

## ZANIECZYSZCZENIA GAZOWE ŚRODOWISKA POCHODZĄCE Z ROLNICTWA I STRATEGIE ICH OGRANICZANIA

DOROTA BOBRECKA-JAMRO<sup>1</sup>, EWELINA JANOWSKA-MIĄSIK

*Katedra Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rzeszowski, ul. A. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów*

**Synopsis.** Celem pracy była ocena różnych typów gazowych zanieczyszczeń środowiska pochodzących z rolnictwa za lata 2003–2011 oraz sposobów ich ograniczania. Z analizowanych danych wynika, że głównym typem gazowych zanieczyszczeń rolniczych jest amoniak, którego straty z nawozów naturalnych przekraczają często 80% pierwotnej zawartości w nich azotu amonowego. Podtlenek azotu, którego emisja z rolnictwa w ogólnej puli emitowanych gazów cieplarnianych w Polsce wynosi 76% powstaje jako produkt uboczny procesów nityfikacji i denityfikacji. Źródłem emisji metanu, drugiego z emitowanych z rolnictwa gazów cieplarnianych, jest w 74% fermentacja jelitowa i w 25% odchody zwierzęce. Nowe technologie wykorzystujące energetyczne produkty roślinne oraz utylizacja odchodów pochodzenia zwierzęcego poprzez produkcję biogazu, a także jego energetyczne wykorzystanie to najbardziej efektywne metody redukcji metanu.

**Słowa kluczowe:** amoniak, biogaz, metan, pestycydy, podtlenek azotu

### WSTĘP

Na przestrzeni ostatnich 40 lat populacja ludności podwoiła się, w lutym 2014 roku liczba ludności na świecie wynosiła 7150 mln [Population Clock 2014]. Wraz ze wzrostem populacji, wzrasta również zapotrzebowanie na żywność. Prowadzi to do intensyfikacji rolnictwa mającego na celu podniesienie wydajności produkcji między innymi poprzez zwiększenie zużycia nawozów mineralnych, środków ochrony roślin i pestycydów w świecie [Tilmon 2002]. Skutkiem ubocznym stosowania tych agrochemikaliów są silne zanieczyszczenia zarówno wód, gleby jak i powietrza. We współczesnym rolnictwie funkcjonują różne systemy produkcji, które ze względu na zakres stosowanej technologii i ich intensywność, oddziałują w różnicowany sposób na środowisko. Systemy gospodarowania nie respektujące wyznaczonych kryteriów ekologicznych produkcji i stosujące technologie nie zweryfikowane pod względem środowiskowym przyczyniają się do nadmiernej eksploatacji zasobów, degradacji środowiska oraz do wytwarzania produktów niepełnowartościowych, bądź też szkodliwych dla zdrowia w przypadku stosowania niewłaściwych metod produkcji [Wójcicki 2008].

Zanieczyszczenia rolnicze dotyczą zarówno czynników biotycznych jak i abiotycznych powodujących degradację środowiska i ekosystemów wodnych i lądowych. Mogą one również zwiększać ryzyko zdrowotne ludzi i powodować znaczne straty ekonomiczne. Ze względu na źródło, zanieczyszczenia rolnicze dzielimy na punktowe i obszarowe. Zanieczyszczenia punktowe powstają przede wszystkim na skutek niewłaściwego przechowywania i gospodarki płynnymi oraz stałymi nawozami na poziomie gospodarstw rolnych. Zanieczyszczenia obszarowe dotyczą większych rejonów i powstają w zasadzie w sposób ciągły w wyniku wymywania,

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address*: ekpr@univ.rzeszow.pl

wywiewania i ulatniania się składników mineralnych i pestycydów [Carpenter i in. 1998, Hunt 1999, Schultz 2004].

Skutki zanieczyszczeń rolniczych dotyczą następujących obszarów środowiska [OECD 2006]:

- jakości zasobów naturalnych, zwłaszcza fizyczne, biologiczne i chemiczne stany gleby, wody i powietrza;
- negatywny wpływ na skład i funkcjonowanie ekosystemów lądowych, wodnych i morskich, w tym kwestie bioróżnorodności i jakości siedlisk;
- innych oddziaływań na środowisko, takich jak publiczne uciążliwości zapachów z budynków inwentarskich.

Na podstawie zgromadzonych danych z literatury, wyróżnić możemy siedem kluczowych problemów związanych z rolniczym zanieczyszczeniem środowiska: azotany, fosforany, erozję gleb, odpady organiczne, emisje gazowe, pestycydy oraz modyfikacje genetyczne [Merrington 2005]. Każdy z wyżej wymienionych typów zanieczyszczeń w charakterystyczny dla siebie sposób oddziałuje negatywnie na różne elementy środowiska.

