	Technik hodowca koni
7.	314205	Technik ogrodnik
8.	314206	Technik pszczelarz
9.	314207	Technik rolnik
10.	314208	Technik rybactwa śródlądowego
11.	314402	Technik przetwórstwa mleczarskiego
12.	314403	Technik technologii żywności
13.	331402	Technik agrobiznesu
14.	343404	Technik żywienia i usług gastronomicznych
15.	512001	Kucharz
16.	515203	Technik turystyki wiejskiej
17.	611303	Ogrodnik
18.	612302	Pszczelarz
19.	613003	Rolnik
20.	622201	Rybak śródlądowy
21.	751107	Wędliniarz
22.	751201	Cukiernik
23.	751204	Piekarz
24.	816003	Operator maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego
25.	834103	Mechanik-operator pojazdów i maszyn rolniczych
26.	751103	Przetwórca ryb
27.	516408	Jeździec

Źródło: Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 15 lutego 2019 r. w sprawie ogólnych celów i zadań kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego oraz klasyfikacji zawodów szkolnictwa branżowego (Dz. U. z 2019 r. poz. 316, z późn. zm)



Fot. 18.5. Koniczyna biała na łące świeżej (fot. H. Andrzejewski)

We wszystkich zawodach związanych z produkcją roślinną pojawia się – oprócz ochrony roślin – problem nawożenia organicznego i mineralnego, niepozostającego bez wpływu na środowisko przyrodnicze. Z tego powodu zagadnienia opisane w tym opracowaniu dla uczniów kształcących się w tych zawodach są szczególnie ważne i powinny być uwzględnione w materiale nauczania.

Nie można zapominać o zawodach, których część stanowi obsługa środków technicznych czy wykonywanie zabiegów agrotechnicznych (ich planowanie, ustalanie terminu wykonania, dawek, regulacji parametrów roboczych maszyn czy urządzeń). Dotyczy to w szczególności operatora pojazdów, maszyn i urządzeń rolniczych czy technika mechanizacji i agrotroniki. Rola agrotroniki, stosowania i wprowadzania zasad rolnictwa precyzyjnego, wymaga dużej wiedzy technologicznej, ale i wiadomości o wpływie stosowanej techniki na środowisko przyrodnicze. Istotnie, w zapisach podstawy zwrócono uwagę na bezpośrednie skutki oddziaływania na środowisko przez pracę sprzętem technicznym,

i zabiegi agrotechniczne. Jest też dużo wzajemnych korelacji i wpływu, którego w procesie kształcenia technologicznego się nie eksponuje (zmiana poziomu wód gruntowych poprzez zaniedbane urządzenia melioracyjne i wpływ tego wszystkiego na organizmy w glebie – nie tylko na rośliny).



Fot. 18.6. Owady zapylające szczególnie wpływają na plony. (fot. P. Czaja)

W dobie rozwoju mechanizacji rolnictwa są to ważne zagadnienia, ponieważ rola człowieka w procesie produkcji zmienia się, już nie jest on głównym wykonawcą zadań produkcyjnych, ale staje się wyłącznie organizatorem procesu produkcji – chociaż i tu jego rola zostaje ograniczona na rzecz automatyzacji i robotyzacji procesów prac w rolnictwie. Ten stopniowy rozwój potwierdzają kolejne poziomy zaawansowania technologicznego:

- rolnictwo bez technik (ręczna siła napędowa),
- mechanizacja rolnictwa: „Rolnictwo 1.0",
- biotechnologie (chemia): „Rolnictwo 2.0",
- rolnictwo precyzyjne: „Rolnictwo 3.0",
- wprowadzenie telematyki do zarządzania: „Rolnictwo 4.0",
- automatyzacja, robotyzacja: „Rolnictwo 5.0".



