

Zuzanna Jarosz, Antoni Faber

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE I PROJEKCJA EMISJI AMONIAKU
Z GOSPODAROWANIA NAWOZAMI NATURALNYMI*

Słowa kluczowe: emisja amoniaku, nawozy naturalne, regiony, zróżnicowanie, projekcja

Wstęp

Głównym celem rolnictwa jest zaspakajanie potrzeb żywnościowych. Realizacja celu wymaga uzyskiwania wysokich, dobrej jakości plonów i możliwa jest dzięki stosowaniu nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych. W obliczu nowych wyzwań, takich jak: ograniczanie emisji gazów cieplarnianych, przeciwdziałanie zmianom klimatu i ochrona środowiska naturalnego, racjonalne gospodarowanie środkami produkcji ma istotne znaczenie (10).

Do ochrony środowiska (powietrza) obliuguje nas także wprowadzenie w grudniu 2016 r. dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej 2016/2284 (tzw. NEC) w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylecia dyrektywy 2001/81/WE (1). Dyrektywa ta nakłada obowiązek monitorowania i kontroli zanieczyszczeń powietrza, w tym amoniaku oraz ograniczania ich negatywnego wpływu na środowisko (1). W przypadku amoniaku Polska zobowiązana jest ograniczyć jego emisję w każdym roku o 17% po roku 2030 w porównaniu z rokiem 2005.

Według Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) głównym źródłem (około 95%) emisji amoniaku jest rolnictwo, w którym 80% jest związane z produkcją zwierzęcą, a pozostałe 20% emisji jest wynikiem zużycia mineralnych nawozów azotowych (7).

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 8.0 pt. „Identyfikacja i opracowanie nowych krajowych wskaźników jednostkowych oraz zrównoważonych metod produkcji dla celów ochrony środowiska i przeciwdziałania zmianom klimatu w rolnictwie” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2022 r.

Z jednej strony nawozy naturalne stanowią bardzo cenny w składniki pokarmowe produkt uboczny z chowu zwierząt, a ich stosowanie przyczynia się do żyzności gleb i produktywności roślin. Z drugiej zaś strony azot zawarty w odchodach może wywierać negatywne skutki środowiskowe (skażenie wód gruntowych i powierzchniowych – azotanami, zanieczyszczenie powietrza – emisją amoniaku). Zrównoważone gospodarowanie nawozami jest bardzo ważne. Racjonalne gospodarowanie nawozami naturalnymi to nie tylko ich stosowanie w dawce odpowiadającej potrzebom roślin i właściwe terminy ich stosowania, ale także prawidłowe przechowywanie i techniki aplikacji nawozów naturalnych. Na każdym etapie produkcji (wytwarzania, składowania, stosowania) może dochodzić do strat składników pokarmowych, zwłaszcza azotu. Straty tego pierwiastka z przechowywania nawozów naturalnych szacuje się na 20–50%, a z ich aplikacji na gruntach rolnych na 20–30% (13).

Stosowanie i przechowywanie nawozów naturalnych reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (14). Natomiast w celu ograniczania emisji amoniaku zaleca się wdrażanie praktyk szczegółowo opisanych w „Kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczania emisji amoniaku” (9).

Celem opracowania było oszacowanie regionalnego zróżnicowania aktualnego stanu emisji amoniaku z gospodarowania nawozami naturalnymi oraz przedstawienie projekcji emisji na lata 2025–2040 i weryfikacji możliwości spełnienia zobowiązań wynikających z dyrektywy NEC.

Material i metodyka

Szacunki emisji amoniaku z gospodarowania nawozami naturalnymi wykonano zgodnie z metodyką stosowaną przez KOBiZE wykonujący bilanse emisji zanieczyszczeń powietrza w Polsce. Emisje amoniaku oszacowano za pomocą narzędzia Manure Management N-flow Tool 2020 opracowanego na podstawie metody Tier 2 (podejście przepływu całkowitego azotu amonowego – Total Ammonical Nitrogen) opublikowanej w EMEP/EEA EIG 2019 (2). W badaniach wykorzystano dane o pogłowie zwierząt gospodarskich według województw w 2019 r. pochodzące ze statystyki krajowej GUS (tab. 1). Z powodu braku danych o systemach utrzymania zwierząt w skali regionalnej przyjęto stosowane przez KOBiZE krajowe wskaźniki dotyczące udziału poszczególnych systemów gospodarowania odchodami zwierząt (tab. 2).