Celem pracy było przedstawienie różnych typów zanieczyszczeń pochodzących z rolnictwa w Polsce i na Podkarpaciu, które w istotny sposób oddziałują negatywnie na środowisko oraz możliwych strategii ich ograniczania.

## MATERIAŁ I METODY

Podstawowym materiałem źródłowym były dane: GUS (Główny Urząd Statystyczny) oraz Urzędu Statystycznego w Rzeszowie. Wyniki opracowano statystycznie wyznaczając funkcje trendu liniowego dla średniej rocznej: emisji głównych zanieczyszczeń, całkowitej emisji gazów cieplarnianych, oraz erozji wietrznej i wodnej. Obliczeń dokonano za pomocą programu Microsoft Excell. Ocenę wyżej wymienionych danych przeprowadzono za lata 2003–2011, z wyjątkiem danych dotyczących głównych gazowych zanieczyszczeń powietrza w Polsce. Do ich analizy wykorzystano dane za lata 2008–2011 z uwagi na fakt wprowadzenia w 2008 roku nowych wskaźników emisji, nieporównywalnych z latami poprzednimi.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Głównym składnikiem zanieczyszczeń są związki chemiczne zawierające azot. Duże ilości gazowych, nieorganicznych związków azotu, tj., amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) i tlenków azotu ( $\text{NO}_x$ ) powstają w produkcji rolniczej [Bieńkowski 2010]. Amoniak wyemitowany do atmosfery wchodzi w cykl przemian chemicznych, które mogą w efekcie końcowym przyczynić się do wywoływania ujemnych skutków zarówno w środowisku glebowym jak i wodnym [Pinder i in. 2006]. Głównym zagrożeniem dla środowiska jest wpływ amoniaku na zakwaszania i eutrofizację ekosystemów naturalnych [Krupa 2003]. Od czasu udowodnienia tego faktu, zawarto kilka międzynarodowych porozumień na temat strategii ograniczania emisji amoniaku [Bieńkowski 2010]. Najważniejszymi z nich były protokół Göteborgski z 1999 roku oraz Dyrektywa o krajowych poziomach emisji, przyjęta w 2001 przez Unię Europejską [Directive 2001/81/EC, Protocol to the 1979 Convention, ...1999]. W ramach tych międzynarodowych regulacji maksymalny poziom emisji amoniaku dla Polski wynosi 468 tys. ton rocznie. Obecnie emisja amoniaku z rolnictwa w Polsce w ocenie Krajowego Centrum Inwentaryzacji Emisji wynosi średnio 271 tys. ton, co stanowi 98% emisji amoniaku ogółem (tab. 1).

Tabela 1. Emisja głównych zanieczyszczeń powietrza w Polsce w tys. ton (średnia z lat 2008–2010)\*  
 Table 1. Emission of main air pollutants in Poland in thousand ton (average from years 2008–2010)

Wyszczególnienie Specification	Ogółem Total	Procesy spalania w rolnictwie Combustion in agriculture	Rolnictwo ogółem z wyłączeniem procesów spalania Agriculture without combustion in agriculture	Uprawy z zastosowaniem nawozów Cultures with fertilisers	Wypalanie ściernisk, spalanie słomy On-field burning of stubble, straw	Gospodarka nawozami naturalnymi Manure management
Amoniak – Ammonia						
Średnia – Mean	276,57	n.w	271	80,03	n.w	190,97
Trend	–	n.w	–	–	n.w	–
Pyły – Particulates						
Średnia – Mean	420,12	27,62	23,90	n.w	0,29	23,61
Trend	+	+	–	n.w	–	–
Tlenki azotu – Nitrogen oxides						
Średnia – Mean	839,19	8,86	n.w	n.w	n.w	n.w
Trend	+	+	n.w	n.w	n.w	n.w

Źródło – Source: GUS 2012

W 2008 roku dane zre kalkulowano w oparciu o nowe wskaźniki emisji, nieporównywalne z latami poprzednimi – In 2008 date have been re-calculated in relation to the date published previously because of new emission factors.

n.w – nie występuje – not occurs

\* Brak danych statystycznych odnoszących się do Podkarpacia – Are no statistical datas relating to the Podkarpacie Region

W gospodarstwach rolnych i na obszarach użytkowanych rolniczo źródłami emisji amoniaku są: budynki inwentarskie i ich systemy wentylacyjne, przemy obornika składowanego na gnojowniach, zbiorniki na gnojówkę lub znacznie rzadziej na gnojowicę [Marcinkowski 2010]. Jego emisja na gnojowni zależy od wielu czynników, w tym od sposobu układania i formowania przemy z obornikiem, powierzchni składowiska, szczelności zbiorników i kanałów doprowadzających gnojówkę bądź gnojowicę, stosowania materiałów chłonnych i izolacyjnych, zawartości azotu w diecie żywieniowej, jak również od warunków meteorologicznych [Marcinkowski 2002, Marcinkowski i Sapek 1999, Pietrzak 2006].

