

Wdrażanie dyrektywy NEC oraz konkluzji BAT w zakresie redukcji emisji amoniaku z rolnictwa



Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie
Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi
Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej
„Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020
Podmiot odpowiedzialny za treść broszury: Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

Zespół autorów:

dr hab. Jacek Walczak (red. nauk.), dr inż. Zuzanna Jarosz, prof. dr hab. J. Lech Jugowar,
dr Wojciech Krawczyk, dr inż. Paulina Mielcarek, dr hab. Monika Skowrońska

Projekt okładki: Katarzyna Juras

Opracowanie graficzne: Paweł Kamiński

Redakcja i korekta: Zespół

Partnerzy:

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy w Balicach k. Krakowa

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Minikowie

Copyright © by Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa (FDPA)

Warszawa 2019

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tego opracowania nie może być kopiowana,
powielana ani rozpowszechniana bez uprzedniej pisemnej zgody FDPA.

Prezentowane w publikacji stanowiska merytoryczne wyrażają poglądy autorów
i nie muszą być zbieżne z oficjalnym stanowiskiem FDPA.

ISBN 978-83-65390-72-1



Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa

ul. Gombrowicza 19, 01-682 Warszawa

telefon: +48 22 864 03 90, e-mail: fdpa@fdpa.org.pl www.fdpa.org.pl



Wydawnictwo Naukowe
SCHOLAR

Publikacja wydana na zamówienie FDPA przez Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR

ul. Wiślana 8, 00-317 Warszawa

www.scholar.com.pl

e-mail: info@scholar.com.pl



Krajowa Sieć
Obszarów Wiejskich

Publikacja bezpłatna przygotowana w ramach operacji pn. „Wdrażanie Dyrektywy NEC
oraz konkluzji BAT w zakresie redukcji emisji amoniaku z rolnictwa” realizowanej w ramach
Planu Działania Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020.

Odwiedź portal KSOW www.ksow.pl

Zostań Partnerem Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich



Spis treści

• Znaczenie, sposoby i ograniczenia bilansowania azotu w gospodarstwie	1
• Prawne podstawy redukcji emisji amoniaku i rozpraszania związków azotu ...	7
• Żywienie zwierząt jako podstawa ograniczania emisji amoniaku	11
• Redukcja emisji amoniaku w różnych systemach utrzymania zwierząt gospodarskich	18
• Ograniczenie emisji amoniaku z nawozów naturalnych i mineralnych	24



Znaczenie, sposoby i ograniczenia bilansowania azotu w gospodarstwie

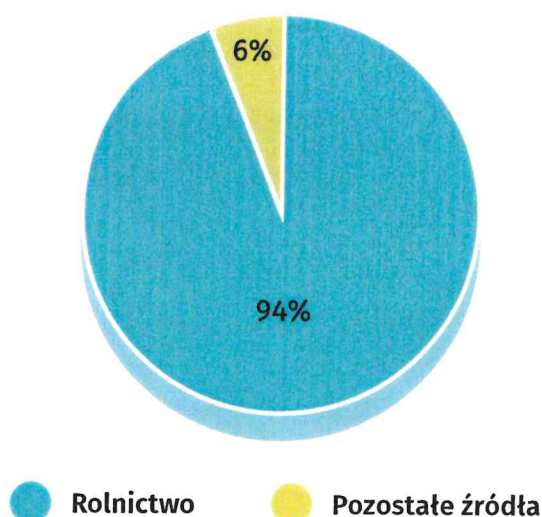
Działalność rolnicza w znacznym stopniu ingeruje w naturalny obieg azotu w skali lokalnej i globalnej, stwarzając tym samym zagrożenie dla równowagi ekosystemów. Obecnie blisko połowa ludności na świecie zaopatruje się w żywność wyprodukowaną przy użyciu nawozów mineralnych, a ilość azotu wprowadzana drogą „antropogeniczną” przewyższa jego poziom pochodzący ze źródeł naturalnych. Nadmierne ilości azotu pojawiające się w środowisku stanowią źródło emisji związków zawierających ten składnik, w postaci między innymi amoniaku. W XX wieku ilość NH_3 uwalnianego przez działalność człowieka wzrosła od dwóch do pięciu razy w stosunku do okresu przedindustrialnego. Przy czym w głównej mierze przyczyniło się do tego rolnictwo (produkcja zwierzęca i nawożenie). W Polsce odpowiada ono za 94% emisji amoniaku, tj. 287,91 Gg/rok (rys. 1).

Pojawianie się tak olbrzymiego nadmiaru azotu reaktywnego nie pozostaje obojętne dla środowiska, gdyż wpływa między innymi na:

- powstawanie pyłów,
- zwiększenie trofii wód,
- zakwaszenie gleby,
- spadek bioróżnorodności.

Warto również pamiętać, że amoniak bardzo łatwo ulega transformacji w inne związki azotu, a w miarę przechodzenia przez kolejne szlaki biogeochemiczne ten sam atom N może powodować sekwencję negatywnych skutków w atmosferze, w ekosystemach lądowych, w wodach słodkich i systemach morskich oraz oddziaływać na klimat, co określa się mianem kaskady azotowej (OECD, 2018).

Mając na względzie opisane negatywne oddziaływanie nadmiaru azotu, w zrównoważonym rolnictwie dąży się do zachowania możliwie zamkniętego cyklu N, przede wszystkim dzięki sporządzaniu bilansów tego składnika.



Rys. 1. Udział rolnictwa w emisji amoniaku w Polsce (KOBiZE, 2019)

Sporządzanie bilansów azotu pozwala nie tylko na zarządzanie i kontrolowanie przepływów N, ale również na:

- wyznaczanie dawek nawozów,
- ocenę stopnia obciążenia środowiska tym składnikiem i ryzyka jego strat,
- waloryzację przestrzeni wiejskiej na potrzeby inwestycji środowiskowych.

Miarą skuteczności zarządzania azotem w gospodarstwie jest przede wszystkim zmniejszenie jego nadwyżek oraz zwiększenie efektywności

wykorzystania (NUE, Nitrogen Use Efficiency), tj. stosunku składników pokarmowych zawartych w produktach roślinnych i zwierzęcych odpływających z gospodarstwa do składników pokarmowych doptywających do niego. Można to osiągnąć, stosując trzy strategie:

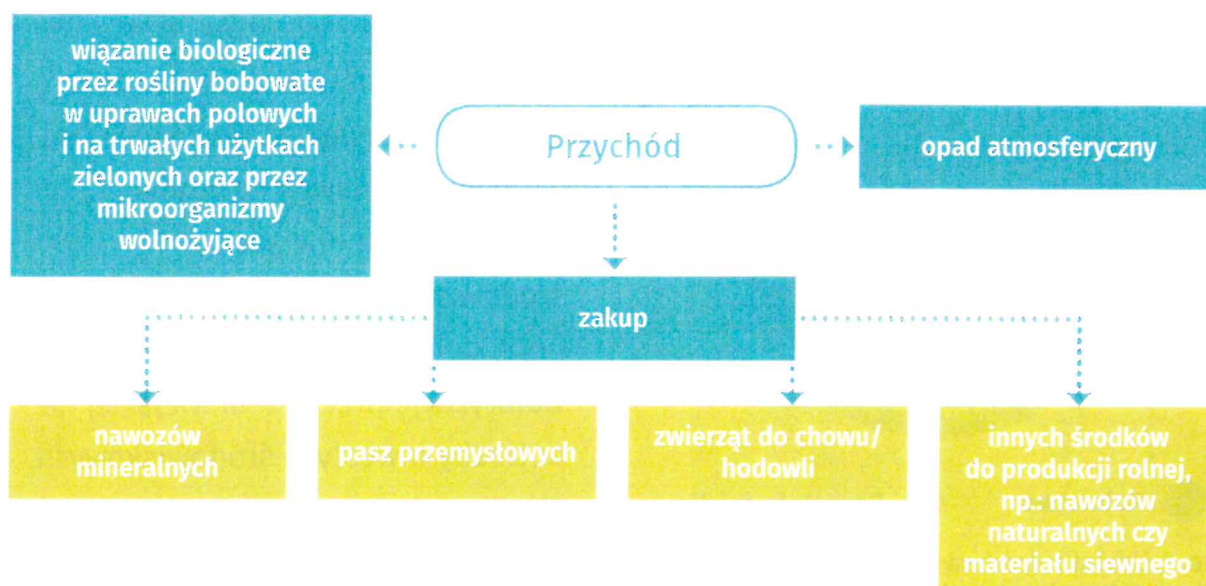
- a) zwiększając odpływ azotu (N outputs) poprzez poprawę plonowania roślin i wydajności zwierząt, przy jednoczesnym utrzymaniu doptywu (N inputs) na mniej lub bardziej stałym poziomie,
- b) zmniejszając doptyw N w nawozach czy zakupionej paszy dla zwierząt, przy jednoczesnym utrzymaniu plonowania roślin i wydajności zwierząt na mniej lub bardziej stałym poziomie,
- c) zmniejszając straty N poprzez stosowanie odpowiednich praktyk (technik niskoemisyjnych, międzyplonów, odpowiednich terminów aplikacji N itp.).

Zmniejszone straty N umożliwiają ograniczenie nakładów produkcyjnych, co obniża koszty operacyjne i poprawia rentowność gospodarstwa (UNECE, 2015).

Zgodnie z Framework Code (UNECE, 2015) szczególnie pomocne jest wyznaczanie bilansu azotu, porównującego przychody i rozchody tego składnika na podstawie „bilansu na polu” lub „bilansu u wrót gospodarstwa”.

Sporządzenie bilansu azotu metodą „u wrót gospodarstwa” polega na określeniu strumieni jego przychodu i rozchodu w gospodarstwie rolnym.

Do przychodu zalicza się azot wnoszony do gospodarstwa (rys. 2). Rozchód stanowi natomiast azot wynoszony z gospodarstwa (rys. 3).