Tabela 1

Stan pogłowia zwierząt gospodarskich według województw w 2019 roku

Województwo	Stan pogłowia (tys. szt.)						
	krowy	bydło pozost.	świnie	owce	nioski	brojlery	drób pozost.
Dolnośląskie	43	64	186	12	2897	3515	733
Kujawsko-pomorskie	169	351	1064	8	2014	10234	943
Lubelskie	142	247	427	18	2049	6174	2059
Lubuskie	32	51	133	6	1652	3499	2293
Łódzkie	189	299	1119	14	3510	9835	1826
Małopolskie	81	88	125	79	3228	2031	337
Mazowieckie	559	651	1112	8	8815	25764	2938
Opolskie	42	81	310	2	738	4090	150
Podkarpackie	39	34	129	18	2185	3229	384
Podlaskie	457	569	320	30	1776	12308	1517
Pomorskie	72	146	772	15	1904	4595	422
Śląskie	47	79	199	11	2079	6358	329
Świętokrzyskie	53	104	181	6	1503	4913	619
Warmińsko-mazurskie	200	270	536	14	948	3832	5293
Wielkopolskie	294	737	3916	23	17851	17572	7107
Zachodniopomorskie	42	64	252	8	1480	10544	292
Polska	2461	3836	10781	273	54628	128493	27243

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (5)

Tabela 2

System utrzymania zwierząt

Zwierzęta	System utrzymania	% pogłowia
Krowy mleczne	bezściółowo	10,5
	ściółowo	79,2
	pastwisko	10,3
Bydło pozostałe	bezściółowo	5,1
	ściółowo	82,9
	pastwisko	12,0
Świnie	bezściółowo	24,3
	ściółowo	75,7
	pastwisko	0,0
Owce	bezściółowo	0,0
	ściółowo	59,5
	pastwisko	40,5
Drób	bezściółowo	11,1
	ściółowo	88,9
	pastwisko	0,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych KOBiZE (8)

Emisje amoniaku szacowane są na podstawie ilości azotu wydalanego (Nex) przez każdą kategorię zwierząt oraz współczynników emisji na każdym etapie gospodarowania nawozami naturalnymi (w pomieszczeniach inwentarskich, podczas przechowywania, przetwarzania i aplikacji, a także wydalania przez zwierzęta podczas wypasu). Parametry i wskaźniki wykorzystywane w szacunkach, takie jak azot zawarty w materiale ściółkowym lub współczynniki NH_3 związane z określonymi systemami gospodarowania nawozami, pochodzą z raportu KOBiZE (8). W obliczeniach emisji amoniaku z nawozów naturalnych uwzględniono działania wpływające na ograniczenie emisji, które zostały wprowadzone po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku (np. przykrycie obornika podczas przechowywania lub wielofazowe żywienie). Ponadto włączono działania redukujące emisję amoniaku z przykrywania zbiorników na płynne nawozy naturalne. Obowiązek stosowania pokryw stałych na zbiornikach na gnojówkę i gnojowicę został wprowadzony Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu ograniczenie zanieczyszczenia azotanami pochodzenia rolniczego i zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” (14). Szczegółowe informacje dotyczące możliwości ograniczenia emisji amoniaku oraz działań i ich potencjałów redukcyjnych zostały zaprezentowane w „Kodeksie doradczym dobrej praktyki rolniczej dotyczącym ograniczania emisji amoniaku” opracowanym na potrzeby wdrażania dyrektywy NEC (9).

W celu weryfikacji, czy oszacowane wielkości emisji amoniaku z aktualnie wprowadzonymi działaniami redukcyjnymi są wystarczające do osiągnięcia celu redukcyjnego –17% w 2030 r. w stosunku do 2005 r., wykonano projekcje emisji na lata 2025–2040. Podstawą do przeprowadzenia szacunków były stosowane w obliczeniach KOBiZE krajowe prognozy zmian pogłowia zwierząt gospodarskich (tab. 3).