Badania przeprowadzone przez Bieńkowskiego [2010] wykazały także iż, wielkość emisji amoniaku jest silnie zróżnicowana przestrzennie. Najwyższe poziomy emisji występują w województwach o intensywnej produkcji zwierzęcej. Produkcja bydła w województwie podkarpackim wraz z województwami: małopolskim, mazowieckim, podlaskim i warmińsko-mazurskim posiada ponad 50% wkład w ogólnej emisji amoniaku z produkcji zwierzęcej.

Kolejnym źródłem emisji amoniaku są pola uprawne, na których występuje jego emisja po zastosowaniu naturalnych i mineralnych nawozów azotowych, a jej intensywność jest wypadkową wielu czynników, w tym warunków atmosferycznych, rodzaju uprawy i nawozów, dawek i technik ich aplikacji [Marcinkowski i Kierończyk 2006]. Największe straty amoniaku z nawozów organicznych do atmosfery zachodzą w czasie wywożenia ich na pole i w okresie

następnych 24 godzin. Nawozy organiczne powinny być wymieszane z glebą (przyorane) najlepiej w ciągu kilku godzin i nie później niż w okresie 1 doby po wywiezieniu na pole. Stosowanie doglebowych technik aplikacji płynnych nawozów naturalnych wydaje się być najkorzystniejszym sposobem ograniczania emisji  $\text{NH}_3$  do atmosfery [van Jaarsveld 2004].

Niewielka emisja amoniaku występuje także z powierzchni liści roślin uprawnych, zwłaszcza w warunkach intensywnego nawożenia azotem, a także z pastwisk i wybiegów dla zwierząt [Pietrzak 2000, Płodzik 2000]. Ze współczesnych badań wynika, że straty amoniaku z nawozów naturalnych są bardzo duże i często mogą przekraczać 80% pierwotnej zawartości w nich azotu amonowego. Z tego też powodu wielu autorów, np. Erisman i in. [2008] oraz Hellsten i in. [2008], zalicza nawozy naturalne do jednych z najważniejszych rolniczych źródeł rozpraszania azotu i zanieczyszczenia środowiska.

Zdaniem Bieńkowskiego [2010] ważne w ocenie skutków emisji jest również badanie gęstości emisji amoniaku w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, pomija się w ten sposób efekt obszarowy regionu, umożliwiając przestrzenne porównanie emisji między regionami. Województwo podkarpackie jest jednym z województw o najniższej gęstości emisji amoniaku za województwem zachodniopomorskim, dolnośląskim i lubuskim.

Obecnie w krajach UE, wielu krajach Ameryki i Azji prowadzi się intensywne działania, zmierzające do ograniczenia rozmiarów tego zjawiska i poprawy bezpieczeństwa ekologicznego w tym zakresie. Według prognoz, pomimo wprowadzenia strategii ograniczania emisji zanieczyszczeń tempo redukcji amoniaku w Europie będzie niewystarczające aby wyeliminować w krótkim czasie zjawisko zakwaszenia gleb [Bieńkowska 2010]. Zdaniem Erismana i in. [2008], udział rolnictwa europejskiego w emisji amoniaku do atmosfery wynosi 90% emisji całkowitej.

Za główne źródło tlenków azotu w glebie uważa się procesy nityfikacji i denityfikacji, których wydajność zależy od zawartości w niej amonowej formy azotu i szybkości mineralizacji glebowej materii organicznej. Jednakże tylko niewielka część produktów procesu opuszcza środowisko glebowe, ponieważ tlenki azotu z łatwością są pobierane przez znajdujące się tam mikroorganizmy i rośliny. Z tego też względu nie przewiduje się obecnie podejmowania specjalnych działań, ograniczających emisję tlenków azotu ze źródeł rolniczych, poza mającymi na celu ograniczanie rozpraszania azotu z produkcji rolniczej [Sapek 2008].

Inaczej wygląda sytuacja z podtlenkiem azotu, który powstaje jako produkt uboczny procesów nityfikacji i denityfikacji. Obecnie obserwuje się zwiększenie zawartości tego gazu w atmosferze. Przypisuje się jemu niszczenie strefy ozonowej i nasilanie się zmian klimatycznych. W przeciwieństwie do emisji tlenków azotu, w emisji podtlenku azotu większy udział ma rolnictwo, w tym przede wszystkim emisje z gleb rolnych (74%) oraz odchodów zwierzęcych (26%). W ogólnej puli emitowanych gazów cieplarnianych w Polsce około 31% metanu i 76% podtlenku azotu pochodzi z rolnictwa (tab. 2).

