

Wpłynęło 11.07.2012 r.
Zrecenzowano 25.09.2012 r.
Zaakceptowano 28.09.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

ANALIZA WYBRANYCH CZYNNIKÓW KSZTAŁTUJĄCYCH EMISJĘ AMONIAKU PODCZAS PRZECHOWYWANIA OBORNIKA W WARUNKACH EKSPLOATACYJNYCH

Marek KIEROŃCZYK ABCDEF

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Żuławski Ośrodek Badawczy w Elblągu

Streszczenie

Celem pracy było przeprowadzenie badań emisji amoniaku podczas przechowywania obornika w typowych warunkach eksploatacyjnych i ocena wpływu parametrów przechowywania na intensywność tej emisji. W latach 2003–2007 przeprowadzono 130 jednostkowych pomiarów emisji amoniaku na składowiskach obornika w trzech wybranych gospodarstwach mlecznych, wykorzystując mikrometeorologiczną metodę dozymetrii pasywnej. Roczne straty azotu w formie amoniaku wynosiły od 31,7 do 33,4% jego wyjściowej ilości zdeponowanej na składowisku. Do najważniejszych czynników wpływających na ulatnianie się amoniaku z gnojowni należały warunki techniczno-technologiczne przechowywania nawozów oraz czynniki meteorologiczne.

Słowa kluczowe: emisja amoniaku, gospodarstwo rolne, obornik, przechowywanie

WSTĘP

Uwalnianie się amoniaku do atmosfery ze źródeł rolniczych stanowi istotny problem w wymiarze gospodarczym oraz ekologicznym. W krajach Unii Europejskiej przywiązuje się ogromną wagę do określania oraz ograniczania negatywnych skutków, wynikających z rozpraszania składników nawozowych. Produkcja rolna uważana jest za główne źródło zanieczyszczenia środowiska azotem [KOREVAAR 1992; PEEL i in. 1997]. W latach 80. XX w. względnie niskie ceny zakupu nawozów mineralnych wpłynęły na wzrost stosowanych dawek nawożenia azotowego na grunty rolne, co spowodowało zwiększenie produkcji zwierzęcej, w tym mlecz-

nej. Niewątpliwie skutkowało to zaburzeniem równowagi składników nawozowych w środowisku [SAPEK 1995; VIETS, HAGEMAN 1971]. Od połowy XX w. udział azotu pochodzącego z rolnictwa w antropogenicznym zanieczyszczeniu atmosfery wzrósł prawie o 50%. Wielu autorów [ASSMAN i in. 1998; JARVIS 1994; MYCZKO 2009] w systematycznym wzroście intensywności produkcji zwierzęcej upatruje głównej przyczyny tych zmian. Chów bydła mlecznego, w odróżnieniu od innych kierunków produkcji zwierzęcej, charakteryzuje się dużymi stratami azotu z odchodów zwierzęcych, który rozpraszany jest głównie do wody i powietrza [SAPEK 1995; TAMMINGA 1992]. Powszechnie wiadomo, że wykorzystanie azotu pochodzącego z paszy dla bydła do produkcji mięsa i mleka jest niewielkie. Jego przyswajalność oceniana jest na zaledwie 14% [SAPEK 1995; TAMMINGA 1992].

Emisja azotu w formie amoniaku podczas zagospodarowywania nawozów naturalnych szacowana jest na ok. 80% [PIETRZAK 2006]. Pozostałe 20% pochodzi przede wszystkim z rozpraszania azotu z syntetycznych nawozów azotowych, głównie saletry amonowej i mocznika, powszechnie stosowanych w nawożeniu roślin [HARRISON, WEBB 2001; PIETRZAK 2006; SAPEK 1995].

Na etapie przechowywania nawozów naturalnych straty azotu w formie amoniaku wynoszą od ok. 20 do ponad 50% [CHADWICK 2005; MARCINKOWSKI 2000], straty na etapie ich aplikacji na gruntach rolnych od ok. 25 do 95%, [SAPEK 1995], w budynkach inwentarskich ok. 10% [KUCZYŃSKI i in. 2005], a na pastwiskach do 15% [PIETRZAK 2006; SAPEK 1995;].