Rys. 2. Przychód azotu obliczony metodą „u wrót gospodarstwa”



Rys. 3. Rozchód i bilans azotu obliczony metodą „u wrót gospodarstwa”

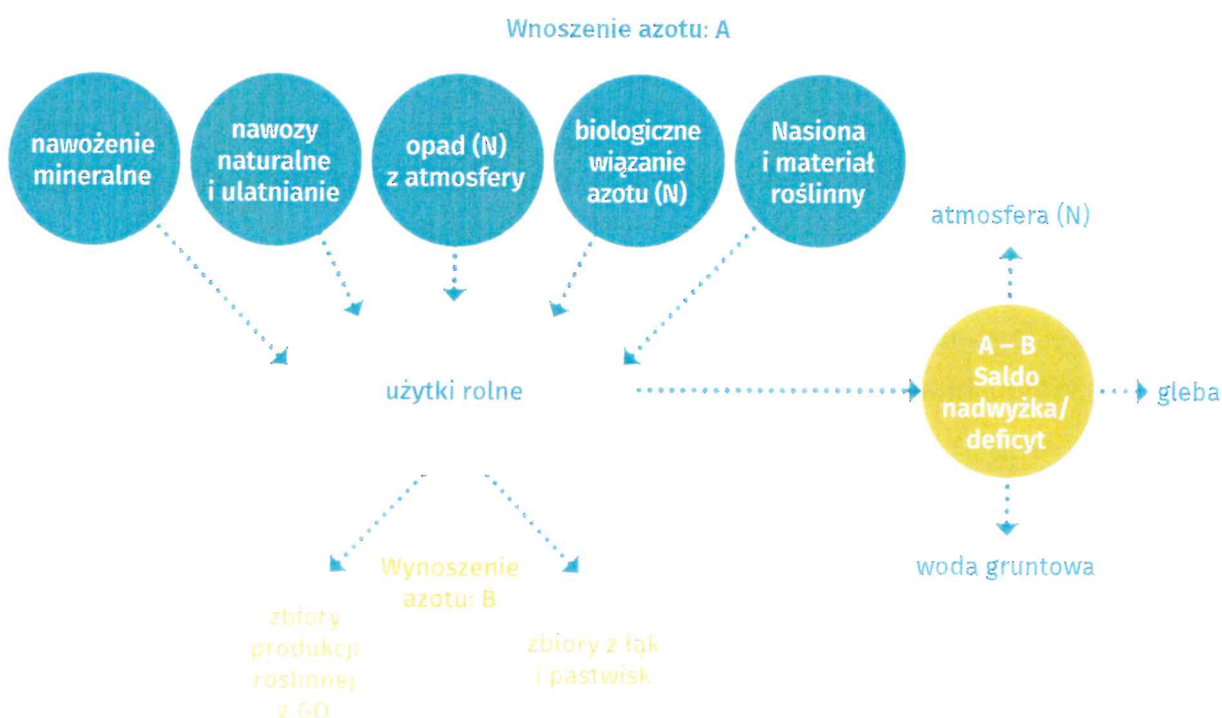
W praktyce rolniczej podstawową jednostkę bilansu stanowi pole, stąd powszechnie stosowany jest tzw. bilans brutto, tj. „na powierzchni pola”. Sporządza się go w Polsce obligatoryjnie od 1996 roku metodą zaproponowaną przez OECD. Jest on zalecany przez tę organizację jako jedna z najlepszych praktyk zarządzania środowiskowego. W metodzie tej ocenia się stopień obciążenia azotem gleby, traktowanej jako „czarna skrzynka”, w której zachodzą procesy generujące potencjalne straty N. **W bilansie azotu brutto po stronie przychodów uwzględnia się ilość azotu dopływającego w formie:**

- a) nawozów mineralnych i naturalnych,
- b) opadu z atmosfery,
- c) azotu biologicznie związanego przez bakterie symbiotyczne i wolnożyjące,
- d) materiału siewnego i w innych częściach roślin (rys. 4).

Natomiast po stronie rozchodowej tego bilansu brane są pod uwagę ilości azotu w plonach głównych roślin zbieranych z gruntów ornych i użytków zielonych oraz w zbieranych plonach ubocznych (rys. 4). Stąd też saldo bilansu azotu brutto zawiera, oprócz emisji azotu do wód, także jego straty gazowe w postaci amoniaku i tlenu diazotu, powstające podczas produkcji zwierzęcej, przechowywania i stosowania nawozów naturalnych.

W systemie zbilansowanego nawożenia odpływ azotu powinien być rekompensowany jego dopływem, czyli bilans powinien być równy lub bliski zeru. Ze względu na nieuniknione rozpraszanie azotu w wyniku wymywania i spływów do wód lub ulatniania z gleby, jak również jego immobilizację przez mikroorganizmy glebowe, całkowite zbilansowanie tego składnika nie jest możliwe. Za bezpieczne dla środowiska przyjmuje się zatem dodatnie saldo bilansu azotu brutto, znajdujące się w przedziale 30–70 kg na 1 ha użytków rolnych.

Utrzymujące się zaniżone saldo azotu (deficyt), powstające, gdy dostarczana ilość azotu jest zbyt mała w stosunku do potrzeb pokarmowych roślin, skutkuje spadkiem żyzności gleby i jej degradacją. Należy przy tym podkreślić, że nawet wtedy nie unika się rozpraszania tego składnika do środowiska. Utrzymująca się



Rys. 4. Główne elementy bilansu azotu w agroekosystemach obliczanego metodą OECD

nadwyżka azotu brutto określa potencjalne ryzyko nagromadzenia się N w glebie oraz jego przemieszczania się do wód i/lub do atmosfery. **Przy czym wartość salda bilansu wskazuje tylko na potencjał strat. Faktyczny zakres tego procesu zależy od wielu czynników, takich jak warunki meteorologiczne, właściwości gleby czy zabiegi agrotechniczne.**

W Programie azotanowym (Dz.U. z 2018 r., poz. 1339) wykorzystuje się uproszczony bilans azotu do wyznaczania dawki azotu w nawozach mineralnych. Po stronie przychodów uwzględnia się w nim azot działający pochodzący z zasobów glebowych, nawozów naturalnych, organicznych, odpadów oraz uprawy roślin bobowatych i przyorania liści roślin korzeniowych, natomiast do rozchodu zaliczane są ilości azotu w plonach głównych i ubocznych. **Powstałe saldo bilansowe (potrzeby nawożenia azotem) służy do wyznaczania dawki nawozów azotowych.**

Bilansowanie azotu jest kluczowym narzędziem pozwalającym na ograniczenie strat amoniaku i opiera się na założeniu, że zmniejszenie nadwyżki azotu i zwiększenie efektywności jego wykorzystania przyczyniają się do redukcji emisji NH_3 . Stwierdzono, że potencjał strat amoniaku z części nadziemnych roślin rośnie wraz ze zwiększaniem się w nich stężenia azotu. Dlatego unikanie nadmiernego nawożenia N zmniejsza wielkość tych strat.

Dodatkowo bilansowanie azotu, redukujące nadwyżki N w środowisku glebowym, przyczynia się do niwelowania tzw. „wymiany zanieczyszczeń”, gdyż ogranicza ilość substratu niezbędnego do powstawania nie tylko amoniaku, ale także innych związków azotu zanieczyszczających środowisko.

Jednym z większych wyzwań przy sporządzaniu bilansu azotu jest prawidłowe oszacowanie jego ilości uwalnianej z zasobów glebowych. Należy pamiętać, że w uproszczonym bilansie azotu w Programie azotanowym uwzględnia się tylko N_{min} obecny w glebie wczesną wiosną, a azot mineralny uwalnia się praktycznie w Polsce od kwietnia do października, tj. gdy temperatura wynosi powyżej 10–12°C. Biorąc pod uwagę średnią zawartość N w glebach Polski 0,1%, i przeciętne tempo mineralizacji azotu organicznego w warstwie 0–20 cm (1,5%), to z tego źródła może pochodzić średnio 45 kg N. Jednak w sprzyjających okolicznościach, tj. przy wyższej zawartości N, szybszym tempie mineralizacji, wartość ta może ulec zwiększeniu nawet powyżej 100 kg N/ha. W niesprzyjających warunkach (suszy, nadmiernego uwilgotnienia), ograniczających aktywność mikroorganizmów, wielkość ta dra-

stycznie spada. Problemem, oprócz trudnej do przewidzenia rezerwy, jest również fakt, że maksymalna ilość azotu z zasobów glebowych uwalnia się w miesiącach letnich i tylko wtedy rośliny w pełni i efektywnie korzystają z tego źródła N.

Barierami w zarządzaniu azotem w oparciu o jego bilans są także:

- trudności w prawidłowym oszacowaniu przewidywanych plonów, zależnych między innymi od trudnych do przewidzenia warunków pogodowych,
- błędy w agrotechnice prowadzące do strat azotu,
- nieefektywne działanie azotu nawozowego na skutek niekorzystnych warunków i pojawianie się dodatkowych rezerw N podatnych na straty.

Właściwe sporządzanie bilansu azotu i wyznaczenie w oparciu o niego dawek nawozów mineralnych stanowi efektywne narzędzie zarządzania azotem w gospodarstwie, pod warunkiem regulacji odczynu i zasobności gleby w fosfor i potas, a czasem i drugoplanowe składniki pokarmowe oraz mikroelementy. Obniżenie wartości pH gleby poniżej poziomu optymalnego dla azotu oraz niebilansowane nawożenie innymi makro- i mikroelementami prowadzi do szybkiego spadku efektywności plonotwórczej N. Niektórzy próbują równoważyć ten efekt poprzez podwyższanie dawek nawozów, zwiększając jedynie ryzyko strat tego składnika, w tym w formie amoniaku. W efektywnym systemie nawożenia roślin uprawnych azotem należy także uwzględnić prawidłową agrotechnikę. Zapewnia ona właściwy rozwój systemu korzeniowego i minimalizację strat N oraz korektę dawki azotu ze względu na stan odżywienia roślin azotem. Ten ostatni zależy między innymi od kondycji ładu po zimie, warunków pogodowych podczas faz krytycznych czy występowania zachwaszczenia, chorób i szkodników.





Prawne podstawy redukcji emisji amoniaku i rozpraszania związków azotu

Dla konsumenta rolnictwo jest priorytetowym sektorem gospodarki, który w największym stopniu wpływa na kształtowanie się jakości żywności i jej bezpieczeństwo oraz na poziom zdrowia społeczeństwa. W dobie rynkowej przewagi podaży oraz gwarantowanego bezpieczeństwa żywnościowego to właśnie konsumenci poprzez swoje preferencje zakupowe decydują o tym, że takie pojęcia jak dobrostan zwierząt czy ochrona środowiska, stają się wyznacznikiem jakości żywności. **Konsumenci jako społeczeństwo, korzystają także z możliwości wywierania presji na polityków i przedsiębiorców, kształtując na drodze legislacji obowiązujące normatywy i metody produkcji żywności.** Stąd zanieczyszczenie środowiska i zmiany klimatu mają obecnie priorytetowe znaczenie we wszystkich państwach UE. Gospodarstwa rolne w Polsce podlegają wielu przepisom wynikającym z unijnych i krajowych aktów prawnych, których celem jest ochrona wody, gleby i powietrza. Najważniejsze wśród nich to dyrektywa azotanowa, dyrektywa IED oraz dyrektywa NEC. Są one źródłem szczegółowych aktów funkcjonujących w krajowym rolnictwie, w tym Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu, Krajowego programu ograniczania zanieczyszczenia powietrza (KPOZP) i Krajowego kodeksu doradczego dobrej praktyki rolniczej, dotyczącego ograniczenia emisji amoniaku (KKOEA), który został przygotowany przez MRiRW.

Ochrona jakości wód przed zanieczyszczeniami ze źródeł rolniczych

Dyrektywa azotanowa (dyrektywa 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. w sprawie ochrony wód przed zanieczyszczeniami spowodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego) jest aktem prawnym odzwierciedlającym politykę UE, mającą na celu zapewnienie odpowiedniej jakości wód powierzchniowych i głębinowych. Zapisy tej ustawy

przeniesione do prawa polskiego m.in. ustawą – Prawo wodne z 2017 r i Ustawą o nawozach i nawożeniu z 2007 r. spowodowały ustanowienie i wprowadzenie w życie Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (zwanego popularnie Programem azotanowym) oraz dobrowolnego stosowania Zbioru zaleceń dobrej praktyki rolniczej.

