



Analiza poprawności prowadzenia procesów w instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych

Ekspertyza na zlecenie:

**Miasto Racibórz
ul. Króla Stefana Batorego 6
47-400 Racibórz
NIP 639-100-21-75
REGON 276258397**

Kierownik zlecenia:
dr. inż. Jakub Pulka

Autorzy raportu:
dr. inż. Jakub Pulka, dr inż. Kamil Kozłowski

Poznań, dnia 28 lutego 2025 r.

[Signature]
[Signature]

Spis treści

1. Przedmiot i zakres opracowania	3
1.1. Zamawiający	3
1.2. Wykonawca	3
1.3. Podstawa opracowania	3
1.4. Przedmiot i zakres opracowania	3
1.5. Dokumenty poddane weryfikacji	4
2. Wstęp	7
3. Opis inwestycji.....	8
3.1. Lokalizacja.....	8
3.2. Ogólny opis technologii.....	11
3.3. Decyzje formalno-prawne dotyczące instalacji.....	12
3.4. Sprawozdanie z wizji lokalnej	13
4. Biologiczna stabilizacja w instalacji MBP.....	15
4.1. Infrastruktura do stabilizacji tlenowej	15
4.2. Wyniki badań laboratoryjnych	16
4.3. Wnioski dotyczące biologicznego przetwarzania.....	21
5. Oczyszczanie gazów poprocesowych w instalacji MBP.....	24
5.1. Przedstawienie technologii	24
5.2. Opis systemu wentylacji i oczyszczania gazów poprocesowych.....	28
5.3. Biofiltr - obliczenia systemu oczyszczania powietrza.....	33
5.4. Wnioski dot. oczyszczania powietrza	35
6. Podsumowanie	36
7. Rekomendacje.....	37
Spis rysunków i tabel.....	38

1. Przedmiot i zakres opracowania

1.1. Zamawiający

Miasto Racibórz z siedzibą w Raciborzu przy ul. Króla Stefana Batorego 6, NIP 639-100-21-75,
REGON: 276258397

1.2. Wykonawca

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, NIP: 777-00-04-960,
REGON: 000001844

Autorzy opracowania:

dr. inż. Jakub Pulka

dr. inż. Kamil Kozłowski

1.3. Podstawa opracowania

Podstawą niniejszego opracowania jest umowa zawarta w dniu 29.11.2024 pomiędzy Miastem Racibórz a Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu na ekspertyzę dotyczącą poprawności prowadzenia procesów w instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych przez Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych EMPOL Sp. z o.o. w oparciu o obowiązujące przepisy prawa, a także w oparciu o umowę nr 77/2014 o partnerstwie publiczno-prywatnym zawartej w dniu 30 października 2014 r. pomiędzy Miastem Racibórz a Przedsiębiorstwem Usług Komunalnych EMPOL Sp. z o.o.

1.4. Przedmiot i zakres opracowania

Wstęp na teren, wizje w terenie i kontrola instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych.

Audyt rozwiązań techniczno-technologicznych i prowadzonych procesów przetwarzania odpadów w instalacji obejmujący:

- 1) analizę parametrów procesowych instalacji komunalnych,
- 2) analizę bilansu masowego i ciągu technologicznego instalacji komunalnej,
- 3) ocenę dokumentacji technologicznej i założeń technologicznych.

Ocenę i identyfikację przyczyn uciążliwości odorowych z instalacji.

Wnioski i rekomendacje wykonanej ekspertyzy dotyczące dalszych modyfikacji procesowych i modernizacji inwestycyjnych, które pozwolą na ograniczenie uciążliwości odorowych.

1.5. Dokumenty poddane weryfikacji

1. Decyzja Prezydenta Miasta Racibórz o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego z dn. 04.02.2015 r. (IU.6733.1.7.2014)
 2. Decyzja Prezydenta Miasta Racibórz nr 109/2014 o środowiskowych uwarunkowaniach z dn. 27.05.2014 r. (OS.6220.16.2013)
 3. Decyzja Prezydenta Miasta Racibórz nr 290/2014 o zmianie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach nr 109/2014 z dn. 15.12.2014 r. (OS.6220.16.2013)
 4. Decyzja Prezydenta Miasta Racibórz nr 1/2015 z dn. 02.01.2015 r. (znak. OS.6220.16.2013) o przeniesieniu decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach
 5. Decyzja Prezydenta Miasta Racibórz nr 186/2022 o środowiskowych uwarunkowaniach z dn. 28.10.2022 r. (znak. OS.6220.19.2021)
 6. Decyzja Starosty Raciborskiego nr 74.1.2015 r. z dn. 17.03.2015 r. zatwierdzającą projekt budowlany i udzielającą pozwolenie na budowę
 7. Decyzja Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego w Raciborzu nt. U-9/16 z dn. 16.02.2016 r. (znak: PINB.7411.4.3.16)
 8. Decyzja Marszałka Województwa Śląskiego nr. 583/OS/2016 z dnia 31.03.2016 r. (nr. sprawy OS.PZ.7222.00140.2015) udzielająca pozwolenia zintegrowanego z późniejszymi zmianami wprowadzone:
 - a. decyzja nr 3344/OS/2021 z dn. 29.09.2021 r. (nr. sprawy OS-PZ.7222.165.2019),
 - b. decyzja nr. 4372/OE/2022 z dn. 23.12.2022 r. (nr. sprawy OE-PZ.7222.70.2022)
 - c. decyzja nr 1339/OE/2023 z dn. 11.04.2023 r. (nr. sprawy OE-PZ.7222.174.2023)
 - d. decyzja nr 1412/OE/2023 z dn. 11.04.2024 r. (nr. sprawy OE-PZ.7222.18.2022)
 9. Decyzja Prezydenta Miasta Racibórz z dn. 30.07.2024 r. (nr sprawy: IU.6730.12.2023) o ustaleniu warunków zabudowy i zagospodarowaniu terenu
 10. Adnotacja z kontroli dokumentacyjnej NR WIOS-KATOW D301/2019
 11. Adnotacja z kontroli dokumentacyjnej NR WIOS-KATOW D302/2019
 12. Adnotacja z kontroli dokumentacyjnej NR WIOS-KATOW D303/2019
 13. Protokół z kontroli nr WIOS-KATOW nr 463/2020
 14. Protokół z kontroli nr WIOS-KATOW nr 389/2023
 15. Protokół z kontroli nr WIOS-KATOW nr 848/2023
 16. Adnotacja z kontroli dokumentacyjnej NR WIOS-KATOW D342/2024
 17. Adnotacja z kontroli dokumentacyjnej NR WIOS-KATOW D473/2024
-

18. Adnotacja z kontroli dokumentacyjnej NR WIOS-KATOW D701/2024
19. Adnotacja z kontroli dokumentacyjnej NR WIOS-KATOW D704/2024
20. Dokumentacja powykonawcza dla obiektu: "Rozbudowa Zakładu Zagospodarowania Odpadów w Raciborzu"
21. Dokumentacja projektowa – projekt budowlany dla inwestycji pt. „Rozbudowa Zakładu Zagospodarowania Odpadów w Raciborzu, Budowa instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów” – grudzień 2014
22. Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej (znak: A/TNI/13014/2014)
23. Świadectwo legalizacji ponownej wagi automatycznej z dn. 21.11.2023 r.
24. Decyzja Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gliwicach z dn. 14.11.2023 r. o pozwoleniu wodnoprawnym na wprowadzanie ścieków przemysłowych do urządzeń kanalizacyjnych Raciborskiego Centrum Recyklingu R3 Racibórz Sp. z o.o. (znak: GL.RUZ.4210.156.2023.6.EGK)
25. Zgoda Raciborskiego Centrum Recyklingu R3 Racibórz Sp. z o.o. z dn. 12.07.2023 r. na przyjęcie ścieków
26. Decyzja Marszałka Województwa Śląskiego nr 331/OS/2016 z dn. 23.02.2016 r. udzielająca pozwolenia wodnoprawnego na wprowadzenie wód opadowych i roztopowych (znak: OS.WS.7322.180.2015)
27. Decyzja Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej Wód Polskich w Gliwicach z dn. 28.06.2023 r. (znak. GL.RUZ.4220.9.2023.9.PM/TS) o zmianie decyzji nr 331/OS/2016 r. Marszałka Województwa Śląskiego z dn. 23.02.2016 r
28. Operat ppoż. z października 2019 r. opracowany w trybie art. 42 ust. 4b pkt 1 lit.a ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
29. Postanowienie Komendanta Państwowej Straży Pożarnej w Raciborzu z dn. 18.11.2019 r. znak: PZ.5585.62.2019 dot. wydania zgody na zastosowanie rozwiązań dot. warunków ochrony ppoż. zawartych w operacie.
30. Opinia z dn. 18.02.2023 r. z zakresu ochrony przeciwpożarowej dot. operatu ppoż.
31. Postanowienie Komendanta Państwowej Straży Pożarnej w Raciborzu z dn. 30.03.2023 r. (znak: PZ.52805.7.2023) opiniujące pozytywnie spełnienie wymagań określonych w przepisach dotyczących ochrony ppoż. oraz zgodności z warunkami ochrony ppoż. zawartymi w operacie przeciwpożarowym.
32. Sprawozdanie dla miejsc korzystania ze środowiska: "ZZO Racibórz" o numerze 109220 stanowiące część raportu dla podmiotu "Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych "Empol" Sp. z o.o." z dn. 26.02.2024 r. za rok 2023.
33. Sprawozdanie o wytwarzanych odpadach i o gospodarowaniu odpadami za rok 2021

34. Sprawozdanie o wytwarzanych odpadach i o gospodarowaniu odpadami za rok 2022
35. Sprawozdanie o wytwarzanych odpadach i o gospodarowaniu odpadami za rok 2023
36. Sprawozdanie nr 720/SE/24 z dn. 13 września 2024 r. z pomiarów zanieczyszczeń emitowanych do powietrza z instalacji
37. Sprawozdanie nr 195/HP/24 z dn. 6 marca 2024 z pomiarów hałasu emitowanego do środowiska przez instalacje i urządzenia.

2. Wstęp

Niniejsza ekspertyza dotyczy analizy poprawności prowadzenia procesów w instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych przez Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych EMPOL Sp. z o.o. Jej celem jest ocena zgodności funkcjonowania zakładu z obowiązującymi przepisami, normami technologicznymi oraz najlepszymi dostępnymi technikami (BAT), a także wskazanie możliwych kierunków rozwoju, które pozwolą na minimalizację jego oddziaływania na środowisko.

Ekspertyza obejmuje szczegółowy opis instalacji MBP, uwzględniający charakterystykę instalacji, jej zdolności przerobowe oraz stosowane technologie. Następnie dokonano analizy części biologicznej, koncentrując się na procesach tlenowego i beztlenowego przetwarzania odpadów, ich efektywności oraz wpływie parametrów operacyjnych na jakość uzyskiwanego produktu. Istotnym elementem opracowania jest również ocena systemu oczyszczania gazów z hal oraz powietrza procesowego, w tym skuteczności wentylacji, systemów filtracyjnych oraz poziomu emisji odorów i innych zanieczyszczeń, a także zgodności tych parametrów z obowiązującymi normami.