Tabela 3

Pogłowie zwierząt gospodarskich dla lat prognozy

Wielkość charakterystyczna	j.m.	2020	2025	2030	2035	2040
Pogłowie bydła	tys. szt.	6140	6208	6200	6173	6203
w tym bydła mlecznego	tys. szt.	2333	2257	2168	2123	2090
Pogłowie owiec i kóz	tys. szt.	259	227	195	167	147
Pogłowie koni	tys. szt.	162	152	143	128	117
Pogłowie trzody chlewnej	tys. szt.	11452	11467	11542	11400	11217
Pogłowie drobiu	mln szt.	250	271	291	321	351
w tym drobiu kurzego	mln szt.	230	250	270	300	330

Źródło: KOBiZE, 2021 (8), zmodyfikowane

Zachowanie spójności całej serii danych wymaga przeprowadzenia tzw. rekalkulacji trendów wynikających z aktualizacji metodyki. Emisje amoniaku dla lat prognozy oszacowano, stosując jednolitą metodykę dla całego szeregu czasowego obejmującego lata 2005–2019 i prognozowane 2025–2040.

Wyniki badań i dyskusja

Całkowita emisja amoniaku z rolnictwa w Polsce w 2019 r. wyniosła 300,58 Gg, w tym 137,26 Gg, tj. około 46% stanowiła emisja z nawozów naturalnych (tab. 4). W porównaniu z 2005 r. emisja ta uległa ograniczeniu o 11,8%. Redukcja emisji związana jest przede wszystkim ze zmianami w pogłowie zwierząt gospodarskich. Analizując dane statystyczne dotyczące pogłowa zwierząt gospodarskich w latach 2005–2019, możemy stwierdzić niewielki wzrost pogłowa bydła (5). Jednocześnie wraz ze wzrostem wydajności mlecznej krów obserwujemy spadek ich pogłowa. Podobnie jest w przypadku trzody chlewnej. Rygory sanitarne związane z afrykańskim pomorem świń oraz wzrost wymagań jakościowych i ilościowych stawianych odbiorcom skupującym żywiec wieprzowy wpłynęły na znaczny spadek pogłowa świń. Natomiast istotnie wzrósł chów drobiu, zwłaszcza broilerów.

Tabela 4

Emisja amoniaku z rolnictwa w Polsce w wybranych latach (Gg)

Emisja NH ₃	2005	2010	2018	2019
Rolnictwo	318,60	297,46	312,48	300,58
Nawozy naturalne	155,68	130,37	137,33	137,26
Gleby rolne	162,85	167,08	175,13	163,29
Spalanie resztek roślinnych	0,07	0,02	0,02	0,04

Źródło: KOBiZE, 2021 (8)

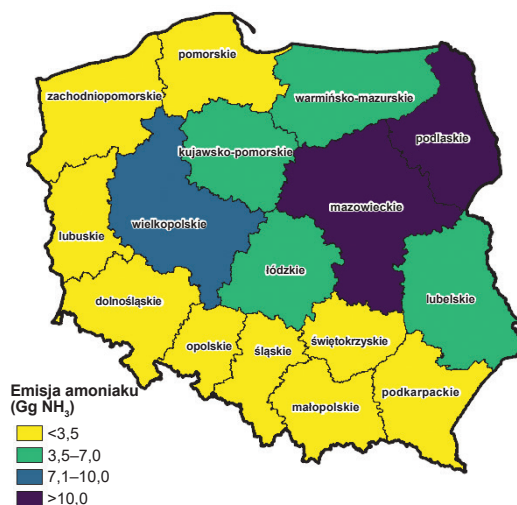
Przeprowadzona analiza wykazała istotne różnice emisji amoniaku z gospodarowania nawozami naturalnymi w poszczególnych regionach, co wynika z przestrzennego zróżnicowania chowu zwierząt gospodarskich. W całkowitej emisji NH₃ prym wiodą województwa wielkopolskie i mazowieckie (rys. 1). Oszacowane emisje wyniosły odpowiednio: 29,98 i 22,78 Gg NH₃. Nieco mniejszą intensywność emisji w zakresie 10,18–14,55 Gg stwierdzono w województwach: podlaskim, łódzkim, warmińsko-mazurskim i kujawsko-pomorskim. W województwach pomorskim i lubelskim oszacowane emisje NH₃ wyniosły odpowiednio: 5,47 i 7,56 Gg. W pozostałych regionach wielkość emisji NH₃ nie przekraczała 5,00 Gg.