Kolejną bardzo istotną substancją zanieczyszczającą środowisko a w szczególności powietrze jest metan, stanowiący główny składnik biogazu. Jest on niebezpiecznym gazem cieplarnianym, gdyż jego współczynnik ocieplania klimatu jest 21-krotnie większy od dwutlenku węgla i przyczynia się w 18% do globalnego efektu cieplarnianego [Oniszk-Popławska 2003]. W rolnictwie źródłem emisji metanu do środowiska jest głównie fermentacja jelitowa zwierząt (74%), następnie odchody zwierzęce (25%) a także w niewielkim stopniu spalanie odpadów rolniczych (średnio 1,08 tys. ton).

Uważa się, że zmniejszenie ilości emisji  $\text{CH}_4$  do atmosfery można uzyskać poprzez właściwy dobór składników pokarmowych dla przeżuwaczy, czy stosowanie odpowiednich filtrów. Skutecznie można także ograniczyć emisję metanu poprzez odpowiednią gospodarkę odchodami w szczególności gnojowicy. W sektorze rolniczym w Polsce najskuteczniejszymi obecnie metodami zmniejszania emisji metanu do atmosfery są [Bartkowiak 2010]:

Tabela 2. Całkowita emisja gazów cieplarnianych w Polsce (średnia z lat 2003–2010)  
 Table 2. Total emission of greenhouse gases in Poland (average from years 2003–2010)

Wyszczególnienie Specification	Dwutlenek węgla Carbon dioxide	Metan Methane			Podtlenek azotu Nitrous oxide		
	średnia w tys. ton mean in thousand tonnes	średnia w tys. ton mean in thousand tonnes	udział share (%)	trend	średnia w tys. ton mean in thousand tonnes	udział share (%)	trend
Ogółem – Total	293517,05	1825,7	100	–	93,09	100	+
Rolnictwo ogółem Agriculture in total	n.w	572,64	31	+	70,38	76	+
Fermentacja jelitowa Intestinal fermentation	n.w	426,20	74	+	n.w.	n.w	n.w
Odchody zwierzęce Animals manure	n.w	145,35	25	+	18,13	26	–
Gleby rolne Agricultural soil	n.w	n.w	n.w	n.w	52,22	74	+
Spalanie odpadów rolnych Agricultural waste incineration	n.w	1,08	0	–	0,07	0	–

Źródło – Source: GUS 2012

n.w – nie występuje – not occurs,

\*Brak danych statystycznych odnoszących się do Podkarpacia – are no statistical datas relating to the Podkarpacie Region

- wykorzystanie terenów rolniczych pod uprawę roślin energetycznych,
- właściwy dobór składników pokarmowych w żywieniu zwierząt,
- optymalizacja systemów przechowywania, transportu i rozprowadzania na polu odchodów zwierzęcych,
- utylizacja odchodów zwierzęcych w biogazowniach, jako jedna z obiecujących technik w zakresie ograniczania emisji metanu, w szczególności w rejonach o dużej obsadzie zwierząt hodowlanych,
- wykorzystanie i przetwarzanie biomasy rolniczej znajdującej się w gospodarstwach rolnych (uboczne produkty rolnicze i leśne) do produkcji biogazu.

Nowe technologie w zakresie wykorzystania energetycznych produktów roślinnych oraz utylizacji odchodów pochodzenia zwierzęcego poprzez produkcję biogazu, oraz jego energetyczne wykorzystanie, to również bardzo efektywne metody redukcji metanu. Biogaz może być produkowany w gospodarstwach rolnych przy wykorzystaniu technologii beztlenowego rozkładu szczątków roślinnych i zwierzęcych. Zastosowanie technologii biogazu może przyczynić się do redukcji około połowy światowej emisji metanu z odchodów zwierząt, a tym samym do ograniczenia efektu cieplarnianego [AD-Nett...].

Innymi czynnikami zanieczyszczającymi powietrze, mogącymi pochodzić z rolnictwa są pyły (cząstki gleby). Długotrwałe zapylenie powietrza jest bardzo uciążliwe. W skrajnych przypadkach może zagrażać zdrowiu a nawet życiu ludzi. Zapylenie powietrza powstaje głównie w wyniku erozji wietrznej, oraz w wyniku ruchu maszyn i narzędzi rolniczych po powierzchni suchej gleby, transportu i stosowania niektórych nawozów. Zagrożonych erozją wietrzną jest w Polsce 86332 km<sup>2</sup> gruntów rolnych, natomiast wodną 89074,9 km<sup>2</sup> [GUS, 2012]. W województwie podkarpackim 36,3% powierzchni ogólnej narażona jest na erozję wodną i aż 17% to tereny o wysokim stopniu zagrożenia tym typem erozji. Erozją wietrzną w województwie podkarpackim zagrożonych jest 12,5% powierzchni ogólnej (tab. 3).