W podsumowaniu ekspertyzy zawarto rekomendacje dotyczące poprawy działania zakładu oraz ocenę potencjalnych kierunków jego rozbudowy. Szczególną uwagę poświęcono rozwiązaniom mającym na celu ograniczenie uciążliwości środowiskowych, zwłaszcza redukcję emisji odorów i innych czynników mogących negatywnie wpływać na otoczenie. Opracowanie bazuje na dostępnej dokumentacji technicznej, wynikach pomiarów oraz analizie aktualnych regulacji prawnych, a jego wnioski mają na celu wspieranie efektywnego i zgodnego z przepisami funkcjonowania zakładu oraz wskazanie możliwych działań optymalizacyjnych.

3. Opis inwestycji

3.1. Lokalizacja

Instalacja do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych, która jest przedmiotem niniejszego opracowania, zlokalizowana jest w miejscowości Racibórz, przy ul. Rybnickiej 125 (działka nr: 927/673, obręb BRZEZIE, gmina Racibórz, powiat raciborski, województwo śląskie). Instalacja należy do Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych EMPOL Sp. z o.o. Inwestycja zrealizowana została w odległości powyżej 100 m od zabudowań mieszkalnych.



Rysunek 1. Teren przedsięwzięcia (geoportal.gov.pl)

Procesy realizowane w obiekcie obejmują mechaniczne sortowanie odpadów, biologiczne przetwarzanie frakcji organicznej oraz stabilizację pozostałości. Mechaniczna część instalacji jest odpowiedzialna za separację surowców wtórnych, takich jak metale, tworzywa sztuczne i papier, które mogą zostać poddane dalszemu recyklingowi. Biologiczna część procesu pozwala na rozkład materii organicznej w warunkach tlenowych, co z założenia powinno przyczyniać się do ograniczenia emisji szkodliwych gazów.

W ramach budowy zakładu w 2014 r. powstała:

- sortownia odpadów (wykonana w hali technologicznej, w której umieszczona została linia technologiczna do przetwarzania odpadów komunalnych, zmieszanych oraz odpadów surowcowych poprzez ich mechaniczną segregację i doczyszczanie),
- zamknięte reaktory do stabilizacji tlenowej frakcji o wielkości co najmniej 0-80 mm ulegającej biodegradacji wydzielonej ze zmieszanych odpadów komunalnych wraz z systemem ujęcia i oczyszczania powietrza procesowego poprzez biofiltrację,
- plac dojrzewania odpadów wraz z wydzielonym miejscem do magazynowania gotowego kompostu,
- wiaty do magazynowania i demontażu odpadów wielkogabarytowych,
- zadaszonych boksów do magazynowania - segregowania szkła, odpadów niebezpiecznych, AGD/RTV, metali żelaznych, metali nieżelaznych, zbelowanych surowców wtórnych odpadów surowcowych zebranych selektywnie,
- placów i dróg technologicznych wraz z chodnikami,
- zaplecza socjalnego,
- miejsc postojowych,
- budynku administracyjnego,
- wagi,
- skarpy,
- zieleni izolacyjnej i ozdobnej,
- sieci uzbrojenia terenu wraz ze zbiornikiem na wody opadowe z powierzchni dróg i placów oraz dachów z funkcją zbiornika ppoż.,
- stacji transformatorowej.



Rysunek 2. Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych EMPOL w Raciborzu (<https://pukempol.pl>)

Położenie instalacji przy ul. Rybnickiej 125 pozwala na łatwą integrację z innymi obiektami zajmującymi się gospodarką odpadami w regionie. Bliskość głównych dróg ułatwia transport odpadów, co przekłada się na efektywność operacyjną zakładu.

W poniższej tabeli zebrano najważniejsze informacje nt. terenu inwestycji.

Tabela 1. Informacje ogólne na temat działki analizowanej inwestycji

Identyfikator	241101_1.0001.AR_15.927/673
Numer działki	927/673
Nazwa obrębu	BRZEZIE
Nazwa gminy	Racibórz
Nazwa powiatu	raciborski
Powierzchnia działki	1,7424 ha
Opis użytku	Tereny przemysłowe

Teren inwestycji nie jest objęty Miejscowym Planem Zagospodarowania Przestrzennego.

Zakład przyłączony jest do sieci elektroenergetycznej operatora Tauron Dystrybucja. Moc przyłączeniowa 300 kW zgodnie z warunkami przyłączenia do sieci z dn. 22.01.2015 r. (A/TNI/13014/2014)

Zakład nie jest przyłączony do sieci gazowej i sieci ciepłowniczej

3.2. Ogólny opis technologii

Technologia biologicznego i mechanicznego przetwarzania odpadów opiera się na intensywnym procesie sortowania i kompostowania prowadzonym w specjalnych instalacjach mechaniczno-biologicznych. Proces ten obejmuje kilka kluczowych etapów, zapewniających skuteczną stabilizację i redukcję masy biodegradowalnej frakcji odpadów.

W części mechanicznej instalacji odpady komunalne są kierowane do hali sortowniczej, która podzielona jest na sekcje do segregacji odpadów zmieszanych oraz frakcji do dalszego przetwarzania. Odpady są umieszczane na przenośnikach wznoszących, gdzie odbywa się ich wstępne sortowanie. W tym procesie oddzielane są odpady wielkogabarytowe oraz problemowe, które są kierowane do dedykowanych stref magazynowych.

Po wstępnym sortowaniu odpady przechodzą przez sito bębnowe, które dzieli je na frakcję nadsitową (>80 mm) i podsitową (<80 mm). Frakcja nadsitowa trafia do kabin sortowniczych, gdzie następuje ręczna separacja surowców wtórnych, takich jak plastik czy metal. Frakcja podsitowa, stanowiąca głównie materiał biodegradowalny, kierowana jest do dalszego przetwarzania biologicznego.

Sortowanie wspomagane jest przez nowoczesne urządzenia technologiczne, w tym automatyczne separatory, prasy belujące do plastików oraz optyczne sortery, które precyzyjnie oddzielają tworzywa sztuczne według ich składu chemicznego. Odpady nadające się do odzysku są belowane i kierowane do recyklingu, natomiast pozostałości przeznaczone są na produkcję paliwa alternatywnego lub dalsze procesy przetwarzania biologicznego.

W części biologicznej instalacji odpady biodegradowalne poddawane są intensywnemu kompostowaniu w bioreaktorach. Proces ten trwa 14 dni i polega na napowietrzaniu oraz nawilżaniu wsadu, co pozwala na redukcję masy o około 40% i stabilizację organicznych składników. Napowietrzanie odbywa się w sposób kontrolowany, a powietrze procesowe jest oczyszczane przez biofiltry. Po zakończeniu etapu intensywnego kompostowania odpady dojrzewają na specjalnym placu, gdzie następuje dalsza humifikacja materii organicznej.

System bioreaktorów i sortowni wyposażony jest w nowoczesne układy monitorowania i sterowania, które pozwalają na automatyczne dostosowanie parametrów procesu, takich jak temperatura, wilgotność czy natlenienie. Dzięki temu zapewniona jest optymalna jakość uzyskanego produktu końcowego w postaci stabilizowanego nawozu organicznego oraz odzysk surowców wtórnych, co przyczynia się do zrównoważonego gospodarowania odpadami.

Roczna moc przerobowa części mechanicznej instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów wynosi 47 000 Mg.

Przedstawiony powyżej opis technologiczny zakłada bardzo podstawowy układ do przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych,

3.3. Decyzje formalno-prawne dotyczące instalacji

W 2014 roku instalacja do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów przy ul. Rybnickiej 125 w Raciborzu została zrealizowana w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego między Miastem Racibórz a Przedsiębiorstwem Usług Komunalnych EMPOL Sp. z o.o. 30 października 2013 roku podpisano umowę na zaprojektowanie, budowę, utrzymanie i eksploatację tej instalacji, obowiązującą przez 20 lat. Proces wyboru partnera prywatnego przeprowadzono zgodnie z ustawą o partnerstwie publiczno-prywatnym oraz Prawem Zamówień Publicznych.

Inwestycja powstała i została uruchomiona w oparciu o poniższe dokumenty:

1. Decyzję Prezydenta Miasta Racibórz o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego z dn. 04.02.2015 r. (IU.6733.1.7.2014)
2. Decyzję Prezydenta Miasta Racibórz nr 109/2014 o środowiskowych uwarunkowaniach z dn. 27.05.2014 r. (OS.6220.16.2013)
3. Decyzję Prezydenta Miasta Racibórz nr 290/2014 o zmianie decyzji nr 109/2014 z dn. 15.12.2014 r. (OS.6220.16.2013)
4. Decyzja Prezydenta Miasta Racibórz nr 1/2015 z dn. 02.01.2015 r. (znak. OS.6220.16.2013) o przeniesieniu decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach
5. Decyzję Prezydenta Miasta Racibórz nr 186/2022 o środowiskowych uwarunkowaniach z dn. 28.10.2022 r. (znak. OS.6220.19.2021)
6. Decyzję Starosty Raciborskiego nr 74.1.2015 r. z dn. 17.03.2015 r. zatwierdzającą projekt budowlany i udzielającą pozwolenie na budowę
7. Decyzję Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego w Raciborzu nt. U-9/16 z dn. 16.02.2016 r. (znak: PINB.7411.4.3.16)
8. Decyzję Starosty Raciborskiego nr 74.1.2015 r. z dn. 17.03.2015 r. zatwierdzającą projekt budowlany i udzielającą pozwolenie na budowę
9. Decyzję Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego w Raciborzu nt. U-9/16 z dn. 16.02.2016 r. (znak: PINB.7411.4.3.16)
10. Dokumentacja powykonawcza dla obiektu: "Rozbudowa Zakładu Zagospodarowania Odpadów w Raciborzu"
11. Dokumentacja projektowa - projekt budowlany dla inwestycji pt. „Rozbudowa Zakładu Zagospodarowania Odpadów w Raciborzu, Budowa instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów” - grudzień 2014
12. Warunki przyłączenia do sieci elektroenergetycznej (znak: A/TNI/13014/2014)

Eksploatacja instalacji realizowana jest w oparciu o:

1. Decyzję Marszałka Województwa Śląskiego nr. 583/OS/2016 z dnia 31.03.2016 r. (nr. sprawy OS.PZ.7222.00140.2015) z późniejszymi zmianami wprowadzone:
 - a. decyzją nr 3344/OS/2021 z dn. 29.09.2021 r. (nr. sprawy OS-PZ.7222.165.2019),
 - b. decyzją nr. 4372/OE/2022 z dn. 23.12.2022 r. (nr. sprawy OE-PZ.7222.70.2022)
 - c. decyzją nr 1339/OE/2023 z dn. 11.04.2023 r. (nr. sprawy OE-PZ.7222.174.2023)
 - d. decyzją nr 1412/OE/2023 z dn. 11.04.2024 r. (nr. sprawy OE-PZ.7222.18.2022)
2. Świadectwo legalizacji ponownej wagi automatycznej z dn. 21.11.2023 r.
3. Decyzja Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gliwicach z dn. 14.11.2023 r. o pozwoleniu wodnoprawnym na wprowadzanie ścieków przemysłowych do urządzeń kanalizacyjnych Raciborskiego Centrum Recyklingu R3 Racibórz Sp. z o.o. (znak: GL.RUZ.4210.156.2023.6.EGK)
4. Zgoda Raciborskiego Centrum Recyklingu R3 Racibórz Sp. z o.o. z dn 12.07.2023 r. na przyjęcie ścieków
5. Decyzja Marszałka Województwa Śląskiego nr 331/OS/2016 z dn. 23.02.2016 r. udzielająca pozwolenia wodnoprawnego na wprowadzenie wód opadowych i roztopowych (znak: OS.WS.7322.180.2015)
6. Decyzja Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej Wód Polskich w Gliwicach z dn. 28.06.2023 r. (znak. GL.RUZ.4220.9.2023.9.PM/TS) o zmianie decyzji nr 331/OS/2016 r. Marszałka Województwa Śląskiego z dn. 23.02.2016 r
7. Operat ppoż. z października 2019 r. opracowany w trybie art. 42 ust. 4b pkt 1 lit.a ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
8. Postanowienie Komendanta Państwowej Straży Pożarnej w Raciborzu z dn. 18.11.2019 r. znak: PZ.5585.62.2019 dot. wydania zgody na zastosowanie rozwiązań dot. warunków ochrony ppoż. zawartych w operacie.
9. Opinia z dn. 18.02.2023 r. z zakresu ochrony przeciwpożarowej dot. operatu ppoż.
10. Postanowienie Komendanta Państwowej Straży Pożarnej w Raciborzu z dn. 30.03.2023 r. (znak: PZ.52805.7.2023) opiniujące pozytywnie spełnienie wymagań określonych w przepisach dotyczących ochrony ppoż oraz zgodności z warunkami ochrony ppoż. zawartymi w operacie przeciwpożarowym.

3.4. Sprawozdanie z wizji lokalnej

Dnia 21.01.2025 r. przy udziale pracowników Urzędu Miasta w Raciborzu (Wydział Komunalny) oraz Kierownika zakładu MBP należącego do Empol Sp. z o.o. przeprowadzono wizję lokalną instalacji

mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (MBP) w Raciborzu, zlokalizowanej przy ulicy Rybnickiej 125. Celem wizji była ocena funkcjonowania zakładu pod kątem efektywności gospodarki odpadami, zgodności z przepisami środowiskowymi oraz wpływu na otoczenie oraz weryfikacji założeń wynikających z przekazanej dokumentacji względem stanu rzeczywistego.

Podczas wizji kierownik Zakładu przedstawił funkcjonowanie głównych procesów w zakładzie, w tym:

- Odbiór i wstępne sortowanie odpadów – odpady komunalne trafiające do instalacji są najpierw poddawane wstępnej segregacji w celu oddzielenia materiałów wielkogabarytowych oraz frakcji, które mogą zostać natychmiast poddane recyklingowi.
- Mechanicznym sortowaniem odpadów – obejmuje separację surowców wtórnych, takich jak metale, tworzywa sztuczne i papier, przy użyciu separatorów magnetycznych i balistycznych. W tej fazie wykorzystuje się także sita i separatory optyczne, pozwalające na rozdzielenie odpadów według ich wielkości i składu chemicznego.
- Biologicznym przetwarzaniem frakcji podsitowej – frakcja podsitowa jest kierowana do otwartego boks magazynowego znajdującego się pomiędzy halą sortowni a tunelami kompostowymi/bioreaktorami, gdzie ulegają procesom w warunkach tlenowych. Proces ten pozwala w założeniu na redukcję masy odpadów organicznych oraz produkcję stabilizatu.

Dokumentacja fotograficzna z przeprowadzonej wizji lokalnej stanowi załącznik do niniejszej ekspertyzy.

4. Biologiczna stabilizacja w instalacji MBP

4.1. Infrastruktura do stabilizacji tlenowej

W celu dokonania kompleksowej oceny infrastruktury zaprojektowanej do przeprowadzania procesu stabilizacji tlenowej, przeprowadzono szczegółowe obliczenia dotyczące przepustowości instalacji. Podstawą analizy były informacje dostarczone przez Zamawiającego, które pozwoliły na przeprowadzenie bazowej kalkulacji zdolności operacyjnej systemu. Kluczowym aspektem weryfikacji było określenie roboczej objętości komór fermentacyjnych w odniesieniu do czasu przechowywania przetwarzanego materiału oraz jego charakterystycznych właściwości fizycznych i mechanicznych.

Zgodnie z założeniami projektowymi, maksymalna ilość odpadów możliwych do przyjęcia w instalacji, kierowanych do modułu tlenowej biostabilizacji, została określona na poziomie 24 000 Mg rocznie. W związku z tym przeprowadzono symulację procesu w oparciu o przyjęte parametry techniczne i projektowe. Wymiary komór biostabilizacyjnych określono jako długość roboczą wynoszącą 25 metrów, szerokość 5 metrów oraz wysokość zasypu frakcją podsitową na poziomie 2,7 metra. Dane te bazują na dokumentacji budowlanej oraz decyzjach administracyjnych, które określają dopuszczalne parametry eksploatacyjne systemu.

W procesie obliczeń kluczowym parametrem była również gęstość frakcji podsitowej odpadów, której wartość określono na $0,65 \text{ Mg/m}^3$. Uwzględniono także czas przeznaczony na przeprowadzenie pełnego procesu biostabilizacji, który składa się z kilku etapów: zasadniczej stabilizacji (14 dni), załadunku komory (1 dzień) oraz jej opróżniania (1 dzień). Sumaryczny czas trwania pojedynczego cyklu wynosi zatem 16 dni, co w skali rocznej pozwala na realizację 22 pełnych cykli stabilizacyjnych.

Mnożąc roczną liczbę cykli przez łączną roboczą objętość wszystkich komór, wynoszącą $1\,687 \text{ m}^3$, uzyskano całkowitą ilość odpadów możliwych do przetworzenia w ciągu roku na poziomie ok. $37\,000 \text{ m}^3$. Dzieląc tę wartość przez założoną gęstość materiału, otrzymano roczną masę odpadów możliwą do przetworzenia w wysokości 24 100 Mg. Wynik ten jednoznacznie wskazuje, że rzeczywista zdolność przetwarzania modułu intensywnej stabilizacji tlenowej jest wystarczająca względem zakładanej maksymalnej projektowej przepustowości instalacji.

Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, iż rzeczywisty czas potrzebny na załadunek komory fermentacyjnej w praktycznych warunkach eksploatacyjnych może być znacząco dłuższy od założonego w obliczeniach. Proces ten jest bowiem ściśle uzależniony od pracy sekcji mechanicznej instalacji oraz jej zdolności do transportu i przesiewania frakcji podsitowej. W analizowanym przypadku uzasadnione byłoby przyjęcie czasu załadunku na poziomie co najmniej 3 dni, co dodatkowo obniżyłoby realną przepustowość instalacji, wydłużając cykl przetwarzania i zmniejszając ogólną zdolność operacyjną systemu.

W odniesieniu do projektowych założeń dotyczących powierzchni przeznaczonej pod pryzmy kompostowe, dysponujemy jedynie danymi określającymi czas trwania tego procesu w przedziale

od 6 do 8 tygodni oraz wielkość przeznaczonego na ten cel placu, wynoszącą 2 250 m³. Na podstawie tych informacji niemożliwe jest jednoznaczne zweryfikowanie zasadności projektowych założeń dotyczących tej części instalacji. Niemniej jednak, wstępne obliczenia wskazują, że w przypadku zastosowania krótszego okresu stabilizacji, zdolność przetwarzania odpadów w fazie dojrzewania pozostaje na poziomie wystarczającym. W celu jednoznacznego potwierdzenia tych założeń konieczne byłoby jednak przeprowadzenie dodatkowych analiz oraz bardziej szczegółowej weryfikacji dostępnej powierzchni, uwzględniającej parametry operacyjne poszczególnych etapów procesu stabilizacji tlenowej.

Podsumowując, przeprowadzone obliczenia wskazują, że istniejące założenia projektowe mogą nie być w pełni adekwatne do planowanej maksymalnej przepustowości instalacji. Kluczowym ograniczeniem wydaje się niedoszacowana realna przepustowość modułu biostabilizacji, wynikająca zarówno z przyjętego harmonogramu cykli stabilizacyjnych, jak i konieczności uwzględnienia rzeczywistych czasów załadunku i rozładunku komór fermentacyjnych. W konsekwencji, może to prowadzić do konieczności modyfikacji harmonogramu pracy instalacji lub wdrożenia rozwiązań optymalizacyjnych, które umożliwią pełne wykorzystanie potencjału systemu i osiągnięcie zakładanej wydajności operacyjnej.

Dodatkowo w nowym PZ zrezygnowano z placu dojrzewania.

4.2. Wyniki badań laboratoryjnych

W ramach przeprowadzonej ekspertyzy dokonano szczegółowej analizy świeżych próbek odpadów zdeponowanych na składowisku w Raciborzu R3. Próbki te, pobrane bezpośrednio ze składowiska, zostały przekazane do Katedry Inżynierii Biosystemów UPP celem przeprowadzenia kompleksowych badań fizykochemicznych i termicznych. Próbki I i II dostarczono do laboratorium 9 grudnia 2024 r., natomiast próbki III i IV przekazano 13 stycznia 2025 r.

Zakres przeprowadzonych badań obejmował oznaczenie podstawowych parametrów fizykochemicznych, istotnych z punktu widzenia oceny stabilności materiału odpadowego oraz jego potencjalnej uciążliwości środowiskowej. Dla próbek I i II dokonano analizy zawartości suchej masy, suchej masy organicznej, azotu ogólnego, węgla ogólnego, wartości opałowej oraz ciepła spalania. Ponadto, przeprowadzono szczegółową analizę składu pierwiastkowego, co pozwoliło na określenie potencjalnych właściwości odpadu w kontekście procesów degradacyjnych oraz emisji substancji odorowych i gazowych.

W przypadku próbek III i IV zakres badań został zawężony do oznaczenia zawartości suchej masy oraz suchej masy organicznej oraz ciepła spalania. Taki dobór parametrów wynikał z faktu, iż kluczowym aspektem oceny tych próbek była ich stabilność oraz poziom zawartości materii organicznej, co jest jednym z podstawowych wskaźników efektywności procesów stabilizacji biologicznej.

Podczas analizy wyników badań szczególną uwagę zwrócono na zawartość suchej masy organicznej. Parametr ten są kluczowy dla oceny składu i właściwości odpadów pod kątem stabilności biologicznej w obwieszczeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 kwietnia 2024 r., zawierającym jednolity

tekst rozporządzenia dotyczącego mechaniczno-biologicznego przetwarzania niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, maksymalna dopuszczalna zawartość suchej materii organicznej w odpadach określonej jako straty po prażeniu po procesie stabilizacji tlenowej wynosi 35%. Analiza uzyskanych wyników wykazała znaczące przekroczenia tej wartości we wszystkich badanych próbkach. Otrzymane wartości wynosiły odpowiednio:

- próbka I – 45,94%,
- próbka II – 57,28%,
- próbka III – 42,83%,
- próbka IV – 63,18%.

