

Zuzanna Jarosz, Antoni Faber

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

MOŻLIWOŚCI REDUKCJI EMISJI AMONIAKU Z ZAGOSPODAROWANIA OBORNIKA¹

POSSIBILITIES OF REDUCTION OF AMMONIA EMISSIONS FROM MANURE MANAGEMENT

Słowa kluczowe: redukcja emisji amoniaku, zagospodarowanie obornika, techniki aplikacji obornika

Key words: reduction of ammonia emissions, management of manure, application techniques of manure

JEL codes: Q15, Q53

Abstrakt. Celem badań było wskazanie możliwości ograniczenia emisji amoniaku w wyniku zastosowania niskoemisyjnych praktyk nawożenia obornikiem. Szacunki przeprowadzone dla gospodarstw stosujących wybrane techniki aplikacji obornika w 2016 roku wykazały ograniczenie emisji amoniaku w zakresie 2,4-3,0% w stosunku do wielkości emisji bez zastosowania praktyk niskoemisyjnych. Na podstawie projekcji ograniczenia emisji NH₃ wykonanych dla wszystkich gospodarstw stosujących nawożenie obornikiem i rekomendowanych niskoemisyjnych praktyk, można stwierdzić, że oszacowana wielkość emisji amoniaku mieściła się w zakresie 192,6-206,8 Gg NH₃, co stanowiło od 4 do 10,6% redukcji.

Wstęp

W 2012 roku Komisja Europejska (KE) przyjęła strategię „Innowacje w służbie zrównoważonego rozwoju. Biogospodarka dla Europy” [EC 2012]. Zgodnie z założeniami strategii, biogospodarka jest szansą na zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego, poprawę odżywiania i zdrowia oraz wspieranie innowacyjnych rozwiązań produkcyjnych służących niwelowaniu negatywnego oddziaływania produkcji na środowisko przyrodnicze. Walka o czyste powietrze jest od wielu lat jedną z najważniejszych kwestii polityki środowiskowej Unii Europejskiej (UE). W zakresie prawa unijnego roczne poziomy emisji amoniaku i niektórych innych zanieczyszczeń określone zostały w dyrektywie 2001/81/WE. Doprowadziła ona w ostatnich latach do obniżenia emisji dwutlenku siarki o 82%, amoniaku – o 28%, tlenków azotu – o 47% i niemetanowych lotnych związków organicznych – o 56% [Dz.Urz. UE, L 344/1]. Mimo to UE nie osiągnęła swoich długoterminowych celów dotyczących jakości powietrza. W komunikacie KE z 18 grudnia 2013 r. „Czyste powietrze dla Europy” stwierdzono, że nadal występują znaczące negatywne skutki i zagrożenia dla zdrowia ludzkiego i środowiska [EC 2013].

Metody redukcji emisji amoniaku nabrały w ostatnim czasie szczególnego znaczenia. W grudniu 2016 roku Parlament Europejski i Rada UE przyjęły *Dyrektywę 2016/2284 w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylecia dyrektywy 2001/81/WE* [Dz.Urz. UE, L 344/1]. Zgodnie z zapisami zawartymi w tej dyrektywie, przewiduje się redukcję emisji amoniaku w porównaniu do 2005 roku o 1% dla każdego roku w latach 2020-2029 oraz o 17% w każdym roku od 2030 roku.

W celu ograniczania emisji amoniaku państwa członkowskie sporządzają krajowy kodeks dobrej praktyki rolniczej zawierający: gospodarowanie azotem z uwzględnieniem całego cyklu jego przemian, poprawienie strategii żywienia zwierząt, stosowanie niskoemisyjnych technik aplikacji nawozów naturalnych, stosowanie niskoemisyjnych metod przechowywania nawozów naturalnych, wprowadzanie niskoemisyjnych pomieszczeń inwentarskich oraz ograniczenie emisji związanych ze stosowaniem nawozów mineralnych. Ograniczenie emisji ma być osiągnięte praktykami wyspecyfikowanymi w decyzji United Nations [UNECE 2014].

¹ Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.6 .Programu Wieloletniego 2016-2020.

Nawozy naturalne są tanim źródłem składników pokarmowych dla roślin oraz ważnym źródłem materii organicznej kształtującej żyzność gleby. Jednak nieumiejętne ich stosowanie stwarza ryzyko strat związków azotu do środowiska (emisje do atmosfery w postaci amoniaku i tlenków azotu, wymywanie w postaci azotanów do wód powierzchniowych i gruntowych).