Program azotanowy

Nowy Program azotanowy obowiązuje od 2018 r. i obejmuje wszystkie gospodarstwa w Polsce. Najważniejszymi działaniami określonymi w Programie azotanowym, są:

1. Wprowadzenie obowiązku opracowywania planu nawożenia azotem lub w przypadku gospodarstw posiadających pozwolenie zintegrowane pełnego planu nawożenia.
2. Określenie warunków przechowywania nawozów naturalnych i kiszzonek oraz postępowania z odciekami.
3. Wprowadzenie terminów, w których dozwolone jest rolnicze wykorzystanie nawozów.
4. Ustalenie warunków rolniczego wykorzystania nawozów azotowych w pobliżu wód, na terenach o dużym nachyleniu, a także na glebach zamarzniętych, zalanych wodą lub przykrytych śniegiem.
5. Ustalenie sposobu obliczania rocznej dawki nawozów naturalnych zawierającej nie więcej niż 170 kg N/ha.

Dostosowanie się gospodarstw do wymogów Programu azotanowego wraz z dobrowolnym stosowaniem Zbioru zaleceń dobrej praktyki rolniczej pozwoli ograniczyć zanieczyszczenie wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych, a pośrednio wpłynie także na redukcję emisji amoniaku.

Ochrona wód, gleby i powietrza przed emisją amoniaku z intensywnego chowu świń i drobiu

Kolejne akty prawne rozszerzają ochronę środowiska na dwa równorzędne z wodą środowiska: powietrze i glebę. Ustawa – Prawo ochrony środowiska z 2001 r. wprowadziła 1 stycznia 2002 r. obowiązek posiadania pozwoleń zintegrowanych przez instalacje typu IPPC, dopuszczając tym samym do polskiego prawodawstwa jeden z ważniejszych aktów prawnych UE dotyczących ochrony środowiska: dyrektywę w sprawie zintegrowanego zapobiegania i kontroli zanieczyszczeń (ang. *Integrated Pollution Pre-*

vention and Control). Jej celem było osiągnięcie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom środowiska naturalnego i ich kontroli, powodowanych przez określone rodzaje działalności, w tym gospodarstw prowadzących intensywną hodowlę drobiu i świń, posiadających:

- ponad 40 000 stanowisk dla drobiu,
- ponad 2000 stanowisk dla tuczników (powyżej 30 kg),
- 750 stanowisk dla macior.

Wszystkie gospodarstwa wielkotowarowe posiadające pozwolenia zintegrowane w celu ograniczenia emisji m.in. amoniaku mają stosować w intensywnej hodowli i chowie drobiu oraz świń najnowsze osiągnięcia technologiczne, tzw. Najlepsze Dostępne Techniki (ang. BAT – Best Available Techniques). Termin BAT w ustawie – Prawo ochrony środowiska określony jest jako najbardziej efektywny oraz zaawansowany poziom technologii i metod prowadzenia danej działalności. Dyrektywa IPPC została zastąpiona w 2010 r. dyrektywą IED dotyczącą emisji przemysłowych. Dyrektywa IED, która obecnie jest podstawowym narzędziem UE regulującym emisję zanieczyszczeń z instalacji przemysłowych wzmocniła rolę najlepszych dostępnych technik BAT. Poziomy emisji określone w konkluzjach BAT stanowią normy prawne, które poza szczególnymi wypadkami nie mogą być przekraczane. Wymagania zawarte w konkluzjach muszą zostać spełnione w ciągu 4 lat od daty ich publikacji, tj. do 2021 r.

Techniki opisywane w ramach BAT mają na celu ograniczenie emisji amoniaku z budynków inwentarskich i kurników poprzez:

- stosowanie odpowiednich systemów żywienia,
- zmniejszenie powierzchni emisji amoniaku w systemach utrzymania,
- stosowanie odpowiednich systemów wentylacji i oczyszczania powietrza,
- zwiększenie częstotliwości usuwania obornika i gnojowicy,
- odpowiednie przechowywanie i aplikację obornika i gnojowicy.

Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniami i redukcja emisji antropogenicznych zanieczyszczeń do atmosfery, w tym amoniaku i tlenków azotu

Dyrektywa NEC z grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych dotyczy wyłącznie zanieczyszczenia powietrza. Dyrektywa NEC ustanawia zobowiązania państw UE w zakresie re-

dukcji emisji antropogenicznych zanieczyszczeń do atmosfery: amoniaku (NH_3), dwutlenku siarki (SO_2), tlenków azotu (NO_x), niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) i pyłu drobnego ($\text{PM}_{2,5}$). **Zobowiązania Polski w zakresie redukcji emisji odnoszą się do dwóch okresów, które obejmują lata od roku 2020 do roku 2029 i od roku 2030, w odniesieniu do emisji w roku referencyjnym 2005 r. Zobowiązania te zostały określone odpowiednio dla obu wskazanych wyżej okresów dla SO_2 59% i 70%, dla NO_x 30% i 39%, dla NMLZO 25% i 26%, dla NH_3 1% i 17% oraz dla $\text{PM}_{2,5}$ 16% i 58%.**

Dyrektywa NEC wymaga w każdym z krajów UE sporządzenia, przyjęcia i wdrożenia Krajowego programu ograniczania zanieczyszczenia powietrza (KPOZP), który ma zapewnić wykonywanie krajowych zobowiązań w zakresie redukcji emisji, a także skutecznie przyczynić się do realizacji wspólnotowych celów dotyczących jakości powietrza. W Polsce KPOZP został przyjęty Uchwałą nr 34 Rady Ministrów z dnia 29 kwietnia 2019 r. (Monitor Polski, poz. 572). W KPOZP zostały uwzględnione niżej wymienione praktyki, które są już częściowo realizowane, zgodnie z Programem azotanowym:

- aplikacja dogłębowa nawozów na bazie mocznika,
- rozlewanie gnojowicy innymi metodami niż rozbryzgowa,
- przeorywanie 90% obornika w ciągu 12 godzin od aplikacji na glebę,
- przykrywanie zbiorników z gnojowicą i gnojówką.

Podsumowanie

Środki i strategie zawarte w Krajowym programie ograniczania zanieczyszczenia powietrza, jak również dobrowolne stosowanie się rolników do zasad zawartych w Krajowym kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczania emisji amoniaku będą głównymi narzędziami skutecznego ograniczania emisji amoniaku z krajowego rolnictwa.

Z pełną wersją Kodeksu doradczego dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczania emisji amoniaku można się zapoznać na stronie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi: <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/kodeks-dobrej-praktyki-rolniczej-w-zakresie-ograniczania-emisji-amoniaku>



Żywnienie zwierząt jako podstawa ograniczania emisji amoniaku

Procesy emisji amoniaku mogą podlegać zarówno nasileniu, jak i redukcji. Znanych jest przeszło kilkadziesiąt czynników technologicznych i żywieniowych mogących modyfikować opisane procesy w produkcji zwierzęcej. Średnio zaledwie do 30% azotu zawartego w paszy podlega retencji w surowcach pochodzenia zwierzęcego. Pozostałe 70% jest rozpraszane do środowiska. **Aktualnie poziom białka, energii, wapnia, fosforu oraz pozostałych makro- i mikroelementów w paszach dla zwierząt zalecany jest przez różne normy żywienia.** Jako punkt odniesienia traktują one zapotrzebowanie zwierząt tak na byt, jak i produkcję. Nie uwzględniają natomiast aspektów ochrony środowiska. Oficjalnie uznane za świadome działania redukcyjne mogą być tylko te z nich, które wykraczają ponad standard obowiązującej zwykłej praktyki produkcyjnej.

Środki żywieniowe, służące do redukcji emisji amoniaku w produkcji trzody chlewnej, obejmują zastosowanie pasz o obniżonym poziomie białka ogólnego, żywienie wielofazowe oraz stosowanie dodatków/suplementów paszowych zwiększających strawność białka.

Zastosowanie obniżonego poziomu białka

Przyjmując ograniczoną strawność poszczególnych pasz, tak pod względem energii, jak i białka w składzie poszczególnych mieszanek paszowych, zwyczajowo w praktyce składowe bilansu pozostają w nadmiarze, który sięgać może nawet 20–30% zapotrzebowania zwierząt. Rezerwa ta wynika z braku dokładnej informacji o koncentracji składników w posiadanych w gospodarstwie paszach. Jest to swoiste zabezpieczenie przed ewentualnym brakiem zbilansowania dawki. Opisywana metoda polega na obniżeniu poziomu białka ogólnego w paszy, przy jedno-

czesnym pokryciu potrzeb białkowych zwierząt każdej grupy technologicznej. Nie ma zatem mowy o ewentualnych spadkach produktywności. Zalecaną koncentrację białka w dawce dla poszczególnych gatunków i grup technologicznych zwierząt zilustrowano w tab. 1. **W praktyce precyzyjne bilansowanie i obniżenie koncentracji białka w paszy wymaga zmiany składu paszy i jej strawności.** W kompozycji dawki dla drobiu i świń powinno się uwzględnić materiały paszowe o wyższej dostępności i strawności białka oraz lepiej dostosowanej proporcji i koncentracji aminokwasów egzogennych. Taki sposób bilansowania znacząco rozbudowuje liczbę wykorzystywanych materiałów paszowych w mieszance. W praktyce zabieg taki może być technicznie trudny do wykonania ze względu na ograniczony dostęp do odpowiednich komponentów. Zawartość białka w dawce może też być zmniejszona, jeśli podaż aminokwasów jest zoptymalizowana poprzez dodanie syntetycznych aminokwasów (np. lizyny, metioniny, treoniny, argininy, tryptofanu). W odróżnieniu od tych zawartych w materiałach paszowych ich strawność bliska jest 100%. Bez większych problemów technicznych metodą tą można uzyskać redukcję białka o 2–3% w paszy (relatywnie 10–15% do poziomu wyjściowego) w zależności od etapu odchowu i grupy technologicznej. **Wykazano, że spadek 1% białka w diecie świń powoduje 10% niższą całkowitą zawartość azotu amonowego (TAN) w gnojowicy ściśniskowej i 10% niższą emisję NH_3 .** Produkcja drobiarska jest najlepszą ilustracją postępu hodowlanego, jaki nastąpił na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat. To właśnie na jej przykładzie, jak w soczewce, można zobaczyć zogniskowane problemy żywienia, które musi nadążyć za dynamiczną zmianą genetycznego potencjału produkcyjnego ptaków. To właśnie dlatego w chowie drobiu potencjał redukcji rozpraszania N na drodze żywieniowej jest stosunkowo bardziej ograniczony niż w przypadku świń. Już obecnie w zwykłej praktyce stosuje się tu zarówno aminokwasy syntetyczne, jak i enzymy. **Dla drobiu koniecznym jest tu bilansowanie receptur mieszanek paszowych z zastosowaniem koncepcji aminokwasów strawnych,** których zawartość oblicza się, wykorzystując tabelaryczne współczynniki strawności dla poszczególnych materiałów paszowych. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w niektórych przypadkach, zalecenia krajowych norm żywienia drobiu pokrywają się z górnymi przedziałami zaleceń redukcyjnych (tab. 1). Może to sugerować, przy całym postępie technologicznym krajowej produkcji, samodostosowanie się do wymogów redukcji emisji jedynie poprzez konieczność redukcji kosztów produkcji. Opisywana metoda jest uznana za BAT (2017 r.).

