

Metody oceny emisji odorów z obiektów gospodarki hodowlanej

Agnieszka Grzelka^{1*}, Izabela Sówka¹, Urszula Miller¹

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Zakład Inżynierii i Ochrony Atmosfery, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

* Autor do korespondencji: agnieszka.grzelka@pwr.edu.pl

STRESZCZENIE

Hodowla zwierząt gospodarskich oprócz licznych korzyści niesie ze sobą szereg negatywnych skutków dla środowiska naturalnego, w tym emisję zanieczyszczeń, m.in. zapachowych, do powietrza atmosferycznego. Celem pracy była charakterystyka metod stosowanych w ocenie emisji odorów obiektów hodowlanych oraz analiza standardów odorowych stosowanych w światowych przepisach prawnych. Z przeprowadzonych analiz wynika iż w systemie prawnym krajów europejskich stosuje się standardy odorowe wyrażane w europejskich jednostkach zapachowych na określoną jednostkę czasu przypadającą na stanowisko dla jednego zwierzęcia ($ou_E/s/\text{stanowisko}$ dla zwierzęcia). Analiza wykonanych pomiarów stężenia zapachowego i obliczeń wskaźników emisji odorów przeprowadzonych dla ferm drobiu (indyków i brojlerów), fermy trzody chlewnej i fermy zwierząt futerkowych wykazała najwyższe wartości emisji odorów dla fermy trzody chlewnej oraz najwyższe obliczone wskaźniki emisji odorów dla warchlaków oraz macior, co jest zgodne z wartościami wskaźników emisji odorów sugerowanymi przez UE.

Słowa kluczowe: uciążliwość zapachowa, odory, wskaźnik emisji, metody sensoryczne, metody analityczne

Methods for assessing the odor emissions from livestock farming facilities

ABSTRACT

Livestock farming, in addition to numerous benefits, has a number of negative effects on the environment, including the emissions of pollutants, incl. odorants, to atmospheric air. The purpose of the work was to characterize the methods used in assessing the emission of odours from breeding facilities and to analyze the odor standards used in the global legal regulations. The values of odour concentrations measured in livestock buildings and the emission values estimated on the basis of emission factors for various types of livestock farming are presented in the paper. The analyses show that the legal system of European countries applies odour standards expressed in European odour units for a specific unit of time per one animal position ($ouE/s/\text{animal place}$). The analysis of odour concentration measurements and calculations of odour emission factors carried out for poultry farms (turkeys and broilers), pig farms and fur farms showed the highest values of odour emissions for a swine farm and the highest calculated odour emission rates for weaners and sows, which is in line with the values of odor emission indicators suggested by the EU.

Keywords: odor nuisance, odors, emission factor, sensory methods, analytical methods

WPROWADZENIE

Elementem nieodłącznie związanym z chowem i hodowlą zwierząt gospodarskich jest emisja odorów [Zhang i in., 2009; Hansen i in., 2016; Blandes-Vidal i in., 2008, Cai i in., 2015]. W produkcji zwierzęcej powstaje wiele odorantów, których liczba nie została jeszcze poznana. Związkami charakterystycznymi dla tej gałęzi

gospodarki są przede wszystkim amoniak, siarkowodor i metan, które przeważnie występują w wysokich stężeniach, a ich poziomy są często normowane przez prawo, ale również tiole, sulfidy, fenole, ketony, aldehydy, kwasy alifatyczne, estry, aminy, heterocykliczne związki zawierające siarkę i azot czy alkohole alifatyczne [Korczyński i in., 2010; Herbut i in., 2010; Tymczyna i in., 2010]. Skład gazów powstających

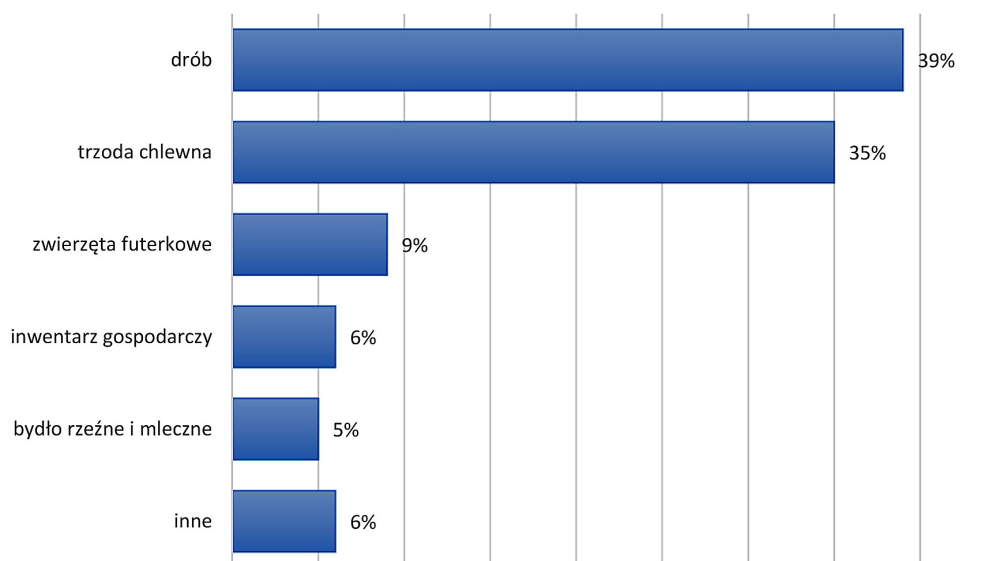
w obiektach inwentarskich jest uzależniony od wielu czynników, przede wszystkim od gatunku i wieku hodowanych zwierząt [Korczyński i in., 2010]. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki przeprowadzonej analizy skarg ludności na odory [Siwek 1997; Kośmider i in., 2002]. Wyniki wskazują, iż najbardziej znaczącym źródłem emisji wśród zwierząt hodowlanych jest chów drobiu (39%) i trzody chlewnej (35%). Zdecydowanie mniejsze ilości skarg napływają w związku z hodowlą zwierząt futerkowych (9%) i bydła (5%).

