

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

ZESZYT 56(10): 35-44

2018

Antoni Faber, Zuzanna Jarosz*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PRAKTYKI ROLNICZE UMOŻLIWIAJĄCE OGRANICZENIE EMISJI AMONIAKU*

Słowa kluczowe: rolnictwo, amoniak, emisje, praktyki, ograniczenie emisji**Wstęp**

W Polsce emituje się do atmosfery rocznie 267,1 kt amoniaku (4). Rolnictwo ma w tej emisji największy udział (97%). W całkowitej emisji amoniaku (NH_3) z rolnictwa większy udział (79%) ma produkcja zwierzęca (odchody) niż produkcja roślinna (21%); (stosowanie mineralnych nawozów azotowych).

Na mocy porozumień międzynarodowych Polska zobowiązana jest do raportowania wielkości emisji niektórych zanieczyszczeń przenoszących się transgranicznie, w tym amoniaku (5). Dodatkowo prawo unijne zobowiązuje Polskę do ograniczania emisji NH_3 z mocy obowiązującej dyrektywy do roku 2020 (2) oraz dyrektywy, która obowiązywać będzie od 2021 (3). Ta ostatnia wyznaczyła krajowe limity wielkości amoniaku oraz wielkości ograniczenia emisji amoniaku, które wynosić mają po 1% corocznie w latach 2021-2029 oraz 17% corocznie od 2030 r. Podane ograniczenia osiągnąć mają w stosunku do wielkości emisji NH_3 w 2005 r.

Porozumienia międzynarodowe oraz regulacje prawne UE nie narzucają żadnemu krajowi metod ograniczania emisji. Zrozumieliśmy bowiem, że w każdym kraju rolnictwo ma swoją specyfikę. Oczekuje się jednak, że kraje członkowskie UE opracują i przedstawią własny kodeks praktyk rolniczych, prowadzących do osiągnięcia w sposób udokumentowany, wyznaczonych celów ograniczania emisji NH_3 . Pomocnym w opracowaniu takich kodeksów miał być ramowy kodeks opracowany przez Komisję Ekonomiczną dla Europy przy ONZ (UNECE).

Celem opracowania jest przedstawienie praktyk rolniczych, których wdrożenie umożliwi optymalne wykorzystanie i ograniczenie strat azotu, a tym samym redukcję emisji amoniaku.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.6 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Ramowy kodeks praktyk rolniczych umożliwiających ograniczanie emisji amoniaku

Wprowadzenie

Konwencje i regulacje prawne w sposób skuteczny ograniczyły emisję takich transgranicznych zanieczyszczeń gazowych jak SO_2 i NO_x . W zaistniałej sytuacji ograniczenie emisji NH_3 stało się najistotniejszym zadaniem na przyszłość. Głównie ze względu na fakt, że powoduje on zakwaszenie i eutrofizację środowiska, a aerozole jego związków mogą być szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt. Świadomość tego spowodowała, że w Protokole z Göteborga postanowiono, że każda strona porozumienia powinna opracować, opublikować i upowszechnić doradczy kodeks dobrych praktyk rolniczych, co prowadzić będzie do kontroli emisji amoniaku. W nawiązaniu do tego postanowienia UNECE w 2001 r. opracowała „Ramowy Kodeks Dobrych Praktyk Rolniczych Redukujących Emisje Amoniaków”. W 2015 r. Kodeks ten znowelizowano w nadziei, że stanowić on będzie inspirację do opracowywania krajowych kodeksów, które przyniosą nie tylko korzyści środowiskowe, ale również wymierne korzyści ekonomiczne w postaci lepiej wykorzystywanego azotu w rolnictwie. W opracowaniu przedstawione zostaną w zarysie ważniejsze treści tego kodeksu (9).