Tab. 1. Zalecana koncentracja białka ogólnego w dawce pokarmowej dla różnych gatunków zwierząt gospodarskich i ich grup technologicznych obniżająca emisję amoniaku (UNECE, 2015)

Gatunek	Grupa technologiczna	Faza produkcji	Dopuszczalny poziom białka ogólnego (%)
Bydło mleczne	krowy dojne	pierwsza faza laktacji	15–16
		pozostałe fazy laktacji	12–14
	jałówki		12–13
Bydło mięsne	cielęta	produkcja cielęciny	17–19
	cielęta	<3 msc	15–16
	cielęta	3–6 msc	13–14
	cielęta, pozostałe bydło opasowe	>6 msc	12
Świnie	prosięta	do 10 kg	19–21
	warchlaki	11–25 kg	17–19
	tuczniki	26–50 kg	15–17
		51–110 kg	14–15
		>110 kg	11–12*
	lochy	prośne	13–15
		karmiące	15–17
Drób	brojlery	pasza typu Starter	20–22
		pasza typu Grover	19–21
		pasza typu Finisher	18–20
	nioski	18–40 tydzień odchowu	15,5–16,5
		>40 tygodnia odchowu	14,5–15,5
	indyki	<4 tygodnia odchowu	24–27
		5–8 tygodnia odchowu	22–24
		9–12 tygodnia odchowu	19–21
		13–16 tygodnia odchowu	16–19
		>16 tygodnia odchowu	19–14

* Z użyciem aminokwasów syntetycznych

W odróżnieniu od monogastrycznych zwierząt gospodarskich, bydło należące do przeżuwaczy posiada znacznie bardziej skomplikowany sposób trawienia białka. Jego bilansowanie przeprowadza się w oparciu o tzw. białko właściwe, rzeczywiście trawione w jelicie cienkim (BTJ). U zwierząt o wyższej wydajności,

pobierających więcej paszy, treść żwacza opuszcza go znacznie szybciej. Mikroorganizmy mają zatem mniej czasu na rozkład białka i większa jego część nie ulega degradacji w żwaczu. **Okolo 20% białka paszy nierozłożonego przez mikroorganizmy przechodzi przez jelito cienkie bez wchłaniania i jest wydalone.** W bilansowaniu dawki pokarmowej dla bydła dąży się do stanu, gdzie $BTJN = BTJE$. Zaleca się, aby średnia zawartość białka ogólnego w dawce pokarmowej bydła mlecznego nie przekraczała 15–16% s.m., a dla starszych opasów nawet 12% (tab. 1). Metoda zalecana jest zasadniczo dla stad bydła mlecznego, niepraktykujących pastwiskowania z żywieniem zrównoTMR, jak i PMR, jako precyzyjnych sposobów zbilansowania. Może również znaleźć zastosowanie do intensywnego opasu bydła mięsnego, realizowanego bez udziału pastwiska.

W różnych krajach wartości redukcji rozpraszania amoniaku przy użyciu obniżonego poziomu białka w paszy szacuje się na zmiennych poziomach. IIASA wycenia maksymalny poziom redukcji emisji na 20%, przy zalecanych najniższych koncentracjach białka tzw. wysokiej efektywności metody.

Żywnienie wielofazowe

Zbilansowanie diety do zapotrzebowania w różnych fazach wzrostu zwierzęcia jest podstawą uzyskania zamierzonych efektów produkcyjnych i hodowlanych. W trakcie wzrostu organizmu zapotrzebowanie na białko ulega stopniowo obniżeniu, tak jak obniża się tempo jego wzrostu, w tym odkładanie białka w tkankach. Stosowane obecnie paszowe mieszanki przemysłowe niezbyt precyzyjnie oddają ten stan, zawierając zbyt wysokie koncentracje białka. **Żywnienie wielofazowe ma za zadanie dokładne zbilansowanie azotu do fizjologicznych możliwości jego retencji przez organizm zwierzęcia w postaci zwielokrotnienia stosowanych dawek pokarmowych.** Wprowadzenie 3 lub 4 typów pasz o zmniejszającej się koncentracji białka, zgodnie z zapotrzebowaniem, w miejsce zwyczajowych 2 typów, dla danej grupy technologicznej, redukuje ilość wydzielanego azotu, a tym samym i emisję amoniaku. Odbywa się to bez szwanku dla poziomu produktywności i zdrowia, a z korzyścią dla kosztów żywienia. Opisywana metoda jest zbieżna z wymogami BAT (2017 r.) w gospodarstwach korzystających z pozwoleń zintegrowanych. Stosowanie żywienia wielofazowego nie wymaga specjalnych rozwiązań w organizacji żywienia i odbywa się tak, jak żywienie klasyczne.

Aktualnie w żywieniu drobiu rzeźnego stosowane jest powszechnie żywienie 3-fazowe. Zostało ono wprowadzone w sposób samoistny dla obniżenia kosztów żywienia i poprawy opłacalności produkcji. **Jako metodę redukcji zaleca się wprowadzenie 4–5-fazowego żywienia brojlerów kurzych, 4–6-fazowego żywienia brojlerów indyckich i 3-fazowego żywienia kaczek oraz gęsi.** Oczekiwać należy, że wprowadzenie dodatkowych rodzajów pasz przyniesie nie tylko obniżenie emisji, ale również kosztów produkcji. W aktualnie obowiązujących normach żywienia drobiu nie uwzględniono w odpowiednio szerokim zakresie wielofazowego żywienia kur, zalecając, między innymi, stosowanie jedynie 3 typów mieszanek paszowych w trakcie odchowu kurcząt rzeźnych.

Idea oddziaływania żywienia wielofazowego w chowie przeżuwaczy nie różni się od tej dla świń czy drobiu. Żywnienie wielofazowe dla bydła mlecznego realizuje się w taki sposób, że zawartość BO w dawce stopniowo zmniejsza się z 16% s.m. przed porodem i we wczesnej laktacji do poniżej 14% w późnej laktacji i głównej części okresu zasuszania. Dla bydła mięsnego zawartość BO stopniowo należy zmniejszać z 16 do 12%. Metoda ta skierowana jest do dużych stad z intensywnym żywieniem paszami treściwymi, bez udziału pastwiskowania. Może być przy tym określana jako najlepsza dostępna technika (IIASA, UNECE), mimo że BAT nie obejmuje chowu bydła. **Efekt wprowadzenia żywienia wielofazowego szacowany jest na 15% redukcji emisji NH_3 dla żywienia 2-fazowego warchlaków i 25% dla 3-fazowego żywienia tuczników; u bydła sięga on 10%, a u drobiu 20%.**

Wydłużenie czasu pastwiskowania

W wielu krajach produkcja bydła opiera się w pełni lub częściowo na użytkach zielonych. W takich systemach bogata w białko trawa i jej produkty pochodne, stanowią znaczną część diety, a osiągnięcie wartości docelowych BO z tab. 1 może być trudne. **Jednak odchody wydalone przez wypasane zwierzęta szybko ulegają przesuszeniu, a mocz natychmiast wchłaniany jest do gleby,** co zapobiega emisji NH_3 . Dlatego całkowita emisja NH_3 przypadająca na sztukę jest w sumie mniejsza dla zwierząt wypasanych niż dla tych, które przebywają w oborze, produkując nawozy naturalne, wymagające składowania i aplikacji. Opisywana metoda polega na zwiększeniu dziennego czasu pastwiskowania z przyjętych w metodyce EMEP/EEA 4 godzin dziennie do 8, 12, a nawet 24 godzin. Na skutek

zachodzących zmian klimatu w praktyce także w naszym kraju, możliwa jest **realizacja wypasu przez 210 dni w roku**. Szacuje się, że metoda **ogranicza emisję amoniaku o ok. 20%**. Możliwość zwiększenia udziału wypasu jest często ograniczona samą powierzchnią posiadanych TUZ, typem gleby, topografią, rozmiarem i strukturą gospodarstwa (odległości), warunkami klimatycznymi itp. Omawiana metoda może być i jest powszechnie stosowana w hodowli bydła mięsnego, głównie z racji przestanek ekonomicznych, w tym niskiej krajowej ceny żywca wołowego. Może też być uznana za BAT, mimo że dyrektywa IED nie dotyczy tego gatunku.

Zastosowanie białka chronionego

Metoda ta przeznaczona jest dla bydła i wykorzystuje opisane zależności w trawieniu żwaczowym i jelitowym, a skierowana jest do stad mlecznych z żywieniem opartym na TMR i PMR, czyli bez pastwiskowania lub z silnie ograniczonym pastwiskowaniem. Im większa jest produkcja mleka od krowy, tym trudniej pokryć potrzeby białkowe białkiem mikrobiologicznym syntetyzowanym w żwaczu. W praktyce braki te pokrywane są poprzez dodanie do składu dawki białka w formie chronionej przed rozkładem w żwaczu. **Zadaniem białka chronionego jest zwiększenie puli aminokwasów egzogennych wchłanianych w jelicie cienkim krów**. Precyzyjne żywienie bydła mlecznego z zastosowaniem systemów TMR i PMR oraz białka chronionego ogranicza emisję NH_3 na poziomie aż 25%.

Wykorzystanie dodatków paszowych

Dodatki paszowe to substancje wprowadzone do paszy poza zwykłym bilansowaniem. Mogą one modyfikować procesy przyswajania lub wpływać na sam organizm, który je pobiera. Spośród wielu substancji na uwagę w chowie świń i drobiu zasługuje jedynie użycie proteazy, która spełnia wymogi BAT odnośnie poprawy strawności białka i redukcji emisji. Enzym ten pomaga rozkładać organiczne związki białkowe, zazwyczaj nietrawione przez zwierzęta monogastyczne. W ofercie rynkowej znajduje się szeroki wybór takich dodatków. Należy jednak pamiętać, że praktyczne efekty tych enzymów paszowych mogą być zmienne i zależeć od wielu czynników. Ich wykorzystanie redukuje emisję amoniaku o 5–10%.

W żywieniu bydła praktycznie nie stosuje się dodatków paszowych obniżających emisję amoniaku. Proteaza jest obecna w żwaczu z racji jego zasiedlenia przez mikroflorę. Taki dodatek wręcz znacząco zwiększa emisję. Preparaty taniowe nie mogą być podawane w większej ilości bydłu, gdyż nadają paszy gorzki smak i jest ona mniej chętnie pobierana. Natomiast saponiny, poprzez brak specyficznego ukierunkowania, oddziałują na całą mikroflorę żwacza i dodatkowo obniżają napięcie powierzchniowe jego treści.

Podsumowanie

Możliwości obniżania emisji amoniaku na drodze żywienia zwierząt gospodarskich wydają się najskuteczniejszym sposobem realizacji ochrony jakości powietrza i wypełnienia w tym względzie zobowiązań międzynarodowych. Poczynione tu redukcje oddziałują w całej przestrzeni szacowania emisji, także na etapie składowania oraz aplikacji nawozów naturalnych. Żywnienie zwierząt na poziomie praktyki hodowlanej, staje się obecnie w coraz większym stopniu działaniem inżynierskim, wymagającym przygotowania, wiedzy i konsekwencji stosowania. Nieustannie przy tym należy wzbogacać tę wiedzę i wdrażać nowe praktyki, także w kontekście wyzwań, jakimi są niewątpliwie ochrona środowiska i przeciwdziałanie zmianom klimatu.





