

OKREŚLENIE MOŻLIWOŚCI REDUKCJI EMISJI GAZOWYCH Z UTRZYMANIA ŚWIŃ POPRZEZ ZASTOSOWANIE BIOFILTRACJI POWIETRZA*

Wojciech Krawczyk¹, Jacek Walczak¹, Eugeniusz Herbut¹,
Małgorzata Sabady², Piotr Sendor³, Klaudyna Prochowska⁴

¹Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy, Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji
Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa

²Powiatowy Inspektorat Weterynarii w Końskich, ul. Kielecka 5, 26-200 Końskie

³Małopolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego, Karniowice, os. XXXV-lecia PRL 9, 32-082 Bolechowice

⁴Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości redukcji emisji domieszek gazowych powstających z produkcji zwierzęcej poprzez filtrację powietrza wentylowanego z chowu alkierzowego trzody chlewnej. Realizacja badań wymagała wykonania oznaczenia grup związków gazowych w powietrzu filtrowanym i bez filtracji z utrzymania trzody chlewnej oraz zastosowania biofiltra powietrza z różnymi mieszankami stanowiącymi jego złożę dla ukierunkowania przemian, stopnia i zakresu filtracji. Największą redukcję emisji, wynoszącą 85–90%, uzyskano w przypadku amoniaku. Różnica ta była wysoko istotna statystycznie dla wszystkich rodzajów mieszanek. Największą skutecznością w redukcji amoniaku wykazała się mieszanka 3, zawierająca w swoim składzie 50% trocin.

Słowa kluczowe: emisja GHG, biofiltr powietrza, złoża biofiltracyjne, utrzymanie świń

W latach osiemdziesiątych wyniki prac badawczych wskazały na rolnictwo jako groźne źródło skażenia środowiska naturalnego. Po ponad trzech dekadach, które upłynęły od wspomnianych badań, szczególny udział w tym procesie nadal ma produkcja zwierzęca, z utrzymaniem świń na czele (Atkinson i Watson, 1996; Strauch, 1992). Dzieje się tak z racji znacznej koncentracji oraz skali produkcji trzody chlewnej (Chapin i in., 1998).

Negatywne środowiskowe oddziaływanie produkcji świń sprowadza się do czterech zakresów. Pierwszy z nich to nadmierna depozycja w środowisku glebowym

*Źródło finansowania: zadanie nr 06-012.1.

i wodnym pierwiastków biogenych, prowadząca do przenawożenia, eutrofizacji, a następnie skażenia tych środowisk. Głównym czynnikiem są tu tzw. produkty uboczne, w postaci obornika i gnojowicy. Trzy kolejne zakresy powiązane są z emisją związków znanych w zootechnice pod nazwą szkodliwych domieszek gazowych. Są to amoniak, dwutlenek węgla, siarkowodór, tlenki azotu, metan, ozon, a nawet para wodna. Gazy te, wyemitowane do troposfery wraz z wentylowanym powietrzem, współdziałają w potęgowaniu efektu cieplarnianego i powstawaniu kwaśnych deszczy. Ostatni zakres obejmuje reakcje zachodzące w stratosferze i prowadzące do zaniku strefy ozonowej, chroniącej żywe organizmy przed promieniowaniem ultrafioletowym oraz wysokoenergetycznym promieniowaniem kosmicznym. Zanim badania potwierdziły szkodliwe oddziaływanie wspomnianych gazów na środowisko naturalne, od dawna znany był ich negatywny wpływ na same świnie. Długotrwałe przebywanie w przekraczającym normy stężeniu tych domieszek powoduje szereg konsekwencji behawioralnych, histologicznych, fizjologicznych, biochemicznych, immunologicznych, a nawet patogennych czy patologicznych (Jeppsson, 1998).

W swym zasięgu występowania efekty depozycji i eutrofizacji mają charakter lokalny, natomiast trzy pozostałe zakresy oddziaływań, z racji lotności związków tworzą zagrożenie regionalne, a w dalszej perspektywie globalne. Specyfika środowiska glebowego i wodnego pozwala na okresowe ich samooczyszczanie, przy współdziałaniu roślin, mikroflory i mikrofauny. Znacznie gorzej jest w przypadku zakwaszenia, którego skala przekracza możliwości naturalnych mechanizmów buforowych. Efekty cieplarniany oraz dziury ozonowej z powodu swej fizykalno-chemicznej natury są najtrudniejsze do wyeliminowania. Dlatego do najważniejszych posunięć przeciwdziałających tym negatywnym wpływom zaliczono ograniczenie emisji szkodliwych domieszek gazowych do atmosfery.