W gospodarstwie rolnym na etapie wytwarzania nawozów naturalnych w budynkach inwentarskich straty azotu w formie amoniaku wynoszą około 10% [Kuczyński i in. 2005]. Natomiast straty azotu z przechowywania nawozów naturalnych szacuje się na poziomie 20-50%, a z aplikacji na gruntach rolnych 25-95% [Pietrzak 2006]. Wyzwaniem jest więc poszukiwanie sposobów ograniczania strat amoniaku, m.in. przez wdrażanie niskoemisyjnych technologii stosowania nawozów naturalnych.

Prace zespołu do spraw wdrażania dyrektywy 2016/2284 powołanego przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi koncentrują się na opracowaniu „Kodeksu doradczego dobrej praktyki rolniczej, dotyczącego ograniczania emisji amoniaku” oraz wskazaniu technik redukcji, które mogą być uwzględnione w uregulowaniach prawnych i stanowić podstawę do wykazania postępu w redukcji emisji.

Celem badań było wskazanie możliwości ograniczenia emisji amoniaku w wyniku zastosowania niskoemisyjnych praktyk nawożenia obornikiem.

Material i metodyka badań

Bilanse emisji zanieczyszczeń powietrza objętych raportowaniem do Konwencji United Nations w sprawie transgranicznego transportu zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości (LRTAP) oraz na potrzeby statystyki krajowej i wymagań UE wykonuje Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE). Jako metodę szacowania przyjęto metodykę wykorzystywaną przez KOBiZE. Emisja amoniaku szacowana jest według poziomu Tier 2, opracowanego na podstawie obowiązującej metodyki międzynarodowej zawartej w poradniku EMEP/EEA [2013]. Emisje amoniaku szacowane są na podstawie ilości azotu wydalanego przez każdą kategorię zwierząt i z wykorzystaniem całkowitego przepływu azotu (lub całkowitego przepływu azotu amonowego) oraz współczynników emisji na każdym etapie gospodarowa-

Tabela 1. Wielkość wskaźników przyjętych przez KOBiZE w ramach Tier 2
Table 1. Size of indicators adopted by KOBiZE under Tier 2

Klasa zwierząt/ <i>Livestock class</i>	N wydalany [kg/rok]/ <i>N excreted</i> [kg/year]	Udział azotu amoniakal- nego/ <i>Proportion</i> <i>of TAN</i>	Słoma [kg/rok]/ Staw [kg/year]	N ze ściółki [kg/zwierzę/ rok]/ <i>N added</i> <i>in bedding</i> [kg/ animal/ year]	Okres utrzymania [dni]/ <i>Housing</i> <i>period</i> [days]	Odchody na wybiegach/ <i>Excreta on</i> <i>yards [%]</i>
Krowy mleczne/ <i>Dairy cows</i>	105,0	0,6	1500	6,00	155	25
Inne bydło/ <i>Other cattle</i>	41,0	0,6	500	2,00	155	10
Lochy/ <i>Sows</i>	34,5	0,7	600	2,40	365	0
Świnie pozostałe/ <i>Other pigs</i>	12,1	0,7	200	0,80	365	0
Owce, kozy/ <i>Sheep, goats</i>	15,5	0,5	20	0,08	30	2
Konie/ <i>Horses</i>	47,5	0,6	500	2,00	180	0
Nioski/ <i>Layers</i>	0,77	0,7	0	0,00	365	0
Brojlery/ <i>Broilers</i>	0,36	0,7	0	0,00	365	0
Indyki/ <i>Turkeys</i>	1,64	0,7	0	0,00	365	0
Kaczki/ <i>Ducks</i>	1,26	0,7	0	0,00	365	0
Gęsi/ <i>Geese</i>	0,55	0,7	0	0,00	365	0

Tabela 1. C.d./ Table 1. Cont.