U podstaw Kodeksu leży założenie, że jakkolwiek dotyczy on wprost emisji NH_3 , to jednak nie sposób zagadnienia tego rozpatrywać w oderwaniu od innych interakcji pomiędzy emisją a pozostałymi przemianami azotu, jego pobieraniem przez rośliny, stratami w postaci wymywania z gleby, spływów powierzchniowych, czy też stratami gazowymi w postaci gazu cieplarnianego, jakim jest podtlenek azotu (N_2O). Innymi słowy, Kodeks opracowany został z uwzględnieniem całego cyklu przemian azotu, prezentując efektywną strategię nakierowaną na:

- optymalizację wykorzystania azotu przez rośliny i zwierzęta,
- minimalizację zanieczyszczenia wód i atmosfery,
- uwzględnienie wpływu ograniczenia emisji NH_3 na pozostałe straty azotu (zanieczyszczenie wód azotanami, emisje N_2O).

Zaprezentowane całościowe podejście do przemian azotu było metodycznie niezbędne, ponieważ tylko w ten sposób można efektywnie ograniczyć emisję NH_3 . W dążeniu do tego celu trzeba mieć na uwadze to, że zdecydowana większość emisji NH_3 pochodzi z gospodarowania obornikiem i gnojowicą. Na ich wielkość mniejszy wpływ ma stosowanie mineralnych nawozów azotowych, a stosunkowo niewielki odchody zwierząt pozostawiane na pastwiskach oraz bezpośrednie uwalnianie amoniaku z roślin uprawnych. Z opisanych względów każda praktyka poprawiająca gospodarowanie odchodami zwierząt będzie miała znaczący wpływ na wielkość emisji. Dlatego między innymi, że większość dostępnego dla roślin azotu (N) zawarta jest w odchodach w postaci amoniaku. Tak więc, właściwe utrzymanie zwierząt w pomieszczeniach inwentarskich, usuwanie w porę z nich obornika i gnojowicy, właściwe ich magazynowanie oraz odpowiednia aplikacja do gleby mają wielki

wpływ na emisje amoniaku. Pośrednio, takie praktyki wpływać będą również na bilans N na polach i w gospodarstwie, ponieważ mniejsze straty N z nawozów organicznych pozwalają zmniejszyć dawki azotu w nawozach mineralnych. Generalizując problem emisji amoniaku można stwierdzić, że będą one maleć wtedy, gdy:

- wszystkie formy N dostępnego w gospodarstwie będą stosowane z uwzględnieniem perspektywy „całego gospodarstwa” lub „całego cyklu przemian azotu”;
- dawki zastosowanego azotu (w nawozach naturalnych, organicznych i mineralnych) będą dostosowane do potrzeb roślin i zwierząt, z uwzględnieniem lokalnych odmian, właściwości gleb, warunków klimatycznych, itp.;
- w ramach dobrego gospodarowania i uzyskiwania wysokiej produktywności usuwane będą czynniki ograniczające produkcję (nawozowe czynniki ograniczające, patogeny, stresy, choroby, itp.);
- azot w nawozach, zwłaszcza naturalnych, przechowywany będzie w sposób ograniczający straty N, aplikowany do gleby we właściwych – terminie, technice, dawce i miejscu (polu);
- wszystkie rodzaje strat N będą brane pod uwagę i analizowane w celu eliminowania skutków ubocznych stosowanych praktyk (np. niedopuszczenia do obniżenia produktywności roślin lub zwierząt).