Tabela 3. Zagrożenia gruntów rolnych i leśnych erozją wodną i wietrzną (średnia z lat 2003–2011)  
Table 3. Agricultural and forest land threatened by surface water and wind erosion (average in years 2003–2011)

Erozja Erosion	Powierzchnia zagrożenia Risk area (km <sup>2</sup> )	Udział w powie- rzchni ogólnej Share in total area (%)	Stopień zagrożenia powierzchni ogólnej Degree of risk of total area (%)			Trend
			słaby weak	średni average	mocny strong	
Województwo podkarpackie – Province podkarpackie						
Wietrzna Windy	2232	12,5	6,8	5,6	0,1	constans
Wodna Water	6502,1	36,3	8,5	10,7	17,1	constans
Polska – Poland						
Wietrzna Windy	86332	27,6	17,3	9,3	1	constans
Wodna Water	89074,9	28,5	13,8	11	3,7	constans

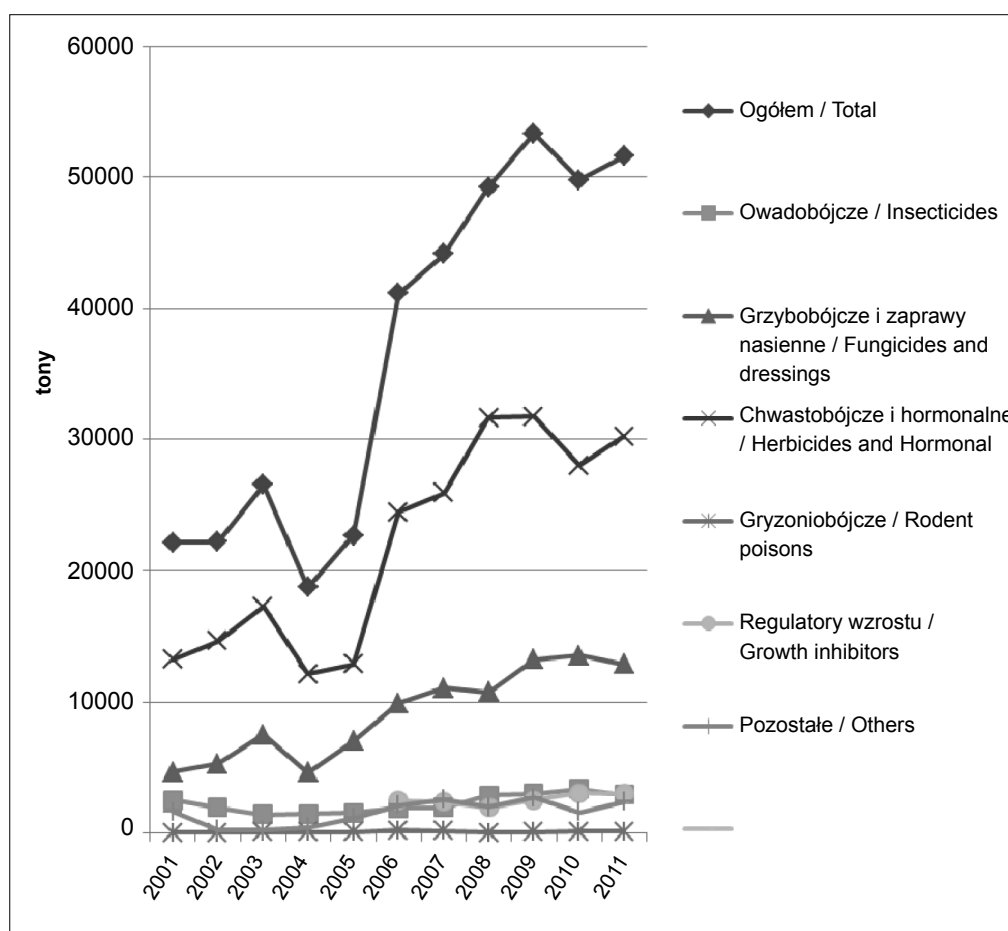
Źródło – Source: GUS 2011

Zastępowanie systemu uprawy tradycyjnej (orki), uprawą uproszczoną z wykorzystaniem mulczowania, tzw. uprawą konserwującą nabiera w Polsce coraz większego znaczenia, gdyż oprócz zmniejszenia zapylenia poprzez ograniczenie ruchu maszyn zapewnia ona także zmniejszenie zagęszczenia podglebia, chroni glebę przed erozją i ogranicza spływ powierzchniowy przez cały rok [Dexter i in. 2004]. Jej stosowanie zmniejsza także parowanie i poprawia infiltrację [Niedźwiedzki i in. 2006] oraz zwiększa zawartość substancji organicznej i aktywność biologiczną gleby [Gate i in. 2004].

