

WŁAŚCIWE ZARZĄDZANIE SKŁADNIKAMI NAWOZOWYMI DLA ŚRODOWISKA I BAŁTYKU



Opracowanie broszury: Maria Staniszevska

Konsultacja merytoryczna: dr hab. Józef Tyburski

Współpraca merytoryczna:
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski,
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach,
Uniwersytet Warszawski

Opracowanie graficzne i skład: Mariusz Przybylski

Wybrane ilustracje: Kamila Zasada

Druk: Epigraf s.c. Gliwice

Wydrukowano na papierze ekologicznym

Grudzień 2019

ISBN 83-923070-5-4



Szanowni Czytelnicy,

Oddajemy w Wasze ręce publikację omawiającą problem zanieczyszczenia wód związkami azotu i fosforu pochodzenia rolniczego. Zawiera ona szczegółowe informacje dot. efektywnego zarządzania nawozami, ochrony wód i gleb oraz przedstawienie i wyjaśnienie systemu ERA (Ecological Recycling Agriculture) z praktycznymi wskazówkami na temat wdrożenia systemu w gospodarstwach rolnych.

Stosowanie opisanych w broszurze praktyk rolniczych ma na celu ograniczenie negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko, a także dążenie do zamknięcia obiegu substancji odżywczych w gospodarstwie.

Uwzględnione zostały również zalecenia nowej ustawy Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r., Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. (Dz. U. poz. 1339) i związany z nią „Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”.

Główną przyczyną zanieczyszczeń wód powierzchniowych jest rolnictwo, a rozwiązanie tego problemu leży w zrównoważonych praktykach rolniczych, co opisujemy w niniejszej broszurze.

Materiał zawarty w publikacji ma przede wszystkim służyć doradcom rolnym, rolnikom, ale może również stanowić uzupełnienie programów rolniczych szkół i uczelni rolniczych.

Wkład merytoryczny zapewnili najlepsi naukowcy i praktycy z Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego i Uniwersytetu Warszawskiego, a nad całością czuwał dr hab. Józef Tyburski.

Składam im wszystkim serdeczne podziękowania.

Maria Staniszevska



SPIS TREŚCI

Trendy w rolnictwie a nadmiar biogenów w wodach Morza Bałtyckiego.	5
Fundamenty ekologicznej równowagi w gospodarstwie rolnym, rolnictwo typu ERA	5
1. Specjalizacja w rolnictwie - problem systemowy	5
2. Intensyfikacja produkcji roślinnej poprzez wzrost nakładów	9
3. System rolniczy a recyrkulacja składników pokarmowych	11
Podsumowanie	19
Bilans składników pokarmowych w gospodarstwie	22
1. Wstęp	22
2. Metoda bilansu składników nawozowych	24
3. Wnoszenie składników nawozowych w gospodarstwie	25
3.1. Wnoszenie w nawozach mineralnych	25
3.2. Wnoszenie w nawozach naturalnych i uwalniającym się amoniaku	26
3.3. Wnoszenie azotu wiążanego biologicznie	28
3.4. Wnoszenie azotu w opadzie atmosferycznym	29
3.5. Pozostałe źródła wnoszenia składników nawozowych	29
4. Wynoszenie składników nawozowych	30
4.1. Wynoszenie azotu w zbiorach roślin uprawnych	30
5. Saldo bilansu azotu brutto i fosforu w Polsce	32
6. Zmiany salda N i P w polskim rolnictwie, a stan wód Bałtyku	35
Optymalizacja nawożenia w rolnictwie konwencjonalnym – dla dobra rolników i Bałtyku	38
Wstęp	38
Odczyn gleby, a efektywność nawożenia azotem	39
Bilans materii organicznej, a poprawa efektywności nawożenia azotem	44

Nowe regulacje prawne mające na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami	48
Wyliczanie maksymalnej dawki azotu w nawozach mineralnych	49
Obliczanie dawki N do sporządzenia planu nawożenia azotem	50
Efektywność nawożenia fosforem	54
Podsumowanie	55
Wpływ rolnictwa na różnorodność fauny glebowej	57
Wstęp	57
Bakterie	62
Dżdżownice	63
Stan środowiska Morza Bałtyckiego – konsekwencją specjalizacji w rolnictwie	74
Rolnicze źródła zanieczyszczeń	77
Dlaczego biogeny uciekają do wód powierzchniowych?	78
Środki zaradcze w zakresie ograniczania strat azotu i fosforu	79
w rolnictwie w aspekcie ochrony jakości wody	79
Rolnicze metody zatrzymania biogenów w glebie	79
Sytuacja prawna	82
Wielofunkcyjność bagiennych stref buforowych i ich wpływ na środowisko i rolnictwo	85
1. Bagienne brzegi.	89
2. Koryto dwudzielne.	90
3. Koryto meandrujące.	90
4. Naturalne torfowiska niskie.	91
5. Ponownie nawodnione torfowiska niskie.	91
6. Tereny zalewowe.	92
Do czego można wykorzystać rośliny skoszone w bagiennych strefach buforowych?	93

**Trendy w rolnictwie a nadmiar biogenów
w wodach Morza Bałtyckiego.
Fundamenty ekologicznej równowagi w gospodarstwie rolnym,
rolnictwo typu ERA**

dr hab. Józef Tyburski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

Stan wód Morza Bałtyckiego w okresie powojennym dynamicznie się pogarsza, w czym dominujący udział ma rolnictwo w krajach położonych w jego zlewni. Przez setki lat nasze rolnictwo było przyjazne Bałtykowi, ale od czasu transformacji gospodarczej, która w rolnictwie jest okresem gwałtownego narastania specjalizacji i intensyfikacji, już takim nie jest. Ponieważ dominująca powierzchnia użytków rolnych tej zlewni znajduje się w Polsce, kierunki zmian w naszym rolnictwie są i będą bardzo ważne dla dalszych losów Bałtyku.

1. Specjalizacja w rolnictwie - problem systemowy

Najważniejszym zagrożeniem dla wód Bałtyku jest nadżyźność (eutrofia), wynikająca ze zbyt dużego (w stosunku do uzyskiwanych plonów) nawożenia związkami fosforu i azotu w rolnictwie. Chociaż związki te są niezbędne dla roślin oraz mikroorganizmów glebowych, to ich nadmiar jest bardzo szkodliwy dla ekosystemów wodnych. Rolnictwo krajów należących do zlewni Morza Bałtyckiego przyczynia się odpowiednio w 55% i 59% za dopływ P i N do Bałtyku [HELCOM 2005]. Jak dotychczas mimo podejmowanych działań lokalnych międzynarodowych nie udało się zmniejszyć negatywnego wpływu rolnictwa na Bałtyk.



Podstawową przyczyną rosnącej eutrofii jest zarzucenie zasad organizacji produkcji rolnej, wypracowanych przez wieki. W dwudziestym wieku pojawiły się i/lub zaczęły być stosowane na dużą skalę nowe środki produkcji: nawozy mineralne (w tym syntetyczny azot) oraz syntetyczne pestycydy (zwane środkami ochrony roślin), które uniezależniły produkcję rolną od nawozów produkowanych w gospodarstwie oraz od płodozmianu. Odkąd rolnicy nie muszą już prowadzić działu chowu zwierząt w swoich gospodarstwach w celach nawozowych, większość z nich zlikwidowała ten dział na rzecz stosowania nawozów z zakupu. W starszych podręcznikach rolnictwa ekologicznego było to nie do pomyślenia – m.in. dobitnie o tym pisał sir Albert Howard swoim podręczniku „Testament rolniczy” (*An agricultural testament*) [1940]. Dzisiaj pełnej wierności tym ideałom dochowuje rolnictwo biodynamiczne. Jego twórca Rudolf Steiner, silnie akcentował koncepcję gospodarstwa ekologicznego jako całości. Obecnie ponad 80% gospodarstw ekologicznych w ogóle nie posiada działu chowu zwierząt, więc w coraz większym stopniu stają się zależne od zakupu nawozów z zewnątrz.

Do lat 90-tych XX wieku w Polsce dominowały gospodarstwa (zarówno państwowe jak i prywatne), prowadzące obydwa działy produkcji rolniczej:

- dział uprawy roślin
- dział chowu zwierząt

Co więcej, działy te były w równowadze – chowano tyle zwierząt, ile zdołano wyżywić w oparciu głównie o własną bazę paszową. W tym czasie prawie każde gospodarstwo rodzinne chowało krowy mleczne, świnie oraz drób (ten ostatni głównie na własne potrzeby), więc wszystkie źródła pasz były dobrze zagospodarowane.



Z początkiem lat 90-tych XX-wieku działające w Polsce mleczarnie (przygotowując się do akcesji do UE) zażądały od rolników posiadania zbiornika na mleko (koniec skupu mleka w bańkach). Małe gospodarstwa mające po kilka krów nie mogły sobie pozwolić na taki wydatek – zlikwidowały bydło. O ile wcześniej prawie każde polskie gospodarstwo miało krowy, to obecnie w większości wsi nie ma ani jednej krowy. Nastąpiła silna koncentracja produkcji mleka, a przy tym masowe przechodzenie na system alkiezowy i odejście od ściółki ze słomy na rzecz systemu bezściółkowego (produkcja gnojowicy).

Podobne tendencje, do silnej koncentracji produkcji wystąpiły również w chowie świń. Tutaj czynnikiem przyspieszającym te tendencje było wprowadzenie zakazu uboju gospodarczego, na własne potrzeby, który przez setki lat był ogromnie istotny w małych gospodarstwach rolnych. Obecnie każdy tucznik musi być ubity usługowo w ubojni. Mało która duża ubojnia, a większość małych upadła, zechce wykonać taką usługę (dla 1 sztuki mnóstwo zabiegów organizacyjnych). Bardzo często więc odległość do ubojni która gotowa jest podjąć się wykonania takiej usługi, jest na tyle duża, że traci to sens ekonomiczny.

Powyższe mechanizmy przyczyniły się bardzo do eliminacji bydła i świń z drobnych gospodarstw rolnych w Polsce. W przypadku drobiu nastąpiło to jeszcze wcześniej, ze względów czysto ekonomicznych.

W Polsce średnia obsada zwierząt w skali rolnictwa całego kraju jest najzupełniej prawidłowa, wynosząc ok. 0,5 SD na 1 ha, a przy tym jest 4-krotnie mniejsza od maksymalnie dopuszczonej w rolnictwie ekologicznym, która wynosi 2,0 SD na 1 ha. Niestety, ta średnia niewiele znaczy w kontekście ochrony środowiska.



W skali poszczególnych gospodarstw rolnych (tak konwencjonalnych, jak i ekologicznych), występuje ogromne zróżnicowanie posiadanej obsady zwierząt. Najgorszym jednak jest to, że większość gospodarstw w ogóle nie ma zwierząt, z kolei wiele innych to fermy przemysłowe, gdzie obsada jest zdecydowanie zbyt duża w stosunku do powierzchni posiadanych użytków rolnych. To właśnie fermy zwierząt, wskutek coraz większej skali produkcji i negatywnego oddziaływania na środowisko, tworzą tzw. „hot spots”, czyli miejsca szczególnie niebezpieczne, będące źródłem największego zrzutu biogenów do wód powierzchniowych i gruntowych.

Produkcja zwierzęca prowadzona w fermach przemysłowych, których właściciele mają zbyt małą powierzchnię użytków rolnych, korzystają z pasz (a jeśli mają ściółkowe budynki inwentarskie, to również i ściółki), produkowanych w innych gospodarstwach. Niestety gospodarstwa fermowe często same większości wytworzonych nawozów nie potrzebują i/lub nie są w stanie racjonalnie zagospodarować. Co więcej staje przed innym problemem – jak tanim kosztem się ich pozbyć, co w rejonach o dużej koncentracji produkcji zwierzęcej nie jest łatwe. Co gorsza, w dużych i bardzo dużych gospodarstwach, tam gdzie od strony formalnej do dyspozycji są duże powierzchnie użytków rolnych, na których od strony bilansowej można prawidłowo (w racjonalnych dawkach) wykorzystać nawozy naturalne (obornik, gnojówkę, gnojownicę), ekonomia wymusza ograniczanie dystansu, na który nawozy te są transportowane. W praktyce więc, nie są one równomiernie stosowane na całej dostępnej powierzchni użytków rolnych danego gospodarstwa, lecz koncentruje się w pobliżu miejsca ich wytwarzania (budynków inwentarskich).

Równolegle w gospodarstwach nieprowadzących w ogóle chowu zwierząt (typu roślinnego), gleby podlegają wyjałowieniu z braku nawozów zwierzęcych. Wskutek powszechnej i narastającej specjalizacji w produkcji rolnej, a w



szczegółności oparcia jej na dwu przeciwstawnych typach gospodarstw (roślinnych i zwierzęcych), narastają negatywne konsekwencje rozdzielania działów uprawy roślin i chowu zwierząt. W szczególności chodzi o brak stosowania nawozów naturalnych w większości polskich gospodarstw rolnych, nikły udział roślin motylkowatych wieloletnich i ich mieszanek z trawami w strukturze zasiewów, zmniejszanie się powierzchni trwałych użytków rolnych, a każdy z tych czynników oznacza postępujące odpróchnicowanie gleb, a więc i gorsze ich właściwości sorpcyjne (zwiększone wymywanie składników pokarmowych), a także malejące możliwości zatrzymywania wody w glebie.

2. Intensyfikacja produkcji roślinnej poprzez wzrost nakładów

Bardzo poważnym zagrożeniem dla jakości wód jest stosowanie rosnących dawek nawozów mineralnych oraz syntetycznych środków ochrony roślin. Za najbardziej niebezpieczne dla środowiska, z uwagi na dobrą rozpuszczalność w wodzie i łatwość migracji, uważa się nawozy azotowe. Stosowanie nadmiernych dawek tych nawozów, w relacji do uzyskiwanych wydajności, musi skutkować dużymi stratami N (w bardzo intensywnych gospodarstwach sięgającymi nawet do 50% zastosowanej dawki). Należy podkreślić, że zagrożenia wynikające ze stosowania innych grup nawozów mineralnych są dużo mniejsze, aczkolwiek fosfor przedostając się do wód powierzchniowych nawet w niewielkich ilościach, będąc głównym czynnikiem limitującym rozwój biomasy, jest podstawową przyczyną ich eutrofizacji.

W dynamicznie intensyfikującej się uprawie roślin w polskim rolnictwie, główną tendencją jest wzrost dawek nawozów, w szczególności azotowych. To w nich rolnicy widzą główną szansę zwiększenia plonów i przychodów. Co prawda, pytani o zagrożenia dla środowiska wynikające z intensyfikacji nawożenia,



deklarują znajomość problemu, ale w praktyce często te deklaracje i praktyki, to dwa różne światy (Siemianowska i in., 2017).

Tabela 1. Trendy wielkości stosowanych dawek N w relacji do wydajność pszenicy w Polsce i w Niemczech

Dawki nawozów mineralnych, kg · ha ⁻¹					Plony pszenicy, t · ha ⁻¹
Lata	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	
W Polsce					
1991	39,9	22,3	32,9	117,2	3,80
2004	56,3	20,4	25,7	91,5	4,28
2017	78,7	23,5	38,0	53,0	4,62
W Niemczech					
1991	99,2	33,8	48,5	bd*	6,31
2004	105,3	19,3	28,3	bd*	8,17
2017	102,2	17,2	23,8	bd*	7,64

* brak danych

Źródło: Rocznik Statystyczny Rolnictwa, GUS, 2018

Bardzo ważną kwestią w ograniczaniu strat składników pokarmowych z gleby jest efektywności ich wykorzystania. Najpowszechniej uprawianym i najintensywniej nawożonym azotem zbożem w Polsce jest pszenica. Śledząc trendy w stosowaniu nawozów mineralnych w Polsce począwszy od początku transformacji naszej gospodarki, poprzez przystąpienie do Unii Europejskiej (2004), aż po dane najnowsze, stwierdzamy dynamiczny wzrost dawek N w

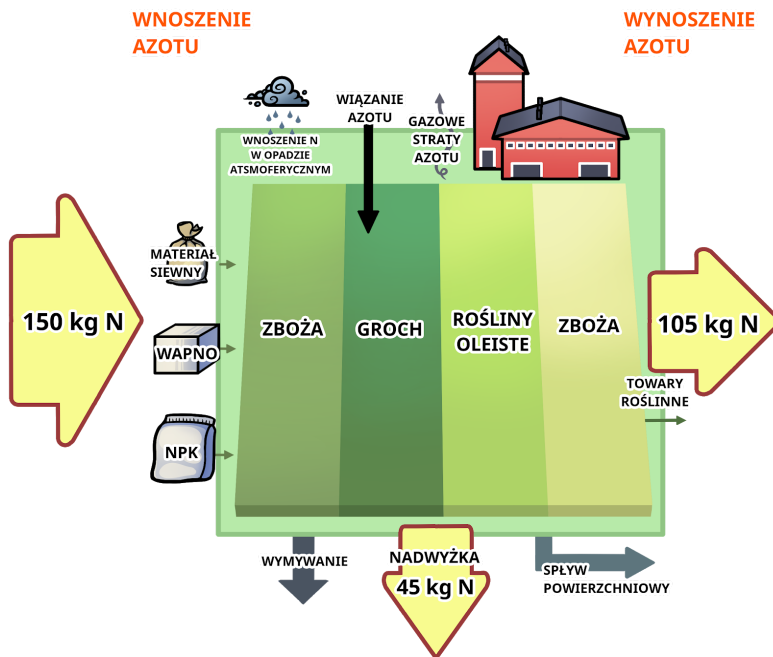
Polskim rolnictwie (praktycznie ich podwojenie), a przy tym nieproporcjonalnie mniejszą dynamikę wzrostu plonów pszenicy (tab. 1). W tym samym czasie w sąsiednich Niemczech nawożenie azotem w ogóle nie wzrosło, fosforem zmniejszyło się o połowę, a potasem o 1/3, przy równoczesnym wzroście plonów pszenicy o 50%. Prawdopodobnie jednym z kluczowych działań, jakie należy podjąć by poprawić efektywność wykorzystania nawozów w polskim rolnictwie, będzie upowszechnienie wapnowania gleb. Część gospodarstw robi to regularnie, inne zaś sporadycznie, przy czym odsetek gleb wymagających wapnowania jest bardzo wysoki. Dobrym posunięciem dla rolników i dla Bałtyku jest wprowadzenie przez MRiRW dopłat dla rolników do wapnowania gleb.

3. System rolniczy a recykulacja składników pokarmowych

Skutki daleko posuniętej specjalizacji w rolnictwie prześledzimy na przykładzie badań przeprowadzonych w Szwecji. W szwedzkich specjalistycznych gospodarstwach roślinnych wnoszono 150 kg N na 1 ha pochodzącego z syntezy chemicznej, przy niewielkim udziale mokrej depozycji N z atmosfery. Z tych 150 kg N, 105 kg wynoszono z pól w plonach, co oznacza stosunkowo niewielką nadwyżkę 45 kg N na 1 ha. Należy wyjaśnić, że nadwyżka rzędu 20-35 kg N na 1 ha jest pożądana – nadwyżka zerowa oznaczałaby degradację gleby (brak odbudowy zasobów próchnicy). Znakomita większość (ok. 80%) zebranego ziarna z gospodarstw roślinnych zostaje sprzedana na pasze do specjalistycznych gospodarstw zwierzęcych.



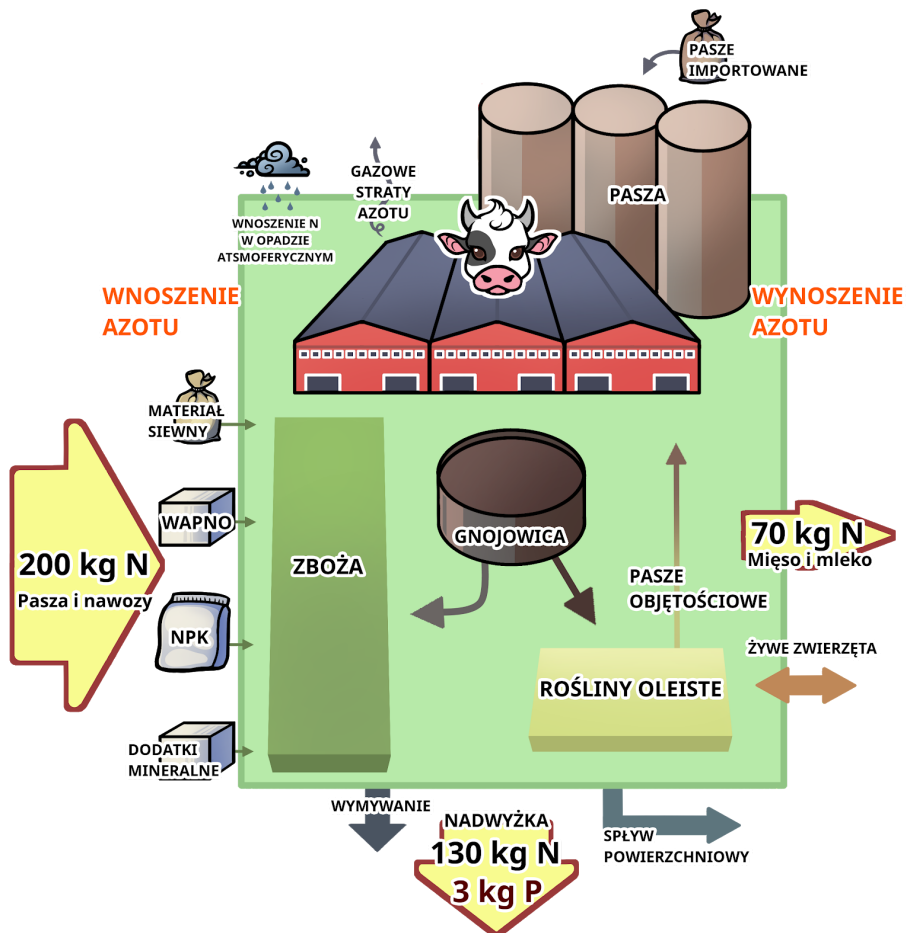
Rys. 1



Ilustracja autorstwa Kamili Zasady
 Na podstawie: Artur Granstedt, Farming for the Future, 2012

Bilans składników pokarmowych w szwedzkich gospodarstwach produkujących mleko wykazał, że łącznie stosowano ok. 200 kg N na każdy hektar, a największy udział w tej wielkości miały pasze (ziarno zbóż zakupione z gospodarstw roślinnych), N stosowany w nawozach mineralnych, N zawarty w importowanej soi, N wiązany symbiotycznie przez koniczyny uprawiane na pastwiskach, a niewielki N z mokrej depozycji z atmosfery. W sumie z 200 kg N na 1 ha wnoszonego do gospodarstwa, 70 kg N wynoszone jest w postaci mleka i wołowiny, co daje nadwyżkę ok. 130 kg N na 1 ha, czyli o 100 kg większą od zalecanej.