Poszukiwanie skutecznych sposobów ograniczania strat amoniaku w rolnictwie to również doskonalenie technologii i warunków przechowywania nawozów. Celem pracy było oszacowanie rocznych strat amoniaku w gnojowniach w warunkach rzeczywistej produkcji rolniczej, w wybranych, żuławskich gospodarstwach mlecznych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania emisji amoniaku z gospodarskich składowisk nawozów naturalnych prowadzono w latach 2003–2007 w trzech wybranych, towarowych gospodarstwach rolnych, które umownie oznaczono symbolami: G1, G2 i G3 (tab. 1).

Dobowy strumień uwalnianego do atmosfery azotu amoniakalnego określano wykorzystując mikrometeorologiczną metodę dozometrii pasywnej [FERM i in. 2005; KIEROŃCZYK, MARCINKOWSKI 2004; SCHJOERING 1992]. Jednocześnie prowadzono pomiary parametrów meteorologicznych, określając w pobliżu przyrządy temperaturę powietrza T_a , prędkość wiatru v , wilgotność względną powietrza RH oraz mierzono temperaturę stosu T_h na głębokości 20 cm. Ponadto pobierano próby świeżego obornika w celu wykonania analiz chemicznych, w tym określenia stosunku C:N oraz ogólnej zawartości azotu i udziału w niej formy amonowej.

Tabela 1. Charakterystyka badanych gospodarstw**Table 1.** Characteristics of studied farms

Gospodarstwo Farm	Powierzchnia, ha Surface area, ha		Średnioroczny stan pogłowia zwierząt Mean annual animal stock DJP LU	Liczba krów Number of cows	Roczna pro- dukcja mleka Annual milk production tys. kg thousands kg	Średnia wydaj- ność mleczna Mean milk efficiency kg
	gospodarstwa farm	użytków zielonych grasslands				
G1	39	15,4	49	24	160	6 720
G2	50	26,0	61	32	213	6 570
G3	34	17,0	51	25	200	8 215

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Pomiary w gnojowniach prowadzono w warunkach ciągłej ich eksploatacji, tj. systematycznego, codziennego dostarczania na składowisko nowej porcji produkowanego nawozu.

Gospodarstwo G1. Średnioroczny stan pogłowia zwierząt wynosił 49 DJP, w tym 24 krowy. Obiektem badawczym była płyta gnojowa o powierzchni 176 m², otoczona z trzech stron murem oporowym o wysokości 20 cm, z centralnie umieszczoną kratką na odcieki do podziemnego zbiornika na gnojówkę. Powierzchnia składowanego nawozu kształtowała się w przedziale od 120 do 165 m², w warunkach średniej wysokości przyzmy 2,0–2,5 m. Obornik z budynku inwentarskiego usuwano ręcznie, rozrzucając luźno na całej powierzchni płyty. Dziennie dostarczano na przyzmy od 0,75 (w okresie wypasu) do 2,50 t (w okresie jesienno-zimowym) świeżego obornika.

Gospodarstwo G2. Średnioroczny stan pogłowia zwierząt wynosił 61 DJP, w tym 32 krowy. Obiektem badawczym była płyta gnojowa o powierzchni 144 m² (bez muru oporowego) z centralnie usytuowaną kratką na odcieki kierowane do podziemnego zbiornika na gnojówkę. Składowany obornik zajmował powierzchnię od 75 do 139 m², w warunkach średniej wysokości 3,0 m. W tym gospodarstwie, w celu ograniczenia objętości przechowywanego nawozu, stosowano minimalne ilości ściółki dla zwierząt. Na składowisko obornika podczas okresu żywienia pastwiskowego dostarczano ok. 0,5 t, a w okresie zimowym ok. 1,7 t świeżego obornika w ciągu doby.

