

PROBLEM EMISJI ODORÓW – PREZENTACJA ZAGADNIENIA NA PRZYKŁADZIE PRZETWÓRSTWA ODPADÓW ZWIERZĘCYCH

Miroslaw Szklarczyk¹, Elwira Wierzbicka²

¹ Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wrocławska we Wrocławiu

² Katedra Chemii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wstęp

Problem zapachowej jakości powietrza pojawił się w Europie dosyć wcześnie, bo już ok. XVI–XVII w. Miało to związek przyrostem ludności w miastach. Wczesne prawo europejskie, na poziomie lokalnym, regulowało kwestię uciążliwości zapachowej poprzez wyznaczanie lokalizacji obiektów o działalności powodującej emisję odorów poza granicami miasta. Bardziej ogólne zasady ustanawiano w wielu krajach pod koniec XIX w. [VAN HARREVELD 2003]. W późniejszym okresie, potrzeba wprowadzenia jasnych i jednolitych unormowań stawała się coraz wyraźniejsza. Konkretnie prace na tym polu zaczęto prowadzić w latach 70. XX w. W Holandii stosowny akt ograniczający oddziaływanie odorów z sektora rolniczego ustanowiono już w roku 1971 [EPA 2001]. W Niemczech szczególnie nasilenie tego problemu wystąpiło w gęsto zaludnionym Zagłębiu Ruhry [FRECHEN 2000]. Niemal w każdym państwie podejście do unormowań zapachowej jakości powietrza jest nieco inne.

W Polsce emisja odorów nie jest obecnie normowana. Zapowiedź unormowania, poprzez stosowne rozporządzenia, jest zapisana w akcie podstawowym [USTAWA 2001]. Obecnie w Ministerstwie Środowiska są prowadzone prace zmierzające do opracowania stosownego rozporządzenia.

Nie ma bezpośrednio udokumentowanych dowodów szkodliwości odorów (tak jak dla substancji wykazujących działanie toksyczne), są natomiast niebudzące wątpliwości dowody pośrednie. Najważniejsze, najbardziej dokuczliwe przejawy ich oddziaływania polegają na tym, że:

- obniżają komfort życia;
- wywołują (co potwierdzono w badaniach ankietowych), nasilenie takich niekorzystnych objawów psychosomatycznych jak: rozdrażnienie, bóle głowy, nudności, trudności z koncentracją, utrata łaknienia, trudności z zasypianiem i szereg innych niekorzystnych objawów [WINNECKE 1985]. Ich niekorzystne działanie jest zbliżone do działania hałasu;
- obniżają atrakcyjność turystyczną miejscowości narażonych na ich oddziaływanie;
- obniżają atrakcyjność terenów, w tym ich cenę.

Do grupy najbardziej uciążliwych źródeł emisji odorów należy zaliczyć prze-

twórnice odpadów zwierzęcych. Obecnie w Polsce łączna masa odpadów zwierzęcych mieści się w przedziale 433 do 840 Gg w skali roku. Szacuje się, że w zakładach utylizacyjnych przerób odpadów pochodzenia zwierzęcego wynosi 550 Gg rocznie.

Sposób zagospodarowania odpadów

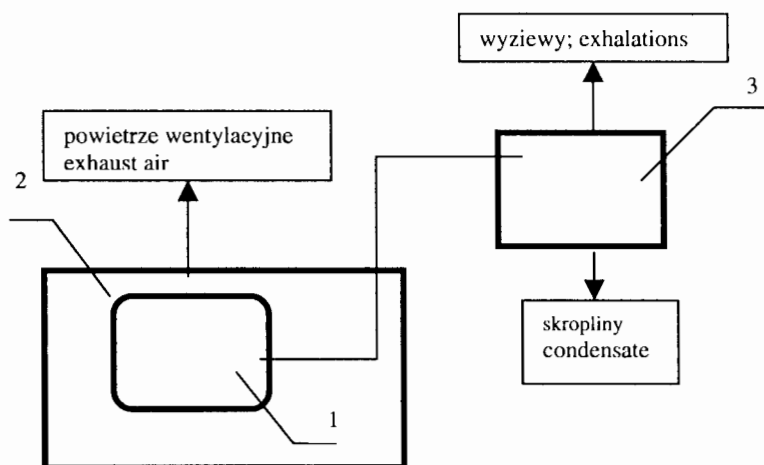
Odpady z ubojni drobiu oraz trzody są zwykle przerabiane na wysokobiałkowe mączki paszowe dla zwierząt. Jedynie odpady z uboju bydła, ze względu na zagrożenie chorobą BSE są bezużyteczne i powinny być niszczone (np. spalane w piecach do produkcji cementu).