Rys. 2



Ilustracja autorstwa Kamili Zasady
 Na podstawie: Artur Granstedt, Farming for the Future, 2012

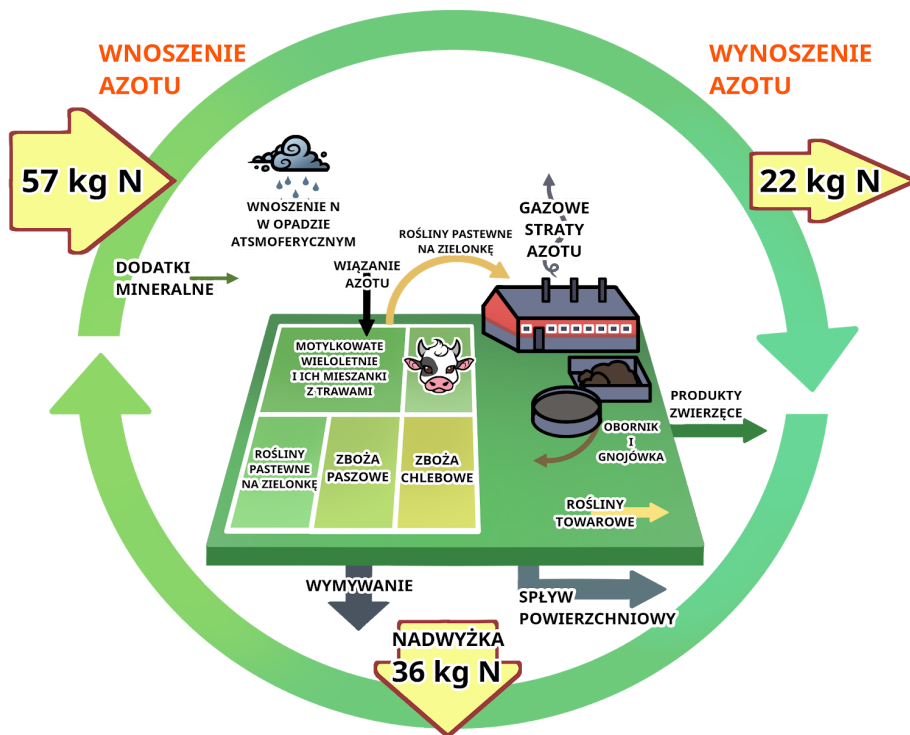
Tezę o możliwości redukcji nadwyżek składników pokarmowych, a w szczególności azotu i fosforu, poprzez upowszechnienie ekologicznych metod gospodarowania zweryfikowano w ramach projektu badawczego BERAS - Recyrkulacyjne Rolnictwo Ekologiczne Zlewni Bałtyku i Społeczeństwo (*Baltic Ecological Recycling Agriculture and Society*). Recyrkulacyjne Gospodarstwo Ekologiczne (RGE) charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem recyrkulacji

składników pokarmowych, głównie dzięki zintegrowaniu działów uprawy roślin i chowu zwierząt, a zalecana obsada zwierząt nie powinna w nich przekroczyć 1 SD/ha, przy współczynniku samowystarczalności paszowej $\geq 0,85$. W tego typu gospodarstwach ekologicznych, sprzedających wyłącznie produkty pochodzenia zwierzęcego, odsetek recyrkulacji składników pokarmowych mieści się w przedziale 80 - 90%, a czasem nawet ponad 90%.

W ramach ww. projektu analizie poddano 42 gospodarstwa typu RGE położonych 8 państwach na obszarach należących do zlewiska Morza Bałtyckiego, w tym danymi z 7 gospodarstw ekologicznych z Polski. W gospodarstwach tych wprowadza się do obiegu dużo mniej N, niż w konwencjonalnych gospodarstwach roślinnych i zwierzęcych (odpowiednio mniejsze o 92 i 142 kg N/ha/rok), co wraz z maksymalnie dużym stopniem recyrkulacji składników pokarmowych, skutkuje minimalizacją ich strat. Nadwyżka N, która w konwencjonalnych gospodarstwach typu roślinnego i zwierzęcego wyniosła odpowiednio 45 i 130 kg/ha/rok, w gospodarstwach ekologicznych zmalała do 36 kg N/ha/rok. Oznacza to zmniejszenie nadwyżki azotu w gospodarstwach ekologicznych o 9 kg N/ha/rok w stosunku do konwencjonalnego gospodarstwa roślinnego i o 94 kg N/ha/rok w stosunku do konwencjonalnego gospodarstwa zwierzęcego.



Rys. 3



Ilustracja autorstwa Kamili Zasady
 Na podstawie: Artur Granstedt, Farming for the Future, 2012

Bilanse dla polskich gospodarstw RGE wykazały nadwyżkę azotu 32 kg N/ha/rok, co jest wartością o 45% mniejszą niż średnia dla całego rolnictwa Polski (patrz opracowanie dra J. Kopińskiego w niniejszej broszurze). Ta ostatnia wartość bardzo znacząco wzrosła w porównaniu do lat 50-tych XX wieku, jako pochodna narastającej intensyfikacji i specjalizacji rolnictwa, najpierw w krajach skandynawskich, a ostatnio również w Polsce. W przypadku bilansu fosforu w polskich gospodarstwach ekologicznych, jego wynoszenie było o 3 kg większe od wnoszenia (deficyt), podczas gdy średnie dane dla polskich gospodarstw konwencjonalnych wskazywały na 19 kg nadwyżkę (tab. 2). Tak wysoka nadwyżka

P występowała w Szwecji i Finlandii, ale ostatnio została zmniejszona. Obecnie w Polsce coraz mniejsza powierzchnię użytków rolnych wykorzystuje się w sposób ekstensywny, a coraz więcej intensyfikuje produkcję na wzór Europy Zachodniej.

Lata 50-te to początek ery dynamicznej intensyfikacji rolnictwa w Europie zachodniej. W tym czasie Bałtyk był w o wiele lepszym stanie, co m.in. wyrażało się obfitością ryb i ich połowów. Warto podkreślić, że duże połowy ryb bardzo służyły zachowaniu czystości Bałtyku – wraz z dużą biomasą ryb (w „plonach ryb”), wynoszono duże ilości azotu, a w szczególności fosforu. Obecnie wydajność łowisk jest wielokrotnie mniejsza. Wystarczy wspomnieć, że jeszcze 20 lat temu Szwedzi łowili ok. 400 tys. ton dorsza rocznie, a w ostatnich latach ok. 20 tys. ton. Wszystko wskazuje na to, że będzie jeszcze gorzej. Zły stan wód to nie tylko bardzo zła wiadomość dla rybaków, ale także dla turystów – coraz częstsze zamykanie plaż z uwagi na zakwit glonów.

Tabela 2. Bilans składników pokarmowych w wybranych gospodarstwach ekologicznych.

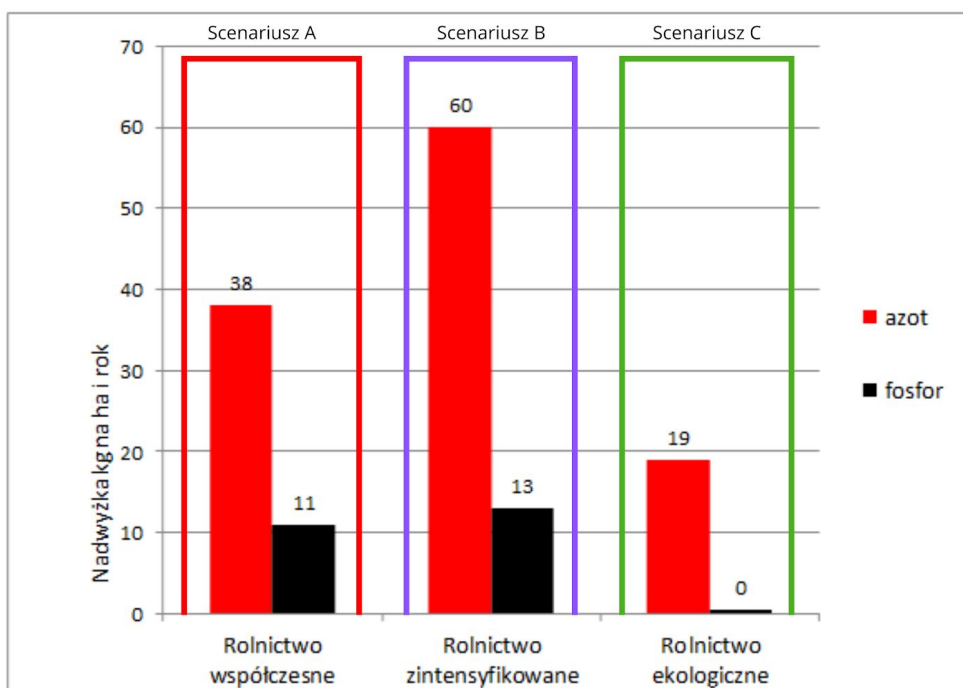
Region Polski	Obsada zwierząt, SD na 1 ha	Saldo, kg na 1 ha UR		
		Azot	Fosfor	Potas
Pomorze Zachodnie	0,69	+ 55	- 1	+ 7
Bory Tucholskie	0,73	+ 29	+ 1	- 20
Pojezierze Iławskie	0,69	+ 25	- 4	+ 10
Mazowsze	0,47	+ 8	- 3	- 8
Dolny Śląsk	0,67	+ 48	- 2	+ 3

Małopolska	0,51	+ 30	- 5	- 31
Lubelszczyzna	0,59	+ 29	- 2	- 1
Średnie	0,62	+ 32	- 2	- 6

Źródło: Granstedt i in. [2007]

W grupie polskich gospodarstwach ekologicznych odnotowano dużą zmienność nadwyżki N, przy czym większość charakteryzowała optymalną wartością tej nadwyżki wynoszącą od +25 do +35 kg/ha/rok. Największą nadwyżkę N stwierdzono w gospodarstwach o dużej obsadzie bydła mlecznego, z wysokim udziałem roślin motylkowatych wieloletnich i pastwisk przemiennych (biologiczne wiązanie N) – wynik taki jest wskazówką dla doradców rolnych, by zasugerować rolnikom zwiększenie udziału roślin o dużym zapotrzebowaniu na azot (np. zbóż i/lub rzepaku), w strukturze zasiewów. Dodatni bilans K wiązał się przede wszystkim z dużą ilością kupowanej słomy na ściółkę. Warto dodać, że nadwyżka N w szwedzkich oraz polskich gospodarstwach ekologicznych była niemal taka sama, wynosząc odpowiednio 36 i 32 kg N/ha/rok. Gdyby w analizie wpływu rolnictwa na eutrofizację wód Bałtyku pominąć straty N do atmosfery w postaci amoniaku, wówczas nadwyżki będą wynosić już tylko 14 kg N, odpowiadające stratom z gleby. Innymi słowy, wymywanie azotanów z gleb gospodarstw ekologicznych jest o 70-75% mniejsze, niż z gospodarstw konwencjonalnych.

Rysunek 4. Nadwyżki azotu i fosforu w scenariuszach rozwoju rolnictwa w zlewisku Bałtyku:



A) zachowania obecnego modelu rolnictwa,

B) intensyfikacji rolnictwa w Polsce i w Krajach Bałtyckich na wzór rolnictwa szwedzkiego,

C) przestawienia całego rolnictwa w zlewisku Bałtyku na rolnictwo ekologiczne typu RGE.

Źródło: Granstedt i in. [2013].

Na podstawie badań przeprowadzonych w ramach projektu BERAS opracowano trzy scenariusze zagrożenia Bałtyku eutrofizacją ze strony rolnictwa w przyszłości, w zależności od tego, w jakim kierunku będzie się rozwijać rolnictwo zlewni Bałtyku, a w szczególności polskie rolnictwo:

A/ w pierwszym scenariuszu założono, że Polska oraz Kraje Bałtyckie (Estonia, Łotwa i Litwa) utrzymają poziom intensywności swojego rolnictwa z początku XXI wieku;

B/ w drugim, że Polska oraz Kraje Bałtyckie (Estonia, Łotwa i Litwa) zintensyfikują swoje rolnictwo do poziomu obecnie występującego w Szwecji;

C/ w trzecim natomiast przyjęto, że nadwyżki składników pokarmowych w Krajach Bałtyckich i w Polsce będą zbliżone do występujących w gospodarstwach ekologicznych typu RGE.

Rzeczywista sytuacja w rolnictwie w ostatnich latach jest bardzo pesymistyczna – obecnie realizowany jest scenariusz B, tzn. intensyfikacji rolnictwa w Polsce i w Krajach Bałtyckich na wzór rolnictwa szwedzkiego, co przyspiesza śmierć Bałtyku (rys. 1).

Podsumowanie

Rolnictwo potrzebuje azotu oraz innych makro – i mikroelementów, by móc produkować żywność. Nie możliwym jest prowadzenie produkcji rolnej bez żadnych strat. Natomiast można i należy straty te minimalizować, poprzez jak największy odsetek recyrkulacji składników pokarmowych. W specjalistycznych fermach zwierząt z powodu zbyt dużej obsady, obciążenie środowiska jest największe: im większa obsada zwierząt w tym więcej pasz musimy zakupić z innych gospodarstw. W ten sposób zwiększa się dawka nawozów naturalnych (obornika i/lub gnojowicy), które trafią na zbyt małą powierzchnię użytków rolnych. W konsekwencji coraz większy odsetek azotu zanieczyszcza środowisko, a mniej podlega recyrkulacji [Granstedt i in. 2013]. Zmniejszenie dopływu azotu i fosforu do morza Bałtyckiego z użytków rolnych wymaga zwiększenia stopnia recyrkulacji tych składników, najlepiej poprzez upowszechnienie rolnictwa ekologicznego. Natomiast podobne efekty można uzyskać w gospodarstwach

konwencjonalnych, pod warunkiem daleko posuniętej integracji działów uprawy roślin i chowu zwierząt, a także samowystarczalności w pasze.

Dla osiągnięcia powyższych celów koniecznymi są:

- zmiany systemowe, czyli naprawa WPR na poziomie wspólnotowym i krajowym, w tym zwiększenie o 100 % dopłat dla gospodarstw o zbilansowanej produkcji roślinnej i zwierzęcej;
- docenienie roli zielonej infrastruktury w gospodarstwach rolnych (m.in. wprowadzenie dopłat do działań tego typu)
- zmiana / modyfikacja nawyków żywieniowych (dla naszego zdrowia i zdrowia Bałtyku), w tym ograniczenie spożycia mięsa (a pośrednio intensywności produkcji roślinnej, w większości przeznaczanej na pasze dla zwierząt).



Literatura

1. Cameron K.C., Di H.J., Moir J.L. 2013. Nitrogen losses from the soil/plant system: A review. *Annals of Applied Biology* Volume 162, Issue 2, March 2013, 145-173.
2. Granstedt A., Tyburski J., Glińska K. 2013. Potencjał rolnictwa ekologicznego w ograniczaniu eutrofizacji Bałtyku – projekt BERAS. W: Tyburski J., Glińska-Lewczuk K., Szwejkowski Z. (red.) *Rolnictwo ekologiczne jako metoda ochrony środowiska*. Wyd. UWM w Olsztynie.
3. Granstedt A. 2012. *Farming for the Future - with a focus on the Baltic Sea Region*.
4. Helcom 2005. Nutrient pollution to the Baltic Sea in 2000. *Baltic Sea Environ. Proc.* No. 100.
5. Howard A. 1940. *An Agricultural Testament*. London.
6. Testament rolniczy (An agricultural testament).
7. Kramer, S.B, Reganold, J.P, Glover, J.D, Bohannan, B.J.M, Mooney, H.A. 2006. Reduced nitrate leaching and enhanced denitrified activity and efficiency in organically fertilized soils. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Volume 103, Issue 12, 21 March, 4522-4527
8. Siemianowska E., Wesołowski A., Skibniewska K.A., Tyburski J., Gurzyński M. 2017.
9. Sustainable agriculture and protection of the environment. E3S Web of Conferences 19, 02022, DOI: 10.1051/e3sconf/20171902022
10. GUS 2018. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*, Warszawa.

Bilans składników pokarmowych w gospodarstwie

dr hab. Jerzy Kopiński

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

1. Wstęp

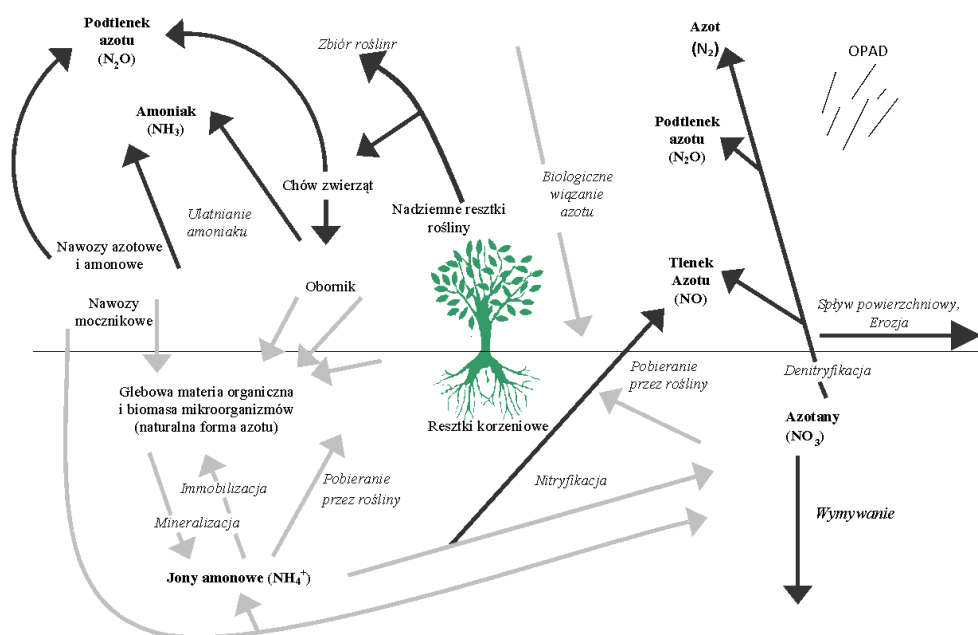
Zasady Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) i powszechnie akceptowane priorytety rozwoju, takie jak: zrównoważony rozwój, konkurencyjność, ograniczenie emisji i zmniejszenie pochodzących z rolnictwa zagrożeń (presji) dla środowiska, są wyznacznikami nowego spojrzenia na problemy gospodarki składnikami nawozowymi, także jako elementu biogospodarki. Jej istotą jest racjonalne i rozsądne wykorzystanie posiadanych zasobów odnawialnych (Chyłek, Rzepecka 2011). W tym względzie racjonalna gospodarka składnikami nawozowymi powinna uwzględniać trzy aspekty, tj. pozyskanie (produkcję) nawozów, przepływy w procesie produkcji roślinnej, szerzej w rolniczej, a także dbałość (troskę) o stan środowiska (Filipek 2002).

Współczesne rolnictwo ingeruje znacząco w naturalny obieg składników pokarmowych, stwarzając tym samym określone zagrożenia dla równowagi ekosystemów. Wynika to z faktu, że o całkowicie zamkniętym obiegu można mówić tylko w naturalnych ekosystemach, z których nie zbiera się żadnej masy roślinnej. W rolnictwie ubytek składników nawozowych zabieranych z pola wraz z plonami roślin musi być wyrównany w dostarczanych nawozach naturalnych i mineralnych (rys. 1). W celu zachowania tej równowagi konieczna jest optymalizacja wykorzystania składników nawozowych w procesie produkcji rolniczej, co oznacza rozeznanie i kontrolę ich dopływu oraz odpływu. Dlatego tak ważnym jest, żeby w wielkościach przepływu składników jak największy udział stanowił ich obrót wewnętrzny. Szczególnie w przypadku rolnictwa ekologicznego taką funkcję może pełnić wprowadzenie (upowszechnienie) zasad



systemu rolnictwa o obiegu zamkniętym, z ang. *Ecological Recycling Agriculture* (ERA).

Zasady (ERA) wpisują się także w realizację celów dotyczące ograniczenia zagrożeń środowiskowych powodowanych przez rolnictwo, a które znalazły także wyraz w różnego rodzaju regulacjach prawnych. Zintegrowane rolnictwo musi bowiem zachowywać racjonalne normy w możliwie zamkniętym obiegu składników pokarmowych: nawozy → gleba → rośliny, gdyż środowiskowe skutki (szczególnie intensywnej produkcji rolniczej) ujawniają się w mierzalny sposób w zmianie wskaźników żyzności gleby oraz w składzie wód gruntowych czy jakości powietrza.



Rysunek 1. Obieg azotu w rolnictwie

Źródło: opracowanie własne

Za najpoważniejsze zagrożenia generowane przez rolnictwo uznaje się związki azotu i fosforu, które mogą się przemieszczać do wód gruntowych i otwartych

(rzeki, jeziora) oraz w przypadku azotu ulatniać do atmosfery. Ich deficyt prowadzi natomiast do degradacji gleb (OECD 1999). W Polsce od wielu lat jedną z metod służących do oceny potencjalnego stanu zagrożenia środowiska, są bilanse azotu, fosforu sporządzany według metody zaproponowanej przez OECD, noszącego do roku 2003 nazwę „na powierzchni pola” (*soil surface nutrient balance*), a od 2011 także budżetem azotu (fosforu) brutto (Kremer 2013, Kopiński 2017), publikowane przez GUS.

2. Metoda bilansu składników nawozowych

W budżecie azotu i fosforu brutto oraz potasu po stronie przychodów uwzględnia się ilość składnika w nawozach mineralnych i naturalnych (na stanowisku utrzymania zwierząt), ilość wprowadzaną z materiałem siewnym (sadzeniakowym), a również opad azotu z atmosfery i jego wiązanie biologiczne. Po stronie rozchodów uwzględnia się natomiast ilość składników wynoszone w plonach głównych i ubocznych roślin, poplonach zbieranych z gruntów ornych oraz plonach trwałych użytków zielonych. W przypadku salda bilansu azotu brutto (w stosunku do salda netto) jest ono powiększone o wielkość emisji związków, tzw. „strat” gazowych, w postaci amoniaku (NH_3) oraz tlenków i podtlenków azotu (NO , N_2O) powstających w procesie produkcji zwierzęcej oraz przy przechowywaniu i stosowaniu nawozów naturalnych, a także azotowych nawozów mineralnych, osadów ściekowych oraz związków emitowanych z gleby, w tym m.in. w trakcie zabiegów uprawowych. Oszacowana nadwyżka zawiera ilości składników, które są potencjalnie emitowane do atmosfery (dotyczy azotu), wymywane czy wypłukiwane do wód gruntowych lub powierzchniowych oraz akumulowane (bądź wyczerpywane) w glebie. Dlatego saldo azotu tylko teoretycznie może wynosić „0” i najczęściej dla porównań podawane jest w odniesieniu do jednostki powierzchni (1 ha) użytków rolnych wykorzystywanych rolniczo (w dobrej kulturze). Dodatkowo saldo powinno być utożsamiane ze

stratami danego składnika (niewykorzystaniem). Ujemne saldo świadczy, że dopływ składników jest zbyt mały w stosunku do potrzeb roślin i w dłuższym okresie czasu może wskazywać na degradację gleb. Taki stan (wynik ujemny) dotyczy jednak głównie fosforu i potasu, gdyż w przypadku azotu jest on, poza systemem rolnictwa ekologicznego, zazwyczaj rzadko spotykany.

Poniżej przedstawiono wzór wyliczenia salda bilansu brutto. Podobne równanie, poza azotem z depozytu atmosferycznego i wiążanego symbiotycznie, dotyczy wyliczenia sald fosforu i potasu.

