

INWESTOR	 <b>Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych Spytkowo Sp. z o.o.</b> Spytkowo 69 11-500 Giżycko
WYKONAWCA	 <b>proGEO</b> sp. z o.o. 50-541 Wrocław, Al. Armii Krajowej 45 tel. +48 71 360 45 15
TEMAT OPRACOWANIA	<b>KONCEPCJA TECHNICZNO-TECHNOLOGICZNA BUDOWY INSTALACJI FERMENTACJI METANOWEJ ODPADÓW KOMUNALNYCH I INNYCH ODPADÓW ULEGAJĄCYCH BIODEGRADACJI DLA ZUOK SPYTKOWO</b>
LOKALIZACJA	DZ. NR 185, OBRĘB ŚWIDRY, GMINA GIŻYCKO

BRANŻA	UMOWA
GOSPODARKA ODPADAMI	z dnia .....2022 r.

**Dokument opracował zespół pod kierunkiem:**

Kierownik zespołu Imię i Nazwisko	Specjalność Nr uprawnień Zakres	Podpis	Data
mgr Andrzej Krzyśków	---		<b>05.2022 r.</b>

**Skład zespołu projektowego:**

mgr Andrzej Krzyśków  
dr Sławomir Chybiński

mgr inż. Oliwia Rybczak  
mgr Agata Niwińska

**Uwaga o prawach autorskich: niniejsza Koncepcja może być wykorzystywana dla potrzeb Zamawiającego w odniesieniu do wybranej lokalizacji w Spytkowie. Powielanie fragmentów opracowania do innych celów wymaga zgody autorów.**

**Wrocław, maj 2022 r.**

## SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP .....	5
2.	SŁOWNICZEK ZASTOSOWANYCH OZNACZEŃ .....	6
3.	UWARUNKOWANIA PRAWNE .....	6
3.1	Cele w gospodarce odpadami komunalnymi.....	6
3.2	Wymagania najlepszych dostępnych technik (BAT) .....	7
3.2.1	Dokument referencyjny (BREF) .....	8
3.2.2	Konkluzje BAT .....	9
3.3	Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2022 .....	13
4.	UWARUNKOWANIA PRZYJĘTE DO OPRACOWANIA KONSEPCJI .....	15
4.1	Założenia przyjęte w Koncepcji .....	15
4.2	Warunki lokalizacyjne inwestycji .....	16
4.3	Podstawowa charakterystyka ZUOK Spytkowo .....	17
5.	PODSUMOWANIE CHARAKTERYSTYKI TECHNOLOGII BIOLOGICZNEGO PRZETWARZANIA.....	20
6.	PROPONOWANE WARIANTY REALIZACJI INWESTYCJI.....	24
6.1	Podstawowa charakterystyka wariantów.....	24
6.2	Cele przedsięwzięcia .....	24
6.3	Zakres inwestycji .....	25
6.4	Planowany schemat zagospodarowania bioodpadów.....	26
6.5	Charakterystyka procesów przetwarzania odpadów .....	31
6.5.1	Przygotowanie wsadu (warianty W1, W2) .....	31
6.5.2	I stopień recyklingu bioodpadów – fermentacja ciągła (wariant W1) .....	33
6.5.3	I stopień recyklingu bioodpadów – fermentacja okresowa (wariant W2) .....	35
6.5.4	II stopień recyklingu bioodpadów – tunele kompostowe (warianty W1, W2) .....	36
6.5.5	Oczyszczanie powietrza procesowego (warianty W1, W2) .....	37
6.5.6	III stopień recyklingu bioodpadów – plac kompostowy (warianty W1, W2) .....	39
6.5.7	Zagospodarowanie biogazu – fermentacja ciągła (wariant W1) .....	39
6.5.8	Zagospodarowanie biogazu – fermentacja okresowa (wariant W2) .....	40
6.6	Przepływ odpadów przez instalację w wariantach .....	41
6.7	Rodzaje i ilości odpadów.....	50
6.7.1	Wytwarzanie odpadów.....	50
6.8	Zagospodarowanie terenu i opis obiektów objętych przedsięwzięciem.....	51
7.	WSKAŹNIKOWE NAKŁADY INWESTYCYJNE I KOSZTY EKSPLOATACYJNE ..	60
7.1	Wskaźnikowe nakłady inwestycyjne w wariantach.....	60

<b>7.2</b>	<b>Szacunkowe koszty eksploatacyjne w wariantach .....</b>	<b>64</b>
8.	WSTĘPNA ANALIZA EKONOMICZNA .....	74
9.	PODSUMOWANIE.....	78
10.	WYKORZYSTANE MATERIAŁY .....	79

