

Anna SMURZYŃSKA, Jacek DACH, Zbigniew DWORECKI, Wojciech CZEKAŁA

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Inżynierii Biosystemów
ul. Wojska Polskiego 50, 60-627 Poznań
e-mail: anna.smurzynska@up.poznan.pl

Emisje gazowe podczas gospodarki gnojowicą

Rozwój intensywnej produkcji zwierzęcej przyczynia się do skażenia środowiska naturalnego. Jednym z czynników powodujących degradację gleb, wód i atmosfery są odchody zwierzęce. Beźściółkowy system generuje odchody w postaci gnojowicy, która nieracjonalnie zagospodarowana staje się źródłem emisji gazowych. Z budynków inwentarskich podczas magazynowania oraz nawożenia gruntów rolnych dochodzi do emisji zarówno gazów odorowych, jak i cieplarnianych. Emisja amoniaku i siarkowodoru jest uciążliwa dla lokalnej społeczności. Niekorzystnie wpływa również na dobrostan utrzymywanych zwierząt i osób pracujących w budynkach inwentarskich, co może prowadzić w skrajnych przypadkach do zatrucia. Z kolei emisja metanu i podtlenu azotu pogłębia efekt cieplarniany, odpowiadający za zmiany klimatu. Dodatkowo, podtlenek azotu powoduje uszkodzenie warstwy ozonowej.

Słowa kluczowe: gnojowica, emisja, gazy odorowe, gazy cieplarniane

Wprowadzenie

W latach 90. XX w. nastąpił wzrost intensywnej produkcji zwierzęcej, przede wszystkim na terenach państw rozwiniętych, zwłaszcza tych, które dysponowały ograniczonym terenem przeznaczonym do rolniczego zagospodarowania [1]. Rozwój intensywnej produkcji zwierzęcej uwarunkowany jest wzrostem zapotrzebowania na żywność, które wynika z przyrostu naturalnego oraz z wzbogacania się społeczeństwa industrialnego [2]. Jak donosi FAO, przewiduje się, że do 2050 roku globalna konsumpcja mięsa i mleka może powiększyć się nawet dwukrotnie. Obecnie wykorzystuje się corocznie około 60 miliardów zwierząt hodowlanych, a do 2050 roku liczba ta może wzrosnąć nawet do 120 miliardów [3]. Intensywna produkcja zwierzęca najbardziej rozwinięta jest na terenie Ameryki Północnej oraz w Europie, jednak coraz powszechniejsza staje się również na terenie Azji i Ameryki Łacińskiej [4].

W Polsce przemysłowa produkcja zwierzęca jest również obecna. Skupia się ona przede wszystkim na obszarze województw wielkopolskiego oraz kujawsko-pomorskiego w przypadku hodowli trzody chlewnej oraz na terenie województw podlaskiego i wielkopolskiego w przypadku hodowli bydła [5, 6].

Wielkoprzemysłowa produkcja zwierzęca, która ma na celu zaspokojenie potrzeb żywnościowych, budzi wiele kontrowersji etycznych. Produkcja ta jest ukierunko-

wana na wysoki dochód, a w samym działaniu często pomija się poszanowanie dobrostanu zwierząt. Realny obraz fermy wielkotowarowej to ograniczony obszar bytowania zwierząt, który wywołuje u nich agresywne zachowania. Kolejnym istotnym aspektem jest brak ściółki, który pozbawia np. trzodę chlewną naturalnej potrzeby rycia. Ograniczenie behawioru negatywnie wpływa również na warunki produkcyjne, co pogarsza jakość otrzymywanych od nich produktów [7-9]. Wobec zaistniałej sytuacji zauważa się w ciągu ostatnich kilku lat liczne działania broniące praw zwierząt przeciwko intensywnej hodowli. Stowarzyszenia zyskały również szerokie poparcie wśród społeczeństwa oraz Unii Europejskiej, która wprowadziła akty prawne mające na celu ochronę stanu utrzymywanych zwierząt [10].

Podczas utrzymywania ferm wielkoprzemysłowych dochodzi do zagrożenia ekologicznego [11]. Można tu wymienić emisje pyłów organicznych. Są one nośnikiem mikroorganizmów, niekorzystnie wpływając na stan zdrowia ludzi i zwierząt [12]. Unoszący się pył w budynkach dla zwierząt pochodzi głównie z paszy, ściółki, odchodów i sierści [13, 14]. Kolejnym zagrożeniem jest zanieczyszczenie powietrza emisjami gazowymi, które spowodowane jest głównie podczas produkcji zwierząt gospodarskich [15]. Emisje te następują z budynków inwentarskich na skutek procesów zachodzących w organizmach zwierząt. Innym istotnym źródłem emisji gazów wynikających z hodowli zwierząt jest rozkład odchodów. Proces ten zachodzi podczas ich składowania oraz po aplikacji do gleby [16, 17]. W rolnictwie produkcja zwierzęca jest głównym czynnikiem powodującym emisję gazów nie tylko odorowych, ale i cieplarnianych. Dodatkowo emisje gazowe wywierają również niekorzystny wpływ na zdrowie zwierząt i ludzi [18, 19]. Emisja i stężenia gazów powstających podczas chowu zwierząt zależą w głównej mierze od diety, ilości, wagi i aktywności zwierząt. Wśród kolejnych czynników wymienić można metody składowania, przetwarzania, temperatury wewnątrz i na zewnątrz budynku, system wentylacyjny, prędkość przepływu powietrza na powierzchni gnojowicy oraz materiałów zastosowanych wewnątrz pomieszczeń [20]. Emisja gazów wynikająca z produkcji zwierzęcej powoduje uszkodzenie warstwy ozonowej, pogłębienie efektu cieplarnianego, kwaśne deszcze oraz emisję odorów unoszących się w okolicy, co jest bardzo uciążliwe dla lokalnego społeczeństwa.

Odpady również są zagrożeniem wynikającym z intensywnej produkcji inwentarza żywego. Wysoka koncentracja zwierząt powoduje powstawanie znacznych ilości odchodów, a ich nieracjonalne zagospodarowanie doprowadza do wspomnianego skażenia atmosfery, jak też skażenia gleb i wód [21].

Za kontrolę dobrostanu zwierząt oraz ochronę środowiska naturalnego podczas prowadzenia intensywnej produkcji zwierzęcej odpowiedzialne są Inspekcja Weterynaryjna, Inspekcja Ochrony Środowiska oraz Państwowa Inspekcja Sanitarna. Jak wskazują najnowsze doniesienia Najwyższej Izby Kontroli (NIK), wielokrotnie doszło do nadużycia prawa ze strony właścicieli ferm wielkoprzemysłowych. Przykładem może być m.in. dzielenie ferm celem uniknięcia konieczności uzyskania pozwolenia zintegrowanego. Kontrole przeprowadzone przez NIK pokazują, że nadal istnieje poważny problem z uciążliwymi odorami. Poza tym przeprowadzone inspekcje wykazały również niewłaściwe magazynowanie gnojowicy, złą

utilizację padliny, zbyt małą powierzchnię przeznaczoną na bytowanie zwierząt czy też słabe oświetlenie w budynkach inwentarskich. NIK składa wnioski o uniemożliwienie podziału ferm wielkoprzemysłowych oraz zmiany ustawy odnośnie do uciążliwości odorowej. Ma to spowodować większą skuteczność niż dotychczasowe badanie oparte na metodzie organoleptycznej, która jest bardzo subiektywną oceną [22].