SGB (N,P,K)	Saldo bilansu azotu brutto (N), fosforu brutto (P) i potasu (K) $\text{SGNB} = S_{\min} + S_{\text{nat}} + N_{\text{sym}} + N_{\text{atm}} + S_{\text{msi}} - S_{\text{wrt}} - S_{\text{wrp}} - S_{\text{zup}}$
----------------	--

Objaśnienia skrótów:

SGNB – saldo bilansu azotu, fosforu, potasu brutto

S_{min} – azot, fosfor, potas w nawozach mineralnych i osadach przemysłowych, komunalnych

S_{nat} – azot, fosfor, potas w wydalanych odchodach przez zwierzęta gospodarskie

N_{sym} – azot wiązany biologicznie przez rośliny bobowate i trawy w uprawie polowej i użytkach zielonych

N_{atm} – azot w depozycie z atmosfery

S_{msi} – azot, fosfor, potas w materiale siewnym i sadzeniakach

S_{wrt} – azot, fosfor, potas wynoszony w zbiorach roślin towarowych

S_{wrp} – azot, fosfor, potas wynoszony w zbiorach roślin zbieranych na pasze

S_{zup} – azot, fosfor, potas w zbieranych plonach ubocznych roślin oraz poplonach

3. Wnoszenie składników nawozowych w gospodarstwie

3.1. Wnoszenie w nawozach mineralnych

Ilość makroskładników (N, P, K) **w nawozach mineralnych (S_{min})** można określić na podstawie zużycia azotu, fosforu i potasu w czystym składniku w nawozach jedno i wieloskładnikowych oraz ich mieszaninach. Niezbędne jest zatem określenie zużycia NPK w danym roku w gospodarstwie, z uwzględnieniem stanu remanentów i przeliczenie ich na formę pierwiastkową N, P, K.

1 kg P₂O₅ = 0,436 kg P; 1 kg K₂O = 0,830 kg K.

Określenia wielkości zużycia kg N, P₂O₅ i K₂O dokonujemy na podstawie asortymentu (masy) zużycia poszczególnych nawozów mnożąc przez %-ową zawartość czystego składnika.

Np. kg N = kg mocznika * 46%N + kg saletry amonowej * 34%N

Wynikiem kalkulacji jest łączna (sumaryczna) ilość zużytego azotu, fosforu i potasu w formie tlenkowej, a następnie pierwiastkowej.

3.2. Wnoszenie w nawozach naturalnych i ulatniającym się amoniaku

Ilości azotu w nawozach naturalnych obliczana jest na podstawie danych dotyczących pogłowia zwierząt w poszczególnych kategoriach (stan sztuk średnio w roku w poszczególnych grupach zwierząt) oraz współczynników dostarczania azotu (brutto – razem z emisją), fosforu i potasu w nawozach naturalnych przez poszczególne grupy zwierząt średnio w roku (tab. 1). Współczynniki te można wykorzystać do bezpośredniego oszacowania ilości N lub P i K pochodzących z nawozów naturalnych (norma N wynosi 170 kg·ha⁻¹ UR). Metodyka wskazuje ponadto na uwzględnienie, w zależności od zakresu danych, zmian w puli azotu, fosforu i potasu zawartych w nawozach naturalnych związanych z ich zakupem lub sprzedażą (ważną może być informacja dotycząca rodzaju nawozu – obornik (bydlęcy, świński, drobiowy czy mieszany), gnojówka lub gnojowica (tab. 2).

Szacunkowa wielkość N w nawozach naturalnych [kg N/rok] = ilość zwierząt [szt. śr. rok] x współczynnik dostarczania azotu [kg N/szt./rok]



Tabela 1. Współczynniki dostarczania azotu w nawozach naturalnych różnych grup zwierząt gospodarskich, średnio w ciągu roku

Lp.	Kategorie i grupy zwierząt gospodarskich	Współczynnik nawozów naturalnych w kg na sztukę stanu średniorocznego w roku		
		N	P	K
1	Cielęta w wieku poniżej roku	19	2	17
2	Młode bydło w wieku 1 – 2 lat	46	3	30
3	Jałówki cielne powyżej 2 lat	53	7	55
4	Krowy dojne - ogółem	83	11	88
5	Pozostałe bydło (buhaje, opasy)	65	12	70
6	Prosięta o wadze do 20 kg	2,6	1	2,5
7	Warchlaki o wadze od 20 kg do 50 kg	9,	3,2	8
8	Tuczniki na ubój o wadze powyżej 50 kg	15	4	10
9	Knury	18	5	12
10	Lochy -ogółem	20	4,6	11,5
11	Owce - ogółem	9,5	1,8	13
12	Kozy - ogółem	8,	1,7	12,5
13	Brojlery	0,2	0,08	0,12
14	Nioski kurze	0,8	0,26	0,33
15	Kaczki	1,0	0,43	0,35
16	Indyki	1,6	0,58	0,7
17	Gęsi	1,6	0,65	2,2
18	Konie - ogółem	55	5	73

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 2. Przeciętna zawartość składników nawozowych w nawozach naturalnych

Rodzaj nawozu	Pochodzenie nawozu	Zawartość makroskładników w kg / t		
		N	P	K
Obornik	Bydło	4,0	0,9	3,6
	Świnie	5,2	1,7	3,2
	Drób	7,2	1,4	7,4
	Mieszany	4,6	1,3	3,5
Gnojówka	Bydło	3,2	0,1	6,6
	Świnie	2,8	0,2	3,4
Gnojowica	Bydło	3,4	0,9	3,1
	Świnie	4,3	0,1	1,9

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mat. Szkol. IUNG (Maćkowiak 1997)

3.3. Wnoszenie azotu wiążanego biologicznie

Ilość **azotu wiążanego biologicznie przez bakterie symbiotyczne** oraz organizmy wolnożyjące (**N_{sym}**) obliczamy według standardowych współczynników wiązania (Kerschberger i in. 1997) z powierzchni roślin motylkowatych (łubin gorzki, koniczyna i lucerna oraz pozostałe strączkowe drobno- i grubonasienne. Zasadniczo metodologia bilansu azotu brutto uwzględnia głównie azot wiązany symbiotycznie przez bakterie w uprawie roślin bobowatych, mieszanek traw i roślin bobowatych (motylkowatych) w uprawach trwałych lub przemiannych (N_{sym}) (Kremer 2013).

Wielkość azotu wiążanego w glebie [kg N] = powierzchnia motylkowatych [ha] x współczynnik symbiotycznego wiązania azotu dla roślin [kg N/ha]

W tabeli 3 podano współczynniki symbiotycznego wiązania azotu atmosferycznego przez bakterie symbiotyczne w różnych rodzajach upraw.

Tabela 3. Wiązanie azotu atmosferycznego przez bakterie symbiotyczne w różnych rodzajach upraw średnio w ciągu roku

Lp.	Uprawiana roślina, grupa roślin wg podziału statystycznego GUS	Symbiotyczne wiązanie azotu (kg N·ha ⁻¹)
1	Strączkowe jadalne i pastewne na nasiona	100
2	Łubin gorzki na nasiona	165
3	Koniczyna i lucerna na nasiona i zielonkę	120
4	Seradela i esparceta na nasiona i zielonkę	120
5	Strączkowe pastewne na zielonkę	100
6	Trawy polowe uprawiane przemennie oraz ich mieszanki z bobowatymi na zielonkę	6,3
7	Trwałe użytki zielone (łąki i pastwiska). Zbierane na siano i zielonkę (kiszonkę)	4,5

Źródło: opracowanie własne na podst. danych Kerschbergear i wsp. (1997) oraz Kremer (2013)

3.4. Wnoszenie azotu w opadzie atmosferycznym

Ilość **azotu dostarczanego w opadzie atmosferycznym (Natm)** przyjmuje się na podstawie wielkości (ładunków) azotu ogólnego na poziomie kraju lub województw. W Polsce od lat dane te publikuje Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) na podstawie badania chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń powietrza prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. W Polsce w latach 2015-2017 przeciętna wielkość opadu azotu ogólnego wyniosła $10,7 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a fosforu ogólnego $0,3 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Opad atmosferyczny azotu, fosforu $[\text{kg N, P}] = \text{powierzchnia użytków rolnych} [\text{ha UR}] \times \text{wielkość opadu na jednostkę powierzchni} [\text{kg N/ha, kg P/ha}]$

3.5. Pozostałe źródła wnoszenia składników nawozowych

Ilość azotu, fosforu i potasu wnoszonego w materiale siewnym i sadzeniakach (Smsi) możemy określić na podstawie powierzchni zasiewów głównych ziemiopłodów (zbóż, rzepaku, ziemniaków) oraz na podstawie średnich norm wysiewu (sadzenia) (tab. 4) przeliczonych przez odpowiednie współczynniki zawartości azotu, fosforu i potasu w materiale roślinnym (tab. 5). Z uwagi na niewielkie znaczenie tego elementu w bilansie jest ona często pomijana (szczególnie w przypadku braku możliwości określenia ilości zużywanego materiału siewnego).

Wielkość azotu, fosforu, potasu w materiale siewnym $[\text{kg N, P, K}] = \text{zużycie materiału siewnego, sadzeniowego} [\text{t}] \times \text{współczynnik zawartości azotu, fosforu, potasu w materiale siewnym} [\text{kg N, P, K/t}]$

Tabela 4. Przeciętne normatywy wysiewy głównych roślin uprawnych w Polsce

Lp.	Uprawiana roślina lub grupa roślin	Przeciętne normy wysiewu w t ha ⁻¹
1	Pszenica jara, ozima	0,240
2	Jęczmień	0,170
3	Kukurydza	0,070
4	Proso	0,025
5	Owies	0,185
6	Żyto	0,170
7	Pszenżyto	0,240
8	Mieszanki zbożowe	0,210
9	Rzepak i rzepik	0,008
10	Inne oleiste (słonecznik)	0,013
11	Strączkowe grubonasienne (bobik, groch)	0,255
12	Strączkowe drobnonasienne (wyka, peluszka)	0,120
13	Ziemniaki	2,500
14	Warzywa, buraki cukrowe	0,010
15	Nasiona z plantacji nasiennych (trawy, motylkowe)	0,015

Źródło: Opracowanie własne (Jerzy Kopiński)

4. Wynoszenie składników nawozowych

4.1. Wynoszenie azotu w zbiorach roślin uprawnych

Ilości **wynoszonych makroskładników (N, P, K)** stanowiących prawą stronę bilansu (**Swyn**) obliczamy według wielkości zbiorów głównych plonów roślin towarowych (**Swrt**) oraz roślin pastewnych, łąk i pastwisk (**Swrp**), a także zbieranych z pól plonów ubocznych oraz poplonów (**Szup**). Są one następnie przeliczane w oparciu o współczynniki standardowej zawartości składników w plonach (tab. 5) w oparciu o dane Fotymy i in. (1995), Karklinsa (2001), skorygowanych w IUNG-PIB (Kopiński 2017). W bilansowaniu najczęściej pomija się ilości zbierane na przyoranie, przyjmując opcję zerową.

Wielkość azotu, fosforu, potasu wnoszonego w zbiorach poszczególnych ziemiopłodów [kg N, P, K] = zbiory roślin uprawnych w kategoriach [t] x współczynnik zawartości azotu w zbieranym materiale roślinnym (plonach) [kg N, P, K/t]

Tabela 5. Współczynniki standardowej zawartości składników nawozowych w plonach głównych i ubocznych roślin uprawnych w Polsce

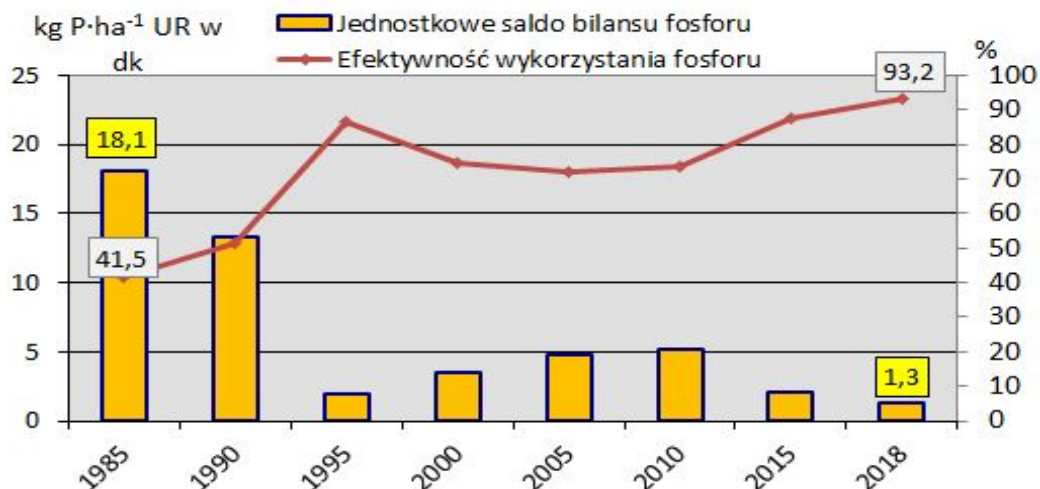
Lp.	Uprawiana roślina, grupa roślin lub rodzaj zbioru (ziemiopłody rolne i ogrodnicze)	Standardowa zawartość składników pokarmowych w plonach roślin głównych		
		azotu (kg N t ⁻¹)	fosforu (kg P t ⁻¹)	potasu (kg K t ⁻¹)
1	Pszenica jara - ziarno	21,0	3,8	4,6
2	Pszenica ozima - ziarno	19,0	3,5	4,3
3	Jęczmień - ziarno	16,0	3,5	4,8
4	Kukurydza - ziarno	15,0	6,3	3,9
5	Proso - ziarno	20,0	6,5	5,0
6	Owies - ziarno	16,0	3,5	4,7
7	Żyto - ziarno	16,0	3,4	4,8
8	Pszenżyto - ziarno	18,0	3,6	4,6
9	Mieszanki zbożowe - ziarno	17,0	4,0	5,1
10	Rzepak i rzepik - nasiona	34,0	6,8	8,7
11	Inne oleiste (słonecznik) - nasiona	28,0	7,5	10,0
12	Strączkowe grubonasienne (bobik, groch)	40,0	4,8	11,0
13	Ziemniaki	3,1	0,5	4,8
14	Owoce - ogółem	2,0	1,5	6,0
15	Warzywa - ogółem	3,0	1,5	6,0
16	Buraki cukrowe - korzenie	1,7	0,4	1,9
17	Len - włókno	5,3	1,4	8,3
18	Konopie - włókno	5,0	0,9	6,0
19	Tytoń	30,0	20,0	45,2
20	Cykoria korzeniowa	2,0	2,5	4,5
21	Chmiel	30,0	16,0	24,9
22	Nasiona traw i motylkowatych	20,0	5,0	30,0
23	Buraki pastewne	1,8	0,4	2,8
24	Koniczyna i lucerna - zielonka	5,6	0,6	3,8
25	Kukurydza - zielonka	3,7	0,6	3,8
26	Inne rośliny pastewne na zielonkę	4,1	0,6	3,9
27	Łąki i pastwiska - siano	20,3	2,75	14,6
28	Liście buraków cukrowych	3,6	0,42	5,5
29	Słoma zbóż	5,2	1,12	10,0
30	Poplony na zielonkę	4,0	0,60	4,5

Źródło: Opracowanie własne (Jerzy Kopiński)

5. Saldo bilansu azotu brutto i fosforu w Polsce

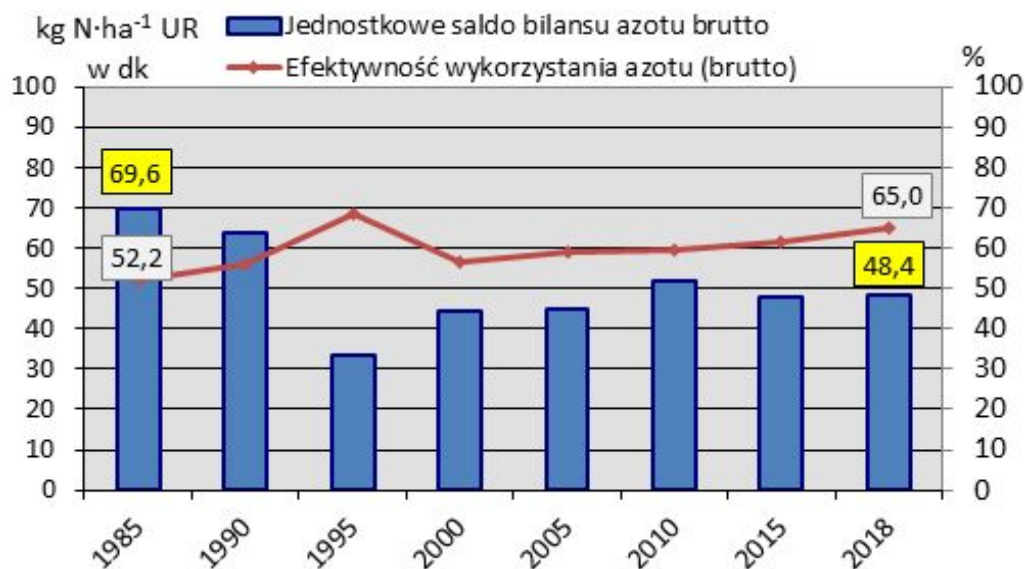
W bilansie azotu brutto i fosforu Polski, w ujęciu dynamicznym (dla 34-rech lat), widoczne są trzy okresy (rys. 2 i 3). Pierwszy to lata do 1990 roku – ostatnie lata gospodarki centralnie sterowanej, drugi obejmujący lata dziewięćdziesiąte, po zapoczątkowaniu przemian gospodarczych i ustrojowych w kraju i trzeci, to kilkanaście lat początku XXI wieku, w tym lata akcesji Polski do struktur Wspólnoty Europejskiej (WE). Do roku 1990 gospodarka nawozowa Polski charakteryzowała się dużym zużyciem nawozów azotowych i fosforowych, dużą obsadą zwierząt i małym zużyciem pasz przemysłowych, a jednocześnie dość niską wydajnością jednostkową i jakością produkcji rolniczej. Prowadziło to do słabego wykorzystania składników nawozowych w całym cyklu produkcji rolniczej ostatnich lat PRL-u (Kopiński 2017). Efektywność wykorzystania azotu wynosiła niewiele więcej niż 50% (rys. 2), a fosforu ok. 42% (rys. 3). Po roku 1990 w rolnictwie polskim nastąpił gwałtowny spadek zużycia nawozów mineralnych i naturalnych – jako konsekwencja spadku dochodów w rolnictwie i redukcji pogłowia zwierząt gospodarskich (Fotyma i in. 2010; Kopiński 2010). Jednocześnie zmniejszeniu, chociaż nie aż tak gwałtownemu, uległo wynoszenie składników w zbiorach roślin. Mniejsze tempo spadku globalnej produkcji roślinnej wynikało z przesuniętego w czasie korzystania z luksusowego (w nadmiarze) nawożenia w latach 1986-1990 (Fotyma i Maćkowiak 1998).





Rysunek 2. Długookresowa analiza zmian jednostkowych sald bilansu azotu brutto i efektywności jego wykorzystania (EuN) w Polsce (lata 1985-2017)

Źródło: Opracowanie własne (Jerzy Kopiński) na podstawie wyników bilansu azotu brutto



Rysunek 3. Długookresowa analiza zmian jednostkowych sald bilansu fosforu i efektywności jego wykorzystania (EuP) w Polsce (lata 1985-2017)

Źródło: Opracowanie własne (Jerzy Kopiński) na podstawie wyników bilansu azotu brutto

W Polsce pomiędzy rokiem 1985 a 1995, saldo azotu brutto zmniejszyło się o połowę do 33,5 kg N ha⁻¹ UR, a fosforu 10-krotnie do 1,9 kg P ha⁻¹ UR). Na początku lat 90-tych - mimo wahań powodowanych również warunkami pogodowymi - nastąpiło gwałtowne przyspieszenie wzrostu efektywności wykorzystania azotu (EuN) i fosforu (EuP). Od tego czasu następował powolny wzrost sald składników nawozowych, które w roku 2010 osiągnęły wielkość 52 kg N ha⁻¹ UR i 5,1 kg P ha⁻¹ UR (rys. 2 i 3). Wynikało to głównie ze zwiększonych dawek stosowanych nawozów mineralnych po akcesji Polski do WE. W ostatnich kilku latach (tj. 2010-2017) analizowanego okresu, nastąpił ponowny spadek sald bilansu azotu i fosforu, któremu towarzyszył wzrost efektywności wykorzystania tego składnika (EuN i EuP). Obserwowany proces zmniejszenia sald składników nawozowych i poprawa efektywności ich wykorzystania świadczy o zmniejszeniu presji środowiskowej generowanej przez polskie rolnictwo. Obecnie przeciętny poziom salda fosforu, zważywszy na fakt jeszcze niedostatecznej zasobności gleb w ten składnik, należy uznać za uzasadniony względami produkcyjnymi, a jednocześnie nie wskazujący na znaczne zagrożenia środowiskowe. Saldo azotu brutto także jest relatywnie na dość niskim poziomie. Jednak w tym względzie istnieją jeszcze w polskim rolnictwie znaczne rezerwy w lepszym wykorzystaniu tego składnika, poprzez zwiększenie produktywności rolnictwa (głównie produkcji roślinnej) i zmniejszenia skutków jego niekorzystnego oddziaływania na środowisko. Niskie, w skali kraju, zużycie nawozów wapniowych oraz niekorzystne relacje pomiędzy głównymi makroskładnikami nawozowymi (N:P:K) powodują, że czynniki te m.in. z uwagi na działanie tzw. reguły beczki Liebig'a, dość mocno limitują produktywność roślin, efektywność techniczną i ekonomiczną wykorzystania azotu (Kopiński 2017).

6. Zmiany salda N i P w polskim rolnictwie, a stan wód Bałtyku

Polska, na tle krajów należących do OECD i UE, wykazuje poniżej przeciętnych saldo bilansu azotu i fosforu, które należy uznać za umiarkowane w kontekście stwarzanych zagrożeń środowiskowych i uzasadnione obecnymi uwarunkowaniami produkcyjnymi rolnictwa. Ta pozytywna ocena sytuacji na poziomie niższych jednostek administracyjnych, czy pojedynczych gospodarstw rolniczych nie jest niestety już tak jednoznaczna (Wrzaszcz i Kopiński 2019).

Warto spojrzeć na bilans azotu w Polskim rolnictwie w szerszym kontekście historycznym, tj. od lat 50-tych XX wieku, czyli wówczas, gdy europejskie rolnictwo dźwigała się ze zniszczeń wojennych, a Europa Zachodnia zdecydowanie postawiła na intensyfikację produkcji rolnej, by uniezależnić się od pomocy żywieniowej z USA. W tym czasie (tj. w latach 50-tych), nadwyżka N w polskim rolnictwie wynosiła ok. 15 kg/ha/rok [Granstedt i in. 2007]. Zważywszy, że saldo azotu w gospodarstwach ekologicznych winno wykazywać nadwyżkę na poziomie 20-35 kg N/ha/rok, wartość ta była zbyt niska dla zabezpieczenia odtwarzania zawartości próchnicy w glebie. Pożądana wielkość nadwyżki, godząca cele gospodarcze i środowiskowe, osiągnięta została w końcu lat 60-tych XX wieku, po czym zaczęła rosnąć ponad miarę.

W latach 50-tych i 60-tych XX-wieku stan Bałtyku był dobry, co znajdowało swój wyraz biologicznej różnorodności jego wód i obfitości ryb. To ostatnie widać w skali połowu ryb, tak przez rybaków z polski, jak i innych krajów. W tym czasie zaopatrzenie w ryby było bardzo dobre, ryby były powszechnie dostępne i tanie, co naturalnie korzystnie wpływało na dietę Polaków, ale także na sam Bałtyk. Z dużą biomasa ryb wynoszono duże ilości N i szczególnie P.