Klasa zwierząt/ <i>Livestock class</i>	Wskaźnik emisji amoniaku/ <i>Ammonia emission indicator EF NH₃</i>				
	budynek, obornik/ <i>house, solid manure</i>	wybieg/ <i>yard</i>	przechowywanie, obornik/ <i>storage, solid manure</i>	aplikacja, obornik/ <i>application, solid manure</i>	wypas pastwiskowy/ <i>pasture grazing</i>
Krowy mleczne/ <i>Dairy cows</i>	0,19	0,30	0,27	0,79	0,10
Inne bydło/ <i>Other cattle</i>	0,19	0,53	0,27	0,79	0,06
Lochy/ <i>Sows</i>	0,25	0,00	0,45	0,81	0,25
Świnie pozostałe/ <i>Other pigs</i>	0,27	0,53	0,45	0,81	0,00
Owce, kozy/ <i>Sheep, goats</i>	0,22	0,75	0,28	0,90	0,09
Konie/ <i>Horses</i>	0,22	-	0,35	0,90	0,35
Nioski/ <i>Layers</i>	0,41	-	0,14	0,69	-
Brojlery/ <i>Broilers</i>	0,28	-	0,17	0,66	-
Indyki/ <i>Turkeys</i>	0,35	-	0,24	0,54	-
Kaczki/ <i>Ducks</i>	0,24	-	0,24	0,54	-
Gęsi/ <i>Geese</i>	0,57	-	0,16	0,45	-

Źródło/Source: EMEP/EEA [2013]

Tabela 2. Stan pogłowia zwierząt gospodarskich w 2016 roku

Table 2. Size of livestock population in 2016

Zwierzęta/ <i>Animals</i>	Stan pogłowia [tys. szt.]/ <i>Size of population [thous. head]</i>
Krowy mleczne/ <i>Dairy cows</i>	2 332
Bydło pozostałe/ <i>Other cattle</i>	3 607
Lochy/ <i>Sows</i>	854
Świnie pozostałe/ <i>Other pigs</i>	10 011
Owce/ <i>Sheep</i>	239
Konie/ <i>Horses</i>	185
Nioski/ <i>Layers</i>	47 072
Brojlery/ <i>Broilers</i>	121 960
Drób pozostały/ <i>Other poultry</i>	18 742
Kozy/ <i>Goats</i>	44

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Source: own study based on CSO data

Tabela 3. System utrzymania zwierząt

Table 3. Animal housing system

Zwierzęta/ <i>Animals</i>	System utrzymania/ <i>Animal housing system</i>	% pogłowia/ <i>% of population</i>
Krowy mleczne/ <i>Dairy cows</i>	beźściołowo/ <i>no bedding</i>	0,1053
	ściołowo/ <i>bedding</i>	0,7917
	pastwisko/ <i>pasture</i>	0,1030
Pozostałe bydło/ <i>Other cattle</i>	beźściołowo/ <i>no bedding</i>	0,0506
	ściołowo/ <i>bedding</i>	0,8294
	pastwisko/ <i>pasture</i>	0,1200
Świnie/ <i>Pigs</i>	beźściołowo/ <i>no bedding</i>	0,2432
	ściołowo/ <i>bedding</i>	0,7568
	pastwisko/ <i>pasture</i>	0
Owce/ <i>Sheep</i>	beźściołowo/ <i>no bedding</i>	0
	ściołowo/ <i>bedding</i>	0,5951
	pastwisko/ <i>pasture</i>	0,4049
Kozy/ <i>Goats</i>	beźściołowo/ <i>no bedding</i>	0
	ściołowo/ <i>bedding</i>	0,5568
	pastwisko/ <i>pasture</i>	0,4432
Konie/ <i>Horses</i>	beźściołowo/ <i>no bedding</i>	0
	ściołowo/ <i>bedding</i>	0,7750
	pastwisko/ <i>pasture</i>	0,2250
Drób/ <i>Poultry</i>	beźściołowo/ <i>no bedding</i>	0,1109
	ściołowo/ <i>bedding</i>	0,8891
	pastwisko/ <i>pasture</i>	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KOBiZE [KOBiZE 2016]

Source: own study based on NCEM data [KOBiZE 2016]

nia obornikiem (utrzymanie zwierząt w pomieszczeniach inwentarskich, przechowywanie i aplikacja nawozów naturalnych). Rodzaj i podaż nawozów naturalnych zależą od pogłowia poszczególnych gatunków zwierząt (wieku, wydajności) oraz systemu chowu (żywienia i utrzymania), a wielkość emisji amoniaku z ich zagospodarowania zależy m.in. od sposobu i terminu stosowania. W obliczeniach wykorzystano wskaźniki stosowane przez KOBiZE (tab. 1) oraz stan pogłowia i system utrzymania dla 2016 roku (tab. 2 i 3). Przyjęta metodyka pozwoliła na oszacowanie całkowitej (bez redukcji) emisji amoniaku z odchodów zwierząt gospodarskich (z pomieszczeń inwentarskich oraz przechowywania i aplikacji). Następnie wykonano szacunki z uwzględnieniem zastosowanej praktyki redukcyjnej, a obliczoną wartość emisji amoniaku odnoszono do wartości emisji bez redukcji.

