

Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
na zlecenie Ministerstwa Środowiska



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

„Lista substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej”

ZESPÓŁ AUTORSKI:

prof. dr hab. inż. Jerzy Zwoździak – Kierownik tematu

mgr Magdalena Dziwa – Lider konsorcjum

dr inż. Łukasz Szałata

dr Kornelia Kwiecińska

mgr inż. Mateusz Cuske

mgr inż. Agata Piechocka

mgr inż. Magdalena Bartosik

Listopad 2016

Spis treści

1.	WSTĘP	8
1.1.	Podstawa opracowania	10
1.2.	Zakres tematyczny opracowania.....	10
1.3.	Zespół autorski	15
1.4.	Uregulowania prawne w zakresie oddziaływania uciążliwości zapachowej ..	18
2.	CZĘŚĆ SZCZEGÓŁOWA	31
2.1.	Analiza możliwości wystąpienia związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo	31
2.1.1	Oczyszczanie Ścieków.....	31
2.1.1.1.	Dopływ i transport ścieków do oczyszczalni	34
2.1.1.2.	Mechaniczne oczyszczalnie ścieków.....	34
2.1.1.3.	Biologiczne oczyszczanie ścieków.....	36
2.1.1.4.	Obróbka osadów	38
2.1.2.	Procesy przetwarzania i składowania odpadów	41
2.1.2.1.	Zakłady mechaniczno - biologicznego przetwarzania odpadów (MBP).....	43
2.1.2.2.	Mechaniczne przetwarzanie odpadów.....	45
2.1.2.3.	Biologiczne przetwarzanie odpadów	46
2.1.2.4.	Składowiska odpadów	50
2.1.2.5.	Termiczne przekształcanie odpadów	54
2.1.2.6.	Zakłady segregacji odpadów	55
2.1.3.	Produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze	57
2.1.3.1.	Zakłady mięsne.....	58
2.1.3.2.	Przetwórstwo odpadów poubojowych.....	58
2.1.3.3.	Przetwórstwo ryb i odpadów rybich.....	59
2.1.3.4.	Piekarnie i wytwórnie pieczywa cukierniczego	60
2.1.3.5.	Wytwórnie kakao i czekolady.....	61
2.1.3.6.	Browarnictwo.....	61
2.1.3.7.	Gorzelnictwo.....	62
2.1.3.8.	Cukrownie	63
2.1.3.9.	Produkcja zwierzęca	64

2.1.3.10. Instalacje do produkcji mleka lub wyrobów mleczarskich	66
2.1.3.11. Hodowle zwierząt futerkowych.....	66
2.1.3.12. Produkcja podłoża pod uprawę grzybów.....	67
2.1.3.13. Gospodarowanie nawozami naturalnymi	68
2.1.4. Inne sektory gospodarki	68
2.1.4.1. Palarnie kawy	68
2.1.4.2. Produkcja olejów roślinnych	69
2.1.4.3. Zakłady tytoniowe	71
2.1.4.4. Wytwórnice płyt wiórowych i paździerzowych.....	71
2.1.4.5. Odlewnie	71
2.1.4.6. Przemysł chemiczny	72
2.1.4.7. Przemysł celulozowo-papierniczy	74
2.2. Lista i poziom uciążliwości substancji i związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo	76
2.2.1. Oczyszczalnie ścieków.....	76
2.2.2. Przetwarzanie i składowanie odpadów.....	78
2.2.2.1. Mechanicznie – biologiczne przetwarzanie(MBP)	78
2.2.2.2. Składowiska odpadów	89
2.2.2.3. Termiczne przekształcanie odpadów	92
2.2.3. Produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze.....	96
2.2.3.1. Zakłady mięsne	96
2.2.3.2. Przetwórstwo odpadów poubojowych.....	97
2.2.3.3. Przetwórstwo ryb i odpadów rybnych	99
2.2.3.4. Piekarnie i wytwórnice pieczywa cukierniczego	100
2.2.3.5. Wytwórnice kakao i czekolady	100
2.2.3.6. Browarnictwo	100
2.2.3.7. Gorzelnictwo	101
2.2.3.8. Cukrownie	101
2.2.3.9. Produkcja zwierzęca	102
2.2.3.10. Instalacje do produkcji mleka lub wyrobów mleczarskich	105
2.2.3.11. Hodowle zwierząt futerkowych.....	106
2.2.3.12. Produkcja podłoża pod uprawę grzybów.....	106

2.2.3.13.	Gospodarowanie nawozami naturalnymi	107
2.2.4.	Inne sektory gospodarki.....	108
2.2.4.1.	Palarnie kawy.....	108
2.2.4.2.	Produkcja olejów roślinnych	108
2.2.4.3.	Zakłady tytoniowe	109
2.2.4.4.	Wytwórnice płyt wiórowych i paździerzowych	109
2.2.4.5.	Odlewnie	110
2.2.4.6.	Przemysł chemiczny.....	111
2.2.4.7.	Przemysł papierniczo-celulozowy.....	111
2.3.	Charakterystyka wpływu wymienionych substancji na zdrowie człowieka i komponenty środowiska.....	113
2.4.	Jednostki zapachowe odorów oraz wartości graniczne dla substancji potencjalnie wysoko uciążliwych zapachowo oraz potencjalnie istotnie uciążliwych zapachowo	119
2.4.1.	Lista substancji i związków organicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo	119
2.4.2.	Lista substancji i związków nieorganicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo....	127
2.4.3.	Lista wybranych substancji i związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo wraz z ich progami wyczuwalności węchowej	127
2.5.	Lista przedsięwzięć (instalacji) w zakresie uciążliwości, podlegających regulacjom.....	137
2.6.	Jednostki zapachowe odorów oraz wartości graniczne dla substancji i związków chemicznych potencjalnie wysoko uciążliwych zapachowo oraz potencjalnie istotnie uciążliwych zapachowo.....	145
2.7.	Wskazanie metodyki oceny zapachowej jakości powietrza.....	153
2.7.1.	Badania terenowe	153
2.7.1.1.	Metodyka badań olfaktometrycznych	153
2.7.1.2.	Metodyka badań chromatograficznych	164
2.7.1.3.	Narzędzie dodatkowe i weryfikacja badań.....	164
2.7.1.4.	Ogólna koncepcja prowadzenia badań terenowych.....	167
2.7.2.	Badania laboratoryjne	167
2.7.2.1.	Metodyka pomiarów olfaktometrycznych.....	167
2.7.2.2.	Metodyka pomiarów chromatograficznych.....	170
2.7.2.2.1.	Wstęp – elementy pomiaru.....	170
2.7.2.2.2.	Przykładowe modelowe sposoby pobierania próbek gazów odlotowych	181

2.7.2.2.3.	Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczania stężenia chlorowodoru (HCl) 182	182
2.7.2.2.4.	Pobieranie próbek gazów odlotowych (emisja) o parametrach zbliżonych do powietrza.....	183
2.7.2.2.5.	Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczenia stężenia masowego indywidualnych gazowych związków organicznych.....	185
2.7.2.2.6.	Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczenia stężenia masowego benzenu i jego homologów.....	187
2.7.2.2.7.	Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczania HF (fluorowodoru) ...	187
2.7.3.	Podsumowanie – metody badań	188
2.8.	Oszacowanie dla zaproponowanych metodyk oceny zapachowej jakości powietrza wpływu na sektor finansów, wpływu na konkurencyjność gospodarki i przedsiębiorców, w tym funkcjonowanie oraz na obywateli, a także rynek pracy	192
2.8.1.	Ocena skutków prawnej implementacji listy substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej	195
2.8.1.1.	Wpływ na sektor finansów oraz wydatki budżetowe.....	196
2.8.1.2.	Wpływ na konkurencyjność gospodarki i przedsiębiorców, w tym na funkcjonowanie przedsiębiorców oraz na obywateli, a także na rynek pracy....	199
3.	WYKAZ LITERATURY	202
4.	SPIS TABEL	211

Lista skrótów:

NER (z ang. Netherlands Emissions Guideline) - holenderskie wytyczne emisyjne

ALARA (z ang. As Low As Reasonably Achievable) - tak niskie jak to sensownie możliwe

BImSchG (z niem. Bundes-Immissionsschutzgesetz) - techniczna instrukcja w sprawie kontroli jakości powietrza

IPC (z ang. Integrated Pollution and Control) - zintegrowana kontrola zanieczyszczeń

LAAPC (z ang. Local authority pollution control) - lokalna kontrola zanieczyszczeń

BATNEEC (z ang. Best Available Techniques Not entailing Excessive Cost) - najlepsze dostępne techniki nie powodujące nadmiernych kosztów.

PEOA (z ang. Protection of the Environment Operations) - Ustawa o ochronie środowiska

RMA (z ang. Odour Management under the Resource Management Act 1995) - Ustawa o zarządzaniu zasobami

EPA (z ang. Environmental Protection Agency) - Agencja Ochrony Środowiska

ASTM (z ang. Syringe -Standard Method for Measurement of Odor in Atmospheres) - standardowe metody pomiarów odorów w atmosferze

AQCR (z ang. Air Quality Control Regulation) - regulacje kontrolne w sprawie jakości powietrza

OGŚ - obiekty gospodarki ściekowej

pH - skala pH, ilościowa skala kwasowości i zasadowości roztworów wodnych związków chemicznych

OŚ - oczyszczalnia ścieków

OBF -otwarte baseny fermentacji

BZT₅- biochemiczne zapotrzebowanie tlenu

ITPO - suszarnia i spalarnia osadów ściekowych

KNPO - komory naturalnego przystosowania osadu

LKT - lotne kwasy tłuszczowe

RLM - równoważna liczka mieszkańców

WKF - wydzielone komory fermentacyjne

ZKF - zamknięte komory fermentacyjne

RIPOK - regionalne instalacje przetwarzania odpadów komunalnych

BAT (z ang. Best Available Techniques) - najlepsze dostępne techniki

GUS - Główny Urząd Statystyczny

KPGO - Krajowy Plan Gospodarki Odpadami

MBP - mechaniczno – biologiczne przetwarzanie odpadów

WWA - wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

PCB - polichlorowane bifenyle

PCDD/PCDF - polichlorowane dibenzodooksyny i dibenzofurany

HDMF - (4,5-dimetylo-3-hydroksy-2(5H)-furanon

LZO - lotne związki organiczne

ETBE - eter etylo-tert-butyłowy

IPPC - (ang. Integrated Pollution Prevention and Control) - dyrektywa Unii Europejskiej dotycząca zapobiegania zanieczyszczaniu powietrza, wody i gleby przez instalacje przemysłowe, rolnicze i inne

Dyrektywa IED - Dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych

PCB - Polichlorowane Bifenyle

DMA - N,N-Dimetyloacetamid

HF - Fluorowodór

DMDS - Dimetylodisulfid (Disiarcek dimetylu),

NDS - najwyższe dopuszczalne stężenie

DJP - duże jednostki przeliczeniowe

PDT (z ang. population detection threshold) - próg wyczuwalności populacji

PTFE - Poli(tetrafluoroetylen)

sgrid - odchylenie standardowe dla pomiarów w siatce

sref - odchylenie standardowe dla pomiarów kontrolnych

PE - polietylen

PET - Poli(tereftalan etylenu)

PVF - Fluorek poliwinylu

WIOŚ - Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska

GIOŚ - Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

POŚ - Prawo Ochrony Środowiska

RDOŚ - Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska

1. WSTĘP

Termin odory nie jest jednoznaczny. W języku potocznym często używa się słowa „odór” do określenia bardzo nieprzyjemnego wrażenia węchowego. Zgodnie z łacińską etymologią natomiast znaczy zapach, ale także smród, para, wyziew czy powiew. Również w języku angielskim czy francuskim słowa odour i odeur oznaczają zapach. Z tego względu przyjęło się nazywać odorantami wszystkie lotne substancje, które mają zdolność pobudzania komórek nerwowych nabłonka węchowego, niezależnie od tego, czy wywołują wrażenie przyjemne, czy odpychające.

Podstawą klasyfikacji substancji odorotwórczych jest najczęściej ich budowa chemiczna. Substancjami wydzielającymi zapach mogą być gazy nieorganiczne lub też opary związków organicznych.

Program działań związanych z ochroną środowiska, jak i z ochroną społeczeństwa przed skutkami emisji odorów ze źródeł punktowych (ale również rozproszonych) powinien przede wszystkim uwzględniać dokonanie kompleksowej identyfikacji i inwentaryzacji pod względem uciążliwości tego problemu. Działania te powinny wskazać najbardziej uciążliwe źródła oraz wskazać lub opracować rozwiązania techniczno-technologiczne likwidacji tych źródeł. W celu rozwiązania tego problemu bardzo ważne jest opracowanie obiektywnych metod oceny uciążliwości zapachowej oraz immisji i emisji odorów.

Nieprzyjemny zapach, który występuje w otoczeniu źródeł zanieczyszczeń powietrza, jest przyczyną skarg ludności na jakość środowiska. Jest kojarzony z wystąpieniem zagrożenia dla zdrowia. Źródła emisji odorów są bardzo powszechne. Można do nich zaliczyć np. obiekty przetwórstwa rolno-spożywczego, komunalne, hodowlane. Typowe źródła to m.in.:

- ubojnie;
- przetwórnice odpadów zwierzęcych (działalność bardzo uciążliwa dla atmosfery; a jednocześnie niezbędna ze względu na dbałość o sanitarno-higieniczny stan środowiska);
- przetwórnice odpadów rybnych (uzasadnienie istnienia j.w.);
- wiele zakładów przemysłu spożywczego (palarnie kawy; browary; suszarnie warzyw; gorzelnie; mleczarnie);
- zakłady celulozowo-papiernicze;
- zakłady tytoniowe;
- cukrownie;
- wytwórnice mąki ziemniaczanej;
- odlewnie;
- zakłady przetwarzania odpadów;
- oczyszczalnie ścieków;
- kompostownie;

- wielkoprzemysłowe ферmy hodowlane;
- zbiorniki gnojowicy.

Nie ma bezpośrednio udokumentowanych dowodów szkodliwości odorów (tak jak dla substancji wykazujących działanie toksyczne), są natomiast niebudzące wątpliwości dowody pośrednie na to, że odory:

- obniżają komfort życia; wywołują nasilenie takich niekorzystnych objawów psychosomatycznych, jak: rozdrażnienie, bóle głowy, nudności, trudności z koncentracją, utrata łaknienia, trudności z zasypianiem i szereg innych niekorzystnych objawów; ich niekorzystne działanie jest zbliżone do działania hałasu;
- obniżają atrakcyjność turystyczną miejscowości narażonych na ich oddziaływanie;
- obniżają atrakcyjność terenów, a w związku z tym ich cenę.

Przedmiotem realizacji umowy nr 2/DPK/2016 z dnia 20 lipca 2016 r. pomiędzy Skarbem Państwa Ministerstwem Środowiska, a CE2 Centrum Edukacji M. Dziewa, E. Tarnas-Szwed Sp. J. jest opracowanie listy substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej, w odniesieniu do krajowej działalności przemysłowej oraz gospodarczej.

Dotychczas, podczas tego typu badań korzystano przede wszystkim z pomocy odpowiednio wyszkolonych zespołów specjalistów. Węchowa ocena próbek powietrza wykonywana przez członków tych zespołów stanowiła podstawę do wydania opinii. Taki sposób prowadzenia badań charakteryzował się dużą subiektywnością, a ponadto był kosztowny i trudny do stosowania na szeroką skalę. Te istotne wady przyczyniły się do podjęcia prac nad instrumentalnymi metodami pomiaru zapachów. Do analizy mieszanin substancji odorotwórczych szczególnie dobrze nadaje się chromatografia gazowa. Instrumenty działające w oparciu o tę metodę wymagają zapewnienia odpowiednich warunków do wykonywania oznaczeń. Obszar zastosowań chromatografii gazowej nie jest ograniczony tylko do badań laboratoryjnych.

Alternatywnym rozwiązaniem w tej dziedzinie pomiarowej mogą być przyrządy nazywane elektronicznymi nosami. Pod tym pojęciem należy rozumieć urządzenia składające się z matrycy chemicznych czujników gazów, które połączone są z komputerowym systemem rozpoznawania obiektów (pattern recognition). Sensory gazów mogą działać w oparciu o różne metody pomiarowe, np. optyczne, elektrochemiczne, elektryczne. Ważne jest, aby wymienione urządzenia z niejednakową czułością odpowiadały na lotne związki chemiczne. Zawartą w sygnałach pomiarowych informację chemiczną otrzymuje się, wykorzystując do tego celu różne techniki, np. sieci neuronowe, logikę rozmytą, analizę czynników głównych.

Zaletą elektronicznych nosów jest relatywnie niska cena, możliwość pracy w trybie online i niewielkie wymagania użytkowe. Z tych powodów urządzenia te wzbudzają duże zainteresowanie w praktyce pomiarowej. Obecnie na świecie prowadzi się badania nad udoskonaleniem tej techniki do identyfikacji odorów.

Warunki emisji i rozprzestrzeniania się odorów zależą od lokalizacji obiektu, regularności produkcji oraz parametrów emisji. Z punktu widzenia komfortu mieszkańców otoczenia

inwestycji należy wyznaczyć granice obszaru, na którym będzie pojawiać się zapach określony przez połowę ludzi jako rozpoznawalny, wyraźny lub mocny. Konieczne jest oszacowanie stężeń maksymalnych odniesionych do wielokrotnie krótszych czasów uśredniania.

Obecnie badania związane z ograniczeniem emisji odorów są rozproszone i wymagają koordynacji. Silna presja społeczna na podmioty gospodarcze będące źródłami odorów ułatwi realizację zadań wdrożeniowych¹.

Ustalenie poziomów stężeń dla charakterystycznych związków złowonnych ma charakter interdyscyplinarny, a efektem jego realizacji mogą być nowe rozwiązania techniczne i technologiczne, wykorzystujące najnowsze osiągnięcia z zakresu analityki chemicznej, inżynierii środowiska, inżynierii procesowej, katalizy heterogenicznej, biochemii i biotechnologii.

1.1. Podstawa opracowania

Podstawą niniejszego opracowania jest umowa nr 2/DPK/2016 z dnia 20 lipca 2016 r. pomiędzy Skarbem Państwa Ministerstwem Środowiska a CE2 Centrum Edukacji M. Dziewa, E. Tarnas-Szwed Sp. J.

1.2. Zakres tematyczny opracowania

Opracowanie podzielone jest na część teoretyczną oraz część praktyczną. W części teoretycznej zawarto informacje nt. uregulowań prawnych związanych z oddziaływaniem uciążliwości zapachowej w innych krajach na świecie. Poznanie prawnej tematyki związanej z emisją oraz standaryzacją uciążliwości zapachowej na podstawie innych doświadczeń jest bardzo ważną kwestią, gdyż wypracowanie odpowiedniego kompromisu pomiędzy ekonomicznymi oraz środowiskowymi aspektami funkcjonowania działalności przemysłowej pozwoli na osiągnięcie korzystnych efektów ekologicznych przy akceptowalnej dla inwestorów i przedsiębiorców możliwości technologicznej osiągnięcia proponowanych standardów. W dalszej części opracowania zawarto opis analizy możliwości wystąpienia związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo w różnych procesach technologicznych działalności przemysłowej w Polsce. W tych rozdziałach skupiono się na określeniu miejsc występowania emisji związków złowonnych, wynikających bezpośrednio z rodzaju sektorów gospodarki, a także rodzaju prowadzonej działalności i zastosowanych rozwiązań technicznych. W dalszym etapie opracowania określono szczegółowo, na podstawie światowych i krajowych danych literaturowych szczegółowe listy substancji i związków chemicznych uciążliwych zapachowo, a także poziom ich oddziaływania prezentując (jeżeli było to możliwe) ich stężenia w powietrzu oraz poziom oddziaływania zapachowego. Podsumowaniem zapisów rozdziałów określonych powyżej jest charakterystyka wpływu wybranych, najczęściej występujących substancji na zdrowie człowieka i komponenty środowiska.

¹ Szałata Ł., *Model dialogu proekologicznego na rzecz zrównoważonego rozwoju Dolnego Śląska*. Legnica 2015.

W części praktycznej zaproponowano określenie jednostek zapachowych odorów oraz wartości graniczne dla substancji potencjalnie wysoko uciążliwych zapachowo oraz potencjalnie istotnie uciążliwych zapachowo. Wartości te zostały określone w stosunku do rodzajów działalności, jakie autorzy opracowania proponują objąć uregulowaniami prawnymi (tabela 1).

Tabela 1Lista działalności objętych regulacjami prawnymi w zakresie uciążliwości zapachowej

Rodzaj działalności
Oczyszczanie ścieków
1. Oczyszczanie ścieków z wykluczeniem przydomowych oczyszczalni ścieków oraz podczyszczania wód opadowych i roztopowych
2. Instalacje do oczyszczania ścieków komunalnych
3. Instalacje do oczyszczania ścieków przemysłowych
Procesy przetwarzania i składowania odpadów
4. Unieszkodliwianie lub odzyskiwanie odpadów niebezpiecznych o wydajności obejmujące co najmniej jeden z następujących rodzajów działalności: • obróbka biologiczna; • obróbka fizyczno-chemiczna; • mielenie lub mieszanie przed poddaniem innemu rodzajowi działań; • odzysk/regeneracja rozpuszczalników; • regeneracja kwasów lub zasad; • odzyskiwanie składników stosowanych w celu ograniczenia zanieczyszczeń; • odzyskiwanie składników z katalizatorów; • powtórna rafinacja oleju lub inne sposoby ponownego wykorzystania oleju; • retencja powierzchniowa.
5. Unieszkodliwianie lub odzysk odpadów innych niż niebezpieczne bądź odpadów niebezpiecznych w spalarniach odpadów lub we współspalarniach odpadów
6. Unieszkodliwianie odpadów innych niż niebezpieczne: • Obróbka biologiczna; • Obróbka fizyko-chemiczna; • Obróbka wstępna odpadów przeznaczonych do spalania lub współspalania.
7. Składowiska odpadów, określone w art. 2 lit. g) dyrektywy Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów, z wyjątkiem składowisk odpadów obojętnych
8. Czasowe magazynowanie odpadów niebezpiecznych, z wyjątkiem czasowego magazynowania w oczekiwaniu na zbiórkę w miejscu wytworzenia odpadów
9. Czasowe magazynowanie odpadów niebezpiecznych, z wyjątkiem czasowego magazynowania w oczekiwaniu na zbiórkę w miejscu wytworzenia odpadów

Produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze
10. Prowadzenie rzeźni
11. Obróbka, przetwórstwo poza wyłącznym pakowaniem następujących surowców przetworzonych lub nieprzetworzonych do celów wytwarzania produktów spożywczych lub paszy z: • tylko surowców pochodzenia zwierzęcego (innych niż wyłącznie mleko); • tylko surowców roślinnych, przy założeniu że instalacja jest eksploatowana przez najwyżej 90 kolejnych dni w danym roku; • surowców pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, w produktach łączonych i osobnych.
12. Obróbka i przetwórstwo samego mleka
13. Unieszkodliwianie lub recykling zwierząt padłych lub odpadów zwierzęcych
14. Intensywny chów drobiu lub świń, w liczbie nie mniejszej niż 40 DJP
15. Chów lub hodowla zwierząt w liczbie nie mniejszej niż 210 dużych jednostek przeliczeniowych inwentarza (DJP)
16. Browary słodownie, gorzelnie zakłady przetwarzające alkohol etylowy oraz wytwarzające napoje alkoholowe, cukrownie
17. Instalacje do uboju zwierząt
18. Instalacje do pozyskiwania skrobi
19. Instalacje do produkcji mleka lub wyrobów mleczarskich
20. Instalacje do produkcji wyrobów cukierniczych lub syropów
21. Instalacje do przetwórstwa owoców, warzyw, ryb lub produktów pochodzenia zwierzęcego, z wyłączeniem tłuszczów zwierzęcych
22. Instalacje do produkcji tranu lub mączki rybnej
23. Instalacje do produkcji i przetwórstwa tłuszczów roślinnych i zwierzęcych
24. Do produkcji podłoży pod uprawę grzybów
25. Hodowle zwierząt futerkowych
Górnictwo
26. Górnictwo podziemne

Inne sektory gospodarki
27. Produkcja w instalacjach przemysłowych pulpy drzewnej lub innych materiałów włóknistych, papieru lub tektury, płyt drewnopochodnych
28. Obróbka wstępna (mycie, bielenie, merceryzacja) lub barwienie włókien albo materiałów włókienniczych
29. Instalacje do garbowania skór
30. Powierzchniowa obróbka substancji, przedmiotów lub produktów, z wykorzystaniem rozpuszczalników organicznych, w szczególności do zdobienia, drukowania, powlekania, odtłuszczania, impregnacji wodoodpornej, zaklejania, malowania, czyszczenia lub impregnowania za pomocą rozpuszczalnika organicznego
31. Konserwacja drewna i produktów z drewna produktami chemicznymi
32. Instalacje do przesyłu lub magazynowania ropy naftowej, produktów naftowych lub substancji chemicznych z wyłączeniem stacji paliw gazu płynnego
33. Instalacje do wytwarzania produktów przez mieszanie, emulgowanie lub konfekcjonowanie chemicznych półproduktów lub produktów podstawowych
34. Instalacje do produkcji mas bitumicznych
35. Produkcja wykorzystanie, przechowywanie, przetwarzanie, składowanie, uwalnianie do środowiska oraz transport substancji nie wymienionych wyżej, a w ocenie organów ochrony środowiska posiadających charakter złowonny
36. Przemysł farmaceutyczny
37. Odlewnie
38. Produkcja wyrobów tytoniowych
39. Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych
40. Produkcja i przetwórstwo metali
41. Rafinacja ropy naftowej i gazu
42. Zgazowanie i upłynnianie węgla (z wykluczeniem instalacji badawczych i pilotażowych) oraz innych paliw
43. Wydobywanie węglowodorów
44. Produkcja koksu i gazu ziemnego
45. Produkcja organicznych substancji chemicznych: węglowodory proste (łańcuchowe lub pierścieniowe, nasycone lub nienasycone,

alifatyczne lub aromatyczne); pochodne węglowodorów zawierające tlen, takie jak alkohole, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, estry i mieszaniny estrów, octany, etery, nadtlenki i żywice epoksydowe; pochodne węglowodorów zawierające siarkę; pochodne węglowodorów zawierające azot, takie jak aminy, amidy, związki azotawe, nitrozwiązki lub azotany, nityle, cyjaniany, izocyjanki; pochodne węglowodorów zawierające fosfor; halogenopochodne; związki metaloorganiczne; tworzywa sztuczne (polimery, włókna syntetyczne i włókna na bazie celulozy); kauczuki syntetyczne; barwniki i pigmenty; produkty i środki powierzchniowo czynne

46. Produkcja nieorganicznych substancji chemicznych:

gazy, takie jak amoniak, chlor lub chlorowodór, fluor lub fluorowodór, tlenki węgla, związki siarki, tlenki azotu, wodór, ditlenek siarki, chlorek karbonylu; kwasy, takie jak kwas chromowy, fluorowodorowy, fosforowy, azotowy, solny, siarkowy, oleum, kwasy siarkawe; zasady, takie jak wodorotlenek amonu, wodorotlenek potasu, wodorotlenek sodu; sole, takie jak chlorek amonu, chloran potasu, węglan potasu, węglan sodu, peroksoboran, azotan srebra; niemetal, tlenki metali lub inne związki

47. Produkcja nawozów na bazie fosforu, azotu i potasu

48. Produkcja środków ochrony roślin lub biocydów

Ponadto wskazano metodyki referencyjne pomiarów, a w szczególności metody oceny zapachowej jakości powietrza dla określenia emisji i immisji.

W końcowej części dokumentu oszacowano dla zaproponowanych działalności metody oceny zapachowej jakości powietrza wpływu na sektor finansów, wpływu na konkurencyjność gospodarki i przedsiębiorców, w tym funkcjonowanie oraz na obywateli, a także rynek pracy.

1.3. Zespół autorski

prof. zw. dr hab. inż. Jerzy Zwoździak - Założyciel Stowarzyszenia Eko-Biegły® oraz wieloletni Prezes Zarządu.

Od 1978 r. pracownik Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, obecnie pracownik Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, zaangażowany w organizację projektów naukowo-badawczych i współpracę w tym zakresie z międzynarodowymi ośrodkami badawczymi, m.in. z: Uniwersytetem Kalifornijskim w USA, Uniwersytetem w Antwerpii (Belgia), Uniwersytetem Brandenburskim, Uniwersytetem Berlińskim i Uniwersytetem Karlsruhe w Niemczech, Imperial College for Science, Technology and Medicine w Londynie (Anglia). Realizuje projekty w zakresie: oddziaływania przemysłu na środowisko w oparciu o Dyrektywę Unii Europejskiej, obniżania emisji zanieczyszczeń do atmosfery, pozyskiwania odnawialnych źródeł energii, metod i technologii dezodoryzacji w przemyśle i rolnictwie, opracowywania sposobów kompleksowej utylizacji odpadów przemysłowych, wdrażania skutecznych metod rekultywacji terenów ekologicznie zagrożonych. Zajmuje się również opracowywaniem najlepszych dostępnych technik w sprawie zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń dla zakładów pilotażowych wdrażających dyrektywę UE.

Kierownik zamawianego grantu badawczego PBZ-MEiN-5/2/2006: Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej, w wyniku którego powstała m.in. publikacja książkowa „Współczesna problematyka odorów” pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka.

Jest autorem ponad 400 prac opublikowanych w czasopismach krajowych i zagranicznych oraz prac niepublikowanych: głównie raportów z badań wykonywanych w ramach projektów KBN, Wspólnoty Europejskiej oraz na zlecenie Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska PAN w Zabrze, Ministerstwa Ochrony Środowiska, i Zasobów Naturalnych i innych podmiotów gospodarczych.

Uczestnik wielu mediacji i konsultacjach społecznych przed wydaniem decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach dla budowy spornych obiektów, a także w zakresie ustawodawczym projektu Ustawy Odorowej i Odpadowej.

dr inż. Łukasz Szalata – wieloletni ekspert w dziedzinie inżynierii, ochrony oraz ekonomii środowiska, raportów, ocen oddziaływania na środowisko, pozwoleń zintegrowanych, doradztw technologicznych oraz środowiskowych dla instalacji potencjalnie oddziałujących na środowisko oraz odnawialnych źródeł energii, mediator sądowy w zakresie spraw środowiskowych, w tym m.in. technologii ograniczania oddziaływania zapachowego/odorowego oraz członek gremiów doradczych z zakresu szeroko rozumianej ochrony środowiska.

Autor monografii "Dialog proekologiczny na rzecz zrównoważonego rozwoju Dolnego Śląska" wydanej w grudniu 2015 r.

Adiunkt naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Ekologistyki i Zarządzania Ryzykiem Środowiskowym Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Zajmuje także stanowisko Prezesa z wolnego wyboru Zarządu w Stowarzyszeniu Eko-Biegły® z siedzibą we Wrocławiu, które realizuje zadania służące ochronie środowiska naturalnego i dążeniu do eko-rozwoju, poprzez opracowywanie i kompleksowe wdrażanie projektów: edukacyjnych, badawczych, opracowań i analiz dotyczących różnych obszarów ochrony środowiska naturalnego. Współpracuje ściśle z Regionalnymi Organami Administracji odpowiedzialnymi za stan środowiska na terenie Dolnego Śląska.

W latach 2003-2007 był zatrudniony w Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej we Wrocławiu w Wydziale Współpracy Międzynarodowej i Integracji z Unią Europejską, a następnie w latach 2008 – 2010 pracował na stanowisku pracownika merytorycznego w Międzynarodowej Komisji Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem z siedzibą we Wrocławiu.

Absolwent studiów magisterskich Politechniki Wrocławskiej Wydziału Inżynierii Środowiska specjalności Ochrona Atmosfery oraz studiów doktoranckich Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu na Wydziale Nauk Ekonomicznych, w Katedrze Ekonomii Ekologicznej. Stypendysta programu Sokrates-Erasmus w Brandenburskim Uniwersytecie Technicznym w Cottbus, uczestnik polskich i międzynarodowych konferencji poświęconych zagadnieniom ochrony środowiska i gospodarki wodnej. Autor publikacji w materiałach konferencyjnych, czasopismach branżowych z zakresu ekonomii, inżynierii i ochrony środowiska.

dr Kornelia Kwiecińska –absolwentka studiów magisterskich na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego (specjalizacja – Chemia Środowiska) oraz studiów doktoranckich na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Autorka projektów z zakresu zielonej infrastruktury (wegetatywne bufory środowiskowe, m.in. dla instalacji IPPC emitujących odory, rozwiązania dla technologii dachów zielonych i innych powierzchni biologicznie czynnych w miastach) a także opracowań dla przemysłu, raportów środowiskowych i opinii eksperckich z zakresu inżynierii środowiska. Autorka i współautorka artykułów i publikacji naukowych w zakresie ochrony i inżynierii środowiska, w języku polskim i angielskim. Uczestnik międzynarodowych konferencji, warsztatów naukowych i spotkań tematycznych z zakresu ochrony środowiska. Uczestnik krajowych i zagranicznych programów i projektów realizowanych przez Stowarzyszenie Climate-KIC.

mgr inż. Mateusz Cuske – absolwent Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, specjalizacja – ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych, doktorant w Instytucie Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Specjalista w zakresie ochrony środowiska glebowego oraz ocen oddziaływania inwestycji na środowisko. Uczestnik grupy eksperckiej wykonującej analizę rozwiązań dotyczących dokonywania oceny zanieczyszczenia gleby, ziemi i wód podziemnych, wynikającej z potrzeby zapewnienia właściwego wdrożenia dyrektywy 2010/75/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych, będącej jednocześnie podstawą do kształtowania znowelizowanego prawa ochrony środowiska w zakresie oceny wpływu instalacji IPPC na środowisko oraz wprowadzonego w życie rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia

5 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. Dyrektor Działu badań i Rozwoju Stowarzyszenia Eko-Biegły®.

Autor licznych opracowań środowiskowych, w tym: raportów o ocenach oddziaływania na środowisko, prognoz oddziaływania na środowisko, wniosków o wydanie pozwoleń zintegrowanych, raportów początkowych. Autor i współautor kilkudziesięciu artykułów i publikacji naukowych w zakresie ochrony środowiska, inżynierii środowiska, toksykologii środowiska. Uczestnik realizacji prac badawczych finansowanych przez MNiSW oraz NCBiR, kierownik projektu naukowego finansowanego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Priorytet VIII Regionalne Kadry Gospodarki, Działanie 8.2 Transfer Wiedzy, Poddziałania 8.2.2 Regionalne Strategie Innowacji.

mgr inż. Agata Piechocka – absolwentka kierunku Ochrona Środowiska Wydziału Przyrodniczo- Technologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz studiów podyplomowych Prawa Ochrony Środowiska Wydziału Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego. Specjalista w zakresie gospodarki odpadami, prawa ochrony środowiska oraz procedur w ochronie środowiska. Uczestnik krajowych oraz międzynarodowych konferencji poświęconych możliwościom zagospodarowania odpadów pochodzących ze spalania biomasy. Współautor publikacji książkowych z zakresu ochrony środowiska oraz publikacji do materiałów konferencyjnych z zakresu gospodarki odpadami.

mgr inż. Magdalena Bartosik – absolwentka studiów inżynierskich Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej oraz studiów magisterskich Wydziału Mechaniczno-Energetycznego o kierunku Energetyka, specjalność Odnawialne Źródła Energii. Kierownik biura Stowarzyszenia Eko-Biegły®. Współautorka opracowań w zakresie inżynierii i ochrony środowiska.

1.4. Uregulowania prawne w zakresie oddziaływania uciążliwości zapachowej

Kwestia prawnego uregulowania zanieczyszczenia zapachami różni się na całym świecie. Wiele Państw wprowadziło nie tyle co „ustawy odorowe”, ile wytyczne, którymi powinno kierować się w przypadku pojawienia się skarg na uciążliwość zapachową. Niniejszy rozdział zawiera przegląd najważniejszych unormowań prawnych w dziedzinie odorów w wybranych państwach. Istotnym jest fakt, że prawo Unii Europejskiej w zakresie ochrony powietrza nie obejmuje zagadnień z zakresu przeciwdziałania uciążliwościom zapachowym, pozostawiając poszczególnym państwom członkowskim dowolność. Dominuje bowiem przekonanie, że tego rodzaju uciążliwość ma charakter lokalny, więc problemy jego zwalczania i przeciwdziałania powinny być rozwiązywane lokalnie zgodnie z zasadą subsydiarności, według której nie należy podejmować na szczeblu wspólnotowym regulacji spraw, które bardziej wydajnie można rozwiązać na szczeblu lokalnym, regionalnym lub krajowym. Jedynym narzuconym dokumentem jest norma EN 13725:2003 „Determination of odour concentration by dynamic olfactometry” bezpośrednio tłumaczona na język polski jako PN-EN 13725:2007 „Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej”. Odnosi się ona jednak wyłącznie do pomiarów emisji zapachu, a nie do jego stężenia w terenie czy uciążliwości zapachowej.

Poznanie różnorodnego podejścia do regulowania zanieczyszczeń zapachowych nie tylko pozwala zrozumieć jak złożony jest to problem, ale także konieczność wprowadzenia odpowiednich standardów chroniących ludzi narażonych na występowanie złośliwych gazów w Polsce.

Holandia

Historia prawa odorowego w Holandii sięga roku 1978. Odnosiła się jednak wtedy wyłącznie do hodowli zwierząt. Pierwszy projekt ustawy o wartościach dopuszczalnych stężenia zapachowego w terenie powstał w 1984 roku. Mimo, że funkcjonował w praktyce, pod względem formalnym nie istniał. Kolejnym i obowiązującym do dziś było prawo ustanowione w roku 1995 przez Ministra Budownictwa, planowania przestrzennego i ochrony środowiska. Uaktualnione w 2000, a opublikowane w 1992 roku Holenderskie Wytyczne Emisyjne (The NeR - Netherlands Emissions Guideline) powstały w oparciu o Niemieckie prawo o ochronie powietrza (TA Luft), a ideą było ujednolicenie prawa regulującego emisję do atmosfery. Wytyczne opierały się na ogólnych standardach zgodnie z Najlepszą Dostępną Technologią Ograniczania Zanieczyszczeń.

Podstawowym celem jest bowiem zapobieganie lub ograniczanie uciążliwości zapachowej. Cel ten realizowany jest poprzez cztery następujące zasady:

- jeśli nie występuje uciążliwość, nie podejmuje się żadnych pomiarów;
- jeśli występuje uciążliwość, pomiary wykonuje się zgodnie z zasadą ALARA (z ang. As Low As Reasonably Achievable – tak niskie jak to sensownie możliwe);
- stopień uciążliwości określa się za pomocą subiektywnych badań, ankiet dotyczących odczuwanej uciążliwości, rejestracji skarg itd.;
- stopień uciążliwości, który uznany zostaje za możliwy do zaakceptowania określany jest przez odpowiednie władze.

Chociaż w Holandii typowe „prawo odorowe” nie istnieje, a ‘wytyczne’ nie są nawet wiążące, istniejące prawo zarządzania ochroną środowiska zawiera przepisy mające na celu nakazanie lokalnym władzom kontrolę środowiska w tym zakresie.

Wytyczne NeR opisują kryteria dla emisji jak i imisji zapachu. Jednostką w odniesieniu do stężenia zapachowego jest tzw. godzina odorowa średniego stężenia zapachu, która nie może przekroczyć 2% w skali roku. Ponadto, wytyczne podają minimalną odległość zabudowań mieszkalnych od zakładów zajmujących się przetwarzaniem odpadów i gospodarstw rolnych (od 100 do 750 metrów).

Jeśli chodzi o ocenę uciążliwości zapachowej, w Holandii istnieje kilka rozwiązań. Można podzielić je na trzy grupy: orientacyjne, jakościowe i ilościowe. Pierwsza grupa pomiarów jest najbardziej subiektywna i obejmuje zbieranie i analizę skarg mieszkańców, a także pomiary zapachu w terenie i ocenę jakości hedonicznej. Kolejna grupa metod, jakościowe, składa się z analizy skarg, wybranej grupy mieszkańców regularnie rejestrujących występujące zapachy, telefonicznych ankiet dotyczących uciążliwości, a także wszystkie ich kombinacji. Ostatnia grupa, pomiary ilościowe, pozwala na obiektywną ocenę stężenia zapachowego, uciążliwości lub skarg i stosowana jest w przypadku, kiedy pozostałe metody nie są wystarczające w ocenie uciążliwości zapachu na badanym obszarze. Najczęściej stosuje się jednak kilka metod jednocześnie.

Generalnie, polityka stosowana w Holandii może być określona jako korzystna. W ciągu 15 lat ilość skarg na uciążliwość zapachową obniżyła się z 27 do 21 procent.

Niemcy

Prawo odorowe w Niemczech ma swoje początki także w roku 1978. Nie dotyczyło jednak uciążliwości zapachowej. Zależność między imisją zapachu a wpływem na ludzi została po raz pierwszy ujęta w Niemieckim programie zarządzania środowiskiem w 1993 roku. Kolejnym etapem było utworzenie Wytycznych dotyczących zapachów występujących w powietrzu atmosferycznym. Był to kompleksowo opisany system metod pomiarowych (badań zarówno terenowych jak i modelowych) do oceny istniejącego stężenia zapachu w powietrzu, obliczeń wpływu zapachu na otoczenie oraz wartości dopuszczalnych wykorzystywanych przy tej ocenie.

Podstawą prawną w odniesieniu do jakichkolwiek wymagań jakości powietrza atmosferycznego jest Niemiecka Ustawa o ochronie powietrza oraz Techniczna instrukcja w sprawie kontroli jakości powietrza (z niem. BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz). Zgodnie z jej § 3 (1) pogorszenie stanu powietrza atmosferycznego spowodowane jest zanieczyszczeniem, które z powodu jego rodzaju, poziomu i czasu trwania może powodować zagrożenie, dotkliwe szkody czy poważną uciążliwość w całej populacji lub w najbliższym sąsiedztwie. Ustawa nie opisuje jednakże kryteriów kiedy uciążliwość staje się poważna.

Rodzaj zapachu określany jest przez jego opis, poziom występującego zapachu przez wykrycie zapachu powyżej progu identyfikacji oraz przez godziny odorowe. Czas trwania natomiast wyraża się przez częstość występowania zapachu.

Wartości dopuszczalne stężeń zapachów wykorzystywane do oceny zmierzonych godzin odorowych zależą od rodzaju przeznaczenia terenu. Rozróżnia się dwa typy: obszary

mieszkalne i przemysłowe, w oparciu o przeprowadzone badania. Wartości dopuszczalne dla poszczególnych obszarów wynoszą:

- < 10% godzin odorowych na terenach mieszkalnych;
- < 15% godzin odorowych na terenach przemysłowych.

Przyjemne zapachy traktuje się inaczej niż obojętne czy nieprzyjemne jako te powodujące mniejszą uciążliwość. Ponadto, do technik oceny i kontroli zanieczyszczeń zapachowych zaliczyć można minimalną odległość (na początku ustaloną, podobnie jak w Holandii, wyłącznie dla zakładów przeróbki odpadów i gospodarstw rolnych), skalę intensywności zapachu oraz wartości emisji zapachu. Niemniej jednak, najważniejszą metodą są pomiary godzin odorowych.

Ogólnie, program zarządzania środowiskiem w odniesieniu do zanieczyszczeń odorami uznaje się za udany.

Wielka Brytania

Prawo odorowe w Wielkiej Brytanii składa się z kilku niezależnych ustaw, zarówno w prawie zwyczajowym, jak i karnym, regulujących oddzielnie wydawanie pozwoleń na prowadzenie działalności, która mogłaby powodować emisję zapachów, kontrolowanie już istniejących zakładów emitujących odory, planowanie przestrzenne w zakresie emisji odorów, a także uciążliwość zapachową.

Prawo karne dotyczące zapachów zawarte jest w Części I Ustawy o ochronie środowiska i obejmuje dwa oddzielne systemy kontroli:

- IPC (z ang. Integrated Pollution and Control) – Zintegrowana kontrola zanieczyszczeń, w przypadku najbardziej złożonych procesów produkcyjnych emitujących zanieczyszczenia do powietrza, wody i gleby, oraz
- LAAPC (z ang. Local authority pollution control) – Lokalna kontrola zanieczyszczeń, w przypadku mniej złożonych procesów powodujących emisję wyłącznie do powietrza.

W obu przypadkach, podstawowe zasady zawarte są w Określonych procesach i substancjach (ang. Prescribed Processes and Substances Regulations) z 1991 roku. Wyszczególnione zostały w nich procesy przemysłowe, które wymagają pozwolenia na działalność. Również w obu przypadkach niektóre odoranty klasyfikowane są jako „określone substancje” będące przedmiotem wymogu stosowania BATNEEC (z ang. Best Available Techniques Not Entailing Excessive Cost), czyli Najlepszych Dostępnych Technik Nie Powodujących Nadmiernych Kosztów.

Dwa kolejne dokumenty to Dyrektywa IPPC (ang. Integrated Pollution, Prevention and Control), Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń oraz Ustawa o Planowaniu Miast i Wsi z 1990 roku (ang. Town and Country Planning Act 1990). Pierwsza została wprowadzona poprzez uregulowania z 1991 roku (Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń), stanowiące, że należy zapobiegać, a tam gdzie nie jest to możliwe – ograniczyć, powstawaniu przykrego zapachu, w celu osiągnięcia wysokiego poziomu ochrony środowiska jako całości. Oba dokumenty zaprojektowane zostały tak, aby chronić środowisko przed potencjalnymi zagrożeniami powodowanymi przez rozwój przemysłu. Jednakże

dodatkowo Ustawa o planowaniu uzupełnia prawo o regulacje dotyczące lokalizacji inwestycji oraz kontroli instalacji w celu uniknięcia albo zminimalizowania szkodliwego efektu na środowisko.

Uciążliwość zapachową regulują dwa akty prawne. Pierwszy to Część III Ustawy o ochronie środowiska – Ustawa o uciążliwości. Sekcja 79 Ustawy stanowi, że „ustawowa uciążliwość to jakikolwiek kurz, opary, zapach lub wyziewy powstające w produkcji przemysłowej lub handlu, które są szkodliwe dla zdrowia lub powodują niedogodność”. „Szkodliwość dla zdrowia” definiowana jest jako taka, która powoduje lub może spowodować poważny uszczerbek na zdrowiu. W przypadku „niedogodności” prawo często odnosi się do definicji zawartej w drugim dokumencie: prawo zwyczajowe - Uciążliwość. Aby ocenić wiarygodność odczuwanej uciążliwości należy zbadać równowagę między negatywnym wpływem na dobra poszkodowanego, a zasadnością działania pozwanego. Trzeba brać przy tym pod uwagę wiele czynników, m.in. lokalizację występowania uciążliwości, czas trwania, a także wszelką nadwrażliwość poszkodowanego. Co więcej, uciążliwość musi być udowodniona przez więcej niż jedną, poszkodowaną, osobę. Istnieje jeszcze inny termin – uciążliwość publiczna. Mówi się o niej, kiedy poszkodowana jest szeroko rozumiana ludność i jest to przestępstwo.

Australia

W każdym ze stanów Australii funkcjonuje nieco inne prawo dotyczące odorów. Jednakże, jako stan najbardziej rozwinięty, Południowo Wschodnia Walia zostanie opisana szczegółowo.

System do oceny i zarządzania odorami pochodzącymi ze źródeł stacjonarnych jest niezwykle rozwinięty. Obejmuje:

- nadrzędne prawo uciążliwości;
- kryteria oceny zapachu;
- 3-stopniowy system do oceny wpływu odorów na otoczenie;
- strategie ograniczania oraz unikania powstawania zapachów;
- negocjacje między stronami;
- przeprowadzanie monitoringu i zarządzanie skargami,
- oraz egzekwowanie prawa.

System ten został wprowadzony w roku 2001, równolegle z opublikowaniem ustawy, mimo, że ciągle występuje w formie projektu i jest uważany za udany.

Dwa najważniejsze akty prawne regulujące odory w tej części Australii to Ustawa o ochronie środowiska z 1997 roku (PEOA, z ang. Protection of the Environment Operations Act 1997) oraz Ustawa o ocenie i planowaniu środowiska z 1979 (ang. Environmental Planning and Assessment Act 1979). Zabraniają one inwestorowi każdego obiektu powodować zanieczyszczenie powietrza, włączając odory, również wprowadzając pojęcie „szczególnie uciążliwych zapachów”. Zabrania ona emisji tych ostatnich z planowanych inwestycji, ale także pomaga podczas negocjacji w sprawie akceptowalnych limitów podczas wydawania pozwolenia na działalność.

Zapach szczególnie uciążliwy definiowany jest jako zapach:

- który poprzez swoją intensywność, naturę, czas trwania, rodzaj i porę w jakiej jest emitowany, lub też inne okoliczności;
- jest (lub może być) szkodliwy dla ludzi przebywających na zewnątrz obiektu, z którego jest emitowany;
- ingeruje (lub może ingerować) w odczuwanie komfortu człowieka, który znajduje się na zewnątrz obiektu, z którego jest emitowany;
- lub którego intensywność, natura, czas trwania, rodzaj i pora w jakiej jest emitowany są opisane w ustawie, albo inne okoliczności, również opisane w ustawie.

Głównym powodem stworzenia regulacji, było uniknięcie odczuwanej uciążliwości. Przed wprowadzeniem Ustawy PEOA, prawo stanowiło „żadnego zapachu poza granicami zakładu”, co było bardzo niepraktyczne, a ostatecznie ustawa nie weszła w życie. Prawodawstwo zostało zmienione i objęło koncept zapachów szczególnie uciążliwych. Ponadto, aby pomóc w ocenie nowych projektów ustaw i ustaleń warunków oraz w funkcjonowaniu istniejącym zakładom, przygotowane zostały techniczne wytyczne.

Japonia

Japonia posiada bardzo długą historię ustawodawstwa odorowego. W latach 70 zeszłego wieku co roku odnotowywano około 20 000 skarg na uciążliwe zapachy. Choć liczba ta malała z roku na rok po wprowadzeniu w 1971 roku uregulowań prawnych, to obecnie gwałtownie wzrosła z powodu licznych skarg na spalarnie odpadów.

Najważniejszą ustawą jest Prawo o kontroli uciążliwych zapachów z 1995 roku, kilkakrotnie uaktualniane (w 1995 i 1997 roku). Ustawa ta odnosi się do wyznaczonych przez lokalne władze obszarów, na których regulowane mają być emisje zanieczyszczeń. Określone zostały wartości dopuszczalne 22 pojedynczych związków odorowych. Japońskie ustawodawstwo opiera się na olfaktometrii, a dokładniej na metodzie trójkątnej. Wyznaczona grupa testowa ocenia przygotowane zanieczyszczone powietrze bezpośrednio z worków zawierających próbę. Członkowie grupy wybierani są na podstawie testu, który wykorzystuje 5 związków chemicznych, które w różnych stężeniach prezentowane są testującym w formie flamastrów. Związki te to: alkohol 2-feniloetylowy, metylocyklopentenolon, kwas 3-metylobutanowy (kwas izowalerianowy), γ -undekalaktol, skatol. Metoda ta stosowana jest w większości prowincji, a oficjalnie wprowadzona została w roku 1977. Wyniki w metodzie trójkątnej podczas pomiarów na olfaktometrze są zgodne z wartościami referencyjnymi dla Europejskiej jednostki zapachowej (ang. European odour unit).

Japońskie Prawo o kontroli uciążliwych zapachów ustala trzy rodzaje wartości dopuszczalnych:

1. kryterium – maksymalne stężenia na granicy obiektu emitującego zapachy, na poziomie gruntu i na wysokości 1,5 metra nad płynną powierzchnią ścieków. Dla tego kryterium wskaźnik dla stężenia akceptowalnego ustalany jest przez władze lokalne.

2. kryterium – maksymalne stężenie z wysokiej emisji oblicza się za pomocą równań modelowych, dla różnych wysokości emitorów, biorąc pod uwagę maksymalne dopuszczalne stężenie na poziomie gruntu (zgodnie z 1. kryterium).

Dodatkowo, poza regulacjami państwowymi, władze lokalne mogą wprowadzać własne.

Nowa Zelandia

Ustawa z roku 1991 o zarządzaniu zasobami w Nowej Zelandii nakłada na zakłady przemysłowe nakaz unikania wytwarzania nieprzyjemnego zapachu, gdyby mógłby mieć on negatywny wpływ na środowisko. Od 1995 roku Nowa Zelandia korzysta z wytycznych „odorowych”, aby móc wprowadzić w życie powyższy obowiązek.

W 2003 roku Ministerstwo Środowiska opublikowało nową wersję wytycznych, a obecnie zapachy są regulowane zgodnie z Ustawą o zarządzaniu zasobami (ang. Odour Management under the Resource Management Act 1995 (RMA)). Jednakże inne regulacje, jak np. Ustawa o zdrowiu, także mogą być wykorzystywane w praktyce. Obowiązujące wytyczne proponują ogólnokrajowe podejście do oceny i radzenia sobie z uciążliwymi zapachami. Zawierają one rady ekspertów dla wszystkich, którzy zajmują się zarządzaniem odorami: pracowników administracji państwowej, wnioskodawców i posiadaczy pozwoleń, radnych, konsultantów i wszystkich, których dotyczyć może uciążliwość zapachowa. Wytyczne zawierają porady dotyczące:

- oceny wpływu zapachów na otoczenie, łącznie z określeniem terminów „nieuciążliwy oraz uciążliwy zapach”;
- monitorowania wpływu zapachów na otoczenie za pomocą ankiet czy dzienniczków zapachowych;
- prawo opisane zgodnie z Ustawą (RMA) odnośnie uciążliwości zapachowej;
- zastosowania modelowania matematycznego odorów, oraz
- problemów emisji odorów, łącznie z podstawowymi informacjami na temat możliwości poprawy sytuacji.

Stworzenie wytycznych pociągnęło za sobą powstanie raportu technicznego Przegląd zarządzania odorami w Nowej Zelandii (ang. Review of Odour Management In New Zealand). Raport powstał na podstawie projektu wytycznych, opublikowanych we wrześniu 2002 roku.

Zalecenia zamieszczone w wytycznych nie są wymagane prawnie zgodnie z Ustawą RMA ani żadną inną. Jednakże, opierają się na poradach ekspertów oraz konsultacjach z czynnie pracującymi w tej dziedzinie specjalistami. Dlatego też powinny być brane pod uwagę w procesach decyzyjnych.

Stany Zjednoczone Ameryki

W Stanach Zjednoczonych na szczeblu państwowym nie istnieją żadne uregulowania dotyczące odorów. Agencja Ochrony Środowiska (EPA, ang. Environmental Protection Agency) była zaangażowana w sprawy ochrony środowiska we wczesnych latach 80 zeszłego wieku, co zostało później przerwane.

W 1992 roku EPA opublikowała zestawienie wartości dopuszczalnych dla odorantów w dokumencie Wytyczne dla wartości dopuszczalnych odorantów z niebezpiecznych

zanieczyszczeń powietrza (ang. Reference Guide to Odor Thresholds for Hazardous Air Pollutants) umieszczonych na liście zmienionej Ustawy o czystym powietrzu (ang. Clean Air Act Amendments) z 1990 roku.

Metodyka pomiaru zapachu nie jest dobrze znormalizowana. Istnieją standardy, nazywane metodą ASTM Syringe (ang. Standard Method for Measurement of Odor in Atmospheres 1972), uznawaną jednakże za nieefektywną. Także obecnie nie trwają prace nad żadną nową normą regulującą zanieczyszczenia zapachami.

Wiele uniwersytetów zaadaptowało metodykę Unii Europejskiej (ang. EN13725 Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry). Zajmują się one przede wszystkim zapachami pochodzącymi z hodowli zwierząt. Dodatkowo wiele zakładów oczyszczania ścieków (Los Angeles County Sanitation District, Minnesota Metropolitan Council) stosuje tę metodykę.

Kwestia regulacji prawnych o zarządzaniu w przypadku występowania uciążliwości zapachowej rozwiązywana jest na szczeblu poszczególnych stanów lub gmin. Istnieje wiele podejść do tego problemu. Główny nacisk kładzie się na problemy związane z zapachami z oczyszczalni ścieków i hodowli zwierząt, ponieważ tam największym problemem są skargi na zapachy. W 2001 roku Ministerstwo Rolnictwa opublikowało raport na temat jakości powietrza (ang. Control of Manure Odours, Engineering Practice 379.1). Stężenie zapachu wyrażane jest w europejskich jednostkach zapachowych.

Kanada

W Kanadzie regulowanie problemu uciążliwości zapachowej należy do kompetencji organów władających w obrębie poszczególnych prowincji. Każda prowincja posiada wdrożoną odrębną strategię ochrony zapachowej jakości powietrza. Prawodawstwem zostały objęte głównie źródła emisji odorów o charakterze rolniczym. W Quebec uregulowania prawne omawianej problematyki obowiązują od 1980 roku. Zakresem prawnym objęto m.in.: smażalnie, wędzarnie mięsa, prażenie kawy, zakłady recyklingu gumy i oksydowania asfaltów czy też browary i gorzelnie. Stężenie substancji zapachowo czynnych w strumieniach odlotowych wynosi do 120 jz/m³. W Ontario problem emisji odorów pochodzących z hodowli trzody chlewnej został uregulowany w 1976 r. W odniesieniu do przepisów, chlewnie należy lokalizować w odległości nie mniejszej niż 810 m od najbliższego obiektu mieszkalnego przy spełnieniu warunku, że nie jest on budynkiem należącym do fermy. Ponadto, odległość pomiędzy chlewnią, a granicą obszaru miejskiego nie może być mniejsza niż 405 m. Zgodnie z *Agriculture Code of Practice* z 1976 r., przy hodowli drobiu powyższe wartości są niższe i wynoszą odpowiednio 468 m oraz 234m.^{2,3}

Francja, Belgia, Czechy

We Francji substancje złowonne wyszczególniane są w instrukcjach, które dotyczą czystości powietrza w obszarze miejsca zamieszkania. Poziom stężenia odorantów kształtuje się na poziomie 200 jz/m³.

² Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszynski B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.

³Krajewska B., Kośmider J., *Standardy zapachowej jakości powietrza. Ochrona powietrza i problemy odpadów*, 6(39), 2005.

W Belgii podczas realizacji programu, którego efekt końcowy zmierza do ustalenia zasad prawnych w zakresie przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, wytypowano następujące, uznane za najbardziej uciążliwe rodzaje działalności, będące źródłem emisji odorów, tj.: hodowla trzody chlewnej, rzeźnie, lakiernie, zakłady włókiennicze oraz oczyszczalnie ścieków. W Czechach zaś w 2002 roku wydano rozporządzenie normujące problem odorowy. Określono w nim zarówno standardy emisyjne oraz dopuszczalne wartości stężeń odorantów identyfikowanych w strumieniu emitowanych gazów. Stężenia są wyznaczane przy wykorzystaniu metody olfaktometrii dynamicznej.^{4,5,6}

Turcja

Projekt regulacji dotyczący problematyki odorowej został przygotowany w ramach programu LIFE w latach 2002-2004. Celem projektu było dostosowanie obowiązującego w Turcji AQCR (*Air Quality Control Regulation*) do prawodawstwa UE w zakresie ochrony środowiska. Wśród celów szczegółowych wyróżniono analizę problemu uciążliwości zapachowej. Założenia projektu obejmowały nie tylko wypracowanie wartości granicznych stężeń emisji, ale także immisji. Opracowano, iż dopuszczalna jest emisja odorów przy stężeniu kształtującym się na poziomie poniżej 1000 ou/m³, zaś pomiędzy 1000 – 10000 ou/m³ wyłącznie w sytuacji, gdy nie występuje immisja. W przypadku, gdy emisja związków złoonych ze źródła osiągnie stężenie powyżej 10000 ou/m³, zakład będzie zobowiązany do ograniczenia poziomu uciążliwości zapachowej poprzez zastosowanie środków zapobiegawczych.^{7,8}

Polska

W Polsce już od kilku lat trwają prace związane z uregulowaniem prawnym tematyki oraz zagadnienia problematyki uciążliwości zapachowej. Ministerstwo Środowiska próbowało uregulować problem związany z uciążliwością zapachową poprzez m.in. implementację na podstawie art. 222 Ustawy Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. 2016.672) rozporządzenia *w sprawie wartości odniesienia substancji zapachowych w powietrzu i metod oceny zapachowej jakości powietrza*. Niemniej jednak, po ocenie uwag otrzymanych

w wyniku przeprowadzonych konsultacji społecznych, jak i powstaniu zarzutów wobec metodyki pomiarowej zawartej w normie EN 13725:2007 „Jakość powietrza – oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej”, resort odstąpił od kontynuowania prac legislacyjnych.

W 2008 roku zaczęto opracowywać założenia ustawy o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej. W efekcie końcowym ustawa nie została wprowadzona do polskiego porządku prawnego. Stwierdzono natomiast o konieczności podjęcia działań zwiększających skuteczność obowiązujących aktów prawnych. W wyniku wspólnie przeprowadzonego

⁴ Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszynski B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.

⁵ Krajewska B. Kośmider J., *Standardy zapachowej jakości powietrza*. Ochrona powietrza i problemy odpadów, 6(39), 2005.

⁶ Woźniak L., *Regulacje prawne dotyczące przeciwdziałania uciążliwościom zapachowym (odorum) w wybranych krajach Unii Europejskiej wraz z komentarzem na temat konsekwencji społecznych i ekonomicznych (gospodarczych) ich wprowadzenia*, Biuro analiz i dokumentacji Zespół Analiz i Opracowań Tematycznych, Kancelaria Senatu, Listopad 2014.

⁷ Dinçer, F., *Characteristic and chemistry of odors from selected industrial facilities in Izmir*, 2007.

⁸ Odours emissions and immissions management policy in Turkey, LIFE00 TCY/TR/009/www.ec.europa.eu/.

w latach 2013 – 2014 przeglądu obowiązującej materii prawnej przez Ministerstwo Środowiska, Ministerstwo Gospodarki, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju oraz Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi określono, iż istotne akty prawne dotyczące ograniczenia uciążliwości zapachowej znajdują się w kompetencjach Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Znaczący jest także należący do zakresu zadań obecnego Ministerstwa Rozwoju obszar planowania przestrzennego. W zakresie powyższego obszaru tematycznego rozważeniu poddano m.in. kwestie: wskazania minimalnych odległości lokalizacji obiektów mieszkalnych od zakładów produkcyjnych jak i chowu i hodowli zwierząt, uwzględniając także czynniki takie, jak: wielkość zakładu, uwarunkowania lokalne, ilość sztuk zwierząt, charakterystykę substancji oraz warunki dyspersji zanieczyszczeń. Analiza zastosowanych rozwiązań w krajach członkowskich UE oraz m.in. w USA, Kanadzie, Japonii w zakresie wprowadzenia ich w Polsce nie zupełnie zlikwiduje problem uciążliwości zapachowej.

Obecnie wśród aktów prawnych pośrednio regulujących problematykę odorową kraju wyróżnia się przede wszystkim zapisy Ustawy Prawo Ochrony Środowiska, a w szczególności:

- art. 362 ust. 1, stwarzający możliwość nałożenia w drodze decyzji podmiotowi korzystającemu ze środowiska, negatywnie na środowisko oddziałującemu przez organ ochrony środowiska (starosta, marszałek województwa) obowiązku ograniczenia oddziaływania na środowisko i jego zagrożenia oraz przywrócenia środowiska do stanu właściwego;
- art. 363 umożliwiający wójtowi, burmistrzowi lub prezydentowi miasta nakazanie decyzją osobie fizycznej, której działanie negatywnie oddziałuje na środowisko wykonanie w określonym czasie czynności, które zmierzają do ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko i jego zagrożenia oraz przywrócenia środowiska do stanu właściwego.

Problem emisji odorów regulowany jest także:

- ustawą o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r. w zakresie zasad postępowania z nawozami naturalnymi (Dz. U. z 2015 r. poz. 625, 1993);
- rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie szczególnych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczanie odpływu azotu ze źródeł rolniczych z dnia 23 grudnia 2002 r. (Dz. U. z 2003 r. Nr 4, poz. 44) w związku z ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. — Prawo wodne (Dz. U. z 2016 r. poz. 352, 1250);
- ustawą prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. z 2016 r., poz. 290, 961, 1165, 1250). Na podstawie art. 7 omawianej ustawy wydano:
 - 1) Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie z dnia 7 października 1997 r. (Dz. U. z 2014 r., poz. 81, z późn. zm.). Rozporządzeniem nałożono obowiązek przechowywania odchodów zwierzęcych w postaci płynnej w szczelnych, zamkniętych zbiornikach. Działanie to ma na celu zwiększyć efektywność redukcji emisji amoniaku, minimalizując tym samym uciążliwość zapachową źródła. Wymagane jest także wprowadzanie

szpaleru roślinności średnio – oraz wysokopiennej pomiędzy obiektami, będącymi źródłem odorantów, a budynkami mieszkalnymi;

- 2) Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. z 2015 r. poz. 1422). Akt ten wskazuje minimalną odległość wynoszącą co najmniej 8 m, obiektów inwentarskich od budynków mieszkalnych;
- 3) Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie z dnia 21 listopada 2005 r. (Dz. U. z 2014 r., poz. 1853). Rozporządzenie to określa warunki lokalizacji oraz konstrukcji stacji paliw, zbiorników służących do przechowywania paliw oraz transportu ropy naftowej. Uregulowane wskazania mają na celu zapobiegać niekontrolowanym rozszczelnieniom zbiorników, rurociągów oraz wyciekom substancji, będących źródłem emisji związków zapachowoczynnych. Wyszczególniono także nasadzenia roślinności w zakresie metod ograniczających dyspersję odorów.

Analizując prawodawstwo polskie, rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu z dnia 26 stycznia 2010 r. (Dz. U. z 2010 r. Nr 16, poz. 87) wprowadzono wartości odniesienia dla 167 substancji lub grup substancji w oparciu o potrzebę ochrony zdrowia. Ujęte także zostały związki zapachowoczynne, m.in.: amoniak (NH_3), dimetyloamina ($\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$), tiole (merkaptany), siarkowodór (H_2S). Niemniej jednak, ustalone wartości odniesienia tych substancji nie uwzględniają ich uciążliwości zapachowych.

W ochronie zapachowej jakości powietrza zasadniczą rolę odgrywa uwarunkowany art. 201 ustawy Prawo Ochrony Środowiska system pozwoleń zintegrowanych, którymi objęte są instalacje przemysłowe wprowadzające do powietrza substancje, wyszczególnione w załączniku do rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie rodzajów instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości z dnia 27 sierpnia 2014 r. (Dz. U. z 2014 r. poz. 1169). W myśl zapisów ustawy eksploatacja instalacji powodująca wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza jest możliwa po uzyskaniu pozwolenia w przypadku, gdy jest ono wymagane.

Ograniczeniem dla lokalizacji uciążliwych dla środowiska przedsięwzięć jest racjonalnie prowadzona polityka przestrzenna gminy. Etap opracowań miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania gminy, stanowią efektywne narzędzie identyfikacji potencjalnie negatywnych skutków planowanych przedsięwzięć oraz działań przed ich realizacją. Odnosząc się do powyższego, wprowadzenie do miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego gminy zapisu stanowiącego o zakazie usytuowania np. fermy trzody i drobiu na obszarach, które znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowy mieszkaniowej eliminuje oraz minimalizuje negatywne dla środowiska skutki planowanego przedsięwzięcia.

Niewątpliwie istotnym źródłem uciążliwości zapachowej obszaru produkcji rolniczej są działania związane z magazynowaniem oraz zagospodarowaniem nawozów naturalnych

z przeznaczeniem pod uprawy roślin. Sposób postępowania z nawozami naturalnymi został określony ustawą o nawozach i nawożeniu oraz przepisami wykonawczymi do ustawy. Powyższą ustawą transponowano do polskiego porządku prawnego zapisy dyrektywy Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotyczące ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (Dz. U. L. 375 z 31.12.1991, s. 1). Dyrektywa ta nałożyła na państwa członkowskie UE opracowanie oraz wdrożenie Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej.