Negatywny wpływ na środowisko mają również pestycydy. Intensywność ich oddziaływania zależy głównie od metody, formy i terminu ich stosowania [Miller 1991]. Środki ochrony roślin są substancjami chemicznymi, które stwarzają potencjalne zagrożenie dla środowiska, ponieważ charakteryzuje je duża aktywność biologiczna i szeroki zakres szkodliwego oddziaływania na nie [Bieńkowski 2005]. Wykorzystywanie pestycydów wpływa na rosnące zanieczyszczenie nie tylko wody i gleby, ale również powietrza. Jest to wywołane unoszeniem się

pestycydów podczas aplikacji (rozpylania) oraz emisją po-aplikacyjną. Podczas rozpylania pestycydów 30–50% rozpylanej ilości przedostaje się do atmosfery. Efekt ten wywołany jest przez lotność pestycydów. Termin emisja po-aplikacyjna obejmuje takie zjawiska, jak: erozja wietrzna gleby i parowanie pestycydów z powierzchni gleby lub roślin. Po aplikacji pestycydy występują w atmosferze w fazie gazowej, zaabsorbowane na cząstkach stałych lub są rozpuszczone w parze wodnej [Kosikowska 2009]. Ponadto mogą w swojej pierwotnej postaci lub w postaci produktów degradacji przenikać do gleby, wody, powietrza, a nawet produktów spożywczych i paszowych, stanowiąc zagrożenie dla ludzi i zwierząt [Wrzosek 2009].

Pomimo tak szkodliwego oddziaływania na środowisko, dostawy a tym samym i zużycie pestycydów w okresie lat 2001–2011 wyraźnie wzrastało (rys. 1). Po objęciu rejestracją sprzedaży



Źródło – Source: GUS 2011

\*Brak danych statystycznych odnoszących się do Podkarpacia – Are no statistical datas relating to the Podkarpacie Region

Rys.1. Sprzedaż środków ochrony roślin w Polsce (2001–2011)  
Fig. 1. Sale of pesticides in Poland (2001–2011)

wszystkich środków ochrony roślin od roku 2005 ujawnił się trend wzrostowy na wyższym pułapie ich zużycia [Jankowiak 2012]. To zwiększenie chemicznej ochrony roślin obserwowane w Polsce po przystąpieniu do UE zdaniem Matyjaszczyk [2011] oraz Falger i Jaworski [2011] może wynikać ze wzrostu dochodów ze sprzedaży produktów rolnych po wyższych cenach i dopłat, które rolnicy przeznaczali częściowo na zakup środków ochrony roślin. W 2011 roku ogólne zużycie środków ochrony roślin wynosiło 58736 ton [GUS 2012]. Największym wzrostem, a tym samym i udziałem w rynku charakteryzują się środki chwastobójcze i hormonalne. Ich zużycie w 2011 roku wynosiło 35948 ton [GUS 2012]. Zdanie Surawskiej i Malec [2003] na zużycie środków ochrony roślin ma również wpływ wielkość gospodarstw. Podają oni, że w województwie podkarpackim, z przewagą gospodarstw małych (do 15 ha), stosuje się 1–2 kg substancji aktywnej na 1 ha w porównaniu z 4–7 kg na 1 ha zużytej substancji aktywnej w województwach północnych, zachodnich oraz południowo-zachodnich z udziałem gospodarstw wielkoobszarowych (powyżej 50 ha). Na ilościowe kształtowanie się zużycia środków ochrony roślin ma wpływ struktura zasiewów, która oddziałuje również na indeks toksyczności pestycydów, wynikający z rodzaju użytych substancji aktywnych. W gospodarstwach typu roślinnego i produkcji trzody wartość indeksu toksyczności wykazywała korzystniejszy wynik niż w przypadku gospodarstw o typie produkcji bydła mlecznego [Bieńkowski 2005].

Rolnictwo jest zarówno źródłem zanieczyszczeń jak i ich odbiorcą. Skutki emisji rolniczych zanieczyszczeń widoczne są od odczuwalnych substancji odorowych uciążliwych lokalnie, do ich wkładu w długoterminowe skutki globalnego ocieplenia. Postępując zgodnie z Kodeksem Dobrej Praktyki Rolniczej przyczyniamy się do ograniczenia emisji zanieczyszczeń rolniczych, chroniąc tym samym środowisko.