Na wielkości tych emisji niewątpliwym wpływ miał udział różnych kategorii zwierząt gospodarskich. W całkowitej emisji amoniaku z gospodarowania nawozami naturalnymi największy udział miała produkcja bydła skoncentrowana w województwach: mazowieckim, podlaskim i wielkopolskim (rys. 2). Oszacowane wielkości emisji NH₃ wyniosły odpowiednio: 12,63; 10,55 i 9,00 Gg.



Rys. 1. Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku z nawozów naturalnych

Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku z produkcji bydła

Źródło: opracowanie własne

Największą emisją amoniaku z produkcji trzody chlewnej wyróżniał się rejon wielkopolski (rys. 3). Emisjami w zakresie 2,6–5,0 Gg NH₃ charakteryzowały się województwa: kujawsko-pomorskie, mazowieckie i iódzkie. W pozostałych województwach wielkość emisji z tego źródła nie przekroczyła progu 2,5 Gg NH₃, a w wielu rejonach była niższa niż 1,0 Gg.



Rys. 3. Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku z produkcji trzody chlewnej

Źródło: opracowanie własne

Natomiast największą intensywnością emisji amoniaku z produkcji drobiu charakteryzowało się województwo wielkopolskie (rys. 4). Nieco mniejszą emisję stwierdzono w rejonie mazowieckim (6,73 Gg NH₃).



Rys. 4. Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku z produkcji drobiu

Źródło: opracowanie własne

Przedstawione wyniki obrazują widoczny proces koncentracji i specjalizacji produkcji zwierzęcej, co przyczynia się do poprawy efektywności gospodarowania. W tych rejonach należy też zwrócić szczególną uwagę na wdrażanie odpowiednich (w zależności od kierunku produkcji) praktyk przyczyniających się do redukcji emisji amoniaku. Z drugiej zaś strony w województwach z ograniczoną produkcją zwierzęcą utrzymanie produktywności i żyzności gleb skłania do większego zużycia nawozów mineralnych.

Jak wspomniano, do przeprowadzenia projekcji emisji amoniaku z nawozów naturalnych na lata 2025–2040 wykorzystano krajowe prognozy zmian pogłowia zwierząt gospodarskich (tab. 3). Przewiduje się, że pogłowiu bydła ogółem pozostanie na zbliżonym poziomie. Natomiast szacuje się spadek w chowie krów mlecznych. Na podobnym poziomie pozostanie produkcja trzody chlewnej. Spodziewany jest też duży wzrost pogłowia drobiu wynikający z relacji cenowych pomiędzy drobiem a pozostałym żywcem.

Przeprowadzona dla wybranych lat projekcja emisji amoniaku z nawozów naturalnych wskazuje na stopniowy wzrost emisji w analizowanym okresie (tab. 5). Emisja NH_3 z produkcji bydła waha się w przedziale 55,84–55,27 Gg. Niewielki wzrost pogłowia trzody chlewnej do roku 2030, a w następnych latach spadek pogłowia znajduje odbicie w niewielkim wzroście emisji z tego źródła wynoszącym 31,20 Gg NH_3 (2030 r.) i redukcją do poziomu 30,32 Gg NH_3 w 2040 r. Natomiast wzrost pogłowia drobiu skutkuje stopniowym wzrostem emisji amoniaku w poszczególnych latach.

Tabela 5

Projekcja emisji amoniaku na lata 2025–2040

Źródło emisji	2025	2030	2035	2040
Całkowita emisja NH_3 z rolnictwa (Gg)	304,64	310,34	314,84	320,11
Emisja NH_3 z nawozów naturalnych (Gg)	114,81	116,69	118,06	119,73
Emisja NH_3 z produkcji bydła (Gg)	55,84	56,00	55,52	55,27
Emisja NH_3 z produkcji trzody chlewnej (Gg)	30,96	31,20	30,88	30,32
Emisja NH_3 z produkcji drobiu (Gg)	27,20	28,77	31,02	33,55
Emisja NH_3 z produkcji pozostałych zwierząt gospodarskich (Gg)	0,81	0,72	0,64	0,59

Źródło: opracowanie własne

Prognozowana całkowita emisja NH_3 z rolnictwa w 2030 r. wyniesie 310,34 Gg NH_3 i będzie o 3,2% wyższa w porównaniu z 2019 r. i o 2,5% wyższa w stosunku do 2005 r. Źródłem tej emisji jest emisja amoniaku z nawozów naturalnych, gleb rolnych (w tym z nawozów mineralnych) oraz spalanie resztek poźniwnych (znaczenie marginalne). Emisja NH_3 z drugiego źródła, jakim jest stosowanie mineralnych nawozów azotowych, systematycznie wzrasta, a dopiero łączne zużycie azotu z nawozów mine-

ralnych i naturalnych kształtuje wielkość emisji i może wywierać negatywne skutki środowiskowe (6, 11). Dlatego istotną kwestią jest monitorowanie intensywności emisji amoniaku i wdrażanie działań ograniczających.