Problem ograniczenia emisji związków zapachowoczynnych oraz związanych z tym uciążliwości pośrednio reguluje ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. z 2015 r., poz. 87, 122, 933, 1045, 1688, 1936, 2281) oraz szereg aktów wykonawczych. W odniesieniu do art. 16 niniejszej ustawy zaznacza się, iż gospodarkę odpadami należy prowadzić w sposób, który zapewnia ochronę życia i zdrowia ludzi oraz środowiska, nie powodując m.in. uciążliwości przez hałas lub zapach. Uwzględniając procesy przeróbki oraz składowania odpadów, wyróżnia się następujące akty prawne, które zawierają zapisy w sposób pośredni odnoszące się do ochrony zapachowej powietrza:

- spalarnie i współspalarnie odpadów – art. 160 w/w ustawy wskazuje, iż zarządzający spalarnią lub współspalarnią odpadów w czasie przyjmowania i termicznego przekształcania odpadów posiada obowiązek podejmowania niezbędnych środków ostrożności, które mają na celu zapobiegać lub ograniczać negatywne skutki dla środowiska, w szczególności w odniesieniu do zanieczyszczeń powietrza, gleby, wód powierzchniowych i gruntowych, a także zapachu i hałasu, jak i bezpośredniego zagrożenia życia lub zdrowia ludzi. Istotnym w tym zakresie jest rozporządzenie Ministra Rozwoju w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu z dnia 21 stycznia 2016 r. (Dz. U. z 2016 r. poz. 108);
- składowiska odpadów poprzez rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie składowisk odpadów z dnia 30 kwietnia 2013 r. (Dz. U. z 2013 r. poz. 523) w związku z art. 124 ust. 6 ustawy o odpadach;
- transport odpadów – w odniesieniu do art. 24 ustawy o odpadach, transport odpadów odbywa się zgodnie z wymaganiami w zakresie ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa życia i zdrowia ludzi, w sposób uwzględniający właściwości chemiczne i fizyczne odpadów, w tym ich stan skupienia oraz potencjalne zagrożenia. W oparciu o projekt rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie szczegółowych wymagań dla transportu odpadów, w tym dla środków transportu i sposobu transportowania oraz oznakowania środków transportu w związku z art. 24 ust. 7 ustawy o odpadach, transport odpadów należy prowadzić w sposób, który uniemożliwia rozprzestrzenianie się odpadów poza środki transportu. Należy także prowadzić działania zapobiegawcze w odniesieniu do wysypywania się odpadów, pylenia oraz wycieków. Istotna jest minimalizacja uciążliwości zapachowej podczas transportu oraz ograniczenie wpływu czynników atmosferycznych;
- komunalne osady ściekowe – zakres stosowania został określony art. 96 ustawy o odpadach, rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 6 lutego 2015 r. (Dz. U. 2015 poz. 257), rozporządzeniem Ministra

Środowiska w sprawie procesu odzysku R10 z dnia 20 stycznia 2015 r. (Dz. U. 2015 poz. 132) oraz rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami z dnia 11 maja 2015 r. (Dz. U. 2015 poz. 796).

Reasumując, w Polsce od kilku lat trwają prace nad Ustawą o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej. Obecnie obowiązują jedynie regulacje, które mają związek z tą problematyką, a są to m.in.:

- ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2016 r. poz. 672, 831, 903, 1250, 1427) oraz wydane na jej podstawie akty wykonawcze:

a) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2012 r. w sprawie programów ochrony powietrza oraz planów działań krótkoterminowych (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 1028);

b) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 1031);

c) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 914);

d) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 września 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przekazywania informacji dotyczących zanieczyszczenia powietrza (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 1034);

e) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. 2012 nr 0 poz. 1032);

- ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 2016 r., poz. 353).

Dodatkowo, kwestie ograniczania negatywnego wpływu produkcji zwierzęcej (wielkoprzemysłowe fermy drobiu czy trzody chlewnej) na otoczenie, również mogące mieć związek z emisją substancji uciążliwych zapachowo regulowane są w następujących aktach prawnych:

1) ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu (Dz. U. z 2015 r. poz. 625, 1893) – reguluje zasady postępowania z nawozami naturalnymi;

2) rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczania odpływu azotu ze źródeł rolniczych (Dz. U. z 2003 r. Nr 4, poz. 44), zgodnie z ustawą z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2016 r. poz. 352, 1250).

Ponadto, na podstawie art. 7 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2016 r., poz. 290, 961, 1165, 1250) istnieje możliwość wydania rozporządzenia określającego warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane i ich usytuowanie, uwzględniając w szczególności kwestie ochrony środowiska (w tym substancji zapachowo-czynnych).

Poza tym, funkcjonuje tzw. Kodeks dobrej praktyki rolniczej określający zasady i procedury m. in. takich działań, jak prowadzenie intensywnej hodowli i nawożenie z wykorzystaniem

naturalnych nawozów, jak również jednym z najbardziej aktualnych dokumentów Resortu Środowiska – Departamentu Ochrony Powietrza i Klimatu jest Kodeks Przeciwdziałania Uciążliwości Zapachowej.

Podsumowanie

Prace nad prawnym uregulowaniem zagadnień dotyczących standardów zapachowej jakości powietrza podejmowane są od lat w wielu krajach zarówno Unii Europejskiej, jak i na całym świecie, ale nadal nie doprowadziły do sformułowania jednoznacznych definicji pojęć i kryteriów uciążliwości zapachu. Jak wspomniano na początku, obecnie nie istnieją przepisy (rozporządzenia, dyrektywy, decyzje) unijne, które ujednoliciłyby podejście do tej dziedziny, poza normą EN 13725:2003 „Jakość powietrza – oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej”.

W związku z licznymi skargami na uciążliwość zapachową z produkcji przemysłowej, rolnej, ale także gospodarki komunalnej, ważne jest aby w Polsce wprowadzić uregulowania prawne dotyczące nadmiernej emisji odorów, ich występowania w otoczeniu emitorów, a także wpływu zapachów na ludność zamieszkującą narażone na odory obszary.

2. CZĘŚĆ SZCZEGÓŁOWA

2.1. Analiza możliwości wystąpienia związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

Zagrożenia środowiskowe oraz zdrowotne bardzo często indukowane są czynnikiem antropogenicznym. Działalność gospodarcza człowieka, rozwój poszczególnych gałęzi gospodarki kraju związany jest z wywieraniem negatywnego wpływu na jakość powietrza atmosferycznego, w tym na jego zapachową jakość. W celu skutecznego zapobiegania uciążliwości zapachowej niezbędne jest prawne uregulowanie problematyki, a co z tym związane wprowadzenie działań ukierunkowanych na dezodoryzację oraz zapewnienie zapachowej czystości powietrza. Odory emitowane z poszczególnych źródeł mogą prowadzić do dyskomfortu psychicznego, obniżenia komfortu bytu populacji zamieszkującej narażony obszar. Emisja związków złoonych jest przyczyną skarg ludności oraz problemów na skalę krajową.⁹

Wśród powszechnie występujących źródeł odorów wyróżnia się różne gałęzie przemysłu (m.in. zakłady przemysłowe takie jak: cukrownie, garbarnie, mleczarnie, cukrownie oraz zakłady chemiczne), usługi, obiekty gospodarki komunalnej, tj. oczyszczalnie ścieków, składowiska odpadów, kompostownie, instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, zakłady termicznego przekształcania odpadów, zakłady segregacji, obiekty produkcji zwierzęcej.^{10,11}

Zespół autorski niniejszego opracowania przeprowadził szczegółową analizę możliwości wystąpienia oraz poziomów substancji i związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo z uwzględnieniem obiektów gospodarki komunalnej (procesy oczyszczania ścieków, procesy przeróbki i składowania odpadów), produkcji rolnej i przetwórstwa spożywczego, przemysłu chemicznego, górnictwa oraz innych sektorów gospodarki, tj. palarni kawy, produkcji olejów roślinnych, zakładów tytoniowych, wytwórni płyt wiórowych i paździerzowych, odlewni).

2.1.1 Oczyszczanie Ścieków

Procesy, które zachodzą podczas oczyszczania ścieków, wiążą się z emisją zanieczyszczeń do atmosfery. Emisja zanieczyszczeń jest przyczyną wzrostu stężeń różnych substancji w atmosferze, które poprzez ruch mas powietrza są przenoszone na dalsze odległości. Eksploatacja obiektów związanych z gospodarką ściekową wiąże się z emisją szkodliwych substancji chemicznych oraz uciążliwych zapachowo - odorów.

⁹ Woźniak L., *Regulacje prawne dotyczące przeciwdziałania uciążliwościom zapachowym (odorum) w wybranych krajach Unii Europejskiej wraz z komentarzem na temat konsekwencji społecznych i ekonomicznych (gospodarczych) ich wprowadzenia*, Biuro analiz i dokumentacji Zespół Analiz i Opracowań Tematycznych, Kancelaria Senatu, Listopad 2014.

¹⁰ Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.

¹¹ Kapusta K., *Ochrona zapachowej jakości powietrza. Doświadczenia światowe w świetle potrzeby unormowań prawnych w Polsce*, Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko, Katowice 2007.

Przyczyną uciążliwości zapachowej obiektów gospodarki ściekowej (OGŚ) są odoranty powstałe w procesie beztlenowego rozkładu substancji organicznych zawartych w ściekach, tj. amoniak, siarkowodór, tiole(merkaptany), sulfidy, aminy alifatyczne i aromatyczne(np. indol), aldehydy, ketony oraz kwasy karboksylowe (kwasy tłuszczowe).¹²

Duża zmienność emisji odorów ze źródeł powierzchniowych pasywnych jak również niezwykle istotna jest świadomość jak zmienia się emisja odorów w zależności od takich czynników jak:

- turbulencja powietrza nad źródłem;
- temperatura ścieków;
- pH ścieków;
- ciśnienie atmosferyczne.¹³

Źródłem odorantów są mikrobiologiczne procesy rozkładu materii organicznej, zawartej w ściekach i osadach. Podczas biologicznego cyklu obiegu związków węgla, azotu i siarki powstają substancje, charakteryzujące się uciążliwym oddziaływaniem zapachowym. Do najbardziej znanych należą niektóre kwasy karboksylowe (lotne kwasy tłuszczowe), amoniak i siarkowodór. Wielkość emisji pierwotnej uzależniona jest od tempa przemian biochemicznych, na które wpływają temperatura oraz skład ścieków. Największe źródła emisji odorów obserwujemy w miejscach w których występuje ruch (np. mieszanie) oraz przepływ ścieków i osadów, oraz w miejscach gdzie zgromadzona jest biomasa i gdzie występuje beztlenowy rozkład związków organicznych.¹⁴

Podział oczyszczalni na strefy w których będzie rozpatrywane występowanie odorów:

- dopływ i transport ścieków do oczyszczalni;
- mechaniczne oczyszczanie ścieków;
- biologiczne oczyszczanie ścieków;
- składowanie osadów.

Tabela 2 Stężenie zapachowe w danej strefie oczyszczalni¹⁵

Strefa oczyszczalni	Stężenie zapachowe c_{od} [ou/m³]
dopływ ścieków i oczyszczanie mechaniczne	30–1000
oczyszczanie biologiczne	5–120
obróbka osadów	100–1000000

¹² Kulig A., *Źródła i oddziaływanie odorantów emitowanych z obiektów gospodarki ściekowej*, Przegląd komunalny, 2005, Vol. 11, No. 34, 99-103

¹³ Sobczyński P., Sówka I., Bezyk Y. *Charakterystyka zmienności emisji odorów z osadników wstępnych i jej wpływ na zasięg oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków komunalnych*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2015

¹⁴ Sobczyński P., Sówka I., Nych A., *Emisja siarkowodoru jako wskaźnik uciążliwości zapachowej oczyszczalni ścieków*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014

¹⁵ Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., B., *Odory*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.

Tabela 3 Wyniki oceny uciążliwości zapachowej przykładowego obiektu OŚ¹⁶

OBIEKT	Liczba ocen			Stopień uciążliwości, O_{uE}/m^3
	brak	słaby	wyraźny	
Kolektor główny	0	25	79	0,88
Komora krat	0	0	104	1
Piaskowniki	23	43	38	0,57
Osadniki wstępne	94	10	0	0,05
Komory osadu czynnego	89	15	0	0,07
Osadniki wtórne	104	0	0	0
Stacja separacji tłuszczu i cząstek pływających	0	6	98	0,97
Stacja zagęszczania osadu nadmiernego	0	50	54	0,76
Otwarte baseny fermentacji	0	28	76	0,87
Stacja odwadniania osadów	0	0	104	1
Suszarnia i spalarnia osadów ściekowych	0	0	104	1
Punkt zlewny nieczystości z wozów czyszczących kanalizację	0	0	104	1
Komory naturalnego przystosowania osadów	0	15	89	0,93

¹⁶ Brudniak A., Dębowski M., Zieliński M., Brudniak A., Niedźwiedzka K., *Identyfikacja i analiza przyczyn uciążliwości odorowej obiektów gospodarki ściekowej (ogś) miasta Olsztyna*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014

2.1.1.1. Dopływ i transport ścieków do oczyszczalni

Istotnym elementem jest doprowadzenie ścieków do oczyszczalni (kanalizacja miejska lub dowóz ścieków), na tym etapie występują bardzo duże stężenia zapachowe, które uzależnione są od rodzaju ścieków oraz od stanu kanalizacji.

Przepompownie to pierwszy obiekt przesyłu ścieków. Ich kluczowym punktem jest przestrzeń retencyjna martwa, gdzie następuje stagnacja pewnej objętości ścieków, które narażone są na zagniwanie. Dopływające zagnię ścieki są przyczyną obecności odorantów. Odtlenienie ścieków, spowodowane dużą zawartością substancji organicznych zawieszonych i rozpuszczonych, przyczynia się do powstawania siarkowodoru, merkaptanów, amoniaku, lotnych kwasów tłuszczowych, które odpowiadają za uciążliwość zapachową.¹⁷ Skratki, wydzielane w kanałach przepompowni, pomimo pakowania w rękawy z tworzywa sztucznego, przechowywania w hermetycznych pojemnikach oraz codziennego odbioru, powodują emisję substancji odorowych, występujące w upalne dni.

Punkty zlewne nieczystości powodują uciążliwość zapachową, podczas zrzutu oraz dowozu nieczystości. Dzięki hermetyzacji punktów odbioru ścieków oraz zbiorników uśredniających, zapach zagnięłych ścieków wyczuwalny jest wyłącznie podczas przejazdu beczkowozów oraz w momencie zrzutu ścieków.

Studzienki rozprężne zlokalizowane są na końcach przewodów ciśnieniowych, które mają za zadanie wytracenie energii nadanej ściekom podczas przepływu. Uciążliwość zapachowa zauważalna jest w przypadku wprowadzania ścieków z gmin ościennych do kanalizacji miejskiej. Tak jak w przepompowni, powodem emisji odorów jest jakość ścieków oraz długi czas zatrzymania w komorach przepompowni, które powodują ich zagniwalność. Podczas turbulentnego ruchu ścieków następuje ich odgazowanie, w konsekwencji wydzielanie substancji odorotwórczych. Znaczna ilość zawiesiny substancji ekstrahujących się eterem naftowym powoduje oblepianie ścian studzienek oraz zaleganie na dnie, gdzie następuje rozkład, generując nieprzyjemne zapachy.

Emisja odorantów z **kolektora głównego** powodowana jest napływem zagnięłych ścieków do oczyszczalni. Nieprzyjemne zapachy wyczuwalne są wzdłuż kolektora na dystansie około 150 m tj. od ogrodzenia oczyszczalni do budynku krat. Emisja odorantów następuje przez szczeliny pomiędzy płytami żelbetowymi, którymi przykryty jest kolektor.¹⁸

2.1.1.2. Mechaniczne oczyszczalnie ścieków

Oczyszczanie wstępne, ma na celu przygotowanie ścieków do dalszych procesów technologicznych i obejmuje procesy mechaniczne i fizyczne tj: cedzenie, sedymentacje i flotacje. Tutaj występuje dość duża emisja odorantów, w szczególności siarkowodoru, która

¹⁷ Brudniak A., Dębowski M., Zieliński M., Brudniak A., Niedźwiedzka K., *Identyfikacja i analiza przyczyn uciążliwości odorowej obiektów gospodarki ściekowej (ogs) miasta Olsztyna*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014

¹⁸ Brudniak A., Dębowski M., Zieliński M., Brudniak A., Niedźwiedzka K., *Identyfikacja i analiza przyczyn uciążliwości odorowej obiektów gospodarki ściekowej (ogs) miasta Olsztyna*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014

jest przyczyną oddziaływania zapachowego obiektów oczyszczania wstępnego hali krat oraz osadnika wstępnego. W poniższym opracowaniu dokonano podziału oczyszczalni na¹⁹:

- małe (do 400 RLM);
- średnie (400-100 000 RLM);
- duże (powyżej 100 000 RLM).

Kraty i Sita – realizowany jest tutaj proces cedzenia, którego celem jest usunięcie ze ścieków większych zanieczyszczeń stałych (skratki) pływających lub występujących na dnie kanału doprowadzającego ścieki do oczyszczalni. Pomieszczenie krat pomimo hermetyzacji jest obiektem najbardziej uciążliwym zapachowo. Powodem wydzielania nieprzyjemnych zapachów jest przede wszystkim proces separacji, przemywania i pakowania skratek. Magazynowanie skratek w rękawach z tworzyw sztucznych oraz przechowywanie ich w hermetycznych pojemnikach powoduje ich uciążliwość zapachową tylko w okresie letnich upałów. Emisja odorantów dodatkowo ograniczana jest dzięki regularnym wywozom skratek z terenu oczyszczalni.

Piaskowniki – tutaj realizowany jest proces sedymentacji, który polega na oddzielaniu zawieszin mineralnych o średnicy większej niż 0,1 mm (głównie piasek), od ścieków w wyniku grawitacyjnego opadania. Piaskowniki są obiektami otwartymi, w których następuje wydzielanie cząstek mineralnych. Tu również najbardziej odorotwórczym procesem jest przemywanie i pakowanie odpadów, odbywające się w pomieszczeniu krat. Ograniczenie emisji substancji złośliwych z procesu magazynowania odbywa się analogicznie jak w przypadku skratek.

Odłuszczacze i Osadniki wstępne – tutaj realizowany jest proces flotacji czyli usuwania ze ścieków olejów i tłuszczów dzięki wypływowi zanieczyszczeń na powierzchnię ścieków, dodatkowo wspierane przez dopływ powietrza (lub innego gazu), do którego pęcherzyków przyklejają się cząstki tłuszczu i są razem z nim wynoszone na powierzchnię, gdzie tworzą tzw. kożuch. Osadniki wstępne mają za zadanie usunąć zawiesiny łatwo opadające poprzez zapewnienie wystarczająco powolnego przepływu laminarnego ścieków, który pozwala opaść zawieszynom, które mają gęstość niewiele większą od wody. Do funkcji osadników wstępnych należą²⁰:

- usuwanie całkowitej zawiesiny organicznej ze ścieków;
- usuwanie BZT₅;
- produkowanie osadu wstępnego, który poddany fermentacji kwaśnej w celu uzyskania prostych kwasów lotnych pozwala wspomagać biologiczne procesy usuwania fosforu i azotu;
- usuwają tłuszcze i oleje;
- częściowo wyrównują nierównomierność przepływu i ładunku zanieczyszczeń ścieków dopływających do części biologicznej;

¹⁹ Szynkowska M. Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

²⁰ Dymaczewski Z. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, Praca zbiorowa pod redakcją Zbysława Dymaczewskiego, Wydawnictwo PZiTSOW, Poznań 2011

- przyczyniają się do zmniejszenia ilości nadmiernego osadu czynnego na skutek zmniejszenia ładunku BZT₅ i zawiesin dopływających do reaktora biologicznego.

Na proces sedymentacji w osadnikach wstępnych wpływa obciążenie hydrauliczne powierzchni zbiornika, czas przetrzymania ścieków, rodzaj osadnika jego głębokość, rodzaj ścieków, rodzaj zawiesin i ich zawartość w ściekach, temperatura ścieków dopływających i udziały w nich ścieków przemysłowych.²¹ Usunięte zawiesiny są materiałem wykorzystanym do produkcji biogazu na oczyszczalni. Odory z osadników odprowadzane są do wypełnionych węglem aktywnym filtrów dezodoryzacyjnych.²²

2.1.1.3. Biologiczne oczyszczanie ścieków

Biologiczne oczyszczanie ścieków wiąże się z przemianami biochemicznymi, w których podstawową rolę odgrywają mikroorganizmy, których metaboliczne reakcje przyczyniają się do uzyskania wysokiego oczyszczania ścieków.

Zastosowanie określonych rozwiązań technologicznych, umożliwia stworzenie optymalnych warunków do ich rozwoju i przyspieszenia procesów biologicznego samooczyszczania. Tutaj obserwujemy najmniejszą uciążliwość zapachową. Głównym celem biologicznego oczyszczania ścieków jest:

- przekształcenie rozpuszczonych i cząsteczkowych zanieczyszczeń biodegradowalnych w pożądane produkty końcowe;
- wyłapanie i łączenie zawieszonych i koloidalnych zawiesin w kłaczkosady lub biofilmy oraz ich usunięcie;
- przekształcenie i usunięcie związków biogenych (azot, fosfor);
- usunięcie zanieczyszczeń specyficznych.²³

Stosowane procesy biologicznego oczyszczania możemy podzielić na (w zależności od warunków tlenowych w których zachodzą):

- tlenowe (aerobowe);
- niedotlenione (atoksyczne) - tlen związany w postaci innych związków np. azotanów;
- beztlenowe (anaerobowe);

Najprostsze przedstawienie procesów biologicznego oczyszczania ścieków:

Ścieki (substraty) + mikroorganizmy + energia $\Rightarrow$ ścieki oczyszczone + nowe mikroorganizmy

Komora beztlenowa tutaj ścieki nie zawierają tlenu rozpuszczonego ani azotanów. Wykorzystywana jest w procesach biologicznego usuwania fosforu jako komora, gdzie następuje uwalnianie fosforu do ścieków; inna nazwa to komora defosfatacji.

²¹ Dymaczewski Z. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, Praca zbiorowa pod redakcją Zbysława Dymaczewskiego, Wydawnictwo PZLiTSOW, Poznań 2011

²² Dymaczewski Z. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, Praca zbiorowa pod redakcją Zbysława Dymaczewskiego, Wydawnictwo PZLiTSOW, Poznań 2011

²³ Dymaczewski Z. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, Praca zbiorowa pod redakcją Zbysława Dymaczewskiego, Wydawnictwo PZLiTSOW, Poznań 2011

Według przeprowadzonych badań²⁴ wykazują sumaryczną uciążliwość zapachową w 20,8% obiektów średnich i 57,1% oczyszczalni dużych. Oczyszczalnie eksploatujące komory beztlenowe, urządzenia otwarte stosuje się w 78,7% obiektów średnich i 90,5% obiektów dużych. W oczyszczalniach średnich uciążliwość analizowanych urządzeń otwartych wskazano w 22,7% obiektów, urządzeń zamkniętych zaś tylko w 13,3%. W oczyszczalniach dużych obserwujemy znacznie większe różnice, których uciążliwość zapachową beztlenowych komór otwartych stwierdzono w 63,2% obiektów eksploatujących te urządzenia, natomiast nie stwierdzono jej w żadnym z analizowanych obiektów pracujących z komorami beztlenowymi zamkniętymi.

Komora niedotleniona (anoksyczna), zwana też denitryfikacyjną; charakteryzuje się tym, że nie występuje tam tlen rozpuszczony lub występuje w bardzo niewielkich ilościach ($<0,5$ mg/l), źródłem tlenu dla bakterii denitryfikacyjnych są azotany. Zazwyczaj występują jako zbiorniki otwarte.

W średnich oczyszczalniach krajowych, pracujących z wykorzystaniem komór anoksycznych (prowadzenie denitryfikacji ścieków), uciążliwość zapachowa występuje w 10,5% obiektów, jednak dotyczy tylko urządzeń otwartych. Udział oczyszczalni generujących nieprzyjemne zapachy z otwartych komór anoksycznych wynosi 12,2%. Uciążliwość otwartych zbiorników anoksycznych występuje natomiast w 36,4% wszystkich badanych oczyszczalni powyżej 100 000 RLM. W oczyszczalniach dużych, komory anoksyczne zamknięte nie są źródłem emisji odorantów, według pracowników oczyszczalni.²⁵

W tlenowym zbiorniku biologicznym następuje usunięcie związków organicznych. Mikroorganizmy wbudowują substancje organiczne w swoją biomasę oraz pozyskują energię rozkładając materię organiczną do prostych związków chemicznych, głównie ditlenku węgla i wody w zbiornikach tlenowych. Najmniejszą uciążliwość odnotowuje się w przypadku właśnie tych zbiorników. W zanalizowanym zbiorze oczyszczalni przepływowych stwierdzono ją w ok. 11% zakładów (oczyszczalnie średnie - 11,7%, duże - 10,7%). Otwarte komory tlenowe znajdują się w 66,1% obiektów średnich i 82,8% obiektów dużych, wyposażonych w zbiorniki napowietrzane. Ich uciążliwość odorowa odnosi się do 12,5% wszystkich tych obiektów. Uciążliwość komór zamkniętych odnotowano tylko w odniesieniu do 10,3% oczyszczalni średnich. Tlenowe komory zamknięte nie powodują emisji substancji złośliwych według pracowników oczyszczalni.²⁶

Źródłem odorantów w wielozbiornikowych oczyszczalniach przepływowych mogą być także urządzenia do recyrkulacji ścieków (tzw. recyrkulacji wewnętrznej), przewody lub kanały przepływowe oraz pompy podające ścieki z komór tlenowych do komór anoksycznych.

Z reaktorami biologicznymi o układzie przepływowym współpracują zawsze osadniki wtórne, w których ścieki oczyszczone są oddzielane od sedymentującego osadu czynnego oraz w których osad nadmierny jest zawracany do komór reaktora biologicznego w celu

²⁴ Szynkowska M. Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

²⁵ Szynkowska M. Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

²⁶ Dincer F. Muezzinoglu A., *Odor-causing volatile organic compounds in wastewater treatment plant units and sludge management areas*, Journal of Environmental Science and Health, 2008.

utrzymania w nim stałego stężenia biomasy. Ich uciążliwość zapachowa występuje w 20,2% oczyszczalni średnich i 18,9% dużych. Wyczuwalna emisja substancji złowonnych z osadników wtórnych zamkniętych występuje zaledwie w 5,7% oczyszczalni średnich, a w przypadku obiektów dużych nie jest obserwowana. Uciążliwość osadników wtórnych może występować tylko w przypadku oczyszczalni, w których proces oczyszczania ścieków przebiega niewłaściwie lub gdzie są niewłaściwie eksploatowane Ścieki oczyszczone (a takie dopływają do osadników wtórnych) nie powinny być źródłem emisji odorantów.

Urządzenia do recyrkulacji osadu (pompy, przewody lub kanały przepływowe) są eksploatowane w 82,9% oczyszczalni średnich i 100% obiektów dużych. Oczyszczalnie, których zawierają otwarte elementy systemu recyrkulacji osadu, stanowią odpowiednio 37,6% i 51,3% tych zbiorów. Bez względu na wielkość oczyszczalni ich uciążliwość zapachowa występuje w ok. 25% obiektów. Uciążliwość zamkniętych elementów systemu recyrkulacji osadu została stwierdzona w 13% obiektów średnich i 10,2% obiektów dużych.²⁷

2.1.1.4. Obróbka osadów

Obiekty wchodzące w skład gospodarki osadowej są dość dużym źródłem emisji odorów w oczyszczalni ścieków. Emisji substancji złowonnych jest przede wszystkim uzależniona od rodzaju przetwarzanego osadu oraz od charakteru emitora. Obiekty będące emitarami powierzchniowymi oraz obiekty, w których osady przefermentowane poddawane są obróbce są głównymi punktami systemu gospodarki osadami.

W części osadowej największe odory wywołuje:

- stacja zagęszczania osadu nadmiernego;
- stacja separacji tłuszczu i cząstek pływających;
- otwarte baseny fermentacji (OBF);
- stacja odwadniania osadów;
- suszarnia i spalarnia osadów ściekowych (ITPO);
- punkt zlewny nieczystości z wozów czyszczących kanalizację oraz komory naturalnego przystosowania osadu (KNPO)²⁸.

Stacja zagęszczania osadu jest pierwszym obiektem systemu przeróbki osadów, który generuje niektóre związki z grupy kwasów karboksylowych - lotne kwasy tłuszczowe (LKT) z osadu nadmiernego. Zagęszczanie może być:

- samoistne, w którym cząstki osadu sedymentują w wyniku działania siły grawitacji;
- flotacyjne, w którym cząstki osadu „wiązanę są czynnikiem flotującym (najczęściej powietrzem) i wynoszone na powierzchnię zagęszczacza;
- mechaniczne, w którym wodę wolną z osadu oddziela się w procesie filtracji lub wirowania.

²⁷ Szynkowska M. Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

²⁸ Brudniak A., Dębowski M., Zieliński M., Brudniak A., Niedźwiedzka K., *Identyfikacja i analiza przyczyn uciążliwości odorowej obiektów gospodarki ściekowej (ogs) miasta Olsztyna*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014

Proces zagęszczania polega na usunięciu wody wolnej z osadu. Woda wolna to jest woda, która oddziela się samorzutnie od osadu np. w czasie odstania czy odsączenia. Znaczącą uciążliwość odorową, powodowaną odgazowaniem i przefermentowaniem osadów, charakteryzuje się właśnie proces odwadniania.

Zagęszczacze grawitacyjne (samoistne) działają w 63,7% obiektów średnich wyposażonych w zagęszczacze osadu i w odpowiednio 90% dużych. Urządzenia otwarte występują w 64,4% obiektów średnich i 42,9% obiektów dużych. Ich uciążliwość zapachowa jest obserwowana w 33,5% oczyszczalni średnich i aż w 66,7% (10 na 15 obiektów) oczyszczalni dużych. Uciążliwość odorową zagęszczaczy grawitacyjnych zamkniętych wykazuje 19,3% obiektów średnich i 15% obiektów powyżej 100 000 RLM (3 na 20 obiektów). Zagęszczacze mechaniczne zostały zastosowane w ok. 46% zanalizowanego zbioru oczyszczalni średnich i 66,7% dużych. Urządzenia umieszczone poza pomieszczeniami zamkniętymi przeważają w oczyszczalniach średnich, stanowiąc 33,7% tego zbioru, i są obecne tylko w 19,2% oczyszczalni dużych (5 z 26 obiektów). Udział procentowy obiektów uciążliwych zapachowo stanowi 37,2% oczyszczalni średnich i 40% oczyszczalni dużych (2 z 5 obiektów). Uciążliwość odorową zagęszczaczy mechanicznych zlokalizowanych w budynkach odnotowuje się w 24,1% obiektów średnich i 19% obiektów powyżej 100 000 RLM (4 z 21 zakładów).²⁹

Stacja separacji tłuszczu i części pływających, także generuje lotne kwasy tłuszczowe (LKT). Powodem uciążliwości zapachowej tych obiektów jest zagęszczany grawitacyjnie, przefermentowany osad wstępny oraz cedzenie na sicie ślimakowym kożucha. Sposób postępowania z wydzielonymi częściami stałymi oraz tłuszczami jest identyczny jak w przypadku skratek, dzięki czemu ich uciążliwość zapachowa jest znikoma.

Instalacja Termicznego Przekształcania Osadów (ITPO) źródłem nieprzyjemnego zapachu jest transport osadów podajnikami ślimakowymi oraz proces suszenia, w którym substancje odorowe ulatniają się wraz z parą wodną. Wyczuwalny jest zapach amoniaku(pochodzący od mocznika) w bliskim sąsiedztwie ITPO, dzięki biofiltracji powietrza z hali spalarni. Proces spalania oraz składowanie popiołu, dzięki oczyszczaniu spalin, jest neutralny pod względem emisji odorantów.

Otwarte Baseny fermentacyjne i punkt zlewny nieczystości z wozów czyszczących kanalizację oraz komory naturalnego przystosowania osadu (KNPO)

Źródłami powierzchniowej emisji odorantów są OBF-y, KNPO oraz punkt zlewny nieczystości z wozów czyszczących kanalizację, do których odprowadzane są osady o różnym stopniu uwodnienia. Procesem odpowiedzialnym za emisję jest tu odgazowanie przefermentowanych osadów oraz dalej postępujący rozkład substancji organicznych. Dodatkowo emisję wtórną z tych obiektach powoduje manipulacja osadami podczas ich usuwania.³⁰

Obecność urządzeń do stabilizacji osadów w krajowych oczyszczalniach ścieków zarejestrowano tylko w 36,9% zankietowanych oczyszczalni średnich i 56,5% oczyszczalni dużych. W rzeczywistości w grupie oczyszczalni dużych udział oczyszczalni z pracującymi

²⁹ Szynkowska M. Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

³⁰ Brudniak A., Dębowski M., Zieliński M, Brudniak A., Niedźwiedzka K., *Identyfikacja i analiza przyczyn uciążliwości odorowej obiektów gospodarki ściekowej (ogś) miasta Olsztyna*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014

urządzeniami do stabilizacji osadu powinno się przyjąć na poziomie 100%, w grupie oczyszczalni średnich ten udział może być nieco mniejszy niż 100% (obecność obiektów o wielkości niewiele większej niż 400 RLM, w których stabilizacja może być prowadzona tylko z higienizacją). W oczyszczalniach urządzenia do stabilizacji obejmują wydzielone komory stabilizacji tlenowej i występują w 57,1% obiektów średnich i w 9,1% obiektów dużych, wydzielone komory fermentacyjne (WKF) - z podziałem na zamknięte komory fermentacyjne (ZKF) i otwarte baseny fermentacyjne (OBF) - w 41% obiektów średnich i w 90,9% obiektów dużych oraz w pojedynczych przypadkach kompostownie (14 obiektów średnich i 2 duże). Otwarte komory stabilizacji tlenowej występują w 63,9% zbioru oczyszczalni średnich i w 50% zbioru oczyszczalni dużych. W przypadku obiektów średnich uciążliwość zapachową wydzielonych komór stabilizacji tlenowej stwierdzono w 31,5% przypadków, przy czym dla komór otwartych udział ten wynosi 35,4%, dla komór zamkniętych zaś 22,3%. Wśród obiektów powyżej 100 000 RLM sumaryczną uciążliwość zapachową analizowanych urządzeń obserwuje się w 50% oczyszczalni, przy czym w rzeczywistości dotyczy ona tylko komór otwartych, stanowiących 50% całego zbioru. Uciążliwość OBF stwierdzono w 50% obiektów zarówno średnich, jak i dużych. Uciążliwość ZKF wykazano zaledwie w 12,6% przypadków stosowania tych urządzeń w obiektach średnich oraz nie odnotowano emisji odorantów z analizowanych urządzeń w żadnej z badanych oczyszczalni powyżej 100 000 RLM. W 16 przypadkach zastosowania procesu kompostowania do stabilizacji osadów (14 kompostowni w obiektach średnich, w tym 4 hermetyzowane, i tylko 2 w obiektach dużych, w tym 1 hermetyzowana) uciążliwość zapachową kompostowni stwierdzono w przypadku oczyszczalni średnich w 4 z 10 instalacji otwartych (40% zbioru) i w 1 z 4 instalacji zamkniętych (25% zbioru) oraz w obydwu oczyszczalniach powyżej 100 000 RLM, na terenie których kompostownia jest eksploatowana (100%).

W wielu oczyszczalniach ścieków ostatnim etapem przeróbki osadów jest ich odwadnianie mechaniczne. Polega ono na obniżeniu zawartości wody w osadach w takim stopniu, aby uwodnienie końcowe mieściło się w granicach 50-88%³¹ – z osadu usuwana jest woda kapilarna. W procesie odwadniania następuje rozdział osadu na suchy placek i czysty pozbawiony zawiesin odciek. W efekcie osiąga się zmniejszenie objętości osadu. Zalecane uwodnienie osadu wywożonego na składowisko osadu, zgodnie z niemieckimi normatywami, powinno wynosić 60-65%, czyli 35-40% s.m.³². Wyróżnia się odwadnianie naturalne (poletka, laguny) i mechaniczne (wirówki, prasy). Odwadnianie mechaniczne jest bardziej efektywne i coraz powszechniej stosowane, szczególnie w przypadku średnich i dużych oczyszczalni ścieków. Uciążliwość zapachową związaną z mechanicznym odwadnianiem osadu odnotowano w 49,4% oczyszczalni średnich i w 61,5% obiektów powyżej 100 000 RLM. Uciążliwość poletek występuje w 68,9% oczyszczalni średnich i w 3 z 4 obiektów dużych (75%). Emisja odorantów z lagun osadowych jest problemem w 50% obiektów średnich we wszystkich obiektach dużych (100%).³³

Czasowe składowanie osadów lub wykorzystanie rolnicze wymaga ich wcześniejszego sanitarnego unieszkodliwienia. Do higienizacji osadów, której celem jest zniszczenie bakterii oraz pasożytów chorobotwórczych, wykorzystuje się wapno palone - CaO

³¹ Bień J.B. *Osady ściekowe. Teoria i praktyka*. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.

³² Oleszkiewicz J. *Gospodarka osadami ściekowymi. Poradnik decydenta*. Kraków 1998.

³³ Szynkowska M. Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

(wpływ temperatury) lub wapna gaszonego – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (wpływ pH). Głównie w wyniku wydzielania się amoniaku oba zastosowania generują nieprzyjemne zapachy. W oczyszczalniach średnich prowadzących higienizację osadu z wykorzystaniem wapna palonego udział obiektów z instalacją otwartą wynosi 35,1%, a uciążliwość zapachową stwierdzono w 35,3% tego zbioru. Uciążliwość obiektów zamkniętych wynosi 20,7%. Uciążliwość odorowa instalacji z CaO w zbiorze oczyszczalni średnich (eksploatujących wszystkie tego typu urządzenia) występuje w 25,5% obiektów. Wśród 29 zakładów oczyszczania ścieków, stosujących do higienizacji osadu wapno gaszone, instalację otwartą wykorzystuje 14 obiektów (48,3%). Jej uciążliwość obserwuje się w 5 obiektach (średnio 35,7%). Uciążliwość zamkniętych instalacji odnotowano w 2 obiektach (średnio 13,3%). Uciążliwość odorowa instalacji z $\text{Ca}(\text{OH})_2$ w zbiorze oczyszczalni średnich eksploatujących wszystkie tego typu urządzenia występuje w 24,1% zakładów. W oczyszczalniach ścieków powyżej 100 000 RLM higienizację stosuje się w 10 z 39 zankietowanych obiektów (25,6%). Przeważają instalacje z wykorzystaniem CaO (8 obiektów), z których połowa ma charakter otwarty. Ich uciążliwość stwierdzono tylko w 1 takim obiekcie (25%), nie odnotowano natomiast uciążliwości odorowej obiektów zamkniętych. Tylko w 2 obiektach dużych, wykorzystujących do higienizacji osadu wapno gaszone, instalacje mają charakter zamknięty i nie emitują amoniaku³⁴.

2.1.2. Procesy przetwarzania i składowania odpadów

Krajowe ramy gospodarowania odpadami określa Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.) System gospodarki odpadami komunalnymi funkcjonuje w oparciu o wydzielone w zasięgu granic administracyjnych województwa, a ujęte w wojewódzkich planach gospodarki odpadami, regiony gospodarki odpadami komunalnymi. W odniesieniu do ustawy region definiowany jest, jako obszar liczący co najmniej 150 000 mieszkańców. Odpady z wyznaczonych regionów kierowane są do regionalnych instalacji przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK) rozumianym w myśl zapisów ustawy jako zakład zagospodarowania odpadów, który spełnia wymagania najlepszej dostępnej techniki (BAT) o mocach przerobowych adekwatnych do poziomu przetworzenia odpadów z obszaru zamieszkałego przez 120 000 mieszkańców. W ramach przyjętego systemu wśród głównych możliwości postępowania z odpadami gospodarowania odpadami wyróżnia się poddawanie strumienia odpadów mechaniczno-biologicznemu przetwarzaniu oraz termicznemu przekształcaniu. Zagospodarowując odpady, należy kierować się hierarchią sposobów postępowania z odpadami, tj. w pierwszej kolejności zapobiegać ich powstawaniu, następnie przygotować do ponownego użycia. Kolejne ogniwo stanowi recykling oraz inne procesy odzysku, zaś ostatnim elementem hierarchii jest unieszkodliwianie.^{35,36}

Zgodnie z ustawą odpady komunalne definiowane są, jako odpady powstające w gospodarstwach domowych poza pojazdami wycofanymi z eksploatacji oraz odpady, które nie zawierają odpadów niebezpiecznych, pochodzące od innych wytwórców odpadów,

³⁴ Szykowska M. Zwoździak *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szykowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

³⁵ Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.).

³⁶ Kardasz P., Doskocz J., *Innowacje w Polskiej Nauce – przegląd aktualnej tematyki badawczej*, Wydawnictwo Naukowe Sophia, Katowice 2016.

będące ze względu na swój charakter lub skład podobnymi do odpadów wytwarzanych w gospodarstwach domowych. Odpady komunalne wykazują zróżnicowane właściwości fizyczno-chemiczne oraz charakteryzują się licznymi niekorzystnymi cechami, tj.:

- zmiennością ilościowo-jakościową w odniesieniu do jednostki czasu;
- niestabilnością związaną z dużą podatnością na zagniwanie zawartej w odpadach frakcji organicznej, co związane jest z emisją substancji uciążliwych zapachowo na etapie powstawania, magazynowania lub unieszkodliwiania odpadów. Badania wskazują, iż zawartość substancji organicznej w odpadach komunalnych wytwarzanych w Polsce kształtuje się na poziomie 40-50%. Frakcja biodegradowalna ulega przemianom biochemicznym, negatywnie tym samym oddziałując na środowisko poprzez produkty rozkładu, m.in. amoniak, siarkowodor.
- obecnością odpadów niebezpiecznych, np. leków, które utraciły datę ważności oraz zanieczyszczeń niebezpiecznymi substancjami organicznymi i nieorganicznymi oraz stanowią źródło zagrożeń sanitarno-epidemiologicznych^{37,38,39}.

Funkcjonowanie instalacji do odzysku oraz unieszkodliwiania odpadów związane jest z występowaniem odorantów. Ocena możliwości wystąpienia odorów oraz ograniczenia oddziaływania uciążliwości zapachowej w odniesieniu do poszczególnych sektorów gospodarki możliwe są poprzez identyfikację źródeł odorantów.^{40,41}

Obiekty gospodarki odpadami komunalnymi stanowią istotne, potencjalne źródło emisji substancji złośliwych. Według danych literaturowych, wśród grup obiektów, będących źródłem odorantów wyróżnia się:

- zakłady mechaniczno - biologicznego przetwarzania odpadów;
- składowiska odpadów;
- zakłady termicznego przekształcania odpadów;
- zakłady segregacji odpadów.

W celu nakreślenia skali problemu poniżej wyszczególniono obiekty w ramach sektora gospodarki komunalnej, które są potencjalnymi źródłami odorów wg danych z projektu badawczego zamawianego nr PBZ MEiN 5/2/2006 (Zwoździak) oraz aktualnych danych GUS. Obiekty gospodarki odpadami komunalnymi wg stanu na 31.12.2009 r., KPGO 2014:

- sortownie odpadów komunalnych: 173;
- kompostownie odpadów zielonych i innych ulegających biodegradacji: 90;
- zakłady mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych: 11;
- zakłady fermentacji odpadów komunalnych: 3;
- spalarnie odpadów komunalnych: 1;

³⁷Lipińska D., *Gospodarka odpadowa i wodno-ściekowa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2016.

³⁸Dulewska-Rosik Cz., *Podstawy gospodarki odpadami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.

³⁹Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.).

⁴⁰Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

⁴¹Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.

- składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (z wyłączeniem składowisk zamkniętych): 520.

Przyczyną uciążliwości zapachowej odorów jest obecność w nich wonnych związków organicznych. Związane jest to z aktywnością mikroorganizmów obecnych w odpadach, które uczestniczą w obiegu związków węgla, azotu oraz siarki. Zachodzące przemiany w łańcuchu reakcji mogą prowadzić do wydzielania się substancji zapachowych. Emitowanymi substancjami zapachowoczynnymi, wywołującymi uciążliwość zapachową, charakterystycznymi dla sektora gospodarki komunalnej są: amoniak, siarkowodór, tiole (merkaptany), sulfidy, aminy alifatyczne i aromatyczne (np. indol), aldehydy, ketony oraz niektóre związki z grupy kwasów karboksylowych (kwasy tłuszczowe)^{42,43}.

Składowiska odpadów komunalnych oraz kompostownie stanowią źródło biogazu, w skład którego wchodzi także odoranty. Podczas produkcji biogazu, na poszczególnych jego etapach wydzielają się substancje zapachowe, np. na etapie acetogenezy powstają krótkołańcuchowe złowne kwasy karboksylowe (organiczne) (C₁-C₆), alkohole oraz aldehydy. Odory charakteryzujące się najbardziej uciążliwym zapachem powstają w fazie trzeciej – beztlenowej, będąc produktami rozkładu aminokwasów⁴⁴.

Instalacje do przetwarzania odpadów indukują powierzchnią emisję związków uciążliwych zapachowo. Substancje złowne, stwarzające uciążliwość na obiektach gospodarki komunalnej przyjmują charakter pierwotny (obecne w dostarczonym odpadzie) oraz wtórny (emitowane na wskutek procesów zachodzących podczas unieszkodliwiania)⁴⁵.

Ponadto, według danych literaturowych w składzie emitowanych odorantów obiektów gospodarki komunalnej można wyróżnić: amoniak i jego pochodne (np. lotne amony, pirazyna), siarkowodór, tiole (merkaptany, np. merkaptan metylowy), sulfidy, disiarczki węgla, aminy alifatyczne i aromatyczne (np. indol), niektóre kwasy karboksylowe (lotne kwasy tłuszczowe), aldehydy, ketony, fenole oraz inne węglowodory^{46,47}.

2.1.2.1. Zakłady mechaniczno - biologicznego przetwarzania odpadów (MBP)

Gospodarka komunalna jest źródłem strumienia odpadów biodegradowalnych. Ilość wytworzonych oraz zebranych odpadów komunalnych ogółem w odniesieniu do 2014 r.

⁴² Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

⁴³ Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.

⁴⁴ Szynkowska M. I., Wojciechowska E., Węglińska, A., Paryjczak, T., *Odory. Aktualny problem w ochronie środowiska*, Przemysł Chemiczny, 88(6), 712-720, 2009

⁴⁵ Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.

⁴⁶ Lelicińska-Serafin K., Kulig A., *Uciążliwość zapachowa zakładów gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce-część I. Badania pilotażowe*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, (11), 512-514, 2012.

⁴⁷ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

wynosiła 10,3 mln Mg, tj. 268 kg/mieszkańca, zaś około 1,2 mln Mg odpadów poddano biologicznym procesom przetwarzania (kompostowanie, fermentacja)^{48,49}.

Mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów polega na mechanicznej obróbce odpadów komunalnych z wydzieleniem frakcji ulegającej biodegradacji oraz frakcji poddawanej odzyskowi surowcowemu, a także energetycznemu. Celem procesu jest rozkład związków organicznych zawartych w odpadach komunalnych, przygotowanie do obróbki termicznej, jak i zmniejszenie zawartości wody⁵⁰.

System gospodarki odpadami komunalnymi w zakresie biologicznego odzysku mas odpadów komunalnych wyróżnia instalacje do mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych, niesegregowanych u źródła odpadów komunalnych oraz kompostownie odpadów zielonych (bioodpadów)^{51,52}.

Zgodnie z badaniami potencjalnych źródeł odorantów w gospodarce komunalnej, prowadzonymi przez Zwoździak [2010], odnosząc się do opracowania *Współczesna problematyka odorów*, liczba zinwentaryzowanych obiektów biologicznego przetwarzania mas odpadów komunalnych w Polsce wynosi 87, zaś zbadanych – 29. Wśród 29 przebadanych obiektów, 19 z nich stanowiły instalacje przetwarzające zebrany selektywnie wsad ulegający biodegradacji (kompostowanie, recykling organiczny) oraz pozostałe 10 obiektów to zakłady mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (MBP), do których przyjmowane są odpady biodegradowalne, lecz w niesegregowanym strumieniu odpadów komunalnych. Ponadto wyniki wskazują, iż w jednym zakładzie odzysk biologiczny prowadzony jest przy zastosowaniu procesów tlenowo-beztlenowych. W pozostałych zakładach biologiczne przetwarzanie strumienia odpadów komunalnych odbywa się przy zastosowaniu technologii opartej na procesach tlenowych. Przeprowadzona ocena uciążliwości zapachowej wskazuje na obecność związków złowonnych. Za podstawowe źródło uciążliwości zapachowej uznano zakłady biologicznego przetwarzania odpadów⁵³.

Głównym celem mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (MBP) jest odzysk energetyczny i surowcowy frakcji nadsitowej zachodzący w drodze mechanicznego sortowania odpadów (mechaniczne przetwarzanie odpadów) oraz przekształcenie biologiczne frakcji podsitowej - stabilizacja aerobowa odpadów ulegających biodegradacji (biologiczne przetwarzanie odpadów)^{54,55,56}.

⁴⁸Bochenek D. i in., *Ochrona Środowiska*, Informacje i opracowania statystyczne, GUS, Warszawa 2015.

⁴⁹Adamczyk I. i in., *Infrastruktura Komunalna w 2014 r.*, Informacje i opracowania statystyczne, GUS, Warszawa 2015.

⁵⁰Lipińska D., *Gospodarka odpadowa i wodno-ściekowa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2016

⁵¹Dokument referencyjny nt. najlepszych dostępnych technik: Przemysł Przetwarzania Odpadów, 2006.

⁵²Dulewska-Rosik Cz., *Podstawy gospodarki odpadami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015

⁵³Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

⁵⁴Nolepa A., *Teoretyczne podstawy mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów*, Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, nr 18, rok VII, Warszawa-Opole 2014.

⁵⁵Gąsior D., Ślęzak E., Szewczyk A., *Wpływ stopnia stabilizacji zmieszanych odpadów komunalnych na wybrane parametry fizykochemiczne*, Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, nr 16, rok VII, Warszawa-Opole 2014.

⁵⁶Dokument referencyjny nt. najlepszych dostępnych technik: Przemysł Przetwarzania Odpadów, 2006.

2.1.2.2. Mechaniczne przetwarzanie odpadów

Technologia mechanicznego przetwarzania materiału wejściowego zakładów gospodarki komunalnej obejmuje następujące operacje:

- rozdrabnianie przy użyciu rozdrabniarek szczękowych (np. odpady wielkogabarytowe, budowlane), walcowych, młotkowych, udarowych, ogrodowych, uniwersalnych, komunalnych czy rębarek, prowadzące do wzrostu powierzchni właściwej odpadów poddawanych tej operacji;
- przesiewanie prowadzące do wydzielenia ze zmieszanych odpadów frakcji nadsitowej oraz podsitowej. Operacja prowadzona jest w urządzeniach zwanych sitami o określonych rozmiarach oczek, które optymalizują wielkość wsadu do dalszych procesów przeróbki,
- sortowanie polegające na podziale, ekstrakcji odpadów według gatunku, pozwalające na poddanie wyselekcjonowanego wsadu kolejnym w zależności od rodzaju odpadu procesom odzysku w celu uzyskania produktu końcowego wysokiej jakości. Sortowanie odbywa się w systemie mechanicznym, wykorzystując do tego separatory oraz przy użyciu czynnika ludzkiego – ręczne;
- mieszanie przy zastosowaniu mieszarek, polegające na ujednoliceniu wsadu. Czynność ta prowadzona jest m.in. przed biologiczną stabilizacją masy biodegradowalnej, wydzielonej ze zmieszanych odpadów komunalnych oraz w trakcie stabilizacji w bioreaktorach,
- zagęszczanie oparte na operacjach prasowania, brykietowania, belowania oraz granulowania;
- transport przenośnikowy odpadów pomiędzy urządzeniami z wykorzystaniem przenośników taśmowych, ślimakowych, stalowych oraz kubełkowych.^{57,58}

Emisje, które pochodzą z zakładów biologicznego przetwarzania odpadów ściśle zależą od charakteru materiału wsadowego, w tym zawartości składników lotnych oraz ilości i rodzaju odpadów poddawanych obróbce. Zmieszane odpady komunalne przetwarzane w zakładach MBP stanowią potencjalne źródło szerokiego spektrum emisji. Wśród składników gazów emitowanych z MBP można wyróżnić: fluoroalkany i halogenoalkany, amoniak, tlenek azotu (I) N_2O , metan, rtęć oraz inne związki. Częściowo podczas mechanicznego przetwarzania, lecz głównie podczas biologicznego przekształcania odpadów wytwarzane są gazy spalinowe, które mogą zawierać: propanon (aceton), etanal (acetaldehyd), etanol, metanol, butanol i inne związki krótkołańcuchowe, rozpuszczalniki (benzen, toluen, ksylen), terpeny aromatyczne (np. limonen, alfa- oraz beta-pinen) oraz węglowodory olejów mineralnych. Dla instalacji MBP charakterystyczne są przede wszystkim emisje amoniaku. Stężenie amoniaku w surowym gazie obiektów MBP kształtuje się na poziomie 10-560 mg/Nm³, gdzie podczas wstępnej biodegradacji jego ładunek może osiągnąć 1000 mg/Nm³. Emisje odorów mogą

⁵⁷Lelicińska-Serafin K., Manczarski P., *Procesy mechanicznego przetwarzania odpadów*, Przegląd Komunalny, nr 1, 2016.

⁵⁸Dokument referencyjny nt. najlepszych dostępnych technik: Przemysł Przetwarzania Odpadów, 2006.

powstawać także w wyniku magazynowania odpadów czy też transportu lub nagromadzenia mas, zawierających lotne związki organiczne oraz pozostałe substancje złownonne.⁵⁹

2.1.2.3. Biologiczne przetwarzanie odpadów

Odpady organiczne, bioodpady zebrane selektywne u źródła poddawane są tlenowej, biologicznej degradacji w wyniku, której otrzymywany jest stabilny sanitarnie, zasobny w substancje biogenne kompost, wykorzystywany jako m.in. środek poprawiający właściwości gleb. W systemie gospodarki odpadami, biologicznemu przekształceniu – stabilizacji tlenowej poddawana jest także biodegradowalna frakcja odpadów komunalnych. W wyniku tego procesu powstaje stabilizat – kompost nieodpowiadający wymaganiom, nienadający się do wykorzystania.^{60,61}

W wyniku reakcji biochemicznych zachodzących podczas biologicznego przetwarzania masy organicznej (kompostowania) uwalniane są substancje aktywne zapachowe, wywołujące uciążliwość zapachową. Według literatury przedmiotu, stężenie odorów w gazie wydzielającym się w trakcie kompostowania często przekracza 180,000 ou/m³. Podstawowym, uciążliwym oraz nieprzyjemnym związkiem złownonym identyfikowanym w zanieczyszczonym powietrzu zakładów komunalnych jest amoniak (NH₃). Poziom emisji amoniaku uwalnianego w wyniku biochemicznego rozkładu materiału organicznego oscyluje w granicach od 18 do 150 g NH₃/Mg odpadów. W momencie, gdy temperatura procesu osiąga poziom powyżej 45°C, następuje wówczas uwalnianie amoniaku. Najwyższe stężenie tego związku identyfikowane jest w pierwszych 2-3 tygodniach obróbki biologicznej. W trakcie kompostowania wydzielane są również związki odorowe takie, jak: siarkowodór (H₂S), niektóre związki z grupy kwasów karboksylowych (lotne kwasy tłuszczowe), aminy, terpeny, sulfidy (siarczki organiczne) i siarczki nieorganiczne, inne węglowodory aromatyczne i alifatyczne. Przy dużej zawartości w kompostowanej masie celulozy oraz pektyn wydzielają się także niektóre ketony. Skład oraz ilość uwalnianych na poszczególnych etapach procesu przetwarzania gazów uwarunkowany jest przyjętą technologią kompostowania oraz składem materiału wejściowego. Odoranty powstają na każdym etapie technologicznym prowadzącym do kompostowania, tj. od operacji wejścia strumienia odpadów do układu, aż po obróbkę biologiczną prowadzącą do wytworzenia kompostu (transport, składowanie, sortowanie, homogenizacja i strukturyzacja, kompostowanie, dojrzewanie, konfekcjonowanie). Ponadto emisja poszczególnych grup związków złownonych determinowana jest przemianami zachodzącymi w obrębie 4 faz aerobowej biodegradacji mas odpadów: mezofilnej (kompostowanie wstępne), termofilnej (intensywne kompostowanie), ochładzania i przebudowy, zwanej kompostowaniem właściwym oraz dojrzewania (kompostowanie wtórne). W trakcie tych procesów uwalniane są związki zawarte w materiale wejściowym, m.in.: wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB), polichlorowane dibenzodioksyny i dibenzofurany (PCDD/PCDF), chlorofenole, metale

⁵⁹Dokument referencyjny nt. najlepszych dostępnych technik: Przemysł Przetwarzania Odpadów, 2006.

⁶⁰Kwarciak-Kozłowska A., Bańka, B., *Biofiltracja jako metoda unieszkodliwiania odorów powstających podczas kompostowania frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych i przemysłowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t. 17, nr 4, 2014.

⁶¹Nolepa A., *Teoretyczne podstawy mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów*, Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, nr 18, rok VII, Warszawa-Opole 2014.

ciężkie. Ilość oraz skład emitowanych substancji zapachowoczynnych ulega zmianie na wskutek osiągania przez strumień wejściowy odpadów parametrów fazy następnej. Podczas przejścia z jednej fazy do drugiej następuje także istotna zmiana aparatu mikrobiologicznego, który jest odpowiedzialny za rozkład biomasy. Wielkość emisji zależy od przyjętej technologii procesu (stopień hermetyzacji, automatyzacji) oraz od właściwości fizyko-chemicznych poddawanego obróbce biologicznej materiału. Kluczowym czynnikiem wpływającym na odorogenność kompostowania jest temperatura procesu. Jednym z dwóch charakterystycznych związków, determinującym zapach podczas kompostowania w wysokim zakresie temperatur jest HDMF (4,5-dimetylo-3-hydroksy-2(5H)-furanon). Kompostowanie w pryzmach bez napowietrzania stanowi źródło dużej uciążliwości zapachowej, ponieważ wytworzone gazy uwalniane są bezpośrednio do atmosfery. Wykorzystując inną technologię kompostowania, np. pryzmowe z napowietrzaniem czy też w reaktorach, wielkość emisji odorów ulega zmniejszeniu, ponieważ instalacje te wyposażone są w urządzenia do ujmowania gazów odlotowych^{62,63,64,65}.

Uwzględniając źródło pochodzenia, klasyfikację związków aktywnych zapachowo, które powstają oraz emitowane są na wskutek przemian biochemicznych masy organicznej przedstawia Rysunek 1^{66,67}.

⁶²Wieczorek A., *Wpływ emisji lotnych związków organicznych na zapach gazów odlotowych z kompostowni odpadów*, Ochrona Środowiska, 1 (68), 1998.

⁶³Wieczorek A., *Źródła i oddziaływanie odorantów emitowanych z kompostowni odpadów*, Przegląd komunalny, nr 11, 104-107, 2005.

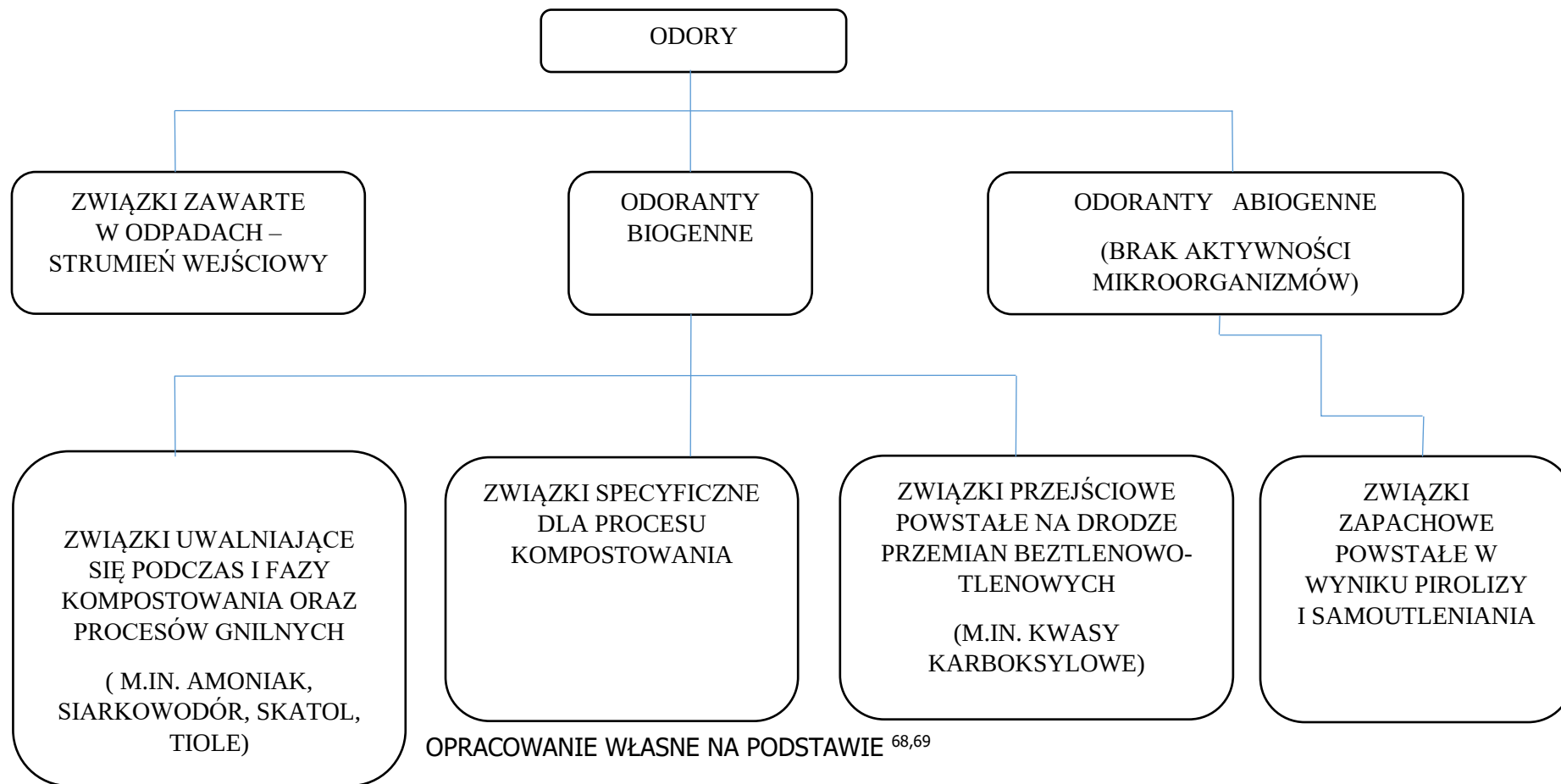
⁶⁴Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

⁶⁵Kwarciak-Kozłowska A., Bańka, B., *Biofiltracja jako metoda unieszkodliwiania odorów powstających podczas kompostowania frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych i przemysłowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t. 17, nr 4, 2014.

⁶⁶Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.

⁶⁷Kwarciak-Kozłowska A., Bańka, B., *Biofiltracja jako metoda unieszkodliwiania odorów powstających podczas kompostowania frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych i przemysłowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t. 17, nr 4, 2014.

Rysunek 1 Klasyfikacja związków aktywnych zapachowo ze względu na źródło pochodzenia



⁶⁸ Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.

⁶⁹ Kwarciać-Kozłowska A., Bańka, B., *Biofiltracja jako metoda unieszkodliwiania odorów powstających podczas kompostowania frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych i przemysłowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t. 17, nr 4, 2014.

Według danych prezentowanych przez Zwoździak [2010] w fazie wstępnego kompostowania (mezofilnej) wydzielają się głównie niektóre węglowodory aromatyczne i alifatyczne. Faza termofilna charakteryzuje się pojawieniem głównie amoniaku, amin oraz niektórych kwasów karboksylowych (kwasów tłuszczowych). W pozostałych zaś fazach powstają alkohole, aldehydy, ketony, furany i terpeny.⁷⁰

Wieczorek [2005] pod względem emisji związków lotnych wyróżnia fazę kwaśną, termofilną oraz ochładzania tlenowego przetwarzania odpadów. Wśród emitowanych podczas kompostowania substancji zapachowych wyróżnia: alkohole, fenole, kwasy karboksylowe, estry, etery, ketony, terpeny, sulfidy, aminy i niektóre węglowodory alifatyczne i aromatyczne oraz ich chlorowcopochodne. Dotychczas przeprowadzone badania wskazują na obecność w gazach odlotowych znacznej liczby substancji. Autorzy prac podają o zidentyfikowaniu około 500 substancji, w tym o około 100 związków aktywnych zapachowo, które wytwarzane są podczas biologicznej obróbki odpadów. Wieczorek [2005] w swojej pracy przedstawia listę niektórych związków chemicznych identyfikowanych podczas kompostowania. Powołuje się na związki określone przez Komilisa, Krzymienia, Kurodę, Smeta, Yuwono oraz ich współpracowników. Rodzaj emitowanej substancji oraz wielkość emisji zależy od rodzaju wsadu, technologii kompostowania jak i parametrów zachodzącego procesu. Wieczorek [1998] omawia także pracę, w której przedstawiono składniki gazów odlotowych pochodzącym z kompostowni, określając 32 substancje. Wyszczególniono następujące grupy związków, będące reprezentatywnymi dla emitowanego zapachu:

- kwasy karboksylowe (kwasy tłuszczowe): propanowy(propionowy), butanowy(masłowy), pentanowy(walerianowy);
- aldehydy i ketony: 3-hydroksy-2-butanon (acetoina), butanodion (diacetyl), 2-butenal (aldehyd krotonowy), pentanal (aldehyd walerianowy) oraz butanal(aldehyd masłowy), propanon(aceton);
- alkohole: n-pentanol (alkohol amyłowy);
- związki azotu (pirydyna) oraz siarki: metanotiol (merkaptan metylowy), butanotiol, sulfid dietylowy oraz nieorganiczne: amoniak, siarkowodór.

Wieczorek [1998] w celu nakreślenia skali problemu, jakim są odory powstające w trakcie biologicznego przetwarzania odpadów zakładów gospodarki komunalnej oraz związane z tym uciążliwości zapachowe podaje wyniki badań emisji gazów uwalnianych podczas kompostowania na terenie zakładów recyklingu w Dusslingen. Do badań wykorzystano chromatografię gazową oraz olfaktometrię. W tabeli 8 wyszczególniono substancje (81), których obecność zaobserwowano w gazach odlotowych uwalnianych z zakładów w Dusslingen. Na przykładzie zbadanego, przeanalizowanego jednego strumienia gazów odlotowych stwierdzono obecność 27 związków zapachowoczynnych, zaś zidentyfikowano 7, tj. butanodion (diacetyl), 3-hydroksy-2-butanon (acetoinę), aldehyd benzoesowy (benzaldehyd), trisulfid dimetylowy, mircen, limonen oraz eukaliptol. W wyniku 50-krotnego rozcieńczenia próbki zarejestrowano obecność butanodionu (diacetylu), limonenu

⁷⁰ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

i substancji nieznanej. W wyniku zmiany operacji procesu przetwarzania (do układu włączono materiał strukturyzujący) otrzymano inny skład odgazów. Wystąpił zidentyfikowany uprzednio w warunkach optymalnych mircen, limonen, trisulfid dimetylowy oraz 2-metyloizoborneol (wcześniej substancja nieznana) oraz pojawiły się nowe odoranty: kwas 3-metylobutanowy (izowalerianowy), 1-okten-3-ol, 2-hydroksybenzaldehyd (aldehyd salicylowy), 2-nonanon, 2-izopropyl-3-metoksypirazyna, 2-fenyletanol, o-metyloacetofenon, 2-izobutyl-3-metoksypirazyna i trichloroanizol. W gazach odlotowych kompostowni stwierdzono uwalnianie się 31 substancji złownonych, w tym dla 26 określono zakresy stężeń występowania w odgazach. Wartość ta stanowi ponad 1/3 liczby związków zaobserwowanych w gazach odlotowych powstających podczas kompostowania mas organicznych na terenie obiektu badawczego - zakłady w Dusslingen^{71,72}.

2.1.2.4. Składowiska odpadów

Zgodnie z Ustawą o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. składowisko odpadów definiowane jest jako obiekt budowlany o przeznaczeniu do składowania odpadów. Ponadto ustawodawca określa, iż masy odpadów przed operacją zdeponowania na składowisku należy poddać procesom przekształcania fizycznego, chemicznego, termicznego, biologicznego, włącznie z segregacją. Działania te służą istotnemu ograniczeniu zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi oraz dla środowiska jak i ograniczeniu strumienia masy czy też objętości składowanych odpadów. Zgodnie z obowiązującym podziałem, wyróżnia się:

- składowiska odpadów niebezpiecznych;
- składowiska odpadów obojętnych;
- składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne.

Pozostałości po przetwarzaniu odpadów w zakładach zagospodarowania odpadów (regionalne instalacje przetwarzania odpadów komunalnych) o właściwościach determinujących brak możliwości dalszego przetwarzania, mogą być deponowane na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne^{73,74}.

Rozwijająca się gospodarka kraju generuje wzrost ilości wytwarzanych odpadów komunalnych. Czynnikiem ten w odniesieniu do przyjętej regulacjami unijnymi oraz przepisami prawa krajowego, tj. Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 roku w sprawie odpadów oraz uchylającą niektóre dyrektywy i Ustawą z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.) hierarchii sposobów postępowania z odpadami, znacznie ogranicza możliwości skutecznego zapobiegania powstawaniu odpadów. Powstające odpady są istotnym zagrożeniem dla środowiska,

w wyniku czego coraz większy strumień masy odpadów poddawany jest procesom odzysku (recykling, kompostowanie), minimalizując tym samym masę odpadów unieszkodliwianych poprzez składowanie. Krajowy system gospodarki odpadami komunalnymi stanowić ma

⁷¹Wieczorek A., *Wpływ emisji lotnych związków organicznych na zapach gazów odlotowych z kompostowni odpadów*, Ochrona Środowiska, 1 (68), 1998.

⁷²Wieczorek A., *Źródła i oddziaływanie odorantów emitowanych z kompostowni odpadów*, Przegląd komunalny, nr 11, 104-107, 2005.

⁷³Kaczmarek T., *Składowanie odpadów*, Przegląd Komunalny, nr 9, 2016.

⁷⁴Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.).

narzędzie efektywnego zarządzania gospodarką odpadami zgodnie z przyjętymi zasadami zrównoważonego rozwoju^{75, 76,77}.