Potwierdzają to również wyniki badań przeprowadzonych przez akredytowane laboratorium Eurofins OBIKŚ Polska Sp. z o.o. (**Załącznik nr. 1**), mających na celu ocenę stabilizacji odpadów. Analizowane parametry wykazały przekroczenia w stosunku do parametrów określonych w przepisach (§ 5. ust. 6 oraz 6a Obwieszczenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 kwietnia 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie mechaniczno-biologicznego przetwarzania niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych, Dz.U. 2024 poz. 666).

Dodatkowa analiza parametru aktywności oddechowej AT₄, wynoszącego **23,42 mgO₂/g**, jednoznacznie wskazuje, że próbka nie spełniła wymagań stawianych materiałom po procesie stabilizacji tlenowej tj. poniżej 10 mg O₂/g suchej masy. Kryteria te zostały określone w Obwieszczeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 kwietnia 2024 r., zawierającym jednolity tekst rozporządzenia dotyczącego mechaniczno-biologicznego przetwarzania niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych.

Spośród analizowanych parametrów jedynie wartość ogólnego węgla organicznego mieściła się w dopuszczalnych normach wynikających z powyższego obwieszczenia Ministra Klimatu i Środowiska. Pozostałe wskaźniki, kluczowe dla oceny stabilizacji odpadów, wykazały odchylenia od obowiązujących regulacji, co wskazuje na niewystarczający stopień stabilizacji analizowanej próbki.

Powyższe wyniki jednoznacznie wskazują na niedostateczną stabilizację tlenową badanych odpadów. Stabilizacja ta powinna skutecznie redukować zawartość materii organicznej, co w konsekwencji minimalizuje negatywne skutki składowania, takie jak emisja substancji odorowych oraz generowanie biogazu. Uzyskane wartości wskazują, że procesy stabilizacji nie zostały przeprowadzone w sposób wystarczająco efektywny, co może prowadzić do zwiększonej emisji gazów cieplarnianych, a także wzrostu uciążliwości zapachowej składowiska.

W świetle uzyskanych wyników konieczne może być ponowne przeanalizowanie i optymalizacja procesów stabilizacji odpadów przed ich składowaniem. Może to obejmować wydłużenie czasu

stabilizacji tlenowej, intensyfikację procesu kompostowania lub zastosowanie dodatkowych metod
obróbki, mających na celu dalszą redukcję zawartości substancji organicznych.

Tabela 2. Wyniki analiz próbki I pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3

Próbka I		
Analizowany parametr	Jednostka	Wynik
Sucha masa	% św.m	72,82
Sucha masa organiczna	% s.m	45,94
Azot ogólny (N og.)	g/kg s.m.	0,905
Węgiel ogólny (C og.)	g/kg s.m.	16,702
Ciepło spalania	MJ/kg	7,879
Srebro (Ag)	mg/kg s.m.	2
Glin (Al)	mg/kg s.m.	57 335
Arsen (As)	mg/kg s.m.	8
Złoto (Au)	mg/kg s.m.	<3
Bar (Ba)	mg/kg s.m.	320
Bismut (Bi)	mg/kg s.m.	<1
Wapń (Ca)	mg/kg s.m.	52 178
Kadm (Cd)	mg/kg s.m.	4
Chlor (Cl)	mg/kg s.m.	9 609
Kobalt (Co)	mg/kg s.m.	<35
Chrom (Cr)	mg/kg s.m.	41
Miedź (Cu)	mg/kg s.m.	184
Żelazo (Fe)	mg/kg s.m.	15 698
Hafn (Hf)	mg/kg s.m.	0
Rtęć (Hg)	mg/kg s.m.	<2
Potas (K)	mg/kg s.m.	14 501
Magnez (Mg)	mg/kg s.m.	3 585
Mangan (Mn)	mg/kg s.m.	391
Molibden (Mo)	mg/kg s.m.	<1
Niob (Nb)	mg/kg s.m.	10
Nikiel (Ni)	mg/kg s.m.	21
Fosfor (P)	mg/kg s.m.	3 383

Próbka I		
Analizowany parametr	Jednostka	Wynik
Ołów (Pb)	mg/kg s.m.	45
Pallad (Pd)	mg/kg s.m.	1
Rubid (Rb)	mg/kg s.m.	30
Ren (Re)	mg/kg s.m.	0
Siarka (S)	mg/kg s.m.	14 304
Antymon (Sb)	mg/kg s.m.	6
Selen (Se)	mg/kg s.m.	<1
Krzem (Si)	mg/kg s.m.	68 092
Cyna (Sn)	mg/kg s.m.	11
Stront (Sr)	mg/kg s.m.	226
Tantal (Ta)	mg/kg s.m.	0
Tor (Th)	mg/kg s.m.	13
Tytan (Ti)	mg/kg s.m.	1 743
Uran (U)	mg/kg s.m.	6
Wanad (V)	mg/kg s.m.	37
Wolfram (W)	mg/kg s.m.	<9
Itr (Y)	mg/kg s.m.	11
Cynk (Zn)	mg/kg s.m.	411
Cyrkon (Zr)	mg/kg s.m.	79

Tabela 3. Wyniki analiz próbki II pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3

Próbka II		
Analizowany parametr	Jednostka	Wynik
Sucha masa	% św.m	54,16
Sucha masa organiczna	% s.m	57,28
Azot ogólny (N og.)	g/kg s.m.	0,451
Węgiel ogólny (C og.)	g/kg s.m.	10,347
Ciepło spalania	MJ/kg	5,375
Srebro (Ag)	mg/kg s.m.	2
Glin (Al)	mg/kg s.m.	18 419
Arsen (As)	mg/kg s.m.	23

Próbka II		
Analizowany parametr	Jednostka	Wynik
Złoto (Au)	mg/kg s.m.	<3
Bar (Ba)	mg/kg s.m.	2 502
Bismut (Bi)	mg/kg s.m.	<1
Wapń (Ca)	mg/kg s.m.	41 255
Kadm (Cd)	mg/kg s.m.	4
Chlor (Cl)	mg/kg s.m.	9 632
Kobalt (Co)	mg/kg s.m.	<36
Chrom (Cr)	mg/kg s.m.	113
Miedź (Cu)	mg/kg s.m.	3 008
Żelazo (Fe)	mg/kg s.m.	14 827
Hafn (Hf)	mg/kg s.m.	0
Rtęć (Hg)	mg/kg s.m.	<3
Potas (K)	mg/kg s.m.	12 352
Magnez (Mg)	mg/kg s.m.	5 474
Mangan (Mn)	mg/kg s.m.	368
Molibden (Mo)	mg/kg s.m.	90
Niob (Nb)	mg/kg s.m.	3
Nikiel (Ni)	mg/kg s.m.	180
Fosfor (P)	mg/kg s.m.	2 826
Ołów (Pb)	mg/kg s.m.	97
Pallad (Pd)	mg/kg s.m.	1
Rubid (Rb)	mg/kg s.m.	27
Ren (Re)	mg/kg s.m.	0
Siarka (S)	mg/kg s.m.	15 960
Antymon (Sb)	mg/kg s.m.	16
Selen (Se)	mg/kg s.m.	<1
Krzem (Si)	mg/kg s.m.	106 431
Cyna (Sn)	mg/kg s.m.	35
Stront (Sr)	mg/kg s.m.	162
Tantal (Ta)	mg/kg s.m.	0
Tor (Th)	mg/kg s.m.	4

Próbka II		
Analizowany parametr	Jednostka	Wynik
Tytan (Ti)	mg/kg s.m.	1 115
Uran (U)	mg/kg s.m.	3
Wanad (V)	mg/kg s.m.	50
Wolfram (W)	mg/kg s.m.	69
Itr (Y)	mg/kg s.m.	8
Cynk (Zn)	mg/kg s.m.	2 992
Cyrkon (Zr)	mg/kg s.m.	264

Tabela 4. Wyniki analiz próbki III pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3

Próbka III		
Analizowany parametr	Jednostka	Wynik
Sucha masa	% św.m	58,94
Sucha masa organiczna	% s.m	42,83
Ciepło spalania	MJ/kg	11,080

Tabela 5. Wyniki analiz próbki IV pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3

Próbka IV		
Analizowany parametr	Jednostka	Wynik
Sucha masa	% św.m	61,23
Sucha masa organiczna	% s.m	63,17
Ciepło spalania	MJ/kg	10,666

4.3. Wnioski dotyczące biologicznego przetwarzania

Przeprowadzona analiza infrastruktury technologicznej przeznaczonej do procesów stabilizacji tlenowej, obejmującej reaktory biostabilizacji oraz plac dojrzewania, wykazała ich poprawne zaprojektowanie pod względem przepustowości i zdolności operacyjnej instalacji. W szczególności oceniono kluczowe aspekty związane z wydajnością poszczególnych komponentów systemu, w tym zdolność reaktorów do intensywnej stabilizacji tlenowej oraz dostępność i funkcjonalność placu dojrzewania, które pełnią fundamentalną rolę w procesie skutecznej redukcji zawartości substancji organicznych w odpadach przeznaczonych do składowania.

W odniesieniu do reaktorów biostabilizacji stwierdzono, że ich liczba oraz pojemność są odpowiednie do obsługi zakładanego strumienia odpadów, zapewniając właściwe warunki do intensywnej stabilizacji tlenowej. Niemniej jednak, analiza wykazała, że instalacja nie posiada istotnych rezerw przepustowości. Oznacza to, że system projektowo funkcjonuje na poziomie bliskim swojej maksymalnej wydajności, co w przypadku wzrostu ilości przetwarzanych odpadów lub wystąpienia nieprzewidzianych zdarzeń technologicznych może prowadzić do przeciążenia układu i obniżenia efektywności procesu.

Analiza placu dojrzwania, będącego kluczowym elementem końcowego etapu stabilizacji odpadów, wykazała jego wystarczającą powierzchnię zgodnie z założeniami projektowymi. Niemniej jednak, istotne rozbieżności zaobserwowano podczas wizji lokalnej, gdzie stwierdzono, że plac w przeważającej części pozostawał pusty. W kontekście prawidłowego przebiegu procesu dojrzwania odpadu, optymalna ilość dojrzanego materiału powinna wynosić w przybliżeniu 1200–1500 m³. Brak odpowiedniej ilości odpadów na placu może wskazywać na potencjalne nieprawidłowości w zarządzaniu logistyką procesu stabilizacji, co w konsekwencji może wpływać na końcową jakość materiału oraz efektywność redukcji materii organicznej.

Tego typu niezgodności mogą wynikać z różnych czynników, takich jak zbyt krótki czas retencji odpadu na placu dojrzwania, niepełne wykorzystanie infrastruktury lub nieprawidłowe planowanie cykli stabilizacyjnych. Konieczne może być przeprowadzenie dodatkowej analizy operacyjnej w celu ustalenia przyczyn tego stanu rzeczy oraz wdrożenie działań optymalizacyjnych, które pozwolą na pełniejsze wykorzystanie dostępnej infrastruktury i poprawę stabilności całego procesu przetwarzania odpadów.