Fot. 18.7. Rzeżucha łąkowa - wczesnowiosenny gatunek wilgotnych łąk (fot. H. Andrzejewski)

Jeśli stosowanie techniki będzie powszechne, może to spowodować zmarginalizowanie postrzegania ekologii i bioróżnorodności w procesie produkcji, bo na te zagadnienia automaty czy komputery sterujące procesami nie będą wrażliwe. Obsługujący je producent czy eksploatator sprzętu musi mieć jednak świadomość długofalowych konsekwencji podejmowanych działań na środowisko przyrodnicze.

18.2 Na jakich przedmiotach i na jakim etapie wprowadzać elementy edukacji ekologicznej

W obecnym porządku prawnym od 2008 roku każdy nauczyciel kształcenia zawodowego ma pełną autonomię w zakresie doboru treści kształcenia czy materiału nauczania. Od ponad 10 lat nie ma już jedynego słusznego programu nauczania zatwierdzonego przez ministra edukacji narodowej. Dopuszczanie programu do użytku szkolnego zostało scedowane na dyrektora szkoły, który może zasięgać opinii doradców czy specjalistów przed podjęciem decyzji o dopuszczeniu określonego programu nauczania w szkole, którą kieruje. Szkoły, placówki edukacyjne uzyskały pełną autonomię do opracowywania programów nauczania, wyodrębniania przedmiotów, ich nazywania.

Odrębnym zagadnieniem zawsze było, czy nauczyciele byli i są przygotowani do tak dużej autonomii, bo najczęściej na studiach merytorycznych, które kończyli, nie uczono ich konstruować programów nauczania. Z tego powodu zawsze były dostępne przykładowe programy nauczania, i tak jest do tej pory. Nauczyciele kształcenia zawodowego mają prawo je modyfikować, modernizować; mają nawet obowiązek dostosowywać je do lokalnych warunków czy środowiska, w którym funkcjonuje placówka edukacyjna. To do nich należy dobór programu nauczania, zmodyfikowanie czy opracowanie go. Mają pełną swobodę w doborze materiału nauczania, aby zapewnić realizację podstawy programowej kształcenia w zawodzie. Nie muszą się ograniczać wyłącznie do zapisów podstawy programowej, mogą wykraczać poza nie. To wszystko można zrobić w ramach ustalonej liczby godzin i uwzględnieniu korelacji w zakresie całego kształcenia w określonym typie szkoły (branżowa, technikum). Należy pamiętać również o korelacji z kształceniem ogólnym, które powinno być podstawą do kształcenia zawodowego (np. biologia czy fizyka).

Jest istotna różnica pomiędzy kształceniem ogólnym i zawodowym. W ramach kształcenia ogólnego każdy przedmiot ma odrębną podstawę programową. W kształceniu zawodowym natomiast jest jedna podstawa programowa dla kwalifikacji określonej w klasyfikacji zawodów. Od 1 września 2019 roku mamy w klasyfikacji wyłącznie zawody o jednej lub dwu kwalifikacjach, których ukończenie potwierdzone certyfikatami z egzaminów zewnętrznych, uzupełnione wymaganym poziomem wykształcenia umożliwi uzyskanie określonych kwalifikacji zawodowych. Jeśli w zawodzie wyodrębnione są dwie kwalifikacje, to dopiero po ukończeniu obu kwalifikacji, zdaniu egzaminu potwierdzającego kwalifikację w każdej z nich i po uzyskaniu wymaganego poziomu wykształcenia możliwe jest uzyskanie dyplomu potwierdzającego określone kwalifikacje w zawodzie.

Zagadnienia dotyczące edukacji ekologicznej i bioróżnorodności można wprowadzać na każdym etapie kształcenia, zarówno w ramach kształcenia ogólnego, jak i zawodowego. Zaprezentowany w niniejszym opracowaniu materiał, w zależności od jego zakresu merytorycznego można wprowadzić jako gotowe jednostki lekcyjne w kształceniu teoretycznym i do zajęć praktycznych. Najlepiej, jeśli zajęcia teoretyczne, dające podbudowę merytoryczną uzupełnione zostaną zajęciami praktycznymi o charakterze badawczym, pomiarowym czy ćwiczeniowym, jeśli szkoła będzie dysponować przyrządami pomiarowymi.