## WNIOSKI

1. Najważniejszym rolniczym źródłem strat azotu w środowisku są emisje amoniaku z nawozów naturalnych. Gleby uprawne w Polsce, w tym także na Podkarpaciu, są nawożone przeciętnie małymi ilościami nawozów naturalnych. Można oczekiwać, że zmienność przestrzenna nawożenia obornikiem, uwarunkowana koncentracją chowu zwierząt, przy jednoczesnej zmienności warunków glebowych i wymagań uprawianych roślin może lokalnie przyczynić się do nadmiernych strat tego składnika z pól uprawnych.
2. Dominującymi źródłami podtlenku azotu w środowisku, biorącymi udział w nasilaniu efektu cieplarnianego i przyczyniającymi się do zanikania strefy ozonowej, są emisje gazowe tego związku z gleb rolnych oraz z odchodów zwierząt. W ogólnej puli emitowanych gazów cieplarnianych w Polsce 76% podtlenku azotu pochodzi z rolnictwa.
3. Pomimo wprowadzenia w ostatnim czasie pestycydów odznaczających się dużą skutecznością przy niższych dawkach indeks toksyczności pestycydów na środowisko utrzymuje wciąż wysokie wartości. Zużycie pestycydów na przestrzeni lat 2001–2011 rośnie. Największym udziałem w rynku charakteryzują się środki chwastobójcze i hormonalne, które w 2011 roku stanowiły 61% ogólnej ilości stosowanych pestycydów.
4. Możliwości redukcji emisji metanu w sektorze rolniczym w Polsce stwarzają nowe technologie w zakresie wykorzystania energetycznych produktów roślinnych oraz produkcja biogazu z odchodów pochodzenia zwierzęcego.



## PIŚMIENNICTWO

- AD-Nett The European Anaerobic Digestion Network. AD Nett (<http://www.adnett.org>).
- Bartkowiak A. 2010. Opracowanie sektorowego planu działań określającego obszary współpracy w ramach partnerstwa „Methane to markets” w zakresie zmniejszenia metanu z rolnictwa. Wyd. ITP Poznań: 23.
- Bieńkowski J. 2010. Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku w Polskim rolnictwie w latach 2005–2007. *Fragm. Agron.* 27(1): 21–31.
- Bieńkowski J., Jankowiak J., Hołodyńska I. 2005. Zastosowanie wielokryterialnego indeksu oceny oddziaływania pestycydów na środowisko w różnych typach gospodarstw rolniczych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 45(1): 52–59.
- Carpenter S.R., Caraco N.R., Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol. Appl.* 8: 559–568.
- Dexter A.R., Czyż E.A., Niedźwiecki J. 2004. Water run-off as affected by the distributions of values of hydraulic conductivity of the soil. *Ann. Rev. Agric. Eng.* 3(1): 87–96.
- Directive 2001/81/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2001 on the national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. *OJ.* 44.L.309: 22–30.
- Erisman J., Bleeker A., Hansen A., Vermeulen A. 2008. Agricultural air quality in Europe and the future perspectives. *Atmos. Environ.* 42: 3209–3217.
- Falger P., Jaworski R. 2011. Udział kosztów chemicznej ochrony roślin w wybranych uprawach polowych w latach 2003–2009. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.* 51(4): 1455–1463.
- Gate O.P., Czyż E.A., Dexter, A.R. 2004. Effects of readily-dispersible clay on soil quality and root growth. In: *Plant Growth in Relation to Soil Physical Conditions.* Lipiec J., Walczak R., Józefaciuk G. (Eds.). Institute of Agrophysics, Lublin: 48–56.
- Hellsten S., Dragosits U., Place C.J., Vieno M., Dore A.J., Misselbrook T.H., Tang Y.S., Sutton M.S. 2008. Modelling the spatial distribution of ammonia emissions in the UK. *Environ. Pollut.* 154: 370–379.
- Hunt J.W., Anderson B.S., Phillips B.M., Tjeerdema R.S., Puckett H.M., de Vlaming V. 1999. Patterns of aquatic toxicity in an agriculturally dominated coastal watershed in California. *Agric. Ecosyst. Environ.* 75: 75–91.
- Jankowiak J., Bieńkowski J., Holka M., Dąbrowicz R. 2012. Zużycie środków ochrony roślin na tle zmian w produkcji rolniczej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 52(4): 1177–1183.
- Kosikowska M., Biziuk M. 2009. Przegląd metod oznaczania pozostałości pestycydów w próbkach powietrza. *Ecol. Chem. Eng.* 16(52): 207–220.
- Krupa S.V. 2003. Effects of atmospheric ammonia (NH<sub>3</sub>) on terrestrial vegetation: a review. *Environ. Pollut.* 124: 179–221.
- Marcinkowski T. 2002. Identyfikacja strat azotu w towarowych gospodarstwach rolnych Żuław Wiślanych. *Woda Środ. Obsz. Wiej., Rozpr. Nauk. Monogr.* 1: ss. 80.
- Marcinkowski T. 2010. Emisja gazowych związków azotu z rolnictwa. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 10(3): 175–189.
- Marcinkowski T., Kierończyk M. 2006. Emisja amoniaku z wybranych nawozów naturalnych i mineralnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 512: 411–419.
- Marcinkowski T., Sapek A. 1999. Estimation of ammonia emissions from agricultural source in Poland. W: *Nitrogen cycle and balance in Polish agriculture. Conf. Proceed. Falenty/Nadarzyn, 1–2 December 1999:* 140–148.
- Matyjaszczyk E. 2011. Analiza zmian ustawodawstwa z zakresu ochrony roślin pod kątem bezpieczeństwa żywności, ludzi i środowiska. Wyd. IOR-PIB Poznań, *Rozpr. Nauk.* 25: ss. 130.
- Merrington G. 2005. *Agricultural pollution*, London: 1–8.
- Miller P.C.H. 1991. Agricultural sprayer design to minimize environmental contamination. In: *Chemistry, Agriculture and the Environment.* Richardson M.L. (Eds.). Royal Society of Chemistry, Cambridge: 308–331.
- Niedźwiecki J., Czyż E.A., Dexter A.R. 2006. Przewodność hydrauliczna warstwy ornej gleb w zależności od parametrów fazy stałej gleby. *Pam. Puł.* 148: 297–307.
- Ochrona środowiska 2012. GUS, Warszawa: 118–227.