Źródła odorantów w gospodarce hodowlanej mogą stanowić: procesy fermentacji i gnicia ściółki, procesy rozkładu odchodów i resztek pokarmu, procesy oddychania, trawienia oraz parowania z powierzchni skóry zwierząt [Korczyński i in. 2010; Saba i in., 2003]. Wśród czynników decydujących o skali problemu uciążliwości zapachowej w obiektach gospodarki hodowlanej wymienić można:

- rodzaj/typ systemu utrzymania zwierząt,
- częstość usuwania odchodów z kanałów,
- ograniczenie zużycia wody,
- wprowadzenie zgarniaków podrusztowych,
- umieszczenie wlotów oraz wyciągów wentylacyjnych,
- stosowanie specjalnych szczepionek bakteryjnych do ściółki [Herbut i in., 2010; Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, 2016].

Istotną rolę w powstawaniu uciążliwości zapachowej z obiektów gospodarki hodowlanej odgrywają czynniki środowiskowe i techniczne wśród, których wymienić należy: temperaturę pomieszczeń, wilgotność, prędkość ruchu powietrza, wielkość dostępnej powierzchni, rodzaj posadzki, rodzaj stosowanych ściółek (lub chów bezściółkowy) oraz konstrukcję systemów wentylacji, a także metody postępowania z wytworzonym obornikiem [Herbut i in.; 2010]. Równie istotnym czynnikiem jest sposób żywienia zwierząt, polegający na odpowiednim bilansowaniu pasz, co ma na celu redukcję ilości białka w odchodach zwierząt oraz zmniejszenie ich odczynu pH [Jugowar i in., 2010]. Dążenie do redukcji emisji odorantów w tego typu obiektach jest istotne m.in. ze względu na pogorszenie zdrowotności ludzi zatrudnionych przy hodowli oraz stanu i produktywności zwierząt [Opaliński i in., 2010].

W pracy scharakteryzowano główne metody stosowane w ocenie emisji odorów obiektów hodowlanych, dokonano analizy standardów odorowych stosowanych w światowych przepisach prawnych oraz przedstawiono wyniki pomiarów stężenia zapachowego oraz wartości emisji odorów obliczonych na podstawie wskaźników emisji zanieczyszczeń w różnych typach obiektów inwentarskich: hodowli drobiu, trzody chlewnej, zwierząt futerkowych.



Rys. 1. Wyniki analizy skarg ludności na zapachową uciążliwość chowu i hodowli zwierząt [Siwek 1997; Kośmider i in. 2002]

Fig. 1. The results of the analysis of the population's complaints about the odorous nuisance of breeding livestock farming facilities [Siwek 1997; Kośmider et al. 2002]

METODY STOSOWANE W OCENIE UCIAŹLIWOŚCI OBIEKTÓW HODOWLANYCH

Dobór metody oceny uciążliwości zapachowej zależy od wielu czynników, takich jak: rodzaj obiektu oraz ilość, różnorodność i rodzaj zlokalizowanych w jego ramach źródeł odorów, usytuowanie przestrzenne obiektu i sąsiedztwo innych obiektów o potencjalnie negatywnym oddziaływaniu zapachowym, sytuacja społeczna i ilość skarg na uciążliwość zapachową, rodzaj i parametry fizyko-chemiczne emitowanych gazów i warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu. W większości przypadków, w celu pełnej oceny sytuacji i podjęcia zintegrowanych działań mających na celu zmniejszenie uciążliwości zapachowej zarówno z zastosowaniem narzędzi technicznych, jak i socjologicznych, konieczne jest zastosowanie jednocześnie kilku z dostępnych metod. Takie podejście pozwala na uzyskanie rzeczywistego obrazu problemu i opracowanie optymalnego zakresu koniecznych działań.