Podsumowując, infrastruktura przeznaczona do stabilizacji tlenowej została poprawnie zaprojektowana i dostosowana do założeń projektowych, jednak jej eksploatacja powinna być monitorowana pod kątem efektywności wykorzystania dostępnej przepustowości. W szczególności zaleca się bieżącą kontrolę poziomu napełnienia placu dojrzwania oraz ocenę rezerw przepustowości



Rysunek 3. Plac dojrzwania

reaktorów biostabilizacji, co pozwoli na szybsze reagowanie na ewentualne wyzwania operacyjne i poprawę stabilności technologicznej całego procesu.

Analizując obecną sytuację pod kątem potencjalnych uciążliwości odorowych, w pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na fakt niespełnienia przez badane odpady wartości granicznych określonych dla materiałów kierowanych do składowania na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne. Przekroczenie norm dotyczących zawartości suchej materii organicznej może prowadzić do zwiększonej emisji substancji odorowych, co jest wynikiem niewystarczającej redukcji potencjalnie odorogenicznej materii organicznej podczas wcześniejszych etapów przetwarzania. Zjawisko to może wpływać na pogorszenie warunków środowiskowych zarówno w obrębie samej instalacji, jak i w jej najbliższym otoczeniu.

Dodatkowym czynnikiem mogącym przyczyniać się do potencjalnych emisji odorowych jest konstrukcja oraz sposób użytkowania infrastruktury procesowej. W szczególności zwrócono uwagę na bunkier techniczny, pełniący funkcję tymczasowego magazynu dla odpadów przed ich wprowadzeniem do reaktora stabilizacyjnego. Obecnie znajduje się on na otwartej przestrzeni, bez zastosowania hermetyzacji, co oznacza, że odpady w fazie wstępnej mogą pozostawać w bezpośrednim kontakcie z otoczeniem. Brak szczelnej obudowy zwiększa ryzyko uwalniania lotnych związków organicznych i innych substancji odorowych, co może prowadzić do pogorszenia jakości powietrza w jej rejonie.

Oczywiście należy podkreślić, że przy zachowaniu wysokiego reżimu operacyjnego oraz ścisłej kontroli czasowego składowania odpadów w bunkrze, możliwe jest skuteczne ograniczenie emisji odorowej wynikającej z ekspozycji świeżej, nieprzetworzonej frakcji odpadu na otoczenie. Kluczowe w tym zakresie jest zminimalizowanie czasu przechowywania odpadów przed podaniem do reaktorów oraz stosowanie odpowiednich procedur operacyjnych, takich jak regularne przemieszczanie materiału oraz jego szybkie kierowanie do kolejnych etapów stabilizacji.

Podsumowując, zaleca się zwiększenie kontroli nad efektywnością procesu stabilizacji biologicznej, ponieważ wyniki badań jednoznacznie wskazują, że obecnie system nie funkcjonuje zgodnie z zakładanymi założeniami, co skutkuje podwyższoną emisją substancji odorowych. Kluczowe działania naprawcze powinny obejmować m.in.:

- pełną hermetyzację całej linii biologicznego przetwarzania,
- kierowanie powietrza procesowego oraz emisji z przestrzeni magazynowych i operacyjnych do odpowiednich systemów oczyszczania, takich jak biofiltry czy instalacje chemicznej neutralizacji lotnych związków organicznych,
- ścisły monitoring kluczowych parametrów procesu stabilizacji, w tym zawartości materii organicznej w odpadach,
- optymalizację czasu retencji odpadów na poszczególnych etapach przetwarzania w celu zwiększenia efektywności rozkładu substancji odorogenicznych,

- większą kontrolę nad spełnianiem wymagań Rozporządzeń.

Należy jednak zaznaczyć, że podczas jednorazowej wizji lokalnej nie stwierdzono ponadnormatywnej uciążliwości zapachowej w porównaniu do innych instalacji o podobnym profilu działalności. Ocena ta ma charakter subiektywny i została dokonana na podstawie organoleptycznej analizy ekspertów przeprowadzających ekspertyzę. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę wyniki badań laboratoryjnych oraz obserwacje infrastrukturalne, istnieją przesłanki wskazujące na możliwość wzrostu emisji odorowych w przypadku dalszego funkcjonowania systemu w obecnym kształcie, bez wdrożenia działań naprawczych.

5. Oczyszczanie gazów poprocesowych w instalacji MBP

5.1. Przedstawienie technologii

Oczyszczanie powietrza poprocesowego w instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (MBP) jest kluczowym elementem minimalizowania emisji odorów oraz zanieczyszczeń do atmosfery. Proces ten obejmuje kilka technologii, które można stosować samodzielnie lub w połączeniu, w zależności od skali działalności oraz wymagań środowiskowych.

Do głównych źródeł zanieczyszczeń w powietrzu po procesowym MBP zalicza się:

1. Procesy mechaniczne (sortowanie, rozdrabnianie, przesiewanie) – generują pył, lotne związki organiczne (LZO) oraz bioaerozole.
2. Procesy biologiczne (kompostowanie, fermentacja, stabilizacja frakcji organicznej) – emitują amoniak (NH_3), siarkowodór (H_2S), metan (CH_4), tlenki azotu (NO_x) i odorogenne związki organiczne (np. merkaptany).

W celu oczyszczenia powietrza poprocesowego w instalacjach przetwarzania odpadów stosuje się w praktyce:

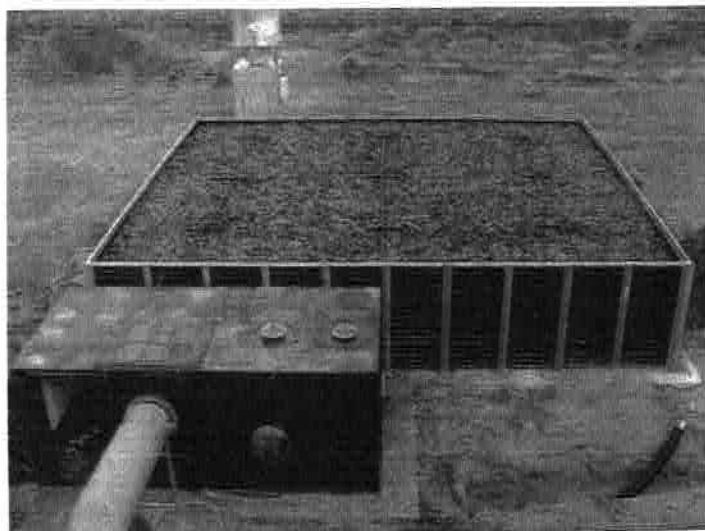
1. Biofiltracja

Jedna z najczęściej stosowanych technologii oczyszczania gazów poprocesowych w MBP.

Polega na przepuszczaniu powietrza przez medium biologiczne (np. torf, kompost, kora drzewna, keramzyt) zasiedlone przez mikroorganizmy, które rozkładają zanieczyszczenia.

Skutecznie redukuje LZO, siarkowodór, amoniak i inne substancje odorowe.

Do głównych wad tej technologii zalicza się konieczność regularnej konserwacji i zachowania odpowiedniej wilgotności i temperatury medium - ze względu na zastosowanie złoża biologicznego.



Rysunek 4. Przykładowy biofiltr

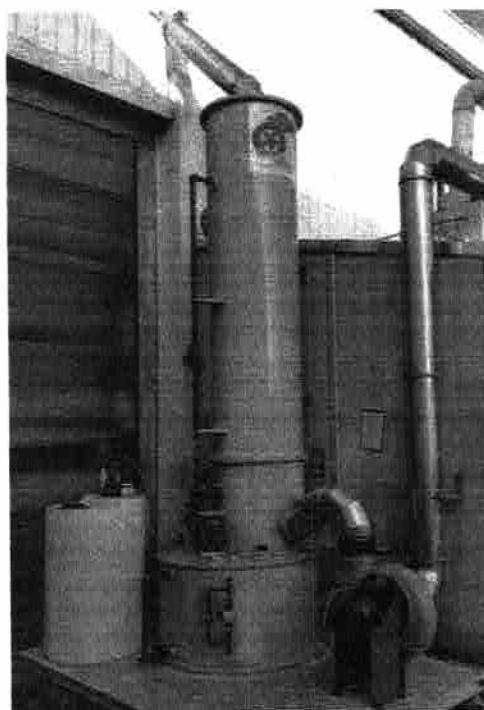
2. Adsorpcja na węglu aktywnym

Powietrze przepuszczane jest przez warstwę węgla aktywnego, który wiąże zanieczyszczenia chemiczne (LZO, siarkowodór, merkaptany). Wykorzystanie złoża węglowego jest skuteczną metodą dla małych i średnich instalacji, szczególnie przy niskich stężeniach odorów. Technologia ta jest często stosowana jako uzupełnienie biofiltrów.

Do głównych wad tego rozwiązania zalicza się konieczność regularnej wymiany (3-6 miesięcy) lub regeneracji węgla aktywnego, do tego należy dodać obecnie wysokie koszty wymiany złoża.

3. Skrubery (płuczki chemiczne)

4. Powietrze przepuszczane jest przez ciecz absorbującą (np. wodę, roztwory kwaśne lub zasadowe). W zależności od rodzaju zanieczyszczenia, jaki planowany jest do usunięcia stosuje się: skrubery kwaśne, które redukują amoniak, skrubery zasadowe, które skutecznie eliminują siarkowodór. Technologia płuczek często stosowana jest w połączeniu z biofiltracją, dla której wysokie stężenia amoniaku lub siarkowodoru mogą być inhibicyjne. Wadami tych rozwiązań są wysokie koszty eksploatacji oraz konieczność utylizacji zużytych roztworów, jednak rekompensowane jest to poprzez znaczącą redukcję emisji odorogennych.



Rysunek 5. Przykładowy skrubler (źródło: <https://www.tecnosida.pl/>)

4. Procesy termiczne (utlenianie termiczne, spalanie katalityczne)

Termiczne procesy oczyszczania z zanieczyszczeń stosowane głównie dla dużych MBP z wysoką emisją LZO i dość rzadko znajdują zastosowanie w Polsce. Wysokotemperaturowe spalanie (700–1000°C) rozkłada substancje organiczne na nieszkodliwe produkty (CO_2 , H_2O). Utlenianie katalityczne obniża temperaturę spalania i zwiększa efektywność procesu. Rozwiązania te charakteryzują się wysokimi kosztami inwestycyjnymi i operacyjnymi, a także wysokim zużyciem energii.

5. Plazmowe i fotokatalityczne oczyszczanie powietrza

Do nowoczesnych, jednak nadal rzadko stosowanych technologii zalicza się rozwiązania wykorzystujące ozonowanie lub promieniowanie UV do rozkładu odorów i LZO. Większość z tych rozwiązań nadal znajduje się na etapie rozwiązań pilotażowych nie stosowanych w instalacjach

pełnoskalowych. Należy zaznaczyć, że ich skuteczność zależy od warunków eksploatacyjnych i składu powietrza poprocesowego.