Innymi słowy, ograniczenie emisji amoniaku to w istocie stosowanie praktyk całościowej optymalizacji wykorzystywania azotu w produkcji roślinnej i zwierzęcej, a niekiedy nawet w przetwórstwie rolno-spożywczym, aż po finalny produkt żywnościowy. W takiej optymalizacji niezbędne są wiedza, technologia, doświadczenie, planowanie, monitoring oraz odpowiednie narzędzia optymalizacji. Te ostatnie to dobry system doradczy zalecający stosowanie optymalnych dawek N oraz narzędzia bilansowania N w gospodarstwie i szacowania efektywności wykorzystywania N (NUE). Tak pojęta optymalizacja jest możliwa w większości gospodarstw produkujących na rynek w Polsce, ponieważ dostępne są niemal wszystkie elementy do jej prowadzenia, z wyjątkiem wymaganego monitoringu strat azotu. Szczegółowe strategie ograniczania emisji NH_3 opisane zostały niżej. Trzeba jednak mieć na uwadze fakt, że strategie te są zgeneralizowane dla rolnictwa w Europie, mają charakter prowizorycznych ram, z czego wynika, że każdy kraj powinien opracować własny kodeks praktyk mitygujących emisje.

Strategia żywienia zwierząt

Ograniczenie emisji związanych z żywieniem zwierząt wymaga dostosowania dawki białka do potrzeb zwierząt, co w efekcie wyklucza sytuację, w której nadmiar białka będzie wydalany z odchodami (1, 8). Można to osiągnąć poprzez spełnienie następujących wymogów:

- dieta prawidłowo zbilansowana z potrzebami zwierząt,
- dobre zdrowie i dobrostan zwierząt,
- dobre gospodarowanie środowiskiem dla zwierząt,
- właściwa utrzymywanie zwierząt,
- właściwa genetyka zwierząt.

Wymogi te zostały ogólnie scharakteryzowane w Ramowym Kodeksie (9). Nie wydaje się jednak, aby istniała potrzeba ich pełniejszego charakteryzowania w tym opracowaniu, ponieważ w dobrych gospodarstwach w Polsce są one na ogół spełniane. W dodatku ograniczenia emisji NH_3 uzyskiwane w ten sposób mają znaczenie pośrednie i uzewewnętrzniają się w gospodarowaniu obornikiem czy gnojowicą (skład chemiczny) i jedynie praktyki związane z gospodarowaniem nimi mogą być monitorowane ze względu na straty azotu.

Systemy pomieszczeń gospodarskich o niskiej emisyjności

Pomieszczenia gospodarskie oraz przechowywanie i stosowanie nawozów naturalnych są głównymi źródłami emisji NH_3 . Dostosowanie pomieszczeń inwentarskich do dobrostanu zwierząt i zastosowanie rozwiązań technicznych obniżających emisje ma duże znaczenie w ograniczaniu emisji (7, 10). Niektóre rozwiązania techniczne są niskonakładowe, inne wymagają inwestycji, jednakże wachlarz istniejących możliwości wyboru właściwych rozwiązań jest dość szeroki, a właściwe zaplanowanie i rozłożenie w czasie niezbędnych działań nie musi być wielkim ciężarem ekonomicznym dla gospodarstwa. Generalne zasady ograniczenia emisji NH_3 z pomieszczeń mogą obejmować:

- utrzymywanie wszystkich powierzchni inwentarskich (wewnątrz i na zewnątrz budynku) w stanie czystym i suchym;
- przechowywanie obornika w taki sposób na płycie obornikowej, aby powierzchnia przymy była jak najmniejsza;
- szybkie usuwanie obornika i moczu w stanowiskach utrzymania zwierząt;
- zachowanie temperatury powietrza i właściwej wentylacji bez wahań temperatury i zwiększonego przepływu powietrza;
- zapewnienie obszarów funkcjonalnych dla trzody (do leżenia, siedzenia, karmienia, wypróżniania się, oraz ruchu);
- oczyszczanie powietrza w pomieszczeniach technicznie wentylowanych.

Ramowy Kodeks ogólnie opisuje niskoemisyjne systemy pomieszczeń dla bydła, trzody oraz drobiu, bez specyfikacji jakie mogą być ograniczenia emisji związane z modernizacją lub budową pomieszczeń inwentarskich o standardzie niskoemisyjnym (9). W Polsce, jak również w wielu krajach UE, niezbędnie potrzebne są pomiary emisyjności w pomieszczeniach inwentarskich, w zależności od utrzymania zwierząt, w celu opracowania metod szacowania emisji oraz ich ograniczenia. Pomiary takie dotyczyć powinny wyłącznie gospodarstw o dużej produkcji zwierzęcej.