Na ilość uwalnianych gazów, oprócz retencji poszczególnych pierwiastków w organizmie zwierzęcia, ma wpływ szereg czynników środowiskowych i technicznych. Należą do nich: temperatura pomieszczeń, wilgotność, prędkość ruchu powietrza, wielkość dostępnej powierzchni, rodzaj posadzki, stosowanie ściółki i jego rodzaj, konstrukcja systemu wentylacji czy sposób postępowania z obornikiem. W większości elementy te można przyporządkować jako charakterystyczne dla danego systemu utrzymania. Można więc stwierdzić bezpośrednią zależność emisji domieszek gazowych od systemu utrzymania (Aarnink, 1997; Tymczyna i in., 2004, 2007 a, b, 2009). Osada i Fukumoto (2001) wymieniają redukcję emisji gazów jako jeden z najistotniejszych kierunków rozwoju systemów i technologii produkcji trzody w przyszłości. Podobne założenia przyjęto dla tzw. zrównoważonego rozwoju produkcji trzody chlewnej. Obecnie McCrory i Hobs (2001) oraz Sheridan i in. (2002), klasyfikują rozwiązania techniczne ograniczające uwalnianie amoniaku, tlenków azotu czy odorów jako niezbędne wyposażenie chlewni. Nie jest to zadanie proste, gdyż współczesne utrzymanie świń to wprawdzie tylko dwa rodzaje systemów (ściółkowy i beźściołowy), ale obejmujące w samej Europie przeszło 30 technologii, nie wspominając o jeszcze liczniejszych odmianach i modyfikacjach (Hendriks i in., 1998). Według danych duńskich i francuskich, 30–40% amoniaku emitowane jest z budynków i zbiorników gnojowicy (Van der Peet-Schwering i in., 1997).

Badania określające rzeczywistą ilość uwalnianych gazów w jednostce czasu od pojedynczego zwierzęcia należą do nielicznych. Są one przeważnie prowadzone w drogich komorach klimatycznych, co ogranicza ich powszechność (Walczak, 2013). Tańsze i znacznie częściej prowadzone są badania wykorzystujące metodę kloszy lub kolumn, w których przy znanej objętości określa się stężenie poszczególnych gazów, zakumulowanych w jednostce czasu.

Od dawna w chowie zwierząt starano się przeciwdziałać wysokim stężeniom szkodliwych domieszek gazowych w pomieszczeniach inwentarskich. Nie brano przy tym pod uwagę skutków środowiskowych, a jedynie oddziaływanie amoniaku czy siarkowodoru na zdrowie i produktywność świń. W pierwszej kolejności usiłowano wykorzystać związki mineralne i organiczne, reagujące z emitowanymi gazami i poprawiające jednocześnie stan sanitarny. Były to: formaldehyd, wapno palone, superfosfat, kwasy organiczne i nieorganiczne, glinokrzemiany, naturalne substancje bitumiczne, torf, węgiel brunatny. Zamiast słomy wprowadzano do ściółkowania torf, ściółkę leśną, korę (Tymczyna i in., 2010).

Dopiero od niedawna w redukcji emisji gazów, głównie amoniaku i metanu, stosuje się także inne metody przeciwdziałania, m.in. technologiczne, do których można zaliczyć filtrację powietrza z budynków chlewni z wykorzystaniem złóż organicznych.

Celem przeprowadzonych badań było określenie możliwości redukcji emisji domieszek gazowych powstających w produkcji świń poprzez filtrację powietrza wentylowanego z chowu alkierzowego tuczników utrzymywanych grupowo. Badania zakładały, że właściwości m.in. sorpcyjno-filtrujące mieszanek złóż mogą wpłynąć na redukcję emisji szkodliwych domieszek gazowych towarzyszącą utrzymaniu tuczników.

Material i metody

Material doświadczalny stanowiły mieszanki 3 złóż biofiltracyjnych i powietrze włączane do tych złóż z komór klimatycznych, w których utrzymywano 120 tuczników mieszańców rasy (pbz × wbp) × duroc. Zwierzęta żywione były zgodnie z polskimi normami żywienia świń (1993 r.) z automatów paszowych, przy stałym dostępie do wody. Okres tuczu wynosił 110 dni. Tuczniaki utrzymywane były grupowo, po 10 sztuk w każdej komorze w kolejnych powtórzeniach.