Intensyfikacja rolnictwa w połączenie z jego specjalizacją, przeprowadzona na wielką skalę, najpierw w krajach Europy Zachodniej, a ostatnio również w Polsce, dramatycznie zwiększyła obciążenie wód Bałtyku biogenami.



Niewątpliwie wśród działań podejmowanych na rzecz ochrony wód Bałtyku uzyskaliśmy bardzo dobre wyniki w zakresie ograniczania ładunku N i P zawartego w ściekach bytowych, pewien postęp uzyskaliśmy również w zakresie poprawy wykorzystania N, a w szczególności P w polskim rolnictwie. Tym niemniej nadwyżka bilansowa w przypadku azotu jest nadal zbyt duża i wymaga dalszych działań na rzecz poprawy sytuacji.

Wykorzystanie metodologii bilansu składników nawozowych „na powierzchni pola”, poza oceną zmian przeszłych, umożliwia także ocenę skutków środowiskowych działań podejmowanych w przyszłości.



Literatura

1. Chyłek E. K. Rzepecka M.: Biogospodarka – konkurencyjność i zrównoważone wykorzystanie zasobów. Polish Jurnal of Agronomy, 2011, 7: 3-13.
2. Environmental Indicators for Agriculture. OECD, Paris, 2006.
3. Filipek T.: Zarządzanie zasobami fosforu w środowisku rolniczym. Nawozy i nawożenie, 2002, 4(13): 245-258.
4. Kerschberger M., Franke G., Hess H., 1997: Anleitung und Richtwerte für Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung, Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 74 ss.
5. Kremer A. M.: Nutrient Budgets EU-27, Norway, Switzerland. Methodology and Handbook. Eurostat/OECD. EC Eurostat, Luxembourg, 2013. (ver. 1.02, 17.05.2013).
6. Kopiński J. : Bilans azotu brutto - agrośrodowiskowy wskaźnik oddziaływania rolnictwa na środowisko. Opis metodyki, omówienie wyników bilansu na poziomie NUTS-0, NUTS-2. Wyd. IUNG-PIB Monografie i rozprawy naukowe, Puławy, 2017, 55, ss. 116.
7. Maćkowiak Cz.: Rola nawożenia organicznego w kształtowaniu żyzności i urodzajności gleby. Mat. Szkol. IUNG, Puławy, 1997, 63/97.
8. OECD: National Soil Surface Nutrient Balances: explanatory notes to interpret the data sheets. OECD Secretariat Paris, 1999.
9. Granstedt A., Tyburski J., Kooker W., Stalenga J. 2007: Zagrożenie Bałtyku eutrofizacją w świetle bilansu składników pokarmowych. Fragmenta Agronomica 3(95): 126-135.

Optymalizacja nawożenia w rolnictwie konwencjonalnym – dla dobra rolników i Bałtyku

Prof. dr hab. Jadwiga Wierzbowska

UWM w Olsztynie

Wstęp

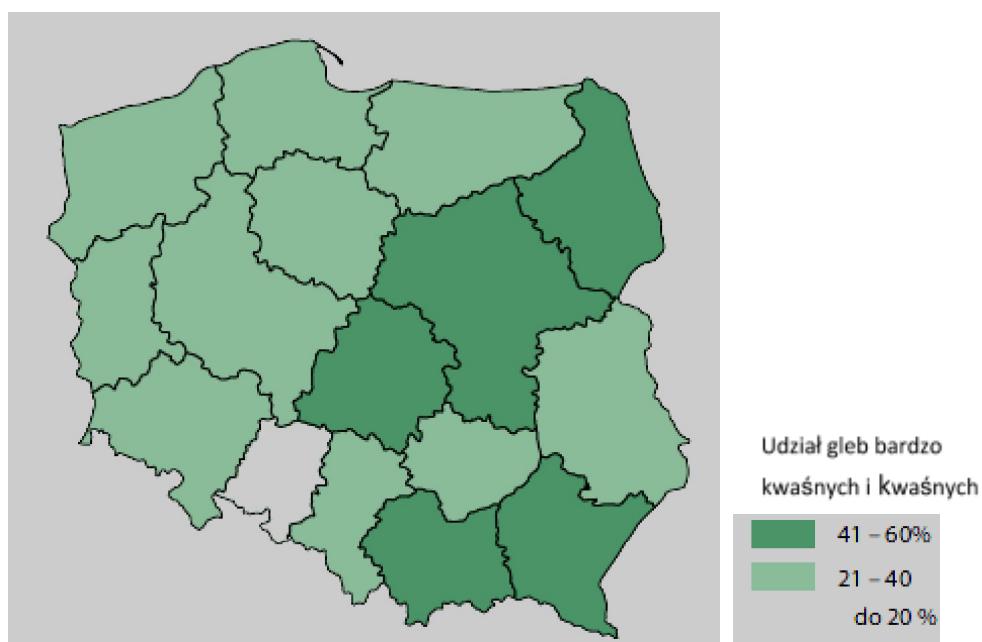
Stosowanie nawozów ma na celu utrzymanie zdolności produkcyjnej gleby. W przypadku niedoborów składników pokarmowych koniecznym będzie zwiększenie ich zawartości w glebie by sprostać zapotrzebowaniu roślin uprawnych. Prawidłowe nawożenie powinno uwzględniać nie tylko wymagania pokarmowe uprawianych roślin, ale również właściwości gleby, warunki klimatyczne oraz termin stosowania nawozów. Odnosi się to głównie do nawozów azotowych i fosforowych, które są jedną z przyczyn wzrostu zawartości azotu i fosforu nie tylko w glebie, ale również w wodach gruntowych i powierzchniowych. Spływające z wodami rzek do Bałtyku związki azotu i fosforu to główne przyczyny powstawania zjawiska eutrofizacji. Spośród krajów zlewni Morza Bałtyckiego najwyższe zużycie nawozów mineralnych azotowych i fosforowych w 2017 r. było w Polsce (ok. 1150 tys. ton), natomiast najmniejsze w Estonii (ok. 37 tys. ton) i na Łotwie (ok. 77 tys. ton) (Ochrona środowiska 2019).

Polska jest krajem o znacznym potencjale produkcyjnym rolnictwa wynikającym z relatywnie dużej, w stosunku do 27 krajów UE, powierzchni użytków rolnych, a zdecydowanie największym wśród krajów należących do zlewni Bałtyku. Niestety, syntetyczny wskaźnik jakości polskich gleb oceniany jest na 60 – 70 punktów w porównaniu do 100 punktów u naszych zachodnich i południowych sąsiadów.



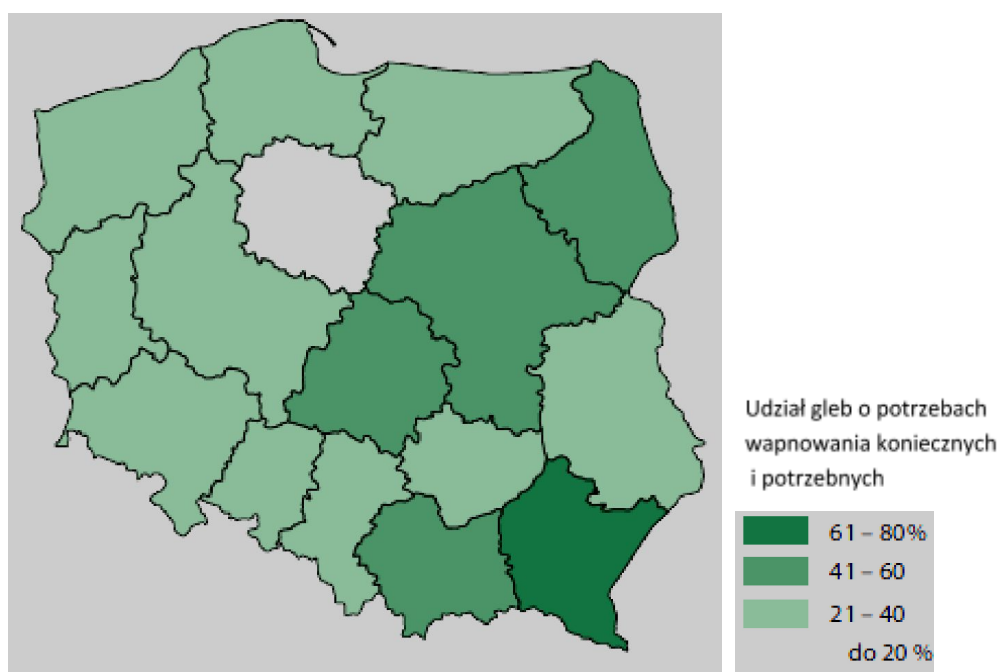
Odczyn gleby, a efektywność nawożenia azotem

Jednym z głównych problemów polskiego rolnictwa jest duży udział gleb wykazujących bardzo duże i duże zakwaszenie (rys. 1). Ponad 90% obszaru Polski zajmują gleby wytworzone ze skał osadowych. W związku z tym, większość naszych gleb z natury jest silnie lub umiarkowanie zakwaszona, o małej zdolności zatrzymywania wody i składników pokarmowych oraz o niskiej zawartości substancji organicznej. Ze względu na przewagę opadów nad parowaniem, zdecydowana większość gleb Polski jest poddawana procesom wymywania składników zasadowych w głąb profilu glebowego. Proces ten nasila się w glebach lekkich, łatwo przepuszczalnych, które dominują w pokrywie glebowej naszego kraju.



Rysunek 1. Ocena stanu zakwaszenia gleb użytków rolnych w latach 2015-2018
 Źródło: Ochrona środowiska 2019, na podstawie danych Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej

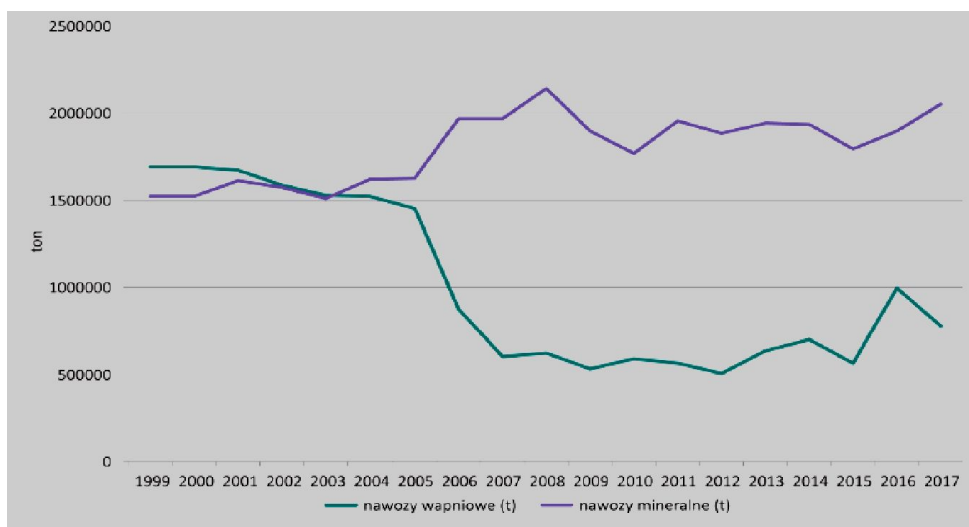
Od wielu lat udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych w Polsce przekracza średnio 50% powierzchni użytków rolnych. Istnieją jednak i takie obszary, gdzie gleby najsilniej zakwaszone stanowią ponad 80%. Analiza badań prowadzonych przez Stacje Chemiczno-Rolnicze pozwala domniemywać, że w latach 2015-2018 potrzebie wapnowania podlegało 2/3 powierzchni gleb rolnych, z czego dla 18% gleb nawożenie wapnem było konieczne, dla 14% – potrzebne, dla 17% gleb – wskazane, a dla 18% ograniczone. Jedynie dla nieco ponad 1/3 gleb rolniczych stosowanie nawozów wapniowych było zbędne (rys. 2).



Rysunek 2. Ocena potrzeb wapnowania gleb użytków rolnych w latach 2015-2018
 Źródło: Ochrona środowiska 2019, na podstawie danych Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej

Rzeczywiste zapotrzebowanie na wapno w przeliczeniu na czysty składnik szacuje się na ok. 2 t CaO/ha. Taka ilość pozwoliłaby na doprowadzenie odczynu gleb w Polsce do odpowiadającego potrzebom produkcji roślinnej. Na początku

lat 90-tych XX. wieku zużycie nawozów wapniowych, średnio w kraju, wynosiło około 135 kg CaO/ha użytków rolnych (UR) rocznie. W pierwszej dekadzie XXI wieku było skrajnie niskie i wynosiło niespełna 40 kg CaO/ha (rys. 3). Natomiast w roku gospodarczym 2017/2018 zastosowano około 55 kg CaO/ha. Nie pokrywa to nawet ubytków wapnia związanych z tzw. wywozem z plonem i stratami przez wymywanie. Sytuację pogarsza fakt, że od wielu lat zużycie wapna nawozowego jest zdecydowanie mniejsze niż nawozów mineralnych NPK, a nawet samych nawozów azotowych. Jest to istotne głównie z uwagi na zakwaszające działanie nawozów azotowych, które stanowią jeden z głównych antropogenicznych czynników obniżania pH gleby. Warto dodać, że na każde 100 kg nawozu azotowego (siarczan amonowy, mocznik, saletra amonowa lub inne wyprodukowane na ich bazie), należy wносить do gleby przeciętnie 60-110 kg CaCO_3 , celem redukcji ich zakwaszającego działania. Natomiast aktualne zużycie wapna nie pokrywa nawet w połowie tego zapotrzebowania (przy średnim zużyciu N przekraczającym 70 kg/ha).

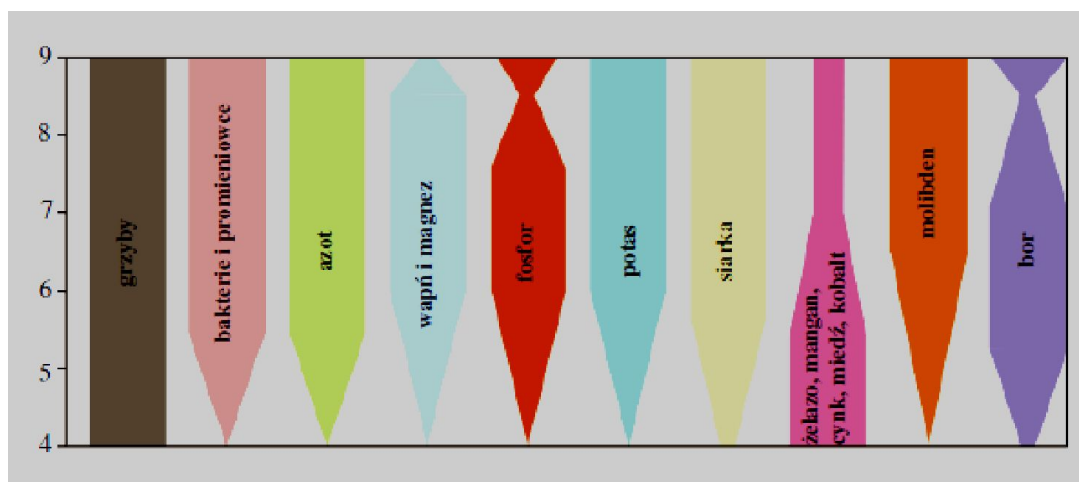


Rysunek 3. Zużycie nawozów mineralnych (NPK) i wapniowych w Polsce w latach 1999-2017

Źródło: Opracowanie na podstawie danych GUS - Stan środowiska w Polsce raport 2018

Pewną nadzieję na poprawę sytuacji stwarza „**Ogólnopolski program środowiskowej regeneracji gleb poprzez ich wapnowanie**”. Na realizację Programu, w latach 2019-2023, przeznaczono 300 mln zł. Beneficjentami końcowymi Programu są rolnicy posiadający użytki rolne o powierzchni nieprzekraczającej 75 ha, w tym posiadający gleby o pH poniżej lub równym 5,5. Dofinansowanie na wapno nawozowe lub środek wapnujący do danej działki rolnej będzie można uzyskać raz na 4 lata.

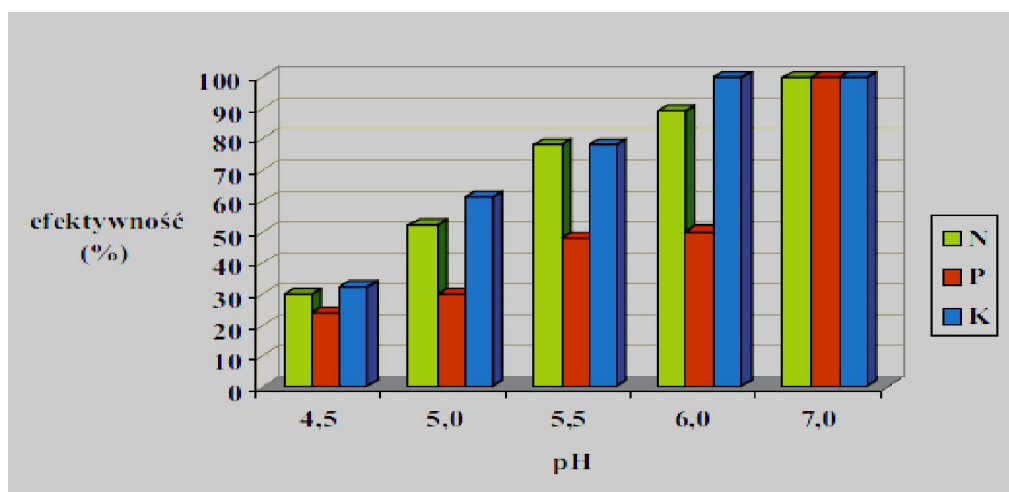
Wapnowanie wpływa na przyspieszenie rozkładu substancji organicznej, które najefektywniej przebiegają w odczynie słabo kwaśnym lub obojętnym. Ponadto wapnowanie sprzyja lepszemu pobieraniu przez rośliny azotu w formie amonowej. Przyczyniając się do lepszej przewiewności gleb, wapnowanie przeciwdziała procesom denitryfikacji, które prowadzą do strat azotu w postaci gazowej. Regulacja odczynu gleby do słabo kwaśnego i obojętnego jest bardzo ważna dla rozwoju bakterii wiążących wolny azot z powietrza (rys. 4).



Rysunek 4. Wpływ pH na przyswajalność składników pokarmowych i życie mikrobiologiczne gleby

Źródło: Buckman i Bradi 1971 za Hołubowicz-Kliza [2006]

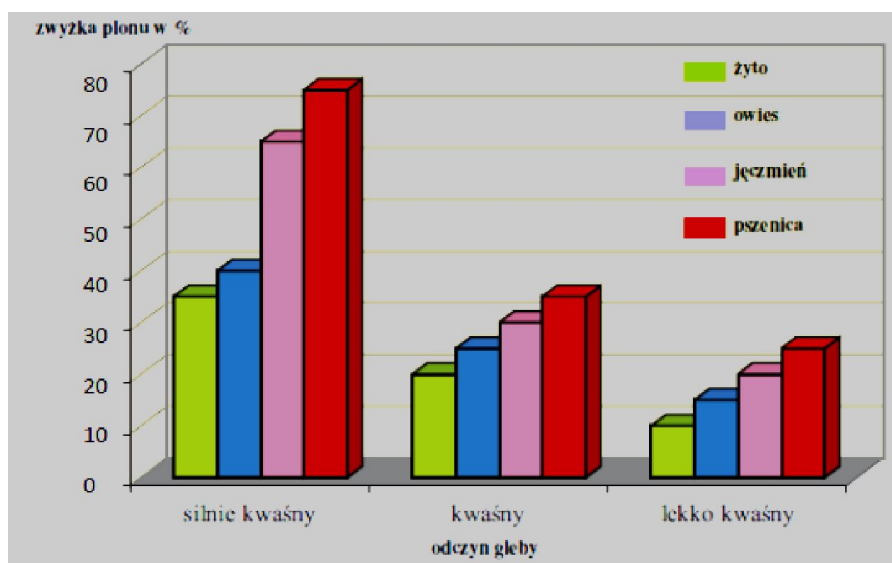
Pod wpływem wapnowania nawozy organiczne ulegają szybszej mineralizacji, łatwiej uruchamiają składniki pokarmowe, które są lepiej wykorzystywane przez rośliny (rys. 5). Należy również zaznaczyć, że nawozy organiczne przy równoczesnym wapnowaniu, przyczyniają się do polepszenia właściwości fizycznych gleby.



Rysunek 5. Wpływ pH na efektywność pobierania makroskładników przez rośliny uprawne

Źródło: Kliza-Hołubowicz [2006]

Do roślin, które reagują na wapnowanie gleb największą zwyżką plonów należą: burak, kukurydza, groch siewny, koniczyna i lucerna. Nieco mniejszą reakcję obserwujemy w przypadku pszenicy, jęczmienia, rzepaku, bobiku oraz łubinu białego i wąskolistnego (rys. 6). Natomiast najmniejszą, ale ciągle dodatnią reakcję obserwujemy w przypadku żyta, owsa, ziemniaka, lnu, łubinu żółtego i seradeli.



Rysunek 6. Reakcja zbóż na wapnowanie gleby
Źródło: Kliza-Hońbrowicz [2006]

Bilans materii organicznej, a poprawa efektywności nawożenia azotem

Bilanse materii organicznej wykonywane na podstawie danych statystycznych i współczynników akumulacji materii organicznej wskazują, że w wielu regionach kraju jest on negatywny. Wynika to między innymi ze znacznego zwiększenia udziału (z 56 do prawie 78%) w strukturze zasiewów roślin o ujemnym wpływie na bilans próchnicy (zboża), a także ograniczenie (z 11 do 3%), udziału w strukturze zasiewów roślin wieloletnich. Zmiany w pogłowie i systemie utrzymania zwierząt inwentarskich wpłynęły ujemnie na podaż obornika, podstawowego nawozu naturalnego. Na gruntach ornych średnia dawka obornika w skali kraju zmniejszyła się z około 9 t/ha w latach 80-tych XX. wieku do około 5 t/ha, w ostatnich latach. Postępująca specjalizacja gospodarstw i koncentracja produkcji zwierzęcej w niektórych regionach prowadzi do nadprodukcji obornika i związanego z tym ryzyka środowiskowego, a w innych,

gdzie dominują gospodarstwa bezinwentarzowe - do niedoboru nawozów naturalnych.

Utrzymanie ujemnego salda bilansu glebowej materii organicznej w dłuższym okresie prowadzi do spadku urodzajności gleby, której nie można w pełni zrekompensować zwiększonymi dawkami nawozów mineralnych. Niezbędna jest zatem uprawa międzyplonów z przeznaczeniem na „nawóz zielony” (co jednak wymaga odpowiedniej ilości opadów), przyorywanie słomy lub alternatywnych źródeł materii organicznej (np. pofermenty, komposty). W strukturze gleb przeważają te o średniej zawartości (1–2%) materii organicznej, a ich udział utrzymuje się na względnie stałym poziomie około 60%, od roku 1995.

Z badań monitoringowych wynika, że działalność rolnicza wywiera duży wpływ na zanieczyszczenie wód związkami azotu i fosforu. Jest on szczególnie widoczny w wodach gruntowych, w małych ciekach wodnych oraz w wodach stojących (objawiając się wzrostem ich trofii). Rolnictwo polskie dość silnie oddziałuje na jakość wód Bałtyku. Polska jest krajem, który wprowadza do niego wraz z wodami rzek największe ładunki azotu i fosforu.