Intensywna produkcja zwierzęca wymaga wdrożenia rozwiązań, które pozwolą zachować dobrostan zwierząt przy jednoczesnym prowadzeniu działań umożliwiających neutralizację ich negatywnego wpływu na środowisko naturalne.

1. Charakterystyka chemiczna gnojowicy

W nowoczesnym rolnictwie od lat 70. XX w. obecny jest system bezściółkowego utrzymania zwierząt, który zyskał swoją popularność ze względu na łatwe i wygodne usuwanie odchodów [23, 24]. Podczas prowadzenia intensywnej produkcji zwierzęcej powstają znaczne ilości gnojowicy, która wymaga właściwego zagospodarowania. Utylizacja odchodów zwierzęcych jest trudna, gdyż przy nieprawidłowym zagospodarowaniu może wywierać negatywny wpływ na środowisko naturalne zarówno podczas magazynowania, jak i podczas ich rolniczego wykorzystania jako nawozów naturalnych.

Odchody zwierzęce wykazują zróżnicowane właściwości, które zależą od gatunku zwierząt, ale również od kraju, gospodarstwa rolnego, składu zadawanej paszy czy ilości zużywanej wody [25]. Ponadto zauważa się również zróżnicowanie sezonowe w danym gospodarstwie. Gnojowica składa się z kału, moczu oraz wody zużytej w procesach technologicznych oraz resztek paszy. W zależności od zawartości suchej masy wyróżniamy gnojowicę gęstą (> 8% s.m.) oraz gnojowicę rzadką (< 8% s.m.). Skład gnojowicy zależy od gatunku, wieku i kondycji zwierząt, wielkości obsady, kierunku użytkowania zwierząt, intensywności tuczu i rodzaju paszy, warunków zoohigienicznych oraz ilości wody [26].

W gnojowicy można zaobserwować znaczny udział zawieszonych cząstek stałych oraz materii organicznej. Obecny jest również wysoki poziom populacji drobnoustrojów. Te cechy pozwalają wykorzystać ją jako nawóz naturalny [27, 28]. Wysoka zawartość makro- i mikroelementów również świadczy o wartości nawozowej gnojowicy. Warto dodać, iż nawozy naturalne wykazują lepsze właściwości niż powszechnie stosowane nawozy sztuczne. Wobec powyższego gnojowica może stanowić zamiennik nawozów mineralnych [29-32].

Szkodliwy wpływ na środowisko naturalne podczas zagospodarowania gnojowicą wynika głównie z emisji gazowej, jaka zachodzi m.in. podczas magazynowania. Magazynowanie gnojowicy powoduje sedymentację, czyli opadanie zawiesin na dno zbiornika. Dochodzi również do flotacji, czyli rozwarstwienia gnojowicy, co powoduje powstawanie kożucha, który może stanowić naturalną barierę przed ulatnianiem się gazów do atmosfery. W zawiesinie, a także w osadzie znajduje się ulegający rozkładowi węgiel, który jest również źródłem energetycznym dla

mikroorganizmów. Wobec tego podczas magazynowania zauważa się degradację materii organicznej znajdującej się w gnojowicy, której intensywność rozkładu zależy od zawartości suchej masy. Powstający kożuch stwarza warunki beztlenowe pozwalające na zajście fermentacji. Proces ten powoduje powstawanie gazów cieplarnianych oraz odorowych, które są emitowane do atmosfery. Na skutek fermentacji metanowej dochodzi również do obniżania zawartości materii organicznej oraz azotu, który przekształca się w azot amonowy, co jest korzystne przy wykorzystaniu gnojowicy jako nawozu [34]. Ilość emitowanych gazów z gnojowicy uzależniona jest od pH, temperatury gnojowicy i otoczenia oraz od jej składu chemicznego [35, 36]. Emisja gazów podczas magazynowania zależy od wielu czynników, między innymi od zawartości makroskładników, temperatury i okresu przechowywania oraz powstawania naturalnej osłony w postaci kożucha [37-39].

Tabela 1. Zawartość składników pokarmowych (% świeżej masy) w gnojowicy [33]

Table 1. The nutrient content (% of the fresh weight) in slurry [33]

Składnik	Gnojowica bydłca	Gnojowica świńska
N średnio skrajnie	0,36 0,15÷0,45	0,35 0,12÷0,58
P ₂ O ₅ średnio skrajnie	0,18 0,07÷0,30	0,15 0,10÷0,45
K ₂ O średnio skrajnie	0,37 0,06÷0,49	0,23 0,13÷0,47

Stosowanie zbyt wysokiej dawki gnojowicy na polach oraz nieprzestrzeganie okresów agrotechnicznych często jest powodem zagrożenia ekologicznego gleb, wód i atmosfery [40]. W celu właściwego zagospodarowania gnojowicą w wielu krajach ustalono normy pozwalające na aplikację nawozu w określonej dawce. Racjonalne wykorzystanie gnojowicy jako nawozu naturalnego musi uwzględniać wiele aspektów, jak np.: właściwości gnojowicy, skład i frakcja gleby, na którą jest aplikowany nawóz, stopień przepuszczalności i zwięzłości gleby, warunki wodne na danym obszarze, rodzaj upraw rolnych, skład botaniczny i zwartość runi oraz warunki pogodowe i ilość opadów. Niedostosowanie się do wymienionych warunków powoduje zaburzenie równowagi, przekroczenie pojemności sorpcyjnej gleby i zdolności asymilacyjnej roślin. W konsekwencji związki azotowe lub fosforowe z gnojowicy trafiają do wód powierzchniowych i podziemnych, powodując eutrofizację zbiorników wodnych. Podczas stosowania gnojowicy jako nawozu dochodzi również do emisji gazów pod warunkiem głębokiego przykrycia nawozu zwięzłą, wilgotną glebą odcinającą dostęp powietrza [41]. Warunki beztlenowe są konieczne do rozwoju bakterii metanowych odpowiedzialnych za proces fermentacji, w wyniku którego powstają gazy cieplarniane oraz odory.

Gnojowica jest także źródłem zanieczyszczeń mikrobiologicznych i parazytologicznych gleb, które mogą przenikać do wód lub przemieszczać się z powietrzem (np. gronkowiec, pałeczki grupy Coli, paciorkowce, streptokoki fekalne, grzyby) [42].

Badania przeprowadzone m.in. przez Dacha i Starmantsa wskazują na zagrożenie skażenia gleb metalami ciężkimi podczas nawożenia nawozami naturalnymi [43]. W szczególności gromadzenie Cu i Zn wpływa na zdrowie zwierząt wypasanych na arealach nawożonych skażoną gnojowicą, a w konsekwencji również na zdrowie ludzi [44, 45]. Problem ten był badany w Holandii, kraju z bardzo rozwiniętą przemysłową produkcją zwierzęcą, której proces rozwoju trwa już od 20-30 lat. Metale ciężkie wywołują problemy zdrowotne oraz są zagrożeniem dla przyszłych pokoleń, powodując dewastację gleb. Wysoka zawartość metali ciężkich spowodowana jest ich obecnością w paszach zwierzęcych. Rozwiązaniem pozwalającym uniknąć zagrożenia jest stosowanie niższych dawek, a przede wszystkim technik obróbki gnojowicy, np. poprzez elektrokultywację.