Najczęściej w instalacjach MBP stosuje się połączenie biofiltracji z adsorpcją na węglu aktywnym lub płuczkami chemicznymi, co pozwala na kompleksową redukcję odorów i innych zanieczyszczeń gazowych.

Biofiltracja jest jedną z najczęściej stosowanych metod oczyszczania powietrza poprocesowego w instalacjach mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (MBP). W przypadku zastosowania samego biofiltra, bez płuczki chemicznej, efektywność usuwania zanieczyszczeń zależy od kilku czynników, takich jak rodzaj medium filtracyjnego, parametry przepływu powietrza, wilgotność oraz skład chemiczny zanieczyszczeń.

Zastosowanie układu wykorzystującego jedynie biofiltr charakteryzuje się:

- Ekologiczne rozwiązanie – brak konieczności stosowania chemikaliów.
- Wysoka efektywność dla siarkowodoru i LZO.
- Niższe koszty eksploatacyjne w porównaniu do płuczek chemicznych.
- Prosta konstrukcja i obsługa – wymaga jedynie monitorowania wilgotności i przepływu powietrza.

Należy jednak pamiętać, że poprzez brak dwustopniowego systemu oczyszczania powietrza instalacja może charakteryzować się:

- Ograniczona skuteczność w usuwaniu amoniaku – płuczki chemiczne są skuteczniejsze w jego eliminacji.
- Długi czas adaptacji mikroorganizmów – biofiltr wymaga okresu rozruchowego (od kilku tygodni do kilku miesięcy).
- Wrażliwość na zmiany warunków – konieczne utrzymanie optymalnej temperatury i wilgotności medium filtracyjnego.
- Ryzyko degradacji medium – materiał filtracyjny (np. torf, kompost, kora) ulega zużyciu i wymaga okresowej wymiany (co 3–5 lat).

Wspomaganie biofiltracji płuczką chemiczną pozwala na skuteczniejsze usuwanie amoniaku (ponad 95%) i lepsza kontrola stężeń zanieczyszczeń. W praktyce biofiltr bez płuczki jest skuteczny, ale często wymaga wsparcia inną technologią, jeśli występują wysokie stężenia amoniaku lub specyficzne lotne związki organiczne, co jest częstym zjawiskiem w procesie biologicznego przetwarzania odpadów.

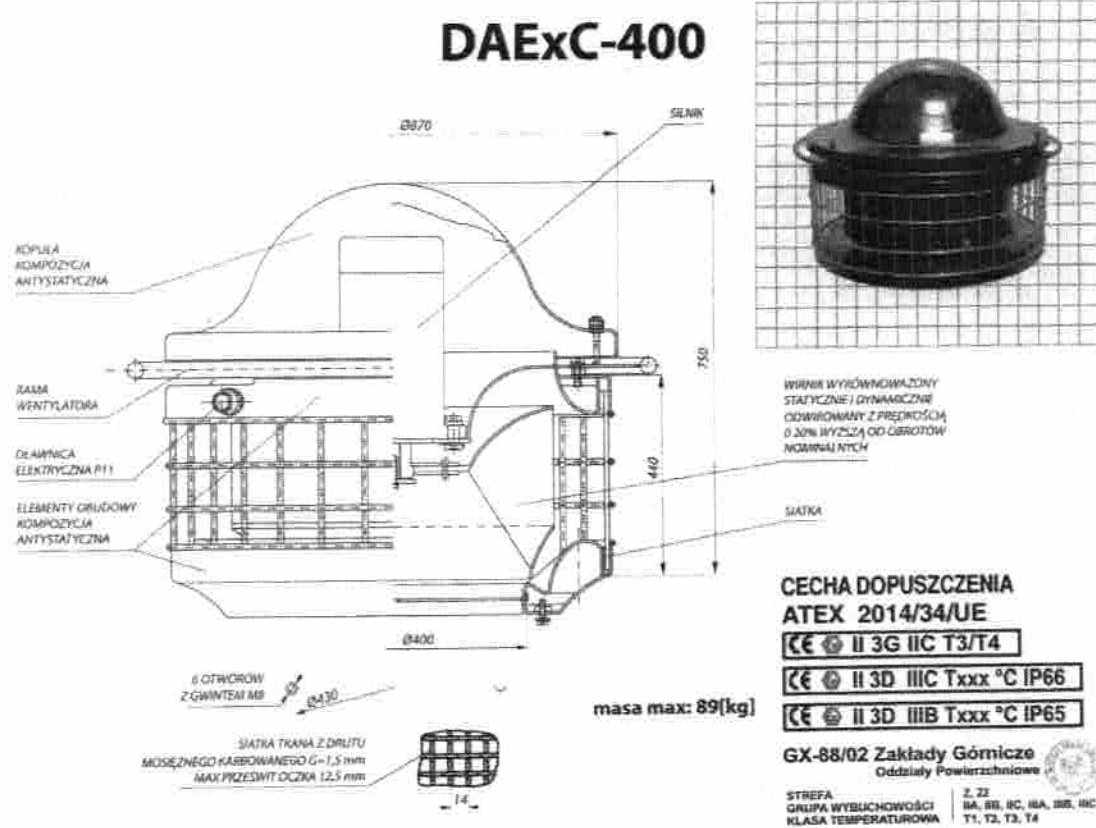
5.2. Opis systemu wentylacji i oczyszczania gazów poprocesowych

Eksplatacja instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, jest źródłem zorganizowanej i niezorganizowanej emisji gazów lub pyłów do powietrza. Zgodnie z Decyzją Marszałka Województwa Śląskiego nr 1412/OE/2024 r. z dn. 11.04.2024 r. zmieniającą Pozwolenie Zintegrowane udzielone decyzją MWS nr 583/OS/2016 z dn. 31.03.2016 r. z późn. zm. źródłem emisji zorganizowanej do powietrza są procesy technologiczne związane z przetwarzaniem odpadów oraz spalaniem paliw w maszynach roboczych, prowadzone w hali przetwarzania odpadów sortowni oraz procesów stabilizacji odpadów, prowadzonych w bioreaktorach.

„Zanieczyszczone powietrze z hali sortowni, odciągane jest dwoma ciągami wentylacji mechanicznej i oczyszczane w układzie płuczka wodna + biofiltr, o wydajności 20 000 m³/h. Do układu oczyszczania kierowany jest również strumień powietrza z bioreaktorów stabilizacji tlenowej i kompostowania. Oczyszczone gazy odlotowe są odprowadzane do powietrza emitorem EB1”

Należy podkreślić, że w pierwotnej dokumentacji projektowej instalacji, przekazanej przez firmę EMPOL Sp. z o.o., brak jest informacji o wykonaniu wentylacji mechanicznej i kierowaniu powietrza poprocesowego do układu oczyszczania.

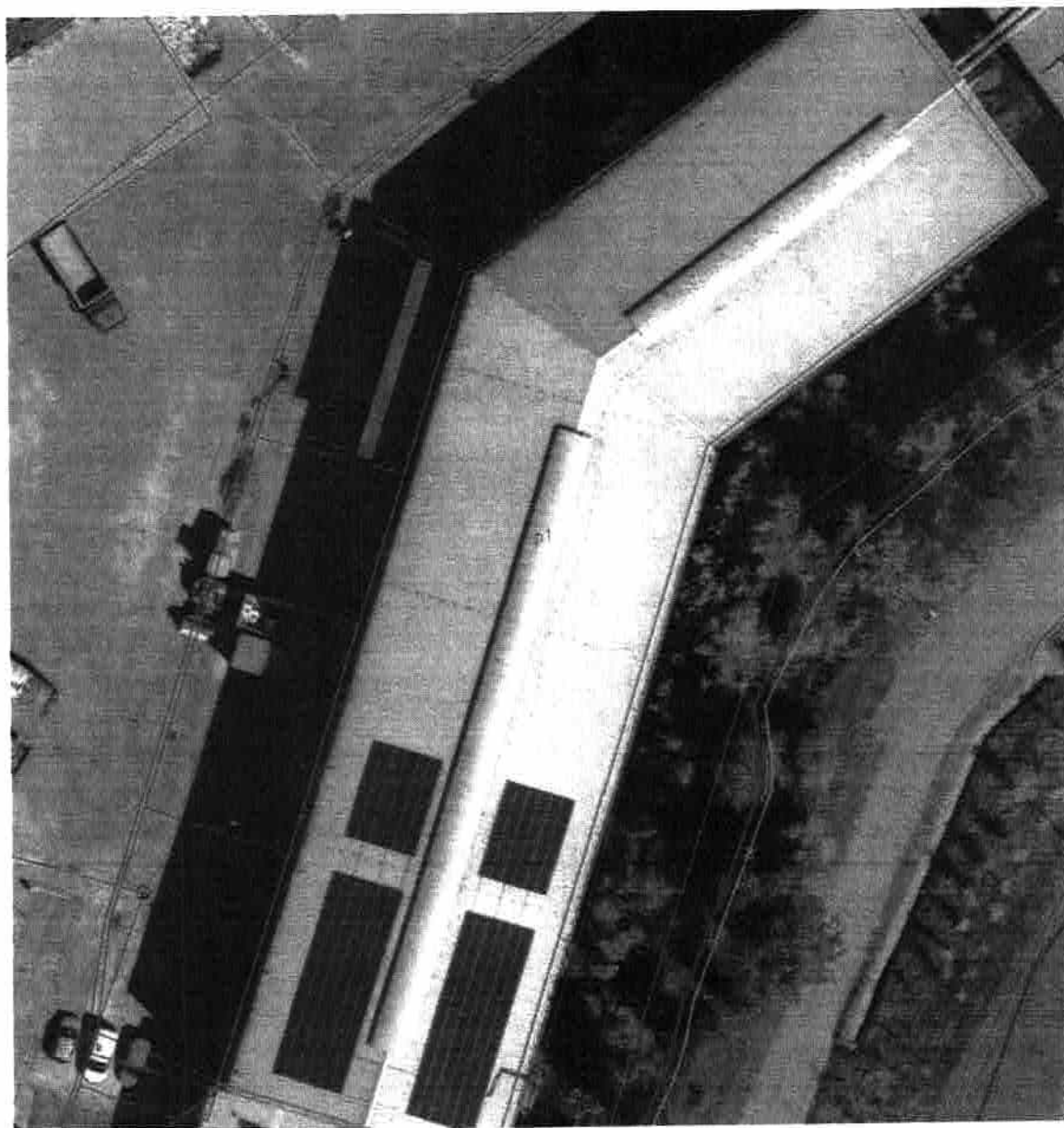
Pierwotny układ (zgodnie z otrzymaną dokumentacją projektową) składał się z wentylacji mechanicznej dla hali sortowni wykonanej z kanałów okrągłych ocynkowanych wykonanych zgodnie z PN-EN 1505:2001; PN-EN 1507:2007. Zgodnie z przekazanym projektem wentylację podzielono na 4 strefy, każda zakończona wentylatorem dachowym w wykonaniu przeciwwybuchowym (Ex). Kratki wentylacyjne dobrano o wymiarach 200x500 w wykonaniu ocynkowanym. Zgodnie z projektem budowlanym w hali dobrano 6 wentylatorów dachowych DAExC-400 z podstawą tłumiącą.