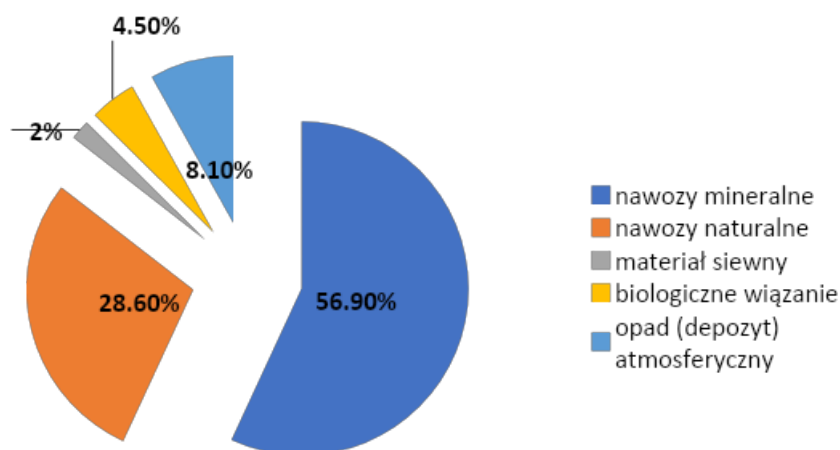
Zgodnie z koncepcją zrównoważonego rozwoju, celem produkcji rolniczej jest produkcja żywności o dobrych parametrach jakościowych prowadzona zgodnie z wymogami ochrony środowiska naturalnego. Jednym z wymogów jest minimalizacja strat składników mineralnych (głównie azotu i fosforu), a w konsekwencji przedostawania się ich do środowiska wodnego. Warunek ten może być spełniony wówczas, gdy nawożenie jest dobrze dostosowane do potrzeb pokarmowych roślin i warunków glebowych. Można wówczas oczekiwać dobrego wykorzystania składników pokarmowych przez rośliny i zmniejszenie ryzyka ich strat z rolnictwa. Dla rolnika ma to również wymiar ekonomiczny, ponieważ każdy kilogram składnika straconego z nawozów ma wymierną wartość.

System nawożenia zrównoważonego zakłada, że wnoszenie składników w nawozach powinno być równe ich pobraniu z plonami roślin. Warunkiem optymalizacji nawożenia jest bilans składników pokarmowych wykonany metodą „na powierzchni pola” (rys. 7). Ponieważ wykorzystanie składników z nawozów nie jest stuprocentowe, w związku z tym pewne nadwyżki nawozów są nieuniknione. Azot jest składnikiem bardzo mobilnym i pozostawiony w glebie po zbiorze roślin ulega stratom w wyniku wymywania do wód podziemnych lub ulatniania do atmosfery. Nadrzędnym celem gospodarowania azotem jest jego maksymalne pobranie przez rośliny, aby pozostałości w glebie były jak najmniejsze. Dawki azotu powinny być ustalane w oparciu o bilans tego składnika uwzględniający jego przychody i straty w postaci pobrania z plonem

Po stronie dochodowej bilansu azotu należy uwzględnić:

- ilość N pozostawianych w glebie w postaci przyoranych produktów ubocznych,
- dopływ w opadzie atmosferycznym,
- ilość azotu w resztkach poźniwnych roślin motylkowatych,
- ilość azotu z nawozów naturalnych,
- nawozy mineralne – powinny stanowić jedynie uzupełnienie różnicy między wymaganiami pokarmowymi rośliny, a wyżej wymienionymi źródłami tego składnika.





Rysunek 7. Struktura źródeł przychodów azotu w glebie w Polsce w latach 2015-2017
 Źródło: opracowanie własne na podstawie badań IUNG-PIB Puławy i Ochrona środowiska 2019

Wg badań IUNG-PIB w Puławach nadwyżka bilansowa azotu w Polsce w latach 2015-2017 wynosiła 46,7 kg/ha, a efektywność wykorzystania (rozchód/przychód) tego składnika kształtowała się na poziomie 64,4%. Najmniejsza nadwyżka bilansowa N występuje w województwie podkarpackim (>10 kg N/ha) i małopolskim (12,6 kg N/ha), co sprawia, że efektywność wykorzystania N jest tam bardzo wysoka i wynosi ok. 87%. Na drugim biegunie plasuje się województwo wielkopolskie i kujawsko-pomorskie, z nadwyżką bilansową wynoszącą odpowiednio 82,9 i 74,7 Kg N/ha, przy efektywności wykorzystania N rzędu zaledwie 50%.

Podobnie jak w przypadku innych składników, wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych nie jest całkowite i zależy od sposobu aplikacji i warunków pogodowych. Należy przyjąć, że w dobrych warunkach rośliny wykorzystują ok. 70% azotu zastosowanego w nawozach mineralnych.

Nowe regulacje prawne mające na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami

W związku z wprowadzeniem nowej ustawy Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r., Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r. (Dz. U. poz. 1339), wprowadzono „Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”.

Program ten wprowadza podział gospodarstw według wymogów dotyczących nawożenia:

1. gospodarstwa o powierzchni do 10 ha lub utrzymujące do 10 DJP – w których nie są wymagane działania związane planowaniem nawożenia azotem;
2. gospodarstwa o powierzchni 10-100 ha lub utrzymujące 10-60 DJP – które zobowiązane są do stosowania nawożenia N w ilości obliczonej z uwzględnieniem maksymalnej dawki N-działającego, określonej w rozporządzeniu (załącznik nr 9 do Programu)
3. gospodarstwa o powierzchni: ≥ 100 ha lub ≥ 50 ha upraw intensywnych oraz utrzymujące ≥ 60 DJP obowiązuje plan nawożenia azotem obowiązuje. Plan nawożenia azotem obowiązuje również:
 - nabywców nawozów naturalnych od podmiotów importujących,
 - podmioty prowadzące chów drobiu powyżej 40 000 stanowisk lub chów świń powyżej 2 000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior,
 - nabywców nawozów naturalnych od podmiotów prowadzących chów drobiu powyżej 40000 stanowisk lub chów świń powyżej 2000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior.



Wyliczanie maksymalnej dawki azotu w nawozach mineralnych

$$\text{Dawka N(kg/ha)} = [N_{\max} - (N_1 + N_2 + N_n)] / 0,7$$

Gdzie: $N_{\max}$ - ilość N działającego z tabeli zawartej w załączniku nr 9

0,7 - współczynnik wykorzystania N z nawozów azotowych mineralnych

N_1 - N_n - azot działający pochodzący ze wszystkich źródeł (*z gleby, z nawozów naturalnych, z resztek pożywnych po roślinach motylkowatych*)

Należy podkreślić, że maksymalne dawki N działającego ze wszystkich źródeł (tzn. *gleba, nawozy naturalne, nawozy mineralne*), dotyczą plonów uzyskiwanych w warunkach uregulowanego odczynu gleby, zbilansowanego nawożenia azotem, fosforem i potasem (NPK) i stosowania integrowanej ochrony roślin.

Ilość N dostępnego w glebie to jest ilość tego składnika, jaką pobiorą rośliny nie nawożone azotem. Jest ona zależna od kategorii agronomicznej gleby i zawartości w niej materii organicznej. Przyjmuje się, że zasoby azotu mineralnego wiosną w warstwie gleby 0-60 cm wynoszą (kg N/ha):

Kategoria agronomiczna gleby			
bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
49	59	62	66

Źródło: Załącznik nr 8 (tab. 12) do Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018.

Jednak w zależności od zawartości materii organicznej i przebiegu pogody w okresie jesienno-zimowej faktyczna zawartość N-mineralnego w glebie może znacznie odbiegać od przyjętych wartości. Dlatego też wskazane jest zastąpienie podanych w powyższej tabeli wartości wynikami badań gleby wiosną na

zawartość azotu mineralnego (N_{min}). Na zlecenie rolnika badania takie wykonują między innymi stacje chemiczno-rolnicze.

Obliczanie dawki N do sporządzenia planu nawożenia azotem

Nie obowiązuje tu zasada maksymalnej ilości N-działającego. Punktem wyjścia do obliczenia dawki są wymagania pokarmowe (W_N) uprawianych roślin, obliczone na podstawie osiągniętych w gospodarstwie plonów:

$W_N(\text{kg/ha}) = \text{plon osiągalny w gospodarstwie [t/ha]} \times \text{pobranie jednostkowe azotu [kg N/t]}$

$\text{Dawka N (kg/ha)} = W_N - \sum N \text{ z innych źródeł (gleba, nawozy naturalne)} \times \text{równoważnik nawozowy}$

- korekta dla roślin uprawianych po przedplonach lub międzyplonach motylkowatych /0,7

gdzie:

0,7 - współczynnik wykorzystania N z nawozów azotowych mineralnych

Również w tym przypadku do obliczeń wykorzystujemy średnie zawartości N_{min} w glebie (zależne od kategorii agronomicznej gleby), lub faktyczne zawartości tej formy azotu, potwierdzone badaniami wykonanymi bezpośrednio przed wysiewem nawozów.

W celu ograniczenia zanieczyszczeń azotanami ze źródeł rolniczych *Program działań...* wprowadza również:

- I. Wielkość rocznej dawki nawozów naturalnych wykorzystywanych rolniczo nie może zawierać więcej niż 170 kg N w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych;



II. Zakaz stosowania nawozów na glebach zamarzniętych, zalanych wodą, nasyconych wodą, lub pokrytych śniegiem, przy czym za glebę zamarzniętą nie uznaje się gleby, która rozmarza co najmniej powierzchniowo w ciągu dnia;

III. Warunki stosowania nawozów w pobliżu wód powierzchniowych w odległościach :

a/ w odległości do 5 m od cieków wodnych i jezior o powierzchni do 50 ha, a w przypadku stosowania gnojowicy odległość ta wynosi 10 m,

b/ zakaz stosowania wszelkich nawozów w odległości do 20 m od brzegów zbiorników wodnych o powierzchni ponad 50 ha, punktów ujęć wody (jeśli odrębnymi przepisami nie ustanowiono strefy ochronnej) i obszarów morskiego pasa nadbrzeżnego;

IV. Warunki stosowania nawozów na terenie o dużym nachyleniu:

a/ na terenie o dużym nachyleniu w kierunku wód powierzchniowych w odległościach określonych w punkcie 3 należy zwiększyć o 5 m,

b/ dawki nawozów rozdzielamy tak, aby jednorazowo nie wysiewać nie więcej niż 100 kg N/ha,

c/ na gruntach ornych nawozy należy aplikować bezpośrednio do gleby lub przyorać/wymieszać z glebą, a w okresie wegetacji stosować w czasie największego zapotrzebowaniu roślin na azot; przyorania/wymieszania z glebą dokonuje się w ciągu 4 godzin od zastosowania nawozu naturalnego, jednak nie później niż następnego dnia po jego zastosowaniu,



d/ zabronione jest przechowywanie nawozów w odległości 25 m od linii brzegu wód powierzchniowych, pasa morskiego i ujęć wód.

V. Terminy stosowania nawozów zawierających azot:

- a/ stałe nawozy naturalne na gruntach ornych można stosować od 1 marca do 31 października, a na użytkach zielonych i na plantacjach trwałych w terminie od 10 marca do 30 listopada,
- b/ mineralne nawozy azotowe i naturalne nawozy płynne na gruntach ornych zasadniczo można stosować od 1 marca do 20 października (załącznik nr 2 zawiera wykaz gmin, na terenie których nawozy można stosować tylko do 15 października, natomiast załącznik nr 3 – gminy, na terenie których termin ten jest przedłużony do 25 października). Na plantacjach trwałych i użytkach zielonych nawożenie jest dopuszczalne do 31 października,
- c/ jeżeli z uwagi na niekorzystne warunki pogodowe, w szczególności nadmierne uwilgotnienie gleby niemożliwe było wykonanie zbiorów lub nawożenia we właściwym terminie, termin graniczny stosowania nawozów przesuwa się dzień 30 listopada.

VI. Warunki przechowywania nawozów naturalnych oraz postępowanie z odciekami:

- a/ nawozy naturalne płynne i stałe powinny być przechowywane w sposób bezpieczny dla środowiska, zapobiegający przedostawaniu się odcieków do wód i do gruntu (nieprzepuszczalne powierzchnie do przechowywania nawozów naturalnych stałych oraz szczelnych i zakrytych zbiorników na nawozy naturalne płynne),

b/ należy zapewnić przechowywanie nawozów naturalnych płynnych w szczelnych zbiornikach o pojemności umożliwiającej gromadzenie co najmniej 4-miesięcznej produkcji tego nawozu w terminie do dnia:

- 31 grudnia 2021 r. – gospodarstwa prowadzące chów zwierząt gospodarskich w liczbie większej niż 210 DJP, w tym: drobiu powyżej 40 000 stanowisk; trzodę chlewną powyżej 2000 stanowisk dla świń o wadze ponad 30 kg lub 750 stanowisk dla macior;
- 31 grudnia 2024 r. – gospodarstwa prowadzące chów zwierząt gospodarskich w liczbie mniejszej lub równej 210 DJP.

c/ podmioty prowadzące produkcję rolną, w tym działy specjalne produkcji rolnej, oraz działalność, w ramach której są przechowywane odchody zwierzęce lub stosowane nawozy powinny dostosować powierzchnię lub pojemność miejsc do przechowywania nawozów naturalnych zapewniając możliwość przechowywania:

- co najmniej 6-miesięcznej produkcji nawozów naturalnych płynnych,
 - co najmniej 5-miesięcznej produkcji nawozów naturalnych stałych,
- w okresach, w których te nawozy nie są wykorzystywane rolniczo.

Terminy dostosowawcze, zależne od skali produkcji, jak w punkcie b.

W celu kontroli prawidłowości przestrzegania zapisów zawartych w *Programie działań...* rolnik powinien dokumentować wszelkie działania związane z nawożeniem azotem i gospodarką nawozami naturalnymi. Rolnik zobowiązany jest do posiadania planu nawożenia azotem lub obliczeń maksymalnych dawek azotu, ma również obowiązek prowadzenia ewidencji zabiegów agrotechnicznych związanych z nawożeniem azotem zawierającej informacje o:

- terminie zastosowania nawozu,
- gatunku rośliny i powierzchni, na której został zastosowany nawóz,

- rodzaju zastosowanego nawozu,
- zastosowanej dawce nawozu,
- terminie przyorania nawozu naturalnego, w przypadku zastosowania tego nawozu na terenie o dużym nachyleniu.

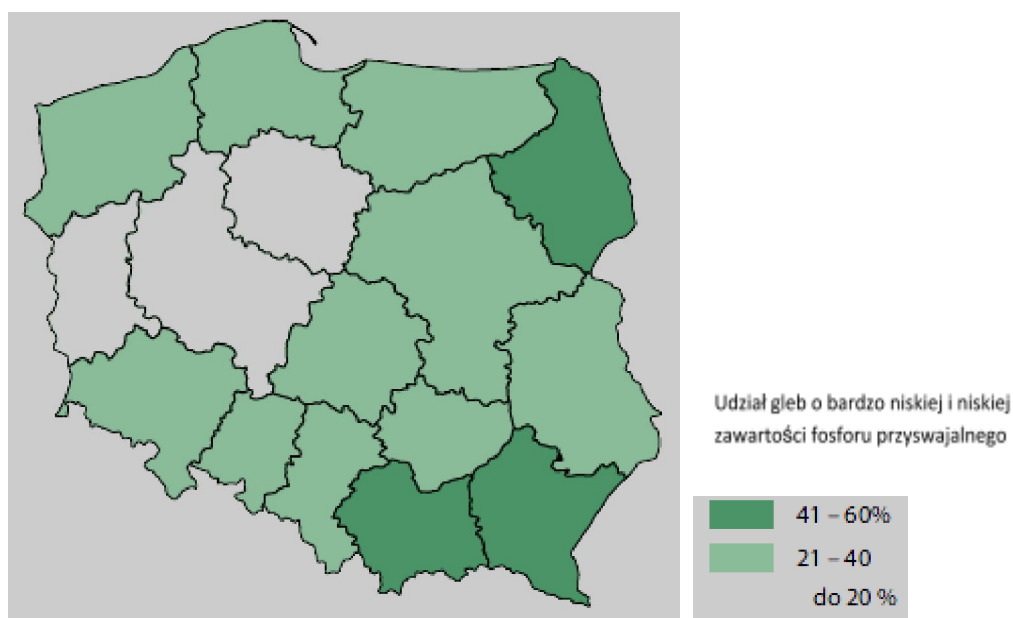
Ewidencja taka powinna być przechowywana przez okres trzech lat.

W związku z niedopełnieniem obowiązków wynikających realizacji z ustawy Prawo wodne i Zarządzenia Rady Ministrów „Program działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”, Inspekcja Ochrony Środowiska może: nakazać usunięcie w określonym terminie nieprawidłowości stwierdzonych w trakcie kontroli lub uiszczenie opłaty karnej (od 500 do 3000 zł), a nawet wnioskować o zmniejszenie dopłat przez Agencję Rozwoju i Modernizacji Rolnictwa.

Efektywność nawożenia fosforem

Jednocześnie ze wzrostem plonów następuje wyczerpywanie fosforu z gleby i jeśli nie zostanie to zrekompensowane przez dodatkowe nawożenie tym składnikiem, to po jakimś czasie nastąpi zmniejszenie potencjalnych jego zasobów w glebie. Fosfor w glebie występuje głównie w postaci fosforanów żelaza, glinu, wapnia i magnezu oraz częściowo w związkach organicznych. Fosforan żelaza i glinu w odczynie kwaśnym są prawie nierozpuszczalne. Zakres najniższej ich rozpuszczalności jest w granicach pH 3-4. Podwyższenie pH powoduje stopniowe uruchomienie przyswajalnego fosforu, a tym samym zwiększenie wykorzystania go z nawozów, jak również z gleby. W wyniku wapnowania u niektórych roślin zwiększa się pobieranie fosforu, np. u kukurydzy 2-3-krotnie, u owsa o ok. 60%, a u koniczyny o ok. 10-20%.





Rysunek 8. Ocena stanu zasobności gleb w przyswajany fosfor w latach 2015-2018
 Źródło: Ochrona środowiska 2019, na podstawie danych Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej

Podsumowanie

Warunkiem optymalizacji nawożenia w rolnictwie konwencjonalnym, prowadzonej dla dobra rolnika i środowiska, w tym wód Bałtyku, jest przede wszystkim dbałość o glebę: regulacja odczynu, zasobności w składniki pokarmowe, zapewnienie regularnego nawożenia nawozami naturalnymi, w terminach i dawkach zgodnych z warunkami siedliskowymi i wymaganiami roślin uprawnych.

Literatura

1. Hołubowicz-Kliza G. 2006. Wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa Nr 128. Wydawnictwo IUNG-PIB, Puławy.
<https://www.arimr.gov.pl/kontrola-beneficjentow/program-ograniczajacy-stosowanie-azotanow.htm>
<https://www.gov.pl/web/rolnictwo/dzis-rusza-program-wapnowania-gleb>
2. Ochrona środowiska. 2019. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa
 Raport z III etapu realizacji zamówienia „Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2015-2017”. 2017. IUNG-PIB, Puławy
3. 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”*
4. Stan środowiska w Polsce raport 2018 – praca zbiorowa pod kierunkiem Wiech A.K., Marciniewicz-Mykiety M., Toczko B. wyd. Inspekcja Ochrony Środowiska - Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2018
5. Środowiskowe aspekty zakwaszenia gleb w Polsce 2017 – praca zbiorowa. Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB
6. Zbiór zaleceń dobrej praktyki rolniczej mający na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych. 2019. Opracowanie pod redakcją IUNG-PIB Puławy: Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi oraz Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej.

Wpływ rolnictwa na różnorodność fauny glebowej

dr Jarosław Stalenga

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy

Puławy

Wstęp

Współczesne rolnictwo stoi w obliczu wyzwania, jakim jest wypracowanie praktycznych rozwiązań, które nie obniżając istotnie plonów roślin uprawnych ograniczą ujemny wpływ rolnictwa na środowisko naturalne, a zwłaszcza na różnorodność biologiczną. Ochrona bioróżnorodności to nie tylko działania zmierzające do zachowania rzadkich gatunków roślin czy zwierząt, ale w coraz większym stopniu aktywność ukierunkowana na czerpanie bezpośrednich korzyści, jakie płyną z jej zachowania. Korzyści te określa się mianem usług ekosystemowych. W tym przypadku nacisk kładzie się dość często na ochronę pospolitych gatunków i ich siedlisk, które mogą być źródłem wspomnianych usług. Do najważniejszych usług ekosystemowych należą:

1. naturalna ochrona roślin przed szkodnikami i patogenami
2. zapylenie roślin uprawnych
3. utrzymanie i zwiększanie żyzności gleby

Organizmy glebowe mają kluczowe znaczenie w generowaniu wymienionych usług, a zwłaszcza w utrzymywaniu i zwiększaniu żyzności gleby. W celu określenia dokładnej wartości tych usług konieczna jest ich wycena, stanowi ona jednak duże wyzwanie metodyczne. Jedną z najważniejszych funkcji organizmów glebowych jest rozkład resztek organicznych. Rocznie na całym

świecie produkowanych jest ich ponad 38 miliardów ton. Gdyby nie ich rozkład przez organizmy glebowe, duża część powierzchni ziemi byłaby pokryta grubą warstwą resztek organicznych. Globalnie wartość tej usługi stanowi około 50% całkowitych korzyści płynących z biologicznej aktywności gleby. Inne korzyści, których źródłem jest bogactwo gatunkowe gleby, podano w tabeli 1.

Tabela 1. Korzyści gospodarcze płynące z różnorodności biologicznej gleby

Aktywność	Zaangażowane grupy organizmów glebowych	Szacowane korzyści ekonomiczne, mld USD/ rok
Rozkład resztek organicznych	Grzyby, bakterie, pierwotniaki i inne organizmy glebowe	760
Procesy glebotwórcze	Dżdżownice, mrówki, termyty, grzyby uczestniczące w procesach glebotwórczych	25
Biologiczne wiązanie azotu	Bakterie zdolne do biologicznego wiązania azotu	90
Degradacja zanieczyszczeń	Różne grupy mikroorganizmów glebowych	121
Ochrona przed szkodnikami	Gleba zapewniająca mikrosiedliska dla naturalnych wrogów szkodników	160
Zapylenie	Niektóre fazy rozwojowe zapylaczy przebiegają w glebie	200

Źródło: Gardi, 2009

Od 2004 r. w Polsce, a w niektórych innych krajach Unii Europejskiej od początku lat 90., wdrażane są specjalne programy służące ochronie różnorodności biologicznej na gruntach użytkowanych rolniczo. Należą do nich głównie program rolnośrodowiskowy oraz rolnictwo ekologiczne. Skuteczność tych instrumentów w ochronie i zwiększaniu bioróżnorodności, a także w świadczeniu usług ekosystemowych o odpowiedniej jakości wzbudza wiele dyskusji (Batary i in., 2015). Jednocześnie podkreśla się potrzebę doskonalenia tych narzędzi, zarówno na poziomie szczegółowych wymogów, jak i na poziomie skali ich wdrażania. Dla przykładu w Holandii od kilkunastu lat mocno wspierane jest wspólnotowe (kolektywne) podejście do wdrażania programu rolnośrodowiskowego. Od 2016 r. podejście wspólnotowe jest już jedyną możliwością przystąpienia do tego programu dla rolników w tym kraju.