Zespół ekspertów przygotowujących te materiały wskazał jednoznacznie, że **w wielu podstawach programowych są zapisy efektów kształcenia bezpośrednio korespondujące z poruszanymi w opracowaniu zagadnieniami**. Bez żadnego problemu można zatem uznać, że **niniejsze opracowanie formalnie wpisuje się w niektóre zapisy podstaw programowych kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego i można zagadnienia te włączyć do programów nauczania** i zajęć dydaktycznych wynikających z programów nauczania w ramach godzin przeznaczonych na kształcenie zawodowe.



Fot. 18.8. Krajobraz rolniczy jest miejscem bytowania i rozrodu wielu gatunków ptaków (fot. M. Dobrzyńska)

Powyższe stwierdzenie można poprzeć przykładami zapisów z różnych podstaw programowych. W kilku zawodach została wprowadzona jednostka efektów kształcenia: „dobieranie metod i **środków ochrony roślin** zgodnie z zasadami **integrowanej ochrony roślin**". W wielu zawodach w jednostce efektów kształcenia w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy znajdują się zapisy:

- „stosuje zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz przestrzega przepisów prawa dotyczących ochrony przeciwpożarowej i **ochrony środowiska w rolnictwie**",
- „rozróżnia zadania i uprawnienia instytucji oraz służb działających w zakresie ochrony pracy i **ochrony środowiska**",
- „określa skutki oddziaływania **czynników wpływających negatywnie** na organizm człowieka".

W wielu zawodach w zakresie podstaw rolnictwa wprowadzono też zapisy z zakresu efektów kształcenia, takie jak:

- „**rozróżnia czynniki siedliska** i zabiegi uprawowe",
- „**rozpoznaje gleby i ocenia** ich wartość rolniczą",
- „**ocenia wpływ nawozów** na glebę i rośliny",
- „rozpoznaje **gatunki roślin i zwierząt**".

Również w jednostkach technicznych, produkcyjnych wśród efektów kształcenia można znaleźć zapisy:

- „dobiera **rośliny do warunków klimatyczno-glebowych** i ekonomicznych danego rejonu",
- „dobiera **zmianowanie roślin** uprawnych do **określonych warunków** gospodarstwa rolnego",
- „**planuje nawożenie organiczne i mineralne**",
- „prowadzi **uprawę roślin zgodnie ze Zwykłą Dobrą Praktyką Rolniczą** i z zasadą wzajemnej zgodności oraz rachunkiem ekonomicznym",
- „stosuje **ekologiczne metody uprawy** roślin",
- „dobiera **sposoby utrzymania zwierząt gospodarskich**",
- „prowadzi **produkcję zwierzęcą zgodnie ze Zwykłą Dobrą Praktyką Rolniczą** i z zasadą wzajemnej zgodności",
- „planuje **sposoby przeciwdziałania procesom degradacji i dewastacji gleb**",
- „wyjaśnia **zasady rolnictwa precyzyjnego**",
- „planuje **optymalne wykorzystanie sprzętu technicznego** z zastosowaniem systemów elektronicznych i nawigacji satelitarnej",
- „**charakteryzuje grupy i gatunki roślin ozdobnych** stosowanych w architekturze krajobrazu",
- „charakteryzuje prace **rewaloryzacyjne zabytkowych założeń ogrodowych**",
- „**charakteryzuje zbiorowiska roślinne**",
- „charakteryzuje **rośliny ozdobne** stosowane w obiektach architektury krajobrazu".

W razie decyzji o umieszczeniu tych zagadnień w programie przedmiotów zawodowych jedynym ograniczeniem jest całkowita liczba godzin w kształceniu zawodowym. Jeśli takiej decyzji nie podjęto, umieszczenie to nadal jest formalnie możliwe – w zawodach zajmujących się technologiami produkcji rolniczej takie zapisy figurują w podstawach programowych.