Z całego katalogu działań dotyczących nawozów naturalnych przyczyniających się do redukcji emisji amoniaku na szczególną uwagę zasługuje przyorywanie obornika w ciągu 12 godzin od wywiezienia na pole oraz rozlewanie gnojowicy innymi metodami niż rozbryzgowo. Praktyki te zostały wskazane w Krajowym Programie Ograniczania Zanieczyszczeń Powietrza (KPOZP) opracowanym w 2019 r. przez Ministerstwo Klimatu, a ich wdrożenie przewidziane jest najpóźniej do 2030 r. (15).

Czas przebywania nawozów naturalnych na powierzchni pola i kontaktu z powietrzem istotnie wpływa na wielkość emisji amoniaku. Szacuje się, że wymieszanie nawozu z glebą w ciągu 12 godzin redukuje emisję NH_3 o 50%. W przypadku aplikowania płynnych nawozów naturalnych zaleca się stosowanie iniekcji doglebowej płytkiej lub głębokiej. Płytką doglebową aplikacją gnojowicy ogranicza emisję amoniaku o 70–80%. Natomiast aplikacja doglebową głęboką skutkuje jej ograniczeniem o 90%. W roku gospodarczym 2015/2016 metodę tę stosowało odpowiednio: 5 tys. i 900 gospodarstw (12). Drugą metodą jest aplikacja naglebowa z wykorzystaniem wozów asenizacyjnych z odpowiednimi przystawkami (węże wleczone lub redlice). Ze względu na niższe koszty zabiegów technikę aplikacji z wykorzystaniem węży wleczonych stosowało 6 tys., a z zastosowaniem redlic 1,2 tys. gospodarstw (12). Również badania własne potwierdziły tezę, że wielkość emisji amoniaku zależy od stosowanej dawki gnojowicy, czynników środowiskowych i techniki aplikacji (3, 4).

Uwzględnienie rekomendowanych praktyk w projekcjach emisji amoniaku spowodowało redukcję całkowitej jego emisji z rolnictwa do poziomu 250,35 Gg w 2030 r. (tab. 6) i była ona o 17,3% niższa w stosunku do roku 2005. Przeprowadzona analiza wskazuje także możliwości ograniczenia emisji amoniaku z nawozów naturalnych w zakresie 16,0–16,8% w latach 2030–2040.

Tabela 6

Projekcja emisji amoniaku na lata 2025–2040 z wdrożonymi działaniami

Źródło emisji	2025	2030	2035	2040
Całkowita emisja NH_3 z rolnictwa (Gg)	304,64	250,35	254,95	260,12
Emisja NH_3 z nawozów naturalnych (Gg)	114,81	97,11	98,71	100,54
Emisja NH_3 z produkcji bydła (Gg)	55,84	43,51	43,10	42,96
Emisja NH_3 z produkcji trzody chlewnej (Gg)	30,96	24,27	24,11	23,59
Emisja NH_3 z produkcji drobiu (Gg)	27,20	28,77	31,02	33,55
Emisja NH_3 z produkcji pozostałych zwierząt gospodarskich (Gg)	0,81	0,56	0,48	0,44

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

W trosce o środowisko podejmowane są działania przyczyniające się do ograniczenia negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko naturalne. Jednym z kierunków aktywności jest racjonalne gospodarowanie nawozami naturalnymi, które ma istotne znaczenie w redukcji emisji amoniaku oraz innych zanieczyszczeń środowiskowych (azotany) do atmosfery. Szacunki wykonane dla 2019 r. wykazały, że całkowita emisja amoniaku z nawozów naturalnych wyniosła 137,26 Gg i była o 11,8% niższa w stosunku do 2005 r. Przeprowadzona analiza pokazała także przestrzenne różnice emisji NH_3 wynikające z regionalnego zróżnicowania chowu zwierząt gospodarskich. Największą intensywnością emisji amoniaku charakteryzowały się województwa wielkopolskie i mazowieckie. W rejonie wielkopolskim największy udział w całkowitej emisji NH_3 z nawozów naturalnych miała emisja z produkcji trzody chlewnej, drobiu i bydła. Natomiast w województwie mazowieckim na całkowitą wielkość emisji amoniaku wpłynęła produkcja bydła i drobiu.