Wyniki badań

Zgodnie z polskim prawem, nawozy naturalne stałe można stosować od 1 marca do 30 listopada. Zabronione jest nawożenie obornikiem gruntów rolnych oddalonych o mniej niż 20 metrów od stref ochronnych ujęć wody, obszarów morskiego pasa nadbrzeżnego oraz od brzegów jezior i zbiorników wodnych o powierzchni większej niż 50 ha. Natomiast odległość nawożonych gruntów od jezior i zbiorników o mniejszej powierzchni musi wynosić przynajmniej 5 m [Dz.U. nr 147, poz. 1033]. Kolejne zasady stosowania nawozów naturalnych reguluje rozporządzenie opublikowane w 2008 roku [Dz.U. 2014, poz. 393]. Według niego, nawozy naturalne powinny być przykryte lub wymieszane z glebą nie później niż następnego dnia po ich zastosowaniu (nie dotyczy to nawozów naturalnych stosowanych na trwałych użytkach zielonych).

Ograniczenie emisji amoniaku można osiągnąć przez doskonalenie metod aplikacji nawozów naturalnych. Techniki aplikacji umożliwiają redukcję emisji amoniaku do powietrza na skutek zmniejszenia ekspozycji aplikowanego nawozu na oddziaływanie warunków pogodowych. Za najbardziej efektywną strategię ograniczania emisji amoniaku ze stosowania obornika uważa się skrócenie czasu jego przebywania na powierzchni pola [Pietrzak 2009]. Skutecznym sposobem jest wprowadzenie obornika do gleby przez orkę lub płytką uprawę. Straty amoniaku maleją wraz ze zwiększeniem głębokości umieszczenia nawozu w glebie. Większość NH_3 jest uwalniana z obornika w ciągu kilku godzin po rozrzuconiu na powierzchni ziemi. Większe redukcje emisji amoniaku można zatem osiągnąć w przypadku wprowadzenia obornika do gleby bezpośrednio po rozrzuconiu. Głęboka orka i natychmiastowe wymieszanie obornika z glebą skutkuje redukcją emisji o 90% (tab. 4). Przyoranie obornika w ciągu 4 godzin zmniejsza ograniczenie emisji do 45-65%, a po upływie 4 godzin ograniczenie emisji amoniaku maleje do 30-50%.

Według danych GUS [2017] nawożenie naturalne w 2016 roku stosowane było w około 674 tys. gospodarstw, przy czym nawożenie obornikiem – w 662 tys. gospodarstw. Około 259 tys. gospodarstw zastosowało nawożenie obornikiem z przyoraniem rozrzuconego nawozu w ciągu

Tabela 4. Ograniczenie emisji NH_3 w zależności od czasu przyorania obornika od zastosowania
Table 4. Limitation of NH_3 emissions depending on the time of manure spreading from application

Praktyka/Practice	Ograniczenie emisji NH_3 / Reduction of NH_3 emissions [%]
Natychmiastowe przykrycie glebą – głęboka orka/ Immediate covering with soil – deep plowing	90
Uprawa bez odwracania skiby/Cultivation without turning the furrow	70
Przyoranie w ciągu 4 godz./Plowed within 4 hours	45-65
Przyoranie po 4 do 12 godz./Plowed after 4 up to 12 hours	50
Przyoranie po 4 do 24 godz./Plowed after 4 up to 24 hours	30

Źródło: opracowanie własne na podstawie UNECE [2015]
Source: own study based on UNECE [2015]

4 godzin. Efekt wdrożenia praktyki pozwala na ograniczenie emisji amoniaku 45-65% (tab. 4). W obliczeniach przyjęto średni poziom redukcji 55%. Wielkość emisji amoniaku z zastosowaniem tej praktyki wyniosła 208,86 Gg, co stanowi 3,0% redukcji w porównaniu do emisji amoniaku bez jej wdrożenia (tab. 5). Natomiast w około 342 tys. gospodarstw nawozy przyorano po 4 do 24 godzin od zastosowania. Według literatury przyoranie obornika w ciągu 24 godzin pozwala na ograniczenie emisji amoniaku o 30%. Wielkość emisji amoniaku oszacowana dla gospodarstw, które przyorały obornik po 4 do 24 godzin od zastosowania wyniosła 210,26 Gg, co stanowiło 2,4% redukcji (tab. 5).