Fot. 18.9. Zachowanie bioróżnorodności jest niezbędne do utrzymania procesów ekologicznych (fot. M. Szewczyk-Mucha)

Gdy brak takich zapisów w podstawach programowych kształcenia w zawodach szkolnictwa branżowego, jeśli szkoła uzna to za stosowne, ze względu na walory środowiska, w którym kształci absolwentów, np. sąsiedztwo parku krajobrazowego, terenów szczególnie chronionych czy rekreacyjnych, można również te zagadnienia wprowadzić do procesu kształcenia zawodowego. Ustawodawca pozostawił do autonomicznej decyzji szkoły, tworząc różnicę pomiędzy liczbą godzin kształcenia zawartą w podstawie programowej dla każdej kwalifikacji a liczbą godzin wynikającą z ramowego planu nauczania dla określonego typu szkoły (np. technikum, szkoły branżowej I czy II stopnia). Dotyczy to każdego zawodu i każdej kwalifikacji. Różnica ta wynosi średnio ok. 200–300 godzin w zależności od zawodu. Część tych godzin można przeznaczyć na opisane w tej publikacji zagadnienia.

Wiele podstaw programowych zawiera zapisy, które bezpośrednio nawiązują do naszego opracowania, można zatem i należy wprowadzać te zagadnienia do programów nauczania. Ponadto w ramach już realizowanych zajęć z niektórych przedmiotów zawodowych (podstawy produkcji rolniczej, roślinnej, ogrodniczej) bez problemu można było wykorzystać prezentowane tutaj treści.

18.3 Metody nauczania i uczenia się

Proces kształcenia zawodowego w poszczególnych kwalifikacjach może być realizowany w różnych formach kształcenia. Najpopularniejsze są zapewne formy szkolne: technikum, szkoła branżowa I i II stopnia, szkoła policealna. Istnieje też możliwość kształcenia na kwalifikacyjnych kursach zawodowych czy kursach umiejętności zawodowych. Powinno to zresztą wynikać już bezpośrednio z zapisów w podstawach programowych.

Dobór metod nauczania musi być dostosowany do poziomu odbiorcy, jego wieku, możliwości edukacyjnych i percepcyjnych. Ważny w doborze metod jest rodzaj zajęć, ponieważ zagadnienia te mogą być realizowane podczas:

- zajęć teoretycznych (klasowo-lekcyjnych),
- zajęć praktycznych (w grupach),
- praktyk zawodowych (indywidualnych, grupowych),
- wycieczek dydaktycznych.

W każdym podręczniku akademickim z zakresu dydaktyki znajdziemy przykłady potwierdzające wyższość metod aktywizujących nad podającymi. Zawsze najwyższą skuteczność w osiąganiu założonych celów edukacyjnych zyskują metody samodzielnego dochodzenia do wiedzy, potwierdzania jej praktycznymi doświadczeniami, pomiarami czy obserwacjami. To może wymagać posiadania lub pożyczenia sprzętu technicznego do wykonania określonych pomiarów. Potrzebny jest też teren do obserwacji, na którym można zorganizować wycieczkę dydaktyczną.

Najpopularniejsze w procesie kształcenia będą jednak prawdopodobnie zajęcia teoretyczne. Powinny one być realizowane głównie metodami aktywizującymi, z wykorzystaniem dyskusji dydaktycznej, podczas której uczniowie będą wyszukiwać problemy i sugerować ich rozwiązanie, np. zmniejszenie degradacji środowiska, zmniejszenie aplikacji środków chemicznych. Już samo dostrzeżenie problemu, określenie go będzie istotnym elementem nauki. Zasugerowanie kroków naprawczych czy ograniczających niszczenie środowiska przyrodniczego w odniesieniu do zdiagnozowanego i określonego problemu produkcyjnego będzie działaniem we właściwym kierunku.

Oprócz wielu rodzajów dyskusji dydaktycznej można zastosować metodę przypadków czy klasyczną metodę problemową, pozwalającą skoncentrować się na złożonym zagadnieniu i wypracowaniu jego rozwiązania. Bardzo przydatna może być też metoda projektów edukacyjnych, realizowana przez konkurujące grupy uczniów, aby wymyślić najlepsze lub różne rozwiązania tego samego problemu.