Nowym, obiecującym podejściem, pozwalającym utrzymać, a nawet zwiększać plony roślin uprawnych i jednocześnie ograniczać ujemny wpływ rolnictwa na różnorodność biologiczną, jest ekologiczna intensyfikacja produkcji rolniczej (Bommarco i in. 2013). Opiera się ona na dążeniu do zastępowania w rolnictwie przemysłowych środków produkcji maksymalnym wykorzystaniem naturalnych procesów (np. biologicznego wiązania azotu) zachodzących w agroekosystemach, w tym głównie procesów przebiegających w glebie. Twórcy tej koncepcji podkreślają, że kluczowe znaczenie w utrzymaniu żyzności gleby, co jest jednym z warunków efektywnej eko-intensyfikacji, mają działania zmierzające do zwiększania zawartości glebowej materii organicznej oraz planowanie jak najbardziej zróżnicowanych zmianowań, bogatych w rośliny bobowate i międzyplony.

Intensyfikacja rolnictwa istotnie wpływa na różnorodność biologiczną, w tym także na różnorodność fauny żyjącej w glebie. Kluczową praktyką intensywnego rolnictwa konwencjonalnego negatywnie oddziałującą na



bioróżnorodność i właściwości biologiczne gleby, jest stosowanie syntetycznych nawozów mineralnych, zwłaszcza azotowych oraz chemicznych środków ochrony roślin. Natomiast zdecydowanie pozytywne efekty dla różnorodności biologicznej gleby przynosi systematyczne stosowanie nawozów naturalnych oraz organicznych. Dopływ materii organicznej do gleby zapewnia podłoże dla rozwoju i funkcjonowania wielu grup organizmów ją zamieszkujących, zwiększa ich różnorodność gatunkową oraz aktywność enzymatyczną gleby (Marinari i in., 2007; Thangarajan i in., 2013).



Rysunek. 1 Różnorodność biologiczna gleby jest podstawą właściwego funkcjonowania agroekosystemów.

PRÓCHNICA

**POZIOM
WYMYWANIA**

**SKAŁA
MACIERZYSTA**



Ilustracja autorstwa Kamili Zasady

Na podstawie: <http://soils.usda.gov/education/resources/lessons/profile>

Bakterie

Bakterie są jedną z **najważniejszych i najbardziej aktywnych grup organizmów żyjących w glebie**. W istotnym stopniu decydują one o właściwościach fizycznych, chemicznych oraz biologicznych gleby. Masa bakterii w glebie może wynosić od kilku ton na gruntach ornych do kilkunastu ton w glebach łąkowych, a jeden gram gleby zawiera do miliarda bakterii. Pomimo swoich małych rozmiarów (zwykle poniżej 2 μm) bakterie stanowią od 3 do 5% całkowitej biomasy organicznej w glebie. Liczebność i różnorodność bakterii zależy od typu gleby, warunków klimatycznych jak również od ilości i jakości zabiegów agrotechnicznych, a zwłaszcza nawożenia.

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się nie tyle różnorodności gatunkowej organizmów glebowych, co różnorodności funkcjonalnej, czyli funkcji biologicznych pełnionych przez określone gatunki lub z reguły przez całe grupy organizmów glebowych. Jedną z najważniejszych funkcji bakterii jest rozkład glebowej materii organicznej i tym samym udział w obiegu węgla i azotu. Procesy rozkładu mogą odbywać się w obecności tlenu (bakterie tlenowe) lub w warunkach beztlenowych (bakterie beztlenowe). Bakterie są w stanie rozkładać wiele rodzajów naturalnych substratów organicznych odpowiadając za ponad 90% całkowitego rozkładu materii organicznej.

Inną, ważną grupą bakterii są organizmy zdolne do biologicznego wiązania azotu atmosferycznego. Wśród nich wyodrębnia się bakterie wolnożyjące (np. *Azotobacter*), bakterie asocjacyjne (np. *Azospirillum*) oraz bakterie symbiotyczne (np. *Rhizobium*). Przyjmuje się, że azot związany symbiotycznie stanowi ok. 80% całości azotu dostającego się do globalnego obiegu. Ilość azotu związanego symbiotycznie może wynosić nawet do 400 kg/ha/rok.



Bardzo ważną funkcją bakterii jest ich udział w rozkładzie zanieczyszczeń organicznych, a zwłaszcza wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (np. benzo(a)pirenu), które to wykazują silne właściwości mutagenne oraz kancerogenne (Gałązka 2015). Systemem rolniczym, który w największym stopniu bazuje na procesach naturalnych, a zwłaszcza wykorzystaniu biologicznego wiązania azotu i jednocześnie w szerokim zakresie wykorzystuje nawozy organiczne i naturalne jest rolnictwo ekologiczne. Wyniki wielu badań naukowych wskazują na wyższą aktywność biologiczną gleby użytkowanej ekologicznie w porównaniu do gleb w systemach konwencjonalnych (Hartmann i in., 2015; Lori i in., 2017). Badania prowadzone przez Martyniuka i in. (2007) wykazały, że gleba pod pszenicą ozimą uprawianą w systemie ekologicznym, w porównaniu do pól konwencjonalnych, charakteryzowała się większymi populacjami grup bakterii biorących udział w przemianach azotu, a zwłaszcza takich jak: asymilatory N_2 z rodzaju *Azotobacter* oraz bakterie symbiotyczne. Według autorów było to przede wszystkim skutkiem większego dopływu materii organicznej oraz korzystniejszym dla bakterii odczynem gleby na polu ekologicznym.

Dżdżownice

Dżdżownice (fot. 1), podobnie jak bakterie, odgrywają bardzo ważną rolę biorąc aktywny udział w wielu procesach zachodzących w glebie (tab. 2). Poprzez drążenie tuneli napowietrzają glebę zmniejszając jej ciężar właściwy. Niektóre gatunki tworzą kilkumetrowe, pionowe tunele w profilu glebowym, ułatwiające przemieszczanie się wody i powietrza. Tunele dżdżownic są także wykorzystywane przez korzenie roślin, dzięki czemu mogą one rosnąć głębiej i szybciej. Ściany tuneli są pokryte śluzem i odchodami dżdżownic, dzięki czemu intensywnie rozwijają się na nich pożyteczne mikroorganizmy, a rośliny uzyskują z nich łatwo dostępne składniki pokarmowe. Sklejone śluzem agregaty gleby są

bardziej odporne na erozję i bogatsze w węgiel niż gleba uboga w dżdżownice. Zwierzęta te żywią się martwą materią roślinną, którą połykają razem z glebą. Resztki roślinne są trawione i zamieniane w próchnicę, dzięki mikroorganizmom żyjącym w przewodzie pokarmowym dżdżownic. Odchody, nazywane koprolitami, są bogatym nawozem z łatwo przyswajalnymi formami NPK oraz wapnia i magnezu. Poprzez szybkie przetwarzanie resztek pożywnych, dżdżownice zapobiegają rozwijaniu się chorób roślin. Na gruntach gdzie nie jest wykonywana orka, rosówka (*Lumbricus terrestris*) wykorzystuje obornik i ściółkę wciągając je do swoich tuneli, dzięki czemu nawóz trafia głębiej i jest dostępny dla roślin. W zależności od typu gleby i sposobu użytkowania, na hektarze gruntów ornych może żyć od stu kilogramów do dwóch ton dżdżownic. Jako przeciętną masę najczęściej podaje się 400 kilogramów. W ciągu roku dżdżownice przerabiają i wzbogacają około 10 t gleby. Generalnie wyróżnia się trzy typy ekologiczne dżdżownic: **epigeiczne** (powierzchniowe i ściółkożerne), **endogeiczne** (glebowe) i **anekiczne** (ściółkożerne) (Bouché 1977). **Dżdżownice epigeiczne** zamieszkują powierzchniową warstwę gleby oraz ściółkę. W większości są drobne, o ciemnym ubarwieniu, poruszają się szybko oraz wydają liczne potomstwo. Do tej grupy zaliczane są takie gatunki jak: *Lumbricus rubellus*, *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus*. **Dżdżownice endogeiczne** zasiedlają gleby mineralne, z reguły są lekko pigmentowane lub pozbawione barwy, występuje wśród nich duże zróżnicowanie wielkości. Poruszają się wolno i mają mniejsze tempo reprodukcji niż dżdżownice epigeiczne. Wśród nich znajdują się m.in. takie gatunki jak: *Aporrectodea caliginosa* i *Octolasion lacteum*. **Dżdżownice anekiczne** tworzą głębokie i trwałe korytarze, do których wciągają pokarm z powierzchni gleby. Dżdżownice z tej grupy są znacznych rozmiarów, wykazują najwolniejsze tempo reprodukcji. W naszych glebach występuje należąca do tej grupy rosówka (*Lumbricus terrestris*) (Gryziak 2011).



Rosówka (*Lumbricus terrestris*)



Lumbricus rubellus



Apporectodea rosea



Apporectodea caliginosa

Źródło: <http://www.opalexplorenature.org/compost-worm>

Fotografia 1. Dżdżownice często i licznie występujące w polskich glebach ornym: *Apporectodea caliginosa*, *Apporectodea rosea*, *Lumbricus terrestris* i znacznie rzadziej *Lumbricus rubellus*.



W Polsce na gruntach ornych najczęściej i najliczniej występuje *Aporrectodea caliginosa* (Sav.) - dżdżownica szara. Jest gatunkiem geofagicznym (glebożernym) i endogeicznym. Występuje masowo w glebach mineralnych.

Aporrectodea rosea (Sav.), to gatunek glebożerny, który zasiedla wierzchnie warstwy gleb. Chociaż najczęściej spotykana jest w glebach łąkowych, dzięki dużej zdolności do przystosowywania się (może żyć tak w środowiskach podmokłych, jak i suchych), występuje również na gruntach ornych.

Lumbricus terrestris (L.), czyli rosówka, jest największym gatunkiem krajowym, ściółkożernym. Wyszukuje pokarm na powierzchni gleby i wciąga go do norki. Tunele rosówki mogą sięgać do 3 m.

Tabela 2. Znaczenie różnych typów ekologicznych dżdżownic w ważniejszych procesach przebiegających w glebie

Funkcja	Typ ekologiczny dżdżownic		
	Powierzchniowe i ściółkożerne (Epigeiczne)	Glebowe i glebożerne (Endogeiczne)	Glebowe i ściółkożerne - norne (Anekiczne)
Agregacja wierzchniej warstwy gleby	Istotne	Mało istotne	Istotne
Agregacja wzdłuż profilu glebowego	Mało istotne	Istotne	Mało istotne
Formowanie porów glebowych	Mało istotne	Istotne	Istotne

Rozkład resztek poźniwnych z wierzchniej warstwy gleby	Istotne	Mało istotne	Istotne
Rozkład resztek poźniwnych z głębszej warstwy gleby	Mało istotne	Istotne	Mało istotne
Sekwestracja (wychwytywanie) węgla	Mało istotne	Istotne	Mało istotne
Mineralizacja materii organicznej	Istotne	Istotne	Istotne
Straty składników nawozowych	Mało istotne	Mało istotne	Istotne
Aktywność mikrobiologiczna	Istotne	Istotne	Istotne
Produkcja pierwotna	Mało istotne	Istotne	Istotne

Źródło: Whalen (2007)

Różne czynniki kształtują liczebność populacji dżdżownic. Jednym z najważniejszych jest typ gleby. Ogólnie więcej dżdżownic jest w glebach żyznych, próchnicznych niż piaszczystych i gliniastych. Więcej dżdżownic występuje na gruntach nawożonych obornikiem i kompostem. W tym wypadku im większa masa wniesionego nawozu, tym większy przyrost populacji dżdżownic w roku następnym. Dobrym pokarmem dla dżdżownic są także nawozy zielone. Zdecydowanie większą wartość odżywczą mają rośliny z rodziny bobowatych i kapustowatych, niż trawy i zboża. Źródłem pokarmu są także resztki poźniwne (korzenie, łodygi, słoma) roślin uprawnych, które mają jednak mniejszą wartość pokarmową niż świeża biomasa, ze względu na to, że są zdrewniałe, przez co

występuje problem z ich rozkładem. Zastosowanie gnojówki lub innych naturalnych źródeł azotu zwiększa dostępność słomy dla fauny glebowej. Większą wartość pokarmową mają resztki roślin dwuliściennych i bogatych w azot, takich jak bobowate i oleiste, niż zbóż i kukurydzy. Istotne znaczenie dla dżdżownic ma struktura zasiewów. Najgorszym możliwym wariantem zmianowania dla dżdżownic jest wieloletnia uprawa zbóż, pozbawiona międzyplonów, nawożenia naturalnego i gdzie dodatkowo wynoszona jest słoma. Każde wzbogacenie takiego systemu wpływa pozytywnie na liczbę i aktywność dżdżownic. Ograniczenie udziału zbóż w strukturze zasiewów i zwiększenie udziału wieloletnich roślin bobowatych (np. koniczyny, lucerny), korzystnie wpływa na różnorodność i liczebność dżdżownic, i w efekcie na żyzność gleby. Istotny wpływ na te organizmy ma obecność okrywy roślinnej w czasie zimy, ponieważ dżdżownice są wrażliwe na mróz. Bardzo ważnym aspektem jest także regulacja odczynu gleby. Większość gatunków dżdżownic funkcjonuje w glebach o odczynie obojętnym lub lekko zasadowym, dlatego ważne jest wapnowanie gleb kwaśnych.

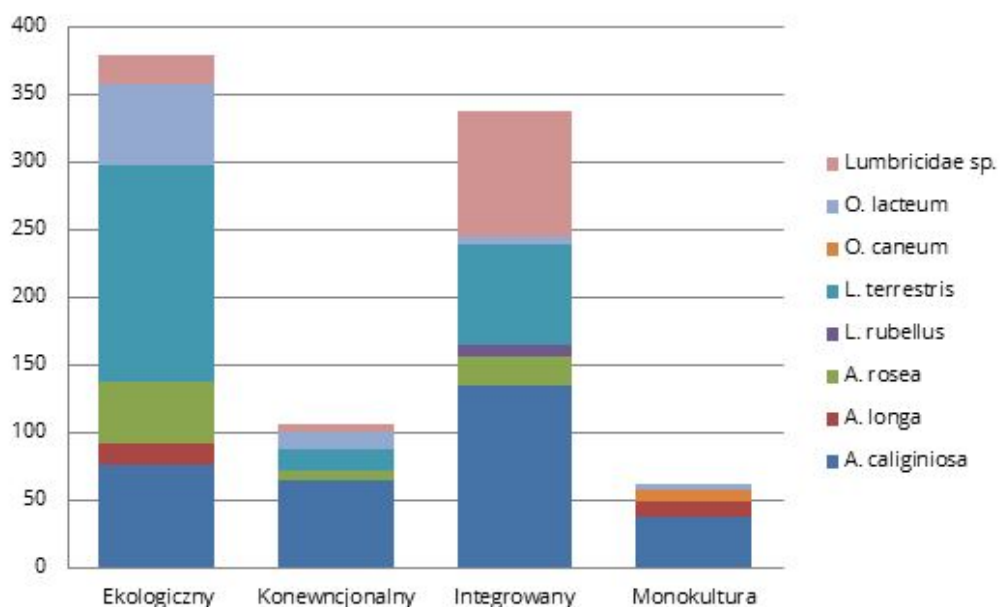
Czynniki takie jak nawożenie mineralne mogą wpływać negatywnie na populacje dżdżownic poprzez zakwaszanie i zasolanie gleby. Chemiczne środki ochrony roślin stosowane w konwencjonalnym rolnictwie mają pośrednio negatywny wpływ poprzez likwidowanie bazy pokarmowej obejmującej m.in. chwasty oraz poprzez kumulację pozostałości pestycydów w resztkach poźniwnych.

Kolejnym bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na populacje dżdżownic jest system uprawy roli. Wszystkie zabiegi zaburzające naturalną strukturę gleby wpływają negatywnie na dżdżownice, a zwłaszcza na gatunki żyjące w ściółce oraz gatunki tworzące trwałe, pionowe tunele. Najmniej wrażliwe są gatunki żyjące w głębszych warstwach gleby, takie też dominują na

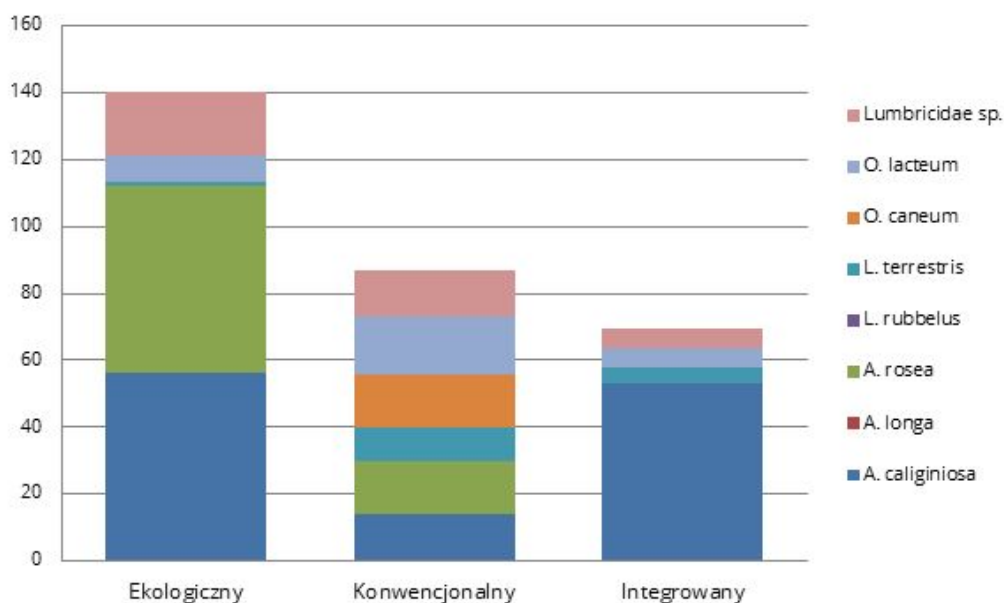
gruntach ornych. Najwięcej dżdżownic ginie w wyniku stosowania glebogryzarki, niekorzystna jest także orka oraz kultywatorowanie. Wszelkie uproszczenia uprawowe działają pozytywnie na liczebność bezkręgowców glebowych, najkorzystniejsze są tu siew bezpośredni oraz uprawa pasowa. W tak zwanych systemach bezorkowych występuje dwa do trzech razy więcej dżdżownic w porównaniu do systemu orkowego. Duże znaczenie ma też pozostawienie ściółki lub mulczu na powierzchni gleby (Briones i Schmidt, 2017).

Generalnie, na polach użytkowanych ekologicznie stwierdza się większą liczebność i biomasę dżdżownic niż na polach konwencjonalnych (Henneron i in., 2014; Feledyn-Szewczyk i in., 2019). W badaniach własnych prowadzonych na obiekcie doświadczalnym w Osinach (woj. lubelskie) biomasa dżdżownic w pszenicy ozimej uprawianej ekologicznie była istotnie większa, niż w systemie konwencjonalnym oraz w monokulturze pszenicy. Podobnie na polu z pszenicą jarą stwierdzona biomasa dżdżownic była istotnie większa na polu ekologicznym niż na integrowanym i konwencjonalnym (rys. 1 i 2).





Rys. 1. Biomasa dżdżownic [w kg/ha] w pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach rolniczych (Badania własne)



Rys. 2. Biomasa dżdżownic [w kg/ha] w pszenicy jarej uprawianej w różnych systemach rolniczych (Badania własne)

W badaniach na tym samym obiekcie prowadzonych przez Feledyn-Szewczyk i in. (2019) stwierdzono, że w pszenicy ozimej uprawianej ekologicznie było istotnie więcej gatunków niż w systemie integrowanym ($p=0,045$) i monokulturze pszenicy ($p=0,002$). Ponadto wykazano, że liczba osobników dżdżownic była istotnie wyższa na polu ekologicznym, niż w monokulturze pszenicy ($p=0,001$). Inne badania Pfinera i Madera (1997) wykazały, że na polach konwencjonalnych, na których stosowano nawożenie mineralne i integrowaną ochronę roślin, liczba i biomasa dżdżownic była o około 40% mniejsza w porównaniu z polami, na których stosowano nawożenie mineralno-organiczne i integrowaną ochronę roślin. Jednak w systemie ekologicznym liczba dżdżownic była dodatkowo o 80%, a biomasa o 40% większa w porównaniu z obiektem z nawożeniem mineralno-organicznym i z integrowaną ochroną roślin.

Podsumowując, najkorzystniejsze praktyki sprzyjające dużej różnorodności biologicznej organizmów glebowych, w tym bakterii i dżdżownic oraz wysokiej aktywności biologicznej gleby na gruntach ornych obejmują:

1. Stosowanie nawozów naturalnych i organicznych, najlepiej w formie przekompostowanej,
2. Zaniechanie lub ograniczanie stosowania chemicznych środków ochrony roślin, szczególnie nieselektywnych insektycydów,
3. Utrzymywanie zróżnicowanego płodozmianu bogatego w rośliny bobowate, zwłaszcza wieloletnie drobnonansienne oraz międzyplony,
4. Ograniczenie zabiegów uprawowych i stosowanie konserwującej (bezorkowej) uprawy roli,
5. Stosowanie naturalnych preparatów mikrobiologicznych pobudzających aktywność biologiczną gleby, np. szczepionek mikoryzowych czy szczepionek zawierających bakterie symbiotyczne roślin bobowatych.

Literatura

1. Batáry P., Dicks L.V., Kleijn D., & Sutherland W.J. 2015. The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology* 29: 1006–1016.
2. Bommarco R., Kleijn D., Potts S.G., 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28, 230–238.
3. Bouché M.B. 1977. Strategies lombriciennes. *Ecological Bulletins* 25: 122-132.
4. Briones M.J.I., Schmidt O. 2017. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. *Global Change Biology* 23: 4396-4419.
5. Feledyn-Szewczyk B., Radzikowski P., Stalenga J., Matyka M. 2019. Comparison of the effect of perennial energy crops and arable crops on earthworm populations. *Agronomy* 9(11): 675.
6. Gałązka A. 2015. Zanieczyszczenia gleb substancjami ropopochodnymi z uwzględnieniem biologicznych metod ich oczyszczenia. *Kosmos* 64:145-164.
7. Gardi C. & Jefferey S. 2009. Soil biodiversity. JRC Scientific and Technical Reports.
8. Gryziak G. 2011. Wzajemnie relacje dżdżownic, roślin i mechowców. *Kosmos* 60:95-102.
9. Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mader P., Widmer F. 2015. Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *ISME J.* 9, 1177–1194.
10. Henneron L., Bernard L., Hedde M., Pelosi C., Villenave C., Chenu C., Bertrand M., Girardin C., Blanchart E. 2014. Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 169-181.
11. Lori M., Symnaczik S., Mader P., De Deyn G., Gattinger A. 2017. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—a meta-analysis and meta-regression. *PLoS One* 12, e0180442.