Rysunek 6. Wentylator przeciwwybuchowy DAExC-400

Nawiew do pomieszczeń sortowni odbywa się poprzez kratki nawiewowe-czerpnie ściennie 600x500 mm umieszczone 2 m nad poziomem terenu.

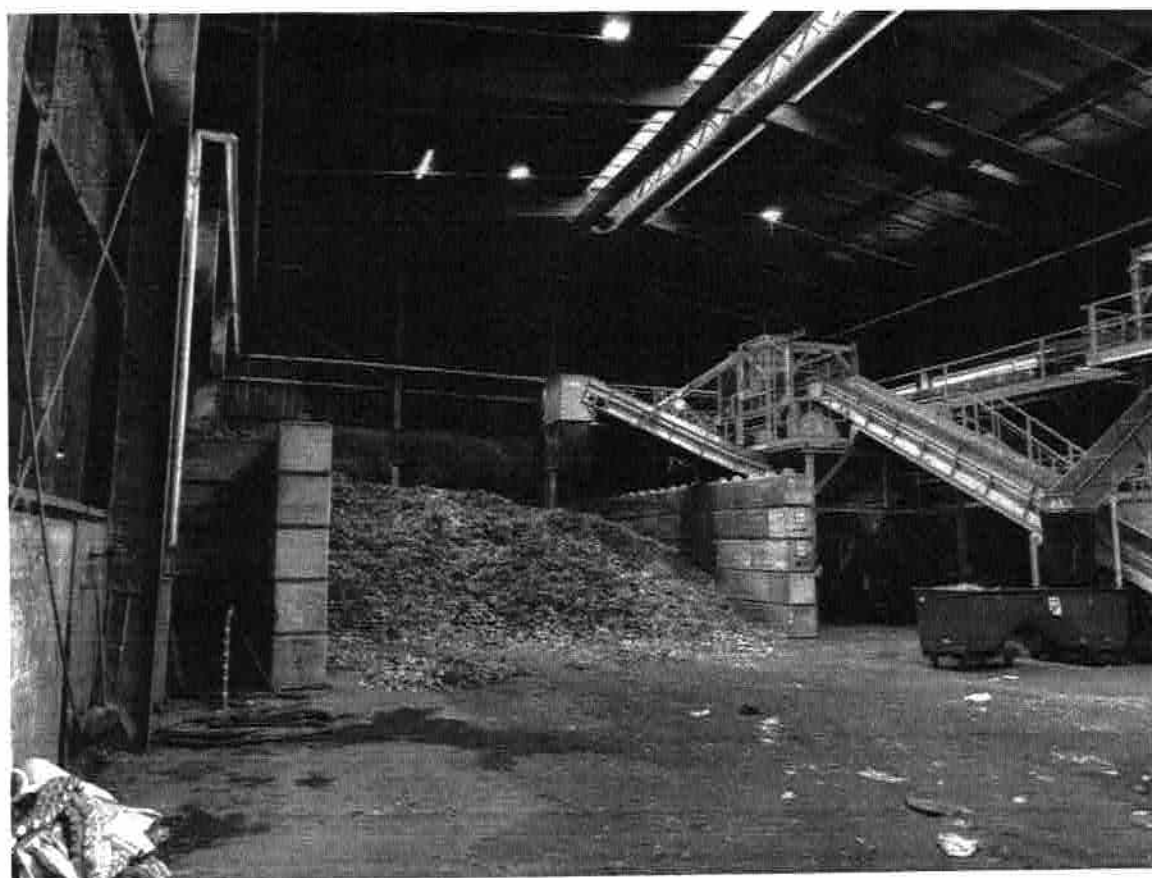
Na aktualnych zdjęciach połaci dachowej zakładu nie ma widocznych w/w wentylatorów, co potwierdzają aktualne zdjęcia satelitarne.



Rysunek 7. Hala przyjęcia i przetwarzania (źródło: geoportal.pl)

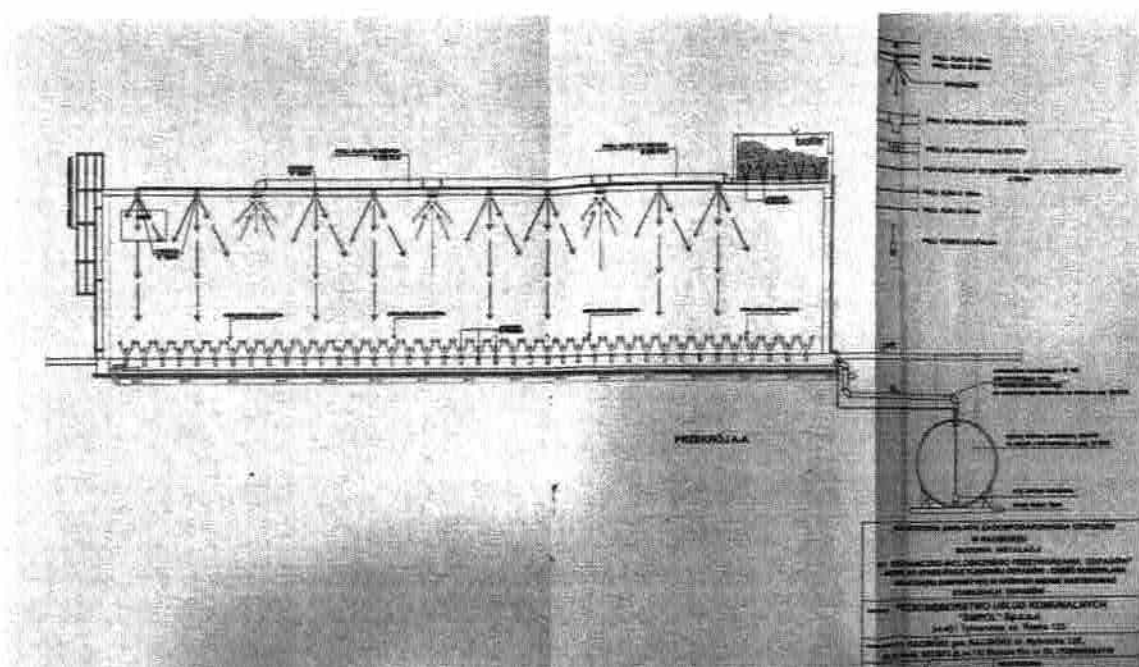
Podczas wizji lokalnej przeprowadzonej w dniu 21.01.2025 r. stwierdzono montaż dwóch ciągów wentylacji mechanicznej w hali sortowni i skierowanie powietrza poprocesowego do biofiltra. Nie stwierdzono jednak miejsca montażu płuczki. Dodatkowo brak jest dokumentacji technicznej potwierdzającej wskazaną modernizację instalacji oraz obliczeń wydajności biofiltra oraz płuczki.

W związku z powyższym istotnym elementem powodującym uciążliwości zapachowe w konsekwencji może być zbyt mała powierzchnia/objętość biofiltra względem kierowanego do niego powietrza.



Rysunek 8. Boks techniczny

W dokumentacji technicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej od modułu (bioreaktorów) do biofiltra uwzględniono realizację instalacji rurowej składającej się z rur PCV fi 300 mm zamontowanych pod posadzką modułu (zgodnie z rysunkiem poniżej). Rury te zostały podłączone do wentylatora nawiewno-wywiewnego o wydajności 50 000 m³/h, zamontowanego na przygotowanym do tego celu fundamencie.

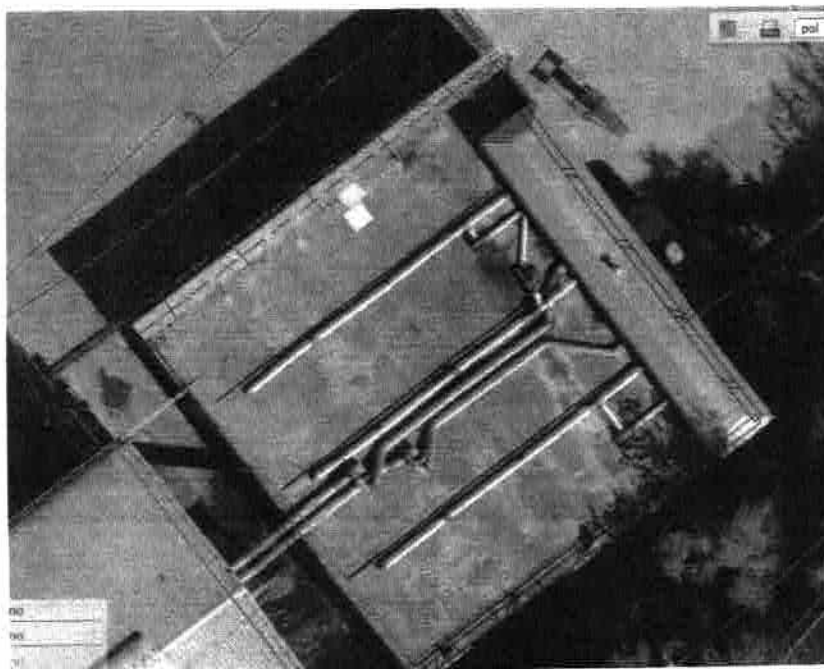


Rysunek 9. Przekrój reaktora do biostabilizacji tlenowej

Podczas wizji lokalnej nie zidentyfikowano wentylatora zamontowanego w pobliżu modułów. Można przypuszczać, na podstawie zdjęć satelitarnych, że wentylator został zamontowany na dachu bioreaktorów, podczas modernizacji systemu wentylacyjnego z hali sortowni.



Rysunek 10. Komory biostabilizacji



Rysunek 11. Komory biostabilizacji

5.3. Biofiltr - obliczenia systemu oczyszczania powietrza

We wcześniejszym fragmencie ekspertyzy do obliczeń możliwych wydajności pracy instalacji do biologicznego przetwarzania odpadów uwzględniono wymiary **robocze komór** (długość robocza wynosząca 25 metrów, szerokość 5 metrów oraz wysokość zasypu frakcją podsitową na poziomie 2,7 metra). Do określenia ilości powietrza kierowanego do procesu kompostowania należy jednak uwzględnić pełną kubaturę bioreaktorów podaną w projekcie budowlanym, którą przedstawiono poniżej:

Objętość 1 komory/bioreaktora: 750 m^3 ,

w tym:

Długość: 25 m

Szerokość: 5 m

Wysokość: 6 m

Liczba bioreaktorów: 5 szt.

Przyjęta do obliczeń minimalna krotność wymiany powietrza w bioreaktorach: 3x/h

Objętość powietrza kierowana na biofiltr z bioreaktora: $2250 \text{ m}^3/\text{h}$

Całkowita objętość powietrza kierowana na biofiltr z bioreaktorów: $11\,250 \text{ m}^3/\text{h}$

Wydajność biofiltra: $110 \text{ m}^3/\text{h/m}^2$

Wymagana minimalna powierzchnia biofiltra: ok. 102 m²

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że minimalna powierzchnia biofiltra (o złożu do ok. 2-2,5 m wysokości) powinna wynieść ok. 102 m². Z dokumentacji projektowej z grudnia 2014 r. wynika, że dla biofiltra zlokalizowany na module stabilizacji tlenowej odpadów przyjęto następujące założenia:

- powierzchnia zabudowy do 100 m² – **projektowana – 80 m²**
- długość maksymalna do 35 m – **projektowana – 30 m**
- szerokość maksymalna do 5 m – **projektowana – 3,5 m**
- wysokość bioreaktora z biofiltrem do 6 m – **projektowana 2 m**
- dach płaski

(Źródło: Kopia projektu budowlanego - Część I -str. 5)

W związku z powyższym powierzchnia biofiltra dla samego procesu biologicznego przetwarzania odpadów w reaktorach jest o ok. 20 m² (tj. ok. 28%) zbyt mała.