Metody analityczne

Związki zapachowe, takie jak siarkowodór, czy amoniak, emitowane z obiektów hodowlanych można identyfikować przy użyciu metod chemii analitycznej. Chromatografia gazowa, w połączeniu ze spektrometrią mas, umożliwia rozdzielenie pojedynczych odorantów znajdujących się w mieszaninie gazowej, ich identyfikację oraz analizę ilościową [Opaliński i Dobrzański, 2007]. Podobnie, w przypadku gazów o znanym składzie możliwe jest określenie stężenia zanieczyszczeń, metodami klasycznymi, takimi jak kolorymetryczna metoda oznaczania amoniaku. Jednakże ani ilościowa, ani jakościowa analiza składu mieszaniny gazowej może nie dać pełnego obrazu pod kątem zapachowym. Wiele odorantów w obecności innych związków nabiera zupełnie innego charakteru i się zmienia ich odbiór. Z tego względu zalecane jest łączenie analiz chemicznych z analizami sensorycznymi w celu pełnego określenia składu gazów z uwzględnieniem aspektu zapachowego.

Metodą hybrydową jest chromatografia gazowa sprzężona z olfaktometrią. Łączy jednoczesną analizę chemiczną, często połączoną ze spektrometrią mas, z oceną olfaktometryczną gazów. Pozwala zatem na rozdzielenie mieszaniny, ilo-

ściową i jakościową analizę jej składu, a także, dzięki odpowiedniemu podzieleniu eluatu na kilka strumieni, określenie intensywności, bądź stężenia zapachu [Koziel i in. 2007]. Wyniki analizy otrzymuje się w postaci olfaktogramów, nazywanych również profilami zapachowymi [Plutowska i Wardencki, 2008; Cai i in., 2015].

Metody sensoryczne

Najpopularniejszą z metod sensorycznej oceny zapachu jest olfaktometria dynamiczna. Metoda ta pozwala na oznaczenie stężenia zapachowego w pobranych próbkach gazów, a także na określenie intensywności i jakości hedonicznej zapachu. Stężenie zapachowe wyrażane jest w europejskich jednostkach zapachowych na metr sześcienny (ou_e/m^3). Procedury dotyczące poboru próbek gazowych ze źródeł punktowych, powierzchniowych pasywnych i powierzchniowych aktywnych oraz oznaczania stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej opisano w normie PN-EN 13725 Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej. Pomiar stężenia zapachowego odbywa się tu metodą „tak-nie”. Podczas prezentowanej serii rozcieńczeń probanci otrzymują naprzemiennie powietrze i próbkę zapachu o określonym stężeniu. Urządzeniem stosowanym do rozcieńczania próbek poprzez mieszanie dwóch strumieni gazów: badanej próbki oraz czystego, bezwonnego powietrza, jest olfaktometr dynamiczny. Urządzenie podłączone jest do komputera ze specjalnym oprogramowaniem, pozwalającym na sterowanie pracą układu rozcieńczeń oraz automatyczne wykonywanie obliczeń statystycznych i prezentację wyników. Zespół pomiarowy składa się z co najmniej czterech oceniających (w zależności od konstrukcji olfaktometru, np. olfaktometr cztero-stanowiskowy lub ośmio-stanowiskowy) oraz operatora czuwającego nad poprawnym przebiegiem pomiarów i sterującego doborem rozcieńczeń ocenianej próbki. Wymagane jest, aby każdy członek zespołu przeszedł selekcję, która polega na wykonaniu oznaczenia indywidualnego progu wyczuwalności zapachu dla substancji wzorcowej – n-butanolu [Sówka i in., 2013].

Badania olfaktometryczne można przeprowadzać również metodą rozcieńczeń statycznych. Pomiar polega wykonywaniu testów trójkątowych. Osobie oceniającej prezentowane są trzy próbki i jej zadaniem jest wskazanie, w której z nich wyczuwalny jest zapach. Pozwala

to, podobnie jak w olfaktometrii dynamicznej, na określenie przy jakim rozcieńczeniu badanej próbki zapach jest wyczuwalny, jednak rozcieńczenie próbek odbywa się tutaj poprzez mieszanie dokładnie odmierzonej objętości próbki w określonej objętości czystego powietrza [Kosmider i in., 2002].

Olfaktometria dynamiczna i statyczna służą przede wszystkim ocenie stężenia zapachowego w próbkach gazów pobranych u źródła, zatem ukierunkowane są na badania emisyjne. W celu określenia uciążliwości zapachowej obiektu zalecane jest połączenie badań z modelowaniem dyspersji odorów w powietrzu w celu uzyskania informacji o imisji [Sówka, 2011]. W przypadku obiektów hodowlanych olfaktometria dynamiczna jest wykorzystywana do pomiarów stężenia zapachowego w obiektach różnego przeznaczenia [Hudson i in., 2009], w tym hodowli trzody chlewnej [Hove i in., 2017; Hove i in. 2016]

Metody czujnikowe

Metodą oceny uciążliwości zapachowej należąca do metod instrumentalnych, ograniczającą jednak konieczność pobierania wielu próbek związaną z metodami chemii analitycznej i umożliwiającą monitorowanie zapachu w sposób ciągły są czujniki [Bourgeois i Stuetz, 2002]. Działanie tzw. elektronicznego nosa, opiera się na zastosowaniu matrycy czujników, które przetwarzają dostarczaną informację chemiczną na sygnał użyteczny analizie. Zadaniem e-nosa jest zarejestrowanie charakterystyki mieszaniny substancji lotnych w zależności od stężenia specyficznych składników danego zapachu. Metody czujnikowe eliminują wprawdzie wady ludzkiego nosa, jednakże ograniczają pomiar do „wyuczonych” przez elektroniczny nos zanieczyszczeń i zakresów stężeń. Elektroniczne nosy mają szerokie zastosowanie w monitoringu odorów z obiektów gospodarki hodowlanej, w chowie drobiu, bydła mlecznego, trzody chlewnej [Sohn i in., 2008; Pan i in., 2006].