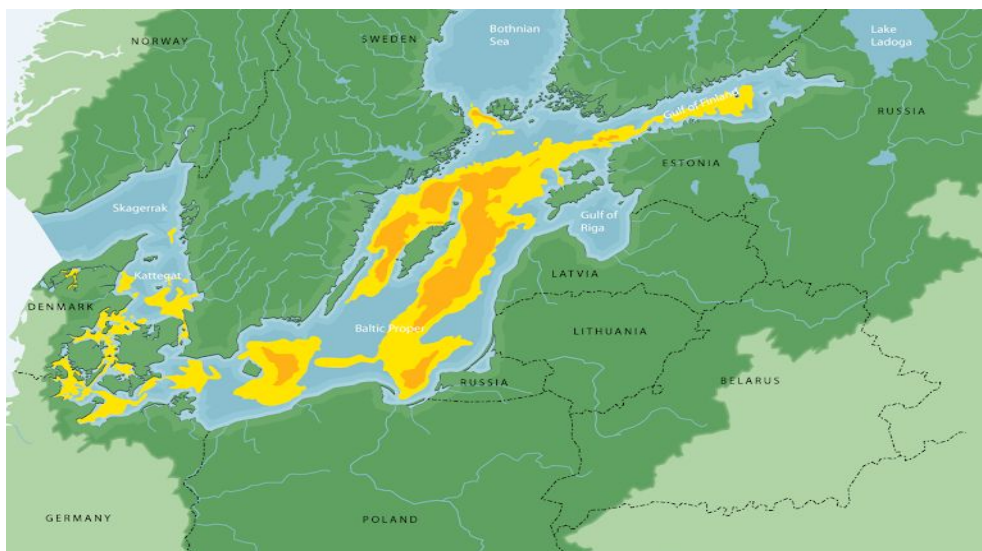
12. Marinari S., Masciandaro G., Ceccanti B., Grego S. 2007. Evolution of soil organic matter changes using pyrolysis and metabolic indices: A comparison between organic and mineral fertilization. *Bioresource Technology* 98: 2495-2502.
13. Martyniuk S., Księżniak A., Jończyk K., Kuś J. 2007. Charakterystyka mikrobiologiczna gleby pod pszenicą ozimą uprawianą w systemie ekologicznym i konwencjonalnym [*Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*](#) 52(3): 113-116.
14. Pfner L., Mäder P. 1997. Effects of biodynamic, organic and conventional systems on earthworm populations. *Biological Agriculture and Horticulture* 15: 3-10.
15. Thangarajan R., Bolan N.S., Tian G.L., Naidu R., Kunhikrishnan A. 2013. Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Science of the Total Environment* 465: 72-96.
16. Whalen J.K., Fox C.A. 2007. Diversity of Lumbricid Earthworms in temperate Agroecosystems. In: Benckiser G., Schnell S. *Biodiversity in Agricultural Production Systems*. CRC Press.
17. Makulec G. 2013. Biologia, ekologia i wpływ dżdżownic na urodzajność gleby. W: Tyburski J., Makulec G. 2013. *Fauna gleb użytkowanych rolniczo, a ich urodzajność*. UWM w Olsztynie, 35 – 68.

Stan środowiska Morza Bałtyckiego – konsekwencją specjalizacji w rolnictwie

mgr inż. Maria Staniszevska

Polski Klub Ekologiczny

Bałtyk jest morzem niewielkim, niemalże zamkniętym o małym zasoleniu. Te czynniki sprawiają, że jest wrażliwy na dopływ zanieczyszczeń. Zlewnia Bałtyku obejmuje teren 1,7 mln km², czyli powierzchnię większą czterokrotnie niż samo morze. Przez ostatnie sto lat stan Morza Bałtyckiego dramatycznie się pogorszył. Przede wszystkim powiększyły się obszary na dnie morza o obniżonej zawartości tlenu, poniżej 2 mg/l. W ostatnim stuleciu ich powierzchnia zwiększyła się 12-krotnie z 5 tys. km² do 60 tys. km². Rozciągają się one od wybrzeży Szwecji do Finlandii nie omijając Głębi Gdańskiej. Nie tylko dno Bałtyku jest beztlenowe, to również masy wody w tym obszarze mają obniżoną zawartość tlenu. Warunki życia dla organizmów wodnych przestały również być łatwe, woda na głębokości 6-12 m przestaje być wystarczająco przeźroczysta dla roślin, które giną i nie dostarczają pożywienia dla ryb, przestają być również ich tarliskiem.



Efekt - to dramatyczny spadek populacji dorsza, łosoś bałtycki i węgorz na liście gatunków krytycznie zagrożonych. Ale to nie wszystko jeszcze parę lat, a Bałtyk przestanie być atrakcją turystyczną. Od kilkunastu lat obserwujemy zakwity sinic w okresie letnim. Ostatnio powtarzają się każdego roku. Konsekwencją jest zamykanie plaż, brak możliwości kąpieli w sezonie letnim.

Gdzie leży przyczyna tych wszystkich zjawisk – to eutrofizacja Bałtyku. Zjawisko eutrofizacji zachodzi w wodzie na skutek zbyt dużych ilości związków azotu i fosforu (biogenów).

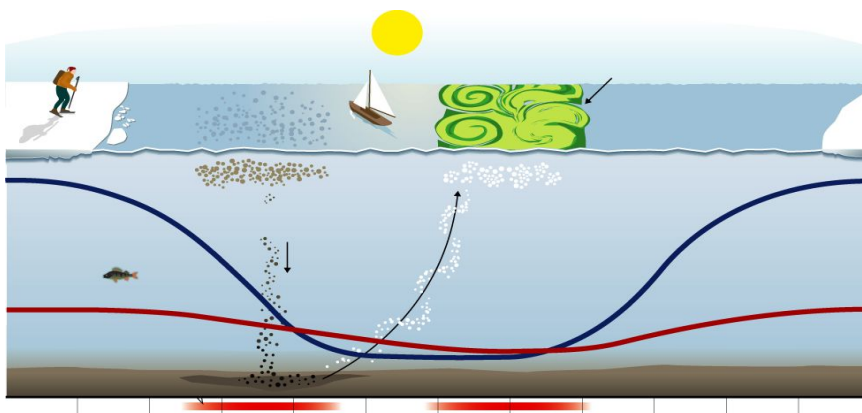
Skąd biogeny w wodzie – ze źródeł punktowych jakimi są oczyszczalnie ścieków (bez usuwania azotu i fosforu), lub z ich braku, lub niewłaściwej eksploatacji. Także ze źródeł rozproszonych jakimi są użytki rolne intensywnie używane rolniczo.

Zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego, są poważnym problemem, jaki dotyka wiele krajów nadbałtyckich, w tym również Polskę. Na ich pojawienie się w środowisku mają wpływ m.in. niewłaściwy sposób użytkowania ziemi, stosowanie środków ochrony roślin, brak oceny wpływu stosowanych zabiegów melioracyjnych na produkcję rolną i gospodarkę wodną zlewni, spływ powierzchniowy nawozów mineralnych i organicznych do wód powierzchniowych, nie spełniające standardów bezpieczeństwa składowiska odpadów na obszarach wiejskich, itd. Należy jednak pamiętać, że głównym problemem, jest nie prawidłowo stosowana gospodarka nawozowa w Polsce, o czym świadczy stale zwiększająca się nadwyżka azotu na polach (średnio w latach 1995 – 33 kg N/ha, w 2014 – 48 kg N/ha)! Przy czym musimy wiedzieć, że są regiony Polski, gdzie ta nadwyżka jest zdecydowanie większa ze względu na intensywną hodowlę zwierząt takie jak Wielkopolska i Podlasie. Ponadto,

dominujące, na terenie naszego kraju, gleby piaszczyste, sprzyjają szybkiemu spływowi biogenów z pól do wód.

Rolnictwo, zwłaszcza intensywne i nie zbilansowane jest głównym źródłem związków azotu i fosforu (biogenów) do wód powierzchniowych, które są główną przyczyną eutrofizacji – czyli zwiększania żyzności wód. Jest to proces niekorzystny, skutkujący nadmiernym i gwałtownym rozrostem wodnej roślinności, która następnie obumiera. W wyniku tego dochodzi do nadmiernego nagromadzenia się substancji organicznej w zbiornikach wodnych, której rozkład zwiększa zużycie tlenu rozpuszczonego w wodzie. Po wyczerpaniu się dostępnego w wodzie tlenu, proces rozkładu szczątków roślinnych zachodzi dalej, tyle, że już w warunkach beztlenowych, co skutkuje wydzielaniem się siarkowodoru, metanu oraz amoniaku, a więc substancji szkodliwych, a wręcz śmiertelnych dla większości organizmów wodnych.

Mechanizm eutrofizacji przedstawiony jest poniżej.



Źródło: Coalition Clean Baltic

Głównym i najszybciej zauważalnym objawem eutrofizacji jest specyficzne zabarwienie wody, będące wynikiem masowego rozwoju glonów – znacznie pogarszają się jej właściwości organoleptyczne. Na eutrofizację najbardziej

narażone są zbiorniki wodne – sztuczne oraz naturalne, oraz morze Bałtyckie (!) – w związku z jego śródlądowym charakterem i powoli zachodzącą wymianą wód. Najwięcej biogenów (związków azotu i fosforu) dostaje się do Bałtyku wraz z wodami dwóch największych polskich rzek – Wisły i Odry. Ich stan ekologiczny jest wysoce niepokojący. Jak pokazują badania stanu chemicznego jednolitych części wód (JCW), prowadzone w latach 2007 – 2009, w przypadku Wisły na 93 JCW, tylko 4 zostały zakwalifikowane jako stan dobry, a w przypadku Odry na 54 JCW, tylko 2.

Opierając się na danych HELCOMu (Komisja Ochrony Środowiska Morskiego Bałtyku) głównymi źródłami biogenów w Bałtyku są rzeki 69,4%, punktowe źródła zanieczyszczeń (oczyszczalnie, wielkie ферmy zwierzęce) 3,5% i dla azotu – powietrze w 27,1%. W sumie ładunek związków azotu i fosforu dostarczonego do Bałtyku w roku 2014 wynosił 825 825 ton dla azotu i 30 949 ton dla związków fosforu (3). Nie mały był w tym udział Polski i naszych głównych rzek Wisły i Odry - związków azotu dostarczyliśmy 169 941 ton, a związków fosforu 12 776 ton w 2014 (3). Co stanowiło 82,6% wszystkich związków azotu i 99,4% wszystkich związków fosforu, dostarczonych w danym roku przez nasz kraj do Bałtyku.

Rolnicze źródła zanieczyszczeń

Głównymi rolniczymi źródłami zanieczyszczeń są związki azotu i fosforu, czyli biogeny, wprowadzane w postaci nawozów mineralnych, bądź organicznych na pola uprawne. Gdy nawozy te są stosowane w ilości przekraczającej zapotrzebowanie roślin, ich nadmiar przedostaje się do wód powierzchniowych. Ze względu na sposób przedostawania się zanieczyszczeń do wody, wyróżnia się zanieczyszczenia obszarowe i punktowe. Zanieczyszczenia obszarowe, to przede



wszystkim spływ powierzchniowy (w wyniku opadów atmosferycznych czy erozji gleby) nawozów mineralnych i organicznych, stosowanych na znacznych powierzchniach użytków rolnych, do wód powierzchniowych.. Natomiast punktowe zanieczyszczenia na terenach wiejskich powstają zazwyczaj na skutek prowadzonej hodowli zwierząt - źródłami zanieczyszczeń są tutaj m.in.: zabudowania gospodarskie, przyzmy obornikowe, nieszczelne zbiorniki na gnojówkę i gnojowicę, silosy i przyzmy na kiszonkę. Należy mieć na uwadze, że niejednokrotnie punktowymi zanieczyszczenia powstają w wyniku przedostawania się z nieszczelnych szamb ścieków bytowych, do środowiska - wg. danych Ministerstwa Rolnictwa w roku 2015 tylko 34,6% gospodarstw domowych na terenach wiejskich było podłączonych do kanalizacji.

Dlaczego biogeny uciekają do wód powierzchniowych?

Biogeny, czyli związki azotu i fosforu odgrywają bardzo ważną rolę w procesie rozwoju roślin, są ich składnikami pokarmowymi. Na pole dostają się w postaci nawozów mineralnych i naturalnych (obornik, gnojowica). Dodatkowo azot w postaci organicznej może być wprowadzany za pomocą roślin bobowatych (np. łubin, koniczyna). Związki azotu dostępne dla roślin są głównie w postaci jonu azotanowego NO_3^- . Związek ten jest bardzo łatwo rozpuszczalny w wodzie. Tym samym nie przyswojone przez roślinę związki azotu rozpuszczają się i bardzo szybko przedostają się do wody. Natomiast fosfor nie pobrany przez rośliny, kumuluje się w górnych warstwach profilu glebowego i ulega sorpcji przez stałą fazę gleby. Przedostawanie się związków fosforu do wód gruntowych i powierzchniowych, może następować w wyniku procesów wymywania lub też spływów powierzchniowych, po przekroczeniu pojemności sorpcyjnej gleby, erozji glebowej. Nadmiar fosforu w rolnictwie Oszacowany, że na łącznie 92,3 tys. ton – czyli taka ilość w niewielkim stopniu gromadzi się w glebie, a reszta przedostaje się do wód powierzchniowych. (2).

Środki zaradcze w zakresie ograniczania strat azotu i fosforu w rolnictwie w aspekcie ochrony jakości wody

mgr inż. Maria Staniszevska

Polski Klub Ekologiczny

Rolnicze metody zatrzymania biogenów w glebie

Czy można ograniczyć rolnicze zanieczyszczenia wód? Tak! Wystarczy stosować odpowiednie praktyki rolnicze, mające przede wszystkim na celu zatrzymać spływ biogenów do wód. Jednocześnie praktyki te podtrzymują i zwiększają żyzność gleby, przez co wpływają bezpośrednio na poprawę dochodów rolnika, ponieważ biogeny są lepiej wykorzystane przez rośliny, co oznacza, że wystarczy stosowanie mniejszej ilości nawozów. Żyzna gleba bogata w próchnicę zatrzymuje wodę, razem z jonami N i P, przez co rośliny mogą dłużej korzystać ze składników odżywczych.

Przykładami dobrych praktyk są:

1. Staranne zaplanowanie **płodozmianów**, z uwzględnieniem przynajmniej 30% pastwisk przemiennych (**motylkowatych** z trawami), jako podstawowych roślin zwiększających zasobność gleby w próchnicę. Niezbędnym jest zapewnienie w płodozmianie odpowiednich proporcji pomiędzy roślinami zubażającymi glebę oraz zwiększającymi żyzność gleb.
2. Dostarczenie materii organicznej w postaci nawozów zielonych (międzyplony i rośliny okrywowe) oraz nawozów zwierzęcych (obornik stały, gnojowica, kompost). Pozytywny wpływ mają również resztki po zebranych plonach (ściernisko, słoma) oraz korzenie.

3. Równomierny rozkład na powierzchni pola oraz równomierne wymieszanie resztek roślin i obornika z glebą, przykrycie go glebą.
4. Utrzymywanie gleby jak najdłużej pokrytej roślinnością w celu uniknięcia erozji oraz wymywania składników pokarmowych.
5. Zapobieganie ugniataniu gleby. Aktywność mikrobiologiczna gleby poprawia się wraz z lepszym jej napowietrzeniem oraz większą liczbą porów przepuszczających wodę. Sprawnie funkcjonujący system porów glebowych poprawia zdrowotność roślin, głębokość ich korzenienia się, oraz intensywność pobierania składników pokarmowych.
6. Zagwarantowanie wystarczająco dużej ilości wapnia, które warunkuje stabilność górnej warstwy gleby oraz przyswajalność składników pokarmowych. Kwaśny odczyn gleb zmniejsza aktywność bakterii, co z kolei powoduje mniejsze tempo rozkładu i uwalniania składników pokarmowych. Z tego powodu mogą wystąpić niedobory fosforu i molibdenu. Optymalne pH gleby dla większości roślin uprawnych waha się pomiędzy 6,0 a 7,0. Rośliny motylkowate są szczególnie wrażliwe na kwaśny odczyn, podczas gdy ziemniak rozwija się lepiej w glebach lekko kwaśnych. Przyswajalność fosforu zmniejsza się przy pH >7.

Ponadto, warto stosować również praktyki bezpośrednio ograniczające ucieczkę biogenów do wód, czyli:

1. Nawożenie zgodne z zapotrzebowaniem gleby, po wcześniejszym przeprowadzeniu analizy gleby na jej zasobność. Sporządzać coroczne plany nawozowe uwzględniające potrzeby nawozowe uprawianych roślin.
 2. Nie należy nawozić, gdy gleba jest zmarznięta lub zbyt mokra.
 3. Należy podzielić nawożenie na kilka dawek, zamiast w jednej dużej dawce i równomiernie rozprowadzić na polu.
 4. Nie nawozić zbyt blisko cieków i zbiorników wodnych.
- 

5. Wprowadzić do płodozmianu poplony ozime i ścierniskowe utrzymywane przez okres zimy aby zatrzymać odpływ biogenów, zwłaszcza związków fosforu, gdyż te głównie 'uciekają' z pól poprzez erozję gleby.
6. Grodzenie pastwisk i nie dopuszczanie zwierząt blisko do zbiorników wodnych, gdyż ich odchody powodują zanieczyszczenie wody.
7. Gromadzenie obornika i gnojówki na płytach gnojowych i w zbiornikach.
8. Nie obciążanie nadmiernie pastwisk, zalecana obsada zwierzęca to 0,5-0,7 dużej sztuki/ha

Wyżej wymienione zalecenia nie dotyczą gospodarstw z intensywną produkcją zwierzęcą, gdyż te podlegają innym zasadom i regulacjom i wymagałyby osobnego opisu.

W gospodarowaniu intensywnym ważne jest dopasowanie odpowiedniej dawki nawozów do konkretnie uprawianej rośliny. Efektywność wykorzystania nawozów można zwiększyć, a tym samym zmniejszyć zanieczyszczenie środowiska, podejmując następujące działania: – dostosowanie dawek i formy nawozów do rzeczywistych potrzeb pokarmowych uprawianych gatunków roślin, z uwzględnieniem aktualnej zawartości poszczególnych składników dostępnych w glebie dla roślin (wymaga to jednak badań okresowych gleby); – stosowanie nawozów w terminach optymalnych dla danego gatunku roślin, zgodnie z dynamiką tworzenia plonu; – dzielenie wyznaczonych całkowitych dawek nawozów (zwłaszcza azotowych i potasowych) na dawkę podstawową, stosowaną przedsięwzięcie lub wczesną wiosną oraz na dawki korekcyjne, stosowane podczas wegetacji roślin w okresie tworzenia plonu [Grzebisz 2009]; – niestosowanie nawożenia (zwłaszcza azotowego) w okresach zwiększonego wymywania składników nawozowych, co zdarza się w okresie jesienno-zimowym i podczas dużych opadów atmosferycznych.



Sytuacja prawna

W Polsce do sierpnia roku 2017 obowiązywała dyrektywa azotanowa 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.

Podstawowe wymagania Dyrektywy Azotanowej:

- sporządzenie wykazu wód wrażliwych i obszarów szczególnie narażonych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych;
- przygotowanie i wdrożenie programów działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych;
- opracowanie zbioru zasad dobrej praktyki rolniczej;
- monitorowanie jakości wód powierzchniowych i podziemnych oraz ocena stanu ich eutrofizacji.

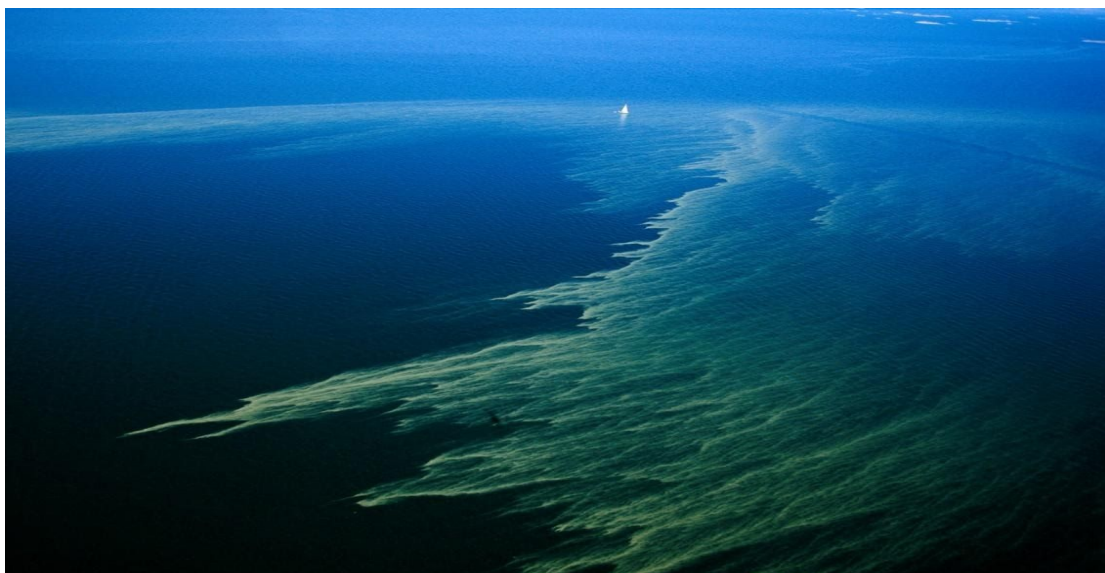
Zostały wyznaczone obszary szczególnie narażona na azotany pochodzenia rolniczego (tzw. OSN) dla których zostały ustanowione programy działań mających na celu ograniczenie odpływów azotanów ze źródeł rolniczych do wód poprzez akty prawa miejscowego - rozporządzenia dyrektorów regionalnych zarządów gospodarki wodnej. Niestety ilość wyznaczonych obszarów nie wypełniała zaleceń ustawy azotanowej (w 2004 r. 2,00% powierzchni kraju, w 2008 r. 1,48% powierzchni kraju, w 2012 r. 4,46% powierzchni kraju (7,36% użytków rolnych)).

W dniu 27 stycznia 2013 r. Komisja Europejska wniosła do Trybunału Sprawiedliwości UE skargę przeciwko RP (sprawa C-356/13) w związku z niewłaściwą implementacją wymogów dyrektywy azotanowej w zakresie: niewystarczającego określenia wód zanieczyszczonych lub wód, które mogą zostać zanieczyszczone w tym niewystarczającego wyznaczenia stref OSN i niekomplementarnych środków przyjętych w programach działań. W dniu 20 listopada 2014 r. Trybunał Sprawiedliwości Unii Europejskiej wydał wyrok w sprawie C-356/13 Komisja Europejska przeciwko Polsce. Trybunał orzekł, że nie



określając w wystarczający sposób wód, które mogą zostać zanieczyszczone azotanami pochodzenia rolniczego, wyznaczając w sposób niewystarczający strefy zagrożenia i przyjmując programy działania obejmujące środki niezgodne z dyrektywą 91/676/EWG dotyczącą ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego, Polska uchybiła zobowiązaniom spoczywającym na niej na mocy tej dyrektywy.

W celu uniknięcia kar Polska przedstawiła działania naprawcze i przygotowała Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. - Prawo wodne (Dz.U. 2017 r. poz. 1566) ogłoszona w dniu 24 sierpnia 2017 r. jak również Rozporządzenie Rady Ministrów wprowadzające Program działań mający na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobiegania dalszemu zanieczyszczeniu (rozporządzenie zostanie wydane na podstawie art. 106 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. - Prawo wodne), które to akty prawne obowiązują na terenie całego kraju. Program działań podlega przeglądowi co 4 lata i ewentualnej aktualizacji.