W intensywnej produkcji zwierzęcej stosowane są różne antybiotyki oraz suplementy diety [46]. Używanie ich ma na celu utrzymanie zdrowia, a podawane w sposób niekontrolowany pozwalają na uzyskanie w szybkim tempie przyrostu masy ciała zwierząt. W Stanach Zjednoczonych rocznie aplikuje się zwierzętom kilkanaście milionów kg antybiotyków, których obecność stwierdza się w gnojowicy. Prowadzi to do skażenia gleb i wód oraz do powstawania odpornych szczepów mikroorganizmów [47, 48]. Wobec istniejącego zagrożenia proponuje się inne, alternatywne rozwiązania zastępujące podawanie zwierzętom niebezpiecznych antybiotyków. Wprowadza się między innymi rekompensaty w przypadku odbudowy pogłowia lub poprawy wentylacji w budynkach inwentarskich [49].

Wobec powyższego szereg zagrożeń wynikających z gospodarki gnojowicą sprawia, że wymaga ona podjęcia utylizacji. Najczęściej wykorzystywany sposób nawozowego wykorzystania gnojowicy wymaga magazynowania w zamkniętych zbiornikach oraz posiadania odpowiedniego areалу upraw.

2. Odory

W najbliższej okolicy, gdzie utrzymywana jest intensywna produkcja zwierzęca, dochodzi do znacznego skażenia atmosfery przez odory [50, 51]. Pochodzą one bezpośrednio z budynków inwentarskich na skutek procesów zachodzących podczas trawienia zadanej paszy [52]. Kolejnym źródłem emisji odorów są zbiorniki magazynujące odchody oraz pola nawożone nawozami naturalnymi [53]. Uciążliwość zapachowa jest oceniana w pomiarach olfaktometrycznych, metoda ta jest oparta na subiektywnej opinii zespołu oceniającego i wyrażana w europejskich jednostkach odorowych.

W przypadku gnojowicy dochodzi do emisji około 400 lotnych związków organicznych i nieorganicznych o wysokiej uciążliwości zapachowej. Uciążliwe odory powstają na skutek działalności mikroorganizmów bytujących w przewodzie pokarmowym zwierząt oraz podczas magazynowania nawozów naturalnych.

Białko i jego metabolity są źródłem powstających gazów odorowych na skutek fermentacji. Wyróżnia się cztery grupy zapachowe: związki zawierające siarkę, związki indolowe i fenolowe, VFA oraz związki amoniaku i amin [54]. Do najważniejszych związków odpowiedzialnych za tworzenie odorów podczas chowu zwierząt gospodarskich zalicza się amoniak, siarkowodór, diacetyl, p-krezol, indol, fenole, merkaptany, skatole, aminy, siarczki metylu.

Uciążliwość wynikająca z emisji gazowych jest problemem dla lokalnego społeczeństwa, jest też poważnym zagrożeniem zdrowia (a nawet życia) personelu pracującego w budynkach inwentarskich. Emisja odorów jest również uciążliwa dla utrzymywanych zwierząt gospodarskich, co może skutkować pogorszeniem ich stanu zdrowotnego, w konsekwencji przekładając się na wydajność produkcyjną [55]. Wobec czego wdraża się szereg rozwiązań zmierzających do redukcji emisji tych gazów lub działań pozwalających zneutralizować ich uciążliwość.

Z uwagi na szkodliwe skutki emisji odorów na dobrostan ludzi, zwierząt oraz stan środowiska naturalnego konieczne staje się podejmowanie działań mających na celu ich ograniczenie bądź zneutralizowanie. W produkcji rolnej ograniczenie emisji gazów można osiągnąć przede wszystkim przez racjonalną gospodarkę nawozami naturalnymi. Podjęte działania powinny uwzględnić zbilansowanie diety zwierząt, optymalizację metod magazynowania odchodów i aplikacji do gleby podczas nawożenia.

2.1. Amoniak

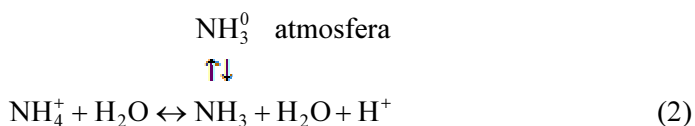
Emisja amoniaku w 98% pochodzi z rolnictwa, z czego aż 69% stanowi emisja z odchodów zwierząt gospodarskich, pozostałą część stanowią nawozy azotowe [56]. Ilość emisji amoniaku z rolnictwa zależy od gatunku zwierząt i systemu ich utrzymania, a także od sposobu przechowywania i techniki aplikacji nawozów naturalnych do gleby. Literatura fachowa donosi, iż głównym dostarczycielem amoniaku jest bydło (45%) oraz trzoda chlewna (22%) [57].

Emisja gazu odorowego z nawozów naturalnych zachodzi na skutek mikrobiologicznego rozkładu związków azotu (aminokwasów, amidów, kwasu moczowego), a w szczególności mocznika (obecny w największej ilości w moczu). Poprzez działanie enzymu produkowanego przez mikroorganizmy znajdujące się w odchodach (ureaza) prowadzi do przekształcenia mocznika w amoniak (równanie (1) i (2)).

Hydroliza mocznika:



Ulatnianie:



Znaczna emisja tego gazu spowodowana jest nieprawidłowo zbilansowaną dietą pod względem białkowo-energetycznym. Światowe zużycie azotu jako składnika pokarmowego jest szacowane na 110 milionów ton/rok, z czego 100 mln ton jest wydalane przez zwierzęta. Wobec tego zauważa się jedynie dziesięcioprocen-towe wykorzystanie podawanego azotu [58]. Proponuje się odpowiednie zbilanso-wanie diety zwierząt z uwzględnieniem ich zapotrzebowania energetycznego [59-61].

Proces uwalniania amoniaku zachodzi w budynkach inwentarskich, podczas magazynowania odchodów zwierzęcych, z pól po ich nawożeniu oraz z kału i moczu zwierząt pozostawionych na pastwisku. Emisja gazu odorowego z budynku inwentarskiego uzależniona jest od wielu czynników, a mianowicie od powierzchni zalegających odchodów, temperatury pomieszczenia (niższa temperatura - niższa emisja), pH odchodów (niskie pH - niższa emisja), zawartości azotu amonowego (niższa zawartość azotu amonowego - niższa emisja) oraz rodzaju wentylacji po-mieszczenia [62]. Podczas magazynowania gnojowicy amoniak na początku ulatnia się z wierzchniej warstwy gnojowicy, z czasem powstający kożuch ogranicza powierzchnię emisji gazu. Podczas mieszania gnojowicy dochodzi do unoszenia biomasy ku powierzchni, co zwiększa emisję amoniaku. Ilość emisji amoniaku podczas magazynowania zależy od czasu przechowywania, warunków meteorolo-gicznych oraz rozmiaru zbiornika. Gaz ten rozpuszcza się w wodzie, tworząc wodę amoniakalną, która z racji agresywnego charakteru może odpowiadać za korozję powodującą niszczenie wyposażenia budynków inwentarskich. Emisja amoniaku z nawozów naturalnych obniża zawartość azotu, co sprawia, że ich wartość nawo-zowa jest niższa. Emisja zależy od warunków atmosferycznych, pory roku, rodzaju uprawy, dawki nawozu oraz sposobu jego rozprowadzenia. Przy zastosowaniu zbyt dużej dawki nawozu o wysokiej zawartości azotu emisja amoniaku zachodzi również przez liście roślin uprawnych [63].