WYBRANE STANDARDY ODOROWE STOSOWANE W PRZEPISACH PRAWNYCH W POLSCE I NA ŚWIECIE ODNOSZĄCE SIĘ DO GOSPODARKI HODOWLANEJ

Przepisy prawne odnoszące się do odorów w gospodarce hodowlanej w Polsce

Niektóre kwestie mające związek z emisją substancji zapachowych z obiektów gospodarki hodowlanej regulowane są w aktach prawnych dotyczących ograniczania negatywnego wpływu działalności rolniczej na otoczenie. Przykładowo, w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz. U. z 2015 r. poz. 1422] została ustanowiona minimalna odległość usytuowania budynków inwentarskich od mieszkalnych wynosząca co najmniej 8 metrów. Z kolei w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie [Dz. U. z 2014 r. poz. 81, z późn. zm.] wskazano obowiązek przechowywania zwierzęcych odchodów płynnych np. gnojowicy w szczelnych, zamkniętych zbiornikach w celu redukcji emisji amoniaku i odorów oraz stosowania szpaleru roślinności średnio- i wysokopiennej pomiędzy obiektami inwentarskimi a budynkami mieszkalnymi w celu m.in. ograniczenia emisji uciążliwości zapachowych. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu [Dz. U. z 2010 r. Nr. 16, poz. 87] ustala wartości odniesienia między innymi dla niektórych substancji zaliczanych do odorantów, w tym amoniaku i siarkowodoru (tabela 1).

W Polsce brak jest rozwiązań prawnych zawierających standardy odorowe m.in. standardów emisyjnych odnoszących się zarówno do odorów, jak i odorantów (przede wszystkim amoniaku),

Tabela 1. Przykładowe wartości odniesienia dla substancji zapachowych ujętych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu [Dz. U. z 2010 r., nr 16, poz. 87]

Table 1. Example reference values for odorants included in the Ordinance of the Minister of the Environment of 26 January 2010 on reference values for certain substances in the air

Związek chemiczny	Stężenie uśrednione dla okresu 1 godziny $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stężenie uśrednione dla okresu 1 roku $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Amoniak	400	50
Siarkowodór	20	5

wyrażanych w europejskich jednostkach zapachowych na określoną jednostkę czasu przypadającą na stanowisko dla jednego zwierzęcia ($\text{ou}_E/\text{s}/\text{stanowisko dla zwierzęcia}$) lub w przypadku amoniaku wyrażanych w wyprodukowanej masie NH_3 przypadającej na stanowisko dla jednego zwierzęcia na określoną jednostkę czasu ($\text{kg}_{\text{NH}_3}/\text{stanowisko dla 1 zwierzęcia/rok}$).

Przykłady przepisów prawnych odnoszących się do odorów w gospodarce hodowlanej na świecie

W Wielkiej Brytanii obowiązują wytyczne techniczne wydane przez Agencję Ochrony Środowiska w 2003 roku, tzw. Wytyczne IPPC H4 (Technical Guidance Note IPPC H4 Horizontal Guidance for Odour. Part 1 - Assessment and Control, Part 2 – Regulation and Permitting). Definiują one zasady oceny uciążliwości zapachowej niektórych procesów technologicznych. Według wytycznych ocena powinna być ilościowa, z zastosowaniem metody olfaktometrii dynamicznej do pomiaru stężenia zapachowego oraz wybranego modelu dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu. Standardy poziomu stężenia zapachowego zostały tu zróżnicowane w zależności od przemysłu będącego źródłem uciążliwości zapachowej. Intensywny chów zwierząt zakwalifikowano do grupy o względnej średniej uciążliwości zapachowej, dla której kryterium oceny wynosi $3 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ [Kapusta, 2007].

W Danii regulacje prawne wyznaczają minimalne odległości lokowania obiektów hodowli zwierząt w zależności od liczby jednostek przeliczeniowych inwentarza (LU). Dla ferm do 15 LU minimalna odległość usytuowania obiektów hodowli od zabudowań mieszkalnych powinna wynosić 50 m. Dla obiektów o wielkości 120-150 LU minimalna odległość od zabudowy mieszkalnej wynosi 300 m. Osobne, zaostrzone przepisy obowiązują w przypadku hodowli zwierząt futerkowych. Fermy lisów lokalizuje się w odległości co najmniej 200 m od zabudowy mieszkalnej, a hodowle innych zwierząt futerkowych w odległości minimum 100 m. Według znowelizowanych regulacji prawnych dotyczących minimalnych odległości lokowania obiektów hodowli zwierząt w Danii, najmniejsza odległość powinna wynosić 50 m w przypadku ferm do 15 jednostek przeliczeniowych inwentarza (LU) (1 jednostka przeliczeniowa inwentarza wynosi ok 500 kg). W przypadku obiektów średniej wielkości (120–150 LU) mini-

malna odległość od zabudowań mieszkalnych i letniskowych powinna wynosić 300 m. Zaostrzone przepisy wprowadzono w przypadku hodowli zwierząt futerkowych. Fermy lisów są lokalizowane w odległości co najmniej 200 m od zabudowy mieszkalnej, a fermy pozostałych zwierząt futerkowych w odległości 100 m [Krajewska i Kośmider 2005; Kapusta, 2007].