Literatura

1. Stan czystości rzek – Inspekcja Ochrony Środowiska
2. Udział polskiego rolnictwa w emisji związków azotu I fosforu do Bałtyku – Janusz Igras, Marianna Pastuszek
3. Sources and pathways of nutrients to the Baltic Sea- HELCOM PLC-6
4. 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”

Wielofunkcyjność bagiennych stref buforowych i ich wpływ na środowisko i rolnictwo

dr hab. Ewa Jabłońska, dr Marta Wiśniewska, dr hab. Wiktor Kotowski;

Uniwersytet Warszawski

zdjęcia: Ewa Jabłońska

Ekosystemy rzeczne, wraz z nadrzecznymi mokradłami, pełnią kluczową rolę w regulacji naturalnego obiegu wody i pierwiastków biogennych (pierwiastków niezbędnych do życia, takich jak węgiel, azot i fosfor) między lądem a wodą. Nadrzeczne mokradła ograniczają wahania poziomu wody w rzece, zmniejszając dotkliwość wezbrań lub niżówek dla rolnictwa. Przyczyniają się do oczyszczania wód ze związków biogennych pochodzących z rolnictwa, przemysłu i infrastruktury ściekowej. Nadrzeczne szuwały i starorzecza są ponadto ważną ostoją licznych gatunków roślin i zwierząt, dla niektórych pełniąc kluczową rolę w rozwoju (np. owady mające stadium larwalne w wodzie, czy ryby odbywające tarło na płytkich rozlewiskach, gdzie wychowuje się ich narybek), a także korytarzem ekologicznym umożliwiającym rozprzestrzenianie się roślin i zwierząt. Te wszystkie funkcje krajobrazów nadrzecznych są eliminowane lub poważnie upośledzane w wyniku regulacji rzek i osuszania mokradeł.

Im bardziej kręta jest rzeka, tym średnio wolniej płynie w niej woda i wolniejszy jest odpływ z terenu przyległego do rzeki. Nad krętą małą rzeką wiosną i jesienią tworzą się rozlewiska, dzięki czemu mniejsze jest ryzyko powodzi w dole zlewni (niżej w dole biegu tej rzeki lub na większych rzekach, do których docierają jej wody). Jeśli rzeka zostanie wyprostowana wydłuża się okres, w którym tereny nadrzeczne są dostępne dla prowadzenia prac rolniczych, ale skutkuje to zmniejszeniem pojemności retencyjnej terenów nadrzecznych, a w konsekwencji zwiększeniem ryzyka powodzi w dole zlewni. Dodatkowo, prowadzone często w uregulowanych ciekach odmulanie dna prowadzi do

ciągłego obniżania poziomu wód gruntowych i częstszego nadmiernego przesychania gruntów położonych w pobliżu rzeki. Rzeki o charakterze zbliżonym do naturalnego, z przybrzeżnymi terenami podmokłymi, mają znacznie większą zdolność do samooczyszczania się niż rzeki uregulowane. Brak mokradeł, stanowiących naturalne strefy buforowe między terenami rolniczymi a rzeką, sprawia, że pierwiastki biogenne (azot i fosfor pochodzące z nawozów) spływają z pól bezpośrednio do rzeki. W konsekwencji pojawiają się zakwity glonów i sinic, a w efekcie niedobory tlenu w wodzie w dolnych odcinkach rzek, oraz w wodach przybrzeżnych Bałtyku. Przywracanie naturalnych procesów, w tym meandrowania, przywracanie połączeń terenów zalewowych z korytem rzeki i odtwarzanie nadrzecznych siedlisk bagiennych stanowią elementy programów renaturyzacji rzek, które mają m.in. na celu zmniejszenie ryzyka powodziowego, zmniejszenie dotkliwości suszy, a także poprawę czystości wody w rzekach, jeziorach i w Morzu Bałtyckim.



Różanica – koryto kręte



Róż – koryto proste, uregulowane

Powyższe cechy i mechanizmy funkcjonowania rzek i nadrzecznych terenów podmokłych to podstawy, na których opiera się koncepcja bagiennych stref

buforowych, będących przedmiotem badań w międzynarodowym projekcie CLEARANCE, którego liderem jest Uniwersytet Warszawski¹. **Bagienne strefy buforowe to podmokłe tereny położone pomiędzy obszarami rolniczymi a rzeką lub zbiornikiem wodnym, których głównym zadaniem jest ochrona wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniami ze źródeł obszarowych.** Strefy te poprawiają jakość wód powierzchniowych dzięki przechwytywaniu pierwiastków biogennych ze spływających z pól nawozów (naturalnych i sztucznych) zanim trafią one do cieku lub zbiornika wodnego. Poza tym, podobnie jak wszystkie tereny podmokłe, bagienne strefy buforowe obniżają ryzyko powodzi i suszy, poprawiają walory estetyczne nadrzecznego krajobrazu i jego rekreacyjną wartość, regulują klimat w skali lokalnej (poprzez zwiększanie wilgotności powietrza) i łagodzą skutki globalnych zmian klimatu (podtrzymując lokalne krążenie wody), są siedliskiem życia licznych gatunków roślin i zwierząt, –a także oferują możliwość pozyskiwania biomasy. Programy tworzenia i przywracania bagiennych stref buforowych w celu kontroli pochodzących z rolnictwa zanieczyszczeń obszarowych rozwijano w kilku krajach w ciągu ostatnich dziesięcioleci.

Chociaż bagienne strefy buforowe są zwykle pasami terenu, od kilku do kilkudziesięciu metrów szerokości, sąsiadującymi z rzekami, inne formy i lokalizacje mogą czasami być bardziej funkcjonalne i skuteczne. Mowa tu np. o obszarach zasilanych wodami gruntowymi, jak torfowiska niskie, starorzeczach, terenach zalewowych (w dalszej części rozdziału typy bagiennych stref

¹ Projekt CLEARANCE „Zastosowanie zasad gospodarki obiegu zamkniętego do rozwiązania problemu zanieczyszczenia rzek pierwiastkami biogennymi pochodzenia rolniczego, z wykorzystaniem ekosystemów akumulujących węgiel” wspiera Unia Europejska, Fundusz Innowacji (Dania), Federalne Ministerstwo Polityki Żywnościowej i Rolnictwa (Niemcy), Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (Polska) w ramach Programu ERA-NET CO-FUND WATERWORKS2015. Program ten jest elementem wspólnej unijnej inicjatywy "Woda - wyzwania w zmieniającym się świecie" (JPI w zakresie wody).

buforowych omówione zostaną bardziej szczegółowo). Biorąc pod uwagę rolę procesów usuwania pierwiastków biogennych w samej rzece, za strefę taką można też uznać odcinek rzeki, jeśli pełni on rolę bufora dla dolnego jej biegu lub rzeki, której jest dopływem.

Usuwanie pierwiastków biogennych z wody w bagiennych strefach buforowych odbywa się według kilku różnych mechanizmów, wśród których można wyróżnić:

- usuwanie azotu przez bakterie,
- wytrącanie się fosforanów w glebie,
- wytrącanie się fosforanów na niesionej przez wody rzeczne zawieszinie mineralnej,
- osadzanie się bogatej w pierwiastki biogenne zawiesiny na terenach zalewowych,
- przechwytywanie azotu i fosforu przez roślinność,
- usuwanie azotu i fosforu przez pozyskiwanie biomasy terenów bagiennych (koszenie).

Bagienne strefy buforowe wchłaniają przeciętnie ok. 40% dopływającego do nich azotu i fosforu, ale w wielu przypadkach ich skuteczność sięga 90-100%².

Rola bagiennych stref buforowych w oczyszczaniu wody jest silnie związana z warunkami wodnymi i jest zmienna w czasie. Gdy obszar strefy buforowej nie jest zalany wodą rzeczną, bakterie glebowe usuwają **azot** w procesach nityfikacji i denityfikacji. W warunkach podtopienia, zalana strefa bagienna zaczyna działać jako obszar osadzania się zawiesin, a wraz z nimi np. wytrąconego **fosforu**. Kontakt wód gruntowych i powierzchniowych jest

² Land M., W. Granéli, A. Grimvall, C.C. Hoffmann, W.J. Mitsch, K.S. Tonderski & J.T.A. Verhoeven, 2016. How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal? A systematic review. *Environmental Evidence* 5: 9.

kluczowy w kształtowaniu roli bagiennych stref buforowych i ich efektywnego działania jako „filtra”. Usuwanie azotu i fosforu w procesach przebiegających w bagiennej glebie (wychwytywanie przez bakterie, osadzanie na cząstkach gleby, itp.) odgrywa główną rolę w oczyszczaniu wód. Niebagatelną rolę w funkcjonowaniu bagiennych stref buforowych odgrywa też jednak roślinność. Rośliny wychwytyją część azotu i fosforu zawartych w wodzie i wbudowują je w swoje tkanki. Poprzez ich koszenie i wykorzystanie (patrz dalej) można więc wzmocnić efektywność usuwania pierwiastków biogennych.

Bagienne strefy buforowe to rozwiązania możliwe do zastosowania w krajobrazie rolniczym, na małych rzekach, w ich dolinach, na obszarach wcześniej zmeliorowanych. Można wyróżnić kilka ich typów, m.in. w zależności od zasięgu strefy, czy stopnia interwencji inżynierskiej potrzebnej do ich wdrożenia:

1. Bagienne brzegi.

Wąska strefa buforowa wzdłuż brzegów cieków, którą można uzyskać przez podniesienie poziomu wody, np. umieszczając w korycie kłody lub głazy. To rozwiązanie odpowiednie niezależnie od typu gleb, ale o stosunkowo ograniczonym wpływie, ze względu na niewielką powierzchnię strefy.





Marycha – naturalny bagienny brzeg rzeki (dopływ Czarnej Hańczy – Suwalszczyzna)

2. Koryto dwudzielne.

W czasie niskich poziomów wody w rzece, rzeka płynie swobodnie na niższym węższym tarasie, tworząc tam z czasem naturalne meandry, natomiast na wyższym tarasie może rozwijać się bagienna strefa buforowa związana z wypływem wód gruntowych. W czasie wysokiego stanu wody rzeka wylewa na wyższy taras i płynie całą szerokością koryta. Rozwiązanie to można stosować na kanałach i rowach oraz na uregulowanych wcześniej rzekach, wciętych głęboko w grunt – gdy nie ma możliwości ich pełniejszej renaturyzacji.. Preferowane na glebach mineralnych.

3. Koryto meandrujące.

Funkcje bagiennego strefy buforowej pełnią te odcinki rzek, na których zachowały się naturalne meandry (zakola). Należy objąć je ochroną, bo kontrolują jakość wód na odcinkach położonych poniżej. Podobny efekt można uzyskać

przywracając meandrujący charakter całego koryta cieku, wymaga to jednak poważniejszej interwencji inżynierskiej niż w powyżej omówionych typach bagiennych stref buforowych. Na glebach organicznych może wiązać się ze wzrostem emisji gazów cieplarnianych, związanym z pracami ziemnymi.

4. Naturalne torfowiska niskie.

Zasilane wodami gruntowymi, porośnięte przez rośliny, których obumarłe fragmenty odkładają się i tworzą pokłady torfu, są naturalną bagienną strefą buforową. Charakteryzują się stałym wysokim poziomem wód gruntowych i jego zagwarantowanie jest podstawą ochrony takich obszarów, i ich funkcji poprawy jakości wód.

5. Ponownie nawodnione torfowiska niskie.

Osuszonym torfowiskom niskim, z wierzchnią warstwą murszu powstałą w wyniku osuszenia i częściowego rozkładu torfu, można przywrócić funkcje bagiennych stref buforowych poprzez ponowne nawodnienie, które przywraca warunki dla procesu denitryfikacji, a jednocześnie znacząco redukuje emisję dwutlenku węgla z rozkładu torfu. Nawadnianie osuszonych torfowisk może jednak powodować uwalnianie się do wód fosforanów związanych w murszu przez jony żelaza. Ryzyko to można ocenić badając stosunek zawartości fosforu do żelaza w glebie. Gdy jest on wysoki trzeba zabezpieczyć się przed ryzykiem wypłukiwania fosforanów do wód, np. usuwając wierzchnią warstwą murszu z części obszaru lub promując pobieranie fosforanów przez roślinność, którą następnie się kosi i usuwa. Ten typ bagiennych stref buforowych z reguły wymaga niewielkiej interwencji inżynierskiej, głównie w celu podniesienia poziomu wody. Na wielu obszarach, posiadających sieć melioracyjną, ponowne

nawodnienie można uzyskać przez przywrócenie możliwości zatrzymywania wody w rowach lub ich przetamowanie (zasypywanie, blokowanie pniami drzew lub głazami), ewentualnie zatkanie lub usunięcie podziemnych drenów.

6. Tereny zalewowe.

Większość terenów zalewowych, z glebami madowymi i piaszczystymi o niewielkiej zawartości materii organicznej, to miejsca skutecznego usuwania fosforu w procesie sedymentacji, a także efektywnego pobierania azotu i fosforu przez roślinność. Odtworzenie miejsc zalewowych wzdłuż rzeki wymaga przywrócenia naturalnych wezbrań w rzece, co często wiązać się będzie z wprowadzeniem rozwiązań hydrotechnicznych, np. rozbiórki lub przesunięcia wałów. Przywrócenie okresowych zalewów jest też zwykle możliwe w wyniku odtworzenia meandryzującego koryta.



Naturalne tereny zalewowe Narwi

Wprowadzenie do krajobrazu rolniczego bagiennych stref buforowych to nie tylko ochrona jakości wód polskich rzek i Morza Bałtyckiego, zmniejszanie ryzyka

wystąpienia powodzi i suszy, ale też potencjalne dodatkowe korzyści dla rolników. Z różnymi typami stref buforowych wiąże się różny potencjał produkcji biomasy roślinnej i wynikające z tego potencjału jej wykorzystanie. Większa produkcja biomasy towarzyszyć będzie strefom „obszarowym” (torfowiska, tereny zalewowe) niż tym zlokalizowanym w postaci wąskich pasów wzdłuż cieków. Z produkcją i wykorzystaniem biomasy pochodzącej z mokrych i ponownie nawodnionych torfowisk łączy się koncepcja *paludikultury*, opracowana w Niemczech, na uniwersytecie w Greifswaldzie, początkowo jako narzędzie redukcji emisji gazów cieplarnianych uwalnianych z osuszanych torfowisk³. W ramach projektu CLEARANCE pojęcie *paludikultury* zostało rozszerzone na mokradła nie torfowiskowe w ramach tzw. *bagiennego rolnictwa*. W koncepcji tej koszenie i zbiór roślin pomagają ograniczyć spływ azotu i fosforu do rzeki ich stały dopływ z terenów rolniczych wspiera wysoką wydajność produkcji. Na żyznych podmokłych terenach znakomicie rosną np. takie niezwykle produktywne rośliny bagienne, jak pałka szerokolistna (tzw. pałka wodna), trzcina pospolita, manna mielec, czy różne gatunki turzyc, ale też drzewa (np. olsza czarna) i krzewy (różne gatunki wierzby).

Do czego można wykorzystać rośliny skoszone w bagiennych strefach buforowych?

Rosnące na żyznych mokradłach stref buforowych pałka wodna i trzcina od niedawna robią szybką karierę jako przyjazne środowisku materiały budowlane i znajdują zastosowanie od tradycyjnych pokryć dachowych, przez cechujące się rewelacyjnymi właściwościami cieplnymi materiały izolacyjne, po prefabrykowane płyty konstrukcyjne i elementy budowlane⁴. Firmy z Niemiec, Holandii, czy Austrii opracowały wiele różnych produktów, których wspólną cechą są znakomite własności izolacyjne, dorównujące lub przewyższające

³ <https://www.moorwissen.de/en/paludikultur/paludikultur.php>

⁴ Np. <https://typhaboard.com/>

własności styropianu. Dzięki pochodzeniu z mokradeł, pałka i trzcina są bardzo odporne na wilgoć. Zaskakuje wysoka odporność na ogień prefabrykatów z pałki potwierdzona testami i certyfikatami. Po wymieszaniu biomasy pałki lub trzciny z naturalnymi minerałami, czy gliną, mogą powstać płyty budowlane i konstrukcyjne.

Zebraną biomasę można wykorzystać też do wytwarzania energii. Technologie konwersji biomasy na energię obejmują produkcję pelletów i brykietów, bezpośrednie spalanie, biowęgiel i fermentację beztlenową. Wykorzystanie roślin porastających bagienne strefy buforowe do wytwarzania biogazu wydaje się być bardzo obiecującą i najbardziej zrównoważoną opcją. Poza wytworzeniem energii, produkt procesu – poferment może być wykorzystany jako cenny organiczny nawóz glebowy bogaty w węgiel, azot i fosfor.



Pałka wodna na Bagnach Biebrzańskich

Podjęcie przez rolników *bagiennego rolnictwa*, pozyskiwanie biomasy roślin bagiennych (głównie pałki wodnej, trzciny, dużych turzyc) i jej dalsze wykorzystanie zależy od rozpowszechnienia tego mechanizmu w praktyce rolniczej, promocji korzyści, w tym korzyści dla gospodarstw rolnych.



Bagienne strefy buforowe to rozwiązanie wielofunkcyjne, łączące zyski w postaci oczyszczania wód, ograniczania zmian klimatu i adaptacji do nich, ochrony różnorodności biologicznej i produkcji zielonej energii lub przyjaznych środowisku materiałów. Jednak aby te efekty były znaczące w skali zlewni rzeki, krajobrazu, czy regionu, konieczne jest powszechne wdrożenie tej koncepcji nad obecnie uregulowanymi i pozbawionymi mokradeł rzekami. To się nie uda bez odpowiednio skonstruowanych instrumentów finansowych i administracyjnych, które pomogłyby rolnikom w zmianie dotychczasowych, opartych na osuszaniu mokradeł, praktyk rolniczych na *rolnictwo bagienne*. Niezbędna jest także zasadnicza zmiana w sposobie działania instytucji zarządzających gospodarką wodną – tak, aby retencja i oczyszczanie wód oraz ochrona przyrody stały się nadrzędnymi celami ich działania.



Polski Klub Ekologiczny powstał w 1980 r., jako niezależna organizacja ekologiczna, stawiająca sobie za cel wdrażanie idei ekorozwoju. Był pierwszą w bloku państw socjalistycznych organizacją pozarządową otwarcie sprzeciwiającą się traktowaniu środowiska jako dobra niczyjego, stanowiącego wartość drugorzędną w stosunku do gospodarki kraju. Dziś Art. 5. Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej stanowi, że RP „zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju”.

W następnych latach Polski Klub Ekologiczny rozwijał się w drodze sukcesywnego powstawania Okręgów i Kół PKE.

Polski Klub Ekologiczny Koło Miejskie w Gliwicach (PKE Gliwice) zostało założone w 1988 r. Osobowość prawną uzyskało 6 stycznia 1993 r. Jest zarejestrowane w KRS pod nr 0000002066.

Naszą misją jest:

Wspieranie zrównoważonego rozwoju, ratowanie i poprawa stanu środowiska, ochrona przyrody oraz życia i zdrowia człowieka.

Cele działania Klubu zapisane w Statucie:

- uznanie ekorozwoju jako podstawy polityki społeczno-gospodarczej państwa
- poprawa stanu środowiska przyrodniczego Polski
- ochrona krajobrazu naturalnego i dziedzictwa kulturowego
- kształtowanie w społeczeństwie świadomości, że jakość życia zależy od racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi i zachowania równowagi między środowiskiem a rozwojem cywilizacji
- powszechna edukacja ekologiczna

są realizowane poprzez:

- promowanie i wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju
- promowanie rolnictwa ekologicznego i jego produktów



- kreowanie świadomego ekologicznie konsumenta
- ochronę wód
- edukację ekologiczną społeczeństwa
- działania na rzecz suwerenności żywnościowej.

Nasze działania kierujemy między innymi do rolników – prowadzimy szkolenia na temat rolnictwa i jego wpływie na środowisko, promujemy ekologiczne i jego produkty, współpracujemy z ekspertami i doradcami rolnymi w zakresie rolnictwa ekologicznego i eko-sanitacji; poprzez organizację kiermaszów ekologicznych łączymy konsumentów z rolnikami, przygotowujemy poradniki i broszury, organizujemy wyjazdy studyjne krajowe i zagraniczne dla rolników i doradców rolnych.



Ogólnym celem projektu jest ochrona wód i zachowanie bioróżnorodności poprzez efektywne i zrównoważone zarządzanie składnikami pokarmowymi N i P na poziomie gospodarstwa rolnego.

Oprócz opracowania i przygotowania materiałów edukacyjnych dla doradców i rolników zaplanowane są jeszcze działania:

- Trzydniowe seminarium szkoleniowe dla doradców w wzorcowych gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych stosujących dobre praktyki w rolnictwie. Podczas dwudniowego szkolenia teoretycznego uczestnicy zdobędą niezbędną wiedzę w zakresie efektywnego gospodarowania nawozami.
- Szkolenie dla rolników w zakresie efektywnego zarządzania nawozami, ochrony wód i gleby przed skażeniem nawozami i pestycydami, dobrych praktyk rolniczych oraz utrzymania dobrego stanu gleby. W czasie szkoleń rolnicy dowiedzą się m.in. jak pokonać trudności w stosowaniu dobrych praktyk w rolnictwie i zrównoważonej gospodarki nawozowej w gospodarstwie.
- Kampania e-learningowa – kursy on-line z zakresu efektywnego zarządzania nawozami, ochrony wód i gleby przed skażeniem nawozami i pestycydami oraz systemu ERA i utrzymania dobrego stanu gleb, skierowany do uczniów i studentów szkół i kierunków rolniczych, zakończone uzyskaniem certyfikatu.
- Seminarium dla pracowników naukowych i studentów uczelni i szkół rolniczych połączone z wyjazdem studialnym do wzorcowego gospodarstwa demonstracyjnego w Juchowie. W trakcie trwania projektu zostanie zorganizowane seminarium, na którym omówione zostaną najważniejsze zagadnienia związane z prawidłowym zarządzaniem nawozami, uwzględniającym wpływ na stan wód, jakość gleb i klimat, technikami pozwalającymi na zmniejszenie zużycia nawozów oraz stosowaniu dobrych praktyk w rolnictwie konwencjonalnym oraz ekologicznym.

**Niniejsza broszura powstała w ramach projektu -
„Ochrona wód powierzchniowych poprzez promocję
zrównoważonych praktyk rolniczych”
współfinansowanego przez NFOŚiGW i WFOŚiGW w Katowicach.**

- Kalkulator strat nawozów w gospodarstwie – aplikacja mobilna. Stworzenie aplikacji mobilnej, która w prosty sposób określi ilość strat nawozów w danym gospodarstwie. Aplikacja będzie opierała się na informacjach takich jak: rodzaj gleby, rodzaj zabiegów agrotechnicznych, ilość nawozu dostarczanego na 1 ha upraw, rodzaj stosowanych upraw itp. Aplikacja ta będzie do pobrania bezpłatnie ze strony internetowej projektu. Umożliwi w jasny i czytelny sposób oszacować straty finansowe, jakie ponosi gospodarstwo poprzez źle prowadzoną gospodarkę nawozową.



Polski Klub Ekologiczny Koło Miejskie w Gliwicach
ul. Ks. Ziemowita 1, 44-100 Gliwice
tel. +48 32 231 85 91 biuro@pkegliwice.pl
NIP 6311064502 | KRS 000002066



Niniejszy materiał został opublikowany
dzięki dofinansowaniu NFOŚiGW.
Za jego treść odpowiada wyłącznie PKE
w Krakowie, Koło Miejskie w Gliwicach



Dofinansowano ze środków
Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Katowicach

Treści zawarte w publikacji nie stanowią
oficjalnego stanowiska organów
Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Katowicach