Ważne są również wycieczki dydaktyczne, które za sprawą obserwacji określonych zjawisk w terenie mogą zainspirować uczniów do dynamicznego działania w obronie środowiska przyrodniczego czy pokazać, jak można je zdegradować poprzez nieumiejętne korzystanie z jego zasobów.

Aby ułatwić proces organizacji kształcenia w zakresie poruszanych tu zagadnień, zespół autorów postanowił zainspirować nauczycieli do przeprowadzania takich zajęć. Przygotowano ich przykładowe scenariusze, nawiązujące do poszczególnych rozdziałów tego opracowania. Osoby prowadzące zajęcia mogą przekaz tych rozdziałów zmodyfikować i dostosować do możliwości szkoły, posiadanej bazy oraz sprzętu kontrolno-pomiarowego. Scenariusze zajęć są powiązane z efektami kształcenia z podstaw programowych, a także zawierają ich rozszerzenie i uszczegółowienie. Pod rozdziałami zamieszczono pytania i polecenia sprawdzające wiedzę, które pozwolą przeanalizować stopień opanowania treści materiału z przeczytanego rozdziału i dokonać samooceny poziomu przyswojenia wiadomości. Jest ono potrzebne do wykonania zaplanowanych ćwiczeń i wypracowania propozycji rozwiązań zdiagnozowanych problemów. Duża ilość materiału informacyjnego powinna uwrażliwić ucznia na dostrzeganie problemów w środowisku przyrodniczym, nawet we wczesnych ich fazach występowania, aby uniknąć dużej skali degradacji i zniszczeń.

Zaprezentowane w niniejszym opracowaniu materiały zostaną również udostępnione w formie elektronicznej i będą zamieszczone w zasobach internetowych projektu. Powinno to ułatwić nauczycielom organizację i realizację procesu dydaktycznego – nie trzeba będzie skanować materiałów, lecz będą one gotowe do zaprezentowania w każdej pracowni przedmiotowej do kształcenia zawodowego w szkole.

Literatura

- **Andrzejewski R., Weigle A. (red.), 2003.** Różnorodność biologiczna Polski. Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska. Warszawa.
- **Berbeć A., 2014.** Bioróżnorodność i usługi ekosystemowe w rolnictwie. Wieś Jutra 2 (179).
- **Bezak-Mazur E., Stoińska R., 2013.** Rola fosforu w środowisku – praca przeglądowa. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska 15: 33–42.
- **Bujny J., Maśliński M., 2018.** Zwalczanie uciążliwości zapachowych w świetle aktualnie obowiązujących przepisów prawnych. Finanse Komunalne 1–2: 28.
- **Chodkiewicz T., Neubauer B., Sikora A. i in., 2018.** Monitoring Ptaków Polski w latach 2016–2018. Biuletyn Monitoringu Przyrody 17: 1–90.
- **Chylarecki P., 2003.** *Ptaki obszarów rolniczych*. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Warszawa.
- **Chylarecki P., Chodkiewicz T., Neubauer B. i in., 2018.** Trendy liczebności ptaków w Polsce. GIOŚ. Warszawa.
- **Feldyn-Szewczyk B., Kazimierczak R., Rembiałkowska E., Staniak E., 2016.** Bioróżnorodność obszarów wiejskich. Dobre praktyki rolnicze. Fundacja Ziemia i Ludzie. Warszawa.
- **Filipek T., Chwil S., Domańska J. i in., 2006.** Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i analityczne. Uniwersytet Przyrodniczy. Lublin
- **Filipek T., Skowrońska M., 2004.** Przyczyny, aktualny stan oraz produkcyjne i ekologiczne skutki zakwaszenia gleb. W: Diagnostyka gleb i roślin w rolnictwie zrównoważonym, red. S. Kalembasa. Wydawnictwo Akademia Podlaska, Siedlce, s. 7–28.
- **Frątczak W., Izydorczyk K. (red) 2015.** Program działań dla ograniczenia zanieczyszczeń obszarowych w zlewni Pilicy powyżej Zbiornika Sulejowskiego. ERCE PAN, online: http://ekorob.pl/userfiles/file/Fratczak%20Izydorczyk%202015%20Program%20dzialan.pdf [dostęp 26.08.2019].
- **Frątczak W., Izydorczyk K., Zalewski M., 2013.** Wysokoefektywne strefy buforowe dla zwiększenia potencjału ekologicznego i turystycznego zbiornika sulejowskiego. Gospodarka Wodna 12: 479–483.
- **Frątczak W., Michalska-Hejduk D., Zalewski M., Izydorczyk K., 2019.** Effective phosphorous reduction by a riparian buffer zone enhanced with a limestone-based barrier. Ecological Engineering 130: 94–100.
- **Gaj R., 2013.** Efektywne wykorzystanie składników mineralnych z nawozów we współczesnym rolnictwie. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Poznaniu.
- **Gonet S., Smal H., Chojnicki J., 2015.** Właściwości chemiczne gleb. W: Gleboznawstwo, red. A. Mocek, wyd. I. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- **Gorlach E., Mazur T., 2001.** Chemia rolna. Podstawy żywienia i zasady nawożenia roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- **Gospodarowanie nawozami a ochrona wód, 2019,** Serwis Rzeczypospolitej Polskiej 8.03.2019, online: https://www.gov.pl/web/rolnictwo/gospodarowanie-nawozami-a-ochrona-wod [dostęp 26.08.2019].