Składowanie odpadów komunalnych uległo w ostatnich latach znacznemu ograniczeniu. Zapisy projektu dyrektywy w sprawie składowania odpadów z dnia 2 grudnia 2015 r. wskazują na zmniejszenie składowania strumienia masy odpadów komunalnych do poziomu maksymalnie 10 % ilości odpadów wytworzonych w 2030 r. Nie mniej jednak powyższe założenia są trudne do zrealizowania, ponieważ w Polskim systemie gospodarki odpadami, dominującą technologią odzysku odpadów są instalacje do mechaniczno-biologicznego przetwarzania. Pozostałością po procesie są masy odpadów przeznaczone do składowania.⁷⁸

Uciążliwość zapachowa generowana jest na każdym etapie systemu funkcjonowania gospodarki odpadami. Źródło istotnej uciążliwości zapachowej w systemie stanowią instalacje przetwarzające odpady zawierające związki organiczne, ulegające biodegradacji oraz składowiska odpadów komunalnych. Czynniki takie, jak: temperatura, czas, opad deszczu towarzyszące podczas zbierania, transportu, a także przeładunku masy odpadów są przyczyną rozkładu materii organicznej zawartej w odpadach przed zdeponowaniem mas na składowisku odpadów. Wielkość i ilość emitowanych zanieczyszczeń, w tym odorów, dyspersja jak również wytwarzanie zależne są od charakterystyki morfologicznej materiału organicznego ulegającego biodegradacji, stopnia wilgotności odpadów, bryły i typu składowiska, warunków meteorologicznych, przebiegu poszczególnych operacji przetwarzania, składowania i przykrywania mas odpadów, a także przyjętego sposobu rekultywacji. Wśród głównych źródeł odorów pochodzących ze składowisk odpadów wyróżnia się: biogaz, system pasywnego odgazowania, transport i przyjęcie odpadów, odbiór oraz gromadzenie odcieków w zbiorniku na odcieki, operacje dotyczące umieszczania odpadów na kwaterze składowiska oraz ich zagęszczanie, skarpy i wierzchowina omawianego obiektu posiadające wierzchnie warstwy nieprzykrytych odpadów, zagłębione partie składowisk, gdzie brak jest uszczelnienia lub zostało ono przerwane, operacyjne, odkryte miejsca deponowania świeżej masy odpadów.^{79,80,81}

Składowisko odpadów komunalnych stanowi rodzaj swoistego bioreaktora, w którym podczas procesów fizycznych, chemicznych oraz biologicznych następuje rozkład złożonych odpadów. Masy organiczne rozkładane są w wyniku aktywności mikroorganizmów tlenowych oraz beztlenowych.

⁷⁵ Kardasz P., Daskoczek J., *Innowacje w Polskiej Nauce – przegląd aktualnej tematyki badawczej*, Wydawnictwo Naukowe Sophia, Katowice 2016.

⁷⁶ Lipińska D., *Gospodarka odpadowa i wodno-ściekowa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2016.

⁷⁷ Małyśka P., *Analiza ilościowa strumieni odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce oraz prawne i rynkowe możliwości ich utylizacji w spalarniach – perspektywa 2020*, Rynek Energii czerwiec 2016.

⁷⁸ Den Boer E., *Podstawy technologiczne gospodarki odpadami komunalnymi. Cz. I, Przegląd komunalny*, nr 9, 2016.

⁷⁹ Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszynski B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.

⁸⁰ Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, projekt, Departament Ochrony Powietrza i Klimatu, Warszawa 2016

⁸¹ McKendry P., Looney J. H., McKenzie A., (2002): Managing odour risk at landfill sites: main report. Millennium Science & Engineering Ltd and Viridis, United Kingdom. Mitiani, Y., Shoji, Y., Kuriyama, K., (2008), 'Estimating Economic Values of Vegetation Restoration with Choice Experiments: A Case Study of An Endangered Species in Lake Kasumigaura, Japan', *Landscape Ecol Eng*, 4, 103-113.

Uciążliwość zapachowa składowisk odpadów związana jest z wytwarzaniem podczas procesów rozkładu masy organicznej związków azotu oraz siarki, tj. amin, amoniaku, tioli, sulfidów i disulfidów. Rolę odorotwórczą odgrywają także aldehydy, ketony, alkohole, oraz kwasy karboksylowe. Wśród grupy związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo, wydzielających się ze świeżej masy odpadów wyróżnia się estry oraz alkohole, zaś ze strumienia odpadów uległych dekompozycji wydzielają się tiole (merkaptany) oraz sulfidy. Pierwsza, aerobowa faza deponowania odpadów na składowiskach charakteryzuje się nieznaczną uciążliwością uwalnianych substancji złowonnych. Dekomponowanie odpadów związane jest ze zużywaniem tlenu z powietrza przez bakterie tlenowe oraz grzyby do momentu zmniejszenia jego stężenia do poziomu uniemożliwiającego dalszy ich wzrost. Fazy tej towarzyszy wzrost temperatury złoża, następnie zaś kształtują się warunki dla rozwoju mikroorganizmów anaerobowych. Na wskutek niedoboru tlenu podczas drugiej fazy składowania, wytwarzane są produkty o nieprzyjemnych zapachu. Hydroliza związków wielkocząsteczkowych przy udziale względnych tlenowców prowadzi do powstania kwasów organicznych, aldehydów, alkoholi, wodoru oraz ditlenek węgla. W trzeciej fazie pod wpływem bakterii denitryfikujących i desulfuryzujących oraz czwartej fazy - z udziałem bakterii fermentacji metanowej, alkoholowej i kwasowej, następuje anaerobowy rozkład zdeponowanej masy odpadów. Najbardziej uciążliwe zapachowo związki generowane są podczas trzeciej fazy składowania, tj. tiole, sulfidy, disulfidy oraz aminy. Według analizy literatury przedmiotu wśród głównych substancji zapachowoczynnych emitowanych ze składowisk odpadów wyróżnia się: styren, toluen, ksylen, propanon (aceton), metanol, n-butanon, butanal, kwas etanowy(octowy), sulfid dimetylowy, disulfid dimetylu oraz amoniak. Charakterystycznymi odorantami biogazu - gazu składowiskowego są: tiole (merkaptany), siarkowodór, amoniak, sulfid dimetylowy, sulfid dietylowy, kwas butanowy, metyloamina, trimetyloamina, etanal (aldehyd octowy), etylobenzen, ksylen, dimetyloformamid^{82,83,84,85,86,87}.

W odniesieniu do danych literaturowych, zgodnie z przeprowadzonymi badaniami dotyczącymi oceny zanieczyszczeń powietrza na terenie składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (obiekt o powierzchni 20 ha), poza innymi zanieczyszczeniami, będącymi przedmiotem badań, wykazano emisję siarkowodoru oraz innych odorów z terenu badanego obiektu. Analizy wykonano w trzech seriach: I – kwiecień, II – maj, III – listopad. Na podstawie wykonanych analiz chemicznych stwierdzono, iż najwyższe stężenia emisji siarkowodoru oraz innych odorantów pochodzą ze zbiorników na odcieki (I: 0,529 mg/m³, II:

⁸²Ciupryk M., Gaj K., *Ekologiczne przesłanki utylizacji biogazu składowiskowego*, Energetyka i Ekologia, nr 2, 123-126, 2004.

⁸³Fang J. J., Yang N., Cen D. Y., Shao L. M., He P. J., *Odor compounds from different sources of landfill: Characterization and source identification*, Waste Management, 7(32), 1401-1410, 2012.

⁸⁴Miaśkiewicz-Pęska E., Szyłak-Szydłowski M., *Air pollution in landfill of wastes other than hazardous or inert/Zanieczyszczenia powietrza na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne*, Archives of Environmental Protection, 41(2), 41-46, 2015.

⁸⁵Dulewska-Rosik Cz., *Podstawy gospodarki odpadami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.

⁸⁶Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszyński B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.

⁸⁷McKendry P., Looney J. H., McKenzie A., (2002): *Managing odour risk at landfill sites: main report. Millennium Science & Engineering Ltd and Viridis, United Kingdom*. Mitani, Y., Shoji, Y., Kuriyama, K., (2008), *'Estimating Economic Values of Vegetation Restoration with Choice Experiments: A Case Study of An Endangered Species in Lake Kasumigaura, Japan'*, Landscape Ecol Eng, 4, 103-113.

0,693 mg/m³, III: 0,417 mg/m³) oraz samego obiektu - składowiska (I: 0 mg/m³, II: 0,172 mg/m³, III: 0,431 mg/m³)⁸⁸.

W oparciu o prace innych autorów analizy przeprowadzone na 34 składowiskach w Polsce wykazały narastającą skalę problemu związaną z emisją odorów oraz gazów toksycznych. Biogaz składowiskowy stanowi źródło m.in. siarkowodoru, amoniaku, cyjanowodoru. Dyspersja związków złowonnych determinowana jest w szczególności warunkami atmosferycznymi oraz ukształtowaniem terenu. Na podstawie wyników badań wykonanych w Anglii wskazano zależność intensywności zapachu od odległości od emitora. Intensywność zapachu na stacji przeładunkowej odpadów osiągała poziom 1695 ou/m³. Czynniki takie, jak: odległość blisko 500 m od źródła emisji, otwarta, niezabudowana przestrzeń, prędkość wiatru na poziomie 5 m/s, wpłynęły na spadek intensywności odoru do 6 ou/m³, zaś przy zwiększeniu odległości do 1,5 km – do 0,5 ou/m³⁸⁹.

Dalszym przykładem badań składowisk odpadów, jako źródeł emisji związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo jest składowisko odpadów Datianshan w Guangzhou (Guangzhou Datianshan landfill) w Południowych Chinach. Składowanie stanowi tutaj popularną metodę unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Według danych statystycznych z 2000 roku, rocznie składowuje się $8 \cdot 10^8$ Mg odpadów komunalnych. Analizy zostały przeprowadzone w 1998 r. Emisja lotnych związków organicznych do powietrza obejmowała m.in.: węglowodory nasycone oraz nienasycone, alkohole, węglowodory aromatyczne, halogenoalkany oraz związki siarki. Podczas prowadzonych analiz w okresie zimowym wykryto 38 lotnych związków organicznych, zaś 60 w letnim. Wśród nich wyróżnić można m.in. alkany: 0,5 – 6,5 µg/m³, węglowodory aromatyczne: 2,3 – 1667 µg/m³, halogenoalkany: 0,2-31 µg/m³, terpeny: 0,1 – 34 µg/m³, związki karbonylowe: 0,3 – 5,6 µg/m³, naftalen i jego pochodne: 0,4 – 27 µg/m³. Stężenia związków zapachowych w zimie były niższe w porównaniu do okresu letniego. W obu okresach wśród lotnych związków organicznych, dominującymi związkami były: węglowodory aromatyczne (benzen i alkilobenzen) w stężeniach od 4,3 – 1667 µg/m³ w okresie letnim oraz 0,1-23 µg/m³ w okresie zimowym. Odory unoszące się z obszaru badanego obiektu cechował uciążliwy, nieprzyjemny zapach, za co odpowiedzialne były m.in.: alkilobenzen, limonen, estry oraz związki siarki⁹⁰.

Innym przykładem emisji związków zapachowo czynnych pochodzących z obiektów gospodarki odpadami jest składowisko odpadów Harmandali zlokalizowane w miejscowości Izmir w Turcji. Obiekt o powierzchni 900 000 m² został utworzony w 1990 roku. Strumień wejściowy procesu składowania stanowią odpady komunalne, medyczne, przemysłowe oraz pochodzące z oczyszczalni ścieków osady ściekowe. Skład gazów zapachowych oraz ich stężenia badano przy wykorzystaniu olfaktometrii dynamicznej, chromatografii gazowej oraz spektrometrii masowej. Badania przeprowadzono w maju oraz we wrześniu 2005 r. Wybrano

⁸⁸Miaśkiewicz-Pęska E., Szyłak-Szydłowski M., Air pollution in landfill of wastes other than hazardous or inert/Zanieczyszczenia powietrza na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, Archives of Environmental Protection, 41(2), 41-46, 2015.

⁸⁹Nowakowski S., *Monitoring na składowisku odpadów; emisja odorów i gazów toksycznych. Cz. II.*, Przegląd komunalny, nr 6, 2003.

⁹⁰Zou S. C., Lee S. C., Chan C. Y., Ho K. F., Wang X. M., Chan L. Y., Zhang Z. X., *Characterization of ambient volatile organic compounds at a landfill site in Guangzhou, South China*, Chemosphere, 51(9), 1015-1022, 2003.

pięć miejsc poboru. W wyniku przeprowadzonych badań zidentyfikowano 101 lotnych związków organicznych (53 wykryto w maju oraz 48 we wrześniu). Wśród określonych substancji zapachowo czynnych wyróżniono: związki monoaromatyczne ($0,09 - 47,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$), np. benzen, toluen, chlorowcopochodne ($0,001 - 62,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$), np. chlorobenzen, trichloroetan, aldehydy ($0,01 - 38,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$), np. heksanal, propanal, ketony ($0,03 - 67,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$), np. propanon (aceton), kwasy karboksylowe (lotne kwasy tłuszczowe) ($0,05 - 43,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$), np. kwas etanowy(octowy), metanowy(mrówkowy), estry ($0,01 - 7,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$), np. octan butylu, mrówczan butylu, związki zawierające azot / siarkę ($0,03 - 5,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$). W maju, jako dominującą grupę związków w kolejności odnotowano ketony, związki monoaromatyczne, aldehydy oraz lotne kwasy tłuszczowe, zaś we wrześniu najwyższe stężenia określono dla aldehydów, ketonów, związków monoaromatycznych oraz chlorowcopochodnych^{91,92}.

Reasumując, składowiska odpadów komunalnych stanowią potencjalne źródło emisji do atmosfery substancji zapachowo czynnych. Uciążliwość zapachowa związana z procesami biochemicznymi zachodzącymi podczas składowania odpadów jest przyczyną obniżenia jakości życia mieszkańców, a także może powodować negatywne skutki zdrowotne⁹³.

2.1.2.5. Termiczne przekształcanie odpadów

Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. definiuje termiczne przekształcanie odpadów, jako spalanie poprzez ich utlenianie, a także inne procesy termicznego przetwarzania odpadów, tj. pirolizę, zgazowanie, jak i proces plazmowy. Proces ten może być prowadzony wyłącznie w spalarniach lub współspalarniach odpadów. Obecnie w Polsce funkcjonuje 5 spalarni odpadów komunalnych (Warszawa, Kraków, Bydgoszcz, Konin, Białystok), 1 jest na etapie budowy (Szczecin), zaś spalarnia w Poznaniu jest wybudowana i znajduje się na etapie dopuszczenia do eksploatacji. Szacuje się, iż łączne moce przerobowe istniejących oraz powstających spalarni będą wynosić około 1 mln Mg odpadów komunalnych rocznie. Omawiana metoda unieszkodliwiania odpadów komunalnych jest popularna w Japonii, gdzie masa spalanych odpadów kształtuje się na poziomie 75% całkowitej masy odpadów wytworzonych. Porównując w Danii oraz Szwecji wielkość ta wynosi 52%. Wobec przyjętych strategii, termicznemu przekształceniu powinny podlegać te masy odpadów, które utraciły właściwości do poddania procesom odzysku, lecz mogą być wykorzystane jako surowiec energetyczny. Instalacje służące termicznemu przekształceniu odpadów komunalnych stanowią obecnie istotne ogniwo systemu gospodarki odpadami. Głównymi etapami procesu spalania jest suszenie i odgazowanie, piroliza oraz gazyfikacja, jak i utlenianie. Wśród źródeł wystąpienia uciążliwości zapachowej w zakresie unieszkodliwiania poprzez termiczne przetwarzanie wyróżnia się: sortowanie, rozdrabnianie, suszenie, magazynowanie w nieszczelnych zbiornikach lub magazynach oraz transportowanie odpadów do pieca za pomocą przenośników taśmowych lub ślimakowych. Literatura przedmiotu wśród substancji występujących w gazach odlotowych, pochodzących z termicznej utylizacji odpadów

⁹¹Dincer F., Odabasi M., Muezzinoglu A., *Chemical characterization of odorous gases at a landfill site by gas chromatography-mass spectrometry*, Journal of chromatography A, 1122(1), 222-229, 2006.

⁹²Dinçer F., *Characteristics and chemistry of odors from selected industrial facilities in Izmir*, 2007.

⁹³Dinçer F., *Characteristics and chemistry of odors from selected industrial facilities in Izmir*, 2007.

wyróżnia: chlorowodór, fluorowodór, polichlorowane dibenzo-p-dioksyny i dibenzofurany, bromowodór, amoniak, fenol, polichlorowane bifenyle, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne jak i ich chloro- i nitropochodne^{94,95,96,97,98,99,100,101}.

W odniesieniu do przeprowadzonych badań dotyczących emisji lotnych związków organicznych pochodzących z zakładów termicznego przekształcania odpadów komunalnych stwierdzono obecność następujących grup związków organicznych: węglowodory aromatyczne oraz alifatyczne, chlorowcopochodne, estry, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, alkohole¹⁰².

Obiekty gospodarki odpadami komunalnymi stanowią istotne źródło emisji substancji potencjalnie uciążliwych zapachowo. Wśród cząsteczek odpowiedzialnych za nieprzyjemne wrażenie węchowe odpowiedzialne są: związki siarki (np. siarkowodór, tiole), azotu (amoniak, aminy), a także inne związki organiczne (aldehydy, ketony, związki alifatyczne i aromatyczne). Głównymi obiektami są instalacje do biologicznego przetwarzania odpadów oraz składowiska odpadów. Uciążliwość zapachowa związana jest z aktywną działalnością mikroorganizmów. Masa organiczna odpadów komunalnych, ulegając przemianom biochemicznym uwalnia do powietrza związki złozone. Emisja odorów obniża komfort życia oraz wpływa na zdrowie człowieka poprzez nasilenie objawów psychosomatycznych.^{103,104}

2.1.2.6. Zakłady segregacji odpadów

Wśród obiektów gospodarki odpadami komunalnymi, jako źródło emisji substancji potencjalnie uciążliwych zapachowo wyróżnić należy także zakłady segregacji odpadów. Zwoździak [2010] w opracowaniu *Współczesna problematyka odorów* dokonuje oceny uciążliwości zapachowej zakładów segregacji odpadów. Badaniami ankietowymi objęto 114 instalacji, w tym:

- zakłady segregacji, które wspomagają selektywną zbiórkę odpadów komunalnych (podczyszczanie, wtórna segregacja), stanowiące 53% ogółu badanych obiektów,

⁹⁴ Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.)

⁹⁵ Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, projekt, Departament Ochrony Powietrza i Klimatu, Warszawa 2016.

⁹⁶ Dulewska-Rosik Cz., *Podstawy gospodarki odpadami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.

⁹⁷ Lipińska D., *Gospodarka odpadowa i wodno-ściekowa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2016.

⁹⁸ Oleniacz R., *Wpływ instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych na jakość powietrza*, Nowa Energia, (2-3 (44-45)), 49-57, 2015.

⁹⁹ Wielgosiński G., Namiecińska O., *Spalarnie odpadów komunalnych-perspektywa roku 2020*, Nowa Energia 2/2016.

¹⁰⁰ Mazur M., Oleniacz R., Januszek R., *Spalarnia odpadów Lobbe w Dąbrowie Górniczej*, Aura, (4), 1997.

¹⁰¹ Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń (IPPC). Dokument Referencyjny dla najlepszych dostępnych technik dla spalania odpadów, Komisja Europejska, sierpień 2006.

¹⁰² Jay K., Stieglitz L., *Identification and quantification of volatile organic components in emissions of waste incineration plants*, Chemosphere, 30(7), 1249-1260, 1995.

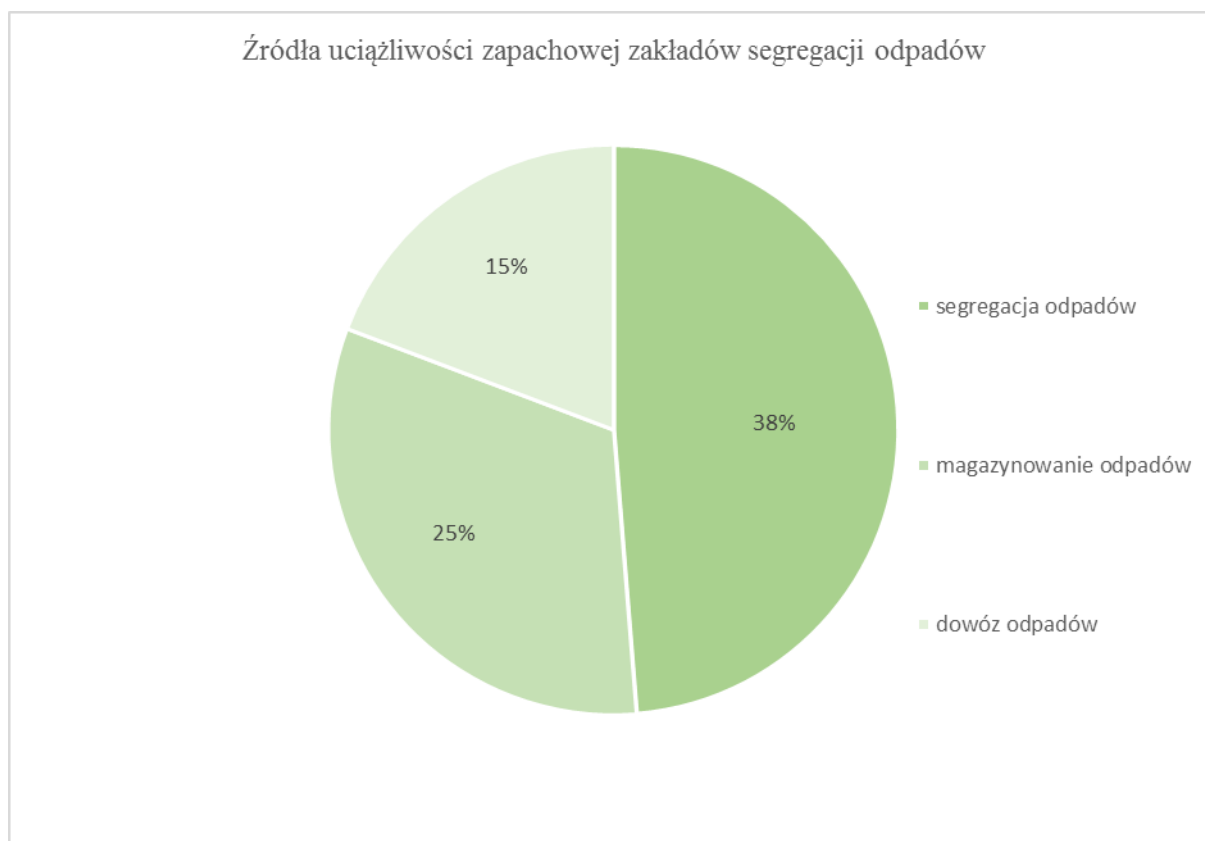
¹⁰³ Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.

¹⁰⁴ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

- zakłady segregacji zmieszanych odpadów komunalnych ukierunkowanych na produkcję paliw z odpadów, obejmujące 47% badanych obiektów.¹⁰⁵

Główne źródła emisji odorów, powstających na terenie obiektów segregacji odpadami przedstawiam rysunek 2.

Rysunek 2 Źródła uciążliwości zapachowej zakładów segregacji odpadów



Źródło: Opracowanie własne na podstawie¹⁰⁶

Analizując powyższy wykres, procesy segregacji odpadów stanowią grupę obiektów o największym potencjale emisji substancji złośliwych (38%) wobec magazynowania odpadów (25%) oraz dowozu odpadów (15%). Zasięg oddziaływania zapachowego zakładów segregacji na obszary sąsiednie określono jako brak (54%) lub mało uciążliwe (41%). Jeden obiekt ze 114 poddanych badaniom oceniono jako bardzo uciążliwy, zaś cztery obiekty z ogółu badanych oddziaływał w sposób uciążliwy. Podsumowując, 46% analizowanych zakładów segregacji odpadów charakteryzuje się podwyższonym stopniem intensywności oddziaływania zapachowego w granicach ich lokalizacji¹⁰⁷.

¹⁰⁵Szynkowska M. Zwoździak J. Współczesna problematyka odorów, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹⁰⁶Szynkowska M. Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹⁰⁷Szynkowska M. Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

Wśród substancji złowonnych wydzielających się podczas operacji sortowania odpadów komunalnych wyróżnia się przede wszystkim amoniak, siarkowodór, sulfidy, tiole, kwas mrówkowy, octowy, propionowy, metanol, etanol, n-butanol, dimetyloamina, trimetyloamina. Źródłem odorów są procesy rozkładu obecnej organicznej masy odpadów dostarczanej w strumieniu odpadów do zakładów segregacji.¹⁰⁸

Wartości progów wyczuwalności węchowej wybranych substancji złowonnych wydzielających się w sortowniach przedstawia Tabela 4.

Tabela 4 Progi wyczuwalności węchowej wybranych substancji złowonnych powstających w zakładach segregacji odpadów¹⁰⁹

L.p.	Substancja złowonna	Próg wyczuwalności węchowej [mg/m ³]
1.	amoniak	3,68
2.	butanotiol	0,00364
3.	dimetyloamina	brak danych
4.	dimetylosulfid	0,00595
5.	dietylosulfid	0,0150
6.	dimetylodisulfid	brak danych
7.	dietylodisulfid	0,0136
8.	etanol	160,94
9.	kwas propionowy	0,108
10.	metanol	133,30
11.	n-butanol	2,558
12.	siarkowodór	0,0113
13.	trimetyloamina	0,00108

2.1.3. Produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze

Przetwórstwo rolno-spożywcze jest sektorem gospodarki o dużym rozproszeniu i zróżnicowaniu produkcji. Można jednak wydzielić kilka typów zakładów o podobnym charakterze produkcji i zbliżonym charakterze emisji. W wielu przypadkach w ciągu technologicznym odbywa się termiczna obróbka wsadu. Ponieważ surowce są nietrwałe, o złożonej organicznej strukturze, więc dochodzi do ich częściowego rozkładu, połączonego

¹⁰⁸ Makles Z., Domański W., *Zagrożenia chemiczne i biologiczne – sortowanie odpadów komunalnych (1)*, Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy, Bezpieczeństwo Pracy, nr 03/2010

¹⁰⁹ Makles Z., Domański W., *Zagrożenia chemiczne i biologiczne – sortowanie odpadów komunalnych (1)*, Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy, Bezpieczeństwo Pracy, nr 03/2010

z wydzielaniem się lotnych związków chemicznych. Najczęściej są to bardzo złożone mieszaniny o trudnym do ustalenia składzie chemicznym, a wspólną ich cechą jest zapach.

Pomimo obserwowanego zwiększania koncentracji w tej branży, nadal można mówić o dużym jej rozdrobnieniu. Sprawia to, że w wielu przypadkach wielkości emisji są małe i dlatego ich oddziaływanie na atmosferę ma zwykle mały zasięg.

2.1.3.1. Zakłady mięsne

Białko zwierzęce stanowi składnik diety człowieka, dlatego mięso jest jednym z podstawowych składników pożywienia. W Polsce jego spożycie wynosi ok. 76 kg na osobę rocznie. W skali kraju daje to masę bliską 3 mln Mg¹¹⁰. Źródłem zaopatrzenia jest przede wszystkim produkcja krajowa. Dziesiątki zakładów różnej wielkości i o zróżnicowanym profilu produkcji mogą powodować zagrożenia dla czystości środowiska, choć jego skala może być różna. Jedną z form negatywnego oddziaływania jest uciążliwość zapachowa. To oddziaływanie jest najczęstszą przyczyną skarg ludności na ten sektor gospodarki¹¹¹.

W zakres ciągu technologicznego w zakładach rozpatrywanej branży wchodzi szereg operacji, począwszy od uboju aż do konfekcjonowania gotowych wyrobów. Przykładowo w zakładach drobiarskich można wymienić (w dużym skrócie) następujące operacje: przyjęcie żywca, ubój (przy którym stosuje się takie zabiegi, jak oszałamianie, przecinanie naczyń krwionośnych, wykrwawianie), zdejmowanie okrywy pierza (poprzedzone zabiegiem oparzania), usuwanie głów, patroszenie, mycie tuszek, obcinanie łapek. W ten sposób uzyskuje się towar handlowy (poddany jeszcze często rozbiorowi), który może być także półproduktem do wyrobu produktów bardziej przetworzonych, jak np. wędliny, konserwy, wyroby garmazeryjne. Oprócz tego powstaje znaczna ilość odpadów produkcyjnych, jak kończyny, głowy, pierze, krew, wnętrzności. Podczas wielu operacji procesu technologicznego wyzwalają się zapachy - w szczególności te, które wiążą się ze stosowaniem podwyższonej temperatury (oparzanie, gotowanie, pieczenie). W badaniach stwierdzono, że stężenie zapachowe w połączonym strumieniu gazów z różnych stanowisk wyniosło ok. 1000 ou_E/m³.

2.1.3.2. Przetwórstwo odpadów poubojowych

Podczas uboju zwierząt powstaje znaczna ilość odpadów. Przykładowo przy uboju kurcząt jest to ok. 30% masy żywca. Podobnie kształtuje się ta ilość przy uboju innych zwierząt. Powstające odpady, a także konfiskaty zwierząt padłych, stanowią poważny problem higienicznosanitarny. Rozwiązaniem jest ich przetwarzanie na mączki (mięsno-kostne, z pierza i krwi). Proces produkcji mączek został opracowany głównie z myślą o zagospodarowaniu odpadów i zarazem pozyskiwaniu wysokobiałkowego składnika pasz dla zwierząt hodowlanych. Zagrożenie tzw. chorobą szalonych krów sprawiło, że obecnie tych

¹¹⁰ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

¹¹¹ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

mączek nie można wykorzystywać do celów hodowlanych. Jako odpad mogą być spalane w piecach cementowych lub kotłach energetycznych¹¹².

Proces przetwarzania odpadów zwierzęcych na mączki jest prowadzony cyklicznie w tzw. destruktorach Hartmanna. Są to urządzenia ciśnieniowe (autoklawy), podgrzewane przeponowo parą wodną. Po fazach załadunku i podgrzewania następuje sterylizacja, przebiegająca w temperaturze ok. 140°C (413 K) i pod zwiększonym ciśnieniem. Po zredukowaniu ciśnienia zachodzi proces suszenia w temperaturze zbliżonej do temperatury wrzenia wody¹¹³. Wilgotność uzyskanego produktu powinna być mniejsza niż 14%. Przy tej zawartości wody większość materii organicznej robi wrażenie całkowicie suchej.

Podczas procesu, szczególnie w fazach redukcji ciśnienia oraz suszenia, dochodzi do uwalniania się dużej ilości oparów zawierających znaczny procent substancji odorotwórczych. Są one poddawane kondensacji w celu zmniejszenia zawartości odorów unoszonych z fazą gazową. Jest zrozumiałe, że powietrze w pomieszczeniach w trakcie procesu produkcji mączek jest znacznie zanieczyszczone odorami.

Powstające w procesie cuchnące składniki są produktami biochemicznych i chemicznych przemian złożonych struktur chemicznych wchodzących w skład surowca, głównie białek. Przemiany te zachodzą w surowcu samoczynnie, przykładem jest proces psucia się mięsa, jednak wzrost temperatury towarzyszący procesom gotowania oraz suszenia wyraźnie je przyspiesza, a tym samym potęguje powstawanie odorów. Złożony skład surowca oraz duży stopień skomplikowania procesów jego rozkładu sprawia, że skład wyzwalających się zanieczyszczeń gazowych jest również niezwykle złożony.

2.1.3.3. Przetwórstwo ryb i odpadów rybich

Mięso ryb, bogate w białko, stanowi istotne uzupełnienie diety człowieka. Wielu dietetyków uważa, że niektóre jego składniki mają korzystny wpływ na zdrowotność ludzi, co dodatkowo zwiększa spożycie ryb. Istotna część surowca, surowego mięsa ryb, jest poddawana przetwarzaniu na gotowe produkty spożywcze metodami przemysłowymi. Ze świeżego mięsa ryb uwalniają się zaledwie śladowe ilości substancji wonnych, jak np. trimetyloamina czy pirydyna, nadające charakterystyczny zapach mięsa ryb, w szczególności morskich. Zapach świeżego surowca jest słaby. Przygotowanie gotowych do spożycia produktów polega na gotowaniu lub parzeniu, pieczeniu, wędzeniu. Są to procesy obróbki w podwyższonej temperaturze, związane z uwalnianiem lotnych związków organicznych (LZO). Źródłami uwalnianych LZO, w większości mających zapach, są: surowiec podstawowy (mięso ryb), dodatki smakowo-zapachowe, olej do smażenia, dym wędzarniczy. Podczas gotowania i parzenia wonne substancje lotne zawarte w surowcu ulatują wraz z parą wodną. Proces rozkładu protein nie jest tutaj nasilony. Pieczenie jest prowadzone w podwyższonej temperaturze 155-165°C (428-438 K). Substancje są uwalniane do atmosfery na dwa sposoby - w postaci gazowej oraz w cząstkach aerozolu powstającego z gorącego oleju. Głównymi wonnymi składnikami gazów są: amoniak, aminy, aldehydy (np. 2-propenal (akroleina)), lotne kwasy tłuszczowe (LKT), w mniejszych zaś ilościach występują związki siarki (m.in. tiole). W zależności od temperatury prowadzenia procesu rozróżnia się wędzenie

¹¹² Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją

¹¹³ Szklarczyk M., Wierzbicka E.: *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* PAN nr 505 (2005), 423-430.

ryb na zimno oraz na gorąco. Temperatura w komorze wędzarniczej może się wahać w granicach 30-100°C (303-373 K) podczas wędzenia na gorąco oraz 15-30°C (288-303 K) podczas wędzenia na zimno. Gazy wędzarnicze niosą ze sobą takie zanieczyszczenia, jak: fenol, aldehydy, WWA, lotne kwasy organiczne, substancje smoliste. Stężenie zanieczyszczeń może sięgać 5 g/m³ (w przeliczeniu na węgiel organiczny), a stężenie zapachowe mieści się w przedziale 10³—10⁵ ou/m³¹¹⁴.

2.1.3.4. Piekarnie i wytwórnie pieczywa cukierniczego

Produkcja pieczywa jest prowadzona przez jednostki gospodarcze różnej wielkości. Liczba obiektów przekracza 10 tys. W około 70% z nich zatrudnionych jest do 9 osób, w nieco ponad 200 zaś 50-249 pracowników, a tylko w 11 ponad 250. Podstawowym surowcem do produkcji pieczywa jest mąka produkowana z dojrzałych ziaren zbóż (głównie żytnia, pszenna lub mieszana - pszenno-żytnia). Dojrzałe ziarna zbóż zawierają następujące składniki: węglowodany (ok. 60%), białka (ok. 10%), aminokwasy, tłuszcze, błonnik, witaminy, sole mineralne. Pozostałe główne składniki służące do produkcji pieczywa to woda, sól i środki spulchniające (drożdże, zakwas, proszek do pieczenia). W zależności od rodzaju pieczywa dodaje się różne środki uszlachetniające, w tym mleko, cukier, tłuszcze, substancje smakowo-zapachowe, zioła, ziarna i owoce roślin jadalnych (mak, sezam, dynia, słonecznik, suszone owoce i in.)¹¹⁵.

Proces produkcji pieczywa można, w uproszczeniu, podzielić na dwa etapy:

- przygotowanie ciasta do wypieku;
- wypiek.

Przygotowanie ciasta składa się z kilku czynności (mieszanie składników, zarabianie ciasta, spulchnianie). Na tym etapie nie występuje emisja zapachów do otoczenia. Wypiek przebiega w podwyższonej temperaturze, do ok. 197°C (470 K). Od temperatury 97°C (370 K) zaczyna się tworzenie miękiszu, a w o 100 K wyższej tworzy się skórka pieczywa. Podczas wypieku zachodzi szereg procesów fizycznych oraz fizyko- i biochemicznych, takich jak:

- ścinanie białka i sklejanie skrobi;
- rozkład enzymów i obumieranie mikroorganizmów;
- obniżanie zawartości wody wskutek odparowania;
- powstawanie substancji smakowych i zapachowych wskutek przebiegu reakcji towarzyszących procesowi łagodnego prażenia składników ciasta.

To właśnie proces łagodnego prażenia ciasta, w następstwie którego powstaje skórka pieczywa, jest głównym powodem emisji zapachów towarzyszących wypiekowi. W temperaturze wypieku w skórcie pieczywa zachodzą reakcje, podczas których powstają takie substancje, jak: melanoidy (wielkocząsteczkowe połączenia cukrów i aminokwasów

¹¹⁴ Szynkowska M. I., Zwoździak J., Współczesna problematyka odorów, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹¹⁵ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

o brunatnej barwie), karmel, furfurool i jego pochodne, aldehydy i estry. Poznano ok. 70 substancji nadających skórcie pieczywa charakterystyczny smak i zapach.¹¹⁶

Podczas wypieku, w podwyższonej temperaturze, część tych substancji przechodzi do gazów ulatujących z pieca, nadając im zapach o niewątpliwie przyjemnym charakterze. W przypadku małych obiektów piekarskich, gazy wydostające się z pieców do pomieszczeń roboczych ulatują do atmosfery w sposób niezorganizowany (przez okna, drzwi, nieszczelności). Większe obiekty są zaopatrzone w systemy wentylacyjne. Jednostkowa wielkość emisji zapachu podczas wypieku jest oceniana na 800-1600 ou na 1 kg produktu.

2.1.3.5. Wytwórnice kakao i czekolady¹¹⁷

Owoce kakao poddaje się fermentacji przez kilka dni. W wyniku tego ziarna zmieniają smak, aromat oraz kolor. Po oczyszczeniu przefermentowane ziarna poddaje się suszeniu i prażeniu. Podczas suszenia przebiegającego w temperaturze nieco poniżej 100°C (373 K) uwalnia się para wodna w ilości ok. 3% oraz substancje wonne, w szczególności kwas octowy (do 0,05%). Podczas prażenia, prowadzonego w temperaturze powyżej 100°C (373 K), również uwalnia się para wodna (w ilości ok. 5%) oraz ok. 0,1% substancji wonnych, a wśród nich kwasy organiczne, aldehydy, estry, a także pirazyna.

2.1.3.6. Browarnictwo

Głównymi surowcami służącymi do produkcji piwa są: woda, słód, chmiel, drożdże piwowskie. Browary korzystają zwykle ze słodu produkowanego w słodowniach (z jęczmienia lub pszenicy) oraz chmielu w postaci spreparowanej u producentów (suszy lub ekstrakt). Niżej w znacznym uproszczeniu przedstawiono proces otrzymywania piwa. Woda i ześrutowany słód służą do przygotowania brzeczki. Proces jest prowadzony w kadziach zaciernych w podwyższonej temperaturze. W trakcie procesu rozpuszczalne składniki słodu przechodzą do roztworu, tworząc brzeczkę. Nierozpuszczone wysłodziny są oddzielane w kadziach filtracyjnych. Są one składowane w silosach, a stamtąd odbierane na cele paszowe. Następnym etapem przygotowania brzeczki jest gotowanie uzyskanego ekstraktu z dodatkiem chmielu w celu uzyskania brzeczki o odpowiednim aromacie i stopniu zagęszczenia oraz wytrącenia nadmiaru białek i garbników. Po odwirowaniu osadów brzeczka jest poddawana fermentacji przy udziale drożdży piwowskich. Ostatnim etapem jest dojrzewanie piwa przez ok. 20 dni w niskiej temperaturze. Tak przygotowane piwo po odfiltrowaniu osadu jest pasteryzowane i konfekcjonowane.

Procesowi może towarzyszyć emisja zapachów. Głównym źródłem są opary powstające podczas warzenia brzeczki¹¹⁸.

¹¹⁶ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹¹⁷ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹¹⁸ Najlepsze dostępne techniki (BAT) - Wytyczne dla przemysłu piwowarskiego. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, kwiecień 2005.

2.1.3.7. Gorzelnictwo

Spiritus surowy jest produkowany w gorzelniach z surowców zawierających cukry lub skrobię (także odpadowych lub owoców). Stanowi on bazowy półprodukt do wyrobu napojów spirytusowych, a jako tzw. bioetanol jest dodatkiem do benzyny oraz jednym ze składników służących do produkcji ETBE (eter etylo-tert-butyłowy - dodatek uszlachetniający do benzyny). W Polsce istnieje ok. 1000 gorzelnii. Wśród nich kilka to gorzelnie przemysłowe (o wielkości produkcji ok. 20 mln l rocznie), a pozostałe to mniejsze gorzelnie rolnicze.

Istnieje wiele surowców do produkcji etanolu. Najczęściej używane są ziarna zbóż lub ziemniaki. Proces produkcji składa się z następujących etapów: przygotowanie zacieru, fermentacja etanolowa, destylacja, zagospodarowanie wywaru, a oprócz tego prowadzi się takie operacje, jak transport surowca, półproduktów i produktów, napełnianie i opróżnianie zbiorników.

Przygotowanie zacieru polega zwykle na parowaniu, rozdrabnianiu i enzymatycznym scukrzaniu. Na tym etapie źródłem emisji zapachów może być proces parowania, a wielkość strumienia wyzwanych zapachów oraz ich jakość hedoniczna zależą od rodzaju surowca. Kolejnym etapem jest fermentacja. Jest ona przeważnie prowadzona w fermentatorach pracujących okresowo. Mała część zacieru służy do namnażania matki drożdżowej, którą następnie dodaje się do pozostałej (większej) części zacieru. Proces fermentacji przebiega w warunkach beztlenowych. Fermentatory są zwykle wyposażone w przeponowe chłodnice, gdyż proces jest egzotermiczny. Reakcję można w uproszczeniu opisać następującym równaniem chemicznym:



Proces przebiega z wydzieleniem znacznej ilości gazów. Na każdy mol etanolu przypada 1 mol ditlenku węgla; stąd na 1 l etanolu wyzwala się go 0,37 m³ (w odniesieniu do warunków normalnych). Ulatujące z fermentatora gazy niosą ze sobą znaczne ilości związków wonnych, w tym także etanolu. Przy racjonalnym prowadzeniu procesu gazy są poddawane wymywaniu wodą w celu wyłapania etanolu. Absorpcji ulega przy tym także wiele innych związków wonnych. Sfermentowany zacier jest poddawany destylacji. W starszych obiektach prowadzi się destylację kotłową, najczęściej dwustopniowo. W nowszych stosuje się wielopółkowe kolumny rektyfikacyjne. Nowoczesne urządzenia destylacyjne są systemami o dużym stopniu hermetyzacji, co praktycznie eliminuje unoszenie odorów¹¹⁹.

Źródłem odorów bardziej zróżnicowanym pod względem ilości i jakości hedonicznej - w zależności od rodzaju surowca wyjściowego, a przez to trudniejszym do jednoznacznego scharakteryzowania, jest proces zagospodarowania wywaru. Nadaje się on do przerobu na pasze, ale jako odpad byłby bardzo uciążliwy dla środowiska.

Źródłem niewielkiej ilości unoszonych odorów mogą być także operacje pomocnicze, jak np. pompowanie mediów czy napełnianie zbiorników (oddychanie zbiorników).

¹¹⁹ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

Duże gorzelnie są zwykle obiektami, w których zastosowano nowoczesne rozwiązania technologiczne, skutkiem czego jest znaczne ograniczenie emisji na jednostkę produktu. Z kolei te mniejsze, o mniejszej emisji, mimo że wskaźnik emisji kształtuje się tu mniej korzystnie, są zlokalizowane zwykle na terenach wiejskich, o luźnej zabudowie, i dlatego raczej nie są postrzegane jako powód do skarg.

2.1.3.8. Cukrownie

W warunkach krajowych surowcem do produkcji są buraki cukrowe zawierające do 27% suchej masy, w tym ok. 20% cukru. Ujmując zagadnienie skrótowo, pozyskiwanie cukru z buraków cukrowych polega na wylugowaniu wodą cukru z surowca (czyli buraków) i jego krystalizacji z roztworu. W rzeczywistości proces jest bardziej złożony, a w jego przebiegu występują operacje, podczas których dochodzi do emisji substancji wonnych do atmosfery. Badając emisję zapachów, należy uwzględnić następujące fakty:

- kampania zasadnicza obejmuje okres czwartego kwartału roku,
- prowadzona jest tzw. kampania sokowa w okresie od marca do czerwca,
- przez cały rok źródłem emisji odorów są osadniki, w których są gromadzone osady powstające przy wstępnej obróbce surowca.

Buraki dostarczone do cukrowni są poddawane myciu. Przy tym zabiegu są usuwane głównie zanieczyszczenia w postaci gleby przylegającej do bulw, ale także pozostałości liści (usuwanymi podczas zbioru buraków z pól) oraz cienkie (o nitkowatym kształcie) korzenie odrósłe od bulw.

Po oczyszczeniu buraki są krojone w celu ułatwienia wydobycia soku komórkowego z miąższu buraków na drodze ługowania. W żargonie proces ten jest nazywany wysładzaniem. Czynnikiem ługującym jest woda. Proces jest prowadzony w temperaturze ok. 80°C (353 K) przy przeciwnym ruchu mediów (wody i krajanki buraczanej). W jego efekcie uzyskuje się wysłodki (produkt uboczny, wykorzystywany jako pasza dla zwierząt) oraz sok surowy zawierający 13-18% cukru i jako zanieczyszczenia - substancje białkowe, kwasy karboksylowe, amidy kwasowe. Zanieczyszczenia są usuwane w procesie defekacji, przy użyciu 10% mleka wapiennego. Następuje wtedy strącanie niecukrów, żelatynizacja substancji koloidalnych i wytrącanie ich w postaci kłaczków, a także powstrzymanie procesu inwersji sacharozy na glukozę i fruktozę. Związki azotowe ulegają rozkładowi z wydzielaniem amoniaku, a jego zapach jest wyczuwalny w otoczeniu. Czas trwania nie powinien przekraczać 10-12 min, gdyż w tych warunkach może dochodzić do rozkładu substancji białkowych z wydzielaniem substancji pogarszających właściwości filtracyjne roztworu.

Nadmiar wapna jest usuwany z roztworu w procesie saturacji z użyciem ditlenku węgla, w celu oczyszczenia roztworu przez wytrącenie nadmiaru wodorotlenku wapniowego, przechodząc w trudniej rozpuszczalny węglan wapniowy, który dodatkowo sorbuje na powierzchni istotne ilości niecukrów. Oczyszczony roztwór sacharozy jest roztworem nienasyconym, tzw. roztworem rzadkim. W celu wykrystalizowania cukru (sacharozy) trzeba go poddać procesowi zagęszczania. Przez odparowanie wody uzyskuje się roztwór o stężeniu powyżej 65%. Po schłodzeniu z roztworu wypadają kryształy cukru. Proces zatężania roztworu i krystalizacji jest prowadzony wielostopniowo. Na kolejnych jego etapach dochodzi

do pojawiania się brunatnej barwy roztworu, którą można usuwać przez adsorpcję węglem aktywnym. Ostatecznym produktem tego złożonego, wielostopniowego procesu jest główny produkt – cukier krystaliczny oraz melasa (melas)¹²⁰. Ze względu na emisję zapachu, istotne jest to, że kampania zasadnicza (cukrowa) obejmuje okres czwartego kwartału roku; kampania tzw. sokowa prowadzona jest w okresie od marca do czerwca. Przez cały rok źródłem emisji odorów są przede wszystkim osadniki (osadniki spławiakowe)¹²¹ w których są gromadzone osady powstające podczas wstępnej obróbki surowca. Wydzielany osad (wapno defekacyjne) jest sprzedawany rolnikom jako nawóz.

2.1.3.9. Produkcja zwierzęca

Emisja odorów z produkcji zwierzęcej nie była dotąd przedmiotem szczególnej uwagi badaczy. Są to związki zapachowe emitowane w niewielkich ilościach, lecz doskonale wyczuwalne przez ludzki organ węchu. Wyjątkami wśród nich są amoniak i siarkowodór, których uwalniane stężenia są jednak dość duże. Liczba związków o charakterze odorantów sięga kilkuset pozycji^{122,123,124}. Ich źródłem są odchody zwierząt oraz zachodzący proces enzymatyczno-mikrobiologicznej mineralizacji związków organicznych. Szybko stało się jasne, że odorów w sposób prosty i tani wyeliminować się nie da. Stanowią one bowiem mieszaninę kilkuset związków o różnym pochodzeniu. Wymienić tu można takie grupy, jak: węglowodory cykliczne, aldehydy, alkohole, ketony, kwasy karboksylowe (m.in. kwasy tłuszczowe), tiole (merkaptany), fenole, aminy, estry oraz mniej liczne związki nieorganiczne¹²⁵. W miarę postępu metod olfaktometrycznych przekonano się, że za występowanie i intensywność zapachu odpowiadać mogą cząsteczki związków występujących w stężeniach nie tylko kilku tysięcy czy nawet kilku ppm, ale także nieprzekraczających 1 bpm¹²⁶. Całkowite wyeliminowanie takich cząsteczek byłoby nawet niewskazane ze względu na to, że pełnią one często funkcje informacyjne dla gatunku (np. feromony).

Przeprowadzone badania wskazują na blisko 50 czynników technologicznych, zabiegów i rozwiązań technicznych mogących ograniczyć emisję gazów z pomieszczeń inwentarskich. Należą do nich: system utrzymania, częstotliwość usuwania odchodów z kanałów, ograniczenie zużycia wody, wprowadzenie podrusztowych zgarniaków, umieszczenie wlotów i wyciągów wentylacyjnych. Dla systemu głębokiej ściółki wprowadza się np. odpowiednie szczepionki bakteryjne, alkalizujące dodatki ściółkowe czy zabiegi aeracyjne. Samo wprowadzenie wyselekcjonowanych szczepów bakterii może zredukować straty azotu

¹²⁰ Szklarczyk M., Zwoździak J., Sówka I., Przemysłowe źródła emisji zapachów, [w:] Współczesna problematyka odorów, M.I. Szynkowska, J. Zwoździak (red.), WNT, Warszawa, 2010, 54–84.

¹²¹ Reszel R., Klikocka H. *Wykorzystanie ziemi z osadników cukrowni do użytkowania gleb*. Instrukcja wdrożeniowa nr 4, Wydawnictwo Akademii Rolniczej Lublin 1996,

¹²² Chapin A., Boulind Ch., Moore A.: Controlling odor and gaseous emission problems from industrial swine facilities. Handbook. Yale Environmental Protection Clinic (1998).

¹²³ Mackie R.I., Stroot P.G., Varel V.H.: Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. J. Anim. Sci. 76 (1998), 1331-1342.

¹²⁴ Chen Y., Bundy D.S., Hoff S.J.: Using olfactometry to measure intensity and threshold dilution ratio for evaluating swine odor. J. Air Waste Manag. Assoc. 49 (7) (1999), 847-853.

¹²⁵ Moretti E.C.: Reduce VOC and HAP emissions. VOC Control CEP, June (2002), 30-40.

¹²⁶ Hudon G., Guy C., Hermia J.: Measurement of odor intensity by an electronic nose. J. Air Waste Manag. Assoc. 50 (10) (2000), 1750-1758.

(amoniak i tlenki azotu) o ok. 50%¹²⁷. W systemie samospławialnym rozplanowanie stref bytowych i samooczyszczanie posadzki również ogranicza emisję. Różnice między samymi odmianami głębokiej ściółki mogą dochodzić do 0,26 g emitowanego azotu na godzinę na sztukę.

Kolejnym problemem związanym z emisją odorów w temacie produkcji zwierzęcej są wielkoprzemysłowe ферmy trzody hodowlanej. Intensywny chów zwierząt pociąga za sobą wiele zagrożeń środowiskowych, z którymi to także związane jest emisja związków złoonych do powietrza. Szczególnie uciążliwym źródłem zanieczyszczeń są duże ферmy przemysłowe, na których utrzymuje się od kilku do nawet kilkuset tysięcy osobników. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 96/61/EC z 24 września 1996 r. w sprawie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli określa ферmy wielkoprzemysłowe jako instalacje wymagające uzyskania pozwolenia zintegrowanego, czyli o obsadzie ponad 40 000 osobników dla drobiu, 2 000 dla świń (tuczników) o wadze ponad 30 kg, czy 750 dla macior.

Miejsca powstawanie emisji z tego typu przedsięwzięć, to przede wszystkim budynki inwentarskie, w których to prowadzona jest produkcja. Dodatkowym problemem o ogromnej skali emisyjnej są procesy zagospodarowywania gnojowicy. Do bardzo dużej emisji związków złoonych dochodzi w przypadku gromadzenia gnojowicy w otwartych lagunach. Ponadto do intensywnej emisji odorów dochodzi w czasie nawożenia pól nawozami organicznymi (opisane w rozdziale 2.1.3.12.), a w szczególności gnojowicą.

Zgodnie z dokumentem referencyjnym BREF o Najlepszych Dostępnych Technikach dla intensywnego Chowu Drobiu i Świń¹²⁸, zidentyfikowane emisje odorów z tego typu działalności występują w obrębie budynków dla świń i innych zwierząt oraz budynków drobiarskich. Są to przede wszystkim emisje z odchodów. Ponadto, zgodnie z wyżej wymienionym dokumentem do istotnych emisji dochodzi w przypadku zewnętrznych magazynów nawozów. Emisje te zależą przede wszystkim od:

- chemicznego składu nawozu/gnojowicy;
- cech fizycznych (% suchej masy, pH, temperatura);
- powierzchni emitującej;
- warunków klimatycznych (temperatura, opady);
- stosowania przykryć.

Najważniejszymi czynnikami są procentowy udział suchej masy i zawartości przede wszystkim azotu, która zależy od systemu żywienia. Dodatkowo wyposażenie techniczne budynków, którego celem jest redukcja emisji w czasie gromadzenia i przechowywania odchodów i gnojowicy, może także wpływać na skład odchodów. Dodatkowym czynnikiem związanym z emisją związków złoonych z budynków inwentarskich jest usuwanie nawozu przez splukiwanie gnojowicą może doprowadzić do gwałtownego wzrostu emisji odorów przy każdym splukaniu. Płukanie jest stosowane zwykle dwa razy dziennie: rano i wieczorem.

Ponadto, w przypadku otwartych lagun dochodzi do niekorzystnych zjawisk braku tworzenia się kożucha, ponieważ w przypadku gnojowicy nie tworzy się kożuch, który ma właściwości redukujące emisję, ponieważ większość suchej masy z nawozu kieruje się bliżej dna zbiornika na gnojowicę.

¹²⁷ Le Cloirec P., Humeau P., Ramirez-Lopez E.M.: Biotreatments of odours: control and performances of a biofilter and a bioscrubber. Water Sci. Technol. 44 (9) (2001), 219-226.

¹²⁸ Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control) Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń

Co więcej, wspomniany dokument BREF określa, iż do emisji odorów może także dochodzić na etapie przeróbki nawozów. Te zazwyczaj przetwarzane są na farmach. Odory mogą się pojawiać w wyniku niekorzystnych procesów zachodzących w nawozie, mimo że celem wielu technik jest redukcja odorów. Dodatkowo do emisji związków złowonnych dochodzi w przypadku aplikowania nawozów do gleb. Poziom tych emisji zależy od składu chemicznego gnojowicy i nawozu oraz od sposobu ich traktowania. Skład chemiczny jest zmienny i zależy od żywienia jak również od metody i czasu składowania, a także ewentualnej obróbki¹²⁹.

2.1.3.10. Instalacje do produkcji mleka lub wyrobów mleczarskich

Generalnie, przy prawidłowym funkcjonowaniu instalacji przemysłowych w przemyśle mleczarskim, nie powinno dochodzić do emisji związków złowonnych. Takie oddziaływanie może być związane jedynie w skutek powstania awarii. Miejscem emisji w takim przypadku są instalacje do chłodzenia amoniakalnego.

Ponadto bardzo istotną kwestią identyfikacji źródła emisji jest także utylizacja ścieków poprocesowych. Często w skutek prowadzenia nieprawidłowej lub zaburzonej gospodarki wodno-ściekowej, w miejscach podczyszczania, a w szczególności gromadzenia ścieków może dochodzić do zwiększonej emisji substancji złowonnych¹³⁰.

2.1.3.11. Hodowle zwierząt futerkowych

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi fermy futrzarskie stanowią działalność rolniczą. W myśl zapisów rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. 2016 poz. 71) (zgodnie z obwieszczeniem Obwieszczeniem Prezesa Rady Ministrów z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko) fermy te należą do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Istotna jest lokalizacja przedsięwzięcia. Usytuowanie inwestycji musi być zgodne z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego. Następnie przedsiębiorca zobowiązany jest do uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach na podstawie art. 72 ust. 1 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 2016 r., poz. 353).^{131,132,133}

Produkcja skór zwierząt futerkowych w Polsce ściśle zależy od produkcji rynku światowego skór futerkowych. Odnosząc się do zasobów Polskiego Związku Hodowców i Producentów

¹²⁹ Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control) Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń

¹³⁰ *Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) wytyczne dla branży mleczarskiej*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 200.

¹³¹ Budysz A., Nadzór nad funkcjonowaniem ferm zwierząt futerkowych w Polsce, Zeszyt Studencki Kół Naukowych Wydziału Prawa i Administracji UAM, 2016, nr 6.

¹³² Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. 2016 poz. 71)

¹³³ Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 2016 r., poz. 353)

Zwierząt Futerkowych liczebność stada samic w 2007 r. kształtowała się na poziomie 310 tysięcy (około 290 tysięcy samic nerek, 20 tysięcy samic lisów pospolitych, 1 tysiąc samic jenotów) wobec 55 tysięcy w roku 2000 r. Województwo wielkopolskie, zachodniopomorskie, pomorskie oraz lubelskie swym zasięgiem obejmuje blisko 50 % ferm. Wśród zwierząt futerkowych hodowanych w Polsce 96,4% ogólnej populacji stanowią norki. Zgodnie z danymi zawartymi w literaturze przedmiotu za główne ośrodki hodowli nerek uznaje się województwo wielkopolskie oraz zachodni region Polski. Dominującym kolorem chowu jest brązowy (60,7% osobników). Norki hodowane są także w kolorze czarnym, stanowiąc 18,06% populacji. Kolor biały charakterystyczny jest jedynie dla 7,3% ogółu jednostek.^{134,135}

W 2010 roku w Polsce ilość produkowanych skór nerek amerykańskich kształtowała się na poziomie 4 mln, lisów pospolitych i polarnych około 300 tysięcy oraz jenotów blisko 2 tysiące. Pod względem wskazanej wielkości produkcji, Polska zajmuje czołowe miejsce w skali światowej. Produkcja skór eksportowana była poprzez system aukcyjny na rynek światowy, zaś przychody ze sprzedaży wynosiły około 200 mln euro.¹³⁶

2.1.3.12. Produkcja podłoża pod uprawę grzybów

Dość specyficznym zagadnieniem jest produkcja podłoży pod uprawę grzybów. Produkcja tego typu podłoży wiąże się z mieszaniem i przetwarzaniem odpadów pochodzenia rolniczego, a w szczególności obornika końskiego, pomiotu kurzego oraz słomy. W związku z tym, iż większość instalacji w Polsce nie jest zhermetyzowana, problem emisji związków złowonnych, a w szczególności amoniaku jest bardzo duży.

Liczne doniesienia naukowe informują, iż pierwsze etapy produkcji podłoża pod pieczarki skutkują emisją różnych ilości amoniaku. Ponadto sam substrat, jakim jest pomiot kurzy jest źródłem istotnych wielkości amoniaku do atmosfery.

Nicholson¹³⁷ i in. donoszą, że w wyniku wolatylizacji amoniaku (czyli bezpośredniego odparowania z powierzchni) do atmosfery może dochodzić do jego bezpośredniego kontaktu z roślinami. To z kolei powoduje efekty ekotoksykologiczne¹³⁸. Potwierdzają to także badania Cuske¹³⁹ i in., którzy podają, że gazowy amoniak powodować może ograniczenie wzrostu korzeni i liści roślin wyższych. Co więcej, gazowy amoniak (NH_3) jest łatwo rozpuszczalny w wodzie, więc NH_3 obecny w atmosferze, w wyniku reakcji z wodą może ulegać mokrej

¹³⁴ Jeżewska-Witkowska G., Kujawski H., Kasperek K., Horecka B., Zoń A., Piórkowska M., Inwentaryzacja wielkości populacji nerek, lisów pospolitych, lisów polarnych, jenotów i tchórzy utrzymywanych na polskich fermach, *Wiadomości Zootechniczne*, R. LII (2014), 1: 3–10.

¹³⁵ Budysz A., Nadzór nad funkcjonowaniem ferm zwierząt futerkowych w Polsce, Zeszyt Studencki Kół Naukowych Wydziału Prawa i Administracji UAM, 2016, nr 6.

¹³⁶ Budysz A., Nadzór nad funkcjonowaniem ferm zwierząt futerkowych w Polsce, Zeszyt Studencki Kół Naukowych Wydziału Prawa i Administracji UAM, 2016, nr 6.

¹³⁷ Nicholson, F. A., Chambers, B. J., & Walker, A. W. (2004). *Ammonia emissions from broiler litter and laying hen manure management systems*. Biosystems Engineering, 89(2), 175-185.

¹³⁸ van der Eerden L J M (1982). *Toxicity of ammonia to plants*. Agriculture and Environment, 7, 223–235

¹³⁹ Cuske M., Karczewska A., Gałka B., Dradrach B. (2016) *Some adverse effects of soil amendment with organic materials—The case of soils polluted by copper industry phytostabilized with red fescue*. International Journal of Phytoremediation 18(8) 839-846.

depozycji na powierzchni ziemi. Amoniak może także ulegać bezpośredniej depozycji suchej¹⁴⁰. To z kolei może prowadzić do eutrofizacji środowiska i zakwaszenia gleb¹⁴¹. Nicholson i inni wskazują, że straty amoniaku w wyniku składowania pomiotu kurzego na otwartej przestrzeni mogą sięgać od 42 do 572 g [N-NH₃] na m²/rok.

2.1.3.13. Gospodarowanie nawozami naturalnymi

Odwołując się do Ustawy o nawozach i nawożeniu z dnia 10 lipca 2007 r., pod pojęciem nawozów naturalnych rozumie się przeznaczony do rolniczego wykorzystania obornik, gnojówkę, gnojowicę, guano oraz pochodzące od zwierząt gospodarskich, w rozumieniu przepisów o organizacji hodowli i rozrodzie zwierząt gospodarskich, odchody, z wyłączeniem odchodów pszczoł, nie zawierające innych dodatkowych substancji. Ustawa ta reguluje także zasady postępowania z nawozami naturalnymi pośrednio tym samym regulując problem emisji odorów¹⁴².

Nawozy naturalne stanowią istotne źródło substancji odżywczych, które są niezbędne w zakresie żywienia roślin, utrzymują żyzność, jak i aktywność biologiczną gleby oraz są źródłem uciążliwości zapachowej. Niezbędnym jest, aby stosowanie nawozów naturalnych w rolnictwie przebiegało zgodnie z zasadami przyjętymi w Kodeksie Dobrej Praktyki Rolniczej¹⁴³.

Obornik jest nawozem o spowolnionym uwalnianiu składników pokarmowych dlatego stosowany jest pod uprawę roślin o długim okresie wegetacyjnym (np. ziemniaki, buraki, rzepak, kukurydza). Nawóz ten charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem pod względem właściwości fizyko-chemicznych. Gnojowica zaś wykazuje konsystencję płynną oraz szybciej oddziałuje na glebę i rośliny poprzez zawartość substancji nawozowych w formie mineralnej¹⁴⁴.

2.1.4. Inne sektory gospodarki

2.1.4.1. Palarnie kawy¹⁴⁵

W celu nadania surowym ziarnom kawy cech decydujących o ich spożywczej przydatności należy przeprowadzić zabieg obróbki termicznej nazywany paleniem. Surowe ziarna kawy ogrzewa się pod ciśnieniem atmosferycznym. Palenie zaczyna się od temperatury 100°C (373 K), a kończy powyżej 200°C (473 K), a nawet jeszcze o 100 K wyższej. Proces trwa do 20 min. Zachodzą przy tym istotne zmiany właściwości ziaren. Przyrost objętości wynosi 50-80% wartości początkowej. Następuje zmiana barwy z zielonej na brązową oraz ubytek masy

¹⁴⁰ Behera, S. N., Sharma, M., Aneja, V. P., & Balasubramanian, R. (2013). *Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies*. Environmental Science and Pollution Research, 20(11), 8092-8131.

¹⁴¹ Van Breemen N; van Dijk H F G (1988). *Ecosystem effects of atmospheric deposition of nitrogen in the Netherlands*. Environmental Pollution, 54, 249-274

¹⁴² Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu Dz. U. z 2015 r. poz. 625, 1893

¹⁴³ Pilarska A., Pilarski K., Dach J., Boniecki P., Dobrzański K., *Nowoczesne metody oraz perspektywy zagospodarowania nawozów naturalnych*, Technika rolnicza ogrodnicza leśna, nr 2/2014

¹⁴⁴ Pilarska A., Pilarski K., Dach J., Boniecki P., Dobrzański K., *Nowoczesne metody oraz perspektywy zagospodarowania nawozów naturalnych*, Technika rolnicza ogrodnicza leśna, nr 2/2014

¹⁴⁵ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

wynoszący 13-20% (tzw. wytapianie). Najważniejszą zmianą jest to, że ziarna nabierają charakterystycznego, przyjemnego aromatu oraz smaku, których pozbawione są ziarna surowe. Wynika to z faktu, że ziarna palone zawierają ok. 700 związków aromatyczno-smakowych, z których najważniejsze, to: znaczne ilości estrów, kwasu chlorogenowego (związek z grupy polifenoli), pochodnych furfuralowych, a także inne substancje aromatyczne¹⁴⁶, podczas gdy ziarno surowe zaledwie ok. 25. Istotne jest także to, że ziarna palone, w odróżnieniu od surowych, które są twarde rogowate, stają się kruche, łatwe do rozdrobnienia.

Palenie można prowadzić w sposób ciągły lub okresowy. Źródłem ciepła w procesie może być gaz, olej opałowy lub rzadziej - energia elektryczna. Grzanie surowca można prowadzić w sposób bezpośredni lub pośredni. Ze względu na dbałość o dobrą jakość produktu preferowany jest ten drugi sposób. Proces można prowadzić przy cyrkulacji gazu prażalniczego. Po określonym czasie trwania procesu, aby uniknąć całkowitego spalania ziaren, poddaje się je szybkiemu chłodzeniu.

Największy poziom emisji odorów w trakcie procesu zidentyfikowano na etapie prażenia i suszenia ziaren. W związku z tym, iż ziarna kawy zawierają znaczne ilości estrów, kwasu chlorogenowego (związek z grupy polifenoli), pochodnych furfuralowych, a także inne substancje aromatyczne, podczas wymienionych procesów dochodzi do znacznych emisji związków złoonych. Podążając za danymi zawartymi w dokumentach wskaźników emisji EPA AP-42¹⁴⁷, dodatkowymi źródłami emisji substancji złoonych w tego typu instalacjach są: traktowanie ziaren kawy parą, suszenie gorącym powietrzem po ekstrakcji, wspomniane wyżej prażenie, a także liofilizacja.

Palona kawa może być sprzedawana w formie ziarnistej lub mielonej. Podczas mielenia dochodzi do wydzielania się substancji zapachowych, które przedostają się do otoczenia. Podobnie dzieje się również podczas pakowania mielonego produktu, gdyż dbałość o jego trwałość wymaga stosowania pakowania próżniowego lub w atmosferze gazu obojętnego, a to wiąże się z odsysaniem powietrza nasyconego aromatami. Mielenie i pakowanie są prowadzone w temperaturze otoczenia, co sprawia, że unos substancji wonnych jest tutaj znacznie mniejszy niż w procesie palenia.

2.1.4.2. Produkcja olejów roślinnych

Oleje roślinne są wytwarzane głównie z nasion roślin oleistych. W Polsce podstawowym surowcem jest rzepak. Od dawna stosuje się oleje do celów spożywczych. Ostatnio coraz większe ich ilości przeznacza się do produkcji tzw. biopaliw. Są to estry metylowe kwasów tłuszczowych, które służą jako paliwo w silnikach z zapłonem samoczynnym.

Ziarna nasion oleistych są pozyskiwane w czasie żniw - latem (rzepak) lub jesienią. Olejarnie pracują zwykle przez cały rok, dlatego ziarna są przechowywane w silosach i sukcesywnie przekazywane do przerobu, który trwa przeważnie przez cały rok. Na proces technologiczny

¹⁴⁶Partee F., *Air Pollution in the Coffee Roasting Industry*. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Ohio 1964.

¹⁴⁷EPA AP-42, Chapter 9.13, 9/95 and chapter 6.2-1 2/72

składają się następujące etapy: czyszczenie i wstępna obróbka ziarna, tłoczenie oleju, oczyszczanie oleju, ekstrakcja (odzyskiwanie resztek oleju z masy po tłoczeniu)¹⁴⁸.