### **SPIS ZAŁĄCZNIKÓW**

- 1) Analiza dostępnych technologii biologicznego przetwarzania odpadów
- 2) Mapy koncepcji zagospodarowania terenu w wariantach

## SPIS RYSUNKÓW

<b>Rysunek 3.1</b>	<i>Przykładowy układ zakładu fermentacji [Figure 4.4 2010/75/EU]</i> .....	9
<b>Rysunek 3.2</b>	<i>Przepływ odpadów przez proces MBP</i> .....	12
<b>Rysunek 4.1</b>	<i>Ortofotomapa terenu realizacji inwestycji oraz terenu sąsiadującego</i> .....	17
<b>Rysunek 4.2</b>	<i>Dokumentacja fotograficzna ZUOK Spytkowo</i> .....	18
<b>Rysunek 6.1</b>	<i>Schemat technologiczny instalacji fermentacji [opracowanie: proGEO]</i> .....	29
<b>Rysunek 6.2</b>	<i>Przykładowa płuczka kwaśna (od lewej), włącz rewizyjny i wypełnienie (od prawej) ....</i>	38
<b>Rysunek 6.3</b>	<i>Schemat masowy przepływu odpadów przez układ fermenterów (variant W1 f. ciągła).....</i>	43
<b>Rysunek 6.4</b>	<i>Schemat masowy przepływu odpadów przez układ fermenterów (variant W1 f. okresowa) .....</i>	44

## SPIS TABEL

<b>Tabela 3.1</b>	<i>Technologie fermentacji beztlenowej [tab. 4.17 2010/75/EU]</i> .....	8
<b>Tabela 5.1</b>	<i>Wybrane parametry porównawcze technologii poziomych suchych, ciągłych i okresowych [opracowanie proGEO]</i> .....	20
<b>Tabela 6.1.</b>	<i>Obliczenie przepływu odpadów przez fermentację bioodpadów ZUOK Spytkowo</i> .....	45
<b>Tabela 6.2</b>	<i>Rodzaje i ilości odpadów przewidzianych do wytwarzania w związku z procesem prowadzenia biologicznego przetwarzania odpadów selektywnie zebranych poprzez fermentację oraz kompostowanie odpadów ulegających biodegradacji selektywnie zebranych, w tym odpadów zielonych – w procesie recyklingu R3.....</i>	50
<b>Tabela 7.1.</b>	<i>Zestawienie szacunkowych nakładów inwestycyjnych w wariantach</i> .....	61
<b>Tabela 7.2.</b>	<i>Zestawienie szacunkowych kosztów eksploatacyjnych w wariantach</i> .....	65
<b>Tabela 8.1.</b>	<i>Zestawienie wyników analizy wrażliwości w wariantach</i> .....	76

## 1. WSTĘP

Przedmiotem opracowania jest:

**„Koncepcja techniczno-technologiczna budowy instalacji fermentacji metanowej odpadów komunalnych i innych odpadów ulegających biodegradacji dla ZUOK Spytkowo”**

Podstawą opracowania jest umowa zawarta pomiędzy Zakładem Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych Spytkowo Sp. z o. o. z siedzibą w Spytkowie 69 (11-500 Giżycko), a firmą *proGEO* Sp. z o.o. z siedzibą we Wrocławiu przy al. Armii Krajowej 45 we Wrocławiu.

Zakres rzeczowy niniejszego opracowania obejmuje:

- charakterystyka uwarunkowań lokalizacyjnych przedsięwzięcia;
- opis rozwiązań technologicznych przedsięwzięcia (w tym schemat „zamaszynowania”) wraz ze sposobem przetwarzania odpadów;
- charakterystyka planowanego systemu przetwarzania odpadów
- tabele ilości i rodzajów przepływu odpadów przez instalację;
- rodzaje i ilości produktów funkcjonowania instalacji wraz z określeniem sposobów ich zagospodarowania;
- charakterystyka planowanych obiektów budowlanych;
- opracowanie mapy Koncepcji zagospodarowania terenu, uwzględniającej aktualnie dostępny teren inwestycji;
- tabele szacunkowych nakładów inwestycyjnych wraz z zestawieniem potrzebnych urządzeń (nakłady technologiczne) i obiektów (nakłady budowlane)
- tabele szacunkowych, wskaźnikowych kosztów i przychodów eksploatacyjnych;
- zestawienie przewidywanych ilości wykorzystywanej wody, surowców, materiałów, paliw oraz energii;
- zestawienie przewidywanych rodzajów i ilości produktów i zanieczyszczeń powstających w związku z funkcjonowaniem przedsięwzięcia;
- wstępna analiza ekonomiczna inwestycji (dla projektu) uproszczona z wykorzystaniem wskaźnika IRR. Wynikiem analizy będzie także określenie tzw. „ceny na bramie” jako ceny zagospodarowania jednej tony odpadów w analizowanej instalacji [zł/Mg] – analiza DGC (dynamic generation cost). analiza wzbogacona zostanie o analizę wrażliwości, która pozwala ocenić wpływ i zmiany wybranych parametrów wejściowych na opłacalność całego przedsięwzięcia.