- **Gretchen D. (red.), 1997.** Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press. Washington D.C.
- **HELCOM, 2018.** Sources and pathways of nutrients to the Baltic Sea. Baltic Sea Environmental Proceedings 153.
- **Hoffmann C., Kjaegaard C., Uusi-Kamppa J., i in., 2009.** Phosphorus retention in riparian buffers: review of their efficiency. Journal of Environmental Quality 38: 1942–1955.
- **Izydorczyk K., Frątczak W., Drobniewska A., i in., 2013.** A biogeochemical barrier to enhance a buffer zone for reducing diffuse phosphorus pollution – preliminary results. Ecohydrology & Hydrobiology 13: 104–112.
- **Izydorczyk K., Michalska-Hejduk D., Frątczak W., i in., 2015.** Strefy buforowe i biotechnologie ekohydrologiczne w ograniczaniu zanieczyszczeń obszarowych. ERCE PAN, online: http://ekorob.pl/userfiles/file/!!!EKOTONY_internet.pdf [dostęp 26.08.2019].
- **Jadczyszyn J., Filipiak K., Jończyk K., i in., 2010.** Zasady racjonalnego użytkowania i kształtowania obszarów problemowych rolnictwa (OPR). Instrukcja upowszechnieniowa Nr 178. IUNG-PIB. Puławy.
- **Jadczyszyn T., Kowalczyk J., Lipiński W., 2010.** Zalecenia nawozowe dla roślin uprawy polowej i trwałych użytków zielonych. Materiały Szkoleniowe nr 95. IUNG-PIB. Puławy.
- **Jasiewicz C., Baran A., 2006.** Rolnicze źródła zanieczyszczenia wód – biogeny. Journal of Elementology 11: 367–377.
- **Józefaciuk A., Józefaciuk C., 1999.** Ochrona gruntów przed erozją. Poradnik. IUNG. Puławy.
- **Kay P., Grayson R., Phillips M., i in., 2012.** The effectiveness of agricultural stewardship for improving water quality at the catchment scale. Experiences from an NVZ and ECSFDI watershed. Journal of Hydrology 422–423: 10–16.
- **Kędziora A, Karg J., 2010.** Zagrożenia i ochrona różnorodności biologicznej. PAN. Poznań.
- **Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, 2002** Warszawa.
- **Kontrola na miejscu w zakresie wzajemnej zgodności w 2018, 2019,** online: https://www.arimr.gov.pl/kontrole-beneficjentow/kontrole-cross-compliance/kontrola-na-miejscu-w-zakresie-wzajemnej-zgodnosci-w-2018-r-lista-kontrolna-sankcje.html [dostęp 26.08.2019]
- **Kuczyński L., Chyralecki P., 2012.** Atlas pospolitych ptaków lęgowych Polski. Rozmieszczenie, wybiórczość siedliskowa, trendy. GIOŚ. Warszawa.
- **Maćkowiak M., Michalak A. (red.), 2008.** Biologia: jedność i różnorodność. Wydawnictwo Szkolne PWN. Warszawa.
- **Marszałek M., Kowalski Z., Makara A., 2014.** Physicochemical and microbiological characteristic of pig slurry. Technical Transactions Chemistry 1-Ch: 81–91.
- **Pawlaczyk P., 2015.** Wody a różnorodność biologiczna (broszura). Fundacja Instytut Na Rzecz Ekorozwoju. https://www.ine-isd.org.pl/wp-content/uploads/pdf/seria_broszur_ine_3_wody.pdf
- **Perez G.L. i in., 2011.** Effects of Herbicide Glyphosate and Glyphosate-Based Formulations on Aquatic Ecosystems Herbicides and Environment. InTech, online: http://cdn.intechopen.com/pdfs/12592.pdf [dostęp 26.08.2019]
- **Pietrzak S., 2013.** Bilansowanie składników nawozowych i gospodarowanie nawozami naturalnymi a ochrona jakości wody. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu.
- **Pietrzak S., Nawalny P. 2008.** Wpływ długo- i krótkotrwałego składowania obornika na gruncie na zanieczyszczenie gleby i wody związkami azotu. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie 8 (2b): 117–126.
- **Robertson W., Blowes D., Ptacek C., Cherry J., 2000.** Long-term performance of in situ reactive barriers for nitrate remediation. Ground Water 38 (5): 689–695.