Uzyskane z upraw ziarna podczas omłotów są zanieczyszczone łuskami, piaskiem i innymi częściami stałymi. Czyszczenie odbywa się przez przesiewanie na sitach, wywiewanie i inne zabiegi. Powstający przy tym strumień zapyłonych gazów jest oczyszczany zwykle w odpylaczach tkaninowych. Oczyszczone ziarna są poddawane zabiegom wstępnym. Polega to na ich rozdrobnieniu i podgrzaniu do wysokiej temperatury wynoszącej ok. 110°C (383 K). Podczas tego zabiegu - prażenia - zachodzą ważne procesy, przede wszystkim koagulacja substancji białkowych oraz niszczenie (dezaktywacja) enzymów i mikroorganizmów. Sprzyja to uzyskiwaniu oleju o niższej lepkości¹⁴⁹. Surowiec przygotowany do tłoczenia musi mieć odpowiednią wilgotność, dlatego czasami podczas podgrzewania poddaje się go bezpośredniemu działaniu pary wodnej.

Podstawowym procesem jest wytłaczanie oleju. Najczęściej stosuje się do tego prasy ślimakowe. Wytłoczony olej, zawierający drobne cząstki zawiesiny z prasowanych ziaren surowca, trafia do zbiorników sedimentacyjnych. Uzyskanie pełnowartościowego produktu wymaga dalszej, skomplikowanej obróbki, czyli rafinacji.

Wytłoki zawierające jeszcze znaczne ilości oleju, ok. 6-11%, są poddawane ekstrakcji heksanem. Proces wymywania oleju jest prowadzony przeciwnie do kierunku przepływu. W jego wyniku otrzymuje się miscełę, roztwór zawierający 10-30% oleju w heksanie. Po oddzieleniu cząstek stałych w hydrocyklonie jest on kierowany do sekcji odparowania, gdzie uzyskuje się następną partię oleju oraz odzysk heksanu. Materiał po procesie ekstrakcji jest poddawany odciesnieniu, a ostatnia pozostałość rozpuszczalnika jest z niego usuwana przy użyciu pary wodnej.

Produkcja olejów roślinnych wiąże się ze znaczną emisją gazów o nieprzyjemnym zapachu. Substancje cuchnące mogą występować w postaci gazowej lub aerozoli. Są to złożone mieszaniny związków wonnych występujące w niskich stężeniach. Uwalnianiu odorów sprzyja to, że wiele operacji jest prowadzonych w podwyższonej temperaturze, przekraczającej nawet 100°C (373 K). Wśród związków wonnych występujących w tych gazach wymienić należy przede wszystkim kwasy karboksylowe (m.in. kwasy tłuszczowe) oraz organiczne związki azotu, a w przypadku gdy przerabiany jest rzepak - to jeszcze siarkowodór i organiczne związki siarki. Wielkość strumienia gazów odlotowych wyzwalanego w ciągu technologicznym, szczególnie przy takich operacjach, jak prażenie ziaren, suszenie i chłodzenie śruty, może przekraczać 5000 m³ na Mg przerabianego surowca. Stężenie zapachowe gazów, zwłaszcza z suszenia i chłodzenia śruty, może sięgać 2000-6000 ou/m³. Małe ilości gazów ulatujących z instalacji ekstrakcyjnej mogą osiągać nawet 100 000 ou/m³¹⁵⁰.

¹⁴⁸ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹⁴⁹ Trojan i inni: *Sposób fermentowania tytoniu w komorach zamkniętych*. Opis patentowy nr 23171 Kl 79c.1, 5 maja 1936.

¹⁵⁰ VDI-Richtlinien 2592, Emissionsminderung - Anlagen zur Gewinnung pflanzlichen Ole und Fette. Blatt 1, 2000.

2.1.4.3. Zakłady tytoniowe

Polska należy do krajów o malejącym, ale jednak nadal sporym spożyciu wyrobów tytoniowych. Podstawowym surowcem do produkcji wyrobów tytoniowych są liście tytoniu. Zebrane i wysuszone liście stanowią zaledwie surowiec wyjściowy do dalszej obróbki. Pierwszym i podstawowym procesem uzdatniania surowca jest fermentacja prowadzona w podwyższonej temperaturze (330-345 K)¹⁵¹. Szczegółowa technologia produkcji jest ścisłą tajemnicą poszczególnych producentów, ale wiele kolejnych operacji technologicznych też jest prowadzonych w podwyższonej temperaturze. Przykładem może być rozpulchnianie tzw. żyły, czyli twardej części liścia, zawierającej mało nikotyny, dodawanej następnie do papierosów w celu zmniejszenia ich właściwości szkodliwych dla zdrowia palaczy.

Przyczyną wyzwalania się odorów przy przeróbce tytoniu są procesy przemian monosacharydów i związków białkowych, połączone z częściowym ich utlenianiem oraz uwalnianiem się olejków eterycznych¹⁵².

2.1.4.4. Wytwórnie płyt wiórowych i paździerzowych

Produkcja płyt wiórowych i paździerzowych jest ważnym uzupełnieniem niedoboru drewna litego. Wiele mebli o tradycyjnym wyglądzie jest w całości lub w znacznej części wykonana z materiałów zastępczych produkowanych na bazie surowca drzewnego. Pozwala to na pełniejsze wykorzystanie drewna przez zagospodarowanie odpadów oraz przetwórstwo surowca mniej wartościowego.

Proces produkcyjny płyt składa się z następujących etapów: wytwarzanie i suszenie wiórów, napawanie wiórów lepiszczem, formowanie kobierca, prasowanie płyt w podwyższonej temperaturze, schładzanie płyt. Z punktu widzenia zagrożenia powietrza emisją lotnych związków organicznych istotnymi operacjami są: suszenie wiórów, prasowanie kobierca i schładzanie płyt. Suszenie drewna powoduje wyzwalanie się lotnych składników żywicy oraz produktów częściowego termicznego rozkładu celulozy¹⁵³.

2.1.4.5. Odlewnie

W Polsce funkcjonuje ok. 400 odlewni¹⁵⁴ o różnej wielkości i różnym asortymencie produkcji. Wynika to z faktu, że proces formowania elementów i kształtek metalowych jest ważną techniką w wielu technologiach budowy maszyn i urządzeń. Odlewnie są albo samodzielnymi zakładami produkcyjnymi, działającymi na rzecz określonego sektora (np. okrętowego), albo oddziałami produkcyjnymi różnych zakładów mechanicznych.

¹⁵¹ Trojan i inni *Sposób fermentowania tytoniu w komorach zamkniętych*. Opis patentowy nr 23171 Kl 79c.1, 5 maja 1936.

¹⁵² Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹⁵³ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹⁵⁴ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

Metodą odlewania wytwarza się elementy z żeliwa i staliwa oraz z metali nieżelaznych (miedź, aluminium, cynk, stopy cynkowo-aluminiowe, mosiądz, brąz i in.). Pod względem technologicznym różni się odlewanie w formy jednorazowe (piaskowe, skorupowe) oraz w formy wielokrotnego użytku (kokilowe, do odlewania ciśnieniowego).

Podczas realizacji odlewniczych procesów technologicznych występuje wiele operacji wiążących się z emisją zanieczyszczeń do atmosfery. Główne zagrożenia to emisja pyłów oraz złożonych mieszanin związków organicznych, cechujących się zwykle bardzo nieprzyjemnym zapachem. Emisja pyłów występuje podczas przygotowania form i rdzeni z sypkich materiałów formierskich, rozbijania form i rdzeni, czyszczenia i obróbki wykańczającej odlewy, a także podczas usuwania bądź zagospodarowywania materiału ze zużytych form i rdzeni.

Emisja zanieczyszczeń organicznych jest związana ze stosowaniem lepiszczy do form oraz materiałów smarnych. Podczas wytwarzania form oraz rdzeni, sypki materiał formierski jest spajany przy użyciu lepiszczy. Typowymi lepiszczami są¹⁵⁵:olej lniany, emulsja wodnego roztworu dekstryny i oleju roślinnego, roztwór kalafonii i oleju roślinnego w solwentnaftcie, tetral 30/10 (produkt polimeryzacji terpenów i kwasów żywiczno-tłuszczowych), dekstryna odlewnicza, melasa, żywice polimerowe (syntetyczne) (mocznikowo-formaldehadowe, fenolowo-formaldehadowe, mocznikowo-furfurylowe, melaminowo-formaldehadowe i in.). Jako dodatki do formowania mas stosuje się różne materiały natury organicznej, jak np. trociny, mączka drzewna. Stosunkowo małą emisję obserwuje się podczas przygotowania form i rdzeni oraz wybijania i chłodzenia odlewów. Maksimum emisji występuje natomiast podczas operacji zalewania form, gdy gorący płynny metal powoduje rozkład lepiszczy i dodatków.

2.1.4.6. Przemysł chemiczny

Przemysł chemiczny jest istotną gałęzią gospodarki narodowej o wartości sprzedaży wynoszącej ok. 10% całkowitej sprzedaży przemysłowej w Polsce. Jest to sektor o bardzo zróżnicowanym profilu produkcyjnym oraz bardzo różnej wielkości poszczególnych zakładów. Istnieją wielkie wielozakładowe kombinaty o asortymencie produkcji sięgającym dziesiątek, a nawet setek rodzajów wyrobów. Są też zakłady średnie, a także małe, o bardzo wyspecjalizowanej produkcji¹⁵⁶.

Do obiektów, w których może dochodzić do wyzwiania się lotnych zanieczyszczeń powietrza o silnym zapachu, można zaliczyć zakłady i wytwórnie zajmujące się produkcją następujących towarów:

- produkty pochodne ropy naftowej;
- kwas fosforowy i nawozy fosforowe;
- tworzywa sztuczne;
- wyroby z tworzyw sztucznych;
- włókna syntetyczne;

¹⁵⁵ Poradnik Inżyniera - Odlewnictwo, praca zbiorowa. WNT, Warszawa 1986.

¹⁵⁶ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

- farmaceutyki;
- kosmetyki;
- środki pomocnicze (środki czystości, higieny, ochrony roślin itp.);
- wyroby gumowe;
- farby i lakiery.

Wymieniono tu grupy produktów finalnych, nie podając, o jaki konkretny wyrób chodzi. Praktycznie w każdej z grup można wyliczyć dziesiątki specyficznych produktów, których wytwarzanie jest obciążone emisją LZO mających zapach. Produkty finalne powstają z półproduktów uzyskiwanych często w wielkich ilościach (liczonych w tonach). Służą one jako surowce do syntez lub składniki mieszanin stanowiących produkt finalny. Opis produkcji tych związków, z uwzględnieniem towarzyszącej tym procesom emisji do atmosfery, można znaleźć w publikacji dotyczącej stosowaniu BAT w tej branży¹⁵⁷. W większości przypadków emisje w tej gałęzi przemysłu są dobrze zdefiniowane pod względem składu chemicznego. Mieszaniny zanieczyszczeń nie są zbyt złożone, a ponadto zwykle występują w nich zanieczyszczenia dominujące, decydujące o zapachu emitowanych gazów odlotowych. Przełożenie informacji o stężeniach masowych lub informacji o strumieniach masowych emitowanych zanieczyszczeń na informacje dotyczące emisji odorotwórczych wymaga znajomości progów wyczuwalności węchowej rozpatrywanych zanieczyszczeń.

Na szczególną uwagę zasługują zakłady o największym tonażu poddawany przetworzeniu, a zarazem o największych przychodach ze sprzedaży, czyli zakłady o niewątpliwie największym znaczeniu dla gospodarki. Rafinerie ropy naftowej są producentami pełnej gamy lub tylko części takich wyrobów, jak paliwa do silników spalinowych, oleje opałowe, surowce i półprodukty dla przemysłu chemicznego, specyfiki, oleje smarne, parafina, woski syntetyczne, smoły, asfalt¹⁵⁸. Produkcja może się odbywać systemem zachowawczym lub z daleko idącym chemicznym przetwarzaniem poszczególnych frakcji surowca. Wielkość produkcji tej gałęzi przemysłu w Polsce jest zbliżona do 20 mln Mg rocznie¹⁵⁹. Spośród siedmiu polskich rafinerii dwie największe - w Płocku oraz w Gdańsku - mają decydujący wpływ na wielkość produkcji. Główne składniki surowca to lotne węglowodory, które mają zapach. Ponadto ropa zawiera zwykle takie zanieczyszczenia, jak siarkowodór oraz organiczne związki siarki.

Do źródeł uwalniania lotnych związków wonnych w rafineriach zalicza się procesy produkcyjne (destylacja, kraking, reforming, uszlachetnianie oraz oczyszczanie surowca i produktów), a także operacje pomocnicze (transport, przeładunek, magazynowanie). Emisje z procesów produkcyjnych można ujmować w systemy zorganizowane i poddawać niszczeniu. Często stosuje się w tym celu prosty sposób spalania powstających gazów i oparów w pochodniach. Szczególnym źródłem wyzwiania się uciążliwych zapachowo związków jest proces oksydacji asfaltów.

¹⁵⁷ Praca zbiorowa: *Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), Wytyczne dla Branży Chemicznej w Polsce*.

Wielkotonażowe Chemikalia Organiczne. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, czerwiec 2005.

¹⁵⁸ Praca zbiorowa *Charakterystyka technologiczna ropy i gazu w Unii Europejskiej*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, wrzesień 2003.

¹⁵⁹ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

Pozostałość po destylacji, mazistą ciecz, poddaje się procesowi utwardzania na drodze częściowego utleniania jej składników. Przez podgrzaną ciecz przepuszcza się powietrze. Emitowane podczas procesu gorące gazy (zawierające węglowodory o sumarycznym stężeniu kilku g/m³ oraz organiczne związki siarkowe i aldehydy o stężeniach od kilkudziesięciu do kilkuset mg/m³¹⁶⁰) powinny być bezwzględnie poddawane oczyszczaniu - najlepiej metodą spalania termicznego. Bez oczyszczania tych gazów, co dawniej było tolerowane, charakterystyczny zapach był wyczuwany w dużych odległościach od zakładu. Trudniejsze jest ograniczanie emisji z operacji pomocniczych (odpowietrzanie aparatów, „oddechy” zbiorników magazynowych, systemy przeładunku surowca i produktów oraz półproduktów, nieszczelności systemów transportowych). Opary unoszące się z systemów odpowietrzania i „oddechów” zbiorników można stosunkowo łatwo wychwycić w instalacjach absorpcyjnych lub adsorpcyjnych. To działanie ma nie tylko znaczenie ochronne, lecz także ekonomiczne. Trudniejszym zadaniem jest unikanie emisji niezorganizowanej z systemów transportu mediów (szczególnie wskutek nieszczelności pomp, sprężarek, zaworów i kołnierzy). Wskaźnik emisji LZO w rafineriach europejskich jest bardzo zróżnicowany, mieści się w granicach 0,005-0,6% w odniesieniu do wielkości przerobu, z czego emisja niezorganizowana z systemów transportu może mieć udział 20-50% całości¹⁶¹.

Emisje z przemysłu chemicznego podlegają przepisom regulującym ograniczanie emisji konkretnych zanieczyszczeń chemicznych¹⁶² oraz sumarycznej ilości LZO¹⁶³. Na ogół stosowanie się do nich likwiduje również problem emisji zapachów. Przepisami objęto przypadki, w których szkodliwość gazów wyzwalanych w procesach stanowi większe zagrożenie dla środowiska niż uciążliwość zapachowa. Zazwyczaj nie prowadzi się wtedy pomiarów stężenia zapachowego gazów. Zdarzają się jednak wyjątki od tej sytuacji. Bardzo dużą uciążliwością zapachową odznaczają się wytwórnie kwasu fosforowego i nawozów fosforowych. Wśród różnych powodów występowania zapachów w procesie produkcyjnym za główny można uznać obecność związków organicznych w podstawowym surowcu, czyli w fosforytach¹⁶⁴.

2.1.4.7. Przemysł celulozowo-papierniczy

To gałąź przemysłu przetwórczego wykorzystująca jako surowiec do obróbki zasoby określonych gatunków drzew zgromadzone w kompleksach leśnych na potrzeby wytworzenia tworzyw papierniczych.

Podstawowe surowce wykorzystywane do produkcji papieru to: włókna roślinne, których dostarczają nam takie drzewa, jak: jodła, sosna, świerk, topola, buk, osika oraz rośliny jednoroczne, takie, jak: len, konopie, słoma zbóż, trzcina, oraz bawełna.

¹⁶⁰ Zgórska K. *Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa na cele spożywcze*. Ziemniaki - nowe wyzwania. Biznes Press Sp. z o.o., 2003

¹⁶¹ Praca zbiorowa *Charakterystyka technologiczna ropy i gazu w Unii Europejskiej*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, wrzesień 2003.

¹⁶² Rozporządzenie Ministra Środowiska, DzU nr 1, poz. 12, 2002.

¹⁶³ Poradnik Inżyniera - Odlewnictwo, praca zbiorowa. WNT, Warszawa 1986

¹⁶⁴ Kośmider J. i inni: *Odory*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2002

Proces wytwarzania papieru i tektury zawierają następujące etapy¹⁶⁵:

- przygotowanie masy;
- układ doprowadzenia masy do wlewu;
- maszyna papiernicza i tekturница składające się z:
 - wlewu, który wprowadza zawieszinę włókien na sito oraz tworzy jednorodną dyspersję włókien na całej szerokości sita;
 - części sitowej, która odwadnia wstęgi papieru do zawartości ok. 12-20 % substancji stałej;
 - części prasowej, która usuwa więcej wody z tej wstęgi przez odprasowanie do zawartości wilgoci ok. 50%;
 - części suszącej, która usuwa resztki wilgoci przez ogrzewanie tej wstęgi za pomocą cylindrów suszących;
 - nawijaka, który nawija tę wstęgę w postaci zwoju.
- zależnie od odmiany papieru lub tektury występują (fakultatywnie) dodatkowe jednostki procesowe, takie jak: kalandry, powlekarki, oddział przygotowania mieszanki powlekającej, przewijarko-krajarki i oddział pakowania zwojów.

Istnieją dwa podstawowe sposoby uzyskiwania włókien celulozowych:

Metoda mechaniczna, która polega na moczeniu („zmiękczenie” ligniny) oraz polega na mieleniu drewna w młynie lub między kamieniami ścieraka, aż do momentu oddzielenia włókien celulozowych. Przy tej metodzie korzysta się również z innych części drzewa, np. lignina i żywice. Jest to efektywna metoda, ponieważ wykorzystywane jest ok. 95% objętości drzewa. W metodzie chemicznej wstępnie oczyszczone i zmielone drewno (tzw. zrębki) poddaje się trawieniu za pomocą substancji chemicznych (często na bazie siarki). Dzięki temu można uzyskać długie, czyste włókna celulozowe, odporne na starzenie się. W metodzie tej wykorzystuje się do dalszej produkcji papieru jedynie czyste włókna celulozowe, zaś pozostałe składniki drewna (lignina, żywice) nie są używane do produkcji papieru. Oznacza to więc większe zużycie drewna niż w metodzie mechanicznej, a uzyskaną pulpę nazywa się niefortunnie masą celulozową bezdrzewną, a wydrukowany z niej papier – papierem bezdrzewnym.

Istnieją jeszcze technologie łączące ze sobą metodę chemiczną i mechaniczną, polegające na ścieraniu drewna w wysokiej temperaturze i pod wyższym ciśnieniem, a następnie nasycaniu chemikaliami.

¹⁶⁵ BAT w przemyśle celulozowo-papierniczym

2.2. Lista i poziom uciążliwości substancji i związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

2.2.1. Oczyszczalnie ścieków

W tym rozdziale zaprezentowane są ładunki zanieczyszczeń, emisje odorów z danego obiektu i stężenie zanieczyszczeń, występujących na oczyszczalni ścieków.

Ładunek zanieczyszczeń (tabela 5) przypadający na 1 m³ ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków w ściekach surowych liczony ze wszystkich prób wykonywanych na oczyszczalni ścieków.

Tabela 5 Bilans ładunków zanieczyszczeń w ściekach dopływających do Oczyszczalni Ścieków w przykładowej OŚ¹⁶⁶

Rok	Ładunek zanieczyszczeń				
	BZT ₅	ChZT	Azot og.	Fosfor og.	Zawiesina
	g/m ³	g/m ³	g/m ³	g/m ³	g/m ³
2013	301,0	800,4	72,9	7,0	363,4
2014	386,2	969,0	80,6	9,1	468,8
Średnia	343,6	884,7	76,7	8,1	416,1

Poniżej w tabeli nr. 6 zaprezentowano emisje odorów z osadników wstępnych, wszystkie dane są oparte na badaniach, na wybranej oczyszczalni, dlatego należy mieć na uwadze, że wyniki mogą się nieco różnić w zależności od wielkości oczyszczalni, zastosowanych technologii, składów ścieków, które dopływają do oczyszczalni oraz sposobu prowadzenia procesów oczyszczania ścieków.

Tabela 6 Emisja odorów z osadników wstępnych¹⁶⁷

Nr poboru	Stężenie odorów	Jednostkowa emisja odorów	Emisja odorów	Emisja całkowita odorów z trzech osadników
	[ou _e /m ³]	[ou _e /s/m ²]	[ou _e /s]	[ou _e /s]
1	1022	40,6	55622	166866
2	723	28,5	39045	117135
3	1729	68,5	93845	281535
4	723	28,5	39045	117135
5	1132	44,9	61513	184539
6	1094	43,4	59458	178374
7	341	13,6	18632	55896

¹⁶⁶ Kompleksowa modernizacja oczyszczalni ścieków w Opolu – Wytyczne do PFU

¹⁶⁷ Sobczyński P., Sówka I., Bezyk Y.* *Charakterystyka zmienności emisji odorów z osadników wstępnych i jej wpływ na zasięg oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków komunalnych*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2015

Nr poboru	Stężenie odorów	Jednostkowa emisja odorów	Emisja odorów	Emisja całkowita odorów z trzech osadników
	[ou _e /m ³]	[ou _e /s/m ²]	[ou _e /s]	[ou _e /s]
8	478	18,8	25756	77268
9	585	23	31510	94530
10	268	10,6	14522	43566
11	627	24,9	34113	102339
12	527	20,9	28633	85899
13	198	7,9	10823	32469
14	219	8,8	12056	36168

Stężenie zanieczyszczeń, które występują nad powierzchnią ścieków komunalnych prezentuje tabela 7.

Tabela 7 Stężenie zanieczyszczeń nad powierzchnią ścieków komunalnych¹⁶⁸

substancja	stężenie	próg wyczuwalności	stężenie zapachowe
—	c [ppm]	c _{th} [ppm]	c _{od} [ou/m ³] = c / c _{th}
siarkowodór	1,1·10 ⁻³ –0,78	a) 0,008	0,09–65
		b) 0,018	
metanotiol	1,0·10 ⁻³ –0,55	a) 0,002	0,07–393
		b) 0,001	
etanotiol	1,6·10 ⁻⁵ –7,4·10 ⁻²	a) 0,00076	0,011–85
		b) 0,0011	
n-propanotiol	7,5·10 ⁻⁵ –1,6·10 ⁻³	a) –	0,075–1,6
		b) 0,001	
n-butanotiol	8,2·10 ⁻⁴ –6·10 ⁻³	a) 0,00097	0,68–5
		b) 0,0014	
sulfid dimetylowy	1,5·10 ⁻³ –2·10 ⁻²	a) 0,0023	0,65–8,7
		b) 0,0023	
sulfid dietylowy	2,5·10 ⁻⁴ –6·10 ⁻⁴	a) –	0,063–0,15
		b) 0,004	
disulfid dietylowy	5,4·10 ⁻⁵	a) –	0,013
		b) 0,00043	
amoniak	1,9·10 ⁻² –5,5	a) 5,2	0,003–1,0
		b) 5,75	

¹⁶⁸Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., B.: *Odory*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.

substancja	stężenie	próg wyczuwalności	stężenie zapachowe
metyloamina	3,3	a) 3,2	13,2
		b) 0,02	
trimetyloamina	1,7	a) 0,00044	1810
		b) 0,002	
pirydyna	$1,3 \cdot 10^{-2}$ –0,82	a) 0,17	0,11–6,8
		b) 0,084	
indol	brak danych	a) –	brak danych
		b) 0,000032	
skatol	$7,5 \cdot 10^{-8}$ – $1,9 \cdot 10^{-2}$	a) –	10^{-4} –33,6
		b) 0,000565	
acetamid	brak danych	a) –	brak danych
(etanoamid)		b) 60	
kwas butanowy (masłowy)	$2,8 \cdot 10^{-4}$ – $5,6 \cdot 10^{-4}$	a) –	0,07–0,14
		b) 0,004	
kwas pentanowy (walerianowy)	$6 \cdot 10^{-4}$	a) –	0,12
		b) 0,005	
fenol	$4,7 \cdot 10^{-2}$ –0,65	a) 0,04	0,71–9,9
		b) 0,109	
p-krezol	$4,7 \cdot 10^{-4}$	a) –	0,26
		b) 0,0018	

2.2.2 Przetwarzanie i składowanie odpadów

2.2.2.1. Mechaniczno – biologiczne przetwarzanie(MBP)

Poniżej przedstawiono listę związków organicznych, które zostały zidentyfikowane podczas mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (Tabela 8).¹⁶⁹

Tabela 8 Lista związków zapachowo czynnych potencjalnie uciążliwa zapachowo zidentyfikowana podczas przetwarzania odpadów w instalacjach MBP¹⁷⁰

Alkany		
1,1-dimetylocyklopentan	4-metylononan	n-dodekan
1,3-dimetylocykloheksan	5 rozgałęziony alkan	n-heptan
1,4-dimetylocykloheksan	5-metyloundekan	n-heksan
10 rozgałęziony alkan	6 alkilocykloheksan	n-nonan
11 rozgałęziony alkan	butylocykloheksan	n-pentadekan

¹⁶⁹Dokument referencyjny nt. najlepszych dostępnych technik: Przemysł Przetwarzania Odpadów, 2006.

¹⁷⁰Dokument referencyjny nt. najlepszych dostępnych technik: Przemysł Przetwarzania Odpadów, 2006.

2 rozgałęziony alkan	2 C3-cykloheksan	n-pentan
2 rozgałęziony undekan	C4 –cykloheksan	n-tetradekan
2,3-dimetylopentan	cykloheksan	n-tridekan
2,4-difenylo-4-metylo-2-penten	dekan	n-undekan
2-metyloodekan	dimetylocykloheksan	nonadekan
2-metyloheptan	dodekan	propylocykloheksan
2-metyloheksan	etylocykloheksan	tridekan
2-metylononan	etylocyklopentan	trimetylobenzen
2-metyloundekan	heksadekan	trimetylocykloheksan
3-metyloodekan	metylocyklopentan	undekan
3-metyloheptan	metylobutan	3 rozgałęziony heptan
3-metyloheksan	metylocykloheksan	7 rozgałęziony nonan
3-metylononan	metylooktan	2 rozgałęziony oktan
4-metyloheptan	n-dekan	rozgałęziony dodekan
WWA		
1,2,3,4-tetrahydrometylnaftalen	naftalen	acenaften
1,2,3,4-tetrahydronaftalen (tetralina)	dimetylnaftalen	metyloodekalina
etylnaftalen (winylnaftalen)	1-metylnaftalen	2 -metylnaftalen
dekahydrometylo-naftalen	metylotetralina	
Kwasy i estry		
ester etylowy kwasu 2-butenowego	ester metylowy kwasu masłowego	kwas heksanowy (kapronowy)
ester etylowy kwasu 2-2 metylomasłowego	ester kwasu węglowego	ester etylowy kwasu heksanowego
ester etylowy kwasu 3-6 metylomasłowego	kwas węglowy	ester etylowy kwasu tłuszczowego
ester etylowy kwasu alkanowego	kwas octowy	ester izopropylowy kwasu mirystynowego

ester etylowy kwasu 2 alkanowego (kwas >C7)	kwas alkanowy	ester metylowy kwasu pentanowego
-1- ester metylowo-etylowy kwasu octowego	ester alkilowy kwasu octowego	ester etylowy kwasu propanowego
kwas benzoesowy	ester butylowy kwasu octowego	ester metylowy kwasu propanowego
ester benzylowy kwasu benzoesowego	ester etylowy kwasu octowego	kwas tetradekanowy
kwas butanowy (masłowy)	ester metylowy kwasu octowego	kwas heksadekanowy
ester etylowy kwasu masłowego		
Terpeny		
a-pinen	b-pinen	mircen
pinen	D-limonen	3-karan
mircen	kamfora	
Aldehydy/ketony		
1,2-difenyloetanon	3-buten-2-on	heksanal
2,3-butandion	3-hydroksy-2-butanon	metyl-2-butanon
5 2-alkanon	3-pentanon	metylizobutyloketon
2-butanon	etanal (acetaldehyd)	nonanal
2-heptanon	propanon (aceton)	oktanol
2-heksanon	acetofenon	pentanal
2-metylopropanal	dekanal	rozgałęziony 2-heptanon
2-pentanon	difenyloetandion	dodekanal
2-undekanon		
Alkohole		
1-butanol	2-metylo-1-propanol	izopropanol
1-pentanol	2-metylobutanol	rozgałęziony alkanol
2-butanol	3-metylo-1-butanol	rozgałęziony pentanol

2-etylo-1-heksanol	butanol	etanol
2-metylo-1-butanol		
Benzeny/alkilobenzeny		
benzen	2 C6-benzen	metylopropylobenzen
5 C3-benzen	3-dimetyloetylobenzen	propylobenzen
C4-benzen	etylobenzen	styrol
1-metylopropylobenzen	etylometylobenzen	toluen
15 C4-benzen	o/m/p-ksylen	3-trimetylobenzoen
7 C5-benzen	metyloizopropylobenzol	
Związki chlorowcowane		
1,1,1-trichloroetan	dichlorometan	tetrachloroetylen
dichlorobenzen	fluoroetylen	trichloroetylen
Związki siarki		
2-butantiol	sulfid dimetylowy	ditlenek siarki
disulfid dimetylu	metanotiol	disiarczek węgla
Siloksany		
cykloheksasiloksan	cyklotetrasiloksan	cyklosiloksan
cyklopentasiloksan	heksametylodisiloksan	siloksan
oktametylocyklotetra-disiloksan		
Ftalany		
dietyloftalan	dimetyloftalan	
Etery		
tetrahydrofuran		

Kwarciak-Kozłowska i Bańka na podstawie zbioru danych literatury przedmiotu podają następujące związki chemiczne potencjalnie uciążliwe zapachowo, identyfikowane w poszczególnych fazach kompostowania:

Tabela 9 Substancje zapachowe identyfikowane w poszczególnych fazach kompostowania – opracowanie własne na podstawie¹⁷¹

Faza kompostowania	Charakterystyczne substancje zapachowe	stężenia zapachowe ou _g /m ³
mezofilna	aldehydy, alkohole, estry kwasów karboksylowych, ketony, siarczki, sulfidy, terpentyny	6000 - 25000
	W fazie tej następuje emisja odorów gnilnych oraz odorów uwalniających się na wskutek przemian tlenowo-beztlenowych.	
termofilna	ketony, terpeny, amoniak, związki siarkoorganiczne,	1000-9000
	Faza ta charakteryzuje się intensywnym rozkładem materii organicznej, powstają substancje silnie pachnące.	
ochładzania i przebudowy	siarczki, sulfidy, amoniak, terpeny	150-3000

Wykaz substancji zidentyfikowanych w gazach odlotowych pochodzących z biologicznego przetwarzania odpadów zawiera tabela numer 10. Związki chemiczne wyszczególnione w Tabeli 10 mogą wywoływać uciążliwości zapachową, której poziom determinowany jest rodzajem emitowanych substancji, stężeniem emisyjnym oraz wielkością emisji.^{172,173}

¹⁷¹Kwarcia-Kozłowska A., Bańka, B., *Biofiltracja jako metoda unieszkodliwiania odorów powstających podczas kompostowania frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych i przemysłowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t. 17, nr 4, 2014.

¹⁷²Wieczorek A., *Wpływ emisji lotnych związków organicznych na zapach gazów odlotowych z kompostowni odpadów*, Ochrona Środowiska, 1 (68), 1998.

¹⁷³Wieczorek A., *Źródła i oddziaływanie odorantów emitowanych z kompostowni odpadów*, Przegląd komunalny, nr 11, 104-107, 2005.

Tabela 10 Wykaz substancji zidentyfikowanych w gazach odlotowych pochodzących z biologicznego przetwarzania odpadów

L.p.	Związek
Węglowodory alifatyczne	
1.	2,3-dimetylobutan
Węglowodory aromatyczne	
1.	1,2-dichlorobenzen
2.	1,4-dichlorobenzen
3.	1,2,4-trimetylobenzen
4.	1,3,5-trimetylobenzen (mezytylen)
5.	kumen
6.	n-propylobenzen
7.	n-butylobenzen
8.	p- i m-ksylen
9.	p-cymen
10.	etylobenzen
11.	styren
12.	toluen
13.	naftalen
Węglowodory cykliczne	
1.	dipenten
2.	1-metylo-4-(1-metyloetylo)-cykloheksen
3.	3,7,7-trimetylo-bicyklo[4.1.0]heptan,
4.	sabinan
Alkohole	
1.	etanol
2.	n- propanol
3.	izopropanol
4.	izobutanol
5.	n-butanol
6.	II-rz. alkohol butylowy
7.	pent-1-en-3-ol
Fenole	
1.	fenol
2.	krezol
Związki siarki	
1.	metanotiol
2.	sulfid dimetylowy
3.	disulfid dimetylu
4.	disulfid metyloowo-propylowy
5.	disiarczek węgla
Związki azotu	
1.	pirydyna

2.	pirazyna
Związki nieorganiczne	
1.	siarkowodór
2.	amoniak
Etery	
1.	eter dietylowy
Terpeny	
1.	alfa-pinen
2.	beta-pinen
3.	beta-myrcen
4.	kamfen
5.	limonen
6.	alfa-terpinen
7.	tujon
L.p.	Związek
Aldehydy	
1.	aldehyd izobutanowy (izomasłowy)
2.	aldehyd pikolinowy
3.	aldehyd izopentanowy (izowalerianowy)
4.	pentanal (aldehyd pentylowy / walerianowy)
Ketony	
1.	propanon (aceton)
2.	2-butanon (metyloetyloketon / MEK)
3.	propylometyloketon
4.	izobutylometyloketon
5.	izoamylometyloketon
6.	pentylometryloketon
Kwasy	
1.	kwase etanowy (octowy)
2.	kwase propanowy (propionowy)
3.	kwase butanowy (małowy)
4.	kwase pentanowy (walerianowy)
5.	kwase heksanowy (kapronowy)
6.	bezwodnik kwasu butanowego (małowego)
7.	kwase heptanowy
Furany i związki podobne	
1.	2-metylofuran
2.	2-etylofuran
3.	2-pentylofuran
4.	2H-piran-2-ol
5.	4,5-dimetylo-3-hydroksy-2(5H)-furanon
Estry	
1.	mrówczan etylu
2.	octan metylu

3.	octan etylu
4.	octan II-rz. butylu
5.	octan izoamylu
6.	propionian metylu
7.	propionian etylu
8.	propionian propylu
9.	propionian butylu
10.	maślan metylu
11.	maślan etylu
12.	maślan propylu
13.	ester metylowy kwasu walerianowego
14.	ester etylowy kwasu walerianowego
15.	ester metylowy kwasu kapronowego
16.	ester etylowy kwasu kapronowego
17.	ester metylowy kwasu enantowego
18.	ester etylowy kwasu enantowego
19.	ester etylowy kwasu izowalerianowego

Średnie stężenia emisyjne oraz sumaryczną emisję związków chemicznych wytwarzanych podczas procesu kompostowania przedstawia Tabela 11.

Tabela 11 Średnie stężenia emisyjne i sumaryczna emisja związków chemicznych w procesie kompostowania¹⁷⁴

L.p.	Substancja	Średnie stężenie [mg/m ³]	Emisja [g/Mg wsadu]
1.	Alkohole	80	285
2.	Związki karbonylowe	45	158
3.	Terpeny	18	82
4.	Estry	25	53
5.	Związki siarki (bez siarkowodoru (H ₂ S))	2,4	9,2
6.	Etery	1,2	2,7
7.	Węglowodory, łącznie z chlorowcopochodnymi	-	2,9*
8.	Amoniak (NH ₃)	227	152

* - na tonę suchej masy wsadu

Listę związków chemicznych, które zostały określone w gazach odlotowych emitowanych z zakładów w Dusslingen wyszczególniono w Tabeli 12.

¹⁷⁴Wieczorek A., *Źródła i oddziaływanie odorantów emitowanych z kompostowni odpadów*, Przegląd komunalny, nr 11, 104-107, 2005.

Tabela 12 Lista związków chemicznych określonych w gazach odlotowych z zakładów w Dusslingen¹⁷⁵

L.p.	Odorant
Węglowodory	
3.	dekan
4.	undekan
5.	dodekan
6.	tridekan
7.	tetradekan
8.	toluen
9.	styren
10.	o-cymol
11.	trimetylobenzen
12.	dimetylobenzen
13.	tetrametylobenzen
14.	naftalen
15.	1-metylnaftalen
Węglowodory chlorowane	
16.	1,4-dichlorobenzen
Terpeny	
17.	alfa-pinen
18.	limonen
19.	myrcen
20.	alfa-terpinen
21.	gamma-terpinen
Aldehydy i ketony	
22.	heptanal
23.	oktanal
24.	nonanal
25.	benzaldehyd
26.	aldehyd salicylowy
27.	2-heptanon
28.	3-heptanon
Odorant	
29.	4-heptanon
30.	2-oktanon
31.	4-oktanon
32.	3-metylo-4-heptanon
33.	6-metylo-2-heptanon
34.	6-metylo-5-hepten-2-on
35.	2-nonanon

¹⁷⁵Wieczorek A., *Wpływ emisji lotnych związków organicznych na zapach gazów odlotowych z kompostowni odpadów*, Ochrona Środowiska, 1 (68), 1998.

L.p.	Odorant
36.	3-nonanon
37.	2-dekanon
38.	3-dekanon
39.	2-undekanon
40.	3-undekanon
41.	2,2,6 - trimetylo-cykloheksanon
42.	trans2-metylo-5-izopropylo-3-cykloheksanon
43.	acetofenon
44.	o-metyloacetofenon
45.	propifenon
46.	3-hydroksy-2-butanon
Alkohole	
47.	1-pentanol
48.	2-heksanol
49.	3-heksen-1-ol
50.	1-heptanol
51.	2-heptanol
52.	3-heptanol
53.	1-oktanol
54.	2-oktanol
55.	3-oktanol
56.	2-nonanol
57.	alfa-terpineol
Odorant	
58.	linalol
59.	2-fenylloetanol
60.	2-butoksyetanol
Związki bicykliczne	
61.	kamfora
62.	fenchon
63.	eukaliptol
64.	borneol
Związki azotu	
65.	pirydyna
66.	2-metylopirydyna
67.	2-etylopirydyna
68.	3-etylopirydyna
69.	2,6-dimetylo-pirydyna
70.	pirazyna
71.	metylopirazyna
72.	2,5-dimetylo-pirazyna
73.	etylopirazyna

L.p.	Odorant
74.	trimetylopirazyna
75.	tetrametylopirazyna
Związku tlenu	
76.	aldehyd 2-furylowy (furfural)
77.	aldehyd 5-metylo-2-furylowy
78.	1-(2-furylo)etanon
Związki siarki	
79.	disulfid dimetylowy
80.	trisulfid dimetylowy
Kwasy karboksylowe	
81.	kwas masłowy
82.	kwas walerianowy

2.2.2.2. Składowiska odpadów

Progi węchowej wyczuwalności produktów mikrobiologicznej degradacji biomasy zostały przedstawione w Tabeli 13.

Tabela 13 Progi węchowej wyczuwalności produktów mikrobiologicznej degradacji biomasy¹⁷⁶

L.p.	Związek	m	S _{PPWW} , geom.[ppm]	BS [x/÷]
1.	amoniak	11	5,2	2,0
2.	metyloamina	2	3,2	4,6
3.	dimetyloamina	6	0,34	3,1
4.	trimetyloamina	3	0,00044	1,4
5.	dietyloamina	6	0,13	2,9
6.	trietyloamina	4	0,48	2,1
7.	siarkowodór	25	0,0081	1,5
8.	metanotiol	8	0,0016	2,0
9.	etanotiol	12	0,00076	2,0
10.	n-butanotiol	6	0,00097	1,4
11.	kwas metanowy (mrówkowy)	4	49	1,9
12.	kwas etanowy (octowy)	14	0,48	1,5
13.	kwas propanowy (propionowy)	11	0,16	1,8
14.	metanol	13	100	2,0
15.	etanol	13	84	1,8
16.	n-butanol	20	0,83	1,4

¹⁷⁶ Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszynski B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.

Objaśnienia: *m* – liczba danych literaturowych, *S_{PWW, geom.}* – średnia geometryczna, *BS* – błąd standardowy średniej geometrycznej

Progi zapachu głównych odorantów składowiskowych wyszczególniono w Tabeli 14.

Tabela 14 Progi zapachu głównych odorantów składowiskowych¹⁷⁷

L.p.	Nazwa substancji	Próg zapachu [mg/m ³]
1.	tetrabutanol	0,00032
2.	benzenotiol (tiofenol)	0,0003; 0,0012-0,062
3.	propanotiol	0,00025; 0,003
4.	sulfid dimetylowy	0,00028; 0,003 – 1,1; 0,006
5.	sulfid dietylowy	0,003-0,25; 0,016
6.	etanotiol	0,0005; 0,00004-0,19; 0,002-0,003
7.	siarkowódór	0,0007; 0,001-1,1; 0,012-0,027
8.	pentylotiol	0,0014
9.	metanotiol	0,0024; 0,000002-1,1; 0,002-0,004
10.	chlorofenol	0,019-0,18
11.	amoniak	1-37; 3,95-4,36
12.	2 – propenotiol (merkaptan allilowy)	0,0002; 0,0003-0,05
13.	pentanotiol (merkaptan amylowy)	0,0014
14.	benzylotiol	0,001; 0,001-0,19
15.	2-butenotiol (merkaptan krotylowy)	0,00011; 0,006-0,029
16.	indol	0,00017
17.	skatol (3-metyloindol)	0,006-1,2; 0,0033
18.	kwas etanowy (octowy)	0,6-2,7
19.	kwas butanowy (masłowy)	0,001-0,004; 0,016
20.	tiokrezol	0,014-0,1
21.	metyloamina	0,028
22.	trimetyloamina	0,005

W Tabeli 15 zestawiono progi wyczuwalności węchowej wybranych składników śladowych gazów składowiskowych.

¹⁷⁷Ciupryk M., Gaj K., *Ekologiczne przesłanki utylizacji biogazu składowiskowego*, Energetyka i Ekologia, nr 2, 123-126, 2004.

Tabela 15 Progi wyczuwalności węchowej wybranych składników śladowych gazów składowiskowego¹⁷⁸

L.p.	związek zapachowy	stężenie w gazie składowiskowym* [mg/ m ³]	zakres wyczuwalności zapachowej** [mg/ m ³]	progu
1.	Kwas butanowy (masłowy)	0,1 – 210	0,0000029 - 9	
2.	Butanotiol	0,01 – 16,1	0,006 - 12	
3.	Dietylodisulfid	0,1 – 1,0	0,0003 – 0,02	
4.	Dimetylodisulfid	0,02 - 40	0,00023 - 12	
5.	Dimetylosulfid	0,02 - 135	0,00033 – 0,6	
6.	Etanotiol	0,1 - 120	0,00025 – 0,001	
7.	Metanotiol	0,005 - 430	0,0000003 – 0,02	
8.	Maślan etylu	0,1 - 350	0,00003 – 0,28	
9.	Siarkowodór	0,0005 – 97,152	0,0001 – 2,8	
10.	Maślan metylu	0,2 – 125	0,0019 – 0,077	
11.	Propanotiol	0,05 – 2,1	0,0000025 – 0,00014	
12.	Ksilen	0,0015 - 1100	0,02- 100	

*średnia literaturowa ** AIHA 1999 i AEAT 1994 & 1997

W poniższej tabeli (Tabela 16) scharakteryzowano związki odorowe, które występują w biogazie oraz zawarto progi wyczuwalności zapachowej przez człowieka.

¹⁷⁸McKendry, P., Looney, J. H., & McKenzie, A. (2002). Managing odour risk at landfill sites: main report. Millennium Science & Engineering Ltd and Viridis, United Kingdom. Mitiani, Y., Shoji, Y., Kuriyama, K., (2008), 'Estimating Economic Values of Vegetation Restoration with Choice Experiments: A Case Study of An Endangered Species in Lake Kasumigaura, Japan', *Landscape Ecol Eng*, 4, 103-113.

Tabela 16 Związki odorowe występujące w biogazie i granice wyczuwalności ich woni przez człowieka¹⁷⁹

Lp.	Nazwa związku	Wzór chemiczny	Granica wyczuwalności [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Charakterystyka zapachu
1.	dimetylodisulfid	$(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$	0,1	zgniła kapusta
2.	disiarczek węgla	CS_2	24	zgniła dynia
3.	dimetylosulfid	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	2,5	zgniła kapusta
4.	metanotiol	$(\text{CH}_3)\text{HS}$	0,04	ostry zapach siarki
5.	siarkowodór	H_2S	0,7	zepsute jaja
6.	cyjanowodór	HCN	2000	gorzkie migdały
7.	amoniak	NH_3	24	medyczny
8.	trimetyloamina	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	0,11	zepsute ryby
9.	kwasek etanowy (octowy)	CH_3COOH	1019	octowy
10.	kwasek propanowy (propionowy)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	28	zjełczone masło
11.	kwasek butanowy (masłowy)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	0,3	intensywny zapach zjełczonego masła (broń chemiczna)
12.	metanol	CH_3OH	13000	spiryтусowy
13.	etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	342	spiryтусowy
14.	Terpeny – różne związki	łańcuchy budujące jednostki izoprenowe	różna w zależności od związku	przyjemny, ale są wzmacniaczami odorów

2.2.2.3. Termiczne przekształcanie odpadów

Stężenie substancji zapachowoczynnych wydzielających się w procesach termicznego przekształcania odpadów przedstawiono w Tabeli 17.

¹⁷⁹ Nowakowski S., *Monitoring na składowisku odpadów; emisja odorów i gazów toksycznych. Cz. II.*, Przegląd komunalny, nr 6, 2003.

Tabela 17 Stężenie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) związków zapachowych z instalacji termicznego przekształcania odpadów (n.q. - brak pomiaru (ang. not quantified)¹⁸⁰

L.p.	Substancja	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	L.p.	Substancja	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1.	pentan	1	115.	etylocykloheksan	n.q.
2.	trichlorofluorometan	2	116.	metrylooktan	0,12
3.	acetonitryl	13,70	117.	dimetylodioksan	n.q.
4.	propanon (aceton)	17,60	118.	furfural	0,18
5.	jodometan	0,50	119.	chlorobenzen	2,11
6.	dichlorometan	20,00	120.	metryloheksanol	0,20
7.	2-metylo-2-propanol	n.q.	121.	trimetylocykloheksan	0,05
8.	2-metylopentan	3,20	122.	etylobenzen	2,56
9.	chloroform	2,00	123.	kwask metanowy (mrówkowy)	n.q.
10.	octan etylu	4,80	124.	ksylen	7,77
11.	2,2-dimetylo-3-pentanol	7,00	125.	kwask etanowy (octowy)	n.q.
12.	cycloheksan	1,70	126.	karbonyl alifatyczny	0,19
13.	benzen	15,00	127.	etylometylocykloheksan	0,07
14.	2-metyloheksan	3,60	128.	pochodna ksylenu	1,79
15.	3-metyloheksan	2,70	129.	2-heptanon	n.q.
16.	1,3-dimetylocyklopentan	1,00	130.	2-butoksyetanol	0,23
17.	1,2-dimetylocyklopentan	1,00	131.	nonan	0,57
18.	trichloroeten	4,00	132.	butylocykloheksan	0,11
19.	heptan	4,70	133.	propylocykloheksan	0,16
20.	metrylocykloheksan	4,70	134.	dimetrylooktan	0,07
21.	etylocyklopentan	1,00	135.	C ₁₀ H ₂₂ HC (związek niezidentyfikowany)*	0,27
22.	2-heksanon	1,60	136.	C ₁₀ H ₂₂ HC (związek niezidentyfikowany)*	0,18
23.	toluen	34,00	137.	kwask pentanowy	1,31
24.	1,2-dimetylocykloheksan	0,03	138.	propylobenzen	0,28
25.	octan izopropylu	0,23	139.	C ₆ H ₁₂ OHC (związek niezidentyfikowany)*	0,11
26.	3-metyloheptan	n.q.	140.	benzaldehyd	1,32
27.	aldehyd nienasycony	n.q.	141.	2-metylofuran	0,15
28.	oktan	n.q.	142.	1-etylo-2-metylobenzen	1,26
29.	tetrachloroetylen	0,16	143.	1,3,5-trimetylobenzen	0,34
30.	maślan etylu	0,08	144.	C ₁₂ H ₂₆ alkohol	0,13
31.	octan butylu	5,72	145.	trimetylobenzen	0,42
32.	benzonitryl	0,30	146.	benzaldehyd	1,81
33.	metrylopropylocykloheksan	0,02	147.	2,4-dichlorofenol	2,39
34.	pochodna	0,24	148.	1,2,4-trichlorobenzen	0,55

¹⁸⁰Jay K., Stieglitz L., *Identification and quantification of volatile organic components in emissions of waste incineration plants*, Chemosphere, 30(7), 1249-1260, 1995.

L.p.	Substancja	µg/m ³	L.p.	Substancja	µg/m ³
	metylopropylocykloheksanu				
35.	2-chlorofenol	0,53	149.	naftalen	1,51
36.	1,2,4-trimetylobenzen	1,17	150.	cyklopentasiloksan	0,06
37.	fenol	1,40	151.	acetofenon	0,76
38.	C ₁₀ H ₂₀ HC (związek niezidentyfikowany)*	0,04	152.	C ₉ H ₈ O związek aromatyczny	0,11
39.	1,3-dichlorobenzen	0,21	153.	2- chlorofenol	0,08
40.	1,4-dichlorobenzen	0,51	154.	4-chlorofenol	1,25
41.	dekan	0,94	155.	benzotiazol	0,31
42.	kwas heksanowy	1,07	156.	kwas benzoesowy	100,92
43.	1-etylo-4-metylobenzen	0,22	157.	kwas oktanowy	0,28
44.	2-metylo-izopropylobenzen	2,19	158.	2-bromo-4-chlorofenol	0,47
45.	cyklotetrasiloksan	n.q.	159.	1,2,5-trichlorobenzen	0,12
46.	1,2-dichlorobenzen	0,02	160.	dodekan	0,14
47.	alkohol benzylowy	3,97	161.	bromochlorofenol	0,23
48.	trimetylobenzen	n.q.	162.	2,4-dichloro-6-metylofenol	0,16
49.	1-metylo-3-propylobenzen	0,10	163.	dichlorometylofenol	0,26
50.	2-etylo-1,4-dimetylobenzen	0,10	164.	pochodna dichlorometylofenolu	0,15
51.	C ₆ H ₁₀ O ₂ karbonyl alifatyczny	0,26	165.	hydroksybenzonitryl	0,08
52.	2-metylobenzaldehyd	1,87	166.	tetrachlorobenzen	0,28
53.	1-metylo-2-propylobenzen	0,12	167.	kwas metylobenzoesowy	4,23
54.	metylodekan	0,06	168.	związek azotu, m.mol. 269	2,04
55.	C ₁₂ H ₂₆ HC	0,05	169.	C ₉ H ₁₈ O ₃ związek alifatyczny*	0,30
56.	4-metylobenzaldehyd	0,96	170.	trichlorofenol	0,18
57.	C ₁₃ H ₂₈ HC (związek niezidentyfikowany)*	0,34	171.	pochodna kwasu benzoesowego	0,50
58.	1-etylo-3,5-dimetylobenzen	n.q.	172.	pochodna naftalenu	0,08
59.	pochodna metylobenzenu	0,21	173.	2,4,6-trichlorofenol	9,55
60.	bromochlorobenzen	n.q.	174.	4-etyloacetofenon	0,59
61.	4-metylofenol	0,43	175.	2,3,5-trichlorofenol	0,49
62.	mrówczan benzylu	0,12	176.	kwas 4-chlorobenzoesowy	1,16
63.	2-chloro-6-metylofenol	0,10	177.	2,3,4-trichlorofenol	0,48
64.	etylodimetylobenzen	0,00	178.	1,2,3,5-tetrachlorobenzen	0,30
65.	undekan	0,67	179.	pochodna naftalenu	0,64
66.	kwas heptanowy	0,50	180.	3,4,5-trichlorofenol	0,04
67.	C ₈ H ₁₄ O pochodna cykloheksanonu	0,16	181.	kwas chlorobenzoesowy	0,91
68.	1-(chlorometylo)-4- metylobenzen	0,28	182.	2-hydroksy-3,5- dichlorobenzaldehyd	0,03
69.	1,3-dietylobenzen	0,15	183.	2-metylodifenyl	0,20
70.	1,2,3-trichlorobenzen	0,07	184.	2-nitrostyren	0,76

L.p.	Substancja	µg/m ³	L.p.	Substancja	µg/m ³
71.	C ₄ alkilobenzen	0,05	185.	kwask dekanowy	1,44
72.	C ₅ alkilobenzen	0,03	186.	hydroksymetoksybenzaldehyd	0,12
73.	alkohol 4-metylobenzylowy	0,95	187.	hydroksychloroacetofenon	0,07
74.	kwask etyloheksanowy	0,60	188.	kwask etylobenzoosowy	35,31
75.	C ₉ H ₈ O związek aromatyczny*	0,05	189.	kwask tetradekanowy	15,08
76.	2,6-dichloro-4-nitrofenol	0,05	190.	oktadekan	0,91
77.	kwask benzenosulfonowy, m.mol. 192	0,58	191.	ftalan (związek z grupy ftalanów)	0,17
78.	4-bromo-2,5-dichlorofenol	1,20	192.	aromatyczny związek azotu, m.mol. 405	2,08
79.	2-etylodifenyl	0,17	193.	ester izopropylowy kwasu tetradekanowego	0,20
80.	bromodichlorofenol	0,33	194.	kofeina	0,14
81.	pochodna furanu	0,11	195.	kwask metylotetradekanowy	2,71
82.	ftalan (związek z grupy ftalanów)	0,32	196.	ester ftalowy kwasu C ₁₅	1,06
83.	C ₈ H ₅ O ₂ N (związek niezidentyfikowany)*	0,12	197.	kwask pentadekanowy	1,41
84.	związek krzemoorganiczny	0,24	198.	metylofenantren	0,06
85.	pochodna benzochinonu	0,20	199.	aromatyczny związek azotu, m.mol. 405	0,58
86.	3,4,6-trichloro-1- metylofenol	1,50	200.	nanodekan	0,48
87.	pochodna metoksyfenolu	1,23	201.	pochodna nanodekanu	1,92
88.	2,2'-dimetylodifenyl	0,78	202.	antrachinon	0,14
89.	2,3'- dimetylodifenyl	1,72	203.	ftalan dibutylowy	7,66
90.	pentachlorobenzen	0,42	204.	kwask heksadekanowy	36,78
91.	dibenzyl	0,82	205.	siarka elementarna, S ₈	1,87
92.	pochodna chlorobenzenu 1	1,77	206.	ejkozan	0,28
93.	pochodna chlorobenzenu 2	0,67	207.	kwask metyloheksadekanowy	1,97
94.	C ₈ H ₅ BrCl ₃ , związek aromatyczny, m.mol. 284	0,24	208.	fluoranten	0,19
95.	1-metylo-2- fenylometylobenzen	0,68	209.	pentachlorodifenyl	0,21
96.	pochodna fenylometylobenzenu	0,35	210.	alkohol alifatyczny	0,88
97.	2,3,4,6-tetrachlorofenol	4,42	211.	kwask heptadekanowy	n.q.
98.	tetrachlorobenzofuran	0,26	212.	piren	0,25
99.	fluoren	0,01	213.	pochodna ejkozanu	0,31
100.	ftalan (związek z grupy ftalanów)	0,05	214.	kwask oktadekadienowy	0,00

L.p.	Substancja	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	L.p.	Substancja	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
101.	kwask dodekanowy	0,94	215.	pochozna kwasu oktaeekanowego	1,67
102.	3,3'-dimetylodifenyl	0,72	216.	pentachlorodifenyl	0,16
103.	3,4'- dimetylodifenyl	1,01	217.	amid alifatyczny	0,74
104.	dimetylodifenyl	0,14	218.	kwask oktaeekanowy	2,23
105.	heksaeekan	0,50	219.	amid kwasowy	1,20
106.	benzofenon	1,16	220.	dokoza	0,35
107.	C ₁₁ H ₁₅ O ₂ N związka organiczny*	0,53	221.	heksachlorodifenyl	0,30
108.	kwask trieekaanowy	0,14	222.	ftalan (związka z grupy ftalanów)	2,80
109.	heksachlorobenzen	0,11	223.	amid alifatyczny	26,67
110.	heptaeekaan	0,36	224.	ftalan (związka z grupy ftalanów)	11,23
111.	fluorenon	1,69	225.	pochozna fenantrenu	0,48
112.	dibenzotiofen	0,19	226.	cholesterol	0,70
113.	pentachlorofenol	1,92	227.	kwask karboksylowy, m.mol. 224	0,27
114.	fenantren	1,09			

* niezidentyfikowany związka, o podanym wzorze sumarycznym (ten sam wzór sumaryczny zidentyfikowany w analizie jakościowej mogą mieć różne związki chemiczne)

2.2.3. Produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze¹⁸¹

2.2.3.1. Zakłady mięsne

W zakładach mięsnych, w których ciąg technologiczny jest prowadzony od przyjęcia żywca, w głównej mierze wołowego, poprzez pozyskanie półtuszy, aż do wyrobów garmazeryjnych i wędliniarskich. Stężenie zapachowe w gazach wentylowanych z hali przyjęć żywca oraz pozostałych pomieszczeń technologicznych wynosiło poniżej 100 ou_E/m³. Jedynie w gazach wędzarniczych stężenie było wysokie, osiągało wartość 185 000 ou_E/m³. Stężenie odorowe w gazach wentylowanych z hali krat wynosiło ok. 70 ou_E/m³. Stężenie w gazach ulatujących w sposób niezorganizowany znad zbiornika wyrównawczego ścieków przekraczało 1300 ou_E/m³.

Typowymi zanieczyszczeniami gazów wędzarniczych są takie związki, jak fenol, 2-propenal (akroleina), kwasy tłuszczowe (kwasy karboksylowe o krótkich łańcuchach węglowodorowych), metanal (formaldehyd), substancje smoliste i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne¹⁸². W gazach z hali przyjęć wyraźnie wyczuwalny jest także

¹⁸¹ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją

Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹⁸² Technische Grundlagen für die Beurteilung von Einwirkungen die beim Betrieb von Koch-, Selch-, Brat- und Backanlagen auftreten können und Abhilfemaßnahmen. Österreichische Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, 2004.

zapach amoniaku. Ważnym źródłem emisji odorów są tutaj także ścieki, poddawane jedynie wstępnemu oczyszczaniu mechanicznemu na kratkach, a następnie uśrednianiu.

2.2.3.2. Przetwórstwo odpadów poubojowych

Wyniki pomiarów stężeń odorowych gazów w różnych fazach pracy destruktora w przetwórstwie odpadów poubojowych przedstawia Tabela 18.

Tabela 18 Wyniki pomiarów stężeń odorowych gazów w różnych fazach pracy destruktora

Źródło odorów	Wyniki pomiarów, [ou _E /m ³]	Wartość średnia [ou _E /m ³]
Wyziwy (po kondensacji) z faz redukcji ciśnienia i suszenia	1 512 000 2 160 000 3 060 000	2 025 000
Wyziwy (po kondensacji) z fazy podgrzewania	228 000 100 800	175 200
Powietrze wentylacyjne przy zamkniętym destruktorze	1600 1100	1 350
Powietrze wentylacyjne podczas opróżniania destruktora	3600 2200 4500	3 825

Z przedstawionych danych wynika, że w omawianym przypadku większa część substancji odorotwórczych (ok. 85%) jest odprowadzana w sposób mniej uciążliwy dla otoczenia, bo w postaci ścieków, które są poddawane neutralizacji w oczyszczalni. Oznaczenia wykonane dla oparów przed kondensacją wykazały, że stężenia odorowe mogą sięgać niewiarygodnie wysokich wartości 30-40 mln ou/m³.

Opisany proces produkcji mączki mięsno-kostnej nie jest jedynym sposobem zagospodarowania odpadów poubojowych. Istnieją też zakłady, w których w inny sposób przetwarza się te odpady, jak np. fabryki żelatyny, topialnie łoju i tłuszczów odpadowych, fabryki śrutu kostnego, przetwórnice szczeciny (tabela 19).

Tabela 19 Literaturowe dane na temat emisji z różnego rodzaju obiektów (produkcja mączki mięsno-kostnej)

Źródło emisji	Stężenie zanieczyszczeń		
Przetwórnia odpadów rzeźnych i konfiskat	siarkowodór	20	mg/m ³
	amoniak	50	mg/m ³
	odory*	1000-20 000	ou/m ³
Topialnia łożu	odory*	1000	ou/m ³
Przetwórnia szczeciny	odory*	800-2500	ou/m ³
Fabryka żelatyny	węgiel organiczny	4,4	mg/m ³
	aldehydy	0,44	mg/m ³
	amoniak	1,1	mg/m ³
	odory*	400-700	ou/m ³
Fabryka mączki	odory*	20 000	ou/m ³
Przerób kości	odory*	23 300	ou/m ³
	lotne związki organiczne	3,8	mg/m ³
	węgiel organiczny	8,5	mg/m ³
	zasadowe związki azotu	0,41	mg/m ³
	aldehydy	0,72	mg/m ³
	amoniak	9,51	mg/m ³

*niezidentyfikowane związki odorowe mierzone metodą olfaktometryczną

2.2.3.3. Przetwórstwo ryb i odpadów rybnych

Wartości stężeń zanieczyszczeń w gazach emitowanych przy przemysłowym przetwórstwie ryb, w zależności od źródeł emisji, przedstawiono w tabeli numer 20.

Tabela 20 Przykładowe wartości stężeń zanieczyszczeń w gazach emitowanych przy przemysłowym przetwórstwie ryb.

Źródło emisji	Stężenie zanieczyszczeń		
Gotowanie i suszenie ryb do celów konsumpcyjnych	lotne związki organiczne	30	mg/m ³
	węgiel organiczny	43	mg/m ³
	zasadowe związki azotu	20	mg/m ³
	aldehydy	1,9	mg/m ³
	kwasy organiczne	1,95	mg/m ³
	amoniak	0,25	mg/m ³
	odory*	232	ou/m ³
Wędzenie ryb	węgiel organiczny	256	mg/m ³
	zasadowe związki azotu	3,6	mg/m ³
	aldehydy	22	mg/m ³
	kwasy organiczne	70	mg/m ³
	WWA	13,5	ljg/m ³
	odory*	1650	ou/m ³
Przetwórstwo ryb(smażenie i produkcja konserw	lotne związki organiczne	30	mg/m ³
	węgiel organiczny	83,7	mg/m ³
	zasadowe związki azotu	19,8	mg/m ³
	aldehydy	1,9	mg/m ³
	kwasy organiczne	1,9	mg/m ³
	amoniak	0,3	mg/m ³

* pomiary olfaktometryczne

Przetwarzanie ryb wiąże się z powstawaniem znacznych ilości odpadów zawierających dużo białka (do 20%). Najczęściej są one przerabiane na mączkę rybną, będącą cennym składnikiem pasz dla zwierząt. Proces jest prowadzony, podobnie jak przy produkcji mączek mięsno-kostnych, w destruktorach Hartmanna. W procesie wyzwala się znaczna ilość związków odorotwórczych. Stężenie zapachowe może sięgać znacznych wartości. W dużej mierze zależy to od stanu surowca. W przypadku gdy surowiec jest świeży, wskaźniki emisji kształtują się na poziomie: 0,15 kg trimetyloaminy oraz 0,005 kg siarkowodoru na Mg surowca, gdy zaś surowiec jest zleżały, nieświeży, to te wskaźniki sięgają wartości 1,75 kg dla trimetyloaminy i 0,10 kg dla siarkowodoru¹⁸³.

¹⁸³ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

2.2.3.4. Piekarnie i wytwórnie pieczywa cukierniczego

Podczas wypieku, w podwyższonej temperaturze, część z wymienionych wcześniej substancji przechodzi do gazów ulatujących z pieca, nadając im zapach o niewątpliwie przyjemnym charakterze. W przypadku małych obiektów piekarskich, gazy wydostające się z pieców do pomieszczeń roboczych ulatują do atmosfery w sposób niezorganizowany (przez okna, drzwi, nieszczelności). Większe obiekty są zaopatrzone w systemy wentylacyjne. Jednostkowa wielkość emisji zapachu podczas wypieku jest oceniana na 800-1600 ou na 1 kg produktu. Z kolei stężenia zapachowe gazów pobranych z różnych miejsc ciągu technologicznego wypieku ciastek wahały się w granicach 200-9500 ou_E/m³. Działalność zakładu, w którym wykonano badania, jest wyczuwalna w odległości do 200 m (przy małych prędkościach wiatru). Okresowy kontakt z zapachem, który jest uznawany powszechnie za przyjemny, nie wywołuje na ogół niechęci ani skarg.

2.2.3.5. Wytwórnie kakao i czekolady

Stężenia ważniejszych związków wonnych mieszczą się w granicach 6-18 ppm. Stężenie zapachowe przyjmuje wartości 5000-15 000 ou/m³¹⁸⁴. Mniejsze ilości substancji zapachowych o podobnych właściwościach wyzwalają się podczas kolejnych operacji: schładzania ziarna po prażeniu, mielenia ziarna, oddzielania tłuszczu (masła kakaowego), oczyszczania tłuszczu (systemem podciśnieniowym), preparowania i konfekcjonowania czekolady. Wyzwalane w opisanych procesach zapachy można zaliczyć do przyjemnych. Mogą one stanowić przyczynę uciążliwości w przypadku dużych stężeń zapachowych, ale tylko w bliskim otoczeniu źródeł emisji.

2.2.3.6. Browarnictwo

Podczas warzenia beczki wyzwalany zapach pochodzi od złożonej kompozycji licznych związków wonnych. Za najistotniejsze z nich uważa się 3-metylobutanal¹⁸⁵ (odpowiedzialny głównie za zapach słodu), a także dimetylosulfid oraz mircen. Podczas schładzania powstających oparów większość wonnych związków jest usuwana z kondensatem, dlatego wielkość emisji zapachów zależy od stopnia schłodzenia. Innymi źródłami emisji zapachów są silosy, w których składowane są wysłodziny oraz osady powstające podczas filtrowania piwa. W procesie produkcji piwa powstaje też znaczna ilość uciążliwych ścieków. Proces ich oczyszczania też może być źródłem emisji zapachów. W dwu ostatnich przypadkach wielkość emisji odorów w znaczący sposób zależy od tego, jak starannie jest prowadzona gospodarka ściekami oraz osadami.

Wielkość emisji z procesów browarnictwa nie została dokładnie przebadana. Istnieją jedynie wyrywkowe informacje dotyczące identyfikacji związków złowonnych. Z drugiej strony należałoby wnioskować, iż stężenie związków złowonnych w powietrzu wiąże się przede wszystkim z procesami zagospodarowywania ścieków browarnianych. Dlatego wielkości podane w rozdziałach dotyczących ścieków powinny charakteryzować te źródła emisji.

¹⁸⁴ Richter C.J. i inni: *Forschungsbericht FZKA-BWPLUS*, 2002.

¹⁸⁵ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

Natomiast jedno źródło literaturowe podaje, że stężenie odorów w procesach browarnianych, a dokładnie w miejscach podczyszczania ścieków może wahać się w przedziale 46 108 - 48 548 ou_E/m³ powietrza.

2.2.3.7. Gorzelnictwo

Pomiary stężeń odorów w zakresie gorzelnictwa w zależności od miejsca poboru przedstawia tabela 21.

Tabela 21 Dane dotyczące pomiarów stężeń odorów w zakresie gorzelnictwa¹⁸⁶

Miejsce poboru prób	Wyniki oznaczeń [ou _E /m ³]	Wartość średnia [ou _E /m ³]
Komora fermentacyjna	18 700 22 200 23 200	21 100
Za skrubierem	3650 13 000	9400

2.2.3.8. Cukrownie

Na różnych etapach procesu produkcyjnego (realizowanego w czasie kampanii cukrowniczej trwającej do 4 miesięcy) dochodzi do emisji odorów. Stężenia zapachowe emitowanych gazów mieszczą się w granicach 30-1800 ou_E/m³. Wielkość emisji zapachów, z jednego z wiodących zakładów tej branży, można ocenić na $3,3 \cdot 10^5$ ou_E/s. Całorocznym źródłem emisji zapachów są osadniki wód splawiakowych. Niosą one ze sobą szlam zawierający glebę oraz drobne cząstki buraków (nitkowate korzenie). Przebiegająca w warunkach beztlenowych fermentacja materii organicznej sprawia, że osadniki są całorocznym źródłem emisji zapachów. Aktywność tego źródła wzrasta, gdy panują wysokie temperatury (okres letni) oraz podczas usuwania osadu, prowadzonego przez kilka dni w sezonie wiosennym. Średnia wartość stężenia zapachu w powietrzu nad osadnikami, wg wykonanych badań, wynosiła ok. 150 ou_E/m³. Cukrownie, zwłaszcza te położone w pobliżu osiedli miejskich, mogą być postrzegane jako źródło uciążliwości zapachowej¹⁸⁷.