Wszystkie surowce odpadowe wykorzystywane do produkcji mączek paszowych są silnie skażone mikroflorą, w tym niekiedy także chorobotwórczą. Powinna być ona całkowicie zniszczona w procesie wyrobu mączek. Ten warunek może być spełniony jedynie przy zastosowaniu technologii gwarantującej pełną sterylizację produktu, która jest podstawowym zabiegiem przy produkcji mączek paszowych. Proces jest prowadzony cyklicznie w tzw. destruktorach Hartmana. Główne fazy procesu to sterylizacja, prowadzona w temp. ok. 415°K i pod zwiększonym ciśnieniem, oraz suszenie, prowadzone pod ciśnieniem atmosferycznym w temperaturze zbliżonej do temperatury wrzenia wody. Wilgotność uzyskanego produktu powinna być mniejsza od 14%. Schemat układu z zaznaczeniem powstających w procesie uciążliwych dla środowiska odpadów przedstawiono na schemacie 1.

Schemat 1; Scheme 1

Ilustracja rozkładu emisji powstającej przy produkcji mączki mięsno-kostnej
(1 – destruktor, 2 – hala produkcyjna, 3 – skraplacz)

Illustration of distribution of emission formed during meat-and-bone meal production
(1 – destructor, 2 – production hall, 3 – condenser)



Cuchnące składniki powstających w procesie oparów są produktami biochemicznych i chemicznych przemian białek, niebiałkowych połączeń azotowych oraz lipidów. Przemiany te zachodzą samoczynnie, jednak wzrost temperatury towarzyszy-

szący procesom gotowania oraz suszenia wyraźnie je przyspiesza, a tym samym potęguje powstawanie odorów. Złożony skład surowca oraz duży stopień skomplikowania procesów rozkładu sprawia, że skład wyzwalających się zanieczyszczeń gazowych jest również niezwykle złożony. Oprócz pewnych ilości siarkowodoru i amoniaku występuje tu duża liczba połączeń organicznych. Podczas badań gazów odlotowych z przetwórci odpadów zwierzęcych, wykonanych przy użyciu chromatografu gazowego sprzęgniętego za spektrometrem masowym [KOCH i in. 1982], wykryto obecność następujących związków organicznych: węglowodory alifatyczne (nasycone i nienasycone), aromatyczne (toluen, ksylen, styren,), cykliczne, heterocykliczne (tiofen, pentylofuran), aldehydy, ketony, estry (głównie kwasu masłowego i walerianowego) oraz tioetery. Można podejrzewać, a nawet wyrazić pewność, że nie są to wszystkie obecne w gazach zanieczyszczenia. Nie wydaje się jednak, aby zbyt ściśle dociekanie chemicznego składu gazów było istotne. Rejestrowane wielkości emisji nigdy nie powodują przekroczenia stężeń dopuszczalnych. Zagrożenie, jakie rozpatrywane gazy stwarzają dla czystości atmosfery jest związane z emisją odorów.

Stężenie zapachu

Wrażliwość na zapach zależy od rodzaju substancji wonnej oraz od ludzkich cech osobniczych (wrażliwości osobniczej). Stężenie, przy którym dana osoba wyczuwa pojedynczą wonną substancję możemy nazwać indywidualnym (dla danej osoby) progiem wyczuwalności węchowej tej substancji. Próg wyczuwalności, którym możemy się posługiwać powszechnie musi być wartością uśrednioną, reprezentatywną dla populacji. Za próg wyczuwalności węchowej uważamy takie stężenie odorantu, które wywołuje wrażenie węchowe u połowy ogółu osób poddanych oddziaływaniu odoru (bądź połowy grupy reprezentatywnej). Takie stężenie określamy jako S_{PW50} , czyli stężenie, przy którym połowa populacji już wyczuwa wrażenia węchowe. Ta wielkość posłużyła do wprowadzenia pojęcia stężenia zapachu.