Amoniak jako gaz odorowy wykazuje podobne działanie jak siarkowodór, powodując podrażnienie błon śluzowych i obniżenie odporności immunologicznej. Odpowiada za pojawienie się bólu kończyn i problemów z oddychaniem, które związane są z obecnością krwawych wylewów do tchawicy i oskrzeli oraz obrzękiem płuc [64, 65]. Omawiany gaz również przyczynia się do powstawania kwaśnych deszczów i smogu fotochemicznego. Doprowadza do zakwaszania gleby, do której dostaje się z opadami atmosferycznymi, co powoduje wzrost rozpuszczalności i możliwości przemieszczania się substancji toksycznych, w tym metali ciężkich. Pochodne amoniaku uwalnianego z odchodów zwierzęcych również mają nieko-rzystny wpływ na środowisko, ponieważ przyspieszają proces eutrofizacji zbiorni-ków wodnych [66, 67]. Problem emisji amoniaku jest szczególnie duży, wobec czego wprowadzone zostały ograniczenia w nawożeniu azotowym. Na skutek nie-właściwej produkcji zwierzęcej powodującej degradację środowiska prowadzone są również działania zmierzające do ograniczenia pogłowia zwierząt gospodarskich oraz optymalizacji ich żywienia białkowego.

2.2. Siarkowodór

Siarkowodór jest wysoko toksycznym gazem, powstającym w wyniku redukcji siarczanów występujących w materii organicznej przez bakterie oraz rozkład w warunkach beztlenowych związków organicznych zawierających siarkę. Wobec powyższego do rolniczych źródeł emisji siarkowodoru należy zaliczyć między innymi odchody zwierząt. Z kolei emisja gazu zachodzi w budynkach inwentarskich, w zbiornikach magazynujących oraz podczas nawożenia pól, podobnie jak w przypadku amoniaku.

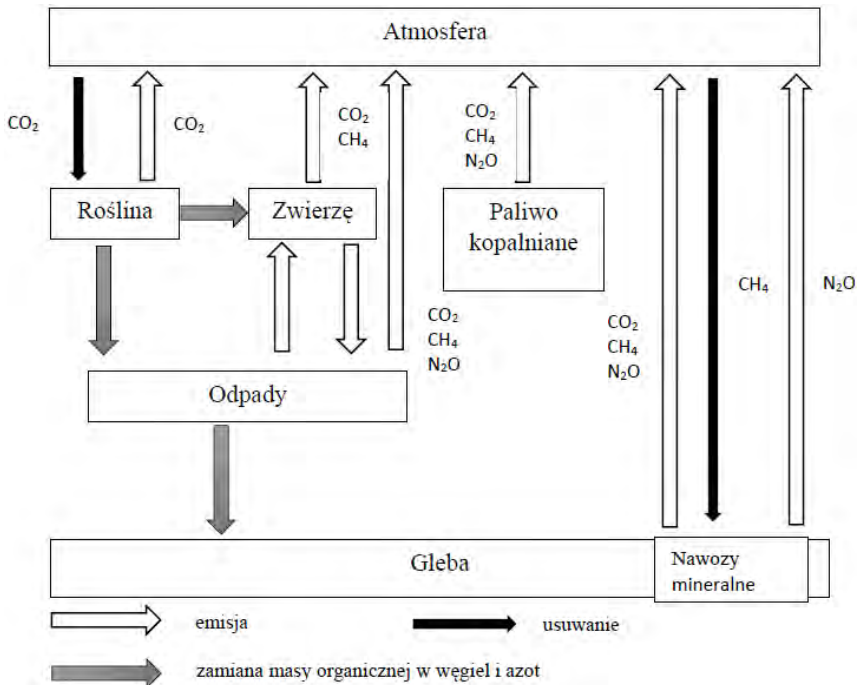
Emisja siarkowodoru w głównej mierze zależy od pH oraz temperatury. Obniżenie pH poniżej 7 przyczynia się do wzrostu emisji siarkowodoru [68, 69]. Wraz ze spadkiem temperatury zaobserwowano obniżenie emisji siarkowodoru. Spowodowane jest to obumieraniem bakterii redukujących siarczan, które są wrażliwe na zmiany temperatury [70]. Mając na uwadze przytoczone powyżej tendencje, pH i temperatura są bardzo ważnymi czynnikami, które należy monitorować w celu zapobiegania nagłym emisjom siarkowodoru z odchodów zwierzęcych.

Siarkowodór oprócz drażniącego zapachu wywołuje dodatkowo działanie żrące i toksyczne. Wysokie stężenia gazu w budynkach inwentarskich mogą powodować problemy zdrowotne nie tylko zwierząt, ale i osób obsługujących budynki [71]. Gaz ten podrażnia błony śluzowe, wywołując stany zapalne spojówek, dróg oddechowych i układu pokarmowego. Przyczynia się do obniżenia odporności i wystąpienia nieodwracalnych zmian we krwi. Ponadto poraża układ nerwowy, szczególnie ośrodek oddychania i ośrodek naczyniowo-ruchowy. Stężenie siarkowodoru na poziomie 10÷20 ppm powoduje podrażnienie oczu, powyżej 700 ppm utratę przytomności, a stężenie z zakresu 1000÷2000 ppm prowadzi do nagłej utraty świadomości i śmierci. Stężenie siarkowodoru powyżej 700 ppm działa paraliżująco na zmysł węchu i nie jest wyczuwany przez człowieka, co sprawia, że jest gazem szczególnie niebezpiecznym [72]. Gaz ten przyczynia się również do korozji betonu stosowanego do budowy chlewni [73].

3. Gazy cieplarniane

Produkcja zwierzęca wiąże się z powstawaniem gazów cieplarnianych (rys. 1). Emisja ta spowodowana jest przede wszystkim przez fermentację jelitową, ale również znaczną rolę w tej kwestii odgrywa gospodarka odchodami zwierzęcymi.

Intensywna produkcja zwierzęca odpowiada za emisję trzech najważniejszych gazów przyczyniających się do pogłębiania efektu cieplarnianego, tj. ditlenku węgla, metanu oraz podtlenku azotu. Poziom emisji gazów cieplarnianych zależy, jak podkreślają Nalborczyk i inni, od systemu oraz od rodzaju hodowli zwierząt [75]. Proponuje się alternatywne rozwiązania zmierzające do redukcji emisji gazów cieplarnianych, takie jak: zwiększenie wydajności produkcyjnej zwierząt czy zmniejszenie liczby utrzymywanych zwierząt gospodarskich [76, 77]. Zmniejszenie pogłowia zwierząt wydaje się niemożliwe ze względu na wzrastający naturalny przyrost ludności oraz wzrost konsumpcji.



Rys. 1. Obieg gazów cieplarnianych w rolnictwie [74]

Fig. 1. Circulation of greenhouse gases in agriculture [74]

3.1. Metan

Największym źródłem metanu w rolnictwie jest intensywna produkcja zwierząt gospodarskich, w szczególności przeżuwaczy. Emisja metanu pochodzi również z naturalnych bagien, pól ryżowych, spalania biomasy, wysypisk śmieci, kopalni węgla i odwiertów gazu naturalnego [78].