¹⁸⁶ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

¹⁸⁷ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

2.2.3.9. Produkcja zwierzęca

Ze względu na znaczny zakres jakościowy emisji odorantów wyniki badań podano w postaci sum stężeń dla poszczególnych grup funkcyjnych. Wielkość emisji odorantów z utrzymania tuczników przedstawia tabela 22.¹⁸⁸

Tabela 22 Wielkość emisji głównych grup odorantów z utrzymania tuczników [kg/szt./rok]

Grupa związków	System utrzymania		
	płytką podściółką	głęboka ściółka	rusztowy
Amoniak	2,31 aB	3,67 aC	5,24 BC
Siarkowodór	0,084 aB	0,108 aC	0,322 BC
Ditlenek siarki	0,043 A	0,071 AB	0,048 B
Aldehydy	2,102* ab	2,656* ac	3,489* bc
Alkohole	0,72* aB	0,983* aC	1,564* BC
Ketony	1,401* a	1,585* b	1,962* ab
Kwasy organiczne	0,586* aB	0,6736* aC	0,8407* BC
Tiole (Merkaptany)	5,606* aB	6,423* ac	7,789* Bc
Fenole	20,53* aB	22,342* aC	38,91* BC
Aminy	7,24* A	7,792* B	12,92* AB
Estry	0,694* aB	0,716* ac	0,978* Bc

AC, aC ... - różnice istotnie statystyczne

Z kolei tabela 23 przedstawia wielkość emisji głównych grup odorantów z utrzymania krów w trakcie laktacji [kg/szt./rok]

¹⁸⁸ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

Tabela 23 Wielkość emisji głównych grup odorantów z utrzymania krów w trakcie laktacji [kg/szt./rok]

Grupa związków	System utrzymania			
	głęboka ściółka trocinowa	płytką ściółka	głęboka ściółka słomiasta	bezściółkowy
Amoniak	72,5 A	47,1 A	63,7 A	90,9 A
Siarkowodór	0,379 Aa	0,019 ABC	0,351 Ba	0,473 aC
Ditlenek siarki	24,1 abA	19,3 aB	28,4 bC	56,1 ABC
Aldehydy	29,73* ab	19,02* ade	24,56* bdf	37,23* cef
Alkohole	12,40* ab	7,2* ade	9,83* bdf	17,6* cef
Ketony	16,96* aA	14,01* bB	15,85* C	23,80* ABC
Kwasy organiczne	78,2* bAB	58,867* aAC	67,363* abD	103,52* BCD
Tiole	7,142* abd	5,606* ace	6,423* bcf	8,190* def
Fenole	29,84* aBA	20,53* aB	22,342* bC	40,924* ABC
Aminy	100,01* abA	72,4* aB	77,92* bC	147,08* ABC
Estry	8,23* abC	6,94* aD	7,16* bE	12,30* CDE

AC, aC ... - różnice istotnie statystyczne

W przypadku wielkoprzemysłowych ferm hodowlanych mamy do czynienia przede wszystkim z emisją amoniaku i metanu. W mniejszym stopniu dochodzi do emisji siarkowodoru i merkaptanów. Zgodnie ze wspomnianym dokumentem referencyjnym BREF¹⁸⁹ emisja odorów z tego typu przedsięwzięć jest znaczna, a wiąże się przede wszystkim z postępowaniem z gnojowicą. Poniższa tabela prezentuje wyniki badań poziomów emisji odoru z gnojowicy świńskiej.

¹⁸⁹ Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control) Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń

Tabela 24 Wyniki badań poziomów emisji odoru z gnojowicy świńskiej¹⁹⁰

Emisje	Dieta niskobiałkowa	Typowa dieta białkowa
Jednostka odoru (OU _E /sekundę)	371	949
H ₂ S (mg/sekundę)	0,008	0,021

W zależności od rodzaju hodowli emisja amoniaku bądź metanu jest różna. Poniższe tabele prezentują wielkość emisji związków złoonych z budynków inwentarskich na terenach wielkoprzemysłowych ferm hodowlanych.

Tabela 25 Wskazania poziomów emisji z budynków drobiarskich (kg/szt./rok)¹⁹¹

Drób	NH ₃	CH ₄
Kury nioski	0,010-0,386	0,021-0,043
Brojlery	0,005-0,315	0,004-0,006
Indyki	0,190-0,68	Brak danych
Kaczki	0,210	
Perlice	0,80	

Tabela 26 Zakres emisji z systemów utrzymania świń (kg/miejsce/rok)¹⁹²

Kategoria	System chowu		NH ₃	CH ₄
Maciory	Krycie/ciąża		0,4	21,1
	Po wyproszeniu		0,8-0,9	brak danych
Warchlaki	<30 kg		0,06-0,8	3,9
Tuczniki	>30 kg	Całkowite ruszty	1,35-3,0	2,8-4,5
		Częściowe ruszty	0,9-2,4	4,2-11,1
		Pełna podłoga i ściółka	2,1-4	0,9-1,1

¹⁹⁰ Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control) Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń

¹⁹¹ Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control) Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń

¹⁹² Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control) Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń

Tabela 27 Emisje NH₃ dla różnych technik przechowywania odchodów¹⁹³

Gatunek	Technika przechowywania nawozu i Gnojowicy	Czynnik kg/szt./rok	Straty %
		NH ₃	NH ₃
Drób	Otwarty magazyn obornika	0,08	Brak danych
Świnie	Obornik na pryzmie	2,1	20-25
	Przechowywanie moczu	Brak danych	40-50
	Gnojowica w zbiornikach Naziemnych	2,1	10
	Gnojowica w lagunach	Brak danych	10

2.2.3.10. Instalacje do produkcji mleka lub wyrobów mleczarskich

Nie istnieją szczegółowe badania potwierdzające emisję związków złowonnych z terenów mleczarnie. Niemniej jednak, na podstawie wiedzy o procesach prowadzonych na terenie instalacji mleczarskich można spodziewać się emisji charakterystycznych substancji złowonnych.

W miejscu nieprawidłowo działających instalacji chłodzących, może dochodzić do zwiększonej emisji amoniaku. Ponadto w miejscu gromadzenia ścieków przemysłowych z terenu mleczarni może dochodzić do emisji nieorganicznych i organicznych związków. Ścieki mleczarskie oczyszczane są metodami chemicznymi, fizycznymi oraz biologicznymi, spośród których biologiczne oczyszczanie ścieków odgrywa najważniejszą rolę¹⁹⁴. Najczęściej metody te polegają na gromadzeniu ścieków w lagunach, bądź oczyszczaniu ich z wykorzystaniem złóż biologicznie czynnych. W trakcie oczyszczania ścieków mleczarskich, poza wspomnianym amoniakiem, może dochodzić także do emisji: kwasu mlekowego, alkoholi, metanu.

W związku z tym, iż zasób literaturowy na temat wielkości emisji związków złowonnych z oczyszczania ścieków mleczarskich jest bardzo zawężony, trudno jest określić poziom emisji tych substancji do powietrza. Niemniej jednak należałoby przypuszczać, że poziom emisji związków złowonnych może występować na poziomie zbliżonym do emisji z oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem złóż biologicznych. Szczegółowe dane na ten temat zostały określone w rozdziale 2.2.1.

¹⁹³ Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń (IPPC - Integrated Pollution Prevention and Control) Dokument Referencyjny o Najlepszych Dostępnych Technikach dla Intensywnego Chowu Drobiu i Świń

¹⁹⁴ Burnett J. *Nutrient removal practices in the dairy industry*. Bulletin of IDF, 366, 2001.

2.2.3.11. Hodowle zwierząt futerkowych

Przemysłowe hodowle zwierząt futerkowych w tym norek amerykańskich są źródłem emisji odorów, a co z tym związane uciążliwości zapachowych dla otoczenia. Problemy odorowe są przyczyną protestów lokalnych społeczności oraz licznych skarg skierowanych do odpowiednich organów. Określa się, iż emisje substancji złowonnych pochodzą m.in. z odchodów zwierzęcych, obornika powstających w fermach oraz płyty obornikowej.^{195,196}

Hodowla norek związana jest z wydzielaniem się substancji złowonnych, a w szczególności amoniaku, siarkowodoru, związków siarkoorganicznych, amin, kwasów tłuszczowych. Niemniej jednak większość związków jest nieznana i określana, jako związki odorowe. Ponadto wielkość emisji determinowana jest warunkami atmosferycznymi, etapem procesu hodowlanego oraz składem i rodzajem paszy. Odnosząc się do raportu o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia pod nazwą: „Budowa fermy norek na terenie działek rolnych o numerach 98, 99 i 100 w obrębie Jędrzejewo, gmina Lubasz” maksymalny wskaźnik emisji odorów na 1000 norek został scharakteryzowany na poziomie 389 ou/s.^{197,198}

2.2.3.12. Produkcja podłoża pod uprawę grzybów

W przypadku produkcji podłoża pod uprawę wielkość straty (emisja) 271 g [N-NH₃] na m²/rok podaje Chambers [2001]¹⁹⁹. Chadwick i in. [2002]²⁰⁰ podają także, że przechowywanie pomiotu kurzego w zamkniętych pomieszczeniach może przyczynić się do ograniczenia emisji amoniaku nawet o 60-86%. Bardzo istotnym problemem jest mieszanie samego materiału bądź jego transport. Otóż w doświadczeniu prowadzonym przez Nicholsona [2004] straty amoniaku podczas transportu sięgały 750 g [N-NH₃] /m²/dzień, podczas gdy przerzucanie pryzm powodowało straty 6-10 g [N-NH₃] /m²/dzień (a więc około 14,7 razy większe, jak w przypadku uśrednionych strat przy magazynowaniu). W świetle prowadzenia procesu mieszania pomiotu w przedmiotowym zakładzie na otwartej powierzchni ma to bardzo istotne znaczenie. Dodatkowo Noble i in. [2002]²⁰¹ donoszą, że podczas kompostowania pomiotu kurzego wraz ze słomą (we wszystkich trzech fazach) może dochodzić do znacznych strat amoniaku w ilości 460-3069 mg/kg substratu. Wartość ta stanowiła drugą, największą spośród różnych substratów.

¹⁹⁵ NIK, Informacja o wynikach kontroli, Nadzór nad funkcjonowaniem ferm zwierząt, KRR-4101-01-00/2014, Nr ewid. 181/2014/P/14/050/KRR, 12.11.2014.

¹⁹⁶ Kujawski H. i in., Raport o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia pod nazwą: „Budowa fermy norek na terenie działek rolnych o numerach 98, 99 i 100 w obrębie Jędrzejewo, gmina Lubasz.

¹⁹⁷ Kujawski H. i in., Raport o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia pod nazwą: „Budowa fermy norek na terenie działek rolnych o numerach 98, 99 i 100 w obrębie Jędrzejewo, gmina Lubasz.

¹⁹⁸ Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszynski B., Odory, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.

¹⁹⁹ Chambers B J (2001). *Management techniques to minimize ammonia emissions during storage and land spreading of poultry manures*. Final Report to Department for Environment Food and Rural Affairs, Project WA0712, UK.

²⁰⁰ Chadwick D R;Matthews R;Nicholson R J;Chambers B J; Boyles L O (2002). *Management practices to reduce*

ammonia emissions from pig and cattle manure stores. In: Venglovsky, J., Greserova, G. (Eds.), Proceedings of the 10th International Conference of the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural Municipal and Industrial Residues in Agriculture RAMIRAN 2002. Kosice, Slovak Republic, pp. 219–222

²⁰¹ Noble, R., Hobbs, P. J., Mead, A., & Dobrovin-Pennington, A. (2002). *Influence of straw types and nitrogen sources on mushroom composting emissions and compost productivity*. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 29(3), 99-110.

Dodatkowo wiele badań wskazuje na to, iż podczas kompostowania pomiotu kurzego oraz produkcji podłoża pod uprawę pieczarek następuje intensywna emisja związków złoonych. Emisja ta ma największe znaczenie podczas pierwszej, wstępnej fazy kompostowania oraz przetrucania i mieszania pomiotu. Smet i in. [1998]²⁰² podają, że podczas kompostowania i produkcji podłoża pod uprawę pieczarek następuje także intensywna emisja takich związków jak: siarkowodór (H_2S), tlenosiarczek węgla (COS), disiarczek węgla (CS_2), oraz związki metylosiarczkowe ($MeSH$, Me_2S_2 , Me_2S_3). Koncentracja tych związków sięga stężenia 24-840 ppbv, gdzie Derikx i in. [1990]²⁰³ określają je jako główne związki odpowiedzialne za emisję odorów. Zgodnie ze Smetem i in. [1998]⁹ całkowita emisja siarki podczas tego procesu może osiągać 8,3 mg siarki na kg świeżej masy kompostu.

Z kolei Noble i in. [2002]⁸ podają, że kompostowanie pomiotu kurzego ze słomą, w różnych fazach może powodować emisję poszczególnych związków odorogennych na poziomach podanych w tabeli nr 28 (Stężenie wybranych odorantów w m^3 powietrza pobranego z nad procesu kompostowania wg. Noble i in. [2002]).

Tabela 28 Stężenie (emisja) wybranych odorantów w m^3 powietrza pobranego z nad procesu kompostowania

Związek	Wzór	Faza 0	Faza I/II
		Stężenie mg/m^3	
Siarkowodór	H_2S	0,09 - 0,73	2,45
Sulfid dimetylowy	DMS	0,26 - 2,06	4,94
Metanotiol	$MeSH$	0,07 - 0,46	---
Amoniak	NH_3	7 - 80	41-242
Propanon (Aceton)	C_3H_6O	0,74 - 1,38	---
Etanol	C_2H_6O	3,05 - 10,26	---
Butanol	$C_4H_{10}O$	2,58 - 13,6	---
Kwas etanowy (octowy)	CH_3COOH	0,37 - 1,043	---

2.2.3.13. Gospodarowanie nawozami naturalnymi

Wśród substancji uciążliwych zapachowo, emitowanych podczas stosowania nawozów naturalnych wyróżnić należy amoniak, siarkowodór oraz lotne związki organiczne. Głównym źródłem emisji oraz uciążliwości zapachowej, pochodzącej z produkcji rolniczej jest operacja magazynowania, jak i zagospodarowania nawozów naturalnych^{204,205}.

²⁰² Smet, E., Lens, P., & Langenhove, H. V. (1998). *Treatment of waste gases contaminated with odorous sulfur compounds*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 28(1), 89-117.

²⁰³ Derikx, P. J. L., Op Den Camp, H. J. M., Van Der Drift, C., Van Griensven, L. J. L. D., and Vogels, G. D. 1990. *Odorous sulfur compounds emitted during production of compost used as a substrate in mushroom cultivation*. Appl. Environ. Microbiol. 56, 176-180.

²⁰⁴ Szykowska M. I., Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szykowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.

²⁰⁵ Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, projekt, Departament Ochrony Powietrza i Klimatu, Warszawa 2016.

Badania przeprowadzone w Kanadzie wykazały, że w zakresie działalności rolniczej za emisję odorów w 20% odpowiedzialne są chlewnie, w 10% proces składowania odpadów, w 5% regeneracja, zaś stosowanie nawozów osiąga poziom 65%. Gnojowica stanowi źródło emisji blisko 400 lotnych związków organicznych i nieorganicznych o wysokim stopniu uciążliwości zapachowej. Wśród grup substancji potencjalnie uciążliwych zapachowo wyróżnia się lotne związki zawierające siarkę, lotne kwasy tłuszczowe, indole oraz fenole, amoniak, a także lotne aminy. Najważniejszymi związkami zapachowoczynnymi są: amoniak, siarkowodór, merkaptany, indol, fenole, skatole, aminy, siarczki metylu, diacetyl, p-krezol²⁰⁶.

Przemysłowy chów oraz hodowla zwierząt jest przyczyną wszelkich uciążliwości środowiskowych, w tym emisji substancji złowonnych. Wytwarzanie nawozów naturalnych (obornik, gnojowica) jest ściśle związane z chowem oraz hodowlą zwierząt. Podczas procesów produkcji zwierzęcej następuje uwalnianie się do atmosfery szkodliwych substancji (amoniak, metan) oraz szeregu związków, wywołujących nieprzyjemne wrażenie węchowe²⁰⁷.

2.2.4. Inne sektory gospodarki

2.2.4.1. Palarnie kawy

Procesy palenia oraz chłodzenia ziaren kawy, wiążą się z unoszeniem substancji wonnych. Są to takie związki chemiczne, jak aldehydy, alkohole, fenole, kwasy organiczne, estry, organiczne związki siarki oraz azotu. Szczególne znaczenie dla powstawania zapachów mają organiczne związki siarki (merkaptany) oraz azotu (aminy), a także LZO (lotne związki organiczne)²⁰⁸. Stężenie zapachowe gazów niepoddanych dezodoryzacji może sięgać $3 \cdot 10^5$ ou/m³. Z powodu podwyższonej temperatury tych gazów mogą one być poddawane procesowi dezodoryzacji na drodze spalania katalitycznego lub termicznego. Sprzyja temu duże stężenie całkowitego węgla organicznego, sięgające 10 g/m³. Dotyczy to gazów prażalniczych. Stężenie w gazach chłodzących jest oczywiście znacznie niższe.

Dane zawarte w dokumentach wskaźników emisji AP-42 wskazują²⁰⁹, iż emisja LZO w procesach palenia kawy może wahać się w przedziale od 0,0211-0,63 kg/Mg produktu.

2.2.4.2. Produkcja olejów roślinnych

W produkcji olejów roślinnych, wśród związków wonnych, wymienić należy przede wszystkim kwasy tłuszczowe oraz organiczne połączenia azotu, a w wypadku gdy przerabiany jest rzepak, dochodzi do tego siarkowodór i organiczne połączenia siarki. Wielkość strumienia gazów odlotowych wyzwalanego w ciągu technologicznym, szczególnie przy takich operacjach jak prażenie ziaren, suszenie i chłodzenie śruty, może przekraczać 5000 m³ na Mg przerabianego surowca. Zmierzone stężenie zapachowe w próbkach gazów, z suszenia

²⁰⁶Marszałek M., Banach M., Kowalski Z., Wpływ gnojowicy na środowisko naturalne–potencjalne zagrożenia.*Journal of Ecology and Health*, rok XV – nr 2(86), marzec-kwiecień 2011.

²⁰⁷Marszałek M., Banach M., Kowalski Z., Wpływ gnojowicy na środowisko naturalne–potencjalne zagrożenia.*Journal of Ecology and Health*, rok XV – nr 2(86), marzec-kwiecień 2011.

²⁰⁸ <http://www.edie.net/9423/pr/Coffee-roasting---Air-purification-without-the-smell/21034>

²⁰⁹EPA AP-42, Chapter 9.13, 9/95 and chapter 6.2-1 2/72

i chłodzenia śruty wyniosło 2000–6000 ou_E/m³, podczas gdy gazów ulatujących z instalacji ekstrakcji mogą osiągać wartość powyżej 100 000 ou_E/m³.²¹⁰

2.2.4.3. Zakłady tytoniowe

Wśród występujących w tych procesach związków zaobserwowano (przy użyciu chromatografu połączonego ze spektrografem masowym) m.in.: benzaldehyd (aldehyd benzoesowy), 1-tridekanol, kwas dodekanowy, menton, dimetylohydrazynę, dekalakton, nikotynę, kwas m-aminobenzoesowy, karan, longifolen, difluoren, mentol, fenylobenzen, tricyklodekan, dimetylofenol, difenylofuran, heksadicyklopentan, metyloantracen, 1,3-dimetylobarbita, 3,5-dichlorobenzaldehyd, tetrahydroksyfluoranten, 2,2-etoksymetoksytetrahydrofenantren, oktanopochodne²¹¹. Z przytoczonego składu niewiele można wywnioskować o zapachowym stężeniu gazów emitowanych z omawianego typu źródła, tym bardziej że jest to skład jakościowy. Według innych opracowań stężenia zapachowe w gazach odlotowych z obiektów tego typu mogą wynosić 210 ou/m³²¹² oraz 200-800 ou/m³²¹³. Są to wyniki sprzed wielu lat i przez to mogą budzić wątpliwości co do metodyki oznaczania. Z badań własnych, przeprowadzonych w ważnym zakładzie rozpatrywanej branży, wynika istnienie kilkunastu źródeł emisji występujących na różnych etapach produkcji. Stężenia zapachowe wynosiły 500-70 000 ou_E/m³. Całkowity maksymalny unos oceniono na ok. $3 \cdot 10^5$ ou_E/s. Należy jednak nadmienić, że większość gazów unoszonych ze źródeł stanowiły gorące opary, a samo ich schłodzenie i w następstwie kondensacja pary spowodowałyby zmniejszenie unosu do wielkości o rząd mniejszej.

2.2.4.4. Wytwórnie płyt wiórowych i paździerzowych

Wśród uwalnianych związków podczas procesów technologicznych, można wymienić: benzen, toluen, pineny (terpeny), aldehydy²¹⁴. Takie same zanieczyszczenia wyzwalają się także podczas prasowania kobierca w podwyższonej temperaturze. Ponadto dochodzą tu jeszcze związki uwalniane przy częściowym rozkładzie lepiszcza. Najczęściej stosowanymi lepiszczami są żywice mocznikowo-formaldehadowe, więc głównym zanieczyszczeniem powstałym z ich rozkładu jest metanal (formaldehyd). Podobne uciążliwości dla atmosfery stwarza produkcja płyt paździerzowych.

Wyzwalane w procesach zanieczyszczenia lotne sprawiają, że emisja ma charakter toksyczny i odorotwórczy. Doskonalenie technologii produkcji żywic (lepiszczy) sprawiło, że obecnie problem emisji metanal (formaldehydu) nie jest już tak odczuwalny jak dawniej, niemniej nie można go pominąć. Przykładowe wartości stężeń zanieczyszczeń podano w tabeli nr 29.

²¹⁰ Sówka I., *Metody identyfikacji odorotwórczych gazów emitowanych z obiektów przemysłowych*. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej · Wrocław 2011

²¹¹ Sporenberg F., Suder S.: I Symposium Odours - Control, Measurement, Regulation. Świnoujście 1993, 259-278.

²¹² VDI-Richtlinien 3477.

²¹³ Ahrnberg K.M.: VDI-Berichte 416 (1982), 79-82.

²¹⁴ Bernert J.: Wasser, Luft und Betrieb, 20 (1976), Nr 2, 75-78.

Tabela 29 Stężenia zanieczyszczeń organicznych w gazach emitowanych z wytwórni płyt²¹⁵

Źródło emisji	Stężenie zanieczyszczeń		
Zakłady płyt wiórowych	metanal (formaldehyd)	145	mg/m ³
Zakłady płyt paździerzowych	metanal (formaldehyd)	70	mg/m ³
Zakłady płyt wiórowych	odory	2000-4000	ou/m ³
Zakłady płyt wiórowych	odory	400-600	ou/m ³

2.2.4.5. Odlewnie

Wśród zanieczyszczeń uwalnianych z odlewni do atmosfery najczęściej wymienia się²¹⁶: metanal (formaldehyd), fenol, krezole, furfurol (alkohol furfurylowy), amoniak, aminy alifatyczne oraz anilinę, benzen, toluen, ksylen, butanol i in. Ponadto występują jeszcze trudne do zidentyfikowania produkty rozkładu termicznego (krakowania). Do podobnej emisji dochodzi podczas odlewania w formy metalowe (kokile), które dla lepszej separacji odlewu są smarowane komponentami zawierającymi związki organiczne.²¹⁷

Zaczerpnięte z literatury przykłady oznaczeń stężeń zanieczyszczeń w gazach emitowanych z odlewni zaprezentowano w tab. 30.

Tabela 30 Stężenia zanieczyszczeń organicznych w gazach emitowanych z odlewni

Źródło emisji	Stężenie zanieczyszczeń		
Odlewnia metali lekkich	suma węgla organicznego	150	mg/m ³
Rdzeniarnia I	odory	400-1100	ou/m ³
Rdzeniarnia II	fenol	0-50	mg/m ³
	metanal (formaldehyd)	5	mg/m ³
	amoniak	30	mg/m ³
Odlewnia żeliwa I	suma węgla organicznego	50-150	mg/m ³
Odlewnia żeliwa II	odory	2000-4000	ou/m ³
	fenol	5-10	mg/m ³
	krezol	4-9	mg/m ³
	metanal (formaldehyd)	0,2-0,3	mg/m ³

²¹⁵ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

²¹⁶ Rutkowski J.D. i inni: *Substancje odorotwórcze w środowisku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa 1995.

²¹⁷ Szynkowska M. I., Zwoździak J., *Współczesna problematyka odorów*, Praca zbiorowa pod redakcją Małgorzaty Iwony Szynkowskiej i Jerzego Zwoździaka Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010

2.2.4.6. Przemysł chemiczny

Wybrane przykłady emisji gazów odorotwórczych o stwierdzonych wartościach stężenia zapachowego przytoczono w tabeli 31.

Tabela 31 Przykłady stężenia zapachowego gazów odlotowych pochodzących z sektora chemicznego

Źródło emisji	Stężenie zapachowe [ou/m ³]
Przetwórstwo gumy I	40-200
Przetwórstwo gumy II	800
Produkcja poliamidu granulowanego	5000-8000
Produkcja witaminy B	6000-10 000
Wytwarzanie folii PCV	200-3000
Produkcja mydła I	450-700
Produkcja mydła II	7100-7600

2.2.4.7. Przemysł papierniczo-celulozowy

Produkcja masy celulozowej i papieru potrzebuje olbrzymich nakładów ilości wody i energii. Zakłady papiernicze uwalniają także do pobliskich wód i powietrza wiele szkodliwych substancji chemicznych oraz produkują odpady, które trafiają na składowiska. Do tych zanieczyszczeń zaliczają się m.in. ditlenek węgla oraz metan, które nasilają efekt cieplarniany, trwałe i bardzo toksyczne organiczne związki chloru, ditlenek siarki, który przyczynia się do zakwaszania jezior, zanieczyszczające powietrze związki azotowe oraz fosforany, które przyspieszają wzrost glonów i eutrofizację wód. Część tych związków wpływa także negatywnie na stan zdrowia pracowników i ludzi mieszkających w pobliżu zakładów papierniczych.

Wybielanie masy celulozowej za pomocą chloru gazowego lub związków chloru jest najbardziej szkodliwym etapem produkcji papieru, powoduje uwalnianie do ścieków z zakładów papierniczych niebezpiecznych zanieczyszczeń chlorowcoorganicznych. Poddawanie działaniu w wysokich temperaturach organicznych związków chloru w jakich odbywa się bielenie, powoduje często przekształcenie się w trwałe i wysoce toksyczne związki zwane dioksynami. Jak wykazały różne badania, substancje te można znaleźć nie tylko w ściekach pochodzących z papierni, ale także w samych produktach papierowych. Najbardziej niebezpiecznym związkiem z grupy dioksyn jest 2,3,7,8-TCDD.

Obecnie najbardziej optymalna dla środowiska technologia bielenia polega na wykorzystaniu substancji takich, jak tlen, ozon lub nadtlenek wodoru jako czynników wybielających.²¹⁸

Źródłem emisji odorów w przemyśle papierniczo-celulozowym jest m.in. przeróbka drewna oraz wytwórnie papieru. W wyniku wykorzystywania siarczków nieorganicznych i ługów podczas procesów wytwarzania celulozy siarczanowej emitowane są substancje uciążliwe zapachowo. Głównymi związkami odpowiedzialnymi za uciążliwość zapachową są: siarkowodór, merkaptany, siarczki alkilowe, aceton, metanol, etanol, olej talowy, związki

²¹⁸Żwawa A., Noszczyk M., Huma M. *Przemysł drzewno-papierniczy* 30.12.2011, artykuł naukowy pobrany ze strony ekonsument.pl dnia 04.10.2016

terpenowe, disiarczek węgla, ditlenek siarki oraz inne substancje organiczne. Emisje wysokich stężeń odorów występują w wyparkach pulpy celulozowej, a także charakterystyczne są dla operacji roztwarzania drewna. Zawartość lotnych substancji złowonnych, które występują w przemyśle papierniczym i wiskozowym zestawiono w tabeli nr 32.^{219,220}

Tabela 32 Zawartość lotnych substancji złowonnych w mg/m³ charakterystycznych dla przemysłu papierniczego i wiskozowego²²¹.

Substancja złowonna	Masa celulozowa	
	Papier	Wiskoza
siarkowodór (H ₂ S)	>1000	2500
merkaptan metylowy (CH ₃ SH)	100	b.d.
siarczek dimetylu (CH ₃) ₂ S	50	b.d.
disiarczek dimetylu (CH ₃) ₂ S ₂	40	b.d.
disiarczek węgla CS ₂	b.d.	1250
ditlenek siarki SO ₂	216	b.d.

²¹⁹ Sarbak Z., *Bezpieczeństwo odorowe środowiska*, Edukacja dla bezpieczeństwa, Przegląd naukowo-metodyczny, Rok VII, Numer 4/2014 (25), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2014

²²⁰ Makles Z., Galwas-Zakrzewska M., *Złowne gazy w środowisku pracy*, Bezpieczeństwo Pracy 9/2015

²²¹ Sarbak Z., *Bezpieczeństwo odorowe środowiska*, Edukacja dla bezpieczeństwa, Przegląd naukowo-metodyczny, Rok VII, Numer 4/2014 (25), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2014

2.3. Charakterystyka wpływu wymienionych substancji na zdrowie człowieka i komponenty środowiska

Długotrwała ekspozycja na jakikolwiek silny zapach może powodować rozdrażnienie, bóle głowy, mdłości i trudności z koncentracją. Niektóre odoranty mają jednak szczególnie niebezpieczny charakter dla zdrowia człowieka. Związki chemiczne wymienione poniżej, to odoranty należące do najczęściej pojawiających się w opracowaniach dotyczących zagrożeń związanych z ekspozycją na powietrze złowonne, zarówno na stanowisku pracy, jak i w sąsiedztwie obiektów uciążliwych zapachowo.

Związki te opisano w kontekście ich wpływu na zdrowie człowieka i komponenty środowiska, kiedy występują w charakterze odorantów, czyli w postaci par związków w relatywnie dużych rozcieńczeniach i stanowią jedno z zanieczyszczeń powietrza. Większość danych literaturowych dotyczących charakterystyki tych związków chemicznych, zawiera dane dotyczące ich oddziaływania (w tym toksyczności lub szkodliwości dla zdrowia człowieka i wobec środowiska) w bezpośrednim kontakcie, w stanie stężonym (najczęściej ciekłym). Z uwagi na fakt, że uciążliwość zapachowa jest stosunkowo młodym zagadnieniem w inżynierii środowiska, dane dotyczące wpływu odorantów (związków i substancji chemicznych złowonnych, domieszkujących powietrze) na zdrowie człowieka i komponenty środowiska są bardzo skąpe. Ponadto należy zauważyć, że z uwagi na niedostateczną ilość badań w tym zakresie, każdy związek chemiczny wywołujący uciążliwość zapachową jest potencjalnie niebezpieczny dla zdrowia człowieka i zwierząt, jak również dla środowiska naturalnego.

Amoniak – nieorganiczny związek chemiczny, lotna substancja toksyczna, drażniąca i żrąca, niebezpieczna dla człowieka, zwierząt hodowlanych i środowiska. Wchłania się przez drogi oddechowe w postaci gazu i par. Wywołuje ból i łzawienie oczu, zaczerwienienie spojówek, obrzęk powiek, owrzodzenie rogówki, czasem martwicę gałki ocznej, ślepotę, a w przypadku dróg oddechowych, kaszel, ból gardła, chrypę, duszność. Kontakt skóry z gazem lub parą, powoduje jej podrażnienie z możliwym wystąpieniem owrzodzeń. Skażenie oczu gazem lub parą wywołuje ból gałki ocznej i ostry stan zapalny. W ciężkich przypadkach mogą nastąpić obrzęk głośni, porażenie ośrodka oddechowego oraz niewydolność krążenia prowadzące do śmierci.

Wielu badaczy dowodzi, że ciągłe narażenie na wysokie stężenia amoniaku w powietrzu osób pracujących przy obsłudze zwierząt powoduje osłabienie układu oddechowego, a w konsekwencji wystąpienie zapalenia płuc i oskrzeli.

W przypadku zwierząt hodowlanych pierwszym objawem wynikającym z obecności NH_3 w powietrzu jest ostre podrażnienie spojówek i błon śluzowych układu oddechowego. Jest on następstwem łączenia się amoniaku z wilgotną warstwą pokrywającą powierzchnię tych narządów i przenikania tworzącego się wodorotlenku amonowego w głąb tkanki. Prowadzi to do występowania stanów zapalnych błon śluzowych, uszkodzenia oczu (*keratoconjunctivitis*), owrzodzenia rogówki i ślepoty. Wysokie stężenia amoniaku są często przyczyną obniżenia odporności organizmu wskutek niskiego poziomu frakcji γ -globulinowych w surowicy krwi. Amoniak wpływa na obniżenie spożycia paszy oraz zmniejszenie przyrostów masy ciała. Przy bardzo dużych stężeniach, rzędu 10^2 mg/kg powietrza, obserwuje się obrzęk płuc oraz krwawe wylewy do tchawicy i oskrzeli.

Podsumowując, możemy stwierdzić, iż wysokie stężenia amoniaku w powietrzu pomieszczeń inwentarskich przyczyniają się do pogorszenia dobrostanu zwierząt, przez co w konsekwencji łamany jest pięciopunktowy kodeks zaproponowany przez FAWC, tzw. Radę Dobrostanu Zwierząt. Obowiązujące w Polsce Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi podaje, że dopuszczalne stężenie amoniaku w powietrzu w budynkach dla drobiu wynosi 26 ppm, a w pomieszczeniach inwentarskich dla pozostałych zwierząt - 20 ppm. Dla porównania, w przypadku ludzi najwyższe dopuszczalne stężenie amoniaku w powietrzu zakładów przemysłowych dla 8-godzinnego dnia pracy wynosi 14 mg/m³, czyli ok. 20 ppm²²².

Amoniak wraz ze związkami siarki, emitowanymi przez przemysł, jest główną przyczyną obumierania lasów.

Stężony amoniak, w postaci gazu skroplonego (ciekły), w przypadku przedostania się do środowiska wykazuje toksyczność wobec organizmów wodnych, w tym: toksyczność ostrą i przedłużoną dla ryb, toksyczność ostrą dla bezkręgowców środowiska wodnego, toksyczność ostrą dla roślin wodnych. Ponadto powoduje zmiany pH w wodnych systemach ekologicznych.²²³

Siarkowodór – gaz bardzo toksyczny, niebezpieczny dla środowiska i człowieka. Poraża organizm przez drogi oddechowe i błony śluzowe. Wywołuje odczucie nieprzyjemnej woni zgniłych jaj, łzawienie, kaszel, upośledzenie węchu, ból i zawroty głowy, mdłości, stan pobudzenia psychoruchowego. Dłuższa ekspozycja może wywołać obrzęk płuc, a w bardzo dużych stężeniach utratę przytomności z zaburzeniami oddechu i pracy serca prowadzącymi do zejścia śmiertelnego. Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) siarkowodoru na stanowisku pracy wynosi 10 000 µg/m³ (10 mg/m³)²²⁴.

Próg wyczuwalności siarkowodoru w powietrzu wynosi od 0.7 do 200 µg/m³. Powyżej 4000 µg/m³ (4 mg/m³) zapach jest odczuwany jako bardzo silny, jednak przy jeszcze wyższych stężeniach, przekraczających 300 mg/m³ staje się niewyczuwalny z powodu natychmiastowego porażenia nerwu węchowego. Siarkowodór jest silnie trujący. Jako stężenie niebezpieczne dla zdrowia przyjmuje się 6 mg/m³. Stężenie 100 mg/m³ powoduje uszkodzenie wzroku, natomiast przy stężeniu powyżej 1 g/m³ śmierć może nastąpić już w wyniku zaczerpnięcia jednego oddechu²²⁵.

Działanie toksyczne siarkowodoru polega na porażaniu oddychania komórkowego przez blokowanie oksydazy cytochromowej, co prowadzi do ciężkiego niedotlenienia. Siarkowodór hamuje też działanie innych enzymów zawierających metale oraz wiąże hemoglobinę, zakłócając transport tlenu. Siarkowodór działa bezpośrednio toksycznie na komórki nerwowe. Objawy i mechanizm ostrego zatrucia są zbliżone do zatrucia cyjanowodorem. Przy dużych stężeniach gazu jego przebieg jest gwałtowny - następuje nagłe zatrzymanie oddechu i utrata przytomności. Śmierć przez uduszenie następuje w ciągu kilku minut. Lżejsze zatrucia objawiają się drapaniem w gardle, kaszlem, podrażnieniem spojówek, mdłościami i wymiotami.

²²² Szynkowska M. I., Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne Warszawa 2010

²²³ <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14923#section=Hazards-Summary> (dostęp: listopad 2016)

²²⁴ Makles Z., Domański W. *Odory w środowisku pracy rolnika i hodowcy*. Bezpieczeństwo Pracy 2/2008 str. 10-13

²²⁵ Materiały wykładowe Zakładu Biotechnologii Medycznej, Wydziału Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego

Długotrwała ekspozycja na siarkowodor może skutkować: obniżeniem ciśnienia krwi, bólami i zawrotami głowy, łatwym męczeniem się, nudnościami. Często występują zmiany zapalne układu oddechowego. U pracowników narażonych na długotrwały kontakt z siarkowodorem obserwuje się również obniżoną czynność płuc²²⁶.

Wraz z ditlenkiem siarki (SO₂), w postaci par emitowanych przez przemysł, jest główną substancją powodującą niszczenie ekosystemu i choroby roślin (m.in. na skutek zakwaszania opadów).

Stężony siarkowodor, w postaci gazu skroplonego (ciekły), w przypadku przedostania się do środowiska wykazuje toksyczność wobec organizmów wodnych, w tym: toksyczność ostrą dla ryb, toksyczność ostrą dla bezkręgowców wodnych, toksyczność dla mikroorganizmów środowiska wodnego. Powoduje zmiany pH w wodnych systemach ekologicznych.²²⁷

Etanotiol (Merkaptan etylowy) – substancja lotna o bardzo nieprzyjemnym zapachu, szkodliwa dla człowieka i środowiska. Działa drażniąco na organizm przez drogi oddechowe, śluzówki i skórę. Pary wywołują łzawienie, ból oczu, kaszel, ból głowy, zaburzenia oddechowe, depresję o podłożu nerwicowym. NDS – 1 mg/m³. Tiole przy dłuższych okresach ekspozycji wpływają negatywnie na hemoglobinę, powodując zaburzenia w transporcie tlenu. Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska w postaci par.

Stężony etanotiol (ciekły), w przypadku przedostania się do środowiska wykazuje toksyczność wobec organizmów wodnych, w tym: toksyczność wobec ryb i bezkręgowców wodnych. Skażenie środowiska wodnego powoduje długotrwałe (przewlekłe) negatywne skutki.²²⁸

Lotne kwasy tłuszczowe (kwas etanowy (octowy), propanowy (propionowy), butanowy (masłowy), pentanowy (walerianowy), heksanowy (kapronowy), heptanowy, oktanowy) – pary w dużych stężeniach powodują przewlekłe mdłości i podrażnienia oczu i błon śluzowych.

Stężone (ciekłe) lotne kwasy tłuszczowe, wykazują toksyczność ostrą i przewlekłą wobec większości organizmów wodnych, tj.: ryb, skorupiaków i bezkręgowców wodnych, glonów. Wykazują nieznaczną zdolność do bioakumulacji w organizmach. Powodują zmiany pH w wodnych systemach ekologicznych, m.in. wpływając na aktywność bakterii utleniających, powodując niedotlenienie zbiorników.²²⁹

Etanal (Aldehyd octowy) – substancja szkodliwa, drażniąca oraz rakotwórcza. W postaci par powoduje ból i zaczerwienienie spojówek oczu, uczucie pieczenia w gardle i kaszel. Przy większych stężeniach może wystąpić duszność lub obrzęk płuc. Kontakt par ze skórą wywołuje jej zaczerwienienie. Przy zatruciu przewlekłym mogą wystąpić objawy zapalenia górnych dróg oddechowych i jamy ustnej. Następstwem takiego narażenia może być

²²⁶ *Hydrogen sulphide at the work site*. Workplace health and safety bulletin, Government of Alberta, August 2010

²²⁷ <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/402#section=Skin-Eye-and-Respiratory-Irritations> (dostęp: listopad 2016)

²²⁸ <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethanethiol#section=Top> (dostęp: listopad 2016)

²²⁹ karty charakterystyk (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, poch.com.pl, carlroth.com – dostęp: listopad 2016)

nowotwór oskrzeli. NDS – 5 mg/m³.²³⁰ Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska w postaci par.

Stężony (ciekły) acetaldehyd wykazuje toksyczność wobec ryb oraz bezkręgowców wodnych.²³¹

Etyloamina – substancja o silnym działaniu drażniącym, w postaci pary działa szkodliwie na drogi oddechowe i śluzówki oczu oraz gardła. Powoduje łzawienie i pieczenie spojówek, kaszel, kichanie, uczucie duszności. Podrażnia skórę. NDS – 9,4 mg/m³.

Dimetyloamina – substancja szkodliwa i żrąca. W postaci par wchłania się przez drogi oddechowe, śluzówki i skórę. Powoduje podrażnienie rogówki z zaburzeniami widzenia, silny i uporczywy kaszel, ból w klatce piersiowej z uczuciem duszenia się i zawrotami głowy. Przy dłuższej ekspozycji może wystąpić chrypa, trudności w mówieniu, duszność i obrzęk płuc lub toksyczne zapalenie płuc, a także podrażnienie skóry. NDS – 3 mg/m³.

Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska etyloaminy i dimetyloaminy w postaci par. Stężone (ciekłe) wykazują toksyczność wobec ryb, bezkręgowców wodnych, bakterii i glonów, są jednak łatwo biodegradowalne.²³²

Dimetylodisulfid (Disiarczek dimetylu), DMDS – ciecz łatwo przechodząca w stan lotny, szkodliwa i drażniąca. Do organizmu przenika przez drogi oddechowe i skórę. Wywołuje kaszel, łzawienie i podrażnienie spojówek oczu, alergiczne zapalenie skóry, ból w przełyku. Przedłużone narażenie na pary powoduje obniżenie progu wyczuwalności disiarczku dimetylu w powietrzu. NDS – 2,5 mg/m³. Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska w postaci par. Sulfidy wykazują szkodliwość dla organizmów wodnych.²³³

Disiarczek węgla jest związkiem trującym, działa szkodliwie na ośrodkowy układ nerwowy. W bardzo dużym stężeniu jego wdychanie może prowadzić do zatrzymania oddechu na skutek porażenia układu nerwowego. Długotrwałe wchłanianie disiarczku węgla w niższych stężeniach powoduje trwałe uszkodzenia mózgu, przejawiające się początkowo jako problemy ze snem, wrażeniem ciągłego zmęczenia i problemy z pamięcią. Wykazuje też działanie rakotwórcze i mutagenne. Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska (nieklasyfikowana identyfikacja zagrożeń dla środowiska).²³⁴

Ditlenek siarki - bezbarwny gaz o ostrym, gryzącym i duszącym zapachu, silnie drażniący drogi oddechowe. Ditlenek siarki jest trujący dla zwierząt, szkodliwy dla roślin oraz dla człowieka. Jest produktem ubocznym spalania paliw kopalnych, przez co przyczynia się do zanieczyszczenia atmosfery (smog) i powstawania kwaśnych deszczów - wraz z siarkowodorem (H₂S), jest główną substancją powodującą niszczenie ekosystemu i choroby roślin (m.in. na skutek zakwaszania opadów). Stężony ditlenek siarki wykazuje toksyczność

²³⁰ Makles Z., Domański W. *Odory w środowisku pracy rolnika i hodowcy*. Bezpieczeństwo Pracy 2/2008 str. 10-13

²³¹ mercmillipore.com (dostęp: listopad 2016)

²³² karty charakterystyk (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, poch.com.pl, carlroth.com – dostęp: listopad 2016)

²³³ <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1068#section=Top> (dostęp: listopad 2016)

²³⁴ http://static.grupaazoty.com/files/1394090734/kch_disiarczek_węgla.pdf (dostęp: listopad 2016)

ostrą i przedłużoną (przewlekłą) dla środowiska wodnego (ryb, bezkręgowców wodnych, roślin wodnych).²³⁵

Chlor - gazowy chlor działa drażniaco na układ oddechowy i błony śluzowe, może prowadzić do obrzęku płuc, a w dużych stężeniach do śmierci. W powietrzu jest wyczuwalny przy stężeniu 3,5 ppm, ale stężenie niebezpieczne to 1000 ppm. Z powodu tych właściwości był stosowany jako broń chemiczna w czasie I wojny światowej. Wartość średnia ważona dopuszczalna w długim przedziale czasu (8 godzin na dzień) nie powinna przekroczyć 0,7 mg/m³; NDS wynosi 1,5 mg/m³. Ciągłe wystawienie na działanie niskich stężeń chloru osłabia płuca i zwiększa podatność na inne choroby płuc. Wykazuje toksyczność ostrą i przedłużoną dla ryb słono i słodkowodnych, toksyczność ostrą dla bezkręgowców oraz roślin, toksyczność wobec mikroorganizmów. Nie ulega łatwo biodegradacji.²³⁶

Chlorofenol - w dużych stężeniach działa szkodliwie przez drogi oddechowe. Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska w postaci par, w stanie stężonym wykazuje toksyczność wobec organizmów wodnych, alg i bakterii. Może powodować długo utrzymujące się zmiany w środowisku wodnym, słaba biodegradowalność.²³⁷

Fenol - związek toksyczny. Działa bardzo niszcząco na błony śluzowe i drogi oddechowe. Może doprowadzić do obrzęku krtani, oskrzeli i płuc oraz do martwicy jamy ustnej i przewodu pokarmowego. Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska w postaci par, w stanie stężonym wykazuje toksyczność wobec ryb, alg i bezkręgowców. Wysoka biodegradowalność.²³⁸

BTEX i WWA - (jednopierścieniowe (BTEX - benzen, toluen, etylobenzen i ksylen) i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne) - negatywny wpływ na zdrowie człowieka i chemię atmosfery – wykazują toksyczność ostrą wobec wszystkich organizmów żywych, wysoka bioakumulacja.²³⁹

Fluorowodór (HF) - posiada ostry zapach, drażni drogi oddechowe. Fluorowodór jest toksyczny, a zatrucie nim może być fatalne w skutkach po spożyciu lub absorpcji przez skórę. Wpływ na komponenty środowiska zależy od stężenia, jednak nawet w dużych rozcieńczeniach wykazuje właściwości żrące. Toksyczny dla organizmów wodnych, niebezpieczny dla wszystkich organizmów żywych.²⁴⁰

Krezol - przy wdychaniu par stężonego krezolu: podrażnienie błon śluzowych ust, gardła, przełyku i dróg pokarmowych, działanie przewlekłe: powoduje bóle głowy, mdłości, wymioty, zawroty głowy, spazmy, uszkodzenie mięśnia sercowego, uszkodzenie centralnego układu nerwowego. Powoduje uczulenia.

²³⁵ http://www.linde-gaz.pl/internet.lg.lg.pol/pl/images/Dwutlenek%20siarki48_87330.pdf (dostęp: listopad 2016)

²³⁶ http://www.linde-gaz.pl/internet.lg.lg.pol/pl/images/Chlor48_89835.pdf (dostęp: listopad 2016)

²³⁷ http://www.poch.com.pl/1/wysw/utworz_pdf.php?nr_karty=62 (dostęp: listopad 2016)

²³⁸ http://www.poch.com.pl/wysw/utworz_pdf.php?nr_karty=432 (dostęp: listopad 2016)

²³⁹ karty charakterystyk i opisy: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov (dostęp: listopad 2016)

²⁴⁰ http://www.poch.com.pl/wysw/utworz_pdf.php?nr_karty=610 (dostęp: listopad 2016)

Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska w postaci par, w stanie stężonym wykazuje toksyczność wobec ryb, glonów i bezkręgowców, bakterii i pierwotniaków.²⁴¹

Indol, Skatol - nie odnotowano przypadków zatrucia parami tymi związków drogą oddechową. Brak informacji na temat wpływu na komponenty środowiska w postaci par, w stanie stężonym wykazują toksyczność ostrą wobec środowiska wodnego.²⁴²

²⁴¹ http://www.poch.com.pl/wysw/utworz_pdf.php?nr_karty=856 (dostęp: listopad 2016)

²⁴² <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/798#section=GHS-Classification> (dostęp: listopad 2016)

2.4. Jednostki zapachowe odorów oraz wartości graniczne dla substancji potencjalnie wysoko uciążliwych zapachowo oraz potencjalnie istotnie uciążliwych zapachowo

Lista zawiera nazwy systematyczne i zwyczajowe substancji i związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo – lista została utworzona na podstawie przeglądu literatury polskiej i światowej, dotyczącej uciążliwości zapachowej wszystkich sektorów gospodarki oraz przemysłu, z uwzględnieniem wyników badań przeprowadzonych przez polskie i światowe jednostki naukowo-badawcze, a także na podstawie analizy zapisów powyższych rozdziałów. Niemniej jednak należy podkreślić, że poza wymienionymi w liście substancjami i związkami chemicznymi, do potencjalnie uciążliwych zapachowo należą również pochodne wymienionych związków chemicznych, które nie znalazły się na liście. Pochodne tych związków mogą wytworzyć się w przypadku wystąpienia warunków nawet nieznacznie odmiennych od tych, w jakich prowadzono badania będące źródłem niniejszego opracowania, należy zatem spodziewać się, że w przypadku przeprowadzenia dodatkowych badań, pochodne opisanych związków mogłyby pojawić się w wykazie. Niniejszy spis stanowi syntetyczne podsumowanie analizy substancji związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo dla różnych gałęzi gospodarki i przemysłu.

2.4.1. Lista substancji i związków organicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

Tabela 33 prezentuje listę substancji i związków organicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

Tabela 33 Lista substancji i związków organicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

Lp.	Nazwa związku	CAS
Aldehydy		
1.	Metanal (Aldehyd mrówkowy, Formaldehyd)	50-00-0
2.	Etanal (Aldehyd octowy, Acetaldehyd)	75-07-0
3.	Propanal (Aldehyd propionowy)	123-38-6
4.	2-Metylopropanal (Izobutanal)	78-84-2
5.	2-Propenal (Akroleina)	107-02-8
6.	Butanal (Aldehyd masłowy)	123-72-8
7.	2-Metylobutanal	96-17-3
8.	3-Metylobutanal	590-86-3
9.	2-Butenal (Aldehyd krotonowy)	4170-30-3
10.	Pentanal (Aldehyd walerianowy)	110-62-3
11.	2-Metylopentanal	123-15-9

12.	3-Metylopentanal	15877-57-3
13.	Heksanal (Aldehyd kapronowy)	66-25-1
14.	2-Metyloheksanal	123-05-7
15.	Heptanal	111-71-7
16.	2-Metyloheptanal	-
17.	2,3-Heptadienal	4313-03-5
18.	Oktanal	124-13-0
19.	Nonanal	124-19-6
20.	2-Nonenal	18829-56-6
21.	2,4-Nonadienal	5910-87-2
22.	Aldehyd benzoesowy (Benzaldehyd)	100-52-7
23.	2-Hydroksybenzaldehyd (Aldehyd salicylowy)	90-02-8
Ketony		
24.	Propanon (Aceton)	67-64-1
25.	Butanon 2-Butanon (Metyloetyloketon)	78-93-3
26.	3-Hydroksy-2-butanon (Acetoina)	513-86-0
27.	4-Metylo-2-pentanon (Metyloizobutyloketon)	108-10-1
28.	Diacetyl (Butanodion)	431-03-8
29.	3-Pentanon	96-22-0
30.	Cyklopentanon	120-92-3
31.	2-Metylocyklopentanon	1120-72-5
32.	2-Oktanon	111-13-7
33.	Metylowinyloketon (Keton metylowo-winyłowy)	78-94-4
34.	Amylowinyloketon (Keton amyłowo-winyłowy)	1629-58-9
35.	Acetofenon (Keton fenylowo-metyłowy)	98-86-2
Alkohole		
36.	Metanol (Alkohol metylowy, Spirytus drzewny)	67-56-1
37.	Etanol (Alkohol etylowy)	64-17-5
38.	n-Propanol (Alkohol propylowy)	71-23-8
39.	2-Propanol (Izopropanol)	67-63-0

40.	2-Metylo-1-propanol	78-83-1
41.	2,2-Dimetylopropanol	75-84-3
42.	n-Butanol (Alkohol butylowy)	71-36-3
43.	2-Butanol	78-92-2
44.	2-Metylobutanol	1565-80-6
45.	3-Metylobutanol (Alkohol izoamylowy)	123-51-3
46.	n-Pentanol (Alkohol amylowy)	71-41-0
47.	2-Pentanol	6032-29-7
48.	3-Pentanol	584-02-1
49.	2-Metylopentanol	105-30-6
50.	n-Heksanol	111-27-3
51.	2-Etyloheksanol (Alkohol 2-etyloheksanowy)	104-76-7
52.	2-Metoksyetanol (Alkohol 2-metoksyetylowy)	109-86-4
53.	2-Metoksy-1-propanol (Alkohol 2-etoksypropylowy)	1589-47-5
54.	n-Heptanol	111-70-6
55.	Fenylometanol (Alkohol benzylowy)	100-51-6
56.	Alkohol Metylobenzylowy	98-85-1
57.	Alkohol 4-Metylocykloheksylowy	-
58.	Alkohol 2-feniloetylowy	98-85-1
Fenole		
59.	Fenol (Hydroksybenzen)	108-95-2
60.	<i>p,o,m</i> -Krezol (Metylofenol)	1319-77-3
61.	2,6-Dimetylofenol	576-26-1
62.	3,4-Dimetylofenol	95-65-8
63.	<i>p,o,m</i> -Etylofenol	123-07-9 (p) 90-00-6 (o) 620-17-7 (m)
64.	<i>p,o,m</i> -Metoksyfenol	150-76-5 (p) 150-19-6 (m)

Tiole		
65.	Metanotiol (Merkaptan metylowy)	74-93-1
66.	Etanotiol (Merkaptan etylowy)	75-08-1
67.	Propanotiol (Merkaptan propylowy)	107-03-9
68.	2-Metylopropanotiol	513-44-0
69.	Propan-2-tiol (Merkaptan izopropylowy)	75-33-2
70.	2-Propentiol (Merkaptan alilowy)	870-23-5
71.	Butanotiol (Merkaptan butylowy)	109-79-5
72.	Ƨ-Butylotiol (Merkaptan tert-butylowy)	2084-18-6
73.	2-Butenotiol	-
74.	Pentanotiol	110-66-7
75.	Benzenotiol (Merkaptobenzen)	108-98-5
76.	Benzylotiol (Merkaptan benzylu)	100-53-8
77.	Tiokrezol (Merkaptotoluen)	137-06-4 (o) 108-40-7 (m) 106-45-6 (p)
Sulfidy		
78.	Dimetylosulfid (Siarczek dimetylu)	75-18-3
79.	Dietylosulfid (Siarczek dietylu)	352-93-2
80.	Dimetylodisulfid (Disiarczek dimetylu)	624-92-0
81.	Dietylodisulfid (Disiarczek dietylu)	110-81-6
82.	Dipropylosulfid (Disiarczek dipropylu)	111-47-7
83.	Metyloditiopropan (Disiarczek metylopropylowy)	2179-60-4
84.	Dimetylotrisulfid (Trisiarczek dimetylu)	3658-80-8
85.	Sulfid difenylowy	139-66-2
Kwasy karboksylowe		
86.	Kwas metanowy (Kwas mrówkowy)	64-18-6
87.	Kwas etanowy (Kwas octowy)	64-19-7
88.	Kwas propanowy (Kwas propionowy)	79-09-4

89.	Kwas butanowy (Kwas masłowy)	107-92-6
90.	KWAs 2-metylopropanowy (Kwas izobutanowy, Kwas izomasłowy)	79-31-2
91.	Kwas 2-metylo-2-butenowy (Kwas angelikowy)	565-63-9
92.	Kwas pentanowy (Kwas walerianowy)	109-52-4
93.	Kwas 3-metylobutanowy (Kwas izopentanowy, Kwas izowalerianowy)	503-74-2
94.	Kwas heksanowy (Kwas kapronowy)	142-62-1
95.	Kwas 2-metylopentanowy (Kwas izoheksanowy, Kwas izokapronowy)	646-07-1
96.	Kwas heptanowy	111-14-8
97.	Kwas oktanowy	124-07-2
98.	Kwas nonanowy (Kwas pelargonowy)	112-05-0
99.	Kwas dekanowy	334-48-5
100.	Kwas undekanowy	112-37-8
101.	Kwas mirystynowy	544-63-8
102.	Kwas dodekanowy	143-07-7
103.	Kwas tridekanowy	638-53-9
104.	Kwas benzoesowy	65-85-0
105.	Kwas fenylloctowy	103-82-2
106.	Kwas cynamonowy	140-10-3
Estry i etery		
107.	Mrówczan metylu	107-31-3
108.	Octan metylu	79-20-9
109.	Mrówczan etylu	109-94-4
110.	Octan etylu	141-78-6
111.	Octan propylu	109-60-4
112.	Octan izopropylu	108-21-4
113.	Octan butylu	123-86-4
114.	Octan izobutylu	110-19-0
115.	Proponian izopropylu	-

116.	Maślan etylu	105-54-4
117.	Maślan butylu	109-21-7
118.	Eter dietylowy	60-29-7
Aminy i amidy		
119.	Metyloamina	74-89-5
120.	Etyloamina	75-04-7
121.	Propanoamina (Propyloamina)	107-10-8
122.	Butanoamina (Butyloamina)	109-73-9
123.	Pentanoamina (Pentyloamina)	110-58-7
124.	Dimetyloamina	124-40-3
125.	Dibutyloamina	111-92-2
126.	Trimetyloamina	75-50-3
127.	Trietyloamina	121-44-8
128.	1,4- Diaminobutan (Putrescyna, Butanodiamina)	110-60-1
129.	1,5-Diaminopentan (Kadaweryna, Pentanodiamina)	462-94-2
130.	Dimetylohydrazyna	540-73-8
131.	N,N-Dimetyloacetamid (DMA)	127-19-5
Aromatyczne i heterocykliczne aminy i azyny		
132.	Anilina	62-53-3
133.	Indol (1-Benzoazol, Benzopiol)	120-72-9
134.	Skatol (3-Metyloindol)	83-34-1
135.	Pirydyna	110-51-0
136.	3-Aminopirydyna	462-08-8
137.	Pirazyna	290-37-9
138.	Metylopirazyna	109-08-0
139.	Trimetylopirazyna	14667-55-1
140.	Tetrametylopirazyna	1124-11-4
Węglowodory alifatyczne i cykliczne (w tym aromatyczne)		
141.	Metan	109-66-0
142.	2-Metylopentan	107-83-5

143.	Heksan	110-54-3
144.	Heksen	592-41-6
145.	Heptan	142-82-5
146.	Oktan	111-65-9
147.	Nonan	111-84-2
148.	Dekan	124-18-5
149.	Undekan	1120-21-4
150.	Dodekan	112-40-3
151.	Benzen	71-43-2
152.	Etylobenzen	100-41-4
153.	Toluen (Metylobenzen)	108-88-3
154.	<i>o,m,p</i> - Ksylen (Dimetylobenzen)	108-38-3 (o) 106-42-3 (m) 1330-20-7 (p)
155.	Styren (Fenyloeten, Winylobenzen)	100-42-5
156.	Inden (Benzocyklopentadien, Indonaften)	95-13-6
157.	Naftalen	91-20-3
158.	Metylnaftalen	90-12-0
159.	Antracen	120-12-7
160.	Fluoren	86-73-7
Furany i tiofurany		
161.	2-Metylofuran	534-22-5
162.	2-Pentylofuran	3777-69-3
163.	Tiofen	110-02-1
164.	2-Metylotiofen	554-14-3
165.	2,4-Dimetylotiofen	638-02-8
Halogenoalkany		
166.	Trichlorometan (Chloroform)	67-66-3
167.	Tetrachloroetan	127-18-4
168.	Chlorofenol	95-57-8 (o)

		108-43-0 (m) 106-48-9 (p)
169.	Trichloroetylen	79-01-6
Związki organiczne wielofunkcyjne i inne		
170.	3-Aminoacetofenon	99-03-6
171.	4-Aminoacetofenon	99-92-3
172.	Acetonitryl	75-05-8
173.	Jodometan	74-88-4
174.	Dimetyloformamid	68-12-2
175.	Tioaceton	4756-05-2
176.	Furfurol (Alkohol furfurylowy)	98-00-0
177.	Nikotyna	54-11-5
178.	Longifolen	475-20-7
179.	Kwas aminobenzoesowy	150-13-0
180.	Aminoglutetymid	<i>125-84-8</i>
181.	Melanoidyny	zależnie od związku
182.	Laktony	zależnie od związku
183.	Chinony	zależnie od związku
184.	Terpeny (np. Mircen, Karan, Pinen, Mentol, Eukaliptol)	zależnie od związku
185.	Żywice polimerowe (syntetyczne)	zależnie od związku
186.	Ftalany	zależnie od związku
187.	Bituminy	zależnie od związku
188.	Silikony	zależnie od związku
189.	Polichlorowane Bifenyle (PCB)	zależnie od związku
190.	Dioksyny	zależnie od związku
191.	Olejki eteryczne	zależnie od związku

2.4.2. Lista substancji i związków nieorganicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

Tabela 34 prezentuje listę substancji i związków nieorganicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

Tabela 34 Lista substancji i związków nieorganicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo

Lp.	Nazwa substancji	CAS
1.	Amoniak	7664-41-7
2.	Chlor	7782-50-5
3.	Chlorowodór	7647-01-0
4.	Cyjanki	57-12-5
5.	Cyjanowodór	74-90-8
6.	Disiarczek węgla	75-15-0
7.	Ditlenek siarki	7446-09-5
8.	Fluorowodór	7664-39-3
9.	Hydrazyna	302-01-2
10.	Ozon	10028-15-6
11.	Siarczek karbonylu (Tlenosiarczek węgla)	463-58-1
12.	Siarkowodór (Sulfan)	7783-06-4

2.4.3. Lista wybranych substancji i związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo wraz z ich progami wyczuwalności węchowej

Zawarta w przedmiotowym rozdziale lista zawiera nazwy systematyczne i zwyczajowe a także wzory sumaryczne wybranych substancji i związków chemicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo, wraz z ich progami wyczuwalności węchowej – lista została utworzona na podstawie przeglądu literatury polskiej i światowej, dotyczącej badań jakościowych i ilościowych substancji i związków chemicznych wywołujących uciążliwość zapachową we wszystkich sektorach gospodarki oraz przemysłu. Badania były przeprowadzane przez polskie i światowe certyfikowane jednostki naukowo-badawcze.

Tabela 35 zawiera wybrane substancje złowne i ich progi wyczuwalności węchowej uszeregowane alfabetycznie wg nazw systematycznych związków. Ponadto kolorem jasnoczerwonym zaznaczono substancje i związki chemiczne potencjalnie wysoko uciążliwe zapachowo a kolorem jasnozielonym substancje i związki chemiczne potencjalnie istotnie uciążliwe zapachowo. Pozostałe substancje i związki chemiczne potencjalnie uciążliwe zapachowo wymieniono w tabeli bez podkreślenia kolorystycznego (bez wypełnienia).

Podziału dokonano w oparciu o wartości progów wyczuwalności węchowej poszczególnych substancji złownych – związki o najniższych (do ok. 100 µg/m³) wartościach progów są odorantami szczególnie silnymi, których zapach (w przypadku wystąpienia w powietrzu złownym) jest opisywany jako szczególnie odrażający, cuchnący czy wywołujący mdłości. W opisach subiektywnych wrażeń węchowych związanych z oddziaływaniem większości tych

związków zdarzają się też określenia takie jak „zapach nie do zniesienia” czy „zapach uniemożliwiający funkcjonowanie”. Obecność tych związków w powietrzu złowonnym jest bezpośrednią przyczyną skarg związanych z uciążliwością zapachową obiektów we wszystkich sektorach gospodarki oraz przemysłu. Niektóre związki zostały również sklasyfikowane jako potencjalnie istotnie uciążliwe zapachowo, nawet pomimo że wg dostępnych badań ich progi wyczuwalności zapachowej są wyższe niż przyjęte kryterium, ze względu na częstość, z jaką związki te występują w składzie badanych próbek powietrza złowonnego (wg badań dotyczących analiz jakościowych tych próbek).

Próg wyczuwalności węchowej lub próg wyczuwalności zapachu (oznaczany w literaturze jako SPWW lub C_{th}) to – w najprostszym tłumaczeniu - stężenie, przy którym zapach jest wyczuwalny przez 50% osób w grupie reprezentatywnej dla populacji.

Opisując zagadnienie bardziej precyzyjnie - to stężenie odorantu (związku chemicznego lub ich mieszanin) w powietrzu, przy którym istnieje 50% prawdopodobieństwo wyczucia węchem różnicy między zapachem powietrza domieszkowanego i czystego. Stosowane są pojęcia progu indywidualnego, grupowego i zespołowego. Próg zespołowy jest średnią geometryczną z wyników uzyskanych przez grupę ludzi, którzy spełniają określone w normie europejskiej PN-EN 13725 kryteria sprawności sensorycznej. Progi wyczuwalności zapachu różnych związków chemicznych są bardzo zróżnicowane (rzęd wielkości od 10–4 do 105 ppm). Wysokość progu jest zależna np. od polarności cząsteczek, obecności określonych grup funkcyjnych, wielkości i kształtu cząsteczki (czynniki stereochemiczne).

Dostępne w piśmiennictwie wartości progów wyczuwalności poszczególnych odorantów bywają bardzo zróżnicowane - na percepcję zapachu wpływają przede wszystkim:

- osobnicze różnice wrażliwości węchu – stałe, jak również chwilowe, powodowane np. stanem zdrowia lub samopoczuciem w danym dniu;
- różnice w subiektywnym postrzeganiu zapachów;
- zmienność pod wpływem innych bodźców – na percepcję zapachu wpływają czynniki zewnętrzne, jak np. temperatura, wilgotność powietrza, natężenie hałasu i wiele innych;
- przyczyny metodologiczne.

Próg wyczuwalności nie jest wielkością addytywną – zestawienia wiarygodnych wartości C_{th} [ppm] czystych związków chemicznych, nie umożliwiają przewidywania zapachu ich mieszanin z innymi związkami. W mieszaninach odorantów występują tzw. interakcje węchowe (wzajemne wzmocnienie, osłabienie lub maskowanie). Możliwości wykorzystywania węchu jako „osobistego urządzenia”, ostrzegającego przed zagrożeniem chemicznym, ogranicza dodatkowo adaptacja sensoryczna (zmiany indywidualnego progu wskutek trwałego działania bodźca, powodujące zanik wrażenia).

Niektóre wartości progów wyczuwalności węchowej substancji i związków chemicznych wymienionych w Tabeli 35, również są zróżnicowane, z powodów wymienionych powyżej. Należy jednak zauważyć, że szczególnie duże różnice (sięgające dwóch rzędów wartości) pomiędzy progami wyczuwalności wybranych substancji złowonnych wymienionych w Tabeli 35, zdarzają się tylko w przypadku trzech związków, które nie są sklasyfikowane

jako potencjalnie wysoko uciążliwe zapachowo. W przypadku związków będących odorantami szczególnie silnymi i cuchnącymi – sklasyfikowanymi jako potencjalnie wysoko uciążliwe zapachowo, progi wyczuwalności zapachowej, pomimo szerokiego zakresu literatury źródłowej, nie różnią się od siebie istotnie.