Do biofiltracji gazów wylotowych, uwzględniając ograniczone właściwości sorpcyjno-filtrujące naturalnych materialów organicznych, a jednocześnie pamiętając, że nie jest to jedyna cecha, którą należy uwzględnić przy doborze złoza, wykorzystano mieszanki: torfu (duża chłonność), siewki słomistej (stosunkowo wysokie właściwości chłonne) oraz rozdrobnionej kory drzewnej (duża porowatość materialu).

– Pierwsza mieszanka (1) została skomponowana w proporcjach: 50% torfu, 25% siewki słomistej i 25% trocin.

– Druga mieszanka (2) zawierała: 50% siewki słomistej, 25% torfu i 25% trocin.

– Trzecia mieszanka biofiltracyjna (3) to: 50% trocin, 25% torfu i 25% sieczki słoniastej.

Te trzy rodzaje mieszanek biofiltracyjnych zastosowano jako złoża w biofiltrze, wykorzystanym do oczyszczenia powietrza w komorach tuczników. Zastosowany rodzaj biofiltra jest urządzeniem, w którym powietrze wylotowe przechodzi przez kurtynę wodną w obiegu zamkniętym. Woda z obiegu kurtyny przepływa przez złoża mieszanek zawierających materiał organiczny, eliminując w ten sposób cząsteczki rozpuszczonych w niej związków chemicznych.

Doświadczenie zostało zrealizowane w ZD IZ Rudawa Sp. z o.o., a wykorzystano w nim ściółowe systemy utrzymania, gdzie każda grupa tuczników zajmowała oddzielną komorę klimatyczną o optymalnym, standaryzowanym zgodnie z normami zootechnicznymi mikroklimacie. Doświadczenie wykonano w trzech powtórzeniach w okresach: od maja do sierpnia, od września do grudnia i od stycznia do kwietnia.

Układ doświadczenia

Zadanie	Powtórzenie	Bez biofiltra	Biofiltr		
			(1) mieszanka złoża biofiltracyjnego	(2) mieszanka złoża biofiltracyjnego	(3) mieszanka złoża biofiltracyjnego
Utrzymanie trzody	1.	10	10	10	10
	2.	10	10	10	10
	3.	10	10	10	10

W każdym powtórzeniu ustalono różnice w składzie i stężeniu domieszek gazowych emitowanych z badanego gatunku oraz wpływu zastosowania różnego rodzaju materiałów biologicznych na skład, stężenie oraz redukcję gazów. Jako złoża filtracyjne wykorzystano w/w mieszanki, a grupę kontrolną stanowiła komora bez biofiltra.

Rodzaj danych i sposób ich zbierania

W czasie trwania poszczególnych powtórzeń zbierano następujące dane pomiarowe:

- temperatura powietrza w komorach klimatycznych – w sposób ciągły;
- temperatura powietrza w kanałach nawiewnych – jednocześnie z pomiarem gazów;
- temperatura powietrza w kanałach wywiewnych – jednocześnie z pomiarem gazów;
- wilgotność względna w kanale nawiewnym – jednocześnie z pomiarem gazów;
- wilgotność względna w kanale wywiewnym – jednocześnie z pomiarem gazów;
- wilgotność względna w komorach klimatycznych – w sposób ciągły;
- prędkość ruchu powietrza w komorze klimatycznej – jednocześnie z pomiarem gazów;
- prędkość ruchu powietrza w kanale wywiewnym – jednocześnie z pomiarem gazów;
- objętość przepływającego powietrza w kanale wywiewnym – wyliczona z danych;

(Pomiary mikroklimatyczne zostały przeprowadzone przy pomocy elektronicznego systemu monitoringu firmy Jotafan w sposób ciągły z zapisem cyfrowym);

– stężenia VOC, amoniaku, tlenków azotu, metanu i dwutlenku węgla w kanałach nawiewnych i wywiewnych oraz na wylocie biofiltra;

(Stężenia były mierzone codziennie w godzinach 8.00, 13.00 i 19.00. Pomiar stężeń poszczególnych domieszek gazowych przeprowadzony został chromatografem gazowym Voyager firmy Photovac. Emisja poszczególnych domieszek gazowych w jednostce czasu, w przeliczeniu na sztukę została obliczona z objętości przepływu powietrza i występującego w nim stężenia gazu, podzielone przez ilość zwierząt);

– określenie składu złożeń biofiltracyjnych.