Z kolei w większości prowincji w Kanadzie mimo obowiązywania restrykcyjnych przepisów odnoszących się do zagadnienia odorów, nie mają one zastosowania do zapachów emitowanych z ferm. Na przykład w prowincjach Ontario czy Alberta ustanowione są regulacje prawne związane z ‘normalnym użytkowaniem gospodarstwa’, zgodnie z którymi tzw. normalna praktyka w zakresie rolnictwa jest prowadzona zgodnie z właściwymi i akceptowalnymi zwyczajami i normami ustanowionymi dla podobnej działalności lub korzysta z innowacyjnych technologii w sposób zgodny z odpowiednimi zaawansowanymi praktykami zarządzania gospodarstwami rolnymi. W przypadku kiedy działalność fermy jest zgodna ze zdefiniowaną ‘normalną praktyką’, właściciel nie ponosi odpowiedzialności za powstawanie uciążliwości zapachowej [Sówka i in., 2016].

BREF, BAT

W lutym 2017 roku Komisja Europejska przedstawiła Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń [BREF, 2017]. Dokument ten zawiera zbiór praktyk, których powinno się przestrzegać prowadząc działalność zobligowaną do uzyskania pozwolenia zintegrowanego. Stanowi on również podstawę do sporządzania wniosków o wydanie pozwolenia zintegrowanego. Określa on zasady dla intensywnego chowu świń i drobiu w zakresie m.in. zarządzania gospodarstwem, karmienia zwierząt, gromadzenia i przechowywania obornika, dopuszczalnych poziomów emisji substancji do powietrza, w tym amoniaku [BREF, 2017; Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, 2016]. W tabeli 2 zestawiono dopuszczalne poziomy emisji amoniaku i odorów z obiektów hodowlanych w zależności od kategorii hodowanych zwierząt proponowane przez BREF.

Następstwem opublikowania BREF było pojawienie się konkluzji BAT [BAT, 2017], które są dokumentami obowiązującymi we wszystkich państwach członkowskich UE i mają charakter

Tabela 2. Poziomy emisji amoniaku i odorów z obiektów hodowlanych w zależności od kategorii hodowlanych zwierząt [BREF, 2017]

Table 2. Emission levels of ammonia and odors from breeding facilities depending on the category of animals being bred [BREF, 2017]

Kategoria zwierząt	NH ₃ kg/stanowisko dla zwierzęcia/rok	Odory ou _E /s/stanowisko dla zwierzęcia
Kury nioski – chów klatkowy	0,01-0,15	0,102-0,68
Kury nioski – chów bezklatkowy	0,019-0,36	0,102-1,53
Brojlery	0,004-0,18	0,032-0,7
Indyki - samice	0,045-0,387	0,4
Indyki - samce	0,138-0,68	0,71
Kaczki	0,05-0,29	0,098-0,49
Lochy prośne (gnojowica)	0,42-9,0	5,6-100
Prosięta osadzone (gnojowica)	0,03-0,8	1,1-12,1
Prosięta osadzone (obornik/system mieszany)	0,11-0,7	2,25-3
Tuczniki (gnojowica)	0,1-4,6	1,14-29,2
Tuczniki (obornik/system mieszany)	1,9-7,53	4,2-7

wiązujący prawnie. Konkluzje BAT odnoszą się do działalności z ponad 40 000 stanowiskami dla drobiu, ponad 2 000 stanowiskami dla tuczników (powyżej 30 kg) lub ponad 750 stanowiskami dla loch. Dokument wskazuje na obowiązek okresowego monitorowania emisji odorów m.in. przez pomiary metodą olfaktometrii dynamicznej zgodnie z PN-EN 13725. Ponadto, właściciel instalacji będzie zobligowany do stworzenia, wdrożenia i regularnego przeglądu planu zarządzania zapachem. W celu zapobiegania emisjom odorów i ich skutkom dokument BAT zaleca zapewnienie odpowiedniej odległości między gospodarstwami a obiektami wrażliwymi (dla obiektów nowobudowanych) bądź zastosowanie jednego lub kombinacji innych środków zaradczych, m.in. wykorzystywanie systemów oczyszczania powietrza lub stosowanie się do specjalnych zaleceń odnośnie utrzymywania zwierząt i podłoża [BAT, 2017].