SP_{PWW} – próg wyczuwalności węchowej

Tabela 35 Wybrane substancje złowonne i ich progi wyczuwalności węchowej (alfabetycznie)

Lp.	Substancja (jej nazwy)	SP _{PWW} ²⁴³²⁴⁴²⁴⁵²⁴⁶²⁴⁷	SP _{PWW} ²⁴⁸	SP _{PWW} ²⁴⁹	SP _{PWW} ²⁵⁰	SP _{PWW} ²⁵¹	Zapach
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	
1.	Amoniak NH ₃	400	5750	-	28	-	amoniakalny, drażniący, ostry i duszący
2.	Benzenotiol (Merkaptobenzen) C ₆ H ₅ SH	1,19	-	-	0,12	-	czosnku, wydzieliny skunksa, odrażający, mdły, cuchnący
3.	Benzylowy merkaptan (Merkaptan benzylu) C ₆ H ₅ CH ₂ SH	-	-	-	1,1	-	odrażający, silny, cuchnący
4.	Butanal (Aldehyd masłowy) CH ₃ (CH ₂) ₂ CHO	14,7	-	13	-	-	nieprzyjemny, gryzący
5.	n-Butanol (Alkohol butylowy) CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	2558	-	-	-	-	słodkavo zjełczały
6.	Butanon CH ₃ CH ₂ COCH ₃	-	-	7000	-	-	ostry, eteryczny
7.	Butanotiol (Merkaptan butylowy)	3,64	-	-	-	-	gorczycy, gnijącej kapusty,

²⁴³Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszynski B. *Odory*. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2002

²⁴⁴Rutkowski J. D. *Dezodoryzacja gazów odlotowych*. Monografia. IIOŚ Politechnika Wrocławska, Wrocław 1975

²⁴⁵Augustyńska D., Pośniak M. (red.). *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy*. CIOP-PIB, Warszawa 2003

²⁴⁶Makles Z., Galwas-Zakrzewska M. *Złowne gazy w środowisku pracy*. Bezpieczeństwo Pracy 9(408)2005 str. 12-16

²⁴⁷Makles Z., Domański W. *Odory w środowisku pracy rolnika i hodowcy*. Bezpieczeństwo Pracy 2/2008 str. 10 - 13

²⁴⁸Szynkowska M. I., Wojciechowska E., Węglińska A., Paryczak T. *Odory. Aktualny problem w ochronie środowiska*. Przemysł Chemiczny 88/6 (2009) str. 712-720

²⁴⁹Higuet I., Vigneron S. *Deodorization experience using a neutralising compound*. Eurodeur'97, Certech, Universite Catholique de Louvain 1997

²⁵⁰lenntech.fr/table.htm - Substances Odorantes et seuil de detection, dostęp: 09.2016

²⁵¹M. Zamelczyk-Pajewska. *Związki węgla w gazach odlotowych z wytwórni kwasu fosforowego*. Ochrona powietrza, s. 10-13, 2000

Lp.	Substancja (jej nazwy)	$S_{PWW}^{243244245246247}$	S_{PWW}^{248}	S_{PWW}^{249}	S_{PWW}^{250}	S_{PWW}^{251}	Zapach
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{SH}$						wydzieliny skunksa, cuchnący
8.	2-Butenotiol $\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{SH}$	0,11	-	-	-	-	wydzieliny skunksa, cuchnący
9.	t-Butylotiol (Merkaptan tert-butylowy) $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$	-	-	-	-	4,42	wydzieliny borsuka, cuchnący
10.	Chlor Cl_2	-	-	31,7	-	-	ostry, duszący, gryzący
11.	Chlorofenol $\text{ClC}_6\text{H}_4\text{OH}$	-	-	1	-	-	fenolowy, szpitalny (silnych środków odkażających)
12.	Cyjanowodór HCN	-	-	-	-	2000	migdałów
13.	Dibutyloamina $(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NH}$	-	-	-	92	-	rybi
14.	Dietylodisulfid (Disiarczek dietylu) $\text{C}_2\text{H}_5\text{SSC}_2\text{H}_5$	13,6	-	-	-	2,18	wydzieliny skunksa, czosnku, cuchnący
15.	Dietylosulfid (Siarczek dietylu) $\text{C}_2\text{H}_5\text{SC}_2\text{H}_5$	15	4	-	-	-	czosnku, gnijących warzyw, cuchnący
16.	Dimetyloamina $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	320	-	-	94	683	amoniakalny, rybi
17.	Dimetylodisulfid (Disiarczek dimetylu, DMDS) CH_3SSCH_3	30	-	-	-	33,2	capa (kozła), odrażający, cuchnący
18.	Dimetylosulfid (Siarczek dimetylu, DMS)	5,95	2,3	-	2,8	5,5	gnijących warzyw, kapusty, rzepy, cuchnący

Lp.	Substancja (jej nazwy)	$S_{PWW}^{243244245246247}$	S_{PWW}^{248}	S_{PWW}^{249}	S_{PWW}^{250}	S_{PWW}^{251}	Zapach
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	CH_3SCH_3						
19.	Disiarczek węgla CS_2	2,6	-	-	-	373	odrażający
20.	Ditlenek siarki SO_2	-	-	-	25	3142	ostry, duszący
21.	Etanal (Aldehyd octowy, Acetaldehyd) CH_3CHO	2	-	-	7,9	-	kwaśnych jabłek, owocowy
22.	Etanol (Alkohol etylowy) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	160 940	-	-	-	-	słodkavo eteryczny
23.	Etanotiol (Merkaptan etylowy) $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$	0,1	1,1	-	0,52	2,2	wydzieliny skunksa, czosnku, cuchnący
24.	Etyloamina $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	390	2	-	1667	-	rybi
25.	Etylobenzen $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$	-	-	400	-	-	aromatyczny, słodki
26.	Fenol (Hydroksybenzen) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	156	-	260	-	-	fenolowy, ostry
27.	Fluorowodór HF	40	-	-	-	-	ostry, gryzący
28.	Heksan C_6H_{14}	-	-	-	-	499 107	benzyny
29.	Heksanal (Aldehyd kapronowy) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CHO}$	-	-	39	-	-	skoszonej trawy, owocowy
30.	Heptan	-	-	-	-	669	benzyny

Lp.	Substancja (jej nazwy)	$S_{PWW}^{243244245246247}$	S_{PWW}^{248}	S_{PWW}^{249}	S_{PWW}^{250}	S_{PWW}^{251}	Zapach
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	C_7H_{16}					642	
31.	Indol (1-Benzoazol, Benzopiol) $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH})_2\text{NH}$	0,156	0,032	-	-	-	gnijących białek, kału, fekaliiów
32.	Inden (Benzocyklopentadien, Indonaften) $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH})_2\text{CH}_2$	-	-	20	-	-	-
33.	Krezol (Metylofenol) – mieszanina izomerów $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$	3,12	1,8	-	-	-	ostry, odrażający, lizolu
34.	Kwas butanowy (Kwas masłowy) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	14,7	4	-	-	-	zjełczałego masła, potu
35.	Kwas etanowy (Kwas octowy) CH_3COOH	-	145	250	-	-	gryzący, octu
36.	Kwas heksanowy (Kwas kapronowy) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	-	12	-	-	-	cierpki, potu
37.	Kwas heptanowy $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	-	27	-	-	-	cierpki, zjełczały
38.	Kwas nonanowy (Kwas pelargonowy) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-	2	-	-	-	zjełczały
39.	Kwas oktanowy $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-	4	-	-	-	zjełczały
40.	Kwas pentanowy (Kwas walerianowy) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	21,2	50	-	-	-	nieprzyjemny, potu, waleriany
41.	Kwas propanowy (Kwas propionowy) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	108	160	250	-	-	ostry, nieprzyjemny, zjełczały, drażniący

Lp.	Substancja (jej nazwy)	$S_{PWW}^{243244245246247}$	S_{PWW}^{248}	S_{PWW}^{249}	S_{PWW}^{250}	S_{PWW}^{251}	Zapach
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
42.	Ksylen (Dimetylobenzen) – mieszanina izomerów $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	-	-	800	-	5205	przyjemny, charakterystyczny
43.	Metanol (Alkohol metylowy, Spirytus drzewny) CH_3OH	133 300	-	-	-	-	czysty – alkoholowy, techniczny – cierpki, gryzący
44.	Metanotiol (Merkaptan metylowy) CH_3SH	2	1	-	2,4	4,3	gnijących warzyw – kapusty, rzodkwi, cuchnący
45.	Metyloamina CH_3NH_2	25,8	20	-	29	27	amoniakalny, rybi
46.	4-Metylo-2-pentanon (Metyloizobutyloketon) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COCH}_3$	-	-	400	-	-	-
47.	2-Metylopropanotiol $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$	-	-	7	-	-	zgnilizny, cuchnący
48.	Naftalen C_{10}H_8	-	-	50	-	-	smoły
49.	Nonanal $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CHO}$	-	-	45	-	-	roślinny, kwiatowy
50.	Pentanotiol $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{SH}$	-	0,121	-	1,4	-	czosnku, zgnilizny, cuchnący
51.	Pirydyna $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	276	-	-	13	-	mdły, słodkawy, odrażający
52.	Propanon (Aceton) CH_3COCH_3	31 400	-	-	-	-	eteryczny

Lp.	Substancja (jej nazwy)	$S_{PWW}^{243244245246247}$	S_{PWW}^{248}	S_{PWW}^{249}	S_{PWW}^{250}	S_{PWW}^{251}	Zapach
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
53.	Propanotiol (Merkaptan propylowy) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{SH}$	3,16	1	-	0,25	3,4	wydzieliny skunksa, czosnku, cuchnący
54.	Propan-2-tiol (Merkaptan izopropylowy) $(\text{CH}_3)_2\text{CHSH}$	-	-	-	-	1,19	odrażający, cuchnący
55.	Propyloamina $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2$	700	-	-	-	-	rybi
56.	2-Propentiol (Merkaptan allilowy) $\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{SH}$	0,2	-	-	1,7	-	czosnku, kawy, cuchnący, odrażający
57.	Siarkowodór (Sulfan) H_2S	11,3	18	-	0,71	12,1	zgniłych jaj
58.	Skatol (3-Metyloindol) $\text{C}_9\text{H}_9\text{N}$	3,08	0,565	-	7	-	kału, fekaliiów
59.	Sulfid difenylowy $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{S}$	-	-	-	0,4	-	odrażający, cuchnący
60.	Tiokrezol (Merkaptotoluen) $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SH}$	14	-	-	0,55	-	wydzieliny skunksa, cuchnący

61.	Toluen (Metylobenzen) $C_6H_5CH_3$	-	-	600	-	1191	przyjemny, intensywny, słodki
62.	Trichloroetylen C_2HCl_3	-	-	3000	-	-	-
63.	Trietyloamina $(C_2H_5)_3N$	360	-	-	2164	-	amoniakalny, rybi
64.	Trimetyloamina $(CH_3)_3N$	1,08	1,15	-	360	5,26	amoniakalny, rybi
Legenda do tabeli – oznaczenie kolorów							
	- substancje i związki chemiczne potencjalnie uciążliwe zapachowo						
	- substancje i związki chemiczne potencjalnie istotnie uciążliwe zapachowo						
	- substancje i związki chemiczne potencjalnie wysoko uciążliwe zapachowo						

2.5. Lista przedsięwzięć (instalacji) w zakresie uciążliwości, podlegających regulacjom

Poniżej przedstawiono listę działalności które powodują emisję substancji złoonych do powietrza atmosferycznego. Lista ta została oparta o listy działalności sprecyzowanych w nadrzędnych aktach Prawa Europejskiego oraz w prawodawstwie krajowym. Listę zaczerpnięto z poniższych aktów prawnych:

- Dyrektywa IED (Dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych 2010/75/UE);
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko:
 - § 2.1. wykaz przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko,
 - § 3.1. wykaz przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko

Uwzględniono przede wszystkim te rodzaje działalności, które mogą prowadzić do emisji substancji złoonych do powietrza atmosferycznego. Bardziej szczegółową listę substancji oraz ich wpływ na zdrowie człowieka, a także na środowisko określono w rozdziale 2.3.

Tabela 36 Rodzaje działalności, które prowadzą do uwalniania substancji złoonych

Rodzaj działalności	Charakterystyczne związki złoonne emitowane do powietrza
Oczyszczanie ścieków	
1. Oczyszczanie ścieków z wykluczeniem przydomowych oczyszczalni ścieków oraz podczyszczania wód opadowych i roztopowych ^{C)} ;	amoniak siarkowodór kwasy karboksylowe* tiole* sulfidy* aminy alifatyczne i aromatyczne (w tym heterocykliczne)* i pozostałe związki* *wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1.
2. Instalacje do oczyszczania ścieków komunalnych ^{C)}	
3. Instalacje do oczyszczania ścieków przemysłowych ^{C)}	

Procesy przetwarzania i składowania odpadów

4. Unieszkodliwianie lub odzyskiwanie odpadów niebezpiecznych o wydajności obejmujące co najmniej jeden z następujących rodzajów działalności: ^{A)} • obróbka biologiczna; • obróbka fizyczno-chemiczna; • mielenie lub mieszanie przed poddaniem innemu rodzajowi działań; • odzysk/regeneracja rozpuszczalników; • regeneracja kwasów lub zasad; • odzyskiwanie składników stosowanych w celu ograniczenia zanieczyszczeń; • odzyskiwanie składników z katalizatorów; • powtórna rafinacja oleju lub inne sposoby ponownego wykorzystania oleju; • retencja powierzchniowa. 5. Unieszkodliwianie lub odzysk odpadów innych niż niebezpieczne bądź odpadów niebezpiecznych w spalarniach odpadów lub we współspalarniach odpadów ^{A)} 6. Unieszkodliwianie odpadów innych niż niebezpieczne: ^{A)} • Obróbka biologiczna • Obróbka fizyko-chemiczna • Obróbka wstępna odpadów przeznaczonych do spalania lub współspalania 7. Składowiska odpadów, określone w art. 2 lit. g) dyrektywy Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów, z wyjątkiem składowisk odpadów obojętnych ^{A)}.	Amoniak Siarkowodór Tiole* Sulfidy* Aminy alifatyczne i aromatyczne (w tym heterocykliczne)* Kwasy karboksylowe* Aldehydy* Ketony* Alkohole* Fenole* Halogenoalkany* Fluoroalkany Disiarczek węgla Węglowodory alifatyczne i cykliczne* (w tym WWA, BTEX) Terpeny pozostałe związki* inne odory *wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1.
8. Czasowe magazynowanie odpadów	Amoniak

niebezpiecznych, z wyjątkiem czasowego magazynowania w oczekiwaniu na zbiórkę w miejscu wytworzenia odpadów ^{A)} .	Siarkowodór Tiole* Sulfidy* Aminy alifatyczne i aromatyczne (w tym heterocykliczne)* Kwasy karboksylowe* Aldehydy* Ketony* Alkohole* Fenole* Halogenoalkany* Fluoroalkany Disiarczek węgla Węglowodory alifatyczne i cykliczne* (w tym WWA, BTEX) Terpeny pozostałe związki* inne odory
9. Czasowe magazynowanie odpadów niebezpiecznych, z wyjątkiem czasowego magazynowania w oczekiwaniu na zbiórkę w miejscu wytworzenia odpadów ^{A)} .	*wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1.
Produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze	
10. Prowadzenie rzeźni ^{A)}	odory
11. Obróbka, przetwórstwo poza wyłącznym pakowaniem następujących surowców przetworzonych lub nieprzetworzonych do celów wytwarzania produktów spożywczych lub paszy z ^{A)} : • tylko surowców pochodzenia zwierzęcego (innych niż wyłącznie mleko), • tylko surowców roślinnych, przy założeniu że instalacja jest eksploatowana przez najwyżej 90 kolejnych dni w danym roku; • surowców pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, w produktach łączonych i osobnych 12. Obróbka i przetwórstwo samego mleka ^{A)} , 13. Unieszkodliwianie lub recykling zwierząt padłych lub odpadów zwierzęcych ^{A)} ,	wszystkie związki wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1. inne odory

14. Intensywny chów drobiu lub świń, w liczbie nie mniejszej niż 40 DJP ^{A)}	
15. Chów lub hodowla zwierząt w liczbie nie mniejszej niż 210 dużych jednostek przeliczeniowych inwentarza (DJP) ^{A)}	
16. Browary słodownie, gorzelnie zakłady przetwarzające alkohol etylowy oraz wytwarzające napoje alkoholowe ^{B)} , cukrownie ^{C)}	etanol inne odory
17. Instalacje do uboju zwierząt ^{C)}	p.pkt. 4-9.
18. Instalacje do pozyskiwania skrobi ^{C)}	odory
19. Instalacje do produkcji mleka lub wyrobów mleczarskich ^{C)}	Amoniak, alkohole, odory
20. Instalacje do produkcji wyrobów cukierniczych lub syropów ^{C)}	odory
21. Instalacje do przetwórstwa owoców, warzyw, ryb lub produktów pochodzenia zwierzęcego, z wyłączeniem tłuszczów zwierzęcych ^{C)}	aminy alifatyczne, aromatyczne (w tym heterocykliczne)* inne odory *wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1.
22. Instalacje do produkcji tranu lub mączki rybnej ^{C)}	odory
23. Instalacje do produkcji i przetwórstwa tłuszczów roślinnych i zwierzęcych ^{C)}	odory
24. Do produkcji podłoży pod uprawę grzybów ^{D)}	amoniak
25. Hodowle zwierząt futerkowych ^{D)}	odory
Górnictwo	
26. Górnictwo podziemne ^{D)}	siarkowodór tlenie* inne odory *wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1.

Inne sektory gospodarki	
27. Produkcja w instalacjach przemysłowych pulpy drzewnej lub innych materiałów włóknistych, papieru lub tektury, płyt drewnopochodnych ^{A)}	węglowodory alifatyczne i cykliczne (w tym aromatyczne)* terpeny żywice polimerowe inne odory *wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1.
28. Obróbka wstępna (mycie, bielenie, merceryzacja) lub barwienie włókien albo materiałów włókienniczych ^{A)}	odory
29. Instalacje do garbowania skór ^{A)}	odory
30. Powierzchniowa obróbka substancji, przedmiotów lub produktów, z wykorzystaniem rozpuszczalników organicznych, w szczególności do zdobienia, drukowania, powlekania, odtłuszczania, impregnacji wodoodpornej, zaklejania, malowania, czyszczenia lub impregnowania za pomocą rozpuszczalnika organicznego, 31. Konserwacja drewna i produktów z drewna produktami chemicznymi ^{A)}	odory
32. Instalacje do przesyłu lub magazynowania ropy naftowej, produktów naftowych lub substancji chemicznych z wyłączeniem stacji paliw gazu płynnego ^{B)}	siarkowodor tiole* pozostałe związki siarkoorganiczne* bituminy WWA* LZO* inne odory
33. Instalacje do wytwarzania produktów przez mieszanie, emulgowanie lub konfekcjonowanie chemicznych półproduktów lub produktów podstawowych ^{B)}	odory
34. Instalacje do produkcji mas	bituminy

bitumicznych ^{B)}	inne odory
35. Produkcja wykorzystanie, przechowywanie, przetwarzanie, składowanie, uwalnianie do środowiska oraz transport substancji nie wymienionych wyżej, a w ocenie organów ochrony środowiska posiadających charakter złowonny ^{D)}	odory
36. Przemysł farmaceutyczny ^{D)}	odory
37. Odlewnie ^{D)}	terpeny żywice polimerowe inne odory
38. Produkcja wyrobów tytoniowych ^{D)}	WWA laktony terpeny olejki eteryczne inne odory
39. Produkcja wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych ^{D)}	odory
40. Produkcja i przetwórstwo metali ^{B)}	Odory
41. Rafinacja ropy naftowej i gazu ^{A)} 42. Zgazowanie i upłynnianie węgla (z wykluczeniem instalacji badawczych i pilotażowych) oraz innych paliw ^{A)} 43. Wydobywanie węglowodorów ^{B)} 44. Produkcja koksu i gazu ziemnego ^{A)}	siarkowodór tiole* pozostałe związki siarkoorganiczne* bituminy WWA* LZO* inne odory *wymienione w tabeli w rozdziale 2.4.1.
45. Produkcja organicznych substancji chemicznych: węglowodory proste (łańcuchowe lub pierścieniowe, nasycone lub nienasycone, alifatyczne lub aromatyczne); pochodne węglowodorów zawierające tlen, takie jak alkohole, aldehydy, ketony, kwasy karboksylowe, estry i mieszaniny estrów, octany, etery, nadtlarki i żywice	odory

epoksydowe; pochodne węglowodorów zawierające siarkę; pochodne węglowodorów zawierające azot, takie jak aminy, amidy, związki azotawe, nitrozwiązki lub azotany, nityle, cyjaniany, izocyjanki; pochodne węglowodorów zawierające fosfor; halogenopochodne; związki metaloorganiczne; tworzywa sztuczne (polimery, włókna syntetyczne i włókna na bazie celulozy); kauczuki syntetyczne; barwniki i pigmenty; produkty i środki powierzchniowo czynne ^{A)}	
46. Produkcja nieorganicznych substancji chemicznych: gazy, takie jak amoniak, chlor lub chlorowodór, fluor lub fluorowodór, tlenki węgla, związki siarki, tlenki azotu, wodór, ditlenek siarki, chlorek karbonylu; kwasy, takie jak kwas chromowy, fluorowodorowy, fosforowy, azotowy, solny, siarkowy, oleum, kwasy siarkawe; zasady, takie jak wodorotlenek amonu, wodorotlenek potasu, wodorotlenek sodu; sole, takie jak chlorek amonu, chloran potasu, węglan potasu, węglan sodu, peroksoboran, azotan srebra; niemetale, tlenki metali lub inne związki ^{A)}	odory
47. Produkcja nawozów na bazie fosforu, azotu i potasu ^{A)}	odory
48. Produkcja środków ochrony roślin lub biocydów ^{A)}	odory

^{A)}Dyrektywa **w sprawie emisji przemysłowych**

^{B)}Rozporządzenie Rady ministrów w **sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (lista przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko)**

^{C)}Rozporządzenie Rady Ministrów w **sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (lista przedsięwzięć mogących potencjalnie oddziaływać na środowisko)**

^{D)}Propozycje własne

Zamierzeniem autorów opracowania jest uregulowanie problematyki emisji odorów dla instalacji przemysłowych. Zatem niniejsza lista obejmuje rodzaje działalności, które należy

bezwzględnie objąć proponowanymi zapisami prawnymi. Ponadto w ocenie autorów opracowania uregulowania prawne powinny obejmować także wszystkie niewymienione wyżej instalacje (jeżeli takowe istnieją), które zobligowane są do uzyskania pozwolenia na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza w zakresie substancji złoonych objętych proponowanymi standardami. Istnieją bowiem dowody, iż dochodzi do sytuacji formalnego dzielenia dużych instalacji celem braku obowiązku uzyskania pozwolenia zintegrowanego oraz przyspieszenia procedur środowiskowych. Uwzględnienie wszystkich instalacji wymagających pozwoleń sektorowych w zakresie wprowadzania gazów (złoonych) lub pyłów do powietrza skutecznie ograniczy możliwość nieujęcia tego typu instalacji.

Odrębnym problemem są instalacje niewymagające uzyskania pozwolenia sektorowego w tym zakresie. Zdaniem autorów każdy przypadek powinien być rozpatrywany indywidualnie, gdyż nawet małe instalacje, poprzez niezorganizowaną emisję mogą wprowadzać znaczne ilości substancji złoonych do powietrza. Należy zatem zastosować skuteczny instrument prawny biorący pod uwagę tego typu przypadki.

2.6. Jednostki zapachowe odorów oraz wartości graniczne dla substancji i związków chemicznych potencjalnie wysoko uciążliwych zapachowo oraz potencjalnie istotnie uciążliwych zapachowo

Instrumentalne metody pomiarów zapachowych zanieczyszczeń powietrza cieszą się największym uznaniem większości ośrodków naukowych w Polsce i na świecie. Metody te bazują w szczególności na analizie z użyciem chromatografii gazowej i wieloczuJNIKOWYCH urządzeń o czujnikach selektywnych na różne związki zanieczyszczające powietrze. Chromatografia gazowa to technika analityczna, służąca do rozdzielenia lub/i badania składu mieszanin związków chemicznych. Technika ta umożliwia procentowe ustalenie składu mieszanin związków chemicznych, w których występuje ich nawet kilkaset (w tym powietrza złowonnego). Chromatografia gazowa ma szerokie zastosowanie w ocenie uciążliwości zapachowej obiektów emitujących odory (m.in. instalacji typu IPPC) - z użyciem chromatografii gazowej prowadzi się badania pod kątem obecności oraz poziomu odorotwórczych związków chemicznych w powietrzu złowonnym, czyli zarówno analizy jakościowej jak i ilościowej. W zależności od stosowanego detektora, chromatografia gazowa umożliwia detekcję każdego rodzaju odoranta, zarówno organicznego jak i nieorganicznego, nawet na poziomie śladów.

Pomiar metodą chromatografii gazowej jest prosty, szybki i umożliwia precyzyjne oznaczenie jakości i ilości odorantów w powietrzu złowonnym. Badania z użyciem metody olfaktometrii dynamicznej natomiast, wskazują jedynie na fakt występowania uciążliwości zapachowej (poprzez określenie jej poziomu), nie identyfikując jednocześnie charakteru oraz stężenia substancji złowonnych w powietrzu. Ponadto, badania z użyciem chromatografii gazowej są o wiele łatwiej dostępne, z uwagi na fakt, że laboratoriów wykonujących badania metodą olfaktometrii dynamicznej jest w Polsce bardzo niewiele.

Wyniki uzyskane dzięki zastosowaniu chromatografii gazowej jako metody badawczej w ocenie oddziaływania zapachowego, pozwolą na kontrolę procesu technologicznego i dalsze realizowanie likwidacji uciążliwości odorowej u źródła.

Na podstawie powyższego zespół autorski dokumentu proponuje, aby w przypadku możliwości precyzyjnego określenia poszczególnych odorantów **u źródła**, w sektorach gospodarki, dla których określono dopuszczalne poziomy substancji w powietrzu zastosować **metody chromatograficzne** oceny jakości powietrza, co jednoznacznie określa źródło i wpływ poszczególnych odorantów na jakość powietrza, a tym samym umożliwia docelowo opracowanie lub wskazanie dostępnej techniki ograniczania oddziaływania zapachowego, co również ma swoje przełożenie na ekonomię inwestycji prośrodowiskowych.

Natomiast metody olfaktometryczne, mają zastosowanie w przypadku gałęzi przemysłu o bardzo złożonym stopniu oddziaływania i szerokiej liście substancji i związków złowonnych, definiowanych w innych sektorach gospodarki.

Należy zaznaczyć, iż w przypadku stwierdzenia oddziaływania zapachowego przez poszczególne podmioty gospodarcze oraz przemysłowe rekomenduje się wprowadzenie corocznego monitoringu oddziaływania zapachowego wraz z modelowaniem dyspersji zapachów (dostępными metodami referencyjnymi określonymi prawem) w okresie letnim, w którym to mamy do czynienia z największym stopniem oddziaływania zapachowego, a także największą liczbą skarg społecznych.

Poniższa tabela zawiera standardy jakości powietrza w odniesieniu do związków złoonych w zależności od rodzaju prowadzonej działalności, najczęściej występujących w oparciu o wykonaną analizę. Standardy zostały zróżnicowane pod kątem zagregowanego i uproszczonego rodzaju zagospodarowania terenu, zgodnie z rozporządzeniem 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). Wartości zaostrome ustalono dla terenów zamieszkałych. W obszarach niezamieszkałych dopuszczalne wartości zostały podwyższone.

Wartości graniczne określono dla 27 substancji, które zdaniem autorów występują najczęściej w każdym wydzielonym sektorze gospodarki, a ich uciążliwość jest największa. Wynika to przede wszystkim z faktu poziomu progów wyczuwalności dla danych substancji, a także faktu ich wzmożonej emisji podczas prowadzenia procesów przemysłowych. Substancje te mają być oznaczane dla trzech sektorów gospodarki: oczyszczanie ścieków, przeróbka i składowanie odpadów, produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze. W ocenie autorów opracowania stężenia tych substancji w powietrzu zostały ustalone na poziomie akceptowalnym przez społeczeństwo. Ponadto, korzystając z doświadczenia zespołu autorskiego, poziomy te nie powinny wpływać istotnie na zmiany technologiczne w instalacjach, w których wdrożone są skuteczne systemy zarządzania środowiskiem i ograniczania oddziaływania zapachowego.

W ocenie zespołu autorskiego, uproszczenie poziomów stężeń dla trzech sektorów gospodarki jest najlepszym rozwiązaniem ujednolicenia standardów jakości powietrza pod kątem odorowym. Pierwotna koncepcja zakładała określenie różnych poziomów substancji, odrębnie dla każdego z sektorów gospodarki. Niemniej jednak w trakcie prac okazało się, że zróżnicowanie tych poziomów było nieistotne statystycznie, a dla wielu substancji, z względu na ich charakter określone poziomy pokrywały się ze sobą. Ponadto zespół autorski postanowił wyodrębnić pozostałe sektory gospodarki i określić dla nich poziom uciążliwości zapachowej na zasadzie jednostek odorowych. Ma to związek przede wszystkim z tym, iż zgodnie z tabelą zawartą w rozdziale 2.4. pozostałe gałęzie przemysłu powodują emisję bardzo wielu odorantów, których identyfikacja jest trudna do określenia, ze względu na występowanie emisji skomplikowanych mieszanin. W ocenie autorów opracowania rozwiązanie to jest najbardziej skutecznym sposobem określenia uciążliwości zapachowej dla tego typu instalacji przemysłowych.

Ponadto autorzy określili także dopuszczalny poziom uciążliwości zapachowej w jednostkach odorowych dla trzech sektorów gospodarki: oczyszczanie ścieków, przeróbka i składowanie odpadów, produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze. Poziom ten docelowo ma być wykorzystywany w sytuacji, gdy dochodzi do kumulacji zanieczyszczeń na obszarach

zamieszkałych, gdzie występuje wiele źródeł emisji substancji złoonych. W tym przypadku określenie wszystkich źródeł emisji jest bardzo trudne, dlatego metoda olfaktometrii dynamicznej w tych przypadkach jest jedyną wskazaną metodą do oceny zapachowej jakości powietrza.

Rysunek 3 Schemat prezentujący ścieżkę postępowania w przypadku wystąpienia uciążliwości zapachowej. Szczegółowe metodyki pomiarów w terenie zostały opisane w kolejnych rozdziałach.

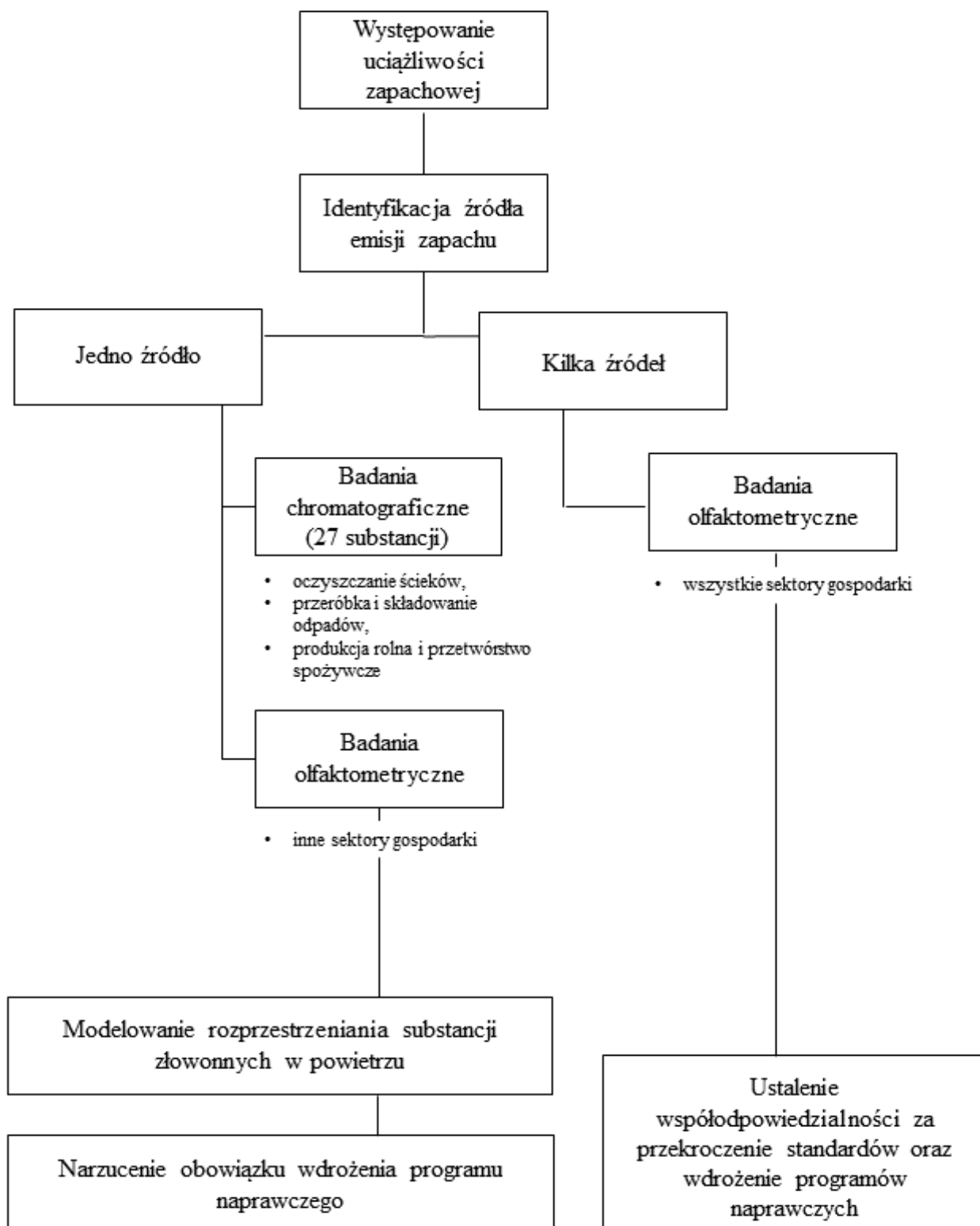


Tabela 37 Proponowane standardy jakości powietrza pod kątem stężenia substancji złoonych w powietrzu wraz z jednostkami odorowymi

Rodzaj użytkowania terenu	Rodzaj substancji	Oczyszczanie ścieków; Przeróbka i składowanie odpadów; Produkcja rolna i przetwórstwo spożywcze	Inne sektory gospodarki
		Wartość dopuszczalnych stężeń µg/m³	
Obszar zabudowany: tereny miejskie zwarta zabudowa wiejska	Amoniak	400	-
	Siarkowodór	13	
	Tiole*	1,5	
	Kwas Butanowy (Masłowy)	4	
	Kwas Pentanowy (Walerianowy)	20	
	Kwas Hekasnowy (Kapronowy)		
	Kwas Heptanowy		
	Kwas Oktanowy		
	Butanal (Aldehyd Masłowy)	13	
	Etanal (Aldehyd Octowy, Acetaldehyd)	4	
	Heksanal (Aldehyd Kapronowy)	40	
	Propanon (Aceton)	350	
	Metyloamina	25	
	Trimetyloamina	1,5	
	Pirydyna	13	
	Sulfidy*	5	
	Disiarczek Węgla	50	
	Ditlenek Siarki	210	

	Chlorofenol	1	
	Krezol	3	
	Fenol	200	
	Indol, Skatol	0,1	
	BTEX (Benzen, Toluen, Etylobenzen, Ksylen)	350	
	Naftalen	47	
	Fluorowodór	40	
	Jednostka Odorowa	2	
	2		
Obszar niezabudowany	Amoniak	600	-
	Siarkowodór	20	
	Tiole*	2,3	
	Kwas Butanowy (Masłowy)	4	
	Kwas Pentanowy (Walerianowy)	20	
	Kwas Hekasnowy (Kapronowy)		
	Kwas Heptanowy		
	Kwas Oktanowy		
	Butanal (Aldehyd Masłowy)	20	
	Etanal (Aldehyd Octowy, Acetaldehyd)	6	
	Heksanal (Aldehyd Kapronowy)	60	
	Propanon (Aceton)	525	
	Metyloamina	30	
	Trimetyloamina	2	
	Pirydyna	20	
	Sulfidy*	8	
	Disiarczek Węgla	75	
	Ditlenek Siarki	350	

	Chlorofenol	1,5	
	Krezol	5,5	
	Fenol	300	
	Indol, Skatol	0,2	
	BTEX (Benzen, Toluen, Etylobenzen, Ksylen)	525	
	Naftalen	70	
	Fluorowodór	60	
	Jednostka Odorowa	3	3
* Do wyboru jedna substancja z grupy związków chemicznych, zawarta w tabeli w rozdziale 2.4.1.			

Wartości graniczne dla związków złowonnych określone w powyższej tabeli związane są przede wszystkim z progami wyczuwalności zapachowej, ale także wynikają z wyników badań prowadzonych na terenach instalacji. Dla **amoniaku** przyjęto wartość 400 µg/m³ w powietrzu. Jest to wartość uśredniona pomiędzy zidentyfikowanymi progami wyczuwalności określonymi w rozdziale 2.4.3. W przypadku **siarkowodoru** ustalono wartość na poziomie 13 µg/m³, zbliżoną do wartości podawanych przez M. Zamelczyk-Pajewską. Ze względu na to, iż **tirole** (merkaptany) to grupa związków, których stężenie w przypadku emisji występuje na podobnym poziomie, zespół autorski zdecydował, iż w przypadku pomiaru tych substancji występuje dowolność w określeniu poziomu stężenia tylko jednej z nich. Wynika to także z faktu, iż możliwości określenia wszystkich tioli przez jedno laboratorium są ograniczone. Stężenie dopuszczalne dla merkaptanów określono na poziomie 1,5 µg/m³. Podobny schemat postępowania zastosowano dla **sulfidów**, dla których proponowany poziom dopuszczalny wynosi 5 µg/m³. Dla kwasów: **pentanowego**, **heksanowego**, **heptanowego** oraz **oktanowego** zaproponowano poziom dopuszczalny 20 µg/m³. Poziom ten wynika z uśrednienia progów wyczuwalności dla tych substancji. Z kolei dla **kwasu butanowego** określono stężenie dopuszczalne na poziomie 4 µg/m³, w odniesieniu do progu określonego przez Szymkowską i in. Ze względu na to, iż progi wyczuwalności określone przez literaturę dla **butanalu** są zbieżne określono próg na poziomie najniższym 13 µg/m³. Z kolei dla takich substancji jak: **etanal**, **disiarczekwęglu**, **sitleneksiarki**, **BETEX (suma)**, **naftalen**, **fluorowodor** ustalono wartości średnie określone przez literaturę w rozdziale 2.4.3. Dla substancji: **heksnal**, **pirydyna**, **chlorofenol**, **indol**, ze względu na ich charakterystyczne intensywne zapachy, ustalono wartość dopuszczalną na poziomach najniższych określanych przez literaturę. Dla **acetonu** ustalono wartość dopuszczalną na poziomie 400 µg/m³. Ze względu na to, iż dane literaturowe są bardzo rozbieżne w kwestii progów wyczuwalności dla acetonu zespół autorski określił próg dla tej substancji na podstawie własnego doświadczenia przy pomiarach na instalacjach przemysłowych. Ponadto, średnie z progów wyczuwalności zostały przyznane dla substancji takich jak: **metyloamina**, **trimetyloamina**, **krezol**, **fenol**.

Z kolei stężenie odorów określanych wartościami jednostek odorowych ustalono na poziomie 2 ou_E/m³. W odniesieniu do projektu ustawy o uciążliwości zapachowej z roku 2009, zespół autorski postanowił złagodzić określone standardy i ustalić realną do osiągnięcia wartość poziomu porównawczego. Z doświadczenia zawodowego autorów opracowania wynika, iż nawet proponowana wartość 2 ou_E/m³ jest wartością dość restrykcyjną i może powodować ponoszenie dodatkowych istotnych kosztów przez przedsiębiorców. Niemniej jednak w odniesieniu do standardów międzynarodowych, w ocenie autorów jest to wartość jedyna możliwa do przyjęcia.

Ponadto autorzy zaproponowali nieco wyższe wartości dla obszarów niezabudowanych, w porównaniu do terenów mieszkalnych. Jedynie w przypadku substancji szczególnie silnych zapachowo wartości te nie uległy zmianie. Podwyższenie dopuszczalnego progu dla pozostałych substancji związane jest przede wszystkim z tym, iż wiele zakładów przemysłowych posiada strefy buforowe bądź zakłady te zlokalizowane są w znacznej odległości od zabudowy. Nie istnieją zatem przesłanki, aby określać takie same standardy dla terenów niezabudowanych, tym bardziej, iż nieznacznie wyższe stężenia substancji

w powietrzu nie wpłyną negatywnie na środowisko. Wartości standardów dla tych substancji zostały ustalone na poziomie 1,25-1,5 wyższym w porównaniu do wartości dla terenów zamieszkałych. Wskaźnik ten wynika przede wszystkim z różnicy szorstkości terenów niezamieszkałych i zamieszkałych, gdzie prędkości dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu są różne.

2.7. Wskazanie metodyki oceny zapachowej jakości powietrza

2.7.1. Badania terenowe

2.7.1.1. Metodyka badań olfaktometrycznych

Należy podkreślić, iż w otoczeniu źródła emisji zapachu wyróżniamy dwa podstawowe typy badań terenowych, tj.: badania w siatce oraz w smudze.

Zgodnie z normą VDI 3940 cz. 1 pomiar w siatce stanowi statystyczną metodą pomiarową, w której przez ustalony czas zespół oceniających rejestruje odczuwane zapachy w siatce pomiarowej zaplanowanej na obszarze badań. Uzyskane na podstawie prac terenowych wyniki, służą następnie do obliczeń charakterystyki oddziaływania odorów (liczba godzin oddziaływania odoru w roku - godziny odorowe).

Dla potrzeb identyfikacji oddziaływania zapachu w zasięgu smugi stosowany jest pomiar w smudze (VDI 3940 cz. 2). Badanie tego typu odbywa się w określonych warunkach meteorologicznych. Procent występowania badanego zapachu podczas pojedynczego pomiaru służy do obliczania oddziaływania zapachu, podobnie jak w przypadku pomiarów w siatce.

Badania terenowe oddziaływania zapachowego, tj. pomiary emisji prowadzone są przez doświadczonego operatora oraz zespół oceniających. W badaniach tych bardzo ważne jest prawidłowe sporządzenie planu badań, rozmieszczenie punktów pomiarowych oraz zapis wyników. Bezpośrednio po zebraniu wszystkich protokołów operator sprawdza uzyskane dane pod względem kompletności i wiarygodności, a następnie dokonuje oceny.

Wyspecjalizowany zespół oceniających spełnia określone warunki zarówno pod względem psychologicznym, jak i fizjologicznym. Najważniejszym kryterium wyboru jest wrażliwość na standardową substancję zapachową: n-butanol. Zapewnia ono wrażliwość oceniających biorących udział w badaniach olfaktometrycznych określoną zgodnie z metodyką zawartą w opisywanej w dokumentacji normie PN-EN 13275²⁵². Dodatkowo należy podkreślić, iż oceniający powinni być pełnoletni oraz nie mogą być alergikami ani cierpieć na inne choroby, które mogłyby zaburzać węch^{253,254}.

W standardowych warunkach przed przystąpieniem do badań terenowych zespół oceniających należy przeszkolić w zakresie obsługi stosowanych w trakcie badań przyrządów pomiarowych oraz skali intensywności i kodów przypisanych do określonych rodzajów zapachów, uwzględnionych w protokole pomiarowym. Rodzaj zapachu, który nie został uwzględniony w protokole opisuje się jako inne zapachy przemysłowe lub różne zapachy. Metodę tę powinno się jednak stosować wyłącznie w przypadku wykrycia nietypowych i nieoczekiwanych zapachów. Przed rozpoczęciem pomiarów oceniający powinien otrzymać ogólne instrukcje pracy w terenie oraz mieć możliwość zapoznania się z badanym zapachem. Zalecane jest również, przeprowadzenie kilka próbnych pomiarów z całym zespołem.

²⁵²PN-EN 13275 Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej, 2007

²⁵³VDI 3940 B.1, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006

²⁵⁴VDI 3940 B.2, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006.

Sposoby zapisu danych w protokołach pomiarowych stosowanych w badaniach imisyjnych w siatce i smudze przedstawiono na rys. 4 oraz rys. 5.

Oceniający zapach w terenie wyposażeni są m.in.: stoper, mapy lub plany miasta z wyraźnie wskazanymi punktami pomiarowymi, kieszonkowy kompas, termometr, ręczny anemometr oraz latarki w przypadku pomiarów prowadzonych po zmroku lub w porze nocnej.

Skład zespołu w trakcie trwania pomiarów powinien wynosić minimum 10 osób, które rozmieszczone są na badanym obszarze w sposób równomierny.

Istotnym zagadnieniem w badaniach terenowych jest wybór oraz rozmieszczenie punktów pomiarowych na wyznaczonym obszarze. Oceniający nie powinni dokonywać badań w pobliżu domów, wysokich ścian, płotów, krawędzi lasów, dróg o dużym natężeniu ruchu, torów kolejowych, przystanków autobusowych czy postojów taksówek. Należy także unikać takich źródeł, jak szyby wentylacyjne, pokrywy włazów, bary szybkiej obsługi czy stacje benzynowe. Na otwartych przestrzeniach punkty pomiarowe należy wyraźnie oznakować, tak aby były widoczne również po zmroku.

Przy badaniach terenowych prowadzonych w smudze ważne jest podejmowanie szybkich decyzji na podstawie doświadczenia osoby wiodącej w zakresie położenia punktów pomiarowych, z uwzględnieniem zmiennych uwarunkowań meteorologicznych w trakcie przeprowadzanych badań.

Konkludując pojedynczy pomiar w badaniach terenowych definiuje się jako pomiar imisji związków zapachowych przez oceniającego w określonym punkcie przez wyznaczony minimalny czas trwania 10 min. W celu określenia procentowego udziału występowania badanego zapachu (stosunku ułamka czasu, w którym oceniający odczuwa zapach, do całkowitego czasu trwania pomiaru) w jednym cyklu pomiarowym stosuje się dwie metody²⁵⁵:

- Oceniający testuje powietrze w odstępach 10-sekundowych i zapisuje zidentyfikowany rodzaj zapachu w protokole badawczym. Na koniec 10 min cyklu oceniający powinien mieć przebadanych 60 próbek zapachowych. W każdym 10-sekundowym odstępie oceniający opisuje zapach tylko podczas jednego wdechu, a nie ogólne wrażenie całych z 10 s. W przypadku wystąpienia zakłóceń podczas pojedynczej oceny w ciągu 10 min, należy zrealizować dodatkową próbkę bezpośrednio po pomiarze w 10-sekundowych odstępach. Całkowity czas pomiaru nie powinien przekroczyć 20 min. Wówczas procent występowania badanego zapachu określa się jako stosunek liczby pozytywnych pomiarów do całkowitej liczby próbek wykonanych podczas jednego cyklu pomiarowego.
- Oceniający testuje każdy wdech i włącza stoper na początku i na końcu każdego okresu, w którym wyczuwa zapach. Procent występowania badanego zapachu to stosunek obliczony z sumy czasów występowania zapachu i czasu trwania cyklu pomiarowego.

²⁵⁵VDI 3940 B.1, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006

Zgodnie z metodyką badań opisaną szczegółowo w normie oceniający testuje otaczające powietrze z uwzględnieniem rozpoznawalnych w otoczeniu zapachów. Zapach powinien być rozpoznany przez oceniającego który powinien zidentyfikować jego rodzaj.

Zalecany w VDI 3883 cz. 1 czas prowadzenia pomiarów terenowych wynosi pół roku, gdzie miesiące bardzo ciepłe i bardzo zimne muszą być reprezentowane w równym stopniu. Wskazane jest planowanie rozpoczęcia badań na przełomie miesiąca styczeń/luty bądź lipiec/sierpień. Pomiary, które wykonywane są w otoczeniu zakładu, z którego emisja roczna ma zmienny charakter, należy realizować w okresie całego roku. Wskazane jest także ograniczenie okresu pomiarowego tylko dla dni pracy zakładu.

Rysunek 4. Sposoby zapisu danych w protokołach pomiarowych stosowanych w badaniach imisyjnych w siatce i smudze.

Nazwisko oceniającego: _____ Data: _____
 Numer punktu pomiarowego: _____
 Początek pomiaru: _____ Koniec pomiaru: _____

1 minuta	2 minuta
3 minuta	4 minuta
5 minuta	6 minuta
7 minuta	8 minuta
9 minuta	10 minuta

Charakter zapachu

- 0 - brak zapachu
- 1 - zapach zakładu 1
- 2 - zapach zakładu 2
- 3-
- 4 - inne zapachy z zakładu*
- 5 - różne zapachy**
- ...
- ...
- 9-

Uwagi:

* Inne zapachy z zakładu należy sprecyzować, np. 4¹, 4² itd.

** Różne zapachy należy sprecyzować, np. 5¹ zapachy z grilla,

5² zapach z placu budowy

Warunki meteorologiczne:

Siła wiatru:

brak | słaby | średni | mocny | huragan

Wiatr

Zachmurzenie:

brak	małe	średnie	duże
------	------	---------	------



Opady:

brak	mżawka	deszcz	śnieg	mgła	inne
------	--------	--------	-------	------	------

Rysunek 5 Protokół pomiarów w smudze.²⁵⁶

Protokół z pomiarów w smudze									
Projekt: Charakter zapachu:									
Data: Nazwisko oceniającego: Nr: Pobór próby co 10 sekund. Odstępy między pomiarami.									
Punkt	A	B	C	Punkt	A	B	C	Dane meteorologiczne:	
Czas				Czas				przed pomiarem	1. po ostatnim pomiarze
1 min	0			6 min	0			Czas:	
	10				10			Prędkość wiatru (w m/s):	
	20				20				
	30				30			Kierunek wiatru (w °):	
	40				40				
	50				50			Zachmurzenie (w okt):	
2 min	0			7 min	0				
	10				10			Temperatura (w °C):	
	20				20				
	30				30			Wilgotność względna (w %):	
	40				40				
	50				50			Opady:	
3 min	0			8 min	0				
	10				10			Urządzenie pomiarowe:	
	20				20				
	30				30			Skala intensywności 6 skrajnie mocny 5 bardzo mocny 4 mocny 3 wyraźny 2 słaby 1 bardzo słaby 0 brak	
	40				40				
	50				50				
4 min	0			9 min	0				
	10				10				
	20				20				
	30				30				
	40				40				
	50				50				
5 min	0			10 min	0				
	10				10				
	20				20				
	30				30				
	40				40				
	50				50				
Uwagi:									

²⁵⁶VDI 3940 B.1, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006

Zgodnie z normą VDI 3940 cz. 1 zalecany obszarem badań jest koło, którego środek pokrywa się ze źródłem emisji zapachu lub w przypadku zakładu z wieloma źródłami – również z emisją skupioną i którego promień wynosi około 30 wysokości emitora. W przypadku niskich źródeł (< 20 m) obszar badań powinien być wyznaczony w taki sposób, aby najkrótsza odległość z rogu obszaru zakładu do zewnętrznej granicy obszaru badań wynosiła co najmniej 600 m.²⁵⁷

Obszar badań, który jest wyznaczony zostaje pokryty siatką równomiernie równomiernie rozłożonych punktów. Kwadraty pomiarowe powstają z czterech połączonych ze sobą punktów pomiarowych (rys. 6). Celem określenia odległości między punktami pomiarowymi, tzw. kroku siatki jest otrzymanie jak najbardziej jednolitego rozkładu oddziaływania zapachu na obszarze kwadratu. Początkowo powinno się ustalać krok równy 250 m. W zależności od warunków i potrzeb możliwe są także kroki większe (maksymalnie 500 m) lub mniejsze (np. 125 m, 100 m czy 50 m).

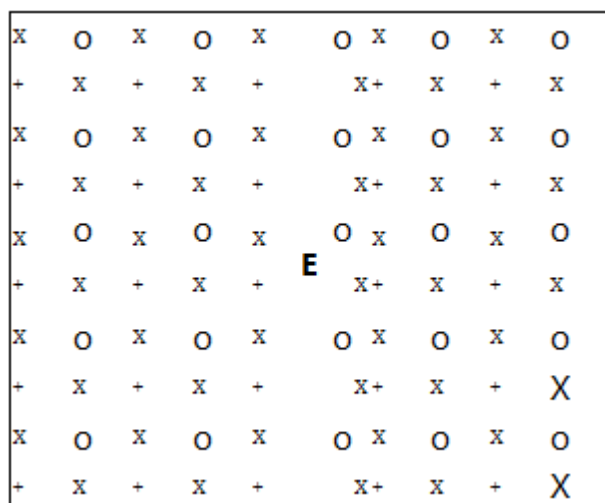
Podczas określania rozmiaru i położenia kwadratów pomiarowych istotne jest, aby postępować w następujący sposób²⁵⁸:

1. Zaczynając ze źródła emisji lub w przypadku kilku emitatorów - skupiając się na jednym z nich (np. potencjalnie największym), na obszarze badań rysuje się siatkę o wymiarach 250 m x 250 m.
2. W przypadku tylko wysokich źródeł lub kiedy trzeba ocenić teren, zaczynając w odległości 250 m od krawędzi danego zakładu, należy założyć, że kwadraty pomiarowe uzyskane w ten sposób pozwolą na wystarczający opis rzeczywistego oddziaływania zapachów i zapewnią wystarczająco jednolity rozkład oddziaływania zapachu w kwadratach pomiarowych.
3. W przypadku źródeł niskich i niezorganizowanych oraz odległości mniejszej niż 250 m od najbliższych budynków odpowiednich do oceny można zmniejszyć rozmiar kwadratów, aby pokryć możliwie wszystkie miejsca, w których rozkład zapachu nie jest jednorodny. W takich sytuacjach można zmniejszyć kwadraty do rozmiaru 50 m x 50 m. Nie jest wymagane pokrycie tak gęstą siatką całego obszaru badań. Wraz ze wzrostem odległości rozmiary kwadratów mogą się zwiększać.
4. Po wyznaczeniu siatki może być konieczna zmiana położenia punktów w związku z lokalnymi warunkami terenowymi. Obracając i przemieszczając je nieznacznie, można przystosować kwadraty pomiarowe tak, aby lepiej wpasowywały się w istniejącą zabudowę i w ten sposób osiągnąć lepsze punkty do oceny. Celem optymalizacji punktów jest także ułatwienie dostępu do nich i zmniejszenie odchyłek między teoretycznymi a rzeczywistymi punktami.

²⁵⁷VDI 3940 B.1, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006

²⁵⁸VDI 3940 B.1, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006

Rysunek 6 Przykład planu pomiarów na siatce pomiarowej (na podstawie²⁵⁹)



x - pierwszy dzień pomiarowy

O - drugi dzień pomiarowy

+ - trzeci dzień pomiarowy

x - czwarty dzień pomiarowy

E - emitator

5x5 punktów pomiarowych
każdego dnia

Badania terenowe przeprowadza się w różnych dniach i muszą być tak zaplanowane, aby pojedynczy pomiar w punkcie pomiarowym danego kwadratu był niezależny każdego dnia. W nieprzylegających do siebie punktach pomiarowych pojedynczego kwadratu pomiarowego badanie trwa jedną rundę pomiarową. Aby zapewnić reprezentatywność wyników badań, należy przed pomiarami wybrać regularne i nielosowe daty pomiarów.

Przy planowaniu pomiarów terenowych w siatce należy spełnić następujące warunki ²⁶⁰:

1. W zależności od skali badań należy wykonać:
 - a. 52 pomiary w 6 miesięcy, wymagane są 2-3 pomiary tygodniowo,
 - b. 104 pomiary w 6 miesięcy, wymagane są 4-6 pomiarów tygodniowo,
 - c. 104 pomiary w 12 miesięcy, wymagane są 2-3 pomiary tygodniowo.
2. Pomiary nie wolno przeprowadzać w kolejnych dniach. Jedynie w przypadku opóźnień spowodowanych anulowaniem jakiegoś pomiaru można w taki sposób rozplanować badania, żeby pomiary odbywały się dzień po dniu, aby zminimalizować opóźnienia.
3. Przez cały okres badań udział każdego dnia tygodnia powinien być jednakowy, tj. każdy dzień tygodnia powinien być reprezentowany mniej więcej 2 razy na każdy punkt pomiarowy (lub też 4 razy na 104 dni pomiarowe).

²⁵⁹VDI 3940, Determination of odorants in ambient air by field inspections. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 1993

²⁶⁰VDI 3940 B.2, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006

4. Na liście punktów pomiarowych do zbadania przez oceniającego w danej rundzie pomiarowej nie powinno znaleźć się więcej niż 10-12 punktów. Nie wolno badać w tym samym dniu punktów przylegających do siebie w pojedynczym kwadracie.
5. Ustalając początek pomiarów danego dnia, należy zwrócić uwagę, aby każdy z czterech pojedynczych pomiarów w danym punkcie pomiarowym odbywał się w różnych porach dnia (rano, południe, wieczór, noc). Po 13 pomiarach (lub 26, w przypadku całkowitej liczby 104 dni pomiarowych) dane z różnych pór dnia powinno się zebrać razem dla wszystkich punktów. Z tego powodu konieczna może się okazać zmiana kolejności wśród rund pomiarowych.
6. Z punktu widzenia badań jako całości, a także pojedynczych rund pomiarowych, oceniający powinien pracować z równą częstotliwością. Należy zadbać, żeby zatrudnienie poszczególnych osób lub całego zespołu było regularnie określone w czasie.
7. Pracownicy zakładu, szczególnie jeśli można w nim regulować czas emisji zapachów, nie powinni znać szczegółów pomiarów (dnia i godziny). Jest to ochrona zakładu od oskarżeń o manipulowanie wynikami na jego korzyść. Dodatkowo wszystkie nieciągłe procesy związane z zapachami (data, czas trwania) powinny być, w miarę możliwości, dokumentowane przez zakład przez cały czas trwania badań.

Pomiar w smudze jest związany z określonym obiektem przemysłowym. Podczas planowania pomiarów konieczne jest więc posiadanie informacji dotyczących²⁶¹ :

- procesu produkcyjnego i powstałych produktów;
- godzin pracy zakładu, głównego źródła emisji;
- nieciągłych procesów produkcji;
- źródeł powierzchniowych i niezorganizowanych.

Pomiar w smudze składa się z pomiarów trwających 10 min, każdy na kilku skrzyżowaniach linii pod odpowiednim kątem do kierunku wiatru. Pomiar na skrzyżowaniu linii składa się z co najmniej 5 punktów pomiarowych i 5 ocenianych. Odległość między skrzyżowaniami linii i punktami pomiarowymi zależy od przewidywanego rozmiaru smugi, na którą może oddziaływać wysokość źródła emisji, strumień zapachu, aktualne warunki meteorologiczne, a także topografia terenu. Podczas kolejnych pomiarów na skrzyżowaniach linii oceniający muszą się przesuwać, aby żaden z nich nie pozostał na tym samym miejscu w smudze. Jeśli podczas badań terenowych znacznie zmieniają się warunki dyspersji, a w szczególności kierunek wiatru, to pomiar na danej linii można pominąć.

Zgodnie z normą niemiecką VDI 3940 cz. 2²⁶² zasięg smugi zależy głównie od warunków meteorologicznych, w szczególności od prędkości wiatru. Koniec smugi wyznacza się w procencie występowania badanego zapachu równym 10% cyklu pomiarowego. Oceniający muszą znać zapach pochodzący z zakładu, aby mogli go wiarygodnie identyfikować. Następnie ustalany jest przybliżony kierunek wiatru. Oceniający oddalają się od zakładu w kierunku wiatru, dopóki nie znajdą się na zewnątrz smugi. Dochodząc do zakładu różnymi drogami, mogą znaleźć odległość, w której zapach zaczyna być wyczuwalny. W tym miejscu

²⁶¹ VDI 3940 B.2, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006.

²⁶² VDI 3940 B.2, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006.

można wyznaczyć pierwsze skrzyżowanie linii położone pod odpowiednim kątem do osi smugi i 5 punktów pomiarowych. Jeśli wiadomo, że kryterium dla końca smugi (10% czasu zapachu) nie jest spełnione, to wyznacza się nową linię w mniejszej lub większej odległości od źródła i przeprowadza nowe pomiary, do momentu aż będzie ono spełnione w pobliżu osi smugi. Następnie oceniający, stojąc na osi smugi, na której osiągnięto przynajmniej 10% występowania badanego zapachu, pozostaje na kolejne pomiary w linii. Pozostałych 4 oceniających przesuwają się bliżej w stronę zakładu, aby wyznaczyć boczne linie smugi (narożniki i szerokość). Przykładowe rozmieszczenie punktów pomiarowych podczas pomiarów w smudze przedstawiono na rys. 7.

Rysunek 7 Przykład rozmieszczenia punktów pomiarowych podczas pomiarów w smudze (na podstawie²⁶³)

Kierunek wiatru		
1 2	3 4 5	
6 7	8 9 *0	
11 12	13 14 15	
Emitor		

Boczne granice smugi określa się przez interpolację wyników między dwoma punktami pomiarowymi na lewo i prawo od osi smugi. Proces ten należy prowadzić przynajmniej na jednej linii wzdłuż smugi. Odległość między pojedynczymi liniami i punktami pomiarowymi nie musi być taka sama. Zależy to od ustalonego zasięgu smugi, który z kolei jest narzucony przez rozmiar źródła emisji i parametry pracy, a także do topografii. We wszystkich przypadkach operator musi wprowadzić pozycje oceniających i ich numery identyfikatorów na odpowiednią mapę dla wszystkich linii pomiarowych. Stosując powyższą metodę, należy ustalić zasięg smugi przynajmniej 3 razy.

Smuga zapachów z emitora danego zakładu zależy bezpośrednio od kierunku i prędkości wiatru oraz stanu równowagi atmosfery. Niezbędne jest więc prowadzenie dla danego obszaru pomiarów meteorologicznych przez cały okres pomiarów. Według norm VDI należy zatem dokonać pomiarów oraz obserwacji²⁶⁴ :

- kierunku i prędkości wiatru przez okres ok. 10 min;
- stanu równowagi atmosfery podczas pomiarów na skrzyżowaniach linii;
- temperatury powietrza oraz oceny nietypowych czynników, takich jak opady, mgła czy śnieg podczas pomiarów.

²⁶³ VDI 3940 B.2, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006.

²⁶⁴ VDI 3940 B.2, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006.

Europejskie dostępne normy, pozwalają na ocenę zjawiska uciążliwości zapachowej m.in. na podstawie rejestru skarg, badań ankietowych oraz pomiar imisji, tj. m.in. badań terenowych odorów w otoczeniu wybranego źródła emisji.

Reasumując ocena zjawiska uciążliwości zapachowej, której przyczyną jest emisja odorów przez zakład przemysłowy lub inny o powodujący potencjalne oddziaływanie zapachowe, jest niemożliwa przy zastosowaniu klasycznych metod analitycznych i modelowych. Zatem zaleca się przeprowadzanie ankiet wśród mieszkańców zamieszkujących obszary poddawane oddziaływaniu odorów. Informacja o dużej ilości skarg związanych z działalnością określonego zakładu może być powodem do rozpoczęcia badań ankietowych na wybranym obszarze, natomiast należy wyraźnie podkreślić, iż tego typu badania są kosztowne i nie zawsze dają wiarygodną odpowiedź.

Każda z wymienionych metod, zawiera wady i zalety. W przypadku skarg informacje są uzyskiwane najczęściej z powodu bardzo dużego wpływu zapachów na komfort życia mieszkańców w otoczeniu zakładów o potencjalnym oddziaływaniu zapachowym. Ponadto należy zaznaczyć, iż społeczeństwo charakteryzuje się zróżnicowanym podejściem do zgłaszania skarg. Ilość skarg zależy często od stopnia przekonania ludzi, że ich wnoszenie może zmienić zastany stan, a także od gotowości współpracy wszystkich zainteresowanych stron: władz lokalnych, społeczeństwa oraz zakładu. Skargi stanowią sprawdzony wskaźnik odczuwalnych przypadków, takich jak np. awaria w zakładzie, nie dają jednak pełnego obrazu (w ujęciu czasowym i przestrzennym) uciążliwości zapachowej na wybranym obszarze.

Przewagą kolejnej metody - ankietyzacji ustnej - nad statystyką skarg jest fakt, że osoba planująca ankietę wybiera do badań reprezentatywny obszar oraz czas trwania badań. Rezultatem jest uzyskanie danych, które pozwalają ocenić stopień uciążliwości zapachowej oraz uzyskanie informacji o skumulowanych odpowiedziach zbieranych przez dłuższy czas. Zaletą ankietyzacji jest fakt, iż przeprowadzona ankietę w swojej treści zawiera elementy wiążące proces odczuwania zapachu i reakcję na niego jako uciążliwość. Do wad tej metody należy fakt, iż jest ona odpowiednia do pomiarów skumulowanych odczuć uciążliwości, ale nie sprawdza się do opisu zmian uciążliwości w czasie.

Opis zmian uciążliwości o charakterze czasowym, ale również i przestrzennym, można uzyskać na drodze ankietyzacji oraz w formie pisemnej. Wyniki badań uzyskane w tej metodzie są danymi zebranymi z dużej liczby pojedynczych zdarzeń. W ten sposób może być mierzona zarówno całkowita uciążliwość, jak i jej zmiany w czasie, bez straty danych o pojedynczych zdarzeniach. Osoby wchodzące w skład grupy ankietowanych muszą być odpowiedzialne, brać udział w badaniach w sposób regularny (o tych samych porach dnia) i przez długi czas. Bez znaczenia, w przypadku tego typu badań, powinna być motywacja ankietowanych np. poprzez gratyfikację finansową. Do uzupełniania metody ustnej i pisemnej mogą należeć ankietę przeprowadzane telefoniczne.

W przypadku zidentyfikowania krótkoterminowej uciążliwości, kiedy wysokie stężenia zapachu występują rzadko, ale są odczuwane jako szczególnie intensywne lub szczególnie nieprzyjemne, istotne staje się ustalenie intensywności zapachu oraz jakości hedonicznej powietrza. Wówczas dokonuje się pomiarów, prowadząc badania terenowe (imisji) w siatce oraz w smudze.

Wyrażenie „jakość hedoniczna” oznacza wynik ocen wrażenia zmysłowego lub ocenianej próbki (zespół wrażeń) pod kątem subiektywnych emocji. Takich jak:

- pozytywne lub negatywne;
- przyjemne lub nieprzyjemne;
- ładne lub brzydkie;
- smaczne lub niesmaczne.^{265 266}

Pochodzenie określeń „jakość hedoniczna” i „ocena hedoniczna” wiąże się z wyrazem „przyjemność” (gr. ἡδονή, hedone) jak i z nazwy doktryny filozoficznej, która za główny motyw ludzkiego postępowania miała na celu dążenie do przyjemności (hedonizm).

Proces hedonicznej oceny próbki/wrażenia możemy podzielić na etapy:

- odbierania bodźców, które docierają do odpowiednich receptorów, występujących w narządach zmysłów;
- przetwarzania tych sygnałów w sieci neuronowej mózgu, na kolejnych poziomach analizatorów odpowiednich wrażeń, kodowania odebranych sygnałów;
- porównanie odebranych informacji z pamięciowym „katalogiem” i identyfikacja bodźca równocześnie - często wcześniej - pojawiają się emocje, które w przeszłości towarzyszyły podobnym bodźcom, zarejestrowanym w pamięci w różnych sytuacjach życiowych.

Zauważyć można, że silne i trwałe są asocjacje między ośrodkiem emocji, a ośrodkiem rozpoznawania wrażeń węchowych. W czasie wykonywanych badań mechanizmów odczuwania emocji z użyciem fMRI, stwierdzono, że rozpoznanie może być wyprzedzane przez emocję – pozytywną lub negatywną²⁶⁷.

Skalowanie jakości hedonicznej

Metody skalowania służą do ilościowego wyrażania jakości i intensywności sensorycznej produktu pod względem wybranych cech (wyróżników). W metodach tych zakłada się, że każda liczba (lub punkt na skali) jest proporcjonalna do intensywności cechy jakościowej będącej obiektem oceny.

Skalowanie jakości hedonicznej jest wykonywane z użyciem skal:

- punktowych;
- werbalno-punktowych;
- graficznych;
- standardów (wzorców).

W olfaktometrii przemysłowej (gdzie bada się jakość zapachu zanieczyszczonych gazów, emitowanych z różnych źródeł) popularne są skale werbalno-punktowe, takie jak symetryczna skala dziewięciostopniowa: -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4 (z werbalnymi określeniami stopni)²⁶⁸.

²⁶⁵ Baryłko-Pikielna N., *Zarys analizy sensorycznej żywności*. Wyd. 1. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1975.

²⁶⁶ Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszyński B.: *Odory*. Wyd. 1. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002, s. 41-43, 126-131. ISBN 978-83-01-14525-5.

²⁶⁷ Henkin R.I., Levy L.M.. *Lateralization of brain activation to imagination and smell of odors using functional magnetic resonance imaging (fMRI): left hemispheric localization of pleasant and right hemispheric localization of unpleasant odors*. „J Comput Assist Tomogr.”, s. 493-514, 2001 Jul-Aug (ang.).

²⁶⁸ Normenausschuss KRdL Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. *Olfaktometrie - Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung; Olfactometry - Determination of hedonic odour tone*. „VDI-Richtlinie”. VDI 3882 Blatt 2.

Dostępne na rynku niektóre typy olfaktometrów wyposażone są w programy przewidziane do gromadzenia licznych indywidualnych opinii o hedonicznej jakości zapachu badanej próbki po jej rozcieńczeniu w różnym stopniu (różna intensywność wrażenia) i do statystycznego opracowywania zbiorów zgromadzonych danych.

Graficzne skale jakości hedonicznej mają często formę zbioru prostych rysunków, jednoznacznie ilustrujących różne emocje. Zazwyczaj końce odcinka są opisane werbalnymi określeniami emocji skrajnych. Zadaniem osoba rejestrującej swoje emocje jest zaznaczenie punktu w swobodnie wybranej odległości od końców odcinka.

Skalą wzorców hedonicznej przy określaniu jakości zapachu może być zestaw kilku, odpowiednio dobranych, związków chemicznych. Przygotowane roztwory powinny charakteryzować się taką samą intensywnością zapachu oraz powinny być uszeregowane zgodnie od najładniej do najbrzydziej pachnącego. Osoby, które oceniają zapach próbki porównują jej zapach z zapachem wzorców i wskazują wzorce o podobnej jakości - pachnące trochę ładniej i trochę brzydziej²⁶⁹

Zbiory opinii, zgromadzonych w czasie skalowania jakości hedonicznej, są opracowywane statystycznie²⁷⁰.

Wyniki uzyskane z pomiarów terenowych dają jedynie możliwość oceny istniejącej sytuacji imisyjnej. Umożliwiają także planowanie i kontrolę skuteczności przedsięwzięć mających na celu zmniejszenie emisji zapachu na wybranym obszarze.