Dla pojedynczych substancji stężenie zapachu będzie równe ilorazowi stężenia odorantu przez S_{PW50} . Stężenie zapachu wyrażamy w liczbach jednostek zapachu (LJZ) lub jednostkach zapachu w m^3 ($jz \cdot m^{-3}$). Są to jednostki równoważne.

$$LJZ = jz \cdot m^{-3} = \frac{S}{S_{PW50}} \quad (1)$$

gdzie:

S – stężenie rozpatrywanej pojedynczej substancji wonnej ($mg \cdot m^{-3}$),
 S_{PW50} – stężenie progowe wyczuwalności węchowej rozpatrywanej substancji ($mg \cdot m^{-3}$).

W przypadku mieszanin substancji wonnych nie jest możliwe określanie stężenia zapachu w podobny sposób, bowiem nie jest możliwe określenie wartości S_{PW50} . W tym przypadku stężenie zapachu (LJZ , $jz \cdot m^{-3}$) może być określone jako krotność rozcieńczenia badanej próby (powietrzem czystym, bezwonnym) potrzebną do osiągnięcia progu wyczuwalności węchowej mieszaniny.

$$LJZ = jz \cdot m^{-3} = \frac{V_p + V_{pr}}{V_{pr}} \quad (2)$$

gdzie:

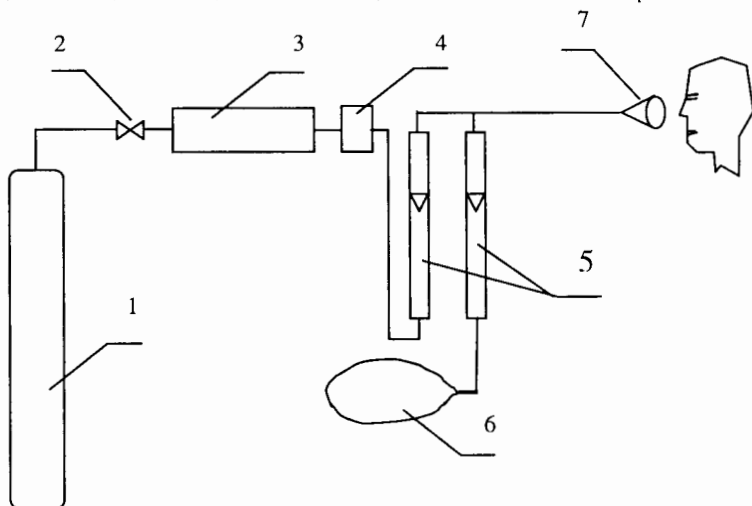
V_{pr} – objętość próbki (m^3), V_p – objętość powietrza rozcieńczającego (m^3).

Przedstawiona wyżej zależność (wzór 2) wyznacza ideę rozpatrywanych oznaczeń. W celu oznaczenia stężenia zapachu w wonnej próbce, pobranej ze źródła emisji, należy określić stopień rozcieńczenia próby, niezbędny do uzyskania progu wyczuwalności węchowej. Czujnikiem w tej metodzie jest ludzki zmysł powonienia. Zasadę działania urządzenia przedstawiono na schemacie 2.