Niskoemisyjne systemy przechowywania nawozów naturalnych

Przechowywanie nawozów naturalnych jest trzecim co do wielkości źródłem emisji NH_3 , po emisjach z pomieszczeń inwentarskich oraz po aplikacji nawozów naturalnych na pola. Przechowywanie jest niezbędnym elementem technologii, ponieważ umożliwia zastosowanie tych nawozów we właściwym czasie, kiedy istnieje zapotrzebowanie na azot przez rośliny, a ryzyko zanieczyszczenia wód jest

niskie. Po usunięciu płynnych nawozów naturalnych powinny być one magazynowane w odpowiednich zbiornikach, natomiast obornik na płytach obornikowych. Ogólna zasada przechowywania jest taka, że im większa jest powierzchnia przechowywania na jednostkę objętości nawozu, tym większy potencjał emisji amoniaku. Praktyki ograniczania emisji NH_3 z płynnych nawozów naturalnych obejmują:

- dostosowanie wielkości, objętości lub powierzchni magazynowania do potrzeb, tak, aby istniała możliwość zastosowania nawozów we właściwym terminie;
- powierzchnia magazynowania powinna być możliwie jak najmniejsza (np. zbiornik na gnojowicę powinien mieć możliwie dużą głębokość (nie mniejszą niż 3 m);
- zbiorniki na gnojowicę, silosy lub przyzmy obornika powinny być przykryte;
- na powierzchni gnojowicy znajdującej się w zbiorniku można zastosować pływające przedmioty z plastiku (zmniejszenie powierzchni);
- zachowywanie naturalnego kożucha na powierzchni gnojowicy (tworzy się, jeśli gnojowica ma więcej niż 7% suchej masy) w celu zmniejszenia powierzchni uwalniania NH_3 ;
- zastosowanie naturalnych kożuchów (cięta słoma, granulaty, itp.);
- zastosowanie granulatów iłu (jest kosztowniejsze niż zastosowanie słomy).

Zastosowanie wyspecyfikowanych praktyk może ograniczyć emisję NH_3 ze zbiorników gnojowicy o 30-80% w zależności od praktyki (5).

Praktyki ograniczania emisji w przypadku obornika obejmują, ogólnie rzecz ujmując, umieszczenie obornika na płycie obornikowej z odpływem i zbiornikiem na gromadzenie odcieków. Pomiot drobiowy (zwłaszcza suchy) najlepiej byłoby magazynować w specjalnych bunkrach lub pod zadaszeniem. Ogólne zasady dotyczące praktyk ograniczenia emisji amoniaku z obornika można ująć w sposób następujący:

- przykrywać sterty obornikowe folią odpowiedniej grubości, co powodować będzie ograniczenie emisji amoniaku bez zwiększenia emisji gazów cieplarnianych (metanu (CH_4) oraz podtlenku azotu (N_2O));
- zwiększyć ilość słomy w oborniku – jest to metoda mniej efektywna od stosowania przykrywania przyzmy, a w dodatku zwiększyć może emisję CH_4 oraz N_2O ;
- zmniejszyć powierzchnię przyzmy poprzez zwiększenie jej wysokości (metoda mniej efektywna od przykrywania);
- utrzymywanie obornika w stanie tak suchym jak to jest tylko możliwe, co jest szczególnie ważne dla pomiotu drobiowego;
- przechowywać obornik, zwłaszcza pomiot drobiowy, pod zadaszeniem.

Wielkości ograniczenia emisji NH_3 przez opisane praktyki nie zostały podane, ponieważ zależą w znacznym stopniu od charakterystyk obornika oraz miejscowych warunków klimatycznych.