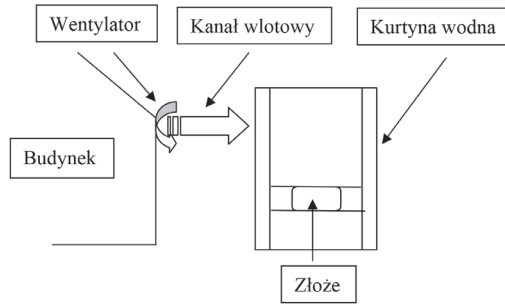
Wszystkie zadania badawcze przeprowadzone zostały w komorach klimatycznych, opartych o doświadczenia z tzw. „climatic-respiration chamber”. Ich konstrukcja oraz wykonanie pozwalały na uzyskanie całkowitej szczelności pomieszczeń. Dopływ i usuwanie powietrza odbywało się w nich poprzez komputerowo sterowany, podciśnieniowo-nadciśnieniowy system wentylacji. Przez komorę przepuszczano ustaloną objętość powietrza, włączanego mechanicznie przez wlot wentylacyjny i usuwanego także mechanicznie przez przewód wentylacyjny wyciągowy. Monitoringowi poddano zarówno skład powietrza wlotowego, jak i wylotowego. Przepływ regulowany był elektronicznym sterownikiem. Objętość przepływającego powietrza obliczono z mierzonej prędkości ruchu, czasu jego trwania oraz znanego przekroju kanału pomiarowego (wywiewnego), przy wykorzystaniu stosowanego w fizyce równania, opisującego tzw. prawo przepływu.

Wszystkie komory klimatyczne znajdowały w jednym budynku. Każda komora zasilana była osobnym kanałem wentylacyjnym, którego wlot znajduje się na zewnątrz budynku, poza strefą zrzutu powietrza zużytego.

Integralną część doświadczenia stanowiła oryginalna konstrukcja biofiltra. Oparto ją o metalowy prostopadłościenny szkielet, obudowany blachą. W środku bryły na 1/3 wysokości umieszczono metalowy kosz wypełniony złożem filtrującym. Zużyte powietrze z budynku było doprowadzane do biofiltra mechanicznie, wentylatorem tłoczącym, a następnie zasysane przez złożę wentylatorem wyciągowym i wyprowadzane na zewnątrz. W stosunku do innych konstrukcji rozwiązanie doświadczalne ma budowę kolumnową i dodatkowy wentylator wyciągowy. Wprowadzone modyfikacje pozwalały na sterowanie wielkością przepływu powietrza oraz łatwą wymianę złoża filtrującego. Samo złożę o wymiarach 0,9 m × 0,9 m × 0,9 m o określonym eksperymentalnie składzie, przed jego wykorzystaniem w biofiltrze było doświadczalnie kondycjonowane i stabilizowane pod kątem mikroflory.

Sposób działania biofiltracji opierał się na procesach fizykochemicznych zachodzących przy współdziałaniu mikroflory zasiedlającej złożę filtrujące. Domieszki gazowe zawarte w wentylowanym z budynku powietrzu ulegały rozpuszczeniu i związaniu przez wodę oraz materiał filtrujący. Następnie osadzone związki wykorzystywane były w procesach metabolicznych mikroflory. Po okresie wysycenia materiału filtrującego i namnożenia się mikroorganizmów, dokonywano, jak wspomniano wyżej, wymiany wkładu filtrującego, który można wykorzystać jako nawóz naturalny.

Schemat biofiltra**



Wyniki

Tabela 1. Średnie wartości parametrów mikroklimatycznych w kanałach nawiewnych pomieszczeń komór dla tuczników

Table 1. Mean values of microclimate parameters in air supply ducts of climatic-respiration chambers for pigs

Parametr Parameter	Bez biofiltra Without biofilter	Biofiltr/Rodzaj mieszanki złoża Biofilter/Type of bed mixture		
		(1) mieszanka złoża biofiltracyjnego filtration bed mixture	(2) mieszanka złoża biofiltracyjnego filtration bed mixture	(3) mieszanka złoża biofiltracyjnego filtration bed mixture
Temperatura Temperature (°C)	11,7	12,1	11,9	12,4
Wilgotność wzgl. Relative humidity (%)	61,9	62,4	60,8	61,2
Prędkość ruchu powietrza Air speed (m/s)	0,42	0,41	0,39	0,48