- **Rogacki H., 2007**. Geografia społeczno-gospodarcza Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, s. 70–84.
- **Sapek B., 2014.** Nagromadzenie i uwalnianie fosforu w glebach – źródła, procesy, przyczyny. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie 14 (1): 77–100.
- **Siebielec G., Hagemann N., Klimkowicz-Pawlas A., 2019.** Zrównoważone gospodarowanie glebami. Raport dla Komisji Europejskiej – Departament Środowiska, online: https://www.deltares.nl/app/uploads/2019/04/Soils4EU_D1.3_PolicyBrief_DEF.pdf [dostęp 26.08.2019]
- **Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A. i in., 2017.** Raport z III etapu realizacji zamówienia „Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2015–2017". Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. IUNG-PIB.
- **Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A. i in., 2012.** Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- **Siebielec G., Stuczyński T., Terelak H. i in., 2008.** Uwarunkowania produkcji rolniczej na obszarach o znacznym udziale gleb zanieczyszczonych metalami śladowymi. Studia i Raporty PIB 12: 114–133.
- **Sienkiewicz J., 2010.** Koncepcje bioróżnorodności – ich wymiary i miary w świetle literatury. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych.
- **Smoroń S., 2016.** Quality of shallow groundwater and manure effluents in a livestock farm. Journal of Water and land Development 29: 60–66.
- **Smurzyńska A., Czekała W., Kupryaniuk K. i in., 2016.** Typy i właściwości gnojowicy oraz możliwości jej zagospodarowania. Problemy Inżynierii Rolniczej 4 (94): 117–127.
- **Stańczykowska A., 1979.** Zwierzęta bezkręgowe naszych wód. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne. Warszawa.
- **Strzałko J., Mossor-Pietraszewska T., 2006.** Kompendium wiedzy o ekologii. Wydawnictw Naukowe PWN. Warszawa.
- **Symonides E., 2014.** Różnorodność biologiczna Polski – jej stan, zagrożenia i prawno-organizacyjne aspekty ochrony. Przyszłość. Świat – Europa – Polska 2 (30).
- **Szafer W., Zarzycki K. (red)., 1972.** Szata roślinna Polski. T. 1. PWN. Warszawa.
- **Szczerbowski J., 1993.** Rybactwo śródlądowe. Wydawnictwo IRŚ. Olsztyn.
- **Szyszkiewicz-Golis M., Golis A., 2010.** Zadrzewienia śródpolne, aleje i tradycyjne sady. Broszura dla rolników. Poznań.
- **Tyburski J., 2013.** Dzika bioróżnorodność ekosystemów rolnych i metody jej ochrony. W: Biologiczna różnorodność ekosystemów rolnych oraz możliwości jej ochrony w gospodarstwach ekologicznych, red. J. Tyburski, M.K. Kostrzewska. Wydawnictwo UWM. Olsztyn.
- **Verhoeven J.T.A., Arheimer B., Yin C., Hefting M.M., 2006.** Regional and global concerns over wetlands and water quality. TRENDS in Ecology and Evolution 21: 96–103.
- **Weiner J., 2006.** Życie i ewolucja biosfery. Wydanictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- **Zalewski M., 2014.** Ecohydrology and hydrologic engineering: regulation of hydrology-biota interactions for sustainability. Journal of Hydrologic Engineering. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943–5584.0000999.
- **Zbytek Z., Talarczyk W., 2008.** Gnojowica a ochrona środowiska naturalnego. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 4: 12–14.