Gospodarstwo G3. Średnioroczny stan pogłowia zwierząt wynosił 51 DJP, w tym 25 krowy. Obiekt badawczy stanowiła płyta gnojowa o powierzchni 120 m² z murem oporowym o wysokości 1,5 m (z dwóch stron). W centralnym miejscu płyty znajdowała się kratka na odcieki, którą odprowadzano je do podziemnego zbiornika na gnojówkę. Składowany obornik zajmował powierzchnię od 54 do 127 m², w warunkach średniej wysokości przyzmy nieprzekraczającej 2,0 m. Ilość dostarczanego na płytę świeżego obornika w okresie pastwiskowym wynosiła ok. 0,5 t, a w okresie jesienno-zimowym około 1,5 t w ciągu doby.

We wszystkich gospodarstwach świeży obornik składowany na płytach gnojowych dwukrotnie w ciągu roku poddawano analizie chemicznej i oznaczano w nim przede wszystkim azot ogólny i azot amonowy. Średnia zawartość azotu w świeżym nawozie (tab. 2) zawierała się w przedziale od 4,1 do 4,6 $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$, natomiast średnia zawartość azotu amonowego kształtowała się między 0,2 a 0,7 $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$. Stosunek C:N w oborniku pochodzącym z gospodarstwa G1 był stosunkowo szeroki i wynosił 45:1, w pozostałych gospodarstwach kształtował się na poziomie 27:1 i 30:1.

Tabela 2. Właściwości obornika składowanego w gospodarstwach ($n = 10$)

Table 2. Properties of FYM stored at farms ($n = 10$)

Gospodarstwo Farm	Zawartość suchej masy, % Percent of dry matter	Średnia zawartość azotu Mean content of		Średnia wartość C:N Mean C:N
		całkowitego total nitrogen $\text{kg N}\cdot\text{t}^{-1}$	amonowego ammonium- nitrogen $\text{kg N-NH}_4\cdot\text{t}^{-1}$	
G1	26,0	4,6	0,67	45:1
G2	16,0	4,1	0,20	27:1
G3	18,5	4,2	0,70	30:1

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

WYNIKI I DYSKUSJA

W poszczególnych gospodarstwach wykonano w latach 2003–2007 łącznie 130 pomiarów dobowej emisji amoniaku z gnojowni.

Średnia masa uwalnianego do atmosfery amoniaku z gnojowni w gospodarstwie G1 w ciągu doby kształtowała się w przedziale od 1067 do 3601 g N-NH_3 , co w przeliczeniu na powierzchnię składowanego obornika odpowiadało 7,05 i 25,27 $\text{g N-NH}_3\cdot\text{m}^{-2}$ (tab. 3), a w odniesieniu do średniego stanu pogłównia zwierząt wynosiło 22,22 i 67,92 $\text{g N-NH}_3\cdot\text{DJP}^{-1}$. Zdecydowanie największą emisję amoniaku z gnojowni stwierdzono w okresie jesienno-zimowym, tj. w czasie, gdy masa codziennie dostarczanego nawozu na składowisko była największa. W gospodarstwie tym stosowano również stosunkowo dużą ilość ściółki ($> 5 \text{ kg}\cdot\text{DJP}^{-1}$), co miało swoje odzwierciedlenie w wartości stosunku C:N (45:1), jak również mogło powodować zwiększenie emisji amoniaku.

Masa ulatniającego się w ciągu doby amoniaku z gnojowni gospodarstwa G2 (tab. 3) wynosiła od 661 do 2502 g N-NH_3 . W odniesieniu do powierzchni składowania stanowiło to odpowiednio 5,48 do 19,86 $\text{g N-NH}_3\cdot\text{m}^{-2}$, a w odniesieniu do średniego stanu pogłównia zwierząt 11,57 i 40,54 $\text{g N-NH}_3\cdot\text{DJP}^{-1}$. Podobnie jak w gospodarstwie G1 kształtowała się sezonowa zmienność masy ulatniającego się

amoniaku z gnojowni. Jednak bezwzględna masa emitowanego gazu była wyraźnie mniejsza niż w gospodarstwie G1. W znacznym stopniu należy to tłumaczyć stosowanymi w gospodarstwie G2 warunkami techniczno-technologicznymi przechowywania i składowania nawozów, w tym ograniczaniem powierzchni przyzmy przez podwyższanie stosu z obornikiem oraz stosunkowo niewielką ilością stosowanej ściółki ($< 4 \text{ kg} \cdot \text{DJP}^{-1}$).