W ramach BAT zostały określone wartości dopuszczalne emisji amoniaku dla ferm trzody chlewnej i drobiu (tabela 3). Wartości te nie odnoszą się do chowu ekologicznego.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 4 zestawiono wartości stężenia zapachowego zmierzone w wybranych obiektach gospodarki hodowlanej oraz obliczone na ich podstawie wskaźniki emisji odorów dla konkretnych kategorii zwierząt.

Pomiaru stężenia zapachowego dokonano metodą olfaktometrii dynamicznej zgodnie z

normą PN-EN 13725 *Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej* w dwóch obiektach, z których pierwszy stanowiła chlewnia obsadzona przez 1100 macior, 1840 tuczników, 4000 warchlaków, natomiast drugim obiektem był kurnik obsadzony przez brojlery. Najwyższe wartości stężenia zapachowego odnotowano w przypadku chlewni w pomieszczeniu warchlaków (3473 ou_E/m³), w pomieszczeniu tuczników stężenie zapachowe wyniosło 1019 ou_E/m³, a w pomieszczeniu macior 619 ou_E/m³. Natomiast w przypadku brojlerów stężenie zapachowe wyniosło 815 ou_E/m³. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, iż wskaźniki emisji uzyskane na podstawie określonego stężenia zapachowego oraz wielkości strumieni powietrza wentylującego dla trzody chlewnej oraz drobiu wyniosły kolejno: dla warchlaków 19,29 ou_E/s/szt., dla tuczników 8,49 ou_E/s/szt., dla macior 20,63 ou_E/s/szt. i dla brojlerów 0,15 ou_E/s/szt., co (za wyjątkiem warchlaków) jest zgodnie z różnicami w zakresie wskaźników emisji dla hodowli tego typu zwierząt proponowanymi przez BREF.

W tabeli 5 przedstawiono obliczone na podstawie wskaźników emisji odorów i informacji na temat obsady obiektów wartości emisji odorów.

Pierwszy obiekt stanowiła chlewnia obsadzona przez 1100 macior, 1840 tuczników, 4000 warchlaków. Obiekt III stanowiła ferma nerek obsadzona w zależności od pory roku przez 20 748 oraz 76 913 osobników. Obiekt IV stanowiła ferma indyków o całorocznej obsadzie wynoszącej 2000 szt. Wskaźniki emisji odorów dla poszczególnych zwierząt zostały oszacowane na

Tabela 3. Dopuszczalne wartości emisji amoniaku (BAT-AEL) dla hodowli trzody chlewnej i drobiu [BAT, 2017]**Table 3.** Permissible ammonia emission values (BAT-AEL) for pig and poultry farming [BAT, 2017]

Kategoria zwierząt	Wartość dopuszczalna kg NH ₃ /stanowisko dla zwierzęcia/rok
Lochy luźne i prośne	0,2-2,7
Lochy karmiące (wraz z prosiętami) w klatkach	0,4-5,6
Prosięta osadzone	0,03-0,53
Tuczniki	0,1-2,6
Chów klatkowy	0,02-0,08
Chów bezklatkowy	0,02-0,13

Tabela 4. Wartości stężeń zapachowych w obiektach gospodarki hodowlanej i obliczonych wskaźników emisji odorów**Table 4.** Odor concentration values in livestock farming facilities and calculated odor emission rates

Obiekt nr	Obsada	Stężenie zapachowe, ou _E /m ³	Strumień powietrza wentylującego, m ³ /h/szt.*	Obliczony wskaźnik emisji, ou _E /s/szt.
I	Warchlaki	3473	20	19,29
	Tuczniki	1019	30	8,49
	Maciory	619	150	20,63
II	Drób - brojlera	815	0,65	0,15

* Strumienie powietrza wentylującego zostały założone zgodnie z rekomendacjami BREF [BREF, 2017].

Tabela 5. Emisja odorów z obiektów gospodarki hodowlanej obliczona na podstawie wskaźników emisji zanieczyszczeń**Table 5.** Emission of odors from livestock farming facilities calculated on the basis of emission factors

Obiekt nr	Obsada	Okres hodowli		Ilość (szt.)			Wskaźnik emisji [ou _E /s/szt.]			Emisja [ou _E /s]
		grudzień- marzec ^I	kwiecień- listopad ^{II}	1100 ^I	1840 ²	4000 ³	9,79 ¹	12,15 ²	16,30 ³	
I	Trzoda chlewna (maciory ¹ , tuczniki ² , warchlaki ³)	cały rok		1100 ^I	1840 ²	4000 ³	9,79 ¹	12,15 ²	16,30 ³	98325
III	Norki	grudzień- marzec ^I	kwiecień- listopad ^{II}	20748 ^I	76913 ^{II}		0,209			12055
IV	Drób – indyki	cały rok		2000			7,00			14000

podstawie danych literaturowych. Zdecydowanie najwyższą emisję 98 325 ou_E/s odnotowano dla chlewni (obiekt I). Ma to związek zarówno ze stosunkowo liczną obsadą obiektu, jak również z najwyższymi w stosunku do innych zwierząt wskaźnikami emisji (dla macior – 9,79 ou_E/s/szt., dla tuczników 12,15 ou_E/s/szt., dla warchlaków 16,30 ou_E/s/szt). Zdecydowane niższe wartości uzyskano dla fermy indyków (obiekt III) (14 000 ou_E/s) i dla fermy nerek (obiekt IV) (12 055 ou_E/s), dla której mimo zdecydowanie liczniejszej obsady wartości wskaźnika emisji odorów (0,209 ou_E/s/szt. dla nerek 7,00 ou_E/s/szt. dla indyków) są blisko 30 razy niższe niż w przypadku indyków.