Tabela 2. Średnie wartości parametrów mikroklimatycznych pomieszczeń komór dla tuczników

Table 2. Mean values of microclimate parameters in climatic-respiration chambers for pigs

Parametr Parameter	Bez biofiltra Without biofilter	Biofiltr/Rodzaj mieszanki złoża Biofilter/Type of bed mixture		
		(1) mieszanka złoża biofiltracyjnego filtration bed mixture	(2) mieszanka złoża biofiltracyjnego filtration bed mixture	(3) mieszanka złoża biofiltracyjnego filtration bed mixture
Temperatura Temperature (°C)	17,30	17,70	16,92	17,50
Wilgotność wzgl. Relative humidity (%)	72,50	72,60	74,00	70,80
Prędkość ruchu powietrza Air speed (m/s)	0,30	0,23	0,30	0,21

**Autorzy nie opisują i nie ilustrują szczegółowo działania i budowy biofiltra, ponieważ jest on przedmiotem wzoru patentowego.

Mikroklimat pomieszczeń

Rozpatrując średnie wartości temperatury, wilgotności i prędkości ruchu powietrza komór, zebrane w trakcie kolejnych powtórzeń w tabelach 1 i 2, należy stwierdzić brak istotności różnic dla ich średnich wartości, pomiędzy poszczególnymi grupami biofiltra. Jest to rezultatem założenia metodycznego i możliwości technicznych wyposażenia komór. System wentylacji posiada bowiem możliwość regulacji, tak przepływu powietrza, jak i jego temperatury, zgodnie do zadanych wartości. Uzyskane wyniki ilustruje tabela 3. Ujednolicenie parametrów komór pozwoliło na porównanie zdolności filtracyjnej biofiltra w zależności od zastosowanego wkładu.

Tabela 3. Wielkość emisji grup związków chemicznych z utrzymania tuczników po zastosowaniu biofiltra (kg/szt./rok)

Table 3. Emission rate of chemical compound groups from pig housing after biofilter use (kg/animal/year)

Grupa związków Group of compounds	Bez biofiltra Without biofilter	Biofiltr/Rodzaj mieszanki złoza Biofilter/Type of bed mixture		
		(1)	(2)	(3)
		mieszanka złoza biofiltracyjnego filtration bed mixture	mieszanka złoza biofiltracyjnego filtration bed mixture	mieszanka złoza biofiltracyjnego filtration bed mixture
VOC	0,024	0,022	0,030	0,028
NH ₃	0,33 A	0,05 B	0,09 B	0,04 B
NO	0,014 a	0,027 b	0,021 b	0,023 b
NO ₂	0,095 A	0,084 A	0,084 A	0,019 B
NO _x	0,109 A	0,111 A	0,105 A	0,042 B
CH ₄	0,51	0,49	0,48	0,50
CO ₂	160 a	144 b	151 ab	145 b

a, b – różnice istotne przy $P \leq 0,05$; A, B – różnice istotne przy $P \leq 0,01$.

a, b – significant differences at $P \leq 0.05$; A, B – significant differences at $P \leq 0.01$.

Pomiary emisji gazowych z biofiltrów

Największą redukcję emisji, wynoszącą 85–90%, uzyskano w przypadku amoniaku. Różnica ta była wysoko istotna statystycznie w stosunku do grupy kontrolnej bez biofiltra dla wszystkich rodzajów mieszanek. Największą skutecznością w redukcji amoniaku wykazała się mieszanka 3, zawierająca w swoim składzie 50% trocin i 25% torfu oraz słomy, ale niewiele mniej skuteczna była także mieszanka 1 skomponowana z 50% torfu. Przydatność 3 mieszanki biofiltracyjnej potwierdzono statystycznie także przy redukcji NO₂ i NO_x. Największą redukcję dwutlenku węgla oznaczono dla mieszanki 1, zawierającej 50% torfu, która z kolei charakteryzowała się najmniejszą efektywnością filtracji u tuczników w przypadku NO_x. Analizując redukcję metanu warto podkreślić, że mieszanka 3, zawierająca w swoim składzie 50% trocin okazała się nieskuteczna, tak jak i dwie pozostałe, nie redukując stężenia tego gazu w stosunku do grupy bez filtra, czyli kontrolnej. Redukcja LZO (oznaczonych w tabeli 3 angielskim skrótem VOC) nie została potwierdzona statystyczną istotnością różnic u tuczników, jednakże największą redukcję tych związków w biofiltrze oznaczono dla mieszanki 1 (50% torfu).