Niskoemisyjne metody aplikacji nawozów naturalnych

Jest bardzo istotne, aby w praktyce rolniczej prawidłowo aplikować nawozy do gleby. Nie tylko dlatego, że wnoszenie nawozów do gleb jest drugim co wielkości

źródłem emisji NH_3 , ale również dlatego, że niewłaściwe ich stosowanie niweczy efekty wszystkich poprzednich praktyk ograniczania emisji. Najogólniej rzecz ujmując, ograniczenie emisji z tego źródła polega na ograniczeniu kontaktu z atmosferą rozrzuconego lub rozlanego nawozu na powierzchni pola. Pamiętać przy tym trzeba, że choć efektywność poszczególnych praktyk i wielkość ograniczenia emisji generalnie nie zależy od klimatu, to jednak absolutne wielkości emisji będą rosły wraz ze wzrostem temperatury. W przypadku stosowania gnojowicy najefektywniejsza ze względu na emisję jest jej iniekcja w głąb gleby lub pasmowe rozlewanie. Iniekcja może być: płytka (4-6 cm, rozstawa 25-30 cm), stosowana głównie na użytkach zielonych; głęboka (10-30 cm rozstawa 50-75 cm), zalecana na gruntach ornych oraz przeznaczona na grunty orne z wykorzystaniem na wiosnę kultywatorów z urządzeniami do iniekcji. Pasmowe rozlewacze efektywnie zmniejszają emisję, ale ich zastosowania zależą od wysokości roślin. Inna praktyka polegać może na szybkim przykryciu gnojowicy glebą. Praktyka jest najefektywniejsza po natychmiastowym przykryciu rozlanej gnojowicy glebą, co daje ograniczenie emisji o 70-90%. Przykrycie po 4 godzinach zmniejsza ograniczenie emisji do 45-65%, a po 24 godzinach do 30%. Ze względu na fakt, że orka jest czasochłonna, efektywniejsze może być zastosowanie do mieszania bron lub bron talerzowych. Niekiedy warto rozważyć możliwość rozcieńczania gnojowicy, ponieważ generalnie obniża to zawartość suchej masy i powoduje szybszą infiltrację gnojowicy w głąb gleby (6). 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% lub dodawanie wody do zbiorników gnojowicy (0,5:1), ale zwiększać to będzie koszty transportu na pole. Duże znaczenie dla ograniczenia emisji mają warunki, w jakich gnojowica jest stosowana na pole:

- w chłodny dzień, 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.

Dobre rezultaty może przynieść zakwaszanie gnojowicy do pH ok. 6 przy użyciu kwasu siarkowego, co zmniejsza emisję o 50% lub więcej. Aplikatory z zakwaszaczami są już dostępne komercyjnie. Stosując je należy jednak pamiętać o zasadach bezpieczeństwa dla pracowników, zwierząt i środowiska. W przypadku obornika w zasadzie jedyną metodą obniżającą emisję jest szybkie przykrycie glebą. Jeśli nastąpi on w ciągu 4 godzin, to redukcja emisji amoniaku wynosić będzie 60-90%, po 24 godzinach zmaleje do 30%.

Podsumowując rozważania dotyczące emisji amoniaku z nawozów naturalnych, można sformułować ogólne przesłanki ułatwiające wybór odpowiedniej praktyki ze względu na procent ograniczenia emisji NH_3 w stosunku do aplikacji nawozów naturalnych na powierzchnię pola (tab. 1).