O fundacji

Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA) jest organizacją pozarządową, mającą ponad trzydziestojednoletnią tradycję. Naszą misją jest wspieranie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, a w szczególności przedsiębiorczości, tworzenia pozarolniczych miejsc pracy oraz zapewnienie równych szans kobietom, osobom bezrobotnym i młodzieży. Realizujemy ją poprzez działalność pożyczkową oraz usługi wspomagające tworzenie i rozwój małych przedsiębiorstw na terenach wiejskich. Jesteśmy jednym z największych i najbardziej aktywnych funduszy pożyczkowych w Polsce. Angażujemy się w programy rozwoju lokalnego, lokalne inicjatywy środowiskowe oraz działania informacyjne i edukacyjne. Jesteśmy wydawcą uznanych opracowań i specjalistycznych raportów, jak np. wydawanego co dwa lata „Raportu o stanie wsi. Polska wieś", licznych publikacji promujących zrównoważony rozwój obszarów wiejskich, w tym poruszających kwestie adaptacji do zmian klimatu i efektywnej gospodarki zasobami. Od 2009 roku organizujemy konkurs „Polska wieś – dziedzictwo i przyszłość", w którym nagradzamy prace naukowe i popularnonaukowe o tematyce związanej z wsią i rolnictwem, oraz promujące historię i dziedzictwo kulturowe wsi.

Z naszej inicjatywy odbywają się debaty w ramach cyklicznego konwersatorium „Polska wieś w XXI wieku". Ponadto zrealizowaliśmy kilkadziesiąt projektów międzynarodowych, krajowych i lokalnych. Ich odbiorcami są mieszkańcy wsi i rolnicy, samorządy lokalne, sektor doradztwa rolniczego, instytucje publiczne oraz sektor małych i średnich przedsiębiorstw.

Publikacja powstała w ramach projektu pt. „Zrównoważone rolnictwo w służbie bioróżnorodności" dofinansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Zachęcamy do odwiedzenia strony Fundacji na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa www.fdpa.org.pl, gdzie znajdą Państwo materiały i narzędzia, które można wykorzystać w edukacji o zrównoważonym rolnictwie. W szczególności zapraszamy na strony internetowe projektów:

- Zrównoważone rolnictwo w służbie bioróżnorodności
  www.fdpa.org.pl/bioroznorodnosc
- Ograniczenie zanieczyszczenia azotem pochodzenia rolniczego metodą poprawy jakości wód
  www.fdpa.org.pl/azot

Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa
www.fdpa.org.pl
www.fdpa-funduszpozyczkowy.org.pl
www.facebook.com/Fundacja.FDPA