Omówienie wyników

Przeprowadzane badania obok stosowanych metod żywieniowych, polegających na zwiększeniu wykorzystania składników pokarmowych i zmniejszeniu ich strat (Burton i in., 1998), co jest możliwe na drodze odpowiedniego bilansowania dawki, żywieniu wielofazowym, bilansowaniu składu aminokwasowego, zwiększeniu strawności paszy, ograniczeniu poziomu białka i fosforu (Feddes i in., 1998), wskazały blisko 50 czynników technologicznych, zabiegów i rozwiązań technicznych mogących ograniczyć emisję gazów z pomieszczeń chlewni (Hartung i in., 2001). Należą tu: system utrzymania, częstotliwość usuwania odchodów z kanałów, ograniczenie zużycia wody, wprowadzenie podrusztowych zgarniaków, umieszczenie wlotów i wyciągów wentylacyjnych (Demmers i in., 1999). Dla systemu głębokiej ściółki wprowadza się na przykład odpowiednie szczepionki bakteryjne, alkalizujące dodatki ściółowe czy zabiegi aeracyjne. Samo wprowadzenie wyselekcjonowanych szczepów bakterii może tu zredukować straty azotu (amoniak i tlenki azotu) o około 50%. W systemie samospławialnym rozplanowanie stref bytowych i samooczyszczanie posadzki również ogranicza emisję. Różnice między samymi odmianami głębokiej ściółki dochodzić mogą do 0,26 g N/h/szt. emitowanego azotu (Louhelainen i in., 2001).

Pośród różnego rodzaju dodatków dominują materiały pochodzenia mineralnego i organicznego. Są one stosowane zarówno w samych budynkach, jak i zbiornikach z odchodami. Dodatki mineralne mogą działać w ograniczeniu emisji na dwa sposoby. Pierwszy polega na obniżeniu pH odchodów, co pozwala na zahamowanie działania ureazy w przypadku uwalniania amoniaku lub wpływa na zmiany jakościowe w mikroflorze aktywnej w procesach metanogenezy. Drugi sposób sprowadza się do wykorzystania chłonności i higroskopijnych właściwości niektórych kopalin. Jest to oddziaływanie czysto fizyczne, ograniczające parowanie. Dodatki organiczne działają podobnie jak chłonne kopaliny. W użyciu znajdują się tu zarówno słoma zbóż, jak i trociny czy torf. Mają one znaczenie głównie w przypadku emisji amoniaku, wchodząc także w skład złóż filtrujących powietrze z budynków chlewni. Omawiając efektywność redukcji emisji gazowych na drodze biofiltracji w utrzymaniu tuczników, można stwierdzić dużą skuteczność tej metody w przypadku zastosowania biofiltra powietrza dla większości badanych związków chemicznych, zależną jednak od rodzaju złoża filtrującego (Martens i in., 2001). W przypadku biofiltra zastosowanego u tuczników na uwagę zasługuje selektywność materiału filtrującego, przyczyniającego się do redukcji poszczególnych grup związków. Mieszanka 1 (50% torfu) powoduje największą redukcję VOC (0,022 kg/szt./rok) i CO₂ (144 kg/szt./rok). Mieszanka 2 (50% słomy) redukuje w największym stopniu NO i CH₄, odpowiednio do 0,21 kg/szt./rok i 0,48 kg/szt./rok. Natomiast mieszanka 3 obniża maksymalnie emisję 3 związków chemicznych: NH₃, NO₂ i NO_x do odpowiednio 0,04 kg/szt./rok, 0,019 kg/szt./rok i 0,042 kg/szt./rok. Za efektywność redukcji poszczególnych grup związków chemicznych odpowiada inna mieszanka złoża biofiltra. Zróżnicowanie składu mieszanek, uwzględnione przy ich komponowaniu uwzględnia duże znaczenie jego chłonności (np. torf), tj. właściwości fizycznych, a także pośrednio jego możliwości wykorzystania przez mikroflorę, jako składnik pokarmowy. Źródła literaturowe mówią wręcz o konieczności zachowania wysokiego stosunku C/N, podobnie