Dobowa emisja amoniaku z płyty gnojowej w gospodarstwie G3 (tab. 3) zawierała się między 561 a 1862 g N-NH₃. W odniesieniu do powierzchni składowania stanowiło to odpowiednio 4,59 do 15,11 g N-NH₃·m⁻², a w odniesieniu do średniego pogłowia zwierząt 12,88 do 35,95 g N-NH₃·DJP⁻¹. Sezonowość w ocenie dobowej emisji amoniaku z gnojowni w gospodarstwie G3 kształtowała się podobnie, jak we wcześniej opisanych gospodarstwach G2 i G3.

Wyniki uzyskane podczas pomiarów emisji amoniaku z gnojowni ($n = 130$) poddano analizie statystycznej (tab. 4). Na podstawie uzyskanych równań regresji liniowej jednokrotnej stwierdzono istotną statystycznie zależność między emisją amoniaku $E_{\text{g} \cdot \text{m}^{-2}}$ a temperaturą powierzchni przyzmy T_h ($R = 0,64^{**}$), emisją amoniaku $E_{\text{g} \cdot \text{m}^{-2}}$ a gradientem temperatur ΔT ($R = 0,64^{**}$), natomiast w mniejszym stopniu emisja $E_{\text{g} \cdot \text{m}^{-2}}$ zależna była od średniej dobowej wilgotności względnej powietrza RH ($R = 0,40^{**}$), jak również od prędkości wiatru v ($R = 0,29^{**}$).

Z przyzmy obornika w gospodarstwach G1, G2 i G3 uwalniało się w ciągu doby (zależnie od pory roku) od 561 do 3601 g N-NH₃ (tab. 3). Roczne straty amoniaku do atmosfery, w zależności od gospodarstwa wynosiły od 278 kg N-NH₃ (w gospodarstwie G3) do 583 kg N-NH₃ (w gospodarstwie G1) (tab. 5).

Największe straty amoniaku na składowiskach obornika zanotowano w miesiącach, kiedy zwierzęta przez całą dobę przebywały w budynkach inwentarskich. W gospodarstwie G1 było to w grudniu, w warunkach średniej dobowej temperatury powietrza -2°C , prędkości wiatru $2,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ i wilgotności względnej 92% oraz w styczniu, w warunkach średniej dobowej temperatury powietrza -5°C , prędkości wiatru $3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ i wilgotności 86%. We wszystkich gospodarstwach w okresie zimowym warunki meteorologiczne były zbliżone, a zwiększona ilość nawozu dostarczanego na przyzmy niewątpliwie potęgowała ilość traconego amoniaku.

Na podstawie wykonanych pomiarów oszacowano roczne straty azotu w formie amoniaku podczas składowania obornika w gnojowniach. W odniesieniu do początkowej ilości azotu zdeponowanego na przyzmy kształtowały się one w przedziale od 31,7 do 33,4%. Uzyskane w tym doświadczeniu wielkości emisji były większe, niż podawane przez innych autorów [CHADWICK 2005; ISERMANN 1991; MARCINKOWSKI 1999; SVENSSON 1991], gdzie straty w gnojowniach stanowiły od 5 do 20% początkowej zawartości azotu. Prawdopodobnie istotnym czynnikiem powodującym taki stan była stosunkowo szeroka wartość stosunku C:N w nawozach zdeponowanych na składowisko. W gospodarstwie G1 wynosił on 45:1, a w pozostałych (G2, G3) przyjmował wartości odpowiednio 27,5:1 i 30:1. Celowe wydaje się więc podejmowanie dalszych działań ukierunkowanych na weryfikację

Tabela 3. Średnia dobową emisję amoniaku (N-NH₃) z gnojowiny
Table 3. Daily mean emission of ammonia (N-NH₃) from manure pit