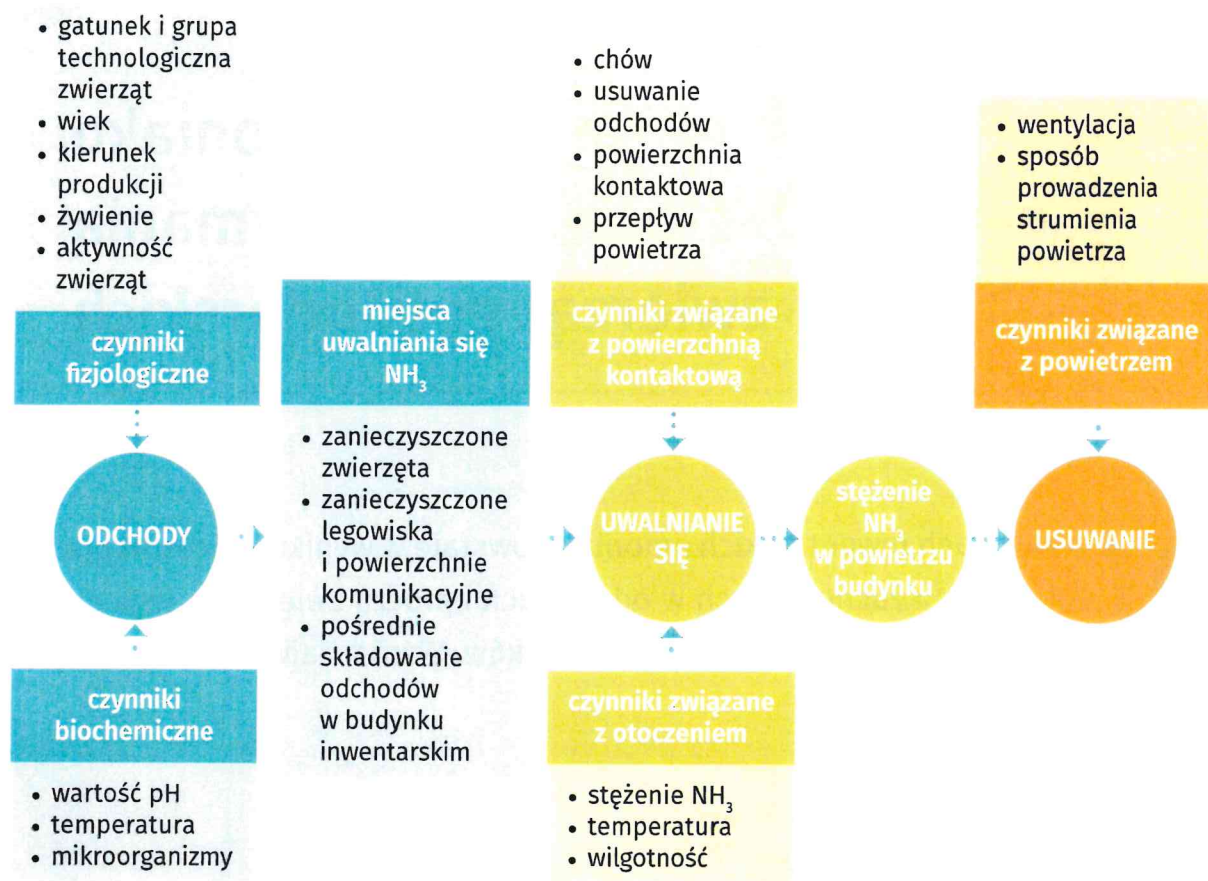
Redukcja emisji amoniaku w różnych systemach utrzymania zwierząt gospodarskich

W budynkach inwentarskich amoniak powstaje w wyniku procesów przemian azotu zachodzących w odchodach i moczu zwierząt, a jego emisja uzależniona jest od wielu czynników. Wśród najważniejszych wymienić można:

- gatunek i grupa technologiczna zwierząt,
- kierunek produkcji,
- system utrzymania,
- zawartość azotu w paszy,
- temperatura i wartość pH odchodów,
- zawartość związków azotu w odchodach,
- działalność mikroorganizmów,
- wielkość powierzchni kontaktowej odchodów z powietrzem,
- prędkość ruchu powietrza nad powierzchnią z odchodami,
- parametry mikroklimatyczne (temperatura i wilgotność powietrza),
- wydajność systemu wentylacyjnego.

Uproszczony schemat powstawania, uwalniania i usuwania amoniaku w budynkach inwentarskich przedstawiono na rys. 1.

Największa emisja amoniaku związana jest z utrzymaniem trzech głównych gatunków zwierząt: **świń, bydła oraz drobiu**. Zgodnie z najnowszymi danymi za 2017 r. największy udział w całkowitej emisji amoniaku z systemów zarządzania nawozami naturalnymi ma bydło, wynosi on 51,9%. Natomiast dla świń wynosi on 27,5%, a dla drobiu 19,6%.



Rys. 1. Powstawanie, uwalnianie i usuwanie amoniaku w budynkach inwentarskich.

Źródło: ITP

Sposoby ograniczania emisji amoniaku przy utrzymaniu zwierząt gospodarskich

Ogólnie rzecz ujmując metody ograniczania emisji amoniaku z budynków inwentarskich powinny się opierać na wykorzystaniu jednej lub więcej z następujących zasad:

- utrzymywaniu wszystkich obszarów wewnątrz i na zewnątrz budynków inwentarskich czystych i suchych,
- ograniczaniu powierzchni zanieczyszczonej odchodami,
- szybkim usuwaniu odchodów; szybkim rozdzieleniu kału i moczu,
- zmniejszeniu temperatury i prędkości przepływu powietrza nad powierzchnią z odchodami,
- zmniejszeniu pH i temperatury odchodów,
- zmniejszeniu wilgotności odchodów (w przypadku pomiotu),
- oczyszczaniu powietrza usuwanego z budynków inwentarskich.

W kontekście ograniczania emisji amoniaku w ściótkowych systemach utrzymania zwierząt przede wszystkim **istotny jest rodzaj, jakość i ilość ściółki**. Stwierdzono, że zwiększenie ilości ściółki skutkuje bardziej efektywnym wchłonięciem moczu i znacznym napowietrzeniem obornika, co wpływa na redukcję tempa przemian biochemicznych i liczebność mikroflory, a tym samym ograniczenie emisji NH_3 . **Przykładowo zwiększenie ilości ściółki (o 50–100%) w chowie świń na głębokiej ściółce skutkuje redukcją emisji amoniaku na poziomie ok. 20%**. Przy utrzymaniu bydła w systemach wolnostanowiskowych zwiększenie ilości słomy na jedno zwierzę może prowadzić do redukcji emisji NH_3 , zarówno z budynku, jak i przy magazynowaniu obornika. Z kolei w kurnikach ściółka powinna być sypka, o wilgotności nieprzekraczającej 18%, bowiem wilgotna ściółka powoduje wzrost wilgotności powietrza i zwiększenie stężenia oraz emisji amoniaku. Ważne jest również regularne dościelanie oraz przetrząsanie w miarę zużywania się ściółki.

Przy utrzymaniu krów **istotna jest również częstotliwość usuwania odchodów z korytarzy spacerowo-gnojowych**. Częste, tzn. 3–4 razy dziennie, usuwanie odchodów jest możliwe przy zastosowaniu zgarniaków delta. W ten sposób redukuje się zarówno powierzchnię emisji, jak i **ogranicza wielkość źródła emisji** (po przejściu zgarniaka na podłodze pozostaje jedynie cienka warstwa odchodów). Skuteczność redukcji amoniaku w tej metodzie jest oceniana **na 20–35%**.

Przy bezklatkowym utrzymaniu kur niosek skutecznym sposobem na ograniczenie emisji NH_3 jest zastąpienie klasycznego podłogowego utrzymania kur na ściółce wielopoziomowym systemem podłogowym (zwanym grzędowym lub wollerowym), z przenośnikami taśmowymi do usuwania pomiotu. Redukcja emisji NH_3 wynosi 70–85%, a dodatkowo **przy zastosowaniu wstępnego suszenia pomiotu redukcja ta może wynieść nawet 80–95%**.

W bezściótkowych systemach utrzymania świń istotne znaczenie w kontekście ograniczania emisji NH_3 ma: redukcja powierzchni podłóg szczelinowych oraz sposób i częstotliwość usuwania odchodów. Ograniczenie powierzchni podłóg szczelinowych skutkuje zmniejszoną powierzchnią zabrudzoną odchodami, a tym samym ograniczeniem emisji amoniaku. **Zmniejszenie powierzchni podłogi szczelinowej o 50% skutkuje redukcją emisji NH_3 na poziomie 15–20%**. A ograniczenie powierzchni podłogi szczelinowej do 1/3 powierzchni kojca pozwala na 60% redukcję emisji NH_3 .

W bezściótkowych systemach utrzymania zarówno świń, jak i bydła, najprostszym i jednocześnie najtańszym sposobem jest przechowywanie odchodów

w budynkach, w głębokich zbiornikach pod podłogą szczelinową i opróżnianie ich po zakończonym cyklu produkcyjnym. Strategia opróżniania zbiornika z gnojowicą co dwa tygodnie, w porównaniu z jego opróżnianiem po zakończonym cyklu produkcyjnym, skutkuje 20% redukcją emisji NH_3 . Natomiast cotygodniowe usuwanie gnojowicy przyczynia się do 35% ograniczenia emisji NH_3 . Dlatego w ostatnim czasie upowszechnia się systemy usuwania gnojowicy w kanałach zamkniętych lub otwartych. Do najpopularniejszych należą systemy samospływu ciągłego lub okresowego (usuwanie gnojowicy jest grawitacyjne, przy wykorzystaniu naturalnych właściwości cieczy) oraz systemy podciśnieniowe. W systemach grawitacyjnych można zastosować jeszcze dodatkowe rozwiązania, mające na celu ograniczenie emisji amoniaku. Jednym z takich rozwiązań jest zastąpienie kanałów U-kształtnych kanałami V-kształtnymi, co zmniejsza powierzchnię parowania. Zastosowanie kanałów V-kształtnych do usuwania gnojowicy ogranicza emisję amoniaku aż do 50%. Natomiast systemy podciśnieniowe usuwania gnojowicy są swego rodzaju rozwinięciem systemu okresowego usuwania gnojowicy z transportowaniem w kanałach zamkniętych, z tą różnicą, że przesuwanie gnojowicy jest wymuszone podciśnieniem wytwarzanym przez pompę. Pozwala to na szybsze i dokładniejsze opróżnianie zbiorników z gnojowicą. Mają one zastosowanie w budynkach dla świń.

W bezściółkowych systemach utrzymania krów z podłogami szczelinowymi na korytarzach kał jest przydeptywany przez zwierzęta do kanału/zbiornika podruszowego. Ponieważ przydeptywanie to nie usuwa z podłogi wszystkich odchodów, konieczne jest jej doczyszczanie. W ostatnim czasie czynność tę wykonują autonomiczne roboty czyszczące (fot. 1). Czyszczą one podłogę wielokrotnie na dobę i utrzymują ją w dobrym stanie. Metodę tę uznać należy za spełniającą wymóg częstego usuwania odchodów (25–30% redukcji emisji). Innym skutecznym rozwiązaniem redukcji emisji amoniaku jest system z podłogą szczelinową ryflowaną (fot. 2) i zgarniakiem (tzw. „ząbkowym”). Pozwala to na ograniczenie emisji amoniaku od 25 do 40% w porównaniu z systemem konwencjonalnym (gładka powierzchnia podłogi).