Tabela 1

Praktyczne przesłanki do wyboru praktyki ograniczającej emisję amoniaku
przy stosowaniu nawozów naturalnych

Praktyka	Typ nawozu	Użytkowanie gruntu	Typowe ograniczenie emisji NH ₃ (%)	Ograniczenia w zastosowaniu w praktyce
Płożące rozlewacze	Gnojowica i inne nawozy płynne	UZ i GO	30-35	Nachylenie, wielkość i kształt pola. Gnojowica o małej lepkości. Rozstaw siewu zbóż. Na GO ograniczenie emisji rośnie wraz ze wzrostem roślin.
Płożąca redlica	Jak wyżej	UZ, GO przed siewem oraz rośliny o szerokich międzyrzędziach	30-60	Jak wyżej. Zazwyczaj nieprzydatna na GO, ale może być stosowana w stadium rozety lub w szerokie międzyrzędzia.
Płytką iniekcja	Płynne nawozy naturalne	Jak wyżej	70 dla otwartych rowków, 80 dla zamkniętych rowków przy głębokości 10 cm	Jak wyżej. Nieprzydatna dla gleb suchych, kamienistych i zbitych.
Głęboka iniekcja	Jak wyżej	UZ i GO	90	Jak wyżej. Wymaga ciągnika dużej mocy. Nieprzydatna: na glebach płytkich, zasobnych w il koloidalny (>35%) kiedy sucho, na torfach (>25 MO) na glebach przepuszczalnych o dużym przemywaniu.
Rozcieńczenie (w przypadku nawodnień)	Gnojowica	UZ i GO	30 (rozcieńczenie 1:1)	Tylko dla niskociśnieniowych systemów nawodnień.
Rozcieńczenie przed rozlewaniem	Głównie gnojowica bydłęca (wyższa lepkość)	UZ i GO	30 (rozcieńczenie 50%)	Dodatkowa objętość do rozlewania. Tylko dla małych gospodarstw i do nawodnień. Dawka powinna być proporcjonalna do całkowitej ilości azotu amonowego.
Stosowanie we właściwym czasie	Wszystkie rodzaje nawozów naturalnych	UZ i GO	zmiennie	Praktyka wymaga lokalnej weryfikacji.
Przykrycie glebą	Gnojowica	GO i nowe zasiewy traw. Efektywna jedynie, jeśli jest stosowane tuż po rozlewaniu	Orka = 90, uprawa bez odwracania skiby = 70, przykrycie w ciągu 4 godz. 45-65, przykrycie w ciągu 12 godz. = 50, przykrycie w ciągu 24 godz. = 30.	Uprawiane GO.
Przykrycie glebą	Obornik	GO i nowe zasiewy traw. Efektywna jedynie, jeśli jest stosowane tuż po rozrzucaaniu obornika.	Orka = 90, uprawa bez odwracania skiby = 60, przykrycie w ciągu 4 godz. 45-65, przykrycie w ciągu 12 godz. = 50, przykrycie w ciągu 24 godz. = 30.	Uprawiane GO.

Źródło: Konwencja..., 1985 (5)

UZ – użytki zielone, GO – grunty orne

Ograniczenie emisji amoniaku z mineralnych nawozów azotowych

Straty gazowe NH_3 z saletry azotowej są zazwyczaj małe i wynoszą 0-5% całkowitej ilości zastosowanego N (5). Emisje gazowe z pozostałych nawozów są większe i wahają się w granicach 5-40%, w zależności od warunków klimatycznych i technologii aplikacji. Ogólnie rzecz ujmując, jony amonowe będą absorbowane w glebie efektywnie, co zmniejsza emisję, gdy: nawóz zostanie przykryty glebą a gleba ma: wysoką pojemność sorpcyjną, dostateczną wilgotność, niskie pH oraz gdy temperatura jest niska. Spośród wszystkich asortymentów nawozów azotowych najpilniejszą potrzebą jest obniżenie emisji amoniaku ze stosowanego w rolnictwie mocznika.