Podczas hodowli zwierząt, jak wskazują dane GUS, emisja tego gazu zdominowana jest przez proces fermentacji jelitowej, który intensywnie zachodzi wśród przeżuwaczy (bydło, owce, kozy) [79, 80]. Gaz powstaje głównie w żwaczu (87%) i w niewielkim stopniu w jelicie grubym (13%) [81]. Są to zwierzęta posiadające rozbudowane, wielokomorowe żołądki, w których bytuje odpowiednia mikroflora bakteryjna. Mowa tu w szczególności o bakteriiach metanowych, odpowiedzialnych za proces fermentacji. Zwierzęta te posiadają również odpowiednie enzymy umożliwiające trawienie substancji lignocelulozowych [82]. Wobec czego proces trawienia paszy zachodzi znacznie intensywniej wśród przeżuwaczy. Ilość metanu emitowana w procesie fermentacji jelitowej zależy od pogłowia zwierząt, rodzaju układu pokarmowego oraz rodzaju i masy skarmianej paszy [83]. Jeśli chodzi o konie, to zwierzęta te również dobrze trawią włókno roślinne, mimo że nie są przeżuwaczami. Posiadają ślepe jelito pełniące podobną funkcję co żwacz. Należy je więc również zaliczyć do grupy zwierząt, które podczas chowu emitują znaczne ilości metanu. Pozostałe zwierzęta hodowlane (tzn. nieprzeżuwające, np. świnie)

nie trawią włókna prawie wcale, wobec czego poziom emisji metanu wynikający z fermentacji jelitowej jest odpowiednio niższy.

Kolejnym źródłem emisji metanu wynikającej z chowu zwierząt gospodarskich są odchody zwierzęce. Gaz ten powstaje podczas magazynowania. Powstający kożuch stwarza idealne beztlenowe warunki do zajścia procesu fermentacji meta-nowej. Celem ograniczenia emisji konieczne staje się stosowanie zbiorników z komorą zamkniętą, uniemożliwiającą przedostawanie się gazu do atmosfery. Ilość powstającego metanu w przypadku gnojowicy świńskiej podczas magazynowania jest wyższa w porównaniu z gnojowicą bydłą. Wynika to z faktu intensywnie zachodzącej fermentacji jelitowej występującej u przeżuwaczy.

Trzecim źródłem emisji metanu z rolnictwa jest spalanie resztek poźniwnych, które przyczynia się w znacznie mniejszym stopniu do zanieczyszczenia atmosfery (0,2%).

Metan jest gazem przyczyniającym się do pogłębiania efektu cieplarnianego, wobec czego podejmuje się liczne działania powodujące redukcję emisji tego gazu. Dostępnymi technikami są zakwaszenie gnojowicy czy jej napowietrzanie. Innym sposobem zagospodarowania gnojowicy jest produkcja metanu w warunkach beztlenowych w biogazowniach, w których metan jest produkowany w warunkach kontrolowanych. Gnojowica jest idealnym substratem ze względu na szereg swoich właściwości, dlatego może zostać wykorzystana jako kosubstrat mieszanki fermentacyjnej. Gnojowica posiada wysoką zdolność buforującą oraz składniki odżywcze niezbędne do optymalnego wzrostu bakterii metanowych [84].

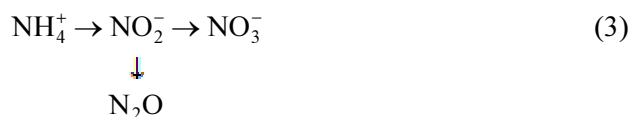
3.2. Podtlenek azotu

Źródłem emisji podtlenku azotu w rolnictwie są gleba (ok. 70%), nawozy naturalne (ok. 35%) oraz w niewielkim stopniu spalanie słomy na polach (poniżej 0,2%) [85]. Emisja tego gazu jest niewielka, ale mimo to jest on gazem około 310 razy szkodliwszym niż ditlenek węgla, poza tym uwolniony do atmosfery utrzymuje się przez 114 lat [86, 87]. Gaz ten powstaje głównie z azotu mineralnego na skutek rozkładu materii organicznej. Podtlenek azotu jest produktem wtórnej reakcji amoniaku z mocznikiem lub może powstać z kwasu moczowego występującego w moczu. Produkcja podtlenku azotu przez rolnictwo ma charakter bezpośredni i pośredni. Bezpośrednia produkcja wynika z przemian azotu, jakie zachodzą w glebie oraz podczas magazynowania gnojowicy [88-90]. Emisja tego gazu następuje również w budynkach inwentarskich podczas emisji amoniaku [91, 92]. Produkcja pośrednia przebiega w środowisku wodnym (woda gruntowa, rzeki i zbiorniki wodne), do którego drogą pośrednią (przez wymycie i spływ powierzchniowy) trafia azot zawarty w glebie.

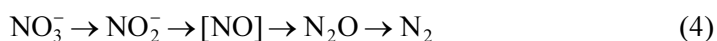
Procesami, w których powstaje podtlenek azotu jako produkt uboczny, są mikrobiologiczne procesy nityfikacji i denityfikacji azotu (równania (3), (4)), które zachodzą w glebie, w zbiornikach wodnych oraz podczas magazynowania gnojowicy [93, 94]. Wielkość emisji podtlenku azotu z gleby zależna jest od ilości i rodzaju stosowanego nawozu oraz od intensywności przebiegu procesu nityfika-

cji i denitryfikacji [95]. Emisje podtlenku azotu z gleby powodowane denitryfikacją są krótkotrwałe (1- 2-dniowe), ale o dużym nasileniu. Warunki powodujące przyspieszoną produkcję podtlenku azotu występują przede wszystkim wiosną w okresach rozmarzania i zamarzania gleby oraz w lecie w okresach ponownego uwilgotnienia przesuszonych gleb. Denitryfikacja nie jest korzystna z punktu widzenia żyzności gleby, gdyż ją zuboża w przyswajalny azot. Podtlenek azotu powstaje głównie w procesie denitryfikacji, a w znacznie mniejszym stopniu (poniżej 1%) w procesie nityfikacji.

Nitryfikacja:



Denitryfikacja:



Podtlenek azotu odpowiedzialny jest za powstawanie efektu cieplarnianego. Poza tym w stratosferze uszkadza warstwę ozonową.

Podsumowanie

Gnojowica jest naturalnym źródłem składników pokarmowych. Jej skład i właściwości sprawiają, że podczas nieracjonalnej gospodarki dochodzi do skażenia środowiska naturalnego. Obok niekontrolowanych przepływów makroelementów do środowiska mogą również wystąpić emisje gazowe. Emisje gazów odorowych i cieplarnianych zachodzą w budynkach inwentarskich, podczas magazynowania gnojowicy oraz przy jej rolniczym wykorzystaniu na polach.

Mówiąc o uciążliwości odorowej, wśród 400 lotnych substancji należy wymienić amoniak i siarkowodór. Gazy te przyczyniają się również do wywoływania korozji elementów konstrukcyjnych występujących w budynkach inwentarskich.