Określenie intensywności lub jakości hedonicznej poprzez badania terenowe nie dostarcza jednak żadnych konkretnych punktów odniesienia dla porównawczej oceny różnych instalacji (emitorów). Oznacza to, że instalacje lub ich części nie mogą zostać przyporządkowane do określonych klas intensywności lub klas jakości hedonicznej, ponieważ rozrzut mierzonych wartości intensywności i jakości hedonicznej podczas jednego pomiaru metodą siatki lub pomiarów w smudze może być zbyt duży, a liczba zgromadzonych wartości pomiarowych zbyt mała. Ważne jest jednak, że przy zastosowaniu badań terenowych w siatce i w smudze można zbadać charakterystykę wybranego zapachu instalacyjnego pod względem częstości i czasu jego oddziaływania. Uzyskane wyniki pozwalają również ocenić jakość zapachową w „ilościowy” sposób.

Zaletą metody pomiarów w siatce jest otrzymanie charakterystyki oddziaływania zapachu, które są niezależnie od warunków klimatyczno-meteorologicznych podczas prowadzonych badań. Wyniki uzyskane z tego typu pomiarów są jednak wiarygodne jedynie w czasie prowadzenia pomiarów lub mogą być reprezentatywne dla zbliżonych sytuacji pogodowych.

Pomiary w smudze pozwalają ocenić zasięg i granice oddziaływania zapachu przypisane do konkretnej sytuacji meteorologicznej, towarzyszącej emisji zapachu. Tego typu badania stosuje się przede wszystkim w kalibracji oraz na etapie zatwierdzania modeli dyspersji i wskazania źródła będącego przyczyną zapachu.

²⁶⁹ Kośmider J. *Uciążliwość zapachowa. Metodyka ocen hedonicznej jakości zapachu i częstości jego występowania w środowisku*. „Archiwum Ochrony Środowiska” 1997.

²⁷⁰ Baryłko-Pikielna N., *Zarys analizy sensorycznej żywności*. Wyd. 1. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1975.

2.7.1.2. Metodyka badań chromatograficznych

Istnieją dwie główne metody poboru zanieczyszczeń gazowych - metoda izolacyjna i aspiracyjna. Metoda izolacyjna polega na pobraniu do naczynia określonej objętości powietrza, którą następnie poddaje się analizie. Taka metoda stosowana jest w razie występowania dużych stężeń zanieczyszczeń w miejscu poboru.

W razie występowania małych stężeń zanieczyszczeń w miejscu poboru, lub w razie braku pewności, czy stężenie zanieczyszczeń jest wystarczające, by móc zastosować izolacyjną metodę poboru, stosuje się metodę aspiracyjną.

Zasadą metody aspiracyjnej jest przepuszczanie w określonej jednostce czasu, znanej objętości badanego powietrza przez odpowiednio dobrane ciekłe lub stałe sorbenty, czyli substancje pochłaniające (absorbujące). Sorbenty ciekłe, inaczej roztwory sorpcyjne stosowane są w płuczkach gazowych. Sorbentem stałym jest np. węgiel aktywny, zlokalizowany w szklanych rurkach. Zasysane przez aspiratory powietrze łączy się z sorbentem (roztworem w płuczkach lub węglem aktywnym w rurkach szklanych) w wyniku zjawisk fizycznych oraz reakcji chemicznych. Po zakończeniu pobierania płuczki oraz rurki z węglem przekazywane są do Laboratorium celem dalszych analiz. Notowana jest objętość przepuszczonego powietrza. Na podstawie wyniku badania stężenia substancji w sorbencie oraz objętość przepuszczanego powietrza wyznaczane jest stężenie substancji w powietrzu. Objętość przepuszczonego powietrza musi być dostatecznie duża, aby oznaczana substancja mogła wydzielić się w ilości przekraczającej próg wykrywalności (czułości) stosowanej metody oznaczeń ilościowych. W przypadku niskich stężeń nawet kilkugodzinne pobieranie próbek powietrza może być niewystarczające do osiągnięcia progu wykrywalności. Zazwyczaj stosuje się 8-mio godzinny pobór powietrza. Pozwala to na określenie np. stężeń średniodobowych metoda próbkowania ośmiogodzinnego (trzykrotne pomiary). Ponadto stosuje się także pobory 12-sto godzinne. Proóg oznaczalności danego związku uzależniony jest przede wszystkim od rodzaju sprzętu laboratoryjnego wykorzystywanego w laboratorium.

Badania chromatograficzne wykonywane są zazwyczaj u źródła. Dlatego bardzo istotnym aspektem jest wytypowanie wszystkich potencjalnych źródeł emisji związków złowonnych do powietrza. Ponadto metody aspiracyjne w terenie wykorzystywane są także do określenia tła zanieczyszczeń, na obszarze niezanieczyszczonym.

2.7.1.3. Narzędzie dodatkowe i weryfikacja badań

W ocenie autorów opracowania bardzo istotnym elementem wspomagającym ocenę wpływu emisji związków złowonnych do powietrza jest metoda modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu. Po zmierzeniu stężenia u źródła, należały dobrać odpowiednie wskaźniki emisji dla różnych operacji prowadzonych na zakładzie, a następnie przeprowadzić modelowanie rozprzestrzeniania się odorów, bądź poszczególnych związków złowonnych w powietrzu, celem weryfikacji badań terenowych.

Obecnie, w modelowaniu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu wykorzystywany jest prosty model Pasquille'a. Ze względu na to, iż model jest bardzo uproszczony - różniczkowe równanie Pasquille'a – i nie uwzględnia on chociażby topografii terenu, obecności buforujących pasów zieleni, czy zabudowy, model ten jedynie w przybliżeniu potrafi ocenić faktyczny wpływ instalacji na środowisko. Smuga zanieczyszczeń, jest obiektem trudnym do modelowania, gdyż jej zachowanie modyfikowane jest przez czynniki wyżej opisane. Zastosowany model, zgodny z metodyką referencyjną opisaną 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), czerpie podstawy z obliczeń dla gaussowskiego modelu "smugi zanieczyszczeń", kształtowanej przez wiatr i procesy dyfuzji, a zależność stężenia zanieczyszczeń w punkcie $P(x,y,z)$ smugi (cod,xyz), uzależniona jest od:

- q_{od} – strumienia emisji [kg/h];
- $\bar{u}$ – średniej prędkości wiatru w warstwie powietrza od $z = 0$ do $z = H$ [m/s];
- H – wysokości pozornego punktu emisji [m];
- m – wykładnika meteorologicznego;
- z_0 – parametru aerodynamicznej szorstkości powierzchni, „szorstkość podłoża” [m];
- σ_z i σ_y – współczynników dyfuzji atmosferycznej (zależność σ od m i z_0 opisują równania empiryczne).

Opisany model wykorzystują programy takie jak np.: Operat FB, EK100W, Komin.

Obecnie jednym z lepszych modeli dostępnych na rynku jest CALMET/CALPUFF, opracowany przez Sigma Research Corporation (SRC), stanowiącą część Earth Tech. Inc. z Kalifornii. Model CALPUFF^{271,272}. Jest to Lagrange'owski model obłoku ostatniej generacji, który w obliczeniach dyspersji zanieczyszczeń uwzględnia rzeźbę terenu oraz czasową i przestrzenną zmienność warunków meteorologicznych w trzech wymiarach, co powoduje, iż opis procesu jest zdecydowanie dokładniej odwzorowany niż przy zastosowaniu obecnie obowiązującej metodyki referencyjnej. Właśnie ta cecha, decyduje o zasięgu modelu określanym od kilkudziesięciu metrów do kilkuset kilometrów odległości źródło – receptor.

Model CALMET/CALPUFF przygotowano również z myślą o analizie rozprzestrzeniania się odorów, odznacza się on bowiem dużą wrażliwością na przestrzenne charakterystyki środowiska oraz zmienność pola meteorologicznego. Wizualizacja informacji na poszczególnych poziomach przetwarzania jest wykonywana z wykorzystaniem technologii GIS. Model CALMET/CALPUFF w badaniach mających na celu wyznaczenie zmienności przestrzennej i czasowej stężeń zanieczyszczeń w skalach regionu i ponadregionalnych jest znakomitym narzędziem pozwalającym na uwzględnienie nie tylko dużej ilości emitorów, ale i skomplikowanych charakterystyk środowiska przyrodniczego.

Warunkiem uzyskania wiarygodnej informacji o przestrzennym rozkładzie stężeń jest przygotowanie przede wszystkim:

- dokładnej bazy danych o emisji z analizowanego obiektu;
- sekwencyjnych szeregów czasowych danych meteorologicznych pozwalających na pełne wykorzystanie preprocesora meteorologicznego CALMET (Scire i in., 2000a;

²⁷¹ Scire J., 2000, A User's Guide for the CALMET Meteorological Model (Version 5). Concord : Earth Tec. Inc.

²⁷² Scire J., 2000, A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model. Concord : Earth Tech. Inc.

Earth Tech, 2006b)), który na podstawie informacji o rzeźbie i użytkowaniu terenu oraz na podstawie wyników pomiarów ze stacji meteorologicznych naziemnych i z dolnej warstwy troposfery wyznacza wartości parametrów meteorologicznych w węzłach siatki pól meteorologicznych;

- odpowiednich warstw GIS z informacjami o terenie (rzeźba i użytkowanie terenu, szorstkość, albedo, fazy fenologiczne pokrywy roślinnej) oraz z wartościami parametrów meteorologicznych w węzłach siatki pól meteorologicznych (temperatura, prędkość i kierunek wiatru, wilgotność, ciśnienie, opad, zachmurzenie).

CALMET/CALPUFF jest zaawansowanym systemem modelowania składającym się z trójwymiarowego modelu meteorologicznego – CALMET oraz modelu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń – CALPUFF, który jest wielowarstwowym, niestacjonarnym modelem w układzie Lagrange’a, przygotowanym do obliczania stężeń wielu substancji. Wyznacza on wpływ pól meteorologicznych zmiennych w czasie i w przestrzeni na transport, przemiany i depozycję zanieczyszczeń, w tym również odorów.

CALPUFF jest zaawansowanym gaussowskim modelem obłoku II generacji. Odnacza się dużą wrażliwością na przestrzenne charakterystyki środowiska oraz zmienność pola meteorologicznego. Posiada wbudowane moduły umożliwiające m.in. uwzględnienie transportu zanieczyszczeń nad obszarami wodnymi oraz wpływu dużych zbiorników wodnych (morza), omywania budynków, suchej i mokrej depozycji, prostych przemian chemicznych, rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w złożonym terenie oraz uwzględniania warunków brzegowych. Model CALPUFF przyjmuje informacje o emisji ze źródeł:

- punktowych;
- powierzchniowych;
- objętościowych;
- wypornościowych powierzchniowych i liniowych (np. pożary lasów).

Dla wszystkich typów źródeł użytkownik może zastosować współczynniki zmienności czasowej emisji. Dostępnych jest pięć typów współczynników:

- miesięczne – 12 współczynników dla każdego miesiąca po jednym;
- dobowe - 24 współczynniki dla każdej godziny po jednym;
- sezonowe i godzinne – 4 grupy po 24 współczynniki godzinne, przy czym pierwsza grupa to okres od grudnia do lutego;
- zależne od temperatury – 12 współczynników dla poszczególnych przedziałów temperatury;
- zależne od prędkości wiatru i klasy równowagi atmosfery – 6 grup po 6 współczynników.

Dla niektórych typów źródeł, model dopuszcza również przygotowanie informacji emisyjnej w postaci szeregów czasowych cogodzinnych. Tego typu modele wykorzystywane są także przez inne komercyjne programy modelujące, dostępne na rynku, np. SoundPlan.

Model CALPUFF pozwala na przeprowadzanie obliczeń osobno dla każdego rodzaju typu emisji np. powierzchniowej i punktowej lub dla pojedynczych źródeł, a następnie sumowanie wyników z poszczególnych przebiegów CALPUFF’a.

Model CALPUFF wyznacza stężenia wybranych substancji oraz odorów w regularnej siatce pola obliczeniowego lub w receptorach zdefiniowanych przez użytkownika.

W modelu CALMET/CALPUFF na każdym etapie przetwarzania wykorzystywane są czasowe serie godzinne danych obliczane dla każdego pola siatki lub danego receptora. Oznacza to, że w każdym polu siatki (receptora) określone są godzinne szeregi czasowe parametrów meteorologicznych i stężeń zanieczyszczeń. Szeregi te są następnie zapisywane do plików wyjściowych i mogą być wielokrotnie przetwarzane przy użyciu specjalnego postprocesora CALPOST lub wielofunkcyjnego programu przygotowanego w firmie „Ekometria”, ułatwiającego wyznaczenie wszystkich niezbędnych charakterystyk statystycznych. Wszystkie obliczenia po przetworzeniu są wizualizowane w środowisku GIS.

2.7.1.4. Ogólna koncepcja prowadzenia badań terenowych

W ocenie autorów koncepcje prowadzenia badań terenowych powinny być rozpatrywane indywidualnie dla każdej instalacji (zakładu), a uwzględniać one powinny przede wszystkim:

- ilość źródeł emisji;
- wielkość zakładu;
- topografię terenu;
- odległość miejsc zamieszkania;
- warunki atmosferyczne.

Aby badania terenowe uznać za odpowiadające warunkom rzeczywistym, należy wykonać pomiary stężeń u wszystkich zidentyfikowanych źródeł oraz dodatkowo, co najmniej dwa pomiary, na terenach poza zakładem (jeden na granicy zakładu, drugi na obszarze, który podlegany jest ocenie wpływu).

Badania terenowe powinny zostać zweryfikowane modelowaniem rozprzestrzeniania się odorów, bądź poszczególnych związków złoonych w powietrzu.

2.7.2. Badania laboratoryjne

2.7.2.1. Metodyka pomiarów olfaktometrycznych

Wrażliwość na zapach zależy od rodzaju substancji wonnej oraz od ludzkich cech osobniczych (wrażliwości osobniczej). Jedne substancje są wyczuwane w bardzo małych stężeniach, wręcz śladowych, inne dopiero przy znacznej koncentracji. Te same substancje są wyczuwane przez poszczególne osoby przy różnych stężeniach.

Stężenie, przy którym dana osoba wyczuwa pojedynczą wonną substancję można nazwać indywidualnym (dla danej osoby) progiem wyczuwalności węchowej tej substancji. Progi wyczuwalności, którym można się powszechnie posługiwać, musi być zatem wartością uśrednioną, reprezentatywną dla populacji (progi wyczuwalności populacji – populationdetectionthreshold). Za próg wyczuwalności węchowej uważa się takie stężenie odorantu, które wywołuje wrażenie węchowe u połowy ogółu osób (bądź grupy reprezentatywnej) poddanych oddziaływaniom odoru. Dla pojedynczych substancji stężenie zapachowe będzie równe ilorazowi stężenia odorantu przez wartość stężenia progowego. W przypadku mieszanin substancji wonnych nie jest możliwe określanie stężenia zapachu

w podobny sposób, gdyż nie jest możliwe określenie wartości progu wyczuwalności węchowej. Stężenie zapachowe C_{od} może być wtedy określone jako krotność rozcieńczenia badanej próbki powietrzem czystym bezwonny) potrzebna do osiągnięcia progu wyczuwalności węchowej:

$$C_{od} \frac{V_p + V_{pr}}{V_{pr}}$$

Gdzie:

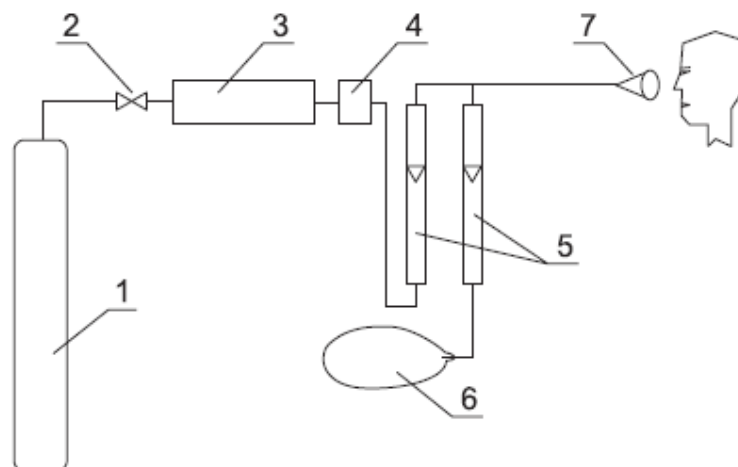
V_{pr} - objętość próbki

V_p - objętość powietrza rozcieńczającego

Wymiarem tego stężenia jest jednostka zapachowa odniesiona do $1m^3$. W normie przyjęto jednostkę stężenia określoną symbolem ou_E/m^3 (ou-odour unit). Indeks dolny E oznacza, że wyrażane stężenie odnosi się do wartości wyznaczonej metodyką zgodnie z normą. Przyjęty wymiar nie ma czysto fizycznego znaczenia. Odniesienie stężenia do m^3 jest zabiegiem formalnym, pozwalającym na obliczenie strumienia emisji zapachu. Po pomnożeniu stężenia (wyrażonego w ou_E/m^3) przez wielkość strumienia objętościowego emitowanych gazów (wyrażonego w m^3/s), otrzymujemy wielkość emisji wyrażoną w jednostkach ou_E/s .

Zasadę oznaczenia stężenia zapachu metodą rozcieńczeń dynamicznych ilustruje rysunek 8. Procedura wykonywania oznaczenia została opisana w polskiej normie, która jest tłumaczeniem normy europejskiej. Najpopularniejszymi w Europie urządzeniami stosowanymi do oznaczeń wg tej metody są olfaktometry systemu Mannebecka. Uzyskuje się w nich rozcieńczenie próbki w zakresie 2-64000 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, którego zadanie polega na właściwym doborze początkowego rozcieńczenia badanej próbki. Rozcieńczenie początkowe powinno być takie, aby zapach z próbki nie był wyczuwalny. Kolejne zmniejszające się rozcieńczenia, uzyskuje się przez manualne ustawienia przepływów gazów, zgodnie z wynikającymi z programu komputerowego wskazaniemi na monitorze. Ze względu na osobnicze różnice w postrzeganiu wrażliwości na zapach w badaniu biorą udział cztery osoby o sprawdzonej wrażliwości na zapach. Zadaniem tych osób jest sygnalizowanie przy którym poziomie rozcieńczenia zaczynają wyczuwać zapach. Sygnalizowanie polega na naciśnięciu odpowiedniego klawisza na pulpicie olfaktometru. Wyniki są gromadzone w pamięci komputera. Po obróbce zebranych danych programem statystycznym uzyskuje się wynik średni (zwykle z 3 serii pomiarowych).

Rysunek 8 Ideowy schemat oznaczania stężenia zapachu metodą rozcieńczeń dynamicznych przy użyciu olfaktometru



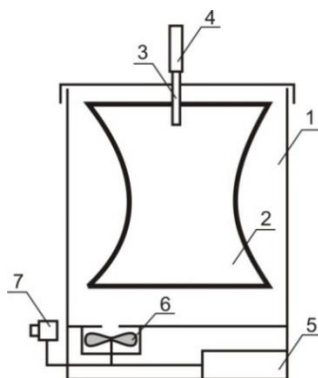
- 1- Butla z bezwonnym powietrzem
- 2- Zawór
- 3- Filtr (węgiel aktywny + żel kamionkowy)
- 4- Mikrofiltr
- 5- Rotametry
- 6- Oznaczana próbka gazów
- 7- Maska do wężania

W pomieszczeniu w którym prowadzone są oznaczenia, musi być zagwarantowany odpowiedni komfort (wentylacja, temperatura normalna, brak hałasu, zapachu). Zespół testujący powinien być wprowadzony do tego pomieszczenia co najmniej 15minut przed pomiarem.

Olfaktometria - pomiar stężenia zapachowego

W ramach prowadzonych badań wykonywany jest pomiar stężenia zapachowego w próbkach gazów pobranych w wyselekcjonowanych punktach na terenie wybranego obiektu oraz ostatecznie określenie emisji zapachów.

Poboru próbek złoonych gazów dokonuje się zgodnie z metodyką opisaną w VDI 3880:2011 oraz PN-EN 13725:2007 podczas pogody bezdeszczowej co gwarantuje powtarzalność wyników. Do poboru wykorzystuje się próbnik standardowy (źródło punktowe) i próbnik CSD 30 z pokrywą do źródeł powierzchniowych oraz worków z PTFE charakteryzujących się brakiem pochłaniania i wydzielania zapachów. Pozostałe elementy zestawu do poboru prób wykonane są z materiałów bezwonnych, nie pochłaniających zapachu. Worki na próbki były uprzednio kondycjonowane. Pobór próbki opiera się na zasadzie pracy płuc. Bezpośrednio po poborze, próbki transportowane są do akredytowanego Laboratorium Badań Olfaktometrycznych w celu oznaczenia stężenia zapachowego zgodnie z zapisami normy PN-EN 13725:2007 „Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej”.



1 - naczynie podciśnieniowe, 2 - worek z tworzywa, 3 - rurka szklana lub teflonowa, 4 - przewód teflonowy, 5 - akumulator, 6 - wentylator, 7 - włącznik

Urządzeniem pomiarowym zwyczajowo jest czterostanowiskowy olfaktometr TO8 wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem. Zgodnie z normą badania prowadzone są w wyciszonym i odizolowanym pomieszczeniu o stabilnych warunkach temperaturowych i oświetleniowych. Zespół pomiarowy złożony jest z 4 oceniających oraz jednego operatora. Oceniający selekcjonowani są zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie przy użyciu certyfikowanego materiału odniesienia (n-butanol w azocie). Podczas pomiaru próbka analizowanego gazu podłączona jest do olfaktometru, a zadaniem probantów jest sygnalizowanie, czy wyczuwają zapach w prezentowanym strumieniu gazów. Gazy rozcieńczane są bezwonym powietrzem w sposób dynamiczny. Początkowe rozcieńczenie zostaje dobrane tak, aby nie było możliwe stwierdzenie obecności zapachu. Prezentowane rozcieńczenia są malejące. Wśród prezentowanych prób znajdują się tzw. „ślepe próby” lub „próby zerowe”, w których zamiast zapachu prezentowano czyste, bezwonne powietrze. Olfaktometr połączony jest z komputerem z zainstalowanym specjalnym oprogramowaniem. Jeden pomiar składa się z czterech serii. Zebrane w komputerze wyniki zostają obliczone jako wynik pomiaru zespołowego ($Z_{ite,pan}$) - średnia geometryczna ze wszystkich pomiarów indywidualnych. Jednocześnie jest to wartość stężenia odorów w danej próbce (c_{od}) wyrażona w europejskich jednostkach zapachowych w metrze sześciennym (ou_E/m^3) zgodnie z PN-EN 13725:2007²⁷³.

2.7.2.2. Metodyka pomiarów chromatograficznych

2.7.2.2.1. Wstęp – elementy pomiaru

Podstawowe zasady uzyskania wiarygodnego i porównywalnego wyniku badania emisji (PN-EN 15259:2011 Jakość powietrza – Pomiary emisji ze źródeł stacjonarnych – Wymagania dotyczące odcinków pomiarowych i miejsc pomiaru, celu i planu pomiaru oraz sprawozdania z badań):

- do dyspozycji jest taki przekrój pomiarowy i miejsce pomiaru, które umożliwiają pobieranie próbki reprezentatywnej;
- przed rozpoczęciem pomiarów są znane cel i plan pomiaru;

²⁷³ Szynkowska M. I., Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne Warszawa 2010

- w planie pomiaru jest określony schemat pobierania próbki potrzebny do osiągnięcia celu pomiaru;
- sporządzane jest sprawozdanie z wynikami pomiarów, zawierające wszystkie istotne informacje;
- pomiary zleca się kompetentnym laboratoriom badawczym.

Schemat pobierania próbki - przekrój pomiarowy - jednorodność

Odcinek pomiarowy powinien zapewnić pobieranie reprezentatywnych próbek emitowanego gazu w przekroju pomiarowym dla określenia strumienia objętości i stężenia masowego zanieczyszczeń.

Przekrój pomiarowy powinien być umiejscowiony w odcinku przewodu gazów odlotowych tam, gdzie można spodziewać się wyrównanego przepływu i rozkładu stężeń.

Wymaganie jednorodnych warunków przepływowych jest zazwyczaj spełnione, o ile: przekrój pomiarowy ulokowany jest daleko za i przed jakimkolwiek zaburzeniem stanowiącym zmianę kierunku przepływu (np. klapy, łuki, wentylatory), przed przekrojem pomiarowym rozciąga się odcinek prostego przewodu o długości co najmniej 5 średnic hydraulicznych, a za przekrojem analogiczny odcinek o długości co najmniej dwóch średnic hydraulicznych.

Pomiary we wszystkich punktach pobierania próbek powinny udowodnić, że strumień gazu

w płaszczyźnie pomiaru spełnia następujące wymagania: kąt przepływu gazu w stosunku do osi kanału mniejszy niż 15° , nie występuje przepływ wsteczny, prędkość gazu nie jest mniejsza od najniższego poziomu dopuszczalnego dla zastosowanej metody pomiaru prędkości (dla rurek spiętrzających różnica ciśnień większa niż 5 Pa), stosunek największej do najmniejszej prędkości lokalnej gazu mniejszy niż 3:1, odcinek pomiarowy należy lokować tam, gdzie można zamontować odpowiednie podesty robocze i zagwarantować ich niezbędną infrastrukturę.

Punkty pomiarowe: pomiary dotyczące zanieczyszczeń stałych należy wykonywać zawsze jako pomiary w siatce. Pomiary zanieczyszczeń gazowych można wykonywać w **jednym reprezentatywnym punkcie lub w dowolnym punkcie pomiarowym, o ile spełnione są odpowiednie wymagania dotyczące rozkładu wielkości mierzonej.** W każdym innym przypadku pomiary należy wykonywać w siatce.

Lokalizacja przekroju pomiarowego wg PN-Z-04030-7:1994 „Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Pomiar stężenia i strumienia masy pyłu w gazach odlotowych metodą grawimetryczną.”

W pomiarach dokładnych (I) lub technicznych (II) przekrój pomiarowy powinien być usytuowany na prostym, wolnym od zaburzeń przepływu, odcinku kanału o stałej średnicy hydraulicznej i jeżeli jest to możliwe na odcinku pionowym o długości $l \geq 5 D_H$ przed przekrojem pomiarowym i o długości $l \geq 2 D_H$ za przekrojem pomiarowym. Dla przewodów kominowych z wylotem do atmosfery wymagana odległość przekroju pomiarowego do korony komina wynosił $\geq 5 D_H$.

Jeżeli spełnienie wymagań jest niemożliwe, należy wybrać przekrój pomiarowy w miejscu, gdzie prędkości przepływu gazu są największe, powiększając jednocześnie tak

liczbę punktów pomiarowych, w których mierzy się prędkość gazu, aby uzyskać możliwie dokładne profile przepływu wzdłuż osi pomiarowych. Wówczas minimalne długości prostych odcinków kanału przepływowego, dla pomiarów dokładnych (I) oraz technicznych (II) należy przyjmować wg Tabeli 38.

Tabela 38 Minimalne długości odcinka pomiarowego przy niespełnieniu wymagań ogólnych

Rodzaj zaburzenia przepływu przed przekrojem pomiarowym	Najmniejsza długość odcinków prostych kanału	
	przed przekrojem pomiarowym	za przekrojem pomiarowym
Łuki, rozgałęzienia kanału i inne	$1D_H$	$0,5D_H$
Częściowo przymknięte przepustnice lub żaluzje	$3D_H$	
Wylot wentylatora odśrodkowego promieniowego	$2D_H$	

Jeśli w przekroju pomiarowym stwierdza się dużą nierównomierność przepływu lub występują ujemne i minimalne ciśnienia dynamiczne, a liczba takich punktów przekracza 10% ogólnej liczby wszystkich punktów pomiarowych, to zaleca się zmienić usytuowanie przekroju pomiarowego lub postąpić zgodnie z postanowieniami tabeli 39. Przy pobieraniu próbek należy pominąć punkty, w których występują zerowe lub ujemne ciśnienia dynamiczne.

Punkty pobierania próbki wg PN-EN 13824-1:2007 Emisja ze źródeł stacjonarnych. Oznaczanie masowego stężenia pyłu w zakresie niskich wartości. Część 1: Manualna metoda grawimetryczna

Punkty pobierania próbki powinny leżeć w odległości większej niż 3% długości osi pomiarowej i jednocześnie większej niż 5 cm od wewnętrznej powierzchni ściany przewodu.

Tabela 39 Najmniejsza liczba punktów pobierania próbki dla przewodów kołowych

Zakres pola przekroju pomiarowego m^2	Zakres średnicy przewodu m	Najmniejsza liczba osi (średnic) pomiarowych	Najmniejsza liczba punktów pobierania próbki w przekroju
<0,1	<0,35	—	1 ^a
od 0,1 do 1,0	od 0,35 do 1,1	2	4
od 1,0 do 2,0	>1,1 do 1,6	2	8
>2,0	>1,6	2	co najmniej 12 i 4 na m^2 ^b

a Przyjęcie tylko jednego punktu próbki może być przyczyną błędów większych niż określone w niniejszej Normie Europejskiej.

b Dla dużych przewodów wystarczająca jest na ogół liczba 20 punktów pobierania próbki.

Tabela 40 Najmniejsza liczba punktów pobierania próbki dla przewodów prostokątnych

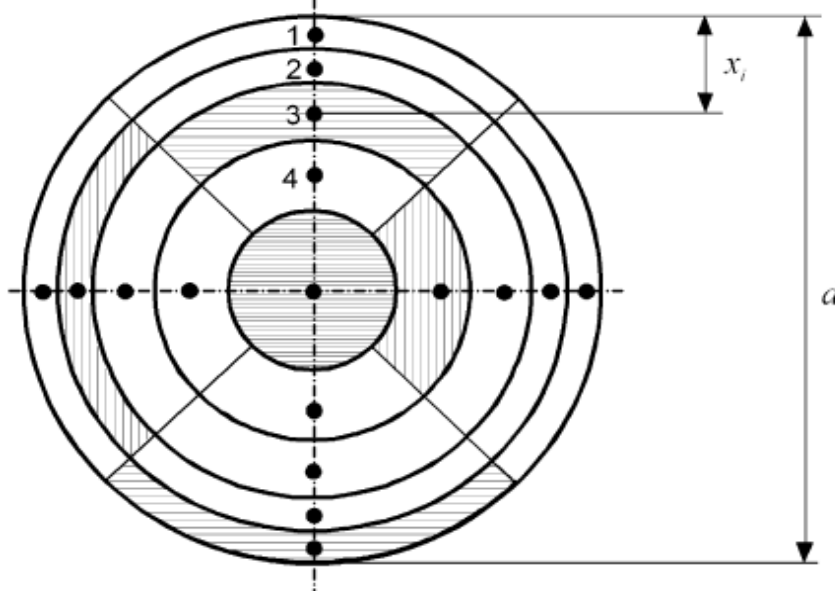
Zakres pola przekroju pomiarowego m^2	Najmniejsza liczba pól składowych wzdłuż boku ^a	Najmniejsza liczba punktów pobierania próbki
<0,1	—	1 ^b
od 0,1 do 1,0	2	4
od 1,0 do 2,0	3	9
>2,0	≥ 3	co najmniej 12 i 4 na m^2 ^c

a Podział na większą liczbę pól składowych wzdłuż danego boku może być niezbędny, np. gdy długość boku większego jest ponad dwa razy większa od długości boku krótszego.
b Przyjęcie tylko jednego punktu pobierania próbki może być przyczyną błędów większych niż określone w niniejszej Normie Europejskiej.
c Dla dużych przewodów wystarczająca jest na ogół liczba 20 punktów pobierania próbki.

UWAGA 1 Jeśli nie można spełnić wymagań dla przekroju pomiarowego, to być może reprezentatywność próbki jest do poprawienia poprzez zwiększenie liczby punktów jej pobierania ponad wartość podaną w Tabelach 39 i 40.

UWAGA 2 Jeśli w pewnych sytuacjach - np. w pomiarach gwarancyjnych, odbiorczych czy związanych z projektem - wymagany jest wysoki poziom ufności, może zaistnieć potrzeba zaplanowania większej liczby punktów pomiarowych.

Rysunek 10 Kanał kołowy - metoda podstawowa.



Położenie punktów pobierania próbki w kanale kołowym wg metody podstawowej (tu: przykład położenia punktów dla przewodów o średnicy powyżej 2 m; zakreskowano niektóre równe pola składowe).

Dla przewodów kołowych wystarczą dwie osie pomiarowe (średnice). Odległość danego punktu pobierania próbki od ściany przewodu można wyrazić jako:

$$x_i = K_i d$$

gdzie:

K_i - współczynnik, którego wartości (w %) przyjmuje się wg Tabeli 41.

d - średnica przewodu.

Tabela 41 podaje wyrażone w % wartości K_i dla różnej liczby punktów pobierania próbki w jednej osi n_d , i jest numerem kolejnego punktu na osi.

Tabela 41 Wyrażone w % wartości K_i w metodzie podstawowej dla przewodów kołowych

i	K_i			
	$nd=3$	$nd=5$	$nd=7$	$nd=9$
1	11,3	5,9	4,0	3,0
2	50,0	21,1	13,3	9,8
3	88,7	50,0	26,0	17,8
4		78,9	50,0	29,0
5		94,1	74,0	50,0
6			86,7	71,0
7			96,0	82,2
8				90,2
9				97,0

Dla tych przewodów kołowych, dla których zachodzi konieczność zwiększenia liczby osi pomiarowych lub liczby punktów pobierania próbki (np. z powodu niekorzystnych warunków przepływowych), stosuje się następujące wzory metody podstawowej, służące do obliczania odległości od ściany przewodu wzdłuż średnicy:

$$x_i = \frac{d}{2} \left[1 - \sqrt{\frac{n(n_d - 2i) + 1}{n(n_d - 1) + 1}} \right] \quad \text{dla } i < \frac{n_d + 1}{2}$$

$$x_i = \frac{d}{2} \quad \text{dla } i = \frac{n_d + 1}{2}$$

$$x_i = \frac{d}{2} \left[1 + \sqrt{\frac{n(2i - 2 - n_d) + 1}{n(n_d - 1) + 1}} \right] \quad \text{dla } i > \frac{n_d + 1}{2}$$

gdzie:

i numer punktu pobierania próbki na osi;

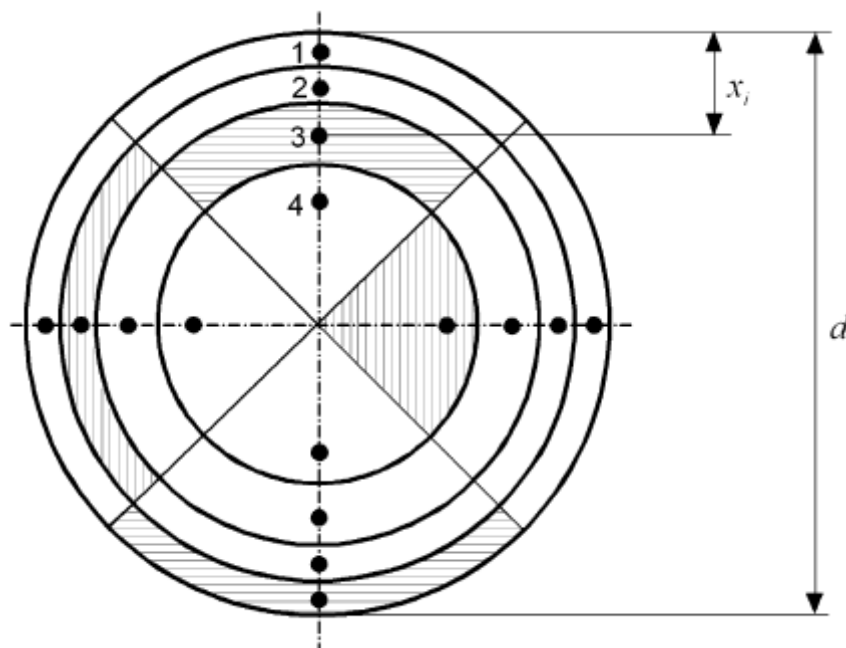
n_d liczba punktów pobierania próbki na każdej osi pomiarowej (łącznie z punktem w środku);

N liczba osi pomiarowych (średnic);

x_i odległość i -tego punktu od ściany przewodu;

d średnica przewodu.

Rysunek 11 Kanał kołowy -metoda alternatywna



Położenie punktów pobierania próbki w kanale kołowym wg metody alternatywnej (tu: przykład położenia punktów dla przewodów o średnicy powyżej 2 m).

Położenie punktów pobierania próbki na każdej z osi pomiarowych zależy od liczby punktów na osi, ale nie zależy od liczby osi.

Dla przewodów kołowych, dla których wystarczą dwie osie pomiarowe, odległość danego punktu pobierania od ściany przewodu można wygodnie ustalać wg Wzoru:

$$x_i = K_i d$$

w którym:

K_i współczynnik, którego wartości (w %) przyjmuje się wg Tabeli 42

d średnica przewodu.

Tabela 42 podaje wyrażone w % wartości K_i dla różnej liczby punktów pobierania próbki w jednej osi n_{di} , i jest numerem kolejnego punktu na osi

Tabela 42 Wyrażone w % wartości K_i w metodzie alternatywnej dla przewodów kołowych

i	K_i			
	$nd=2$	$nd=2$	$nd=6$	$nd=8$
1	14,6	6,7	4,4	3,3
2	85,4	25,0	14,6	10,5
3		75,0	29,6	19,4
4		93,3	70,4	32,3
5			85,4	67,7
6			95,6	80,6
7				89,5
8				96,7

Dla tych przewodów kołowych, dla których zachodzi konieczność zwiększenia liczby osi pomiarowych lub liczby punktów pobierania próbki, stosuje się następujące wzory metody alternatywnej, służące do obliczania odległości od ścian przewodu wzdłuż średnicy:

$$x_i = \frac{d}{2} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2i-1}{n}} \right] \quad \text{dla } i \leq \frac{n_d}{2}$$

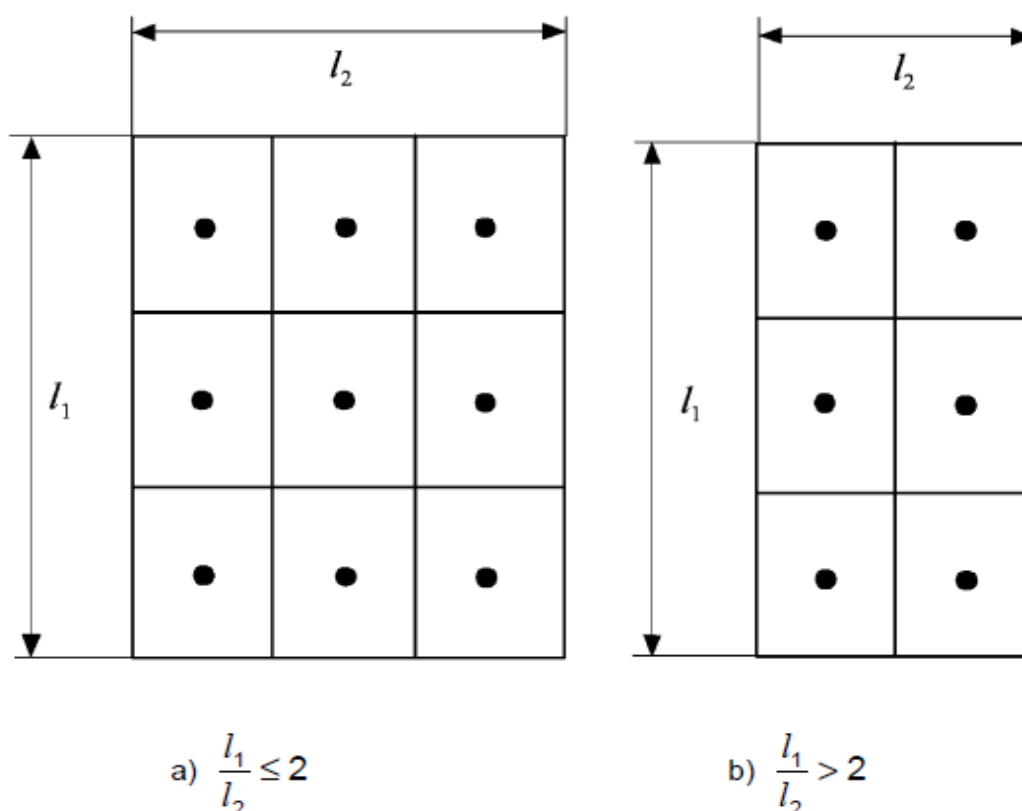
$$x_i = \frac{d}{2} \left[1 + \sqrt{\frac{2i-1}{n} - 1} \right] \quad \text{dla } i > \frac{n_d}{2}$$

Kanał prostokątny

W metodzie właściwej dla przewodów prostokątnych przekrój pomiarowy dzieli się na równe pola składowe liniami równoległymi do boków przewodu. W środkach tych pól znajdują się punkty pobierania próbki.

Na ogół oba boki prostokątnego przewodu dzieli się na tę samą liczbę odcinków, otrzymując pola składowe o tym samym kształcie co przekrój przewodu. Liczba pól składowych jest więc równa kwadratowi liczb: 1, 2, 3 itd.

Rysunek 12 Kanał prostokątny



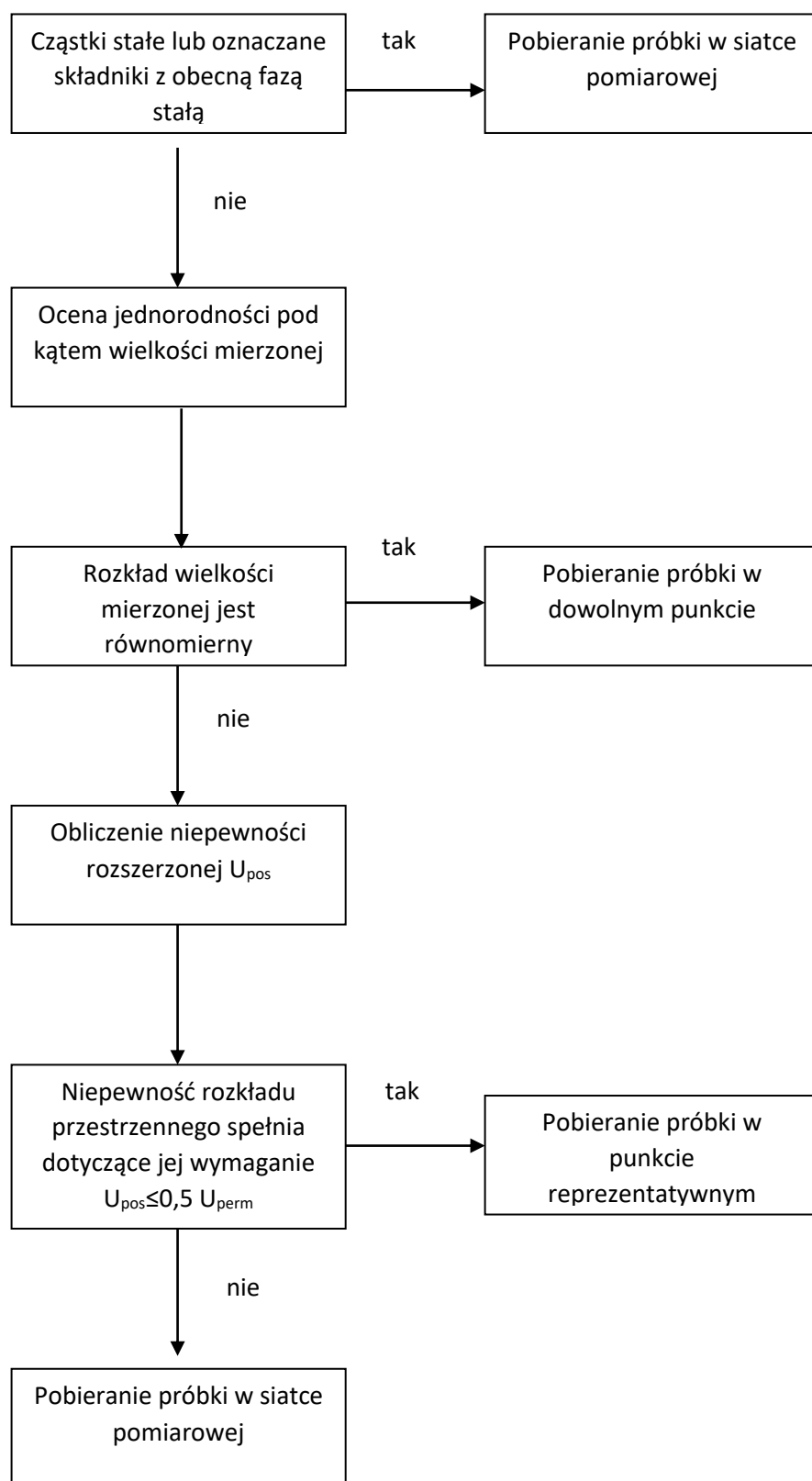
Jeżeli jednak wymiary przekroju przewodu L_1 i L_2 są takie, że L_1/L_2 jest większe od 2, to wtedy bok o długości L_1 dzieli się na większą liczbę odcinków niż bok o długości L_2 , tak aby każde pole składowe miało stosunek odpowiednich długości swoich boków l_1/l_2 mniejszy od 2.

Jeżeli liczby odcinków, na które dzieli się boki przewodu o długościach l_1 i l_2 są odpowiednio n_1 i n_2 , to liczba punktów pobierania próbki równa jest iloczynowi n_1 i n_2 , a najmniejsze odległości punktów pobierania od ścian przewodu wynoszą $l_1/2n_1$ i $l_2/2n_2$.

Schemat pobierania próbki: podczas pomiarów cząstek stałych lub oznaczanych składników

z obecną – obok gazowej – fazą stałą (np. dioksyn czy metali) niezbędne jest zawsze wykonywanie pomiarów w siatce. Podczas mierzenia stężeń masowych składników gazowych gazu odlotowego schemat pobierania próbki uzależniony jest od stopnia jednorodności gazu odlotowego. Próbkę można pobierać w dowolnym pojedynczym punkcie przekroju pomiarowego, pod warunkiem, że stwierdzono równomierność rozkładu wielkości mierzonej w przekroju pomiarowym. Próbkę można pobierać w punkcie reprezentatywnym przekroju pomiarowego, jeśli wykazano, że rozkład wielkości mierzonej jest nierównomierny w rozumieniu kryterium testu F, ale jednocześnie, nie jest przekroczona dopuszczalna niepewność rozszerzona U_{perm} . We wszystkich pozostałych przypadkach pomiary powinny być wykonywane jako pomiary w siatce.

Rysunek 13 Schemat postępowania – wybór metody pomiarowej



U_{pos} - niepewność związana z nierównomiernością rozkładu przestrzennego

U_{perm} - niepewność dopuszczona przepisami prawa

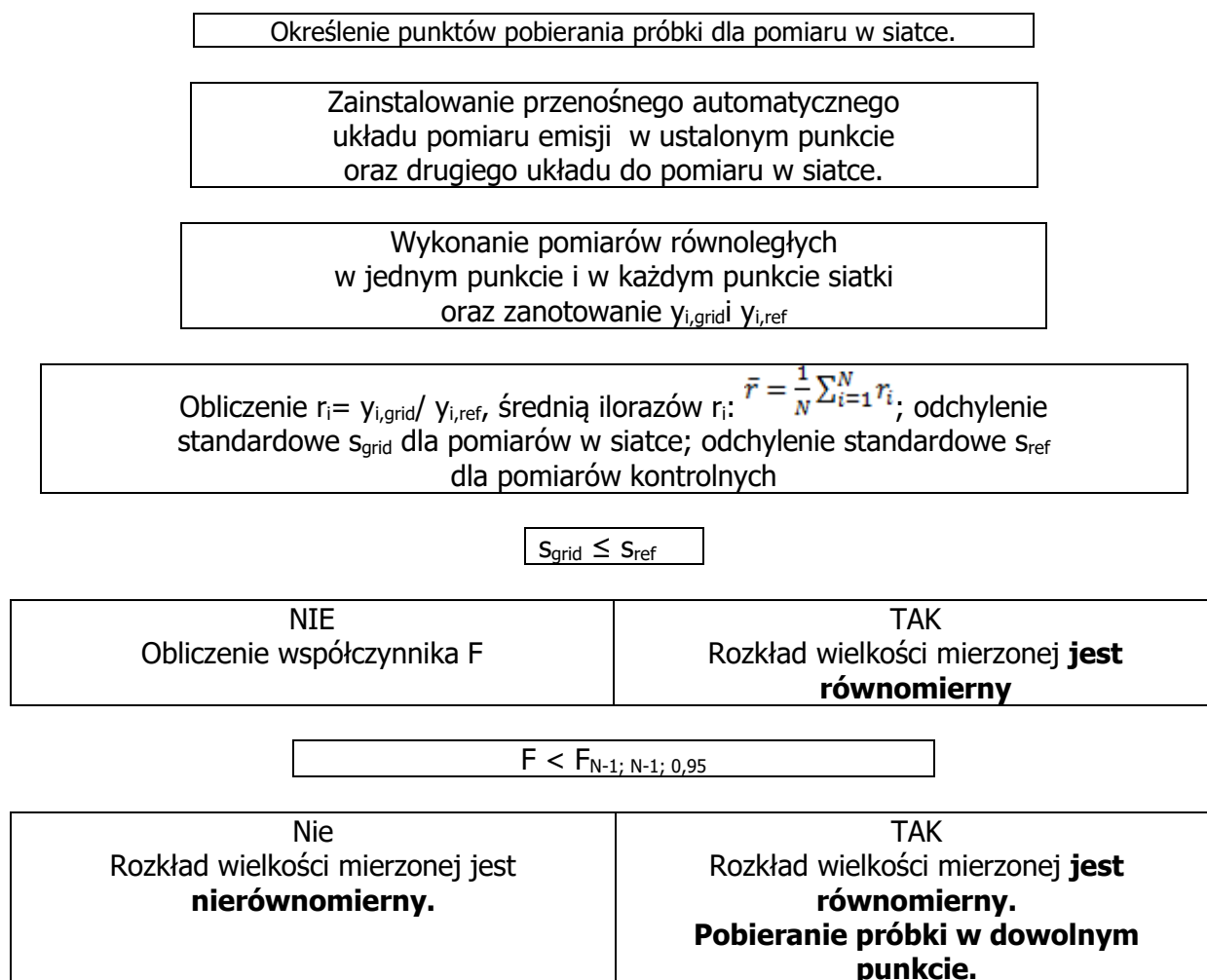
Oznaczanie cząstek stałych i innych składników poprzez pomiar w siatce:

w przypadku pyłu lub jakichkolwiek cząstek stałych czy kropli wody pomiary w siatce należy przeprowadzać z zachowaniem izokinetycznego pobierania próbki. W przypadku oznaczania równoległego składników gazowych oraz cząstek stałych – strumień przepływu w liniach wtórnych powinien być proporcjonalny do całkowitego przepływu. Należy utrzymać określoną skuteczność absorpcji lub adsorpcji substancji pochłaniających fazę gazową. Dwa przypadki pomiarów w siatce (dotyczy składników gazowych):

- gdy używamy substancji pochłaniającej możemy: pobierać przy proporcjonalności do lokalnego strumienia masy w polu składowym lub pobieranie próbki w każdym punkcie przez czas proporcjonalny do lokalnej prędkości gazu (gdy nie ma możliwości zmiany strumienia oraz w przypadku ewentualnej utraty przez układ skuteczności pochłaniania);
- jeśli stężenie określa się bezpośrednio w punktach pomiarowych przekroju pomiarowego (automatyczne metody odniesienia), wtedy bierzemy pod uwagę lokalne stężenie oraz lokalną prędkość gazu.

Ustalenie jednorodności: gaz odlotowy przyjmuje się za jednorodny pod kątem danej wielkości mierzonej, jeśli bieżąca jej wartość zmienia się jedynie w czasie, a nie w przekroju pomiarowym.

Rysunek 15 Schemat badania jednorodności.



Obliczenie odchylenia standardowego rozkładu przestrzennego w przekroju poprzecznym:

$S_{pos} = \sqrt{s_{grid}^2 - s_{ref}^2}$ oraz niepewność rozszerzoną $U_{pos} = t_{N-1;0,95} * S_{pos}$ i U_{perm} (dopuszczalna niepewność rozszerzona)

Jeśli $U_{pos} > 0,5 * U_{perm}$ **to pobieranie próbki w siatce**

Jeśli $U_{pos} < 0,5 * U_{perm}$ **to pobieranie próbki w jednym punkcie reprezentatywnym dla którego r_i jest najbliższe $\bar{r}$.**

Procedura wykonania badania jednorodności:

- ustalenie punktów pobierania próbki w siatce;
- instalacja sondy układu pomiarowego do prowadzenia pomiaru w siatce;
- instalacja sondy niezależnego układu pomiarowego w ustalonym punkcie w odcinku pomiarowym;
- wyregulowanie przepływu próbki w obu układach w celu uzyskania równych czasów odpowiedzi;
- wykonać pomiar w siatce oraz równoległe pomiary w ustalonym punkcie odcinka pomiarowego – przy czasie pobierania próbki równym co najmniej czterokrotnemu czasowi odpowiedzi układu pomiarowego i nie krótszym niż trzy minuty dla każdego punktu;
- przeprowadzić odpowiednie wyliczenia zgodne ze schematem badania jednorodności.

Uwaga 1: odchylenie standardowe s_{ref} odzwierciedla zmienność czasową wynikającą z fluktuacji technologicznych i tych związanych z samym oznaczaniem. Odchylenie standardowe s_{grid} odzwierciedla zarówno powyższą zmienność, jak i zmienność wynikającą z położenia w przekroju poprzecznym przewodu. Jeśli s_{grid} jest w sposób istotny większe od s_{ref} , to gaz odlotowy jest niejednorodny. Istotność można badać przy użyciu testu F.

Uwaga 2: Odchylenie standardowe s_{grid} jest na ogół większe od s_{ref} , gdyż zawsze ujmuje w sobie dodatkowe efekty niejednorodności przestrzennej. W przypadku równomiernych przestrzennie rozkładów, tj, gdy ich odchylenia standardowe nie różnią się znacznie, s_{ref} może być większe od s_{grid} z powodów statystycznych związanych z ograniczoną liczbą próbek.

Uwaga 3: jednorodność można wykazać przy użyciu tylko jednego układu pomiarowego, a mianowicie określając:

- równomierność rozkładu przestrzennego wielkości mierzonej w przekroju pomiarowym poprzez pomiar w siatce;
- czasową zmienność wielkości mierzonej w ustalonym punkcie – przechodząc krok po kroku procedurę badania jednorodności.

*Ta uproszczona procedura jest odpowiednia, o ile wykaże się, że ma miejsce jednorodność lub niejednorodność z warunkiem $U_{pos} > 0,5 * U_{perm}$. Jeśli wynikiem będzie niejednorodność z warunkiem $U_{pos} \leq 0,5 * U_{perm}$ to należy przeprowadzić procedurę z dwoma niezależnymi układami pomiarowymi.*

2.7.2.2.2. Przykładowe modelowe sposoby pobierania próbek gazów odlotowych

Podstawowe wymagania w zakresie wyposażenia do pobierania próbek gazów odlotowych zawarte są w Specyfikacji Technicznej PKN-CEN/TS 15675:2009 - Jakość powietrza – Pomiary emisji ze źródeł stacjonarnych– Zastosowanie PN EN ISO/IEC 17025:2005 do pomiarów okresowych.

Główne zalecenie: wyposażenie powinno być wykonane z materiałów, które odpowiadają wymaganiom stosowanej metody lub je przekraczają. Ale przede wszystkim powinno spełniać następujące wymagania: nie reagować z badanymi zanieczyszczeniami, nie oddziaływać ani dodatnio ani ujemnie na proces pomiaru, mieć odpowiednią odporność na warunki środowiskowe związane z procesem poddawany pomiarowi i ze środowiskiem pomiaru. Przed rozpoczęciem pobierania próbki zaleca się, aby elementy i wyposażenie łącznie z materiałem filtracyjnym, które będą miały kontakt z pobieranym strumieniem próbki, zostały dokładnie oczyszczone i wysuszone. Przy przeprowadzaniu wielokrotnych pomiarów z wykorzystaniem tego samego wyposażenia, zaleca się czyszczenie układu pobierania próbki przed każdym pomiarem.

Wyposażenie do wyznaczania emisji gazów nieorganicznych

Aparaturę do pobierania próbek i separacji stanowi:

- ogrzewana sonda do pobierania próbek, materiał mający kontakt z gazem: szkło lub kwarc, powierzchnia wewnętrzna: gładka, jeśli to możliwe – dezaktywowana;
- króciec do mocowania sond pomiarowych w przewodzie gazu odlotowego;
- węże aspiracyjne;
- połączenia, uszczelki (połączenia gwintowane elementów ze stali nierdzewnej, połączenia na szlif, gazoszczelne złączki zatraskowe wykonane z PTFE);
- dla nie instrumentalnych metod pomiaru: płuczki jako naczynia absorpcyjne, naczynia z zaworami odcinającymi do zbierania gazów, aparatura do pobierania próbek składająca się z przepływomierza, kolumny osuszającej, filtra pyłu drobnego, zaworu dławiącego i odcinającego, gazoszczelnej ssawy oraz przyrządu do pomiaru objętości gazu;
- dla instrumentalnych metod pomiaru: ogrzewana linia aspiracji gazu, materiał PTFE lub stal nierdzewna; wyposażenie do wstępnego przygotowania badanego gazu, składające się z filtra cząstek stałych i osuszacza kondensacyjnego lub permeacyjnego (wydajność co najmniej 250 l/h przy temperaturze na wyjściu niższej niż 3°C dla kondensacyjnego separatora wilgoci); ssawa z głowicą wykonaną z PTFE, o ile nie jest częścią analizatora; wydajność co najmniej 400 l/h.

Wyposażenie do wyznaczania emisji gazów organicznych

Aparaturę do pobierania próbek i separacji stanowi:

- ogrzewana sonda do pobierania próbek, materiał mający kontakt z gazem: szkło lub kwarc, powierzchnia wewnętrzna: gładka, jeśli to możliwe – dezaktywowana;
- króciec do mocowania sond pomiarowych w przewodzie gazu odlotowego;
- węże aspiracyjne;

- połączenia, uszczelki (połączenia gwintowane elementów ze stali nierdzewnej, połączenia na szlif, gazoszczelne złączki zatrzaskowe wykonane z PTFE);
- dla nie instrumentalnych metod pomiaru: płuczki jako naczynia absorpcyjne, naczynia adsorpcyjne (np. rurki), aparatura do pobierania próbek składająca się z przepływomierza, kolumny osuszającej lub kondensatora, filtra pyłu drobnego, separatora kropli, zaworu dławiącego i odcinającego, gazoszczelnej ssawy oraz przyrządu do pomiaru objętości gazu, typowy zakres pracy od 1 l/min do 5 l/min;
- dla instrumentalnych metod pomiaru: ogrzewana linia aspiracji gazu, materiał PTFE lub stal nierdzewna; wyposażenie do wstępnego przygotowania badanego gazu, składające się z filtra cząstek stałych i osuszacza kondensacyjnego lub permeacyjnego (wydajność co najmniej 250 l/h przy temperaturze na wyjściu niższej niż 3°C dla kondensacyjnego separatora wilgoci); ssawa z głowicą wykonaną z PTFE, o ile nie jest częścią analizatora; wydajność co najmniej 400 l/h.

Minimalny czas pobierania próbki

Sposób obliczeń podano dla następującego przykładu:

Dane: spodziewane stężenie związku w kanale 2 mg/m³ (2 µg/l), prędkość pobierania próbki 2 l/min; objętość roztworu w płuczce 250 ml, granica wykrywalności w analitycznym laboratorium 0,5 µg/l

minimalny czas pobierania próbki = minimalna masa związku (granica wykrywalności)/szybkość zbierania związku

szybkość zbierania związku = stężenie w kanale * prędkość pobierania próbki

minimalna masa związku = objętość próbki * granica wykrywalności

2.7.2.2.3. Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczania stężenia chlorowodoru (HCl)

SRM: PN-EN 1911:2011 Emisja ze źródeł stacjonarnych – Oznaczanie stężenia masowego chlorków gazowych wyrażonych jako HCl – Standardowa metoda odniesienia

Zasada metody: znana objętość gazu odlotowego jest pobierana ekstrakcyjnie w sposób zapewniający jej reprezentatywność. Grzany filtr zatrzymuje pył, gazowy strumień zawierający gazowe chlorki przechodzi przez układ połączonych szeregowo płuczek zawierających roztwór absorpcyjny. Wszystkie lotne, rozpuszczalne chlorki oznaczane są w danej metodzie. **Istnieją trzy alternatywne metody analizy:** potencjometryczna metoda (metoda A), spektrofotometria rtęciowo-tiocyanianowa (metoda B), chromatografia jonowymienna (metoda C).

Zasady pobierania: powinna zostać zbadana jednorodność gazu odlotowego – automatyczny analizator HCl lub inny pomiar np. O₂, CO₂. W przypadku występowania kropel test jednorodności nie jest wymagany – pobierane próbki gazów odlotowych w siatce, zalecana technika izokinetycznego poboru. Jednostkowy czas pomiaru zależy od spodziewanego stężenia związku w kanale oraz wymaganego, ewentualnie, czasu pomiaru.

Przy izokinetycznym układzie z bocznym strumieniem należy ustalić następujące parametry: nastawa przepływu od 2l/min do 3 l/min, roztwór absorpcyjny: woda wolna od chlorków, minimum drugi stopień czystości – przewodnictwo mniejsze od $100\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$, objętość roztworu od 40 do 100 ml.

Przy izokinetycznym układzie w strumieniu głównym - układ stosowany przy sprawdzaniu skuteczności absorpcji. Przewaga poniższego układu pobierania próbek jest taka, iż jest zdecydowanie łatwiej utrzymać natężenie przepływu proporcjonalne do lokalnej prędkości w każdym punkcie pobierania próbki (w przypadku niejednorodności próbki).

Elementy układu pobierania przed pierwszym absorberem powinny być grzane, wykonane z materiałów niereagujących z przepływającym medium gazowym. Wszystkie niegrzane części układu powinny być przepłukiwane. Absorbery wykonane są z: borokrzemowego szkła, PTFE lub polietylenu (PE). Roztwór absorpcyjny to: woda wolna od chlorków o 2 stopniu czystości (przewodnictwo poniżej $< 100\mu\text{S}/\text{m}$). Budowa płuczek oraz ilość płynu powinny umożliwiać spełnienie warunku na skuteczność absorpcji, który nie powinien przekraczać więcej niż 5% (stężenie w ostatniej płuczce) lub stężenie wyznaczone w ostatniej płuczce jest mniejsze niż pięciokrotna granica wykrywalności.

Efektywność absorpcji jest mierzona za każdym razem.

Model równania

$$C_{HCl} = C_{Cl} * \frac{M_{HCl}}{M_{Cl}} = \frac{m_{Cl}}{V_{std}} * \frac{M_{HCl}}{M_{Cl}}$$

gdzie:

C_{HCl} – stężenie masowe chlorków gazowych wyrażonych jako HCl w mg HCl/m³;

C_{Cl} – stężenie masowe gazowych chlorków wyrażonych jako Cl w mg Cl/m³;

m_{Cl} – masa gazowego chloru w mg zebranego w roztworach pochłaniających.

2.7.2.2.4. Pobieranie próbek gazów odlotowych (emisja) o parametrach zbliżonych do powietrza

PN-Z-04008-4: 1999 Ochrona czystości powietrza – Pobieranie próbek – Pobieranie próbek gazów odlotowych (emisja) o parametrach zbliżonych do powietrza i ich przygotowanie do analizy metoda chromatografii gazowej

Dotyczy: pobierania próbek gazów odlotowych z różnych instalacji technologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem emisji z urządzeń wentylacyjnych hal produkcyjnych, lakierni itp. Metoda dotyczy pobierania w celu określenia wielkości emisji poszczególnych związków z grup alkoholi, eterów, estrów i ketonów. Nie wskazane jest oznaczanie z węgla aktywnego alkoholu metylowego i etylowego – wskazane jest użycie żelu krzemionkowego lub absorpcji w płuczkach wypełnionych wodą. I jeszcze jedna zasada: **czym większa zawartość danego związku tym lepszy współczynnik desorpcji.**

Zasada pobierania:

Dwa sposoby pobierania:

- a) z zastosowaniem **adsorbentów** – rurki pochłaniające (węgiel aktywny, żel krzemionkowy) a następnie desorpcja za pomocą rozpuszczalnika
- b) z zastosowaniem roztworów pochłaniających (np.: alkohol etylowy lub inny o znanym stopniu czystości, woda destylowana).

Nastawa przepływu od **10 do 20 l/h** przy czasie jednostkowym pobierania od **15 do 30 minut**. Należy tak dobrać parametry pobierania aby ilość oznaczanych związków zaadsorbowana

w pierwszej (dłuższej) warstwie adsorbentu nie przekraczała 10 mg.

Pomiar strumienia objętości gazów odlotowych wykonać na początku i na końcu serii pomiarów. Jeśli występuje zmiana w przepływie głównego strumienia gazów, pomiary strumienia należy wykonać przed i po pobraniu każdej próbki.

Dwie nieużywane rurki pochłaniające przeznaczyć do badania tła pochodzącego z adsorbentu. Należy je przechowywać wraz z pomiarowymi rurkami – **w temperaturze około 4°C bez dostępu światła do 5 dni**.

Te same zasady dotyczą roztworów pochłaniających. W przypadkach wątpliwości należy przepuścić przez dwie nieużywane płuczki (tłowe) tyle samo powietrza atmosferycznego (powietrza z butli) jak pobierana próbka gazów odlotowych.

Kontrola efektywności sorpcji: dla każdej serii pomiarowej – wybiera się rurkę taką, w której stwierdzono w pierwszej warstwie największe ilości badanego związku. Wykonuje się oznaczenie w warstwie drugiej. Jeżeli choćby w jednej rurce pochłaniającej stwierdzono powyżej **5%** ilości związku w pierwszej warstwie należy wykonać jego oznaczenie w drugiej warstwie wszystkich rurek pochłaniających w serii i wyniki uwzględniać przy obliczaniu stężenia oznaczanego związku w badanych gazach odlotowych. Jeśli ilość oznaczanego związku w drugiej warstwie przekracza 10% ilości w pierwszej warstwie, próbkę należy uznać za **niepewną**.

Oznaczanie z płuczek wykonujemy dla każdego roztworu oddzielnie.

Należy jednocześnie pobrać próbki gazów w co najmniej dwóch punktach przekroju: jedną w środku i drugą w odległości 0,2 średnicy przekroju. Kryterium: jeżeli wyniki oznaczeń różnią się więcej niż o 30% średniej arytmetycznej można przyjąć, że stężenie jest stałe w przekroju pomiarowym, w przeciwnym wypadku pobieranie w siatce zgodnej z PN-Z-04030-7:1994.

Obliczanie wyników oznaczania

a) objętość próbki w warunkach umownych (przy założeniu gazu suchego)

$$V_u = \frac{V * 273 * P_p}{(273 + t_p) * 1013}$$

w którym:

V – objętość gazów przepuszczonych przez rurkę pochłaniającą lub zestaw płuczek (ze wskazań przepływomierza);

P_p – ciśnienie próbki gazów w odcinku pomiarowym przepływomierza w [hPa];

T_p – temperatura próbki gazów w przepływomierzu w [°C].

b) stężenie oznaczanego związku w [mg/m³] - adsorbent

$$X = \frac{C_z * V_d * 1000}{V_u * W}$$

w którym:

C_z – stężenie związku w ekstrakcie z adsorbentu w [mg/ml];

V_d – objętość rozpuszczalnika wziętego do desorpcji w [ml];

V_u – objętość próbki gazów w warunkach umownych w [l];

W – współczynnik desorpcji.

c) stężenie oznaczanego związku w [mg/m³] – roztwór pochłaniający

$$X = \frac{(C_1 * V_1 + C_2 * V_2) * 1000}{V_u}$$

w którym:

C₁, C₂ – stężenie oznaczanego związku w pierwszej i drugiej płuczce w [mg/ml];

V₁, V₂ – objętości roztworu pochłaniającego w płuczkach po pobraniu próbki gazów w [ml];

V_u – objętość próbki gazów w warunkach umownych w [l].

d) obliczanie emisji

$$E = V_u * X * 10^{-6}$$

Gdzie:

V_u – główny strumień badanych gazów w emitorze w warunkach umownych w [m³/h].

2.7.2.2.5. Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczenia stężenia masowego indywidualnych gazowych związków organicznych

PN-EN 13649:2005 Emisja ze źródeł stacjonarnych – Oznaczanie stężenia masowego indywidualnych gazowych związków organicznych – metoda z zastosowaniem węgla aktywnego

i desorpcji rozpuszczalnikami

Dotyczy lotnych związków organicznych pochodzących z procesów, w których stosuje się rozpuszczalniki. Zakres od 0,5 mg/m³ do 2000 mg/m³.

Zasady pobierania:

- a) związki organiczne powinny być adsorbowane na węglu aktywnym;
- b) zalecane jest usunięcie cząstek stałych, gdyż mogą przeszkadzać w pomiarze;
- c) zaleca się zapobieganie kondensacji pary wodnej.

Pobieranie próbki bezpośrednio z użyciem rurki sorpcyjnej można stosować tylko w przypadku, gdy gazy odlotowe nie zawierają dużych ilości wody, a stężenie masowe materiału jest takie, że przebicie złoża sorbentu jest mało prawdopodobne. Temperatura nie powinna przekraczać 40 °C. W przypadku wyższych temperatur gazy należy oziębć w module chłodzącym. Czas pobierania próbki od 5 minut do zazwyczaj 30 minut. Typowe wartości strumienia objętości wynoszą od 0,3 l/min do 1,0 l/min.