Miesiąc Month	Liczba pomiarów Numbers of measurements	Średnia dobową emisję amoniaku E Daily mean emission of ammonia E			Liczba zwierząt Livestock LU	Powierzchnia przysmy Surface area of a heap m ²	Średnia dobową temperaturę Mean daily temperatures of			Prędkość wiatru Wind velocity m·s ⁻¹	Wilgotność względna Relative humidity %
		g	g·m ⁻²	g·DJP ⁻¹ g·LU ⁻¹			przysmy heap T _h	powietrza air T _a	ΔT ⁽¹⁾		
I	4	3601	25,27±1,72	67,92±4,62	6	7	8	9	10	11	12
					Gospodarstwo G1 Farm G1						
I	4	3601	25,27±1,72	67,92±4,62	53	142	59	-5	64	3,0	86
II	4	2474	16,48±1,44	47,78±2,69	52	150	49	6	43	1,8	80
III	4	2013	12,79±1,84	40,39±5,00	50	157	28	5	23	1,6	82
IV	4	2821	17,12±1,65	55,24±3,85	51	165	27	11	16	2,0	84
V	5	1345	8,80±0,81	27,61±1,86	49	153	25	14	11	1,6	74
VI	3	1067	7,05±0,67	22,22±2,16	48	151	27	21	6	1,7	75
VII	10	1768	11,65±1,52	35,65±4,54	50	152	33	22	11	2,5	77
VIII	5	2056	15,14±2,64	39,54±1,91	51	136	43	15	28	1,5	72
IX	3	1372	11,04±3,39	27,70±9,73	50	124	33	10	23	1,7	80
X	3	2801	23,34±1,03	55,65±1,30	50	120	48	5	43	2,3	88
XI	4	3200	22,65±0,89	61,57±2,61	52	141	53	4	49	2,7	87
XII	5	3398	22,53±1,15	64,11±3,20	53	151	55	-2	57	2,9	92
					Gospodarstwo G2 Farm G2						
I	3	1683	12,11±1,16	28,01±1,14	60	139	48	-3	51	2,2	90
II	3	1432	10,40±2,23	24,72±4,24	58	138	36	-1	37	1,7	91
III	3	1150	8,30±0,47	20,54±1,26	56	139	29	8	21	1,6	85
IV	3	1167	8,71±1,13	20,83±2,73	56	134	29	13	16	2,2	76
V	3	661	5,48±3,02	11,57±6,65	58	121	32	17	16	1,4	77
VI	3	1082	10,14±3,13	17,82±0,10	58	107	32	23	9	1,9	79

cd. tab. 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VII	4	849	11,35±0,88	15,13±0,98	56	75	29	25	4	1,7	82
IX	5	1493	16,63±5,16	25,78±11,93	60	90	37	11	26	1,2	75
X	3	1385	17,31±4,55	23,43±4,97	58	80	37	7	30	2,5	87
XI	3	2502	19,86±1,05	40,54±1,66	62	126	55	-2	57	3,2	84
XII	4	2476	17,94±0,86	39,92±1,54	62	138	54	1	53	1,4	96
Gospodarstwo G3 Farm G3											
I	3	1665	13,18±2,42	30,60±5,32	54	126	45	-2	47	2,0	78
II	3	1330	11,24±0,58	25,09±1,24	53	118	41	3	38	0,7	91
III	3	1040	10,07±3,85	23,51±12,94	47	104	34	6	28	1,1	78
IV	2	744	8,75±1,77	16,82±4,50	45	85	29	10	19	1,5	69
V	5	821	7,04±1,28	17,69±2,42	46	117	34	18	16	0,9	74
VI	3	561	4,59±1,44	12,88±4,73	44	122	33	18	15	1,6	70
VII	3	700	5,51±0,78	15,66±2,07	45	127	34	23	11	1,1	79
IX	6	1416	26,22±11,66	20,34±5,02	52	54	44	11	33	0,9	79
X	3	1388	25,24±4,79	26,23±3,97	53	55	46	6	40	2,4	86
XI	4	1528	17,31±8,85	25,61±7,88	54	88	45	6	39	1,7	80
XII	4	1862	15,11±1,32	35,95±4,13	52	123	50	-3	53	2,6	91

¹⁾ $\Delta T = T_h - T_a$

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 4. Zależność między emisją amoniaku z powierzchni płyty $E_{g\cdot m^{-2}}$, temperaturą przyzmy T_h , wilgotnością względną powietrza RH oraz prędkością wiatru v oraz gradientem temperatur ΔT , na podstawie regresji liniowej