Mocznik wniesiony do gleby jest rozkładany przez naturalnie obecny w niej enzym ureazę. Produktami rozpadu są NH_3 oraz dwutlenek węgla. Jeśli rozkład mocznika następuje na powierzchni gleby, oba te gazy trafiają do atmosfery. Jeśli rozkład mocznika następuje po jego wymieszaniu z glebą – NH_3 jest wiązany przez ił koloidalny lub materię organiczną gleby lub tworzy nielotne związki chemiczne pozostające w glebie. Jest więc bardzo ważnym, aby mieszać mocznik z glebą lub stosować go przed opadami deszczu lub nawodnieniami deszczownicami. Skuteczność tych zabiegów może być mniejsza na glebach lekkich, które z natury zawierają zbyt mało iłu koloidalnego oraz/lub materii organicznej, charakteryzują się więc małą sorpcją amoniaku. Gleby węglanowe, mimo wysokiego pH (co zwiększa emisję NH_3), mogą emitować mniej tego gazu, ponieważ zazwyczaj mają dostatecznie dużo iłu koloidalnego. Mocznik stosowany pasmowo może powodować zwiększone emisje, ponieważ powoduje lokalnie wzrost pH; chyba, że stosowany jest siewnikami wprowadzającymi go w głąb gleby, bądź też aplikowany jest przy użyciu iniekcji. Emisje NH_3 z mocznika stosowanego w warunkach posusznych mogą być większe na użytkach zielonych niż gruntach ornych. Emisje z roztworów wodnych mocznika są zazwyczaj tego samego rzędu co ze stałych jego form, ponieważ ilości wody w cieczy roboczej są niewystarczające do wymycia nawozu w głąb gleby. Można jednak liczyć się z tym, że absolutne straty NH_3 będą małe, jeśli dawka mocznika będzie mała.

Ograniczenie emisji amoniaku z mocznika, co jest warunkiem jego stosowania po 2020 r. (2), można osiągnąć poprzez:

- przykrycie mocznika glebą, co daje obniżenie emisji o ok. 50-80%; praktyka nie może być stosowana w nawożeniu pogłównym, stąd wniosek, że należy dążyć do rezygnacji z pogłównego nawożenia mocznikiem;
- iniekcja mocznika (stałego lub w roztworze) w głąb gleby, dać może ograniczenie emisji o 90%; 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 przy tej praktyce zwracać uwagę, aby mocznik był zaaplikowany w odpowiedniej odległości od nasion w celu uniknięcia hamowania kiełkowania nasion i rozwoju roślin w początkowych fazach wzrostu;
- stosowanie inhibitorów ureazy w celu spowolnienia rozkładu mocznika do

czasu jego wmycia w głąb gleby oraz nadmiernego wzrostu pH, zwłaszcza przy stosowaniu pasmowym; praktyka może dać ograniczenie emisji o 40% w przypadku roztworu saletrzano mocznikowego (RSM) oraz o 70% w przypadku mocznika w postaci stałej;

- natychmiastowe deszczowanie pól po rozsiewie mocznika (dawka wody co najmniej 5 mm) może dać ograniczenie emisji o 40-70%; ograniczenie tego rzędu można osiągnąć stosując mocznik tuż przez prognozowanymi większymi opadami deszczu;
- stosowanie mocznika otoczkowanego polimerami może ograniczać emisję o ok. 30%, jednakże mimo rozległej literatury na temat otoczkowania i nowych form mocznika – ciągle brak w tej dziedzinie wystarczającej wiedzy w zakresie efektywności w praktyce rolniczej;
- zastąpienie mocznika saletrą amonową może ograniczyć emisję NH_3 nawet o 90%, jednakże negatywną stroną takiego rozwiązania może być wzrost emisji N_2O , zwłaszcza na w przypadku gleb wilgotnych i drobnej tekstury, co w efekcie prowadzi do tego, że bilans emisji tych gazów wychodzi na zero; w dodatku nawozy saletrzane są nieco droższe, co nie jest w zasadzie istotne, ponieważ straty azotu z nich są mniejsze.