jak w materiale przeznaczonym do kompostowania (Choi i in., 2003). Wprawdzie słoma posiada stosunkowo dobre właściwości chłonne, jest jednak mało porowata, a zawarty w niej węgiel nie jest aż tak prosty do zużytkowania jako substrat przez mikroorganizmy. Stąd zastosowanie substratu mieszanego jako złoża biofiltrów, co pozwala na wykorzystanie jego naturalnych cech (Cloirec i in., 2001; Nicolai i Janni, 2001). Ponadto, co w tym przypadku wydaje się najważniejsze, obok wspomnianych właściwości fizycznych komponentów mieszanek filtracyjnych, zasadniczą rolę w selektywności odgrywają ich właściwości chemiczne wpływając na wielkość redukcji emisji wybranych związków chemicznych.

Po zastosowaniu biofitra w utrzymaniu tuczników, zwraca uwagę nieznaczna redukcja lub brak redukcji VOC oraz tlenków azotu na różnym stopniu utlenienia przez niektóre mieszanki komponujące złoża filtracyjne. Problem ten z pewnością wymaga dalszych badań, chociaż, jak podaje literatura, całkowite wyeliminowanie takich cząsteczek byłoby nawet niewskazane ze względu na to, iż pełnią one często funkcje informacyjne dla gatunku (np. feromony) (Mayrhofer i in., 2006; Stuetz i Nicolas, 2001).

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników można wysunąć trzy najważniejsze uogólnienia dotyczące redukcji emisji gazowych z utrzymania świń poprzez zastosowanie biofiltracji powietrza:

Zastosowanie wykorzystanego w doświadczeniu rodzaju biofitra oczyszczającego powietrze z budynków inwentarskich, gdzie utrzymywane są tuczniki, jest skuteczną metodą ograniczenia skażeń środowiskowych z tej działalności.

Najlepszymi właściwościami filtracyjnymi w opisywanym biofiltrze cechowały się mieszanki zawierające w swoim złożu zwiększoną ilość trocin, natomiast te ze zwiększoną ilością torfu i słomy odznaczały się taką samą skutecznością filtracji.

Zakres biofiltracji wykazał selektywność redukcji związanej z charakterem chemicznym emitowanych związków, co może sugerować znaczący wpływ właściwości chemicznych, a nie wyłącznie fizycznych, mieszanek złóż na skuteczność zachodzących procesów redukcji zanieczyszczeń.

Piśmiennictwo

- Aarnink A.J.A. (1997). Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Ph.D. thesis Agricultural University Wageningen, 175.
- Atkinson D., Watson C.A. (1996). The environmental impact of intensive systems of animal production in the lowlands. *Anim. Sci.*, 63: 353–361.
- Burton C.H., Sneath R.W., Misselbrok T.H., Pain B.F. (1998). The effect of farm scale aerobic treatment of piggery slurry on odour concentration, intensity and offensiveness. *J. Agr. Eng. Res.*, 71: 203–211.
- Chapin A., Bouлинд Ch., Moore A. (1998). Controlling odor and gaseous emission problems from industrial swine facilities. Handbook – Yale Environmental Protection Clinic.
- Choi J.K., Kim Y.H., Joo D.J., Choi S.J., Ha T.W., Lee D.H., Park I.H., Jeong Y.S. (2003). Removal of ammonia by biofilters. A study with flow-modified system and kinetics. *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 53 : 92–101.