Duże zainteresowanie wśród hodowców budzi możliwość zakwaszania gnojowicy w celu ograniczania emisji NH_3 . Możliwe jest zakwaszanie gnojowicy w budynku inwentarskim, w zbiorniku zewnętrznym na gnojowicę, jak również bezpośrednio podczas aplikacji gnojowicy na polu. W przypadku zakwaszania gnojowicy w budynku inwentarskim wymagana jest odpowiednia instalacja. Do zakwaszania gnojowicy jest stosowany 96% kwas siarkowy. Ogólna zasada działania systemu polega

na przepompowaniu gnojowicy z kanałów w budynku inwentarskim do zbiornika, w którym następuje dozowanie kwasu siarkowego, przy ciągłym mieszaniu z gnojowicą, aż do osiągnięcia pH rzędu 5,5–6. Następnie gnojowica z powrotem jest przepompowywana do kanałów i krąży do momentu osiągnięcia odpowiedniej wartości pH przez gnojowicę znajdującą się w kanałach. Wszystkie procesy sterowane są automatycznie.

W intensywnym chowie kur niosek dominują kurniki klatkowe, użytkowane przez ponad 90% ferm. **W ograniczaniu emisji amoniaku z klatkowych systemów utrzymania drobiu istotna jest częstotliwość usuwania pomiotu z kurników oraz zawartość suchej masy w pomiole.** Zgodnie z tzw. konkluzjami BAT za najlepszą dostępną technikę uznaje się usuwanie obornika za pomocą przenośników taśmowych w klatkowych systemach utrzymania kur niosek z częstotliwością jeden raz na tydzień (przy zastosowaniu suszenia powietrzem) lub dwa razy na tydzień, przy braku suszenia pomiotu. Najmniejsza emisja NH_3 występuje przy 60% zawartości suchej masy w pomiole. Dlatego **skuteczną metodą ograniczania emisji amoniaku z kurników jest zastosowanie systemów suszenia pomiotu.** W praktyce systemy suszenia pomiotu ze względu na miejsce suszenia można podzielić na dwa rodzaje: wstępного suszenia pod klatkami i dosuszania w osobnym pomieszczeniu lub bezpośredniego suszenia w osobnym urządzeniu. W pełni wysuszony pomiot zawiera 80% suchej masy i musi zostać przeniesiony do przykrytego magazynu zewnętrznego, co zapewnia ochronę przed ponownym zawilgoceniem i emisją. Oficjalne zalecenia IIASA oraz UNECE podają, że systemy przenośników taśmowych z **suszeniem wstępnym pomiotu na taśmach i usuwaniem pomiotu dwa razy w tygodniu umożliwiają redukcję emisji NH_3 rzędu 30–40%.** Natomiast przy usuwaniu pomiotu częściej niż dwa razy w tygodniu redukcja ta wynosi 35–45%.

Fot. 1. Robot czyszczący korytarz z podłogą szczelinową



Źródło: J.L. Jugowar

Fot. 2. Szorstka, ryflowana powierzchnia podłogi



Źródło: J.L. Jugowar

Skuteczną metodą ograniczania emisji amoniaku, wskazywaną również w konkluzjach BAT, jest **oczyszczanie powietrza usuwanego z budynków inwentarskich**. Ma to zasadniczo zastosowanie w chlewniach i kurnikach. Mogą być wykorzystywane do tego filtry ze złożem biologicznym (biofiltry), mokre płuczki (tzw. skrubery) powietrza lub wielofazowe systemy oczyszczania powietrza. W biofiltrach zanieczyszczenia powietrza usuwane lub neutralizowane są na dwa sposoby. Pierwszy polega na osadzaniu i gromadzeniu się zanieczyszczeń w materiale filtracyjnym. Natomiast drugi sposób związany jest z procesem trawienia zanieczyszczeń przez mikroorganizmy znajdujące się w medium filtracyjnym. **W skrubkach powietrza jako medium absorpcyjne najczęściej używana jest woda**. Ogólna zasada działania tych urządzeń polega na mokrej filtracji, inaczej absorpcji. Wyróżnić można płuczki powietrzne chemiczne, biologiczne i węglowe. W płuczках biologicznych czynnikiem resorbującym rozpuszczone zanieczyszczenia jest aktywne złożo mikrobiologiczne. **W płuczках chemicznych do wody dodawane są związki chemiczne**, np.: ług sodowy czy kwas siarkowy. Z kolei w płuczках węglowych jest wykorzystywany węgiel aktywny. Ze względu na powstające w znacznej ilości cząsteczki pyłu w budynkach inwentarskich zastosowanie mają również wielofazowe systemy oczyszczania powietrza, które w pierwszej kolejności wychwytyują grube cząstki pyłu, a następnie oczyszczają powietrze z zanieczyszczeń gazowych oraz substancji zapachowych. **Efektywność zastosowania tych urządzeń do redukcji emisji NH_3 szacowana jest na poziomie 70–90%**. Ze względu na koszty inwestycyjne rozwiązania te zalecane są do dużych obiektów inwentarskich.

Podsumowanie

Znaczenie systemów utrzymania zwierząt gospodarskich w zakresie ograniczania emisji amoniaku z budynków inwentarskich należy rozpatrywać w szerokim aspekcie. Wybór danego systemu utrzymania jest w dużym stopniu związany z gatunkiem utrzymywanych zwierząt, posiadanym arealem ziemi i dostępnością materiałów do ścielenia. W zależności od tego, czy zwierzęta są utrzymywane ściółkowo czy też bezściółkowo, możliwe są do zastosowania różne rozwiązania w celu ograniczenia emisji amoniaku. Jednak kluczowe są kwestie związane z utrzymywaniem czystych i suchych powierzchni, ograniczaniem wielkości zanieczyszczonych powierzchni, częstotliwością usuwania odchodów i właściwym kształtowaniem warunków mikroklimatycznych.



Ograniczenie emisji amoniaku z nawozów naturalnych i mineralnych

Podstawowym źródłem rozpraszania azotu w formie amoniaku jest produkcja zwierzęca, która w 83% odpowiada za uwalnianie się amoniaku z zagospodarowania i utylizacji odchodów zwierzęcych. Pozostałe 17% pochodzi z utleniania amoniaku z mineralnych nawozów azotowych i zależy głównie od techniki aplikacji oraz rodzaju zastosowanego nawozu. Ponadto do czynników, które mają wpływ na uwalnianie amoniaku, zalicza się warunki meteorologiczne (temperaturę, opady) oraz właściwości fizykochemiczne gleby. Wśród wielu mineralnych nawozów azotowych wysokim potencjałem uwalniania amoniaku charakteryzuje się mocznik i saletra amonowa.

Ograniczenie emisji amoniaku z przechowywania nawozów naturalnych

Istotne znaczenie dla ograniczenia emisji amoniaku, a tym samym ochrony środowiska, ma wybór metody magazynowania nawozów naturalnych. Straty amoniaku podczas przechowywania nawozów naturalnych zależą od rodzaju i składu nawozu, czasu ich przechowywania, warunków meteorologicznych (temperatura i prędkość wiatru) oraz sposobu przechowywania. **Po usunięciu płynnych nawozów naturalnych powinny one być magazynowane w odpowiednich zbiornikach**, natomiast obornik na płytach obornikowych. Przechowywanie jest niezbędnym elementem technologii, ponieważ umożliwia zastosowanie tych nawozów we właściwym czasie, kiedy istnieje zapotrzebowanie na azot przez rośliny, a ryzyko zanieczyszczenia środowiska jest niskie. Termin stosowania nawozów naturalnych i mineralnych ma kluczowe znaczenie w efektywności wykorzystania azotu przez rośliny.

Gnojowica jest zwykle magazynowana w betonowych lub metalowych zbiornikach, czasem w lagunach. Zmniejszenie emisji amoniaku podczas przechowywania

gnojowicy uzyskuje się poprzez odcięcie jej kontaktu z otwartą przestrzenią lub ograniczenie ruchu powietrza nad zbiornikiem.

Pojemność zbiorników na gnojówkę i gnojowicę powinna umożliwiać ich przechowywanie przez okres 6 miesięcy. Zbiorniki na płynne nawozy naturalne powinny spełniać warunki techniczne dotyczące konstrukcji oraz ich usytuowania, wynikające z prawa budowlanego.

Redukcja powierzchni emisyjnej zbiornika na gnojowicę i ograniczenie jej kontaktu z otwartą przestrzenią ogranicza emisję amoniaku. Powierzchnia magazynowania powinna być możliwie jak najmniejsza. Zaleca się zwiększanie wysokości ścian zbiorników na gnojowicę i inne płynne nawozy naturalne, a tym samym zmniejszanie powierzchni emisyjnej.

Innym sposobem obniżenia emisji jest przykrywanie zbiorników, i w ten sposób ograniczanie parowania amoniaku. Najdroższą metodą jest przykrywanie zbiorników osłoną stałą (zadaszenie, przykrycie namiotowe). Istotne jest, aby były one szczelne, ale powinny posiadać także odpowietrzenie służące do odprowadzania gromadzącego się metanu. Przykrywanie zbiorników zabezpiecza także przed dostaniem się wody opadowej. Mniej kosztowną metodą jest zastosowanie folii. Dopuszczone jest również przykrywanie zbiorników na płynne nawozy naturalne z ruchomymi powłokami lub warstwą ochronną (mniej efektywne, ale tańsze):

- pływającą folią – zalecana do stosowania na niewysokich zbiornikach wyposażonych w odpowiedni system napełniania i opróżniania lub małych lagunach, aktualnie metoda stosowana w dużych gospodarstwach dla gnojowicy o zawartości suchej masy do 7%,
- plastikowymi elementami pływającymi – pozwala na stworzenie jednolitej pływającej osłony, metoda niezalecana do gnojowicy bydlęcej bogatej w materię organiczną.

Zachowywanie naturalnego kożucha na powierzchni gnojowicy – tworzy się samoistnie na powierzchni, jeśli gnojowica ma więcej suchej masy niż 7% i nie występuje jej mieszanie – traktowane jest jako kolejna metoda zmniejszenia emisji z miejsc przechowywania gnojowicy. Skuteczność metody zależy od grubości kożucha, stopnia przykrycia powierzchni zbiornika oraz czasu potrzebnego na jego wytworzenie. Należy unikać wprowadzania dodatkowej, nowej gnojowicy, aby nie uszkodzić istniejącej warstwy kożucha.

Jako kolejna metoda zalecane jest **zastosowanie sztucznych warstw ochronnych naniesionych na powierzchnię gnojowicy**: cięta słoma, granulaty, torf, olej lub inne materiały pływające (słomę zaleca się stosować w formie sieczki o długości ok. 4 cm, w ilości ok. 4 kg/m², zastosowanie granulatów jest kosztowniejsze niż słomy).