Uzyskane wartości wskaźników emisji odorów są do siebie zbliżone. Dodatkowo, wyniki uzyskiwane z wykorzystaniem metody olfak-

tometrii dynamicznej można uznać za bardziej miarodajne i wiarygodne w stosunku do obliczeń na podstawie literaturowych wskaźników emisji z uwagi na to, iż pomiary olfaktometryczne są wykonywane bezpośrednio na terenie wybranego obiektu hodowlanego w konkretnych chowu i warunkach środowiskowych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W zależności od parametrów pracy, rodzaju systemu utrzymania zwierząt, w tym żywienia i wykorzystywanych ściółek i konstrukcji podłoża oraz częstości usuwania odchodów oraz parametrów środowiskowych chów i hodowla zwierząt są źródłem emisji odorów, które mogą być

rejestrowane przez mieszkańców jako uciążliwe i powodują konieczność zastosowanie technik minimalizujących uciążliwość zapachową. W związku z tym na świecie stosowane są różne rozwiązania, zarówno w ujęciu prawnym (np. standardy emisyjne, operacyjne, technologiczne), jak i w przypadku metod pomiarowych (metody sensoryczne, instrumentalne, czujnikowe, modelowanie matematyczne, badania socjologiczne) i dezodoryzacji np. biofiltrację.

Przeprowadzone analizy oraz badania własne wskazują iż w przypadku oceny wartości emisji odorów oraz w ocenach uciążliwości zapachowej obiektów hodowlanych duże znaczenie odgrywają metody sensoryczne, a w przypadku standardów stosowane są te wyrażane w europejskich jednostkach zapachowych na określoną jednostkę czasu przypadającą na stanowisko dla jednego zwierzęcia ($ou_E/s/\text{stanowisko}$ dla zwierzęcia), lub w przypadku amoniaku wyrażane w wyprodukowanej masie NH_3 przypadającej na stanowisko dla jednego zwierzęcia na określoną jednostkę czasu ($kg_{NH_3}/\text{stanowisko}$ dla 1 zwierzęcia/rok). Mając zatem na uwadze komfort życia, zapachową jakość powietrza oraz dobrostan zwierząt uwzględnienie standardów odorowych w polskim systemie prawa jest bardzo istotnym zagadnieniem.

Podziękowania

Praca współfinansowana z badań statutowych nr 0401/0003/17.

BIBLIOGRAFIA

- Blandes-Vidal V., Hansen M.N., Adamsen A.P.S., Feilberg A., Petersen S.O., Jensen B.B. 2008. Characterization of odor released during handling of swine slurry: Part I. Relationship between odorants and perceived odor concentrations, *Atmospheric Environment*, 43(18), 2997-3005.
- Bourgeois W., Stuetz R.M. 2002. Use of a chemical sensor array for detecting pollutants in domestic wastewater. *Water Research*, 36, 4505-4512.
- Cai L., Koziel J.A., Zhang S., Heber, Cortus E.L., Parker D.B., Hoff S.J., Sun G., Heatcote K.Y., Jacobson L.D., Akdeniz N., Hetchler B.P., Berznicki S., Caraway E.A., Lim T.T. 2015. Odor and Odorous Chemical Emissions from Animal Buildings: Part 3. Chemical Emissions. *Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers)*, 58(5), 1333-1347.
- Decyzja wykonawcza komisji (UE) 2017/302 z dnia 15 lutego 2017 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do intensywnego chowu drobiu lub świń zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE.
- Departament Ochrony Powietrza i Klimatu. 2016. Kodeks przeciwdziałania uciążliwościom zapachowym.
- Santonja G.G., Georgitzikis K., Scalet B.M., Montobbio P., Roudier S., Sancho L.D. 2017, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs; EUR 28674 EN.
- Hansen M.J., Jonassen K.E.N., Lokke M.M., Adamsen A.P.S., Feilberg A., 2016, Multivariate prediction of odor from pig production based on in-situ measurement of odorants, *Atmospheric Environment*, 135, 50-58.
- Herbut E., Waczak J., Krawczyk W., Szewczyk A., Pająk T. 2010. Badania emisji odorantów w utrzymaniu zwierząt gospodarskich, [w:] *Współczesna problematyka odorów*, p. red. Szyrkowka M.I., Zwoździak J., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1-12.
- Hove N.C.Y., Van Langerhove H., Van Weyenberg S., Demeyer P. 2016. Comparative odour measurements according to EN 13725 using pig house odour and n-butanol reference gas, *Biosystems Engineering*, 143, 119-127.
- Hove N.C.Y., Emeyer P., Van der Heyden N., Van Weyenberg S., Van Langenhove S. 2017. Improving the repeatability of dynamic olfactometry according to EN 13725: A case study for pig odour, 161, 70-79.
- Hudson N., Ayoko G.A., Dunlop M., Duperouzel D., Burrell D., Bell K., Gallagher E., Nicholas P., Heinrich N. 2009. Comparison of odour emission rates measured from various sources using two sampling devices, *Bioresource Technology* 100(1), 118-124.
- Jugowar J.L., Kołodziejczyk T., Myczko R., Graczyk A. 2010. Ocena skuteczności działania nanopreparatów do higienizacji pomieszczeń inwentarskich [w:] *Współczesna problematyka odorów*, p. red. Szyrkowka M.I., Zwoździak J., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 310-326.
- Kapusta K., 2007, Ochrona zapachowej jakości powietrza. Doświadczenia światowe w świetle potrzeby unormowań prawnych w Polsce, *Prace naukowe GIG Górniczo i Środowisko*, 4, 31-50.
- Korczyński M., Opaliński S., Kołacz R., Dobrzański Z., Gbiorczyk W., Szołtyś M. 2010. Chemiczne i biotechnologiczne preparaty do ściółki, pomiotu i gnojowicy ograniczające emisję odorów i gazów toksycznych „u źródła”, [w:] *Współczesna problematyka odorów*, p. red. Szyrkowka M.I., Zwoździak J., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 452-478