Projekcja emisji amoniaku z sektora rolnego w 2030 r. wyniosła 310,34 Gg i była wyższa o 2,5% w porównaniu z rokiem bazowym. Niewątpliwym wpływ miała tu także emisja amoniaku z drugiego źródła, jakim są gleby rolne, w tym zużycie mineralnych nawozów azotowych. Natomiast wdrożenie rekomendowanych działań pozwoliło na redukcję emisji NH_3 o 17,3%. Należy jednak zwrócić uwagę na stopniowy wzrost całkowitej emisji amoniaku z rolnictwa, w tym z gospodarowania nawozami naturalnymi w dalszej perspektywie (lata po 2030 r.). Dlatego tak istotne jest podejmowanie aktywności redukujących emisję amoniaku z sektora rolnego bez względu na źródła emisji.

Literatura

1. 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. Official Journal of the European Union, L 344/1, 17.12.2016.
2. EMEP/EEA: EMEP/EEA emission inventory guidebook 2019. Copenhagen: European Environment Agency, 2019.
3. Faber A., Jarosz Z.: Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku w zależności od praktyk aplikacji gnojowicy. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2019, 59(13): 29-40.
4. Faber A., Jarosz Z., Żyłowski T.: Weryfikacja możliwości redukcji emisji amoniaku dla różnych praktyk aplikacji gnojowicy w Polsce. Problemy Rolnictwa Światowego, 2019, 19(2):31-40.
5. GUS: Zwierzęta gospodarskie 2005... 2019. GUS, Warszawa 2005–2019.
6. Jarosz Z., Faber A.: Projekcja regionalnego zróżnicowania emisji amoniaku ze zużycia mineralnych nawozów azotowych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2022, 67(21): 121-130.
7. KOBiZE: Krajowy bilans emisji SO_2 , NO_x , CO, NH_3 , NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990–2019. Warszawa: IOŚ-PIB, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, 2021.

8. KOBiZE: Poland's Informative Inventory Report 2021. Warszawa: IOŚ-PIB, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, 2021.
 9. Kodeks doradczy dobrej praktyki rolniczej dotyczący ograniczania emisji amoniaku. MRiRW, Warszawa 2020.
 10. Komisja Europejska: Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Europejski Zielony Ład. COM(2019) 640 final, 2019.
 11. K o p i ń s k i J.: Zróżnicowanie gospodarki nawozowej azotem w polskim rolnictwie. Polish Journal of Agronomy, 2018, 32: 3-16.
 12. Ł ą c z y ń s k i A., Z i ó ł k o w s k a E.: Działania departamentu rolnictwa w zakresie prowadzonych badań. W: Krajowe wyniki prac badawczych oraz działań szacowania oddziaływań w zakresie ochrony środowiska i zmian klimatu w sektorze rolnictwa, J. Walczak, W. Krawczyk (red. nauk.). Monografia. IZ PIB, Kraków, 2017, ss. 118-144.
 13. P i e t r z a k S.: Metoda inwentaryzacji emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w Polsce i jej praktyczne zastosowanie. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2006, 1(16): 319-334.
 14. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lutego 2020 r. w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu”. Dz.U. 2020 poz. 243.
 15. Uchwała nr 34 Rady Ministrów z dnia 29 kwietnia 2019 r. w sprawie przyjęcia Krajowego programu ograniczania zanieczyszczenia powietrza. Monitor Polski, 2019 poz. 572.
-

Adres do korespondencji:

dr Zuzanna Jarosz; prof. dr hab. Antoni Faber
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: 81 4786 766; 81 4786 767
e-mail: zjarosz@iung.pulawy.pl; faber@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Zuzanna Jarosz	0000-0002-3428-5804
Antoni Faber	0000-0002-3055-1968