- Cloirec P., Humeau P., Ramirez-Lopez E.M. (2001). Biotreatments of odours: control and performances of a biofilter and a bioscrubber. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 219–226.
- Demmers T.G.M., Burgess L.R., Short J.L., Philips V.R., Clark J.A., Wathes C.M. (1999). Ammonia emissions from two mechanically ventilated UK livestock buildings. *Atmos. Environ.*, 33 (2): 217–227.
- Feddes J.J.R., Wang Y., Edeogu I.E., Coleman R.N. (1998). Oligolysis: effect of voltage on odour and sulphide removal in stored pig manure. *Can. Agr. Eng.*, 40: 113–120.
- Hartung E., Martinec M., Jungbluth T. (2001). Biofilters – the influence of different filter materials and different operating conditions on the reduction efficiency. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 253–260.
- Hendriks H.J.M., Pedersen B.K., Vermeer H.M., Wittmann M. (1998). Pig housing systems in Europe: current distributions and trends. *Pig News and Information*, 19 (4): 97–104.
- Jeppsson K.H. (1998). Ammonia emission from different deep-litter materials for growing-finishing pigs. *Swedish J. Agric. Res.*, 28 (4): 197–206.
- Louhelainen K., Kangas J., Veijanen A., Viilos P. (2001). Effect of in situ composting on reducing offensive odors and volatile organic compounds in swineries. *AIHAJ*, 62 (2): 159–167.
- Martens W., Martinec M., Zapirain R., Stark M., Hartung E., Palmgren U. (2001). Reduction potential of microbial, odour and ammonia emissions from a pig facility by biofilters. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 203: 335–345.
- Mayrhofer S., Mikoviny T., Waldhuber S., Wagner A.O., Innerebner G., Franke-Whittle I.H., Märk T.D., Hansel A., Insam H. (2006). Microbial community related to volatile organic compound (VOC) emission in household biowaste. *Environ. Microb.*, 1: 1462–2920.
- McCrory D.F., Hobbs P.J. (2001). Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. *J. Environ. Qual.*, 30 (2): 345–355.
- Nicolai R.E., Janni K.A. (2001). Biofilter media mixture ratio of wood chips and compost treating swine odors. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 261–267.
- Osada T., Fukumoto Y. (2001). Development of a new dynamic chamber system for measuring harmful gas emissions from composting livestock waste. *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 79–86.
- Sheridan B., Curran T., Dodd V. (2002). Biofiltration of odour and ammonia from a pig unit – a pilot-scale study. *Coll. Bios. Eng.*, 82 (4): 441–453.
- Strauch D. (1992). Environmental loads from animal production and possibilities for their reduction – hygienic aspects. *Züchtungskunde*, 64: 245–253.
- Stuetz R.M., Nicolas J. (2001). Sensor arrays: an inspired idea or an objective measurement of environmental odours? *Water Sci. Technol.*, 44 (9): 53–58.
- Tymczyzna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Saba L. (2004). Biological treatment of laying house air with open biofilter use. *Pol. J. Environ. Stud.*, 13 (4): 425–428.
- Tymczyzna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A. (2007 a). The effectiveness of various biofiltration substrates in removing bacteria, endotoxins, and dust from ventilation system exhaust from a chicken hatchery. *Poultry Sci.*, 86: 2095–2100.
- Tymczyzna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A., Skórska Cz., Sitkowska J., Cholewa G., Dutkiewicz J. (2007 b). Efficacy of a novel biofilter in hatchery sanitation: II. Removal of odorigenous pollutants. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 14: 151–157.
- Tymczyzna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A. (2009). Wpływ systemu utrzymania świń na emisję gazowych zanieczyszczeń powietrza. *Przem. Chem.*, 88 (5): 574–578.
- Tymczyzna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A., Raczyńska J. (2010). Biofiltracja lotnych związków organicznych (LZO) powietrza odlotowego tuczarni. *Przem. Chem.*, 89 (4): 567–573.
- Van der Peet-Schwering C.M.C., Aarnink A.J.A., Rom H.B., Dourmand J.Y. (1999). Ammonia emissions from pig houses in The Netherlands, Denmark and France. *Liv. Prod. Sci.*, 58: 265–269.
- Walczak J. (2013). Oddziaływanie chowu świń na środowisko naturalne. *Rocz. Nauk. Zoot., Mon. Rozpr.*, 49, 90 ss.

WOJCIECH KRAWCZYK, JACEK WALCZAK, EUGENIUSZ HERBUT,
MAŁGORZATA SABADY, PIOTR SENDOR, KLAUDYNA PROCHOWSKA

**Determining the reduction potential of gas emissions from pig housing by
air biofiltration**

SUMMARY

The aim of the study was to determine the reduction potential of gas emissions from livestock production by filtration of air from indoor pig housing. This required determining the groups of gas compounds in filtered and unfiltered air from pig housing and using an air biofilter with different mixtures that formed biofilter bed in order to direct the transformations and the extent and range of filtration. The highest emission reduction of 85-90% was obtained for ammonia. The difference was highly significant for all types of mixtures. Mixture 3, which contained 50% sawdust, was most efficient in reducing ammonia emissions.

Key words: GHG emission, air biofiltration, biofilter bed, pig housing