- OECD 2006 ([www: oecd.org](http://www.oecd.org)).
- Oniszk-Popławska A., Zowsik M., Wiśniewski G. 2003. Produkcja i wykorzystanie biogazu rolniczego, Europejskie Centrum Energii Odnawialnej EC/BREC/IMBER, Gdańsk-Warszawa: 1.
- Pietrzak S. 2000. Gospodarowanie nawozami organicznymi pochodzenia zwierzęcego w aspekcie ochrony jakości wody. W: *Dobre praktyki w rolnictwie* Pietrzak S. (red.). Przysiek: 38–51.
- Pietrzak S. 2006. Metoda inwentaryzacji emisji amoniaku ze źródeł rolniczych w Polsce i jej praktyczne zastosowanie. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 6(1): 319–334.
- Pinder R.W., Adams P.J., Pandis S.N., Gilliland A.B. 2006. Temporally resolved ammonia emission inventories: current estimates, evaluation tools, and measurement needs. *J. Geophys. Res. Atmos.* 111, D16310.
- Plodzik M. 2000. Odchody zwierząt pozostawione na pastwisku a ochrona środowiska. W: *Dobre praktyki w rolnictwie*. Pietrzak S. (red.). Przysiek: 52–59.
- Population Clock ([www.census.gov/popclock](http://www.census.gov/popclock))
- Protocol to the 1979 Convention on long-range transboundary air pollution to abate acidification eutrophication and ground-EB.AIR/1999/1. United Nations Economic and Social Council, Executive Body. Seventeenth Session, Gothenburg, Sweden, 29 November – 3 December 1999: 71.
- Sapek A. 2008. Emisja tlenków azotu (NO<sub>x</sub>) z gleb uprawnych i ekosystemów naturalnych do atmosfery. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 8(1): 283–304.
- Schultz R. 2004. Field studies on exposure, effects and risk mitigation of aquatic nonpoint-source insecticide pollution: a review. *J. Environ. Quality* 33: 419–448.
- Surawska M., Malec M. 2003. Monitorowanie zużycia środków ochrony roślin w Polsce. *Ochr. Roślin* 4: 3–5.
- Tilmon D., Cassman K., Matson P., Naylon R., Polasky S. 2002 Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671–677.
- Van Jaarsveld J.A. 2004. The operational priority substances model: description and validation of OPS-pro 4.1. RIVM Report No. 500045001/2004. Bilthoven: National Institute of Public Health and Environmental.
- Wójcicki Z. 2008. Systemy produkcji rolniczej w Polsce. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. *PAN Kraków* 2: 27–37.
- Wrzosek J., Gworek B., Maciaszek D. 2009. Środki ochrony roślin w aspekcie ochrony środowiska. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 39:75–88.

D. BOBRECKA-JAMRO, E. JANOWSKA-MIĄSIK

## GASEOUS ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM AGRICULTURE AND STRATEGIES OF THEIR LIMITATION

### Summary

The aim of this study was to assess the various types of gaseous pollution from agriculture during the years 2003–2012 and strategy of their limitation. The analyzed data shows that the main agricultural pollutant is ammonia, whose loss from natural fertilizers often exceed 80% of the original content of nitrogen. Nitrous oxide formed as a by-product of nitrification and denitrification process is very important because its emission in Poland amounts 76% in the total volume of greenhouse gases emissions (GHG) from agriculture. Predominant source of methane, which is the second major gas contributing to GHG emission is enteric fermentation in 74% and animal waste in 25%. New technologies that use energetic crops and animal disposal excreta through the production of biogas, as well as their energetic utilization are the most effective methods of reducing methane emission.

**Key words:** ammonia, biogas, methane, pesticides, nitrous oxide

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 19.03.2014

Do cytowania – *For citation*:

Bobrecka-Jamro D., Janowska-Miąsik E. 2014. Zanieczyszczenia gazowe środowiska pochodzące z rolnictwa i strategię ich ograniczania. *Fragm. Agron.* 31(3): 30–40.