Emisja gazów cieplarnianych w rolnictwie zdominowana jest przez fermentację jelitową zachodzącą intensywnie wśród przeżuwaczy. Kolejnym źródłem emisji tych gazów godnym uwagi są odchody, wymagające racjonalnej gospodarki. Ulatniający się metan przyczynia się do ocieplenia klimatu, z kolei podtlenek azotu emitowany przede wszystkim podczas nawożenia pól przyczynia się dodatkowo do powiększania dziury ozonowej.

W przypadku konwencjonalnego wykorzystania gnojowicy konieczne jest zachowanie prawidłowych i racjonalnych zasad jej magazynowania oraz aplikacji dogłębowej. Pozwoli to na wykorzystanie jej pełnego potencjału nawozowego, przy jednoczesnym braku negatywnej ingerencji w środowisko naturalne, wynikającego między innymi z emisji gazowych.

Literatura

- [1] Golaś Z., Kozera M., Ekologiczne konsekwencje koncentracji produkcji trzody chlewnej, *Journal of Agribusiness and Rural Development* 2008, 1, 7, 29-42.
- [2] Faye B., Alary V., Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud, *INRA Productions Animales* 2001, 14, 1, 3-13.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), *Livestock's Long Shadow-Environmental Issues and Options*, Food and Agriculture Organisation, Rome 2006.
- [4] Nierenberg D., Rethinking the global meat industry, [In:] *State of the World 2006, A Worldwatch Institute Report on Progress toward a Sustainable Society*, ed. L. Starke, New York 2006.
- [5] Kopiński J., Zmiany intensywności organizacji produkcji rolniczej w Polsce, *Journal of Agribusiness and Rural Development* 2009, 2, 12, 85-92.
- [6] Główny Urząd Statystyczny (GUS), *Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2014 r.*, Warszawa 2014.
- [7] Gade P.B., Welfare of animal production in intensive and organic systems with special reference to Danish organic pig production, *Meat Science* 2002, 62, 3, 353-358.
- [8] Lassen J., Sandøe P., Forkman B., Happy pigs are dirty! - conflicting perspectives on animal welfare, *Livestock Science* 2006, 103, 3, 221-230.
- [9] Marć-Pieńkowska J., Topolińska P., Mitura K., Poziom stresu wskaźnikiem dobrostanu zwierząt, *Wiadomości Zootechniczne* 2014, 2, 36-42.
- [10] Burgat F., Les revendications des associations de protection des animaux d'élevage, *Les animaux d'élevage ont-ils droit au bien-être?* INRA, Paris 2001, 65-89.
- [11] Delgado Ch.L., Policy, technical and environmental determinants and implications of the scaling-up of livestock production in four fast-growing developing countries: A synthesis, FAO, Washington 2004.
- [12] Donham K.J., Human health and safety in livestock housing, *Proceedings of the CIGR Seminar: Latest Development in Livestock Housing*, ASAE, St. Joseph, MI 1987, 86-93.
- [13] Heber A.J., Stroik M., Nelssen J.L., Nichols D.A., Influence of environmental factors on concentrations and inorganic content of aerial dust in swine finishing buildings, *Transactions of the ASAE* 1988, 31, 3, 875-881.
- [14] Mankell K.O., Janni K.A., Walker R.D., Wilson M.E., Pettigrew J.E., Jacobson L.D., Wilcke W.F., Dust suppression in swine feed using soybean oil, *Journal of Animal Science* 1995, 73, 4, 981-985.
- [15] Pain B.F., Gaseous pollutants from organic waste use in agriculture, *Proceedings of the 8th International Conference of the FAO-Network on Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (Ramiran 98)*, eds. J. Martinez, M.N. Maudet, 26-29 May 1998 Cemegref-FAO Editions, Rennes, France 1999.
- [16] Hartung J., Phillips V.R., Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores, *J. Agric. Eng. Res.* 1994, 57, 173-189.
- [17] Blanes-Vidal V., Hansen M.N., Pedersen S., Rom H.B., Emission of ammonia, methane, and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2008, 124, 237-244.
- [18] Erisman J.W., Bleeker A., Hensen A., Vermeulen A., Agricultural air quality in Europe and the future perspectives, *Atmos. Environ.* 2008, 42, 3209-3217.
- [19] Wang K., Huang D., Ying H., Luo H., Effects of acidification during storage on emissions of methane, ammonia, and hydrogen sulfide from digested pig slurry, *Biosystems Engineering* 2014, 122, 23-30.
- [20] Morlacchini M., Amerio M., Piva G., L'alimentazione quale mezzo per ridurre l'azione inquinante delle deiezioni suine, *Supplemento a l'informatore agrario* 1992, 18, 7-10.

- [21] Dourmad J.Y., Sève B., Latimier P., Boisen S., Fernández J., Van der Peet-Schwering C., Jongbloed A. W., Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark, *Livestock Production Science* 1999, 58, 3, 30, 261-264.
- [22] <http://www.nik.gov.pl/aktualnosci/rolnictwo/nik-o-fermach-zwierzat.html>, 14.01.2015 r.
- [23] Blanes-Vidal V., Guàrdia M., Dai X.R., Nadimi E.S., Emissions of NH₃, CO₂ and H₂S during swine wastewater management: Characterization of transient emissions after air-liquid interface disturbances, *Atmospheric Environment* 2012, 54, 408-418.
- [24] Gorlach E., Mazur T., *Chemia rolna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- [25] Boursier H., Béline F., Paul E., Piggery wastewater characterisation for biological nitrogen removal process design, *Bioresource Technology* 2005, 96, 351-358.
- [26] Mazur T., Maćkowiak C., *Nawożenie gnojowicą*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1978.
- [27] Jacobs L.W., Utilizing manure is better than disposing of waste, *Pigs-Misset* 1989, 89, 2.
- [28] Sánchez M., González J.L., The fertilizer value of pig slurry, I. Values depending on the type of operation, *Bioresource Technology* 2005, 96, 10, 1117-1123.
- [29] Sager M., Trace and nutrient elements in manure, dung and compost samples in Australia, *Soil Biology and Biochemistry* 2007, 39, 1383-1390.
- [30] Zebarth B.J., Paul J.W., Schmidt O., McDougall R., Influence of the time and rate of liquid-manure application on yield and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia, *Can. J. Soil Sci.* 1996, 76, 153-164.
- [31] Petersen J., Fertilization of spring barley by combination of pig slurry and mineral nitrogen fertilizer, *J. Agric. Sci. Cambridge* 1996, 127, 151-159.
- [32] Jensen L., Pedersen I., Hansen T., Nielsen N., Turnover and fate of 15N-labelled cattle slurry ammonium-N applied in the autumn to winter wheat, *Eur. J. Agron.* 2000, 12, 23-35.
- [33] Mercik S., *Chemia rolna podstawy teoretyczne i praktyczne*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2004.
- [34] Zbytek Z., Talarczyk W., *Gnojowica a ochrona środowiska naturalnego*, Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 2008, 4.
- [35] Arogo J., Zhang R.H., Riskowski G.L., Christianson L.L., Day D.L., Mass transfer coefficient of ammonia in liquid swine manure and aqueous solutions, *Journal of Agricultural Engineering Research* 1999, 73, 77-86.
- [36] Blanes-Vidal V., Hansen M.N., Adamsen A.P.S., Feilberg A., Petersen S.O., Jensen B.B., Characterization of odor released during handling of swine slurry: Part II. Effect of production type, storage and physicochemical characteristics of the slurry, *Atmospheric Environment* 2009, 43, 3006-3014.
- [37] Husted S., Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures, *J. Environ. Qual.* 1994, 23, 585-592.
- [38] Kaharabata S.K., Schuepp P.H., Desjardins R.L., Methane emissions from above ground open manure slurry tanks, *Global Biogeochem. Cycles* 1998, 12, 545-554.
- [39] Umetsu K., Kimura Y., Takahashi J., Kishimoto T., Kojima T., Young B., Methane emission from stored dairy manure slurry and slurry after digestion by methane digester, *Anim. Sci. J.* 2005, 76, 73-79.
- [40] Carpenter S.R., Caraco N.F., Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H., Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen, *Ecol. Appl.* 1998, 8, 559.
- [41] Miatkowski Z., Turbiak J., Burczyk P., Myczko A., Karłowski J., *Prognozy zmian aktywności w sektorze rolnictwa, zawierające informacje niezbędne do wyliczenia szacunkowej wielkości emisji gazów cieplarnianych*, Raport z realizacji umowy pomiędzy Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Wsi a Instytutem Technologiczno-Przyrodniczym w Falentach, umowa o dzieło nr BDGzp-2120A-31/10 zawarta w dniu 30.06.2010, Bydgoszcz, Poznań, listopad 2010 r.