Straty gazowe (emisje) NH_3 z siarczanu amonu i fosforanu amonu w dużym stopniu zależą od pH gleby. Będą one mniejsze, jeżeli nawozy te będą stosowane na glebach o $\text{pH} < 7,0$. Praktyki ograniczania emisji z mocznika mogą być również stosowane w przypadku tych nawozów, a nawet saletry amonowej.

Stosowanie w praktyce rolniczej węglanu amonu może prowadzić do dużych strat gazowych NH_3 , które tuż po zastosowaniu mogą wynosić nawet 50% ilości zastosowanego N. W dodatku amoniak może się uwalniać podczas magazynowania tego nawozu. Z tego względu zgodnie z Protokołem z Göteborga (aneks IX) stosowanie tego nawozu jest zakazane.

Podsumowanie

Praktyki rolnicze ograniczające emisje amoniaku z rolnictwa są, na poziomie ogólnym, wystarczająco dobrze rozpoznane. Ich adaptacja do postaci krajowych kodeksów praktyk, dostosowanych do specyficznych (a niekiedy lokalnych), warunków rolnictwa każdego kraju, nastęrcza pewne problemy prawie wszędzie w Europie. Podstawową kwestią jest to, że dane o wielkościach ograniczeń emisji dla poszczególnych praktyk są niepełne. Aby więc sprostać wymogom ograniczania emisji, wynikającym z legislacji unijnej i krajowych regulacji prawnych, niezbędne są ilościowe pomiary emisji i jej ograniczeń dla każdej praktyki, która może efektywnie i przy niewielkich kosztach obniżyć emisje do wyznaczonych pułapów, które obowiązywać będą po 2020 r. Pomiary takie są wskazane również po to, aby na ich podstawie opracować modele szacowania emisji i jej ograniczeń, co jest niezbędnym warunkiem wywiązania się z nałożonych zobowiązań w tej kwestii w skali krajów, w tym Polski.

Literatura

1. Canh T.T., Aarnink A.J.A., Mroz Z., Jongbloed A.W., Schrama J.W., Verstegen M.W.A.: Influence of electrolyte balance and acidifying calcium salts in the diet of growing-finishing pigs on urinary pH, slurry pH and ammonia volatilisation from slurry. *Livestock Prod. Sci.*, 1998, **56**, 1: 1-13.
2. Council of the European Union, 2015. Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending Directive 2003/35/EC. Annex, 15401/15, Brussels, 16 December, 2015.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2001/81/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 344/1, 17.12.2016, PL.
4. K O B I Z E (IOŚ-PIB). Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2014-2015 w układzie klasyfikacji SNAP (Raport syntetyczny), Warszawa, 2017.
5. Konwencja w sprawie transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości sporządzona w Genewie dnia 13 listopada 1979 r. (Dz. U. z dnia 28 grudnia 1985 r.). Dz.U.85.60.311.
6. Misselbrook T.H., Smith K.A., Jackson D.R., Gillespy S.L.: Ammonia Emissions from Irrigation of Dilute Pig Slurries. *Biosyst. En.*, 2004, **89**, 4: 473-484.
7. Monteny G.J., Erisman J.W.: Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors, and possibilities for reduction. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 1998, **46**: 225-247.
8. Swensson C.: Relationship between content of crude protein in rations for dairy cows, N in urine and ammonia release. *Livestock Production Sci.*, 2003, **84**, 2: 125-133.
9. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2015. United Nations Economic Commission for Europe Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. European Commission, Directorate-General Environment on behalf of the Task Force on Reactive Nitrogen of the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.
10. Ye Z.Y., Zhang G., Li B., Strom J.S., Dahl P.J.: Ammonia emissions affected by airflow in a model pig house: effects of ventilation rate, floor slat opening and headspace height in a manure storage pit. *Transactions of the ASABE*, 2008, **51**: 2113-2122.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Antoni Faber
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych
IUNG-PIB
ul. Czarторыskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 47 86 767
e-mail: faber@iung.pulawy.pl