Table 4. The relationship between daily ammonia emission from surface of manure heap $E_{g\cdot m^{-2}}$ and heap temperature T_h , relative humidity RH , wind velocity v and temperature gradient ΔT based on linear regression

Numer równania Number of equation	Równanie regresji Regression equation	Wartość testu t -Studenta Student t -test t_{emp}	Współczynnik korelacji R Regression coefficient R
1	$E_{g\cdot m^{-2}} = 0,42T_h + 1,88$	9,54**	0,64**
2	$E_{g\cdot m^{-2}} = 0,23\Delta T + 7,48$	9,41**	0,64**
3	$E_{g\cdot m^{-2}} = 0,36RH - 15,27$	5,08**	0,40**
4	$E_{g\cdot m^{-2}} = 2,21v + 10,35$	3,42**	0,29**

* istotne statystycznie, gdy $\alpha < 0,05\%$ $n = 130$. ** istotne statystycznie, gdy $\alpha < 0,01\%$ $n = 130$.

* statistically significant at $\alpha < 0.05\%$, $n = 130$. ** statistically significant at $\alpha < 0.01\%$; $n = 130$.

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

Tabela 5. Szacowane straty amoniaku podczas składowania obornika w gospodarstwach

Table 5. Estimated losses of ammonia-nitrogen during manure storage at farms

Gospodarstwo Farm	Średnioroczna ilość azotu na gnojowni Mean amount of nitrogen in manure pit kg N	Ilość azotu traconego podczas składowania Losses of nitrogen during storage kg N-NH ₃	Straty N Percent N losses %	Wskaźnik strat kg N·DJP ⁻¹ Coefficient of losses kg N·LU ⁻¹
G1	1 840	583	31,7	11,9
G2	1 063	354	33,4	5,8
G3	839	278	33,2	5,5

Źródło: wyniki własne. Source: own studies.

uzyskanych zależności. Uwzględnione w nich powinny być między innymi zmieniające się zarówno warunki klimatyczne w Polsce, jak i sposoby zagospodarowania odchodów zwierzęcych, zwłaszcza w gospodarstwach prowadzących przemysłową produkcję mleka i żywca wołowego.

WNIOSKI

1. W badanych żuławskich gospodarstwach rolnych roczne straty azotu w formie amoniaku na etapie składowania obornika wynosiły od 31,7 do 33,4% początkowej jego zawartości w nawozie.

2. Największe bezwzględne wartości emisji amoniaku E_g z gospodarskich składowisk obornika obserwowano w okresie całodobowego przebywania zwierząt

w budynku inwentarskim, co niewątpliwie wiązało się z masą składowanego nawozu.

3. Uzyskane wyniki pomiarów emisji amoniaku, odniesione do powierzchni składowanego obornika ($E_{g\cdot m^{-2}}$), wskazują na wyraźny wpływ czynników klimatycznych, w tym na istotny udział gradientu temperatur (ΔT), na uwalnianie się tego gazu z gnojowni.