- [42] Olszewska H., Skowron K., Gryń G., Świder A., Rostankowska Z., Dębicka E., Przeżywalność wybranych bakterii wskaźnikowych w składowanej gnojowicy świńskiej, *Bydgoskie Towarzystwo Naukowe, Ekologia i Technika* 2011, 19, 2, 62-68.
- [43] Dach J., Starmans D., Heavy metals balance in Polish and Dutch agronomy: Actual state and previsions for the future, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2005, 107, 309-316.
- [44] Nicholson F.A., Smith S.R., Alloway B.J., Carlton-Smith C., Chambers B.J., An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales, *Sci. Total Environ.* 2003, 311, 205.
- [45] López Alonso M., Benetito J.L., Miranda M., Hernández J., Shore R.F., The effect of pig farming on copper and zinc accumulation in cattle in Galicia (North-Western Spain), *The Veterinary Journal* 2000, 160, 259-266.
- [46] Visschers V.H.M., Iten D.M., Riklin A., Hartmann S., Sidler X., Siegrist M., Swiss pig farmers' perception and usage of antibiotics during the fattening period, *Livestock Science* 2014, 162, 223-232.
- [47] Pawełczyk A., Muraviev D., Zintegrowana technologia oczyszczania ciekłych odpadów z hodowli trzody chlewnej, *Przemysł Chemiczny* 2003, 82, 8-9, 2-4.
- [48] Hu X., Zhou Q., Luo Y., Occurrence and source analysis of typical veterinary antibiotics in manure, soil, vegetables and groundwater from vegetable bases, northern China, *Environmental Pollution* 2010, 158, 2992-2998.
- [49] Kane R.L., Johnson P.E., Town R.J., Butler M., A structured review of the effect of economic incentives on consumers' preventive behavior, *Am. J. Prev. Med.* 2004, 27, 327-352.
- [50] Hayes E.T., Curran T.P., Dodd V.A., Odour and ammonia emissions from intensive pig units in Ireland, *Bioresource Technology* 2006, 97, 940-948.
- [51] Zahn J.A., Hatfield J.L., Do Y.S., DiSpirito A.A., Laird D.A., Pfeiffer R.L., Characterisation of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility, *Journal of Environmental Quality* 1997, 26, 1687-1696.
- [52] Romain A.C., Nicolas J., Cobut P., Delva J., Nicks B., Philippe F.X., Continuous odour measurement from fattening pig units, *Atmospheric Environment* 2013, 77, 935-942.
- [53] Webb J., Broomfield M., Jones S., Donovan B., Ammonia and odour emissions from UK pig farms and nitrogen leaching from outdoor pig production. A review, *Sci. Total Environ.* 2014, 470-471, 865-875.
- [54] Mackie R.I., Stroot P.G., Varel V.H., Biochemical identification and biological origin of key odour components in livestock waste, *Journal of Animal Science* 1998, 76, 1331-1342.
- [55] Aneja V.P., Schlesinger W.H., Erisman J.W., Effects of agriculture upon the air quality and climate: research, policy, and regulations, *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 4234-4240.
- [56] Raport syntetyczny, Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2011-2012 w układzie klasyfikacji SNAP, Warszawa 2014 [on-line], [dostęp 1-03-2014], Dostępny w Internecie: http://www.kobize.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/2014/Bilans_emisji-raport_syntetyczny_2012.pdf
- [57] Lipiec A., Semeniuk W., Krasucki W., Grela E.R., Możliwości ograniczenia wydalania azotu w tuczcu świń, *Przegląd Hodowlany* 2008, 5, 4-6.
- [58] Bouwman A.F., Booij H., Global use and trade of feedstuffs and consequences for the nitrogen cycle, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 1998, 52, 261-267.
- [59] Hayes E.T., Leek A.B.G., Curran T.P., Dodd V.A., Carton O.T., Beattie V.E., O'Doherty J.V., The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses, *Bioresource Technology* 2004, 91, 309-315.
- [60] Le P.D., Aarnink A.J.A., Jongbloed A.W., Odour and ammonia emission from pig manure as affected by dietary crude protein level, *Livestock Science* 2009, 121, 2-3, 267-274.
- [61] Leek A.B.G., Hayes E.T., Curran T.P., Callan J.J., Beattie V.E., Dodd V.A., O'Doherty J.V., The influence of manure composition on emissions of odour and ammonia from finishing