Zaleca się także **zastępowanie lagun zbiornikami**. Jeśli istniejące laguny zostaną zastąpione przez pionowe zbiorniki, zmniejszeniu ulegnie powierzchnia przypadająca na jednostkę objętości gnojowicy, a tym samym emisje amoniaku zostaną proporcjonalnie zredukowane. Wykorzystanie do przykrycia laguny słomy wiąże się z wieloma trudnościami. Należałoby zastosować rozdrabniacz słomy i urządzenie do rozprowadzania jej po powierzchni. Osłony ze słomy mają też tendencję do zwiększania emisji metanu i podtlenku azotu ze względu na wzrost zawartości węgla. Ponadto słoma namaka i opada na dno, tracąc swoją funkcję. Trudnym do zastosowania sposobem jest również przykrywanie laguny folią. Za najbardziej efektywną metodę przykrycia laguny uważa się warstwę pływającą, np. z zastosowaniem keramzytu lub styropianu. Wprawdzie magazynowanie gnojowicy w lagunach wiąże się z niższymi kosztami, jednak redukcja emisji NH₃ z lagun jest trudniejsza niż ze zbiorników.

Zastosowanie plastikowych (polietylenowych) rękawów, worków lub zbiorników jest najbardziej efektywną, zarówno pod względem ograniczania emisji amoniaku, jak i nakładów inwestycyjnych, metodą przechowywania płynnych nawozów naturalnych. Jest to praktyczny sposób magazynowania płynnych nawozów naturalnych w małych gospodarstwach, ewentualnie jako dodatkowy magazyn na gnojowicę. Zbiorniki te nie są trwale związane z gruntem, można je usytuować w dowolnym równym miejscu, a w razie konieczności przenieść. Nie wymagają pozwolenia na budowę. Ze względu na niską wysokość i konieczność przeznaczenia znacznej powierzchni wypoziomowanego gruntu do magazynowania metoda nie jest zalecana do przechowywania dużych ilości płynnych nawozów naturalnych. Technika ta pozwala na 100% redukcję emisji amoniaku.

Zabiegiem skutecznie obniżającym emisję NH₃ z gnojowicy jest jej zakwaszenie. Gnojowica ma odczyn zasadowy (pH ≥ 7,5). Dzięki procesowi zakwaszania znaczna część azotu w gnojowicy zabezpieczona jest w postaci jonów amonowych i zamiast amoniaku, który może się ulatniać, powstaje siarczan amonu. Obniżenie pH gnojowicy 96% kwasem siarkowym dezaktywuje enzym ureazę, uwalniając amoniak. Jej zakwaszenie może obniżyć emisję NH₃ o 40–70% z pomieszczeń gospodarskich, zbiorników oraz aplikacji polowej. Wartość pH gnojowicy po zakwaszeniu powinna

wynosić od 5,5 do 6. Metoda ta pozwala na redukcję emisji amoniaku o 60%. Warto jednak zaznaczyć, że zakwaszenie gnojowicy nie powinno być stosowane, jeśli ma być ona aplikowana na pola o glebach kwaśnych.

Zastosowanie wyspecyfikowanych praktyk może ograniczyć emisję NH_3 ze zbiorników gnojowicy o 30–100%.

Zapewnienie miejsc do przechowywania obornika. Praktyki ograniczania emisji w przypadku obornika obejmują, ogólnie rzecz biorąc, umieszczenie obornika na płycie obornikowej z odpływem i zbiornikiem na gromadzenie odcieków, co umożliwia optymalizację czasu jego rolniczego wykorzystywania w zależności od warunków glebowych i planu gospodarowania składnikami pokarmowymi (Program azotanowy). Obornik należy składować i przechowywać na szczelnych płytach obornikowych (magazynowanie przez okres 5 miesięcy). Płyty obornikowe zaleca się wyposażać w boczne ścianki oporowe oraz kanały odprowadzające odcieki do specjalnego zbiornika. Ścianki stanowią obrzeża zbiornika i uniemożliwiają wypływanie wód opadowych i odcieków poza powierzchnię płyty. Płyty obornikowe powinny spełniać warunki techniczne dotyczące konstrukcji oraz ich usytuowania wynikające z prawa budowlanego.

Ograniczenia emisji amoniaku z obornika jest możliwe poprzez:

1. **Zadaszenie miejsc przechowywania obornika** – pozwala na stworzenie stabilnych temperaturowo warunków składowania obornika, tym samym przeciwdziała zbytniemu nagrzewaniu się pryzmy. Efektem tego jest obniżona emisja amoniaku, gazów cieplarnianych, jak również odorów. Dach odprowadza także poza płytę wody deszczowe, co ogranicza wycieki składników nawozowych z obornika. Praktyka niezalecana ze względu na ogromne koszty zadaszenia w porównaniu z budową tradycyjnej płyty obornikowej.
2. **Przykrywanie pryzmy nieprzezroczystą folią z tworzywa sztucznego** – można stosować po zakończeniu jej układania, jak również podczas układania etapowego. Folia powinna być zabezpieczona przed unoszeniem przez wiatr, np. przez obciążenie jej ciężarkami. Praktyka skuteczna i tania. Badania wskazują, że zastosowanie tej praktyki **pozwala na uzyskanie redukcji emisji amoniaku na poziomie 60–80%**.
3. **Utrzymanie odpowiedniej temperatury w pryzmie i stosunku C:N (20–30:1)** – poprzez regulację ilości ściółki w ubitym oborniku panują lepsze warunki dla

prawidłowego procesu fermentacji (ograniczony dostęp tlenu). Przy optymalnym stosunku C:N dochodzi do przemian termofilnych, które eliminują mikroflorę psychro- i mezofilną. Następuje wyjałowienie i obniżenie strat azotu. Zgęszczanie i przykrycie przyzmy obornika pozwala na ograniczenie emisji amoniaku o 90%.

4. **Minimalizowanie powierzchni przyzmy poprzez zwiększenie jej wysokości.** Zaleca się układanie przyzmy o przekroju trapezoidalnym, co powoduje, że wody deszczowe spływają po przyzmy i nie wsiąkają w jej głąb. Wysokość układania przyzmy zależy od możliwości technicznych.

Ograniczenie emisji amoniaku z aplikacji nawozów naturalnych

Bardzo istotne jest, aby w praktyce rolniczej prawidłowo aplikować nawozy do gleby. Ograniczenie emisji amoniaku z tego źródła polega na ograniczeniu kontaktu z atmosferą rozrzuconego lub rozlanego nawozu na powierzchni pola. Czynniki wpływającymi na emisję amoniaku po aplikacji nawozów naturalnych są: wilgotność gleby, temperatura powietrza, prędkość wiatru, rodzaj nawozu, zawartość suchej masy w nawozie, technika aplikacji, dawka i szybkość przykrycia nawozu glebą. Straty amoniaku mogą wynosić 3–90%. **Straty amoniaku z płynnych nawozów naturalnych po ich aplikacji na użytki rolne są większe niż z obornika.**

Obniżenie emisji NH_3 zależy nie tylko od właściwości gnojowicy oraz warunków meteorologicznych w czasie jej aplikacji, ale przede wszystkim od niskoemisyjnych praktyk (technik) jej stosowania.

Aplikacja dogłębowa gnojowicy ogranicza emisję amoniaku na skutek zmniejszenia kontaktu nawozu z powietrzem, zwiększając jego przenikanie do gleby dzięki bezpośredniemu umieszczeniu nawozu pod powierzchnią. Jej rodzajem jest **iniekcja w głąb gleby**. Metoda polega na wprowadzaniu płynnych nawozów naturalnych na głębokość 10–30 cm i w rozstawie 50–75 cm za pomocą specjalnych radel lub talerzy. Praktyka nie może być stosowana na glebach płytkich, zasobnych w il koloidalny, kiedy jest sucho oraz na glebach przepuszczalnych o dużym przemymaniu. Najefektywniejsza ze względu na emisję – ograniczenie może wynosić 90%.

Inną metodą jest **iniekcja płytka** – zazwyczaj na głębokość 4–10 cm i w rozstawie 25–30 cm. Polega na wprowadzaniu gnojowicy w szczeliny z wykorzystaniem aplikatorów wyposażonych w redlice tarczowe. Wycięte w glebie szczeliny mogą być otwarte lub zamknięte. Wtrysk gnojowicy w otwarte szczeliny powinien odbywać

się na głębokości około 5 cm, a dawka dostosowana tak, aby nadmiar gnojowicy nie wyciekał z otwartych szczelin. Metoda nie może być stosowana na polach o dużym nachyleniu stoku, na glebach kamienistych i ubitych, gdzie niemożliwe jest osiągnięcie jednolitej penetracji do wymaganej głębokości. W przypadku rowków zamkniętych aplikatory wyposażone są w specjalne kółka lub rolki, które w trakcie aplikacji gnojowicy zamykają szczeliny. Metoda aplikacji w zamknięte szczeliny możliwa jest do zastosowania na gruntach ornych przed siewem i w uprawach rzędowych o szerokim rozstawie. **Efekt redukcji emisji amoniaku dla aplikacji gnojowicy w otwarte rowki wyceniany jest na 70%, a w zamknięte na 80%.**

Aplikacja płynnych nawozów naturalnych do gleby z zastosowaniem wozów asenizacyjnych z węzami wleczonymi polega na **rozprowadzaniu gnojowicy** na gruncie lub nad poziomem gruntu **przez elastyczne węże**, które są ciągnięte po powierzchni ziemi lub tuż nad ziemią. Zastosowanie tej praktyki zależy od nachylenia terenu, wymiaru i kształtu pola oraz wysokości roślin. Praktyka jest trudna do wdrożenia w przypadku gnojowicy o większej gęstości i lepkości. Problemem w tym przypadku może być dostępność sprzętu, zważywszy że aplikację pasmową gnojowicy (węże wleczone lub węże z redlicami) stosuje jedynie 1% gospodarstw.

Jako praktyka redukcyjna zalecana jest także **aplikacja płynnych nawozów naturalnych do gleby z zastosowaniem wozów asenizacyjnych z płozami**. Przesuwające się po powierzchni gleby płozy rozdzielają rośliny i płynne nawozy są aplikowane bezpośrednio na powierzchnię gleby. Praktyka możliwa do zastosowania na gruntach ornych przed siewem lub w łanie o szerokich międzyrzędziach. Zmniejsza emisję amoniaku dzięki bezpośredniej absorpcji przez liście i korzenie roślin oraz zmniejszeniu powierzchni ekspozycji gnojowicy.

Dzięki przykryciu glebą składniki nawozowe są mieszane z wierzchnią warstwą gleby, co zapobiega ich stratom w wyniku spływu lub utleniania. Praktyka jest najefektywniejsza po natychmiastowym przyoraniu rozlanej gnojowicy, co daje ograniczenie emisji o 70–90%. Ze względu na fakt, że orka jest czasochłonna, efektywniejsze może być zastosowanie do mieszania bron lub bron talerzowych. **Przykrycie po 4 godzinach zmniejsza ograniczenie emisji do 45–65%, a po 12 godzinach do 50%.**

Jako następna metoda dopuszczone jest **rozcieńczanie gnojowicy**. Obniża ono suchą masę i powoduje szybszą infiltrację gnojowicy w głąb gleby. Minusem tego rozwiązania jest znaczne zwiększenie objętości rozprowadzanej cieczy. Zazwyczaj możliwe są dwie praktyki w tym zakresie:

- dodawanie gnojowicy do systemu nawadniania lub zraszaczy (rozcieńczenie 50:1 do 1:1), co zapewnia ograniczenie emisji o 30%,
- dodawanie wody do zbiorników gnojowicy (0,5:1), ale zwiększać to będzie koszty transportu na pole.