Schemat 2; Scheme 2

Ideowy schemat działania olfaktometru, 1 – butla z bezwonnym powietrzem, 2 – zawór, 3 – filtr, 4 – mikrofiltr, 5 – rotometry, 6 – próbka, 7 – maska

Schematic diagram of the operation of an olfactometer, 1 – bottle with odor-free air, 2 – valve, 3 – filter, 4 – microfilter, 5 – rotameters, 6 – sample, 7 – mask



Procedura wykonywania oznaczeń została opisana w europejskiej normie [EN 13725]. Najpopularniejszymi w Europie urządzeniami stosowanymi do oznaczeń wg tej metody są olfaktometry Mannebecka Olfaktometr TO7 – System Mannebeck-Bedienungsanleitung. ECOMA – Emissionsmeßtechnik und Consult Mannebeck GmbH. Urządzenie umożliwia rozcieńczanie próbki w zakresie od 2,5 do 64000 razy poprzez mieszanie dwóch strumieni gazów, badanej próbki oraz czystego, bezwonnego powietrza. Przyrząd jest połączony z komputerem, z zainstalowanym programem sterowania pracą układu rozcieńczeń. Nad przebiegiem pomiaru czuwa operator. Ze względu na osobnicze różnice w postrzeganiu wrażeń węchowych, w badaniach musi brać udział większa liczba osób, przynajmniej cztery, o sprawdzonej wrażliwości węchu. Rozcieńczenie początkowe powinno być tak duże, żeby zapach próbki nie był wyczuwalny. Kolejne zmniejszające się rozcieńczenia (tym samym zwiększające stężenia) uzyskuje się przez manualne ustawienia przepływów gazów, zgodnie z wynikającymi z programu komputerowego wskazań na monitorze.

Wyniki pomiarów

Badania polegające na określeniu stężeń odorów w gazach odlotowych, a następnie wielkości emisji odorów wykonano w dwóch zakładach przetwórstwa odpadów. Wybrano skrajne przypadki wydalania powstających odpadów do śro-

dowiska. Najistotniejszą różnicą jest to, że w jednym zakładzie instalacja działa zgodnie ze schematem przedstawionym na schemacie 1, tzn., że opary są skutecznie schładzane, wskutek czego znaczna ich część ulega skropleniu. W drugim przypadku opary bez schładzania są wydalone do atmosfery.

Próbki gazów pobierano, zgodnie z instrukcją olfaktometru do worków sporządzonych z folii Nalophan firmy Hoechst. Pobór próbek powietrza wentylacyjnego nie nastęrczał kłopotów. Pobierane próbki można było bez dalszych zabiegów poddawać analizie olfaktometrycznej. W przypadku oparów, próbki musiały być rozcieńczane kilkudziesiętkrotnie. Powodem tego było zawilgocenie gazów oraz znaczne stężenie odorów przekraczające zakres pomiarowy olfaktometru. Pobrane próbki należało w krótkim czasie poddać analizie. Zbyt długie przetrzymywanie próbek prowadzi zwykle do uzyskania zanizonych wyników oznaczeń.

W pierwszej kolejności opisano wyniki badania emisji podczas jednego cyklu pracy destruktora, w zakładzie, w którym opary są poddawane skutecznemu schładzaniu. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1; Table 1

Zestawienie wyników olfaktometrycznych pomiarów gazów po kondensacji oparów
Results of olfactometric measurements of gases following vapor condensation

Źródło odorów Source of odors	Wyniki pomiarów (jz·m ⁻³) Results of measurements (ou·m ⁻³)	Wartość średnia (jz·m ⁻³) Mean (ou·m ⁻³)	Strumień gazu Stream of gas (m ³ ·h ⁻¹)	Emisja (kjz·s ⁻¹) Emission (kon·s ⁻¹)
Wywiewy (po kondensacji) z faz redukcji ciśnienia i suszenia Exhalations (following condensation) from the phase of pressure reduction and drying	1512000 2160000 3060000 1368000	2025000	130	73,10
Wywiewy (po kondensacji) z fazy podgrzewania Exhalations (following condensation) from the phase of preheating	228000 100800 156000 216000	175200	130	6,33
Powietrze wentylacyjne przy zamkniętym destruktorze Exhaust air at closed destructor	1600 110	1350	15000	5,63
Powietrze wentylacyjne podczas opróżniania destruktora Exhaust air during emptying of the destructor	3600 2200 4500 5000	3825	15000	15,94