Tabela 5. Szacunek emisji amoniaku dla 2016 r. bez uwzględnienia i z uwzględnieniem metody redukcji
Table 5. Estimation of ammonia emissions for 2016 with and without considering the reduction method

Metoda redukcji/ <i>Reduction method</i>	Suma emisji/ <i>Sum of emissions [Gg NH₃]</i>
Bez redukcji/ <i>No reduction</i>	215,37
Przyoranie w ciągu 4 godz./ <i>Plowed within 4 hours</i>	208,86
Przyoranie po 4 do 24 godz./ <i>Plowed after 4 up to 24 hours</i>	210,26

Źródło: opracowanie własne
Source: own study

Przedstawione wyniki wskazują, że w Polsce w niewielkim stopniu stosowane są praktyki umożliwiające redukcję emisji amoniaku, a o ich wdrożeniu decydują możliwości organizacyjne i techniczne.

W celu wskazania możliwości (potencjału) ograniczenia emisji amoniaku z aplikacji stałych nawozów naturalnych w zależności od zastosowanej techniki, wykonano projekcje emisji NH₃. Przyjmując założenie, że wszystkie gospodarstwa stosujące nawożenie obornikiem natychmiast głęboko go przyorały, emisja amoniaku wyniesie 192,63 Gg, co stanowi 10,6% redukcji w stosunku do wartości emisji amoniaku bez wdrożenia praktyki (tab. 6). W przypadku natychmiastowego przyorania obornika bez odwracania skiby można uzyskać redukcję emisji amoniaku na poziomie 199,73 Gg, co stanowi 7,3% redukcji w porównaniu do wartości emisji NH₃ bez zastosowania tej praktyki. Przyoranie rozrzuconego nawozu w ciągu 4 godzin skutkuje ograniczeniem emisji do poziomu 200,91 Gg (6,7% redukcji). Mniejsze ograniczenia emisji NH₃ z aplikacji obornika uzyskuje się pozostawiając go bez przyorania przez dłuższy okres. Przyoranie obornika po 12 i 24 godzinach ogranicza emisję amoniaku odpowiednio o 6,2 i 4,0%.

Tabela 6. Szacunki emisji amoniaku w 2016 roku i rekomendowanych praktyk aplikacji obornika
Table 6. Estimates of ammonia emissions for 2016 and recommended manure application practices

Metoda redukcji/ <i>Reduction method</i>	Suma emisji/ <i>Sum of emissions [Gg NH₃]</i>
Bez redukcji/ <i>No reduction</i>	215,37
Natychmiastowe przykrycie glebą – głęboka orka/ <i>Immediate covering with soil – deep plowing</i>	192,63
Uprawa bez odwracania skiby/ <i>Cultivation without turning the furrow</i>	199,73
Przyoranie w ciągu 4 godz./ <i>Plowed within 4 hours</i>	200,91
Przyoranie po 4 do 12 godz./ <i>Plowed after 4 up to 12 hours</i>	202,09
Przyoranie po 4 do 24 godz./ <i>Plowed after 4 up to 24 hours</i>	206,82

Źródło: opracowanie własne
Source: own study

Podsumowanie

W kategoriach ekonomiczno-środowiskowych nawozy naturalne są dobrym i efektywnym produktem do nawożenia. Ich składniki odżywcze mogą jednak stać się potencjalnym zagrożeniem dla środowiska [Walczak i in. 2017]. Liczne badania i prace wdrożeniowe mają na celu doskonalenie zasad gospodarowania nawozami naturalnymi stanowiącymi podstawę do upowszechniania tzw. dobrych praktyk w zakresie ograniczenia emisji amoniaku. Jednym ze źródeł rozpraszania azotu w formie amoniaku jest stosowanie nawozów naturalnych, w tym obornika, na użytki rolne. Intensywność emisji amoniaku jest wypadkową wielu czynników: warunków atmosferycznych, rodzaju nawozów, dawki i techniki aplikacji. Metody aplikacji obornika stosowane w Polsce często odbiegają od zalecanych metod niskoemisyjnych lub są stosowane na niewielką skalę.