Zwracamy uwagę na: badanie szczelności, postępowanie z pobranymi obiektami (rurki przechowywać w temperaturze < 4 °C), próbę ślepą terenową – postępujemy dokładnie tak samo jak z próbkami właściwymi ale bez ekspozowania w strumieniu gazów odlotowych (pobieranie próbek należy powtórzyć, jeśli dla oznaczanego składnika wartość próby ślepej jest większa niż 5% granicznej wartości emisji, współczynnik desorpcji (powyżej 80%).

$$c_i = \frac{m_i}{V_{kor}} * 1000$$

gdzie:

c_i – stężenie składnika „i” w próbce gazowej w mg/m³,

m_i – masa składnika „i” w pobranej próbce w mg,

V_{kor} – objętość pobranej próbki, w warunkach standardowych (273 K i 1013 hPa), wyrażona w ilości gazu suchego w l.

PN-EN 13649 dopuszcza pobieranie próbek metodą rozcieńczania: dynamicznego, statycznego. W drugiej metodzie możemy to przeprowadzić za pomocą worka do pobierania próbek, wykonanego z materiałów obojętnych. Najpierw worek napełniany jest częściowo znaną objętością suchego gazu rozcieńczającego, do którego następnie dodaje się znaną objętość gazów odlotowych. Można zastosować ogrzewaną sondę do pobierania próbek, co zapobiega kondensacji przed wprowadzaniem próbki do worka. Po pobraniu próbki worek opróżnia się przez rurkę z sorbentem. W metodzie tej wykorzystuje się „zasadę płuca”, w której worek do pobierania próbek umieszcza się w sztywnym, szczelnym pojemniku i za pomocą pompy próżniowej usuwa się powietrze z pojemnika. Wytworzone podciśnienie powoduje, że worek napełnia się próbka o objętości, która jest równa objętości usuniętego z pojemnika.

Pobieranie próbek gazów odlotowych do worków z folii o odpowiedniej jakości. Zaleca się materiały jak: PTFE, PET, PVF Tedlar. Worek i inne elementy osprzętu należy kondycjonować przed właściwym pobraniem. Może to polegać na odpowiednio długim przemywaniu go pobieranym gazem lub co najmniej kilkukrotnym wstępnym wypełnieniu i opróżnieniu. Jeśli rozcieńczanie nie jest konieczne to możemy pobrać próbkę z wykorzystaniem ww. metody tzw. „zasady płuca” lub poprzez bezpośrednie pompowanie. Bezpośrednie pompowanie następuje poprzez wtłaczanie próbki strzykawką lub pompką bezpośrednio do worka. Tą metodę możemy stosować wtedy, gdy gaz jest zanieczyszczony w niewielkim stopniu i nie jest ani gorący ani wilgotny. Jeżeli w pobieranym gazie znajdują się cząstki stałe, zaleca się ich usunięcie podczas pobierania próbki poprzez zamontowany najlepiej ogrzewany filtr. Wykorzystane strzykawki i/lub pompki tłoczące umożliwiają dokładne określenie objętości pobranej próbki gazowej.

2.7.2.2.6. Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczenia stężenia masowego benzenu i jego homologów

PN-Z-04016-7:1999 Ochrona czystości powietrza - Badania zawartości benzenu i jego homologów z nasyconym łańcuchem bocznym – Oznaczanie benzenu, toluenu, etylobenzenu, (m+p)-ksylenu i o-ksylenu w gazach odlotowych (emisja) metodą chromatografii gazowej

Metoda polega na adsorpcji węglowodorów aromatycznych z gazów odlotowych na węglu kamiennym, ekstrakcji dwusiarczkiem węgla i oznaczaniu stężenia poszczególnych węglowodorów w ekstrakcie za pomocą chromatografii gazowej.

Pomiary wstępne, obliczenia, podobnie jak dla PN-Z-04008-4: 1999. Czas zasysania próbki od 10 do 30 min (jednostkowy czas pobierania uzależniony od sposobu pracy źródła) przy przepływie od 40 l/h do 60 l/h.

2.7.2.2.7. Pobieranie próbek gazów odlotowych w celu oznaczania HF (fluorowodoru)

SRM: ISO 15713:2006 Stationary Source emissions – Sampling and determination of gaseous fluoride content (Stacjonarne Źródła emisji - Pobieranie i wyznaczanie zawartości gazowego fluoru).

Zasada metody

Uwagi ogólne: Ze względu na wysoką reaktywność i powinowactwo HF szczególna uwaga jest wymagana aby bezpowrotnie nie doprowadzić do utraty danego związku oraz aby pobrana próbka była reprezentatywna. Należy zwrócić uwagę na dobór odpowiednich materiałów, z których skonstruowana jest sonda probiercza (zalecane: materiał Monel® - stop niklowo-kobaltowo-miedziowy – materiał odporny na korozję, nie wchodzący w reakcje, stosowanie do 550 °C; krzemionka – silica, w znaczeniu topionej krzemionki, która jest substancją podobną do szkła, wykonana z kwarcowego piasku lub czterochorku krzemionki), płuczki i połączenia w układzie pobierania próbki. Należy pamiętać, że mimo dopuszczenia PTFE (politetrafluoroetyleny), materiał ten do stosowania np. oprawa filtra jest ograniczona temperaturą 250 °C, poza tym wcześniej należy go ogrzać do temperatury spodziewanej w kanale (przed pierwszym użyciem). Poza tym również występowanie kropelek w sondzie tj. przed płuczkami może spowodować rozpuszczenie HF w nich i w ten sposób mogą być nie ujęte w pomiarach. Sonda powinna być grzana minimum do 423 K lub 20 K powyżej punktu rosy (w zależności, która temperatura jest wyższa). Wewnętrzny przekrój sondy należy przemyć wodą dejonizowaną przed każdym użyciem i po każdej serii pomiarowej (po ostudzeniu do braku wizualnego występowania cząstek pyłu). Należy zwrócić uwagę, że jak już wspomniano wcześniej, jeśli próbka nie jest pobierana izokinetycznie, wtedy nie jest reprezentatywna.

Przed właściwym pobieraniem należy rozpoznać jednorodność w przekroju pomiarowym pod względem prędkości gazu ($v_{\max}/v_{\min} < 3:1$, bez przepływu wstecznego, kąt strugi w kanale do 15%) temperatury i stężenia tlenu (różnice

do 5% w stosunku do wartości średniej). Jeśli istnieje duża zmienność któregoś z ww. parametrów, ale nie występują kropelki, wtedy pobieranie próbki należy przeprowadzić w siatce przy stałym przepływie. W przypadku jednorodności – pobieranie próbki w jednym punkcie przy stałym przepływie.

Aby wyznaczyć zawartość fluoru w gazie odlotowym należy reprezentatywną próbkę gazu pobrać przy użyciu grzanej sondy filtra. Częsteczkowy fluor związany z pyłem jest zatrzymywany na filtrze. Gazowy fluor (związki fluoru rozpuszczalne w roztworze) absorbuje się w płuczkach wypełnionych 0,1 mol/l roztworze NaOH. Stężenie jonów F^- w roztworze oznaczane jest przy pomocy elektrody jonoselektywnej – dopuszczona jest również metoda oznaczania chromatografii jonowej.

Granica wykrywalności metody oszacowana jest na 0,1 mg/m³ (przy założeniu 0,1 m³ przepuszczonego gazu). Górna granica oznaczania stężenia: 200 mg/m³. Ewentualnie pomiar wyższych stężeń jest możliwy po udowodnieniu efektywności absorpcji powyżej 95%. Nastawa przepływu od 2 l/min do 6 l/min – w celu zachowania izokinetyczności przepływy mogą być wyższe wtedy należy pamiętać o ewentualnym zwiększeniu objętości roztworu pochłaniającego. Uwaga na sprawdzanie szczelności przed, po każdej serii pomiarowej, ewentualnie po każdej wymianie filtra, płuczek.

Zapewnienie jakości: odpowiedni częstotliwość odczytów temperatury, ciśnień, nastawy przepływu (wahania mniejsze niż 10% nastawy), kontrola silikażelu i ewentualnie jego wymiana, badanie szczelności (kryterium 2%); wystąpienie skroplin na sondzie po filtrze decyduje o anulowaniu pobierania, efektywność absorpcji powyżej 95%; próba ślepa terenowa – kryterium 10% wartości mierzonej, wyniku nie odrzucamy.

Inne wymagania: użyte gazomierze (mokre/suche) powinny zapewniać względną niepewność nie przekraczającą 2% objętości próbki gazowej, niepewność pomiaru temperatury w gazomierzu nie większa niż 1% temperatury mierzonej, pomiar ciśnienia różnicowego w gazomierzu z niepewnością nie większą niż 1% wartości mierzonej, niepewność natężenia przepływu nie większa niż 10%.

2.7.3. Podsumowanie – metody badań

Na podstawie TGN M2 Monitoring of stack emission to air EA version 11 November 2015 (przewodnik Technical GuidanceNote)

Tabela 43 Lista substancji i związków chemicznych które są przyczyną uciążliwości zapachowej – technika pomiarowa

Grupa związków	Technika pomiarowa	Dokument odniesienia	Uwagi
Aldehydy	Manualna – brak specyficznej metody;	Pobieranie EN 13649, oznaczanie NIOSH 2016 lub NIOSH 2539	Czynnik przeszkadzający: wilgotność. możliwość adaptacji metody płuczkowej
	Manualna - Pobieranie izokinetyczne, absorpcja w wodzie, analiza spektrofotometryczna	US EPA Method 316	Metoda specyficzna/preferowana dla formaldehydu. Zakres pomiaru od 11,3 ppb do 23,000 ppm przy objętości próbki 0,85 m ³ . Interferencje od innych aldehydów, siarczynów, cyjanków. Próbki przechowywane/transportowane poniżej 8 °C.
	Instrumentalna – pobieranie ekstrakcyjne – analizator FTIR	TGN M22	-
Aminy i amidy	Manualna – nieizokinetyczne pobieranie na rurki z silikażelem, analiza GC	Pobieranie EN 13649, oznaczanie NIOSH 2002 i NIOSH 2010	Umożliwia oznaczenie aromatycznych i alifatycznych amin. Dla objętości gazu od 0,003 m ³ do 0,03 m ³ – zakres do 60 mg/m ³ a LOD (granica wykrywalności) wynosi 0,5 mg/m ³
	Instrumentalna – pobieranie ekstrakcyjne – analizator FTIR	TGN M22	Umożliwia analizę indywidualnych amin.
Amoniak	Manualna – izokinetyczne lub nieizokinetyczne pobieranie roztwór H ₂ SO ₄ (analiza IC)	Wymagania techniczne EN 14791 w zakresie pobierania	Pomiar NH ₃ oraz NH ₄ ⁺ . Niepewność rzędu 30%. Sonda stalowa nieużyteczna (straty amoniaku).
	Instrumentalna – pobieranie ekstrakcyjne – analizator FTIR	TGN M22	Zastosowanie do gazowego NH ₃ . Zakres do 500 mg/m ³ .
Disiarczek węgla	Manualna - nieizokinetyczne pobieranie rurka z węglem (analiza GC)	Pobieranie EN 13649, oznaczanie NIOSH 1600	Uwaga na zawilżenie rurki.
	Instrumentalna – przenośny GC z odpowiednim detektorem	US EPA Method 15	Zakres od 0 do 1000 ppm. LOD=0,5 ppm. Interferencje od wody i tlenku węgla.

Grupa związków	Technika pomiarowa	Dokument odniesienia	Uwagi
Tlenosiarczki (COS)	Instrumentalna – pobieranie ekstrakcyjne – analizator FTIR	TGN M22	-
	Instrumentalna – przenośny GC z odpowiednim detektorem	US EPA Method 15	Zakres od 0 do 1000 ppm. LOD=0,5 ppm. Interferencje od wody i tlenku węgla.
Kwasy karboksylowe	Manualna – pobieranie na rurkę z węglem (analiza GC-FID)	Pobieranie EN 13649, oznaczanie NIOSH 1603	Metoda tylko dla kwasu octowego. Dla innych kwasów użyj innej właściwej metody. LOD=5 mg/m ³ . Zakres do 100 mg/m ³ .
	Instrumentalna – pobieranie ekstrakcyjne – analizator FTIR	TGN M22	-
Dioksyny i furany	Manualna – izokinetyczne pobieranie, ekstrakcja a następnie GC-MS analiza.	EN 1948 -1,2,3	Potwierdzenie metody – spalarnie odpadów.
Halogenki, halogeny (poza fluorowodorem i siarkowodorem (HF, HCl))	Manualna – izokinetyczne lub nieizokinetyczne pobieranie do roztworu (analiza IC)	US EPA Method 26 (izo) oraz 26A (nieizo)	Tylko dla gazowej formy występowania - 26 oraz gazowo-aerozolowej (26A). LOD 0,1 ppm.
	Instrumentalna – pobieranie ekstrakcyjne – analizator FTIR	TGN M22	Tylko gazowe halogenki nie halogeny.
Siarkowodór	Manualna – pobieranie nieizokinetyczne na rurkę z węglem	Pobieranie EN 13649, oznaczanie NIOSH 6013	Mniejsza LOD niż dla US EPA Method 11 - dla 20 l 0,9 mg/m ³ .
	Manualna – roztwór siarczynu kadmu	US EPA Method 11	Zakres od 8 mg/m ³ do 740 mg/m ³ . Wymagana płuczka z H ₂ O ₂ w celu usunięcia SO ₂ .
	Instrumentalna – przenośny GC z odpowiednim detektorem	US EPA Method 15	Zakres od 0 do 1000 ppm. LOD 0,5 ppm.
Izocyjaniany	Manualna – pobieranie izokinetyczna na filtr pokryty 1-(2-pyridyl) piperazyną. Analiza HPLC.	US EPA CTM 36 – pobieranie; CTM 36A – analiza	Walidacja US EPA Method 301
	Instrumentalna - spektrometr jonowy	brak	LOD 0,5 ppb
Tiole (Merkantany)	Manualna – pobieranie na rurkę z sitem	Pobieranie EN 13649 – brak	-

Grupa związków	Technika pomiarowa	Dokument odniesienia	Uwagi
	molekularnym lub rurkę ATD – analiza GC-FPD lub GC-MS	standardu na analizę.	
	Manualna – pobieranie na filtr pokryty octanem rtęci, analiza GC-FPD. GC-MS	Pobieranie – brak. Analiza – NIOSH 2542	-
	Instrumentalna – ciągły pomiar analizatorem chromatograficznym	brak	LOD 2 ppb.
Metan	Manualna – pobieranie na worek, do kanistra - analiza GC-FID.	EN 25139	Zakres do 1500 mg/m ³ .
	Instrumentalna – analizator FID	EN 25140	-
	Instrumentalna – analizator FTIR	TGN M22	-
Metanol	Manualna – pobieranie na rurkę. Analiza GC.	Pobieranie EN 13649 – analiza NIOSH 2000 lub OSHA 91	Rurka – silikażel lub rurka anasorb.
	Instrumentalna – analizator FTIR	TGN M22	-
PAHs	Manualna – pobieranie izokinetyczne, ekstrakcja, analiza HPLC lub GC-MS	ISO 11338-1,2	Objętość próbki 6 m ³ – LOD od 0,1 µg/m ³ do 1 µg/m ³ .
Fenole i krezole	Manualna – pobieranie XAD – 7, desorpcja metanolem, analiza HPLC-UV. Przy obecności kropel pobieranie izokinetyczne.	Pobieranie EN 13649 – analiza OSHA 32, NIOSH 2546	OSHA 32: LOD 0,05 mg/m ³ , zakres do około 20 mg/m ³ . NIOSH 2546: LOD 1 mg/m ³ – zakres do 60 mg/m ³ .
VOCs	Manualna – pobieranie na sorbent rurkę z węglem aktywnym, ekstrakcja, analiza GC z odpowiednim detektorem	EN 13649	Odpowiednia metoda do większości VOCs.
	Instrumentalna – przenośny GC z odpowiednim detektorem	US EPA Method 18	LOD około 1 ppm.
	Instrumentalna – analizator FTIR	TGN M22	-
TVOC	Instrumentalna – analizator FID	EN 12619	-
	Instrumentalna – analizator NDIR	EN 13199	-

2.8. Oszacowanie dla zaproponowanych metodyk oceny zapachowej jakości powietrza wpływu na sektor finansów, wpływu na konkurencyjność gospodarki i przedsiębiorców, w tym funkcjonowanie oraz na obywateli, a także rynek pracy

Przedmiotowa lista substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej, docelowo powinna stanowić integralną część przyszłych uregulowań prawnych w zakresie oddziaływania zapachowego, uwzględniając dostępny zarówno w Polsce, jak i poza granicami poziom wiedzy teoretycznej i praktycznej, podpartej dostępnymi uregulowaniami prawnymi.

Należy także wyraźnie podkreślić, iż zagadnienia oddziaływania zapachowego są powiązane z problematyką szeroko rozumianej ochrony zdrowia i ochrony środowiska. W związku z powyższym problem uciążliwości zapachowej na podstawie analizy literatury, uregulowań prawnych innych wiodących krajów, oraz własnych doświadczeń **wymaga w Polsce prawnego rozwiązania.**

Synteza wiedzy z przedmiotowego zakresu wskazuje, że ocena uciążliwości zapachowej powinna być ilościowa oraz jakościowa realizowana po poborze prób w akredytowanym laboratorium chromatograficznym, jak również pomiary stężenia odorów przy pomocy metody olfaktometrii dynamicznej oraz zastosowania do analizy uzyskanych danych wybranego modelu matematycznego dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu.

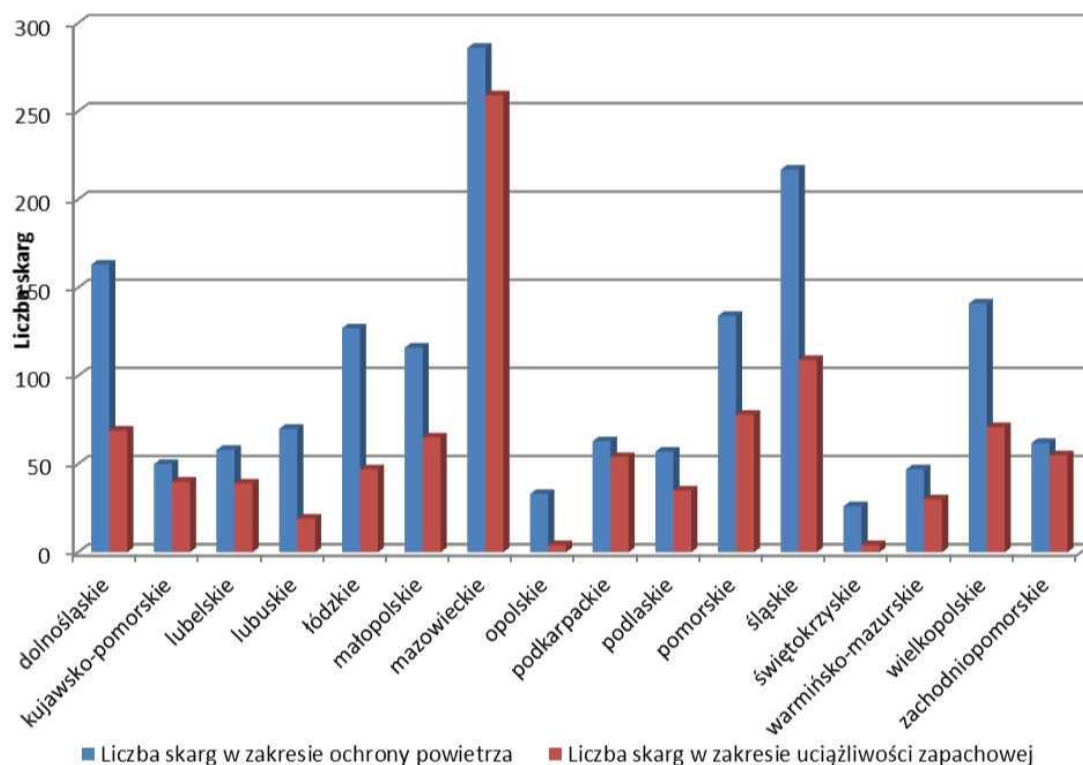
Instrumentalne metody pomiarów zapachowych zanieczyszczeń powietrza cieszą się największym uznaniem większości ośrodków naukowych w Polsce i na świecie. Metody te bazują w szczególności na analizie w użyciu chromatografii gazowej i wieloczuJNIKOWYCH urządzeń o czujnikach selektywnych na różne związki zanieczyszczające powietrze. Chromatografia gazowa to technika analityczna, służąca do rozdzielenia lub/i badania składu mieszanin związków chemicznych. Technika ta umożliwia procentowe ustalenie składu mieszanin związków chemicznych, w których występuje ich nawet kilkaset (w tym powietrza złowonnego). Chromatografia gazowa ma szerokie zastosowanie w ocenie uciążliwości zapachowej obiektów emitujących odory (m.in. instalacji typu IPPC). Z użyciem chromatografii gazowej prowadzi się badania (zarówno analizy jakościowe jak i ilościowe) pod kątem obecności odorotwórczych związków chemicznych w powietrzu złowonnym. W zależności od stosowanego detektora, chromatografia gazowa umożliwia detekcję każdego rodzaju odoranta, zarówno organicznego jak i nieorganicznego, nawet na poziomie śladów. Pomiar metodą chromatografii gazowej jest prosty, szybki i umożliwia precyzyjne oznaczenie jakości i ilości odorantów w powietrzu złowonnym. Badania z użyciem metody olfaktometrii dynamicznej natomiast, wskazują jedynie na fakt występowania uciążliwości zapachowej (poprzez określenie jej poziomu), nie identyfikując jednocześnie charakteru oraz stężenia substancji złowonnych w powietrzu. Ponadto, badania z użyciem chromatografii gazowej są o wiele łatwiej dostępne, z uwagi na fakt, że laboratoriów wykonujących badania metodą olfaktometrii dynamicznej jest w Polsce bardzo niewiele, a wiodące ośrodki w Polsce to Wrocław, Warszawa, Szczecin, Poznań oraz laboratoria zewnętrzne SGS Eko-Projekti OTTO Engineering Polska.

Wyniki uzyskane dzięki zastosowaniu chromatografii gazowej jako metody badawczej w ocenie oddziaływania zapachowego, pozwalają na kontrolę procesu technologicznego i dalsze realizowanie likwidacji uciążliwości odorowej u źródła, co stanowi skuteczną metodę ograniczania oddziaływania zapachowego w ujęciu technologicznym oraz ekonomicznym.

Nieprzyjemny zapach, który występuje w otoczeniu szeregu źródeł wprowadzających substancje do powietrza jest przyczyną największej ilości skarg ludności na jakość powietrza. Kojarzony jest zarówno z wystąpieniem zagrożenia zdrowia jak i dyskomfortem. W Kodeksie Przeciwdziałania Uciążliwości zapachowej wskazano rangę problemu oraz źródeł uciążliwości zapachowej poprzez analizę liczby skarg rozpatrywanych przez Inspekcję Ochrony Środowiska. W wyniku kilkuletniej analizy zakresu, ilości oraz częstotliwości skarg odnotowano w okresie ostatnich kilku lat dalszy wzrost liczby skarg z liczby **1134 skarg** z zakresu zanieczyszczenia powietrza , w tym 517 dotyczyło uciążliwości zapachowej (45.6%) do liczby **1447 skarg** z zakresu zanieczyszczenia powietrza w 2014 r., w tym aż 841 dotyczyło uciążliwości zapachowej (56.9%). Należy w tym miejscu wyraźnie podkreślić, iż tendencja wzrostu skarg dot. uciążliwości zapachowej jest wyraźnie rosnąca, a przedmiotowy problem ze względu na stale zwiększającą się świadomość społeczeństwa wymaga wprowadzenia racjonalnych, uzasadnionych społecznie i ekonomicznie jak również środowiskowo rozwiązań technologicznych zmierzających do możliwie największego ograniczenia oddziaływania zapachowego.

Analizując dalej liczby przedmiotowych skarg, w zakresie uciążliwości zapachowej największą liczbę skarg i wniosków o podjęcie interwencji przez Inspekcję Ochrony Środowiska w 2015 r. odnotowano w województwie mazowieckim, pomorskim i śląskim. Zestawienie skarg i wniosków rozpatrywanych w 2015 r. w podziale na województwa przedstawia rysunek poniżej

Rysunek 16 Zestawienie skarg i wniosków rozpatrywanych przez Inspekcję Ochrony Środowiska w 2015 r. w podziale na województwa²⁷⁴



²⁷⁴ Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, projekt, Departament Ochrony Powietrza i Klimatu, Warszawa 2016

Rozpatrzone skargi i wnioski dotyczyły uciążliwości zapachowej powodowanej przez m.in.: eksploatację oczyszczalni ścieków, wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie, nieprawidłowe stosowanie nawozów oraz nieprzestrzeganie zasad dobrej praktyki rolniczej przy nawożeniu gnojowicą, funkcjonowanie ferm zwierząt oraz składowanie lub inne metody unieszkodliwiania odpadów komunalnych, powodujących w swoim procesie uciążliwość zapachową.

W roku 2015 skargi i wnioski o podjęcie interwencji w zakresie uciążliwości zapachowej w poszczególnych województwach były zróżnicowane i dotyczyły funkcjonowania różnych obiektów lub różnych działalności.

W 2015 r. na zlecenie Ministerstwa Środowiska, w ramach przeprowadzanego cyklicznie co rok, badania pt. *„Badanie świadomości i zachowań ekologicznych mieszkańców Polski”* w zakresie uciążliwości zapachowej połowa Polaków postrzegała tzw. odór jako poważny problem w naszym kraju. Blisko jedna piąta badanych (18%) jest przeciwnego zdania i uważa, że uciążliwość zapachowa powodowana przez m.in. użytkowanie instalacji związanej z chowem lub hodowlą zwierząt, funkcjonowanie oczyszczalni ścieków, składowiska odpadów itp. w ogóle nie stanowią problemu. Jednocześnie do trzech największych potencjalnych uciążliwości w sąsiedztwie miejsca zamieszkania Polacy najczęściej zaliczają składowisko lub sortownię odpadów (58%). Niespełna połowa respondentów wskazuje na oczyszczalnię ścieków (46%), a dwie piąte na duże ферmy trzody chlewnej (42%). Około jedna trzecia badanych mówi także o fabrykach/innych obiektach przemysłowych (36%) lub o zagospodarowaniu gnojówki i gnojowicy na polach uprawnych (32%). 61% respondentów wśród konsekwencji związanych z problemem uciążliwości zapachowej wskazało ogólny dyskomfort. Na drugim miejscu pojawił się negatywny wpływ uciążliwości zapachowej na zdrowie ludzi (41%). Pozostałe konsekwencje są wskazywane zdecydowanie rzadziej, jak np. spadek jakości i przydatności gruntów (17%).

W tym miejscu, należy podkreślić, iż na podstawie przeprowadzonych wstępnych badań wartości gruntów w pobliżu potencjalnego oddziaływania zapachowego lub poważnej ingerencji w stan środowiska naturalnego, ceny gruntów (działek budowlanych) są zazwyczaj o około 20%-25% tańsze, a niżeli w obszarach w porównywalnych obszarach, gdzie taki oddziaływanie nie występuje. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku cen mieszkań, które dla obszarów narażonych na oddziaływanie zapachowe są wyraźnie tańsze o około 15%-20% licząc na metr kwadratowy mieszkania na rynku pierwotnym oraz wtórnym.

Skuteczną możliwością rozwiązania problemu uciążliwości zapachowych jest skojarzenie ich istnienia z przyczyną powstawania z prowadzeniem działalności uciążliwych zapachowo, poprzez upoważnienie organu gminy, organu ochrony środowiska aby w drodze decyzji nakazywały prowadzącemu działalność powodującą uciążliwość zapachową podjęcie efektywnych działań zmierzających do ograniczenia tej uciążliwości.

Dla uporządkowania tej sfery zagadnień jakości powietrza i umożliwienia postępowań w tych sprawach, zmierzających do poprawy sytuacji, niezbędne jest ustalenie poziomów porównawczych dla substancji zapachowych w powietrzu oraz metody oceny zapachowej jakości powietrza.

Nie każdy zapach jest uciążliwy, zależy to od wielu czynników nie do końca naukowo rozpoznanych. Niezależnie od podejmowanych prób klasyfikacji uciążliwości zapachu opartej na matematycznej zależności intensywności zapachu od stężenia substancji zapachowej, wprowadzono model subiektywnej oceny jakościowej zapachu w oparciu o umowne skale punktowe.

Po wprowadzeniu niezbędnych zapisów prawa z tego zakresu, konieczne będzie systematyczne monitorowanie skutków oraz ewentualna korekta przyjętego prawa. W żadnym kraju nie udało się to tej pory wprowadzić rozwiązania w pełni satysfakcjonującego, które nie musiałyby być następnie korygowane.

W Polsce dodatkowymi czynnikami utrudniającymi pierwotną ocenę skutków wprowadzenia prawa dotyczącego uciążliwości zapachowej są: wycinkowe, niekompletne, bardzo rzadko jednoznacznie udokumentowane wyniki dotyczące poszczególnych emisji; stwierdzane i dyskutowane w debacie publicznej znikome zaangażowanie niektórych instytucji kontrolnych w rzetelną ocenę aktualnego stanu, co zarazem oznacza brak wiarygodnych, pierwotnych źródeł informacji.

Analiza opinii przedstawianych przez partnerów społecznych w ramach konsultacji społecznych poprzednich projektów regulacji prawnych tego zagadnienia pozwoliła wyciągnąć istotne wnioski co do sposobu i zakresu ingerencji władzy publicznej w problematykę przeciwdziałania uciążliwości zapachowej.

Konsekwencją przedmiotowego zagadnienia jest kompleksowo opracowywany dokument ***lista substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej***, co docelowo przyczyni się uregulowania problematyki uciążliwości zapachowej.

W szczególności należy uwzględnić odstępianie od rygorystycznych sposobów ograniczania uciążliwości zapachowej na rzecz wprowadzenia instrumentów finansowych pełniących rolę bodźców, które będą oddziaływać na podmioty powodujące uciążliwość zapachową i mobilizować te podmioty do podejmowania działań zmierzających do ograniczenia, bądź wyeliminowania uciążliwości zapachowej powodowanej przez określoną działalność.

Za kryterium uciążliwości uznawane są często stężenia w powietrzu substancji obdarzonych zapachami (substancje zapachowe) oraz cechy wrażeń węchowych (rodzaj zapachu, intensywność zapachu, jakość hedoniczna zapachu, częstość pojawiania się zapachu).

Zależność między stężeniami substancji zapachowych w powietrzu, a wielkością emisji tych substancji oraz uciążliwością źródła dla ludzi przebywających w jego sąsiedztwie jest nadal mało precyzyjnie rozpoznana.

2.8.1. Ocena skutków prawnej implementacji listy substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej

Lista substancji i związków chemicznych, które są przyczyną uciążliwości zapachowej została szczegółowo opracowana w rozdziałach powyżej i odnosi się bezpośrednio do różnych gałęzi przemysłu, które potencjalnie oddziałują zapachowo.

Przedmiotowy dokument należy poddać w tryb konsultacji międzyresortowych oraz przekazać do konsultacji społecznych do zainteresowanych instytucji naukowo-badawczych podejmujących przedmiotową tematykę, izb gospodarczych oraz przemysłowych, a także wojewódzkich oraz regionalnych służb ochrony środowiska, gmin i związków gmin oraz organizacji pozarządowych, uwzględniając wrażliwość społeczną przedmiotowego zagadnienia związanego z oddziaływaniem zapachowym.

2.8.1.1. Wpływ na sektor finansów oraz wydatki budżetowe

Przedmiotowa lista substancji i związków chemicznych docelowo będzie miała wpływ na obowiązujące regulacje prawne w zakresie oddziaływania zapachowego w określonych sektorach gospodarki oraz przemysłu, a także na wydatki budżetowe w skali rządowej oraz regionalnej.

Z uwagi na to, iż przedmiotowa regulacja będzie wymagała odpowiedniego nadzoru merytorycznego przez istniejące instytucje i organy w tym m.in. Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska oraz ich delegatury, przedmiotowe działanie spowoduje bezpośredni wzrost kosztów funkcjonowania tych instytucji. W ramach propozycji odpowiedniego nadzorowania przedmiotowych działań, zakłada się dodatkowe zatrudnienie po jednym ekspercie z zakresu ochrony powietrza, w tym oddziaływania zapachowego w każdym WIOŚ oraz jego delegaturze, natomiast w GIOŚ dodatkowe dwa etaty osób nadzorujących merytorycznie dokumentację spływającą z organów podległych.

Z szacunkowych wyliczeń ilości dodatkowych etatów wynika, że zatrudnione docelowo zostanie 50 ekspertów regionalnych oraz dwóch specjalistów na płaszczyźnie GIOŚ-u, zgodnie z tabelą poniżej.

Tabela 44 WIOŚ i jego delegatury w Polsce²⁷⁵

Lp.	WIOŚ	Delegatury
1	Białystok	Suwałki, Łomża
2	Bydgoszcz	Toruń, Włocławek
3	Gdańsk	Słupsk
4	Katowice	Częstochowa, Bielsko-Biała
5	Kielce	brak
6	Kraków	Tarnów, Nowy Sącz
7	Lublin	Chełm, Zamość, Biała Podlaska
8	Łódź	Skierniewice, Sieradz, Piotrków Trybunalski
9	Olsztyn	Elbląg, Giżycko
10	Opole	brak
11	Poznań	Kalisz, Leszno, Piła, Konin
12	Rzeszów	Jasło, Przemyśl, Tarnobrzeg
13	Szczecin	Koszalin
14	Warszawa	Płock, Ostrołęka, Radom, Ciechanów,

²⁷⁵www.wioś.pl z dnia 04.10.2016

Lp.	WIOŚ	Delegatury
		Mińsk Mazowiecki
15	Wrocław	Jelenia Góra, Legnica, Wałbrzych
16	Zielona Góra	Gorzów Wielkopolski

Zatem utworzenie dodatkowych 52 etatów administracyjnych (z przyjętym zgodnie z GUS, z wynagrodzeniem średnim 4 613,70 brutto/miesiąc), wynosi 2 878 948,80 zł brutto rocznie bez uwzględnienia dodatkowej 13-tej pensji oraz dodatków służbowych jak również dodatkowych kosztów pracy wynikających z ubezpieczenia oraz opodatkowania.

Trudne również do oszacowania są koszty wynikające z liczby zgłaszanych skarg oraz konieczności opłacania pracowników (np. delegacie) osób lub zespołów oceniających uciążliwość zapachową w terenie na podstawie zaproponowanej metody, subiektywnych badań sensorycznych, a docelowo weryfikujących badań laboratoryjnych (olfaktometria/chromatografia).

Ponadto, w ramach weryfikacji prowadzonych pomiarów olfaktometrycznych, autorzy opracowania proponują, w celu optymalizacji kosztów realizowanie nadzoru w przedmiotowym temacie przez odpowiednio wyspecjalizowane niezależne jednostki kontrolujące Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Po wstępnej analizie zaproponowano 6 maksymalnie 7 oddziałów, które swoim promieniem działalności (promień około 250 km) obejmą cały kraj i zostaną wyposażone poprzez odpowiednie narzędzia finansowe i administracyjne, a ściśle będą współpracować ze służbami Marszałka na terenie poszczególnych województw.

Przybliżony koszt uruchomienia wraz z wyposażaniem i odczynnikami Laboratorium Badań Olfaktometrycznych oraz realizacji wymaganych prawem oraz normami procedur wyniesie dla jednego laboratorium około 700 000 zł. W przypadku 7 laboratorium koszt ten wyniesie 4 900 000 zł. W miejscu należy także zwrócić uwagę do zwiększenie funkcji kontrolnej dotychczas funkcjonujących przy WIOŚ laboratoriów chromatograficznych.

W celu uniknięcia jakie prawdopodobnie pojawią się zarówno postronnie przedmiotu gospodarczego jak i osób lub instytucji składających skargi, najlepszym rozwiązaniem będzie finansowanie tego typu badań ze środków publicznych tzn. z budżetu administracji rządowej lub samorządowej, a w mniejszym zakresie z dostępnych subwencji oraz funduszy ekologicznych.

Ponadto należy zaznaczyć, iż bardzo trudne są do oszacowania koszty analiz weryfikujących przedłożonych wyników badań przez przedsiębiorców. Obecnie jednostki regionalne administracji państwowej odpowiedzialne za kontrole w zakresie OŚ nie są wyposażone w sprzęt olfaktometryczny, który służy do weryfikacji takich badań. Nie mniej jednak z wiedzy autorów opracowania wynika iż jednostki te są dość dobrze wyposażone w aparaturę do jakościowego i ilościowego pomiaru zanieczyszczenia powietrza co wynika bezpośrednio z uregulowań prawnych dotyczących jakości powietrza. Zatem jednostki te bez dodatkowych kosztów, w odniesieniu do stanu istniejącego, mogłyby prowadzić badania weryfikujące za pomocą metod chromatograficznych. Należy tutaj jednak podkreślić, iż przeprowadzenie takich badań wiąże się z kosztami pośrednimi dotyczącymi m.in: delegacji pracownika w teren, poborem prób, kupnem wzorców oraz utrzymaniem i amortyzacją

sprzętu laboratoryjnego, a także utrzymanie audytów jakości i stałe podnoszenie kompetencji zespołu laboratoryjnych.

Ponadto, należy podkreślić, iż poza służbami Inspekcji Środowiska należy przeprowadzić kompleksowe szkolenia z zakresu oddziaływania zapachowego podwyższające dotychczasowe kompetencje pracowników Regionalnych Dyrekcji Ochrony Środowiska odpowiedzialnych za procedowanie dokumentacji środowiskowej w komponencie jakości powietrza atmosferycznego, rozszerzonego o oddziaływanie zapachowe na etapie oceny oddziaływania inwestycji na środowisko. Szacunkowe koszty podniesienia kwalifikacji wyniesie około 5000 zł brutto na każdą z 16 Regionalnych Dyrekcji Ochrony Środowiska. Szkolenie w pierwszym etapie wprowadzania uzupełnień powinno być przeprowadzone minimum dwa razy w ciągu roku, natomiast docelowo w celu utrwalania oraz aktualizowania kompetencji z zakresu oddziaływania zapachowego powinno być realizowane raz w roku. Sumaryczny koszt szkoleń, w pierwszym roku wdrażania wynosi 160 000 zł brutto (dwa szkolenia), natomiast w kolejnych latach, należy zabezpieczyć dodatkowe środki w wysokości 80 000 zł brutto rocznie, z docelowym uwzględnieniem poziomu inflacji.

Ponadto poza wymienioną powyżej kwotą, należy uwzględnić stworzenie min. sześciu etatów dla każdego z siedmiu laboratoriów badań olfaktometrycznych. Koszt utworzenia dodatkowych 42 etatów administracyjnych (z przyjętym zgodnie z GUS, z wynagrodzeniem średnim 4 613,70 brutto/miesiąc), wynosi 2 325 304,80 zł brutto rocznie bez uwzględnienia dodatkowej 13-tej pensji oraz dodatków służbowych jak również dodatkowych kosztów pracy wynikających z ubezpieczenia oraz opodatkowania. Poniższa tabela prezentuje szacunkowe kwoty wdrożenia uregulowań prawnych.

Tabela 45 Szacunkowe kwoty wdrożenia uregulowań prawnych

Lp.	Rodzaj kosztów			Koszt jednorazowy, zł	Koszt roczny, zł (brutto) (bez dodatków)
	trwałe	zatrudnienie	inne		
1.	Laboratoria olfaktometryczne	--	--	4 900 000,00	85 000,00
2.		Obsługa laboratorium	--	--	2 325 304,80
3.		Eksperci w WIOŚ i GIOŚ	--	--	2 878 948,80
4.			Szkolenia RDOŚ I rok	160 000,00	--
5.			Szkolenia RDOŚ		80 000,00
RAZEM:				5 060 000,00	5 369 253,60

Podsumowując, w pierwszym roku wprowadzenia uregulowań prawnych, wraz z wyposażeniem laboratoriów należy zabezpieczyć w budżecie państwa kwotę 10 429 253,60 zł (brutto) nie uwzględniając dodatkowej 13-tej pensji oraz dodatków służbowych jak również dodatkowych kosztów pracy wynikających z ubezpieczenia oraz opodatkowania. Ponadto,

w dalszych latach, roczne koszty wynosić będą 5 369 253,60 zł brutto nie uwzględniając dodatkowej 13-tej pensji oraz dodatków służbowych jak również dodatkowych kosztów pracy wynikających z ubezpieczenia oraz opodatkowania.

2.8.1.2. Wpływ na konkurencyjność gospodarki i przedsiębiorców, w tym na funkcjonowanie przedsiębiorców oraz na obywateli, a także na rynek pracy

Opracowana lista substancji i związków chemicznych wskazuje sektory gospodarki oraz przemysłu, których bezpośrednio dotyczy oddziaływanie zapachowych, a docelowo regulacja prawna. Analiza dostępnych rozwiązań w zakresie przeciwdziałania uciążliwości zapachowej jak i dostępnych dokumentów oraz obowiązujących uregulowań prawnych pozwala stwierdzić, że konsekwencje ekonomiczne i społeczne będą dotyczyć listy działalności wytypowanej w przedmiotowym opracowaniu.

Analizując koszty i skutki gospodarcze dla wymienionych sektorów gospodarki oraz przemysłu wskazuje iż docelowe regulacje prawne w zakresie nie tylko pomiarowym, ale również technologicznym powodować będą obciążenie finansowe. Związane jest to m.in. z docelową koniecznością wdrożenia technologii oraz środków zmierzających do ograniczenia

oddziaływania zapachowego do minimum oraz zakres kosztowych potencjalnych inwestycji będzie uzależniony od skali, rodzajów i procesów technologicznych.

W przypadku stwierdzenia, a następnie udowodnienia uciążliwości zapachowej na podstawie wybranej metodyki pomiarowej, właściciel lub zarządzający zakładem lub podmiotem gospodarczym będzie zobowiązany do podjęcia działań naprawczych i technologicznych zmierzających do ograniczenia uciążliwości zapachowej poprzez dostosowanie się do określonych standardów jakości powietrza pod kątem stężenia związków złożonych bądź stężenia odorów. Należy także podkreślić iż weryfikowane zgodnie z prawem oraz z dostępnymi technikami będzie optymalizacja procesów co skutkować będzie bezpośrednio ograniczeniem oddziaływania na zdrowie i życie człowieka co w chwili obecnej uregulowane jest w ustawie Prawo Ochrony Środowiska.

Bezpośrednimi kosztami monitoringu jakości powietrza w obrębie oddziaływania instalacji przemysłowych obarczeni będą przedsiębiorcy, czyli zarządzający instalacjami. Koszty te uzależnione są od przyjętej metodyki, wytypowaniu siatki pomiarowej, rodzaju substancji, jaka zostanie poddana analizie. Średnie koszty badań olfaktometrycznych w 5 punktach wraz z modelowaniem rozprzestrzeniania się odorów w powietrzu oraz kompleksową analizą procesów technologicznych odpowiedzialnych za oddziaływanie zapachowe (w tym wskazanie dostępnych technik ograniczania oddziaływania), zgodnie z doświadczeniem zespołu autorskiego wynoszą około 36 000 zł brutto. Natomiast badania chromatograficzne w ocenie autorów, są niewiele tańsze, a ponadto interpretacja otrzymanych wyników jest prostsza. Dla przykładu pobór prób gazów złownonych metodą aspiracyjną w 7 wybranych punktach wyniesie również około 36 000 zł brutto.

Dodatkowo w przypadku konieczności wykonania badań terenowych należy uwzględnić kwotę około 20 000 zł za jedną serię pomiarową z uwzględnieniem wytypowanej siatki pomiarowej.

W skali roku działalności zakładów przemysłowych (coroczny monitoring), koszty badań olfaktometrycznych czy chromatograficznych są nieznaczące. Należy podkreślić, iż wprowadzenie procedur, pozwoli paradoksalnie na poprawę konkurencyjności firm, poprzez budowanie ich zielonej marki.

Nie należy spodziewać się negatywnego oddziaływania tego typu przepisów na funkcjonowanie dobrych przedsiębiorstw – nie stwierdzono takiego wpływu w żadnym z krajów europejskich. Przykłady Niemiec i Austrii, a także krajów skandynawskich, dowodzą, że wprowadzone regulacje podnoszą konkurencyjność gospodarki, ponieważ wymuszają konieczność wprowadzania innowacyjnych rozwiązań technologach w firmach. Co więcej wprowadzenie instrumentów pomiarowych w zakresie oceny jakości powietrza pod kątem odorów wzbogaci rynek pracy. Wynika to z pojawienia się zapotrzebowania na laboratoria pomiarowe, ale także ekspertów i doradców w zakresie oceny uciążliwości zapachowej zakładów oraz wdrażania technologii minimalizujących ich wpływ na powietrze atmosferyczne.

Ponadto, zwiększy się bezpośredni komfort życia ludzi zamieszkujących obszary zlokalizowane bezpośrednio przy instalacjach emitujących związki złowonne, a także nastąpi bezpośredni wzrost cen gruntów zlokalizowanych przy instalacjach, nie uwzględniając przy tym najważniejszych, niewymiernych efektów ekologicznych.

3. WYKAZ LITERATURY

1. Adamczyk I. i in., *Infrastruktura Komunalna w 2014 r.*, Informacje i opracowania statystyczne, GUS, Warszawa 2015.
2. Ahrnberg K.M.: VDI-Berichte 416 (1982), 79-82.
3. *ammonia emissions from pig and cattle manure stores*. In: Venglovsky, J., Greserova, G. (Eds.), Proceedings of the 10th International Conference of the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural Municipal and Industrial Residues in Agriculture RAMIRAN 2002. Kosice, Slovak Republic, pp. 219–222
4. Augustyńska D., Pośniak M. (red.). *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy*. CIOP-PIB, Warszawa 2003
5. Barylko-Pikielna N., *Zarys analizy sensorycznej żywności*. Wyd. 1. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1975.
6. Barylko-Pikielna N., *Zarys analizy sensorycznej żywności*. Wyd. 1. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1975.
7. BAT w przemyśle celulozowo-papierniczym
8. Behera, S. N., Sharma, M., Aneja, V. P., & Balasubramanian, R. (2013). *Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies*. Environmental Science and Pollution Research, 20(11), 8092-8131.
9. Bernert J.: *Wasser, Luft und Betrieb*, 20 (1976), Nr 2, 75-78.
10. Bień J.B. *Osady ściekowe. Teoria i praktyka*. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.
11. Bochenek D. i in., *Ochrona Środowiska*, Informacje i opracowania statystyczne, GUS, Warszawa 2015.
12. Brudniak A., Dębowski M, Zieliński M, Brudniak A., Niedźwiedzka K., *Identyfikacja i analiza przyczyn uciążliwości odorowej obiektów gospodarki ściekowej (ogs) miasta Olsztyna*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014
13. Budysz A., *Nadzór nad funkcjonowaniem ferm zwierząt futerkowych w Polsce*, Zeszyt Studencki Kół Naukowych Wydziału Prawa i Administracji UAM, 2016, nr 6.
14. Burnett J. *Nutrient removal practices in the dairy industry*. Bulletin of IDF, 366, 2001.
15. Chadwick D R;Matthews R;Nicholson R J;Chambers B J; Boyles L O (2002). *Management practices to reduce*

16. Chambers B J (2001). *Management techniques to minimize ammonia emissions during storage and land spreading of poultry manures*. Final Report to Department for Environment Food and Rural Affairs, Project WA0712, UK.
17. Chapin A., Boulind Ch., Moore A.: Controlling odor and gaseous emission problems from industrial swine facilities. Handbook. Yale Environmental Protection Clinic (1998).
18. Chen Y., Bundy D.S., Hoff S.J.: Using olfactometry to measure intensity and threshold dilution ratio for evaluating swine odor. J. Air Waste Manag. Assoc. 49 (7) (1999), 847-853.
19. Ciupryk M., Gaj K., *Ekologiczne przesłanki utylizacji biogazu składowiskowego*, Energetyka i Ekologia, nr 2, 123-126, 2004.
20. Cuske M., Karczewska A., Gałka B., Dradrach B. (2016) *Some adverse effects of soil amendment with organic materials—The case of soils polluted by copper industry phytostabilized with red fescue*. International Journal of Phytoremediation 18(8) 839-846.
21. Den Boer E., *Podstawy technologiczne gospodarki odpadami komunalnymi. Cz. I*, Przegląd komunalny, nr 9, 2016.
22. Derikx, P. J. L., Op Den Camp, H. J. M., Van Der Drift, C., Van Griensven, L. J. L. D., and Vogels, G. D. 1990. *Odorous sulfur compounds emitted during production of compost used as a substrate in mushroom cultivation*. Appl. Environ. Microbiol. 56, 176–180.
23. Dincer F. Muezzinoglu A., *Odor-causing volatile organic compounds in wastewater treatment plant units and sludge management areas*, Journal of Environmental Science and Health, 2008.
24. Dinger F., *Characteristics and chemistry of odors from selected industrial facilities in Izmir*, 2007.
25. Dincer F., Odabasi M., Muezzinoglu A., *Chemical characterization of odorous gases at a landfill site by gas chromatography–mass spectrometry*, Journal of chromatography A, 1122(1), 222-229, 2006.
26. DİNÇER, F., *Characteristic and chemistry of odors from selected industrial facilities in Izmir*, 2007.
27. Dokument referencyjny nt. najlepszych dostępnych technik: Przemysł Przetwarzania Odpadów, 2006.
28. Dulewska-Rosik Cz., *Podstawy gospodarki odpadami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.

29. Dymaczewski Z. *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, Praca zbiorowa pod redakcją Zbysława Dymaczewskiego, Wydawnictwo PZIITSOW, Poznań 2011
30. EPA AP-42, Chapter 9.13, 9/95 and chapter 6.2-1 2/72
31. Fang J. J., Yang N., Cen D. Y., Shao L. M., He P. J., *Odor compounds from different sources of landfill: Characterization and source identification*, Waste Management, 7(32), 1401-1410, 2012.
32. Gąsior D., Ślęzak E., Szewczyk A., *Wpływ stopnia stabilizacji zmieszanych odpadów komunalnych na wybrane parametry fizykochemiczne*, Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, nr 16, rok VII, Warszawa-Opole 2014.
33. Henkin R.I., Levy L.M.. Lateralization of brain activation to imagination and smell of odors using functional magnetic resonance imaging (fMRI): left hemispheric localization of pleasant and right hemispheric localization of unpleasant odors. „J Comput Assist Tomogr.”, s. 493-514, 2001 Jul-Aug (ang.).
34. Higuete I., Vigneron S. *Deodorization experience using a neutralising compound*. Eurodeur'97, Certech, Universite Catholique de Louvain 1997
35. <http://www.edie.net/9423/pr/Coffee-roasting---Air-purification-without-the-smell/21034>
36. Hudon G., Guy C., Hermia J.: Measurement of odor intensity by an electronic nose. J. Air Waste Manag. Assoc. 50 (10) (2000), 1750-1758.
37. *Hydrogen sulphide at the work site*. Workplace health and safety bulletin, Government of Alberta, August 2010
38. Jay K., Stieglitz L., *Identification and quantification of volatile organic components in emissions of waste incineration plants*, Chemosphere, 30(7), 1249-1260, 1995.
39. Jeżewska-Witkowska G., Kujawski H., Kasperek K., Horecka B., Zoń A., Piórkowska M., *Inwentaryzacja wielkości populacji nerek, lisów pospolitych, lisów polarnych, jenotów i tchórzy utrzymywanych na polskich fermach*, *Wiadomości Zootechniczne*, R. LII (2014), 1: 3–10.
40. Kaczmarek T., *Składowanie odpadów*, Przegląd Komunalny, nr 9, 2016.
41. Kapusta K., *Ochrona zapachowej jakości powietrza. Doświadczenia światowe w świetle potrzeby unormowań prawnych w Polsce*, Prace Naukowe GIG, *Górnictwo i Środowisko*, Katowice 2007.
42. Kardasz P., Doskocz J., *Innowacje w Polskiej Nauce – przegląd aktualnej tematyki badawczej*, Wydawnictwo Naukowe Sophia, Katowice 2016.
43. Kodeks przeciwdziałania uciążliwości zapachowej, projekt, Departament Ochrony Powietrza i Klimatu, Warszawa 2016

44. Kompleksowa modernizacja oczyszczalni ścieków w Opolu – Wytyczne do PFU
45. Kośmider J. i inni: *Odory*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2002
46. Kośmider J. Uciążliwość zapachowa. Metodyka ocen hedonicznej jakości zapachu i częstości jego występowania w środowisku. „Archiwum Ochrony Środowiska” 1997.
47. Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszyński B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
48. Krajewska B., Kośmider J., *Standardy zapachowej jakości powietrza*. Ochrona powietrza i problemy odpadów, 6(39), 2005.
49. Kujawski H. i in., Raport o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia pod nazwą: „Budowa fermy nerek na terenie działek rolnych o numerach 98, 99 i 100 w obrębie Jędrzejewo, gmina Lubasz.
50. Kulig A., *Źródła i oddziaływanie odorantów emitowanych z obiektów gospodarki ściekowej*, Przegląd komunalny, 2005, Vol. 11, No. 34, 99-103
51. Kwarcia-Kozłowska A., Bańka, B., *Biofiltracja jako metoda unieszkodliwiania odorów powstających podczas kompostowania frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych i przemysłowych*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t. 17, nr 4, 2014.
52. Lasa J., Browarska-Walczewska A.: Zmysł węchu, kryminalistyka, metody analityczne. Raport Nr 2/POP, Inst. Fiz. Jądr., Kraków (2003), 1-29.
53. Le Cloirec P., Humeau P., Ramirez-Lopez E.M.: Biotreatments of odours: control and performances of a biofilter and a bioscrubber. *Water Sci. Technol.* 44 (9) (2001), 219-226.
54. Lelicińska-Serafin K., Kulig A., *Uciążliwość zapachowa zakładów gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce-część 1. Badania pilotażowe*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, (11), 512-514, 2012.
55. Lelicińska-Serafin K., Manczarski P., *Procesy mechanicznego przetwarzania odpadów*, Przegląd Komunalny, nr 1, 2016.
56. lenntech.fr/table.htm - *Substances Odorantes et seuil de detection*, dostęp: 09.2016
57. Lipińska D., *Gospodarka odpadowa i wodno-ściekowa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2016.
58. M. Zamelczyk-Pajewska. *Związki węgla w gazach odlotowych z wytwórni kwasu fosforowego. Ochrona powietrza*, s. 10-13, 2000
59. Mackie R.I., Stroot P.G., Varel V.H.: Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. *J. Anim. Sci.* 76 (1998), 1331-1342.
60. Makles Z., Domański W. *Odory w środowisku pracy rolnika i hodowcy*. Bezpieczeństwo Pracy 2/2008 str. 10 - 13

61. Makles Z., Domański W., Zagrożenia chemiczne i biologiczne – sortowanie odpadów komunalnych (1), Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy, Bezpieczeństwo Pracy, nr 03/2010
62. Makles Z., Galwas-Zakrzewska M. *Złowne gazy w środowisku pracy*. Bezpieczeństwo Pracy 9(408)2005 str. 12-16
63. Małycka P., *Analiza ilościowa strumieni odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce oraz prawne i rynkowe możliwości ich utylizacji w spalarniach – perspektywa 2020*, Rynek Energii czerwiec 2016.
64. Materiały wykładowe Zakładu Biotechnologii Medycznej, Wydziału Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii Uniwersytetu Jagiellońskiego
65. Mazur M., Oleniuch R., Januszek R., *Spalarnia odpadów Lobbe w Dąbrowie Górniczej*, Aura, (4), 1997.
66. McKendry, P., Looney, J. H., & McKenzie, A. (2002). Managing odour risk at landfill sites: main report. *Millennium Science & Engineering Ltd and Viridis, United Kingdom*. Mitiani, Y., Shoji, Y., Kuriyama, K., (2008), 'Estimating Economic Values of Vegetation Restoration with Choice Experiments: A Case Study of An Endangered Species in Lake Kasumigaura, Japan', *Landscape Ecol Eng*, 4, 103-113.
67. Miśkiewicz-Pęska E., Szyłak-Szydłowski M., Air pollution in landfill of wastes other than hazardous or inert/Zanieczyszczenia powietrza na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, *Archives of Environmental Protection*, 41(2), 41-46, 2015.
68. Moretti E.C.: Reduce VOC and HAP emissions. VOC Control CEP, June (2002), 30-40.
69. Najlepsze dostępne techniki (BAT) - *Wytyczne dla przemysłu piwowarskiego*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, kwiecień 2005.
70. Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) *Wytyczne dla branży mleczarskiej*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 200.
71. Nicholson, F. A., Chambers, B. J., & Walker, A. W. (2004). *Ammonia emissions from broiler litter and laying hen manure management systems*. *Biosystems Engineering*, 89(2), 175-185.
72. NIK, Informacja o wynikach kontroli, Nadzór nad funkcjonowaniem ferm zwierząt, KRR-4101-01-00/2014, Nr ewid. 181/2014/P/14/050/KRR , 12.11.2014.
73. Noble, R., Hobbs, P. J., Mead, A., & Dobrovin-Pennington, A. (2002). *Influence of straw types and nitrogen sources on mushroom composting emissions and compost productivity*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 29(3), 99-110.

74. Nolepa A., *Teoretyczne podstawy mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów*, Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, nr 18, rok VII, Warszawa-Opole 2014.
75. Normenausschuss KRdL Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. Olfaktometrie - Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung; Olfactometry - Determination of hedonic odour tone. „VDI-Richtlinie”. VDI 3882 Blatt 2.
76. Nowakowski S., *Monitoring na składowisku odpadów; emisja odorów i gazów toksycznych. Cz. II.*, Przegląd komunalny, nr 6, 2003.
77. Odours emissions and immissions management policy in Turkey, LIFE00 TCY/TR/009/www.ec.europa.eu/.
78. Oleniacz R., *Wpływ instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych na jakość powietrza*, Nowa Energia, (2-3 (44-45)), 49-57, 2015.
79. Oleszkiewicz J. *Gospodarka osadami ściekowymi. Poradnik decydenta*. Kraków 1998.
80. Partee F., *Air Pollution in the Coffee Roasting Industry*. U.S. Department of Health, Education and Welfare. Ohio 1964.
81. PN-EN 13725 Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej, 2007
82. Poradnik Inżyniera - Odlewnictwo, praca zbiorowa. WNT, Warszawa 1986
83. Praca zbiorowa *Charakterystyka technologiczna ropy i gazu w Unii Europejskiej*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, wrzesień 2003.
84. Praca zbiorowa: *Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), Wytyczne dla Branży Chemicznej w Polsce*. Wielkotonażowe Chemikalia Organiczne. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, czerwiec 2005.
85. Reszel R., Klikocka H. *Wykorzystanie ziemi z osadników cukrowni do użytkowania gleb*. Instrukcja wdrożeniowa nr 4, Wydawnictwo Akademii Rolniczej Lublin 1996,
86. Richter C.J. i inni: *Forschungsbericht FZKA-BWPLUS*, 2002.
87. Rozporządzenie Ministra Środowiska, DzU nr 1, poz. 12, 2002.
88. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. 2016 poz. 71)
89. Rutkowski J. D. *Dezodoryzacja gazów odlotowych*. Monografia. IIOŚ Politechnika Wrocławska, Wrocław 1975
90. Rutkowski J.D. i inni: *Substancje odorotwórcze w środowisku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa 1995.

91. Sarbak Z., Bezpieczeństwo odorowe środowiska, Edukacja dla bezpieczeństwa, Przegląd naukowo-metodyczny, Rok VII, Numer 4/2014 (25), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2014
92. Scire J., 2000, A User's Guide for the CALMET Meteorological Model (Version 5). Concord : Earth Tec. Inc.
93. Smet, E., Lens, P., & Langenhove, H. V. (1998). *Treatment of waste gases contaminated with odorous sulfur compounds*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 28(1), 89-117.
94. Sobczyński P., Sówka I., Nych A., *Emisja siarkowodoru jako wskaźnik uciążliwości zapachowej oczyszczalni ścieków*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014
95. Sobczyński P., Sówka I., Bezyk Y.* *Charakterystyka zmienności emisji odorów z osadników wstępnych i jej wpływ na zasięg oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków komunalnych*, Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2015
96. Sówka I., *Metody identyfikacji odorotwórczych gazów emitowanych z obiektów przemysłowych*. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej · Wrocław 2011
97. Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.
98. Sówka I., Zwoździak P., Zwoździak A., Zwoździak J., *Problemy uciążliwości zapachowej wybranych obiektów gospodarki komunalnej*, Ekotoksykologia w Ochronie Środowiska, 2008.
99. Sporenberg F., Suder S.: I Symposium *Odours - Control, Measurement, Regulation*. Świnoujście 1993, 259-278.
100. Stuetz R.M., Nicolas J.: Sensor arrays: an inspired idea or an objective measurement of environmental odours? Water Sci. Technol. 44 (9) (2001), 53-58.
101. Szałata Ł., Model dialogu proekologicznego na rzecz zrównoważonego rozwoju Dolnego Śląska. Legnica 2015.
102. Szklarczyk M., Zwoździak J., Sówka I., Przemysłowe źródła emisji zapachów, [w:] Współczesna problematyka odorów, M.I. Szyrkowska, J. Zwoździak (red.), WNT, Warszawa, 2010, 54-84.
103. Szyrkowska M. I., Wojciechowska E., Węglińska A., Paryjczak T. *Odory. Aktualny problem w ochronie środowiska*. Przemysł Chemiczny 88/6 (2009) str. 712-720

104. Szynkowska M. I., Zwoździak J. *Współczesna problematyka odorów*. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne Warszawa 2010
105. Technische Grundlagen für die Beurteilung von Einwirkungen die beim Betrieb von Koch-, Selch-, Brat- und Backanlagen auftreten können und Abhilfemaßnahmen. Österreichische Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, 2004.
106. Trojan i inni: *Sposób fermentowania tytoniu w komorach zamkniętych*. Opis patentowy nr 23171 Kl 79c.1, 5 maja 1936.
107. Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.).
108. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 2016 r., poz. 353)
109. van Breemen N; van Dijk H F G (1988). *Ecosystem effects of atmospheric deposition of nitrogen in the Netherlands*. Environmental Pollution, 54, 249–274
110. van der Eerden L J M (1982). *Toxicity of ammonia to plants*. Agriculture and Environment, 7, 223–235
111. VDI 3940 B.1, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006
112. VDI 3940 B.2, Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006.
113. VDI 3940, Determination of odorants in ambient air by field inspections. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 1993
114. VDI-Richtlinien 2592, Emissionsminderung - Anlagen zur Gewinnung pflanzlichen Öle und Fette. Blatt 1, 2000.
115. VDI-Richtlinien 3477.
116. Wieczorek A., *Wpływ emisji lotnych związków organicznych na zapach gazów odlotowych z kompostowni odpadów*, Ochrona Środowiska, 1 (68), 1998.
117. Wielgosiński G., Namiecińska O., *Spalarnie odpadów komunalnych-perspektywa roku 2020*, Nowa Energia 2/2016.
118. Woźniak L., *Regulacje prawne dotyczące przeciwdziałania uciążliwościom zapachowym (odorum) w wybranych krajach Unii Europejskiej wraz z komentarzem na temat konsekwencji społecznych i ekonomicznych (gospodarczych) ich wprowadzenia*, Biuro analiz i dokumentacji Zespół Analiz i Opracowań Tematycznych, Kancelaria Senatu, Listopad 2014.

119. www.wioś.pl z dnia 04.10.2016
120. Zgórska K. *Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa na cele spożywcze*. Ziemniaki - nowe wyzwania. Biznes Press Sp. z o.o., 2003
121. Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń (IPPC). Dokument Referencyjny dla najlepszych dostępnych technik dla spalania odpadów, Komisja Europejska, sierpień 2006.
122. Zou S. C., Lee S. C., Chan C. Y., Ho K. F., Wang X. M., Chan L. Y., Zhang Z. X., *Characterization of ambient volatile organic compounds at a landfill site in Guangzhou, South China*, Chemosphere, 51(9), 1015-1022, 2003.
123. Żwawa A., Noszczyk M., Huma M. *Przemysł drzewno-papierniczy* 30.12.2011, artykuł naukowy pobrany ze strony ekonsument.pl dnia 04.10.2016.

4. SPIS TABEL

Tabela 1	Lista działalności objętych regulacjami prawnymi w zakresie uciążliwości zapachowej	11
Tabela 2	Stężenie zapachowe w danej strefie oczyszczalni	32
Tabela 3	Wyniki oceny uciążliwości zapachowej przykładowego obiektu OŚ	33
Tabela 4	Progi wyczuwalności węchowej wybranych substancji złowonnych powstających w zakładach segregacji odpadów	57
Tabela 5	Bilans ładunków zanieczyszczeń w ściekach dopływających do Oczyszczalni Ścieków w przykładowej OŚ	76
Tabela 6	Emisja odorów z osadników wstępnych	76
Tabela 7	Stężenie zanieczyszczeń nad powierzchnią ścieków komunalnych	77
Tabela 8	Lista związków zapachowo czynnych potencjalnie uciążliwa zapachowo zidentyfikowana podczas przetwarzania odpadów w instalacjach MBP	78
Tabela 9	Substancje zapachowe identyfikowane w poszczególnych fazach kompostowania – opracowanie własne na podstawie	82
Tabela 10	Wykaz substancji zidentyfikowanych w gazach odlotowych pochodzących z biologicznego przetwarzania odpadów	83
Tabela 11	Średnie stężenia emisyjne i sumaryczna emisja związków chemicznych w procesie kompostowania	86
Tabela 12	Lista związków chemicznych określonych w gazach odlotowych z zakładów w Dusslingen	87
Tabela 13	Progi węchowej wyczuwalności produktów mikrobiologicznej degradacji biomasy	89
Tabela 14	Progi zapachu głównych odorantów składowiskowych	90
Tabela 15	Progi wyczuwalności węchowej wybranych składników śladowych gazu składowiskowego	91
Tabela 16	Związki odorowe występujące w biogazie i granice wyczuwalności ich woni przez człowieka	92
Tabela 17	Stężenie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) związków zapachowych z instalacji termicznego przekształcania odpadów (n.q. - brak pomiaru (ang. not quantified))	93
Tabela 18	Wyniki pomiarów stężeń odorowych gazów w różnych fazach pracy destruktora	97
Tabela 19	Literaturowe dane na temat emisji z różnego rodzaju obiektów (produkcja mączki mięsno-kostnej)	98
Tabela 20	Przykładowe wartości stężeń zanieczyszczeń w gazach emitowanych przy przemysłowym przetwórstwie ryb.	99
Tabela 21	Dane dotyczące pomiarów stężeń odorów w zakresie gorzelnictwa	101
Tabela 22	Wielkość emisji głównych grup odorantów z utrzymania tuczników [kg/szt./rok]	102
Tabela 23	Wielkość emisji głównych grup odorantów z utrzymania krów w trakcie laktacji [kg/szt./rok]	103
Tabela 24	Wyniki badań poziomów emisji odoru z gnojowicy świńskiej	104
Tabela 25	Wskazania poziomów emisji z budynków drobiarskich (kg/szt./rok)	104
Tabela 26	Zakres emisji z systemów utrzymania świń (kg/miejsce/rok)	104
Tabela 27	Emisje NH_3 dla różnych technik przechowywania odchodów	105
Tabela 28	Stężenie (emisja) wybranych odorantów w m^3 powietrza pobranego z procesu kompostowania	107
Tabela 29	Stężenia zanieczyszczeń organicznych w gazach emitowanych z wytwórni płyt	110
Tabela 30	Stężenia zanieczyszczeń organicznych w gazach emitowanych z odlewni	110

Tabela 31 Przykłady stężenia zapachowego gazów odlotowych pochodzących z sektora chemicznego	111
Tabela 32 Zawartość lotnych substancji złowonnych w mg/m ³ charakterystycznych dla przemysłu papierniczego i wiskozowego.	112
Tabela 33 Lista substancji i związków organicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo	119
Tabela 34 Lista substancji i związków nieorganicznych potencjalnie uciążliwych zapachowo	127
Tabela 35 Wybrane substancje złowonne i ich progi wyczuwalności węchowej (alfabetycznie)	130
Tabela 36 Rodzaje działalności, które prowadzą do uwalniania substancji złowonnych.....	137
Tabela 37 Proponowane standardy jakości powietrza pod kątem stężenia substancji złowonnych w powietrzu wraz z jednostkami odorowymi	148
Tabela 38 Minimalne długości odcinka pomiarowego przy niespełnieniu wymagań ogólnych	172
Tabela 39 Najmniejsza liczba punktów pobierania próbki dla przewodów kołowych	172
Tabela 40 Najmniejsza liczba punktów pobierania próbki dla przewodów prostokątnych	173
Tabela 41 Wyrażone w % wartości K _i w metodzie podstawowej dla przewodów kołowych.....	174
Tabela 42 Wyrażone w % wartości K _i w metodzie alternatywnej dla przewodów kołowych	176
Tabela 43 Lista substancji i związków chemicznych które są przyczyną uciążliwości zapachowej – technika pomiarowa	189
Tabela 44 WIOŚ i jego delegatury w Polsce.....	196
Tabela 45 Szacunkowe kwoty wdrożenia uregulowań prawnych	199