- pigs fed different concentrations of dietary crude protein, *Bioresource Technology* 2007, 98, 3431-3439.
- [62] Van der Peet-Schwering C.M.C., Aarnink A.J.A., Rom H.B., Dourmad J.Y., Ammonia emissions from pig houses in the Netherlands, Denmark and France, *Production Science* 1999, 58, 265-269.
- [63] Marcinkowski T., Emisja gazowych związków z rolnictwa, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 2010, 10, 3, 31, 175-189.
- [64] Seedorf J., Hartung J., Survey of ammonia concentrations in livestock buildings, *Journal of Agricultural Science* 1999, 133, 433-437.
- [65] Seńczuk W., Toksykologia, PZWL, Warszawa 1994.
- [66] Portejoie S., Martinez J., Landmann G., Ammonia of farm origin: impact on human and animal health and on the natural habitat, *Productions Animales* 2002, 15, 151-160.
- [67] Sapek A., Emisja tlenków azotu (NO_x) z gleb uprawnych i ekosystemów naturalnych do atmosfery, *Woda Środowisko Obszary Wiejskie* 2008, 8, 1, 22, 283-304.
- [68] Dai X.R., Blanes-Vidal V., Emissions of ammonia, carbon dioxide, and hydrogen sulfide from swine wastewater during and after acidification treatment: effect of pH, mixing and aeration, *J. Environ. Manage.* 2013, 115, 147-154.
- [69] Takeno N., Atlas of Eh-pH diagrams, Geological survey of Japan, open file report No. 419, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Ibaraki 2005.
- [70] Ni J.Q., Heber A.J., Diehl C.A., Lim T.T., Ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide release from pig manure in under-floor deep pits, *J. Agr. Eng. Res.* 2000, 77.
- [71] Patni N.K., Clarke S.P., Transient hazardous conditions in animal buildings due to manure gas released during slurry mixing, *Applied Engineering in Agriculture* 1991, 7, 478-484.
- [72] Belgiorino V., Naddeo V., Zarra T., *Odour Impact Assessment Handbook*, Wiley 2013.
- [73] Predicala B., Nemati M., Stade S., Laguë C., Control of H_2S emission from swine manure using Na-nitrite and Na-molybdate, *Journal of Hazardous Materials* 2008, 154, 300-309.
- [74] OCDE, *Environmental Indicators for Agriculture, Methods and Results*, vol. 3, Paris, France 2001.
- [75] Nalborczyk E., Łoboda T., Pietkiewicz S., Siudek T., Machnacki M., Sieczko L., Emission of Greenhouse Gases in Polish Agriculture and Possibilities for its Reduction, Part II, Greenhouse Gases Balance in Different Farms Specialised in Crop Production (in Polish), Expert Opinion, SGGW Press, Warsaw 1996.
- [76] Garnsworthy P.C., The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions, *Animal Feed Science and Technology* 2004, 112, 211-223.
- [77] Garnett T., Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers, *Environmental Science and Policy*, Special Issue: Food Security and Environmental Change, Food Security and Environmental Change: Linking Science, Development and Policy for Adaptation 2009, 12, 4, 491-503.
- [78] Duxbury J.M., The significance of agricultural sources of greenhouse gases, *Fertilizer Research* 1994, 38, 151-163.
- [79] Główny Urząd Statystyczny (GUS), *Ochrona Środowiska*, Warszawa 2014.
- [80] O'Mara F.P., The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future, *Animal Feed Science and Technology*, Special Issue: Greenhouse Gases in Animal Agriculture - Finding a Balance between Food and Emissions 2011, 166-167, 7-15.
- [81] Murray R.M., Bryant A.M., Leng R.A., Rates of production of methane in rumen and large-intestine of sheep, *Br. J. Nutr.* 1976, 36, 1-14.
- [82] Podkówka Z., Podkówka W., Emisja gazów cieplarnianych przez krowy, *Przegląd Hodowlany* 2011, 3.

- [83] Gibbs M., Conneely D., Johnson D., Lasse K.R., Ulyatt M.J., CH₄ Emissions from enteric fermentation, [In:] Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, The Institute for Global Environmental Strategies, Japan 2002.
- [84] Angelidaki I., Ellegaard L., Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants, *Applied Biochemistry and Biotechnology* 2003, 109, 95-105.
- [85] Kroeze C., Mosier A., Bouwman L., Closing the global N₂O budget: a retrospective analysis 1500-1994, *Global Biogeochemical Cycles* 1999, 13, 1-8.
- [86] Forster P., Ramaswamy V., Artaxo P., Bernsten T., Betts R., Fahey D.W., Haywood J., Lean J., Lowe D.C., Myhre G., Nganga J., Prinn R., Raga G., Schulz M., Van Dorland R., Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing [online]. [In:] *Climate change 2007: The physical science basis*, eds. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York. 2007 [Dostęp 10.12.2014]. Dostępny w Internecie: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf>
- [87] Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L., *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007* [online]. [Dostęp: 08.11.2014]. Dostępny w Internecie: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html
- [88] Chadwick D.R., Pain B.F., Brookman S.K.E., Nitrous oxide and methane emissions following application of animal manures to grassland, *J. Environ. Qual.* 2000, 29, 277-287.
- [89] Fanguero D., Ribeiro H., Coutinho J., Cardenas L., Trindade H., Queda C., Vasconcelos E., Cabral F., Nitrogen mineralization and CO₂ and N₂O emissions in a sandy soil amended with original and acidified pig slurry or with the relative fractions, *Biol. Fertil. Soils* 2010, 46, 383-391.
- [90] Sommer S.G., Petersen S.O., Sogaard H.T., Greenhouse gas emission from stored livestock slurry, *J. Environ. Qual.* 2000, 29, 744-751.
- [91] Chadwick D.R., Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from cattle manure heaps: effect of compaction and covering, *Atmospheric Environment* 2005, 39, 4, 787-799.
- [92] Hassouna M., Robin P., Charpiot A., Edouard N., Méda B., Photoacoustic spectroscopy in animal houses: Effect of non-compensated interferences on ammonia, nitrous oxide and methane air concentrations, *Biosystems Engineering* 2013, 114, 3, 318-326.
- [93] Hutchinson G.L., Davidson E.A., Processes for production and consumption of gaseous nitrogen oxides in soil, [In:] *Agricultural Ecosystem Effects on Trace Gases and Global Climate Change 1993*, ASA Special Publication No. 55, eds. L.A. Harper, A.R. Mosier, J.M. Duxbury, D.E. Rolston, American Society of Agronomy, Madison, WI, 79-94.
- [94] Jun P., Gibbs M., Gaffney K., CH₄ and N₂O emissions from livestock manure, [In:] Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.
- [95] Sapek A., Emisja podtlenku azotu z rolnictwa i jej skutki w środowisku, *Zesz. Eduk.* 2002, 8, 9-22.

Gas Emissions during Slurry Management

Pollution of the natural environment is caused by the animal production. The intensification of animal farming results from enrichment of society and population growth. Both processes are observed on the territories of both developed and developing countries. Farm animals' breeding is inseparably connected with gas emissions, which are the cause of the natural environment pollution. These emissions originate when the animal fodder undergoes

the process of digestion. Another source of gas emission are animal faeces, which are generated in form of slurry, during the intensive animal production process. Enormous amounts of slurry are produced in the intensive waste storage conditions. It is used as a natural fertilizer, but it requires rational management, which would help to reduce the amount of emitted gases. Livestock housings and slurry containers are the most responsible sources of gas emissions. The nuisance of animal productions is connected with the emission of odour gases. They cause the decrease in the efficiency of animal production. This is also the group of gases, which are very bothersome for the local community. Hydrogen sulphide and ammonia are two representatives of odour gases. These two gases cause upper respiratory tract problems and eyes' irritation. The exposure to greater amounts of hydrogen sulphide and ammonia may even lead to death. Both also lead to corrosion. Ammonia is the cause of acid rain, and both water and soil eutrophication. Furthermore, in agriculture, cattle's intestinal fermentation is responsible for the highest methane emission to the environment. The emission of methane occurs also during the management of faeces. Slurry produces the biggest amount of ammonia. On this account, it is required to use it as a substrate during the fermentation process in the biogas plants. Another greenhouse gas, emitted to the atmosphere in the process of farm animals' breeding, is nitrous oxide. It is not a widely emitted gas, but it severely deepens the greenhouse effect. Additionally, nitrous oxide contributes to the damage of the ozone layer, thereby enabling the harmful UV light to reach the Earth. In case of the threat that gas emissions brings to the natural environment, certain actions contributing to gas reduction, should have been undertaken. Slurry is being processed during its storage. That helps to limit both the greenhouse and odour gases emissions to the natural environment.

Keywords: slurry, gases emissions, odours, greenhouse gases