Badaniom poddano również skropliny, które są odprowadzane do kanalizacji w ilości ok. 4 m³ na jeden cykl. W celu określenia zawartości odorów w skroplinach poddawano je odparowaniu. Określoną ilość skroplin wprowadzono do pipety gazowej wypełnionej czystym, bezwonnym powietrzem. Po odparowaniu, tak przygotowaną próbkę poddawano analizie olfaktometrycznej. Za bardzo wątpliwą należy uznać możliwość odtworzenia całkowitej ilości kondensujących odorów. Można się spodziewać, że w kondensacie mogą zachodzić procesy prowadzące do kompensacji zapachu, dlatego uzyskany w ten sposób wynik należy uznać za bardzo przybliżone oszacowanie. Pojedynczy cykl pracy destruktora, łącznie z okresem przestoju, wynosi ok. 4 godziny. Można zatem obliczyć wiel-

kość emisji w odniesieniu do jednostki czasu (średni strumień odorów). Takie obliczenie ma wtedy sens, gdy w zakładzie pracuje więcej niż jeden destruktor, a ich cykle pracy nie nakładają się na siebie (równomierne rozłożenie cykli pracy poszczególnych destruktorów jest uzasadnione z powodów technologicznych). Zestawienie wyników przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2; Table 2

Zestawienie ilości odorów powstających podczas jednego cyklu pracy destruktora w obiekcie ze skraplaniem oparów

Quantity of odors formed during one working cycle of destructor in an object with vapor condensation

Źródło Source	Ilość powstających odorów (jz) Quantity of odors formed (ou)	Średni strumień odorów (jz·h ⁻¹) Average stream of odors (ou·h ⁻¹)
Skropliny; Condensate	30,0·10 ⁸	7,5·10 ⁸
Wziewy; Exhalations	4,21·10 ⁸	1,05·10 ⁸
Powietrze wentylacyjne; Exhaust air	0,96·10 ⁸	0,24·10 ⁸

Z przedstawionych danych wynika, że udziały odorów w poszczególnych strumieniach wynoszą:

- 85,3% w skroplinach;
- 12% z nieskroplonymi oparami;
- 2,7% z gazami wentylacyjnymi.

Tabela 3; Table 3

Zestawienie wielkości strumieni odorów w obiekcie bez skraplania oparów
Volume of odor streams in an object without vapor condensation

Źródło Source	Całkowity strumień odorów (jz·h ⁻¹) Total stream of odors (ou·h ⁻¹)	Strumień odorów z jednego destruktora (jz·h ⁻¹) Stream of odors from one destructor (ou·h ⁻¹)
I sesja pomiarowa; Measurement session I Wziewy; Exhalations	4,46·10 ¹⁰	22,3·10 ⁸
Powietrze wentylacyjne; Exhaust air	1,66·10 ⁸	0,08·10 ⁸
II sesja pomiarowa; Measurement session II Wziewy; Exhalations	2,82·10 ¹⁰	14,1·10 ⁸
Powietrze wentylacyjne; Exhaust air	no	no

no – nie oznaczano; not determined

W drugim przypadku badania wykonano na obiekcie, w którym opary nie są poddawane schładzaniu, zatem cały strumień odorów jest wyprowadzany do atmosfery w postaci oparów oraz gazów wentylacyjnych. W obiekcie pracuje 20 destruktorów, a opary są odprowadzane do atmosfery jednym kolektorem, z którego pobierano próbki do analiz. Cykle pracy poszczególnych destruktorów są względem siebie tak przesunięte w czasie, że strumień odorów w kolektorze można uznać za stały. Na obiekcie wykonano dwie sesje pomiarowe. Stężenia zapachu w gazach wentylacyjnych wynosiły od kilku do kilkunastu tysięcy jz·m⁻³, natomiast w oparach kilkadziesiąt milionów jz·m⁻³. W oparciu o uzyskane wyniki

stężeń zapachu oraz znajomość wielkości strumieni gazów określono wielkość emisji. Zestawienie przedstawiono tabeli 3.

Podsumowanie

Jednostkowe wielkości emisji odorów z omawianego procesu mogą w różnych obiektach przyjmować zróżnicowane wartości. Przyczyną zróżnicowania może być fakt, że przerobione odpady pochodzące z różnych źródeł mogą mieć odmienny charakter oraz stan świeżości. Nie ulega jednak wątpliwości, że właściwe schładzanie oparów ma kapitalne znaczenie dla zmniejszenia wielkości emisji odorów.