Ponadto, należy uwzględnić, że obecnie do tego samego biofiltra (bezpośrednio) kierowane jest również powietrze poprocesowe z hali sortowni:

- projektowana powierzchnia zabudowy sortowni: 1980,40 m²
- wysokość maksymalna zabudowy do: 12,5 m
- kubatura hali sortowni: ok. 24 755 m³
- ilość wymian powietrza: min. 2x/h
- objętość powietrza z hali sortowni kierowana do biofiltra: ok. 49 510 m³/h

Na podstawie określonej ilości powietrza kierowanej z hali sortowni do biofiltra, można oszacować min. powierzchnię biofiltra tylko obsługującego halę na poziomie ok. 450 m².

Mając na uwadze obecny układ systemu wentylacji i bezpośrednie kierowanie powietrza procesowe z hali sortowni oraz bioreaktorów do biofiltra, całkowita powierzchnia biofiltra (o miąższości ok. 2-2,5 m) powinna wynieść ok. 550 m².



Rysunek 12. Przykładowy biofiltr

5.4. Wnioski dot. oczyszczania powietrza

1. Objętość/powierzchnia biofiltra tylko dla procesu biologicznej stabilizacji odpadów jest w opinii autora ekspertyzy niewystarczająca – co powodowało pierwsze problemy związane z odorami.
2. Objętość/powierzchnia biofiltra przy obecnym układzie wentylacyjnym (kierowanie powietrza poprocesowego z hali sortowni + bioreaktory) powinna wynosić ok. 550 m², co oznacza, że obecna powierzchnia powinna być większa blisko 7x.
3. Ze względu na możliwość występowania we frakcji podsitowej dużej ilości frakcji organicznej, zaleca się montaż dodatkowego układu oczyszczania biogazu z amoniaku w postaci płuczki kwaśnej. Płuczka kwaśna działa na zasadzie przeciwprądowego nawilżacza powietrza. Woda w urządzeniu jest rozpylana przez dysze na zasadzie przeciwprądu i zwilża strumień objętości powietrza wywiewanego podczas jego przepływu tak, aby trafiał do biofiltra w stanie najbardziej nasyconym. Dodatkowo w płuczce jest wyflukiwany kurz i pył, który mógłby zatykać materiał biofiltra – obecnie brak takiej możliwości.
4. Oprócz usuwania pyłu z powietrza wylotowego i nawilżania powietrza wylotowego, płuczka kwasowa ma za zadanie usuwanie amoniaku z powietrza wylotowego. Amoniak i jego metabolity mogą powodować uszkodzenia biologii i materiału biofiltra. Ponadto zapobiega konwersji amoniaku do podtlenku azotu (N₂O), który jest około 300 razy silniejszym gazem cieplarnianym niż CO₂. Dzięki kwasowi siarkowemu amoniak będzie wyflukiwany z powietrza wylotowego w postaci siarczanu amonu ((NH₄)₂SO₄), który rozpuszcza się w roztworze myjącym.
5. Materiał biofiltra powinien się składać z dwóch warstw (obecnie podczas wizji lokalnej zaobserwowano jedną warstwę w formie kompostu): Pierwsza warstwa powinna służyć jako warstwa rozprowadzająca w celu jednorodnego rozprowadzenia powietrza w złożu filtracyjnym. Druga warstwa będzie aktywna biologicznie. W tej warstwie substancje zapachowe będą rozkładane przez mikroorganizmy.
6. Optymalna temperatura dla mikroorganizmów biofiltra wynosi od 30°C do 40°C. Temperatury poniżej 15°C i powyżej 45°C prowadzą do zmniejszenia wydajności oczyszczania biologicznego. Aby zapewnić temperatury w tym zakresie, konieczne może być schłodzenie strumienia powietrza kierowanego z bioreaktorów. W tym celu, jak już wyżej wspomniano, powietrze wylotowe z procesu powinno być mieszane z pozostałą częścią powietrza wylotowego z hali sortowni lub w razie potrzeby ze świeżym powietrzem (np. latem).

6. Podsumowanie

Opracowana analiza dotycząca oceny uciążliwości zapachowej instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów w Raciborzu wykazała, że głównymi źródłami emisji odorów są **niewystarczająca powierzchnia i objętość biofiltra**, który mimo zwiększonej ilości powietrza poprocesowego nie został rozbudowany, **procesy magazynowania odpadów przeznaczonych do stabilizacji biologicznej**, **niedostateczny poziom stabilizacji biologicznej materiału**, a także **operacje załadunku i wyładunku odpadów z bioreaktorów**. Istniejąca konfiguracja systemu oczyszczania powietrza powoduje, że skierowanie powietrza z hali przyjęcia i sortowni odpadów do biofiltra może prowadzić do jego przeciążenia lub zbyt krótkiego czasu kontaktu powietrza z medium filtracyjnym, co znacząco obniża skuteczność jego działania.

Analiza dokumentacji oraz kontrola przeprowadzona przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska wskazują, że niekontrolowane emisje substancji zapachowych mogą powodować istotne uciążliwości w otoczeniu instalacji, wpływając negatywnie na komfort życia mieszkańców pobliskich terenów prowadząc do skarg społecznych. W związku z tym konieczne jest wdrożenie skutecznych działań ograniczających emisję odorów, w szczególności poprzez pełną hermetyzację systemu magazynowania odpadów przed procesem biologicznym. Kluczowe znaczenie ma zastosowanie szczelnych pomieszczeń, systemów podciśnieniowych oraz efektywnej wentylacji, w której oczyszczanie powietrza odbywałoby się przy użyciu biofiltrów, skruberów lub innych technologii redukcji odorów. Dodatkowo hermetyzacja procesów załadunku i wyładunku odpadów z bioreaktorów powinna obejmować zamknięte przestrzenie z kontrolowaną emisją powietrza, co pozwoli na skuteczne ograniczenie rozprzestrzeniania się substancji zapachowych.

Kolejnym elementem poprawy efektywności procesu stabilizacji biologicznej jest również monitorowanie kluczowych parametrów operacyjnych oraz efektów procesów, w tym zawartości materii organicznej w odpadach oraz optymalizacja czasu retencji na poszczególnych etapach przetwarzania. Właściwe dostosowanie tych parametrów może zwiększyć skuteczność rozkładu substancji odorogennych i tym samym zmniejszyć potencjalną ich emisję do atmosfery również na etapie składowania. Dzięki temu możliwe jest osiągnięcie bardziej stabilnych warunków procesu, co nie tylko ograniczy uciążliwość zapachową, ale również poprawi efektywność technologiczną instalacji.

Podjęcie działań ograniczających emisje odorowe ma znaczenie nie tylko dla minimalizacji negatywnego wpływu instalacji na otoczenie i społeczność lokalną, ale także dla spełnienia obowiązujących norm środowiskowych oraz poprawy efektywności eksploatacyjnej zakładu. Warto podkreślić, że inwestor podjął już kroki w kierunku modernizacji systemu, co znalazło odzwierciedlenie we wniosku o wydanie nowej decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach dla przedsięwzięcia pod nazwą „Hermetyzacja procesów przetwarzania odpadów w Zakładzie Zagospodarowania Odpadów zlokalizowanym w Raciborzu przy ul. Rybnickiej 125” z grudnia 2024 roku. Naszym zdaniem działania te powinny w znaczący sposób poprawić opisywaną sytuację.

Podczas przeprowadzonej wizji lokalnej nie stwierdzono ponadnormatywnej uciążliwości zapachowej w porównaniu do innych instalacji o podobnym profilu działalności. Należy jednak zaznaczyć, że ocena ta miała charakter subiektywny i opierała się na organoleptycznej analizie twórców ekspertyzy. Wyniki badań laboratoryjnych oraz analiza infrastrukturalna wykazują, że dalsze funkcjonowanie instalacji w obecnym kształcie może prowadzić do ciągłego występowania emisji odorowych, jeśli nie zostaną wdrożone odpowiednie działania naprawcze. W związku z tym pełna hermetyzacja kluczowych etapów procesu oraz poprawa kontroli nad efektywnością stabilizacji biologicznej stanowią niezbędne kroki w kierunku ograniczenia uciążliwości zapachowej oraz zapewnienia zgodności instalacji z wymaganiami prawnymi i środowiskowymi.

Ostatecznie wdrożenie działań naprawczych wpłynie pozytywnie na ogólną efektywność zakładu, poprawiają warunki pracy i zgodność z obowiązującymi przepisami dotyczącymi zagospodarowania odpadów i ochrony środowiska.

7. Rekomendacje

- Modernizacja układu oczyszczania powietrza procesowego oraz powietrza z zamkniętych hal, w szczególności poprzez rozbudowę biofiltra i dodanie płuczki dostosowanej do kubatury oraz przepustowości obiektu.
- Pełna hermetyzacja strefy biologicznego przetwarzania odpadów, zgodna z obowiązującymi normami i standardami.
- Zwiększenie kontroli oraz optymalizacja procesu biologicznego przetwarzania odpadów w celu zapewnienia zgodności z normami określonymi w Obwieszczeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 kwietnia 2024 r., zawierającym jednolity tekst rozporządzenia dotyczącego mechaniczno-biologicznego przetwarzania niesegregowanych (zmieszanych) odpadów komunalnych.

Spis rysunków i tabel

Rysunek 1. Teren przedsięwzięcia (geoportal.gov.pl)	8
Rysunek 2. Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych EMPOL w Raciborzu (https://pukempol.p)	10
Rysunek 3. Plac dojrzwania	22
Rysunek 4. Przykładowy biofiltr	25
Rysunek 5. Przykładowy skrubler (źródło: https://www.tecnosida.pl/)	26
Rysunek 6. Wentylator przeciwwybuchowy DAExC-400	29
Rysunek 7. Hala przyjęcia i przetwarzania (źródło: geoportal.pl)	30
Rysunek 8. Boks techniczny	31
Rysunek 9. Przekrój reaktora do biostabilizacji tlenowej	32
Rysunek 10. Komory biostabilizacji	32
Rysunek 11. Komory biostabilizacji	33
Rysunek 12. Przykładowy biofiltr	34
Tabela 1. Informacje ogólne na temat działki analizowanej inwestycji	10
Tabela 2. Wyniki analiz próbki I pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3	18
Tabela 3. Wyniki analiz próbki II pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3	19
Tabela 4. Wyniki analiz próbki III pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3	21
Tabela 5. Wyniki analiz próbki IV pobranej ze składowiska odpadów w Raciborzu R3	21