15. Kośmider J., Wyszyński B., Mazur-Chrzanowska B. 2002. *Odory*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
16. Koziel J.A., Cai L., Lo Y-C. Hoff S.J. 2007. Characterization of volatile organic compounds and odors associated with swine barn particulate matter, Conference: DustConf 2007 How to improve air quality, International Conference in Maastricht, At Maastricht, The Netherlands, 1-12.
17. Krajewska B. and Kośmider J. 2005. Standardy zapachowej jakości powietrza. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 39(6), 77-82.
18. Opaliński S., Korczyński M., Szoltyś M., Kołacz R., Dobrzański Z., Gbiorezyk W. 2010. Zastosowanie sorbentów minarlnych i huminów do filtracji powietrza zanieczyszczonego substancjami odorotwórczymi, [w:] *Współczesna problematyka odorów*, p. red. Szynkowska M.I., Zwoździak J., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 269-288.
19. Opaliński S., Dobrzański Z. 2007. Odours identification in the laying hen's experimental room and the use of aluminosilicates to deodorization, *ISAH-2007 Tartu, Estonia*, 942-946.
20. Pan L., Yang S.X., DeBruyn J. 2006. Factor Analysis of Downwind Odours from Livestock Farms, *Biosystems Engineering*, 96(3), 387-397.
21. Plutowska B., Wardencki W. 2008. Application of gas chromatography-olfactometry (GC-O) in analysis and quality assessment of alcoholic beverages – A review. *Food Chemistry*, 107, 449-463.
22. PN-EN 13725:2007. 2007. Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej.
23. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015 r. poz. 1422).
24. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. z 2010 r. Nr. 16, poz. 87).
25. Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (Dz. U. z 2014 r. poz. 81, z późn. zm.).
26. Saba I., Nowakiewicz-Dębek B., Zarębska A., Bis-Wencel H., Wnuk W. 2003. Zanieczyszczenia powietrza alkoholami, aldehydami i ketonami przez fermę bydła, *Rocznik Nauk Zootechnicznych*, 30, 381-388.
27. Siwek U. 1997. Klasyfikacja źródeł uciążliwości zapachowej powietrza na podstawie analizy skarg ludności, *Integrated Air Quality Control For Industrial And Commercial Sectors*, wyd. Ekochem, 291-301.
28. Sohn J.H., Hudson N., Gallagher E., Dunlop M., Zeller L., Atzeni M. 2008. Implementation of an electronic nose for continuous odour monitoring in a poultry shed, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 133 (1), 60-69.
29. Sówka I. 2011. Metody identyfikacji odorotwórczych gazów emitowanych z obiektów przemysłowych, *Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej 90, Seria: Monografie 55, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław*.
30. Sówka I., Bokowa A., Pachurka Ł., Grzelka A. 2016. Najważniejsze regulacje odorowe obowiązujące w Polsce i w Kanadzie, *Przegląd Komunalny*, 4, 15-18.
31. Sówka I., Kita U., Skrętowicz M., Nych A., Zwoździak J. 2013. Warunki i wymogi niezbędne do prawidłowego funkcjonowania Laboratorium Badań Olfaktometrycznych. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 1207-1215.
32. Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A., Raczyńska J. 2010. Redukcja mikrobiologicznych zanieczyszczeń powietrza emitowanego z chlewni bezściołowej przy zastosowaniu różnych zóź biofiltracyjnych, [w:] *Współczesna problematyka odorów*, p. red. Szynkowska M.I., Zwoździak J., Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 255-268.
33. Zhang S., Cai L., Koziel J.A., Hoff S.J., Schmidt R., Canton C.J., Jacobson L.D., Parker D.B., Heber A.J. 2009. Field air sampling and simultaneous chemical and sensory analysis of livestock odors with sorbent tubes and GC-MS/olfactometry. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 146(2), 427-432.