Ograniczenie emisji amoniaku postrzegane jest na forum europejskim i międzynarodowym jako konieczność. Istotną jest więc intensywna edukacja i upowszechnianie dobrych praktyk rolniczych, tak by stały się one łatwiej dostępne i powszechnie wykorzystywane. Obecnie trwają intensywne prace nad opracowaniem „Kodeksu doradczego dobrych praktyk rolniczych, dotyczących ograniczania emisji amoniaku” i rekomendacją najlepszych praktyk zarówno pod względem wielkości redukcji NH_3 , jak i kosztów ich wdrożenia

Literatura/Bibliography

- 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 (Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC). Dz.Urz. UE, L 344/1, 17.12.2016.
- EC (European Commission). 2012. *Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu. Biogospodarka dla Europy. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów* (Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions). COM(2012) 60 final. Bruksela: Komisja Europejska.
- EC (European Commission). 2013. *Program „Czyste powietrze dla Europy”. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów* (A Clean Air Programme for Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions). COM(2013) 918 final. Bruksela Komisja Europejska, https://www.mos.gov.pl/g2/big/2014_01/4a4a59ba838ff3f6489e907b42bb7183.pdf, access: 24.04.2018.
- EMEP/EEA. 2013. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013*. Copenhagen: European Environment Agency.
- GUS. 2017. *Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2016 r.* (Characteristics of agricultural holdings in 2016). Warszawa: GUS.
- KOBIZE (National Center for Emissions Management and Balancing). 2018 *Krajowy bilans emisji SO_2 , NO_x , CO , NH_3 , NMLZO , pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2015-2016* (National balance of emissions of SO_2 , NO_x , CO , NH_3 , NMLZO , dust, heavy metals and TZO for the years 2015-2016). Warszawa: IOŚ-PIB, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami.
- Kuczyński Tadeusz, Ulrich Dämmagen, Zbigniew Klimont, Kamila Kreis-Tomaczak, Andrzej Myczko, Oryna Słobodzian-Ksenicz. 2005. Ammonia emissions in Poland: inventory projections, uncertainties. [In] *Emissions from European agriculture*, ed. T. Kuczynski, U. Daemmgen, J. Webb, A. Myczko, 217-230. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Pietrzak Stefan. 2006. Straty amoniaku z nawozów naturalnych i ich konsekwencje środowiskowe (Losses of the ammonia from manures and their environmental consequences). *Nawozy i Nawożenie* 4 (29): 186-203.
- Pietrzak Stefan. 2009. *Dobre praktyki w zakresie ograniczania emisji amoniaku z nawozów* (Good practices in reducing ammonia emissions from fertilizers). Falenty, Wydawnictwo IMUZ.

- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 kwietnia 2008 r. w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania (Regulation of the Minister of Agriculture and Rural Development of 16 April 2008 on the detailed method of fertilizer use and conducting training in the field of their application). Dz.U. 2014, poz. 393.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2014. *Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources*. Economic Commission for Europe. ECE/EB.AIR/120, 7 February 2014.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2015. *Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions*. European Commission, United Nations Economic Commission for Europe: Directorate-General Environment on behalf of the Task Force on Reactive Nitrogen of the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.
- Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Act of 10 July 2007 on fertilizers and fertilization). Dz.U. nr 147, poz. 1033.
- Walczak Jacek, Wojciech Krawczyk, Piotr Sendor. 2017. Wpływ nawozów naturalnych na środowisko. [W] *Aktualny stan problematyki ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa* (Environmental impact of natural fertilizers [In] The current state of the issues of environmental protection and climate change in the agricultural sector), ed. J. Walczak, W. Krawczyk, 73-92. Kraków: Instytut Zootechniki – Państwowy Instytut Badawczy.

Summary

The aim of this study was to present the possibilities of reduction in ammonia emissions resulting from low-emission agricultural practices. Estimations conducted for farms using chosen techniques for manure application in 2016 showed reduction in ammonia emissions ranging from 2.4 to 3.0% in relation to initial emission estimates. Based on the projections for reduction of NH_3 emissions prepared for all the farms using both manure fertilisation and recommended low-emission practices, it can be stated that the estimated ammonia emissions fall within the range of 192.6-206.8 Gg NH_3 , which constitutes 4 to 10.6% of reduction.

Adres do korespondencji

dr Zuzanna Jarosz

orcid.org/0000-0002-3428-5804

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

tel. (81) 47 86 766

e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl

prof. dr hab. Antoni Faber

orcid.org/0000-0002-3055-1968

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

tel. (81) 47 86 766

e-mail: afaber@iung.pulawy.pl