W pierwszym przypadku, gdzie w zakładzie były dwa destruktory zaopatrzone w sprawną instalację schładzania oparów, wykazano w oparciu o badania ankietowe [WUDARCZYK i in. 1999], że odorotwórcze zanieczyszczenie atmosfery było odczuwalne i negatywnie oceniane w promieniu nieco poniżej 1 kilometra od źródła emisji. W drugim przypadku nie prowadzono badań ankietowych, jednak z pojedynczych sygnałów można wnioskować, że negatywne oddziaływanie sięga kilkunastu kilometrów.

Rozpatrywane emisje budzą zrozumiały sprzeciw okolicznej ludności. Obecnie, gdy nie ma jeszcze stosownych unormowań dotyczących zapachowej jakości powietrza, działania naprawcze mogą wynikać z dobrej woli inwestorów lub ze społecznej presji.

Unieszkodliwianie rozpatrywanego rodzaju emisji nie stanowi problemu z technologicznego punktu widzenia. W zakładach, gdzie zainstalowano skuteczne schładzanie oparów, kondensat powinien być kierowany do biologicznej oczyszczalni ścieków, a gazy odlotowe oczyszczane w biofiltrach. Tam, gdzie nie prowadzi się schładzania oparów mogą one być unieszkodliwiane w reaktorach termicznych. W takim przypadku proces unieszkodliwiania oparów można połączyć ze spalaniem odpadowego tłuszczu.

Literatura

EN 13725. 1999. *Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry*.

EPA 2001. *Odour impacts and odour emission control measures for intensive agriculture*. R&D Report. Series No. 14, <http://www.epa.ie/pubs/>

FRECHEN F-B 2000. *Odour measurement and odour policy in Germany*. Water Science and Technology 41(6): 17–24.

KOCH W., LIEBE H-G., BERND S. 1982. *Betriebsefahrungen mit Bio-Filtern zur Reduzierung geruchsintensiver Emissionen*. Staub-Reinhaltung der Luft 42(12): 488–493.

USTAWA 2001. *Prawo ochrony środowiska*. Dz. U. Nr 62, poz. 627.

VAN HARREVELD A.P. 2003. *Odor regulation and history of odor measurement in Europe*. International Workshop on Odor Measurement 23–24.06.2003, Beppu City, Japan.

WINNECKE 1985. *Ektraolfaktorische Wirkungen von Gerüche auf den Menschen*.

VDI-Berichte 561: 411–415.

WUDARCZYK T., NEUMANN M., SZKLARCZYK M. 1999. *Emisja odorów z przetwórstwa odpadów z ubojni drobiu*. Zesz. Nauk. Wydziału Budownictwa Politechniki Koszalińskiej 15: 629–638.

Słowa kluczowe: olfaktometria

Streszczenie

Prezentowano charakter negatywnego oddziaływania odorów. Zaprezentowano sposób określania wielkości stężenia odorów. Opisano problem emisji na przykładzie zakładów przetwórstwa odpadów poubojowych. Określono wielkości emisji dla różnych przypadków rozwiązań technologicznych. Wskazano sposoby dezodoryzacji rozpatrywanych gazów.

THE PROBLEM OF ODOUR EMISSION ON THE EXAMPLE OF ANIMAL WASTE PROCESSING

Mirosław Szklarczyk¹, Elwira Wierzbicka²

¹ Institute of Environmental Engineering,
Wrocław University of Technology, Wrocław

² Department of Chemistry, University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: olfactometry

Summary

Negative results of odour emission and a method for determining odour concentration are presented in the paper. The problem of odour emission is discussed on the example of the slaughterhouse offal processing. Odour emission amount was determined for different technological solutions, and effective methods for gas deodorization were proposed.

Dr hab. inż. Mirosław **Szklarczyk**
Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska
Politechnika Wrocławska
Plac Grunwaldzki 9
50-377 WROCŁAW
e-mail: mirosław.szklarczyk@pwr.wroc.pl