LITERATURA

- ASSMAN W.H., SUTTON M., SCHJORRING J.K. 1998. Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. *New Phytologist*. Vol. 1. Iss. 139 s. 27–48.
- CHADWICK D.R. 2005. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps effect of compaction and covering. *Atmospheric Environment*. Vol. 4 s. 787–799.
- FERM M., MARCINKOWSKI T., KIEROŃCZYK M., PIETRZAK S. 2005. Measurements of ammonia emissions from manure storing and spreading stages in Polish commercial farms. *Atmospheric Environment*. Vol. 39 s. 7106–7113.
- HARRISON R., WEBB J. 2001. A review of the N fertilizer type on gaseous emissions. *Advances in Agronomy*. Vol. 73 s. 65–108.
- ISERMANN K. 1991. Ammonia emission from agriculture as a component of its nitrogen balance and some proposals for their adequate reduction. W: *Nitrogen and Agriculture International Workshop*, 9–11.04.1991, Schleswig. *Baltic Sea Environmental Proceedings*. No. 44 Kopenhaga. Danish Environmental Protection Agency s. 48–96.
- JARVIS S.C. 1994. The pollution potential and flows of nitrogen to waters and atmosphere from grassland under grazing. W: *Pollution in livestock production systems*. Pr. zbior. Red. I. Ap Dewi, R.F.E. Axford, M. Fayez, M. Marai, H.M. Omed. Wallingford. CAB International s. 227–239.
- KIEROŃCZYK M., MARCINKOWSKI T. 2004. Pomiar emisji amoniaku ze źródeł rolniczych metodą mikrometeorologicznej dozymetrii pasywnej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 4. Z. 2a (11) s. 537–546.
- KOEREVAAR H., 1992. The nitrogen balance on intensive Dutch dairy farm: a review. *Livestock Production Science*. Vol. 1–2 s. 17–27.
- KUCZYŃSKI T., DAEMMGEN U., KLIMONT Z., KRES-TOMCZAK K., MYCZKO A., SŁOBODZIAN-KSENICZ O., 2005. Ammonia emissions in Poland: inventory projections, uncertainties. W: *Emissions from European agriculture*. Wageningen. Wageningen Academic Publishers s. 217–230.
- MARCINKOWSKI T. 1999. Pomiar i emisja amoniaku do atmosfery z gospodarskich składowisk nawozów organicznych pochodzenia zwierzęcego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*. Nr 18 s. 511–518.
- MARCINKOWSKI T. 2000. Emisja amoniaku z gospodarskich składowisk obornika w świetle pomiarów ilościowych. *Zeszyty Naukowe AR Szczecin*. Z. 84 s. 269–274.
- MYCZKO A. 2009. Metody magazynowania nawozów naturalnych w gospodarstwach rolnych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 9 s. 39–48.
- PEEL S., CHAMBERS B.J., HARRISON R., JARVIS S.C. 1997. Reducing nitrogen emissions from complete dairy farm systems. W: *Gaseous nitrogen emissions from grassland*. Pr. zbior. Red. S.C. Jarvis, B.F. Pain. Wallingford. CAB International s. 383–390.
- PIETRZAK S. 2006. Straty amoniaku z nawozów naturalnych i ich konsekwencje środowiskowe. *Nawozy i Nawożenie*. Nr 4 s. 186–203.
- SCHJOERING J., SOMMER S.G. FERM M. 1992. A simple passive sampler for measuring ammonia emission in the field. *Water, Air and Soil Pollution*. Vol. 62 s. 13–24.

- SAPEK A. 1995. Emisja amoniaku z produkcji rolnej. Postępy Nauk Rolniczych. Nr 2 s. 3–23.
- SVENSSON L. 1991. Ammonia losses from slurry storages. Review of research and measures of reduction. W: Environmental Challenges and Solutions in Agricultural Engineering. Ås. Agricultural University of Norway s. 64–72.
- TAMMINGA S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. Journal of Dairy Science. Vol. 1 (75) s. 345–357.
- VIETS F.G., HAGEMAN R.H. 1971. Factors affecting the accumulation of nitrates in soil, water and plants. Agricultural Research Service. United State Department of Agriculture Handbook. No. 413 ss. 63.

Marek KIEROŃCZYK

ANALYSIS OF SELECTED FACTORS AFFECTING AMMONIA EMISSION DURING STORAGE OF FARMYARD MANURE UNDER EXPLOITATION CONDITIONS

Key words: ammonia emission, farm, farmyard manure, storage

S u m m a r y

The aim of this study was to measure ammonia emission during manure storage under operation conditions and to estimate the effect of storage parameters on its intensification. One hundred and thirty measurements of ammonia emissions were made in the years 2003–2007 at farmyard manure heaps in several dairy farms using micrometeorological passive dosimetry method. Annual losses of ammonia-nitrogen ranged between 31.7 and 33.4% of its initial amount deposited on a manure heap. The most important factors affecting ammonia volatilization from manure heaps were: technical and technological conditions and meteorological factors.

Do cytowania For citation: Kierończyk M. 2012. Analiza wybranych czynników kształtujących emisję amoniaku podczas przechowywania obornika w warunkach eksploatacyjnych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 3 (39) s. 93–102.