W gospodarstwach utrzymujących bydło mleczne często wykorzystywana jest **separacja gnojowicy**. Polega ona na rozdzieleniu przy pomocy pras lub wirówek frakcji stałej i ciekłej gnojowicy. We frakcji ciekłej zmniejsza się zawartość suchej masy, a tym samym zawartość azotu. Stosowanie odseparowanej frakcji ciekłej eliminuje emisje amoniaku podczas aplikacji ze względu na łatwiejsze wsiąkanie w glebę. Odseparowana frakcja stała może być stosowana jako ściółka dla zwierząt oraz nawóz stały lub zostać poddana procesowi peletowania i sprzedawana jako nawóz ogrodniczy lub jako pelet do kotłów CO. Praktyka może być wdrożona w większych gospodarstwach utrzymujących zwierzęta w systemie bezściołowym, zdolnych do poniesienia znacznych nakładów inwestycyjnych.

Najnowszą metodą redukcji emisji amoniaku jest **zakwaszanie gnojowicy przy użyciu kwasu siarkowego w trakcie aplikacji**. Metoda zakwaszania gnojowicy „na polu” to system mobilny, składający się z ciągnika, wozu asenizacyjnego wyposażonego w pompę oraz zestaw węży wleczonych i miernik pH. Zbiornik ze stężonym kwasem siarkowym (98%) oraz dodatkowy zbiornik na wodę zamocowane są na przednim zaczepie traktora, a dozownik kwasu podłączany jest automatycznie za pomocą sprzęgła do całego systemu. Cysterna wozu asenizacyjnego uzupełniana jest gnojowicą i kwasem siarkowym. Całość systemu połączona jest z komputerem i wbudowanym miernikiem przepływu kwasu oraz regulacji mocy dawki w zależności od pojemności wozu asenizacyjnego. Gnojowica aplikowana jest do gleby przez inżektory, bez rozprysku, **co pozwala na redukcję emisji amoniaku o 96%**.

Duże znaczenie dla ograniczenia emisji amoniaku mają warunki, w jakich gnojowica jest stosowana na pole. Najkorzystniej aplikować ją:

- w dzień chłodny, bezwietrzny i wilgotny,
- na płaskich polach przed deszczem nie intensywniejszym niż 10 mm,
- przed wieczorem, kiedy prędkość wiatru i temperatura są mniejsze,
- na glebę świeżo uprawioną, co zwiększa szybkość infiltracji w głąb profilu.

Skutecznym sposobem ograniczenia emisji amoniaku ze stosowania obornika jest jego przykrycie poprzez orkę lub płytką uprawę. Straty amoniaku z obornika maleją wraz ze zwiększeniem głębokości umieszczenia nawozu w glebie. Natychmiastowe przyoranie obornika po jego wywiezieniu w pole pozwala na ograniczenie emisji amoniaku o 60–90%. Przykrycie obornika po 4 godzinach skutkuje ograniczeniem emisji amoniaku o 45–65%, a po 24 godzinach tylko o 30%.

Ograniczenie emisji amoniaku z nawożenia mineralnego

Bezpośrednia emisja amoniaku występuje tylko po zastosowaniu nawozów mineralnych zawierających azot w formie amonowej oraz takich jak mocznik, które zawierają azot w formie amidowej, szybko ulegającej przekształceniu do związku amonowego. Do tych pierwszych należy siarczan amonu i fosforan amonu. Emisje amoniaku są większe po zastosowaniu tych typów nawozów w glebach wapiennych (wysokie pH). Stosowanie w praktyce rolniczej węglanu amonu jest zakazane, gdyż może prowadzić do dużych strat NH_3 , wynoszących nawet 50% N. W dodatku amoniak może się tu uwalniać podczas samego magazynowania. W przypadku klasycznego stosowania mocznika straty azotu w formie amoniaku szacuje się na 5–30%.

Ograniczenie emisji amoniaku z aplikacji mocznika można osiągnąć przez:

1. **Szybkie przykrycie mocznika glebą.** W wyniku oddziaływań enzymu ureazy pochodzenia mikrobiologicznego zachodzi dynamiczny proces hydrolizy wniesionego do gleby mocznika i powstaje nietrwały węglan amonu. Związek ten bardzo szybko ulega rozkładowi do NH_3 i dwutlenku węgla. Jeśli rozkład mocznika następuje na powierzchni gleby, oba te gazy trafiają do atmosfery. Jeśli zaś rozkład następuje po jego wymieszaniu z glebą, amoniak jest wiązany przez ility koloidalny lub materię organiczną gleby lub tworzy nietlote związki chemiczne pozostające w glebie. Skuteczność tego zabiegu może być mniejsza na glebach lekkich, które z natury zawierają zbyt mało ility koloidalnego oraz/lub materii organicznej, charakteryzując się więc małą sorpcją amoniaku. **Przykrycie mocznika glebą natychmiast po aplikacji daje obniżenie emisji o ok. 50–80%.** Do przykrycia można wykorzystać pługi lub kultywatory talerzowe i sprężynowe, w zależności od rodzaju gleby i jej stanu.
2. **Iniekcję mocznika (stałego lub w roztworze) w głąb gleby.** Na efektywność redukcji emisji wpływa głębokość wtrysku i struktura gleby. Jeśli zabieg jest źle wykonany, może wzrosnąć pH, co doprowadzi do wzrostu emisji, dlatego należy

stosować wolnodziałające formy mocznika lub mocznik z inhibitorem ureazy. Należy zwracać uwagę, aby mocznik był zaaplikowany w odpowiedniej odległości od nasion, w celu uniknięcia hamowania kiełkowania nasion i rozwoju roślin w początkowych fazach wzrostu. Zaleca się stosowanie agregatów wyposażonych dodatkowo w redlice do aplikacji nawozów stałych lub wtrysk nawozów płynnych, które wprowadzają nawóz w głąb gleby, bądź też aplikować mocznik przy użyciu iniekcji. Wdrożenie tej praktyki może ograniczyć emisję o 90%.

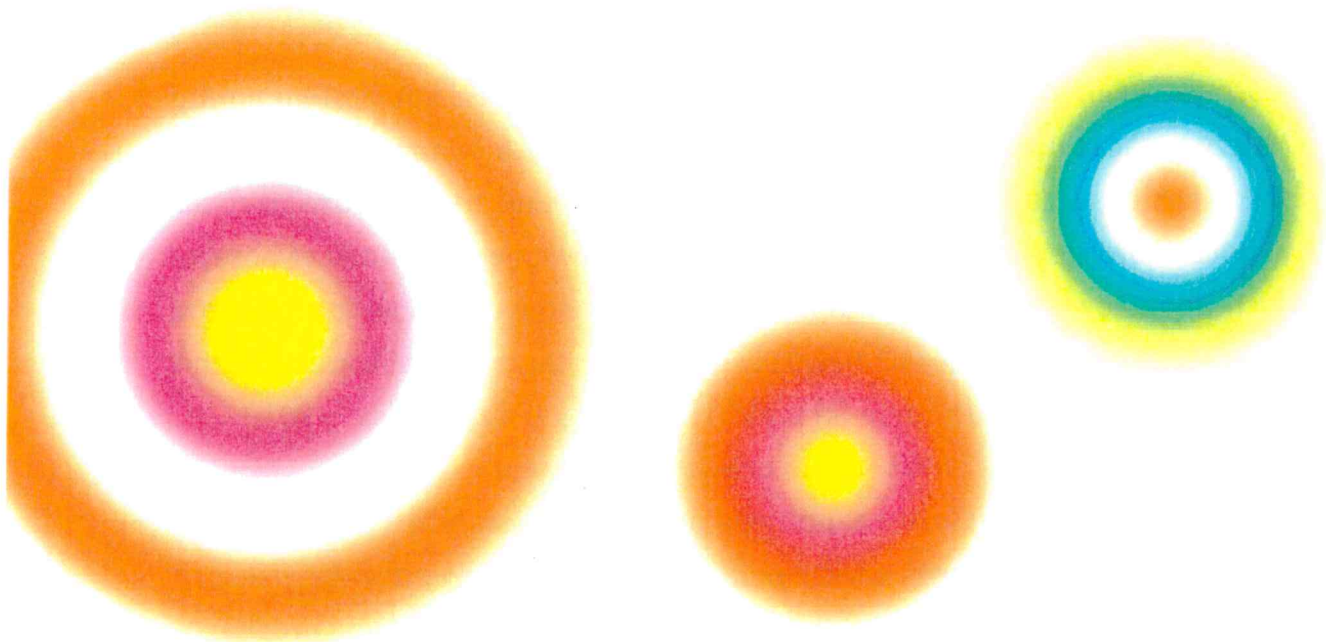
3. **Stosowanie mocznika z inhibitorem ureazy i nitryfikacji:**

- inhibitor nitryfikacji azotu zapobiega przemianom stabilnej formy amonowej w azotanową; **efektem działania inhibitorów nitryfikacji jest zatrzymanie azotu amonowego w strefie systemu korzeniowego roślin**, a tym samym ograniczenie strat;
- inhibitor ureazy hamuje proces przekształcania formy amidowej azotu NH_2 w formę amonową NH_4 , odbywający się samorzutnie pod wpływem ureazy zawartej w glebie.

4. **Stosowanie nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników (otoczkowanych).** Nawozy te mają formę granul pokrytych warstwą innej substancji, zwanej otoczką lub powłoką, która utrudnia wydostawanie się składników na zewnątrz. Tempo uwalniania azotu zależy od wielkości granul oraz grubości i jakości ich otoczek. Do nawozów o kontrolowanym działaniu należy mocznik otoczkowany siarką lub otoczkowany siarką i dodatkowo cienką warstwą organicznego polimeru. **Stosowanie mocznika otoczkowanego powoduje szereg korzyści zarówno agronomicznych, jak i środowiskowych.** Szacuje się, że dzięki tej metodzie możliwe jest 2–3-krotne ograniczenie strat azotu.

5. **Deszczowanie pól po rozsiewie mocznika.** Ograniczenie emisji rzędu 0–70% można osiągnąć, stosując mocznik tuż przed prognozowanymi większymi opadami deszczu. Jednak zbyt duże dawki wody mogą powodować przemieszczanie mobilnego azotu, a tym samym przeniknięcie go do wód gruntowych. Najbardziej efektywne jest równoczesne podawanie nawozów poprzez system nawodnieniowy (fertygacja). Jednak ze względu na koszty praktyka zalecana na terenach, gdzie powszechnie stosuje się nawadnianie upraw, a więc wyposażonych w systemy nawodnieniowe.





Podjęty przez Fundację na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Instytut Zootechniki PIB, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa PIB oraz Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego projekt zatytułowany „Wdrażanie dyrektywy NEC oraz konkluzji BAT w zakresie redukcji emisji amoniaku z rolnictwa”, finansowany ze środków Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich, ma na celu przekazanie wszystkim zainteresowanym stronom szerokiej informacji o znaczeniu i praktycznych możliwościach działań ograniczających powstawanie tego gazu w trakcie realizacji zwykłych praktyk rolniczych i hodowlanych. Przekazana wiedza transponowana na dobrowolne praktyki produkcyjne przyczyni się nie tyle do osiągnięcia zadeklarowanych celów emisyjnych, ile do poprawy jakości powietrza, a przede wszystkim do poprawy zdrowia całego społeczeństwa.

ISBN 978-83-65390-72-1



9 788365 390721