**Niniejsza Koncepcja może być wykorzystywana dla potrzeb Zamawiającego w odniesieniu do wskazanej lokalizacji w Spytkowie. Powielanie fragmentów opracowania do innych celów wymaga zgody autorów.**

## 2. SŁOWNICZEK ZASTOSOWANYCH OZNACZEŃ

W niniejszej koncepcji wykorzystano następujące skróty i oznaczenia:

- BAT – najlepsze dostępne techniki, zgodnie z wymaganiami przepisów UE, służące do określania granicznych wielkości emisji zanieczyszczeń dla większych zakładów przemysłowych;
- CHP – kogeneracja, jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i energii cieplnej;
- CNG – biometan, wzbogacony biogaz uzyskany z biomasy i stosowany do napędu pojazdów silnikowych;
- preRDF – odpad, z którego wytwarzane jest wysokokaloryczne paliwo alternatywne kierowane następnie do termicznego przetworzenia i pozyskania energii;
- NPV – wartość bieżąca netto, wskaźnik oceny efektywności ekonomicznej inwestycji;
- IRR – wewnętrzna stopa zwrotu, wskaźnik oceny efektywności ekonomicznej inwestycji uwzględniający zmianę wartości pieniądza w czasie;

## 3. UWARUNKOWANIA PRAWNE

### 3.1 Cele w gospodarce odpadami komunalnymi

Zgodnie z **ustawą z dnia 17 grudnia 2020 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw** (Dz.U. 2020 poz. 2361), określono nowe poziomy recyklingu w których Gminy są obowiązane osiągnąć poziom przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych w wysokości co najmniej:

- 1) 20% wagowo – za rok 2021;
- 2) 25% wagowo – za rok 2022;
- 3) 35% wagowo – za rok 2023;
- 4) 45% wagowo – za rok 2024;
- 5) 55% wagowo – za rok 2025;
- 6) 56% wagowo – za rok 2026;
- 7) 57% wagowo – za rok 2027;
- 8) 58% wagowo – za rok 2028;
- 9) 59% wagowo – za rok 2029;
- 10) 60% wagowo – za rok 2030;
- 11) 61% wagowo – za rok 2031;
- 12) 62% wagowo – za rok 2032;
- 13) 63% wagowo – za rok 2033;
- 14) 64% wagowo – za rok 2034;
- 15) 65% wagowo – za rok 2035 i za każdy kolejny rok.

Wyżej wymienione poziomy przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych oblicza się jako stosunek masy odpadów komunalnych przygotowanych do ponownego użycia i poddanych recyklingowi do masy wytworzonych odpadów komunalnych. Co ważne przy obliczaniu poziomu przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych nie uwzględnia się innych niż niebezpieczne odpadów budowlanych i rozbiórkowych stanowiących odpady komunalne.

Powyższe przepisy krajowe są co do kierunku zgodnie z obowiązującymi **dyrektywami europejskimi**. Nowe ustawodawstwo UE priorytetowo traktuje działania mające istotne

znaczenie dla rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym, tj. dotyczące zapobiegania powstawania odpadów, ponownego użycia produktów i recyklingu. Zgodnie z art. 1 pkt 12 lit c dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniającej dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów (tzw. dyrektywę ramową) (Dz.Urz.UE.L.150 z 14.06.2018, str. 109), aby zapewnić zgodność z celami niniejszej dyrektywy oraz przejść na europejską gospodarkę o obiegu zamkniętym o wysokim poziomie efektywnego wykorzystania zasobów, państwa członkowskie przyjmują środki służące do osiągnięcia następujących celów:

- 1) do 2025 r. przygotowanie do ponownego użycia i recykling odpadów komunalnych zostaną zwiększone wagowo do minimum 55 %;
- 2) do 2030 r. przygotowanie do ponownego użycia i recykling odpadów komunalnych zostaną zwiększone wagowo do minimum 60 %;
- 3) do 2035 r. przygotowanie do ponownego użycia i recykling odpadów komunalnych zostaną zwiększone wagowo do minimum 65 %.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/852 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 94/62/WE w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych (Dz.Urz.UE.L.150 z 14.06.2018, str. 141) wprowadza w art. 1 pkt 5 lit. a wymagania, zgodnie z którymi aby zrealizować cele dyrektywy państwa członkowskie podejmują niezbędne środki w celu osiągnięcia następujących wielkości docelowych na całym swoim terytorium:

- 1) nie później niż do dnia 31 grudnia 2025 r. co najmniej 65% wagowo wszystkich odpadów opakowaniowych zostanie przygotowane do ponownego użycia i poddane recyklingowi;
- 2) nie później niż do dnia 31 grudnia 2030 r. co najmniej 70% wagowo wszystkich odpadów opakowaniowych zostanie przygotowane do ponownego użycia i poddane recyklingowi.

Zgodnie z art. 1 pkt 5 lit. d dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/850 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniającej dyrektywę 1999/31/WE w sprawie składowania odpadów (Dz.Urz.UE.L.150 z 14.06.2018, str. 100) państwa członkowskie podejmują środki niezbędne do zagwarantowania, by do 2035 r. zmniejszyć ilość składowanych odpadów komunalnych do nie więcej niż 10 % całkowitej ilości (według masy) wytwarzanych odpadów komunalnych.

### 3.2 Wymagania najlepszych dostępnych technik (BAT)

Zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/EU z 24.11.2010 r. w sprawie emisji przemysłowych BAT (najlepsze dostępne techniki) oznacza najbardziej efektywny i zaawansowany etap rozwoju i metod prowadzenia danej działalności, który wskazuje możliwe wykorzystanie poszczególnych technik jako podstawy przy ustalaniu dopuszczalnych wielkości emisji i innych warunków pozwolenia mających na celu zapobieganie powstawaniu, a jeżeli nie jest to możliwe, ograniczanie emisji i oddziaływania na środowisko jako całość. *Techniki* obejmują zarówno stosowaną technologię, jak i sposób, w jaki dana instalacja jest projektowana, budowana, utrzymywana, eksploatowana i wycofywana z eksploatacji. *Dostępne techniki* oznaczają techniki o takim stopniu rozwoju, który pozwala na ich wdrożenie w danym sektorze przemysłu, zgodnie z istniejącymi warunkami ekonomicznymi i technicznymi, z uwzględnieniem kosztów i korzyści, nawet jeżeli techniki te nie są wykorzystywane lub nie zostały opracowane w danym państwie członkowskim, o ile są one dostępne dla operatora. *Najlepsze* oznacza najbardziej efektywne w osiągnięciu wysokiego ogólnego poziomu ochrony środowiska jako całości.

Wyróżnia się dwa dokumenty: **dokument referencyjny BAT (BREF)** oraz **konkluzje BAT**. *Dokument referencyjny* (BREF) jest to dokument będący wynikiem wymiany informacji, sporządzony dla określonych rodzajów działalności i opisujący zwłaszcza stosowane techniki, aktualne poziomy emisji i konsumpcji, techniki uwzględniane przy okazji ustalania najlepszych dostępnych technik, a także konkluzje dotyczące BAT oraz wszelkie nowe techniki. *Konkluzje dotyczące BAT* to dokument zawierający elementy dokumentu referencyjnego BAT i formułujący konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik, ich opisu, informacji służącej ocenie ich przydatności, poziomów emisji powiązanych z najlepszymi dostępnymi technikami, powiązanego monitoringu, powiązanych poziomów konsumpcji oraz, w stosownych przypadkach, odpowiednich środków remediacji terenu. Poziomy emisji powiązane z BAT oznaczają różne poziomy emisji uzyskiwane w normalnych warunkach eksploatacji z wykorzystaniem najlepszej dostępnej techniki opisane w konkluzjach BAT, wyrażone jako średnia w danym okresie w określonych warunkach odniesienia. Należy zwrócić uwagę, że Wymagania wynikające z BREF mają charakter wytycznych i nie są prawnie wiążące (ale organy administracyjne powinny je brać pod uwagę przy wydawaniu pozwolenia), natomiast Decyzja Komisji w sprawie konkluzji BAT stanowi bezpośrednią podstawę wydawania decyzji pozwolenia zintegrowanego (A. Skorupińska, 2013).

### 3.2.1 *Dokument referencyjny (BREF)*

W 2018 r. ukazała się ostateczna wersja dokumentu referencyjnego „**Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment** [Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)]. Zgodnie z tabelą 4.17. (numeracja wg 2010/75/EU) wskazane są najczęściej stosowane technologie fermentacji beztlenowej wraz z typowym dla nich rodzajem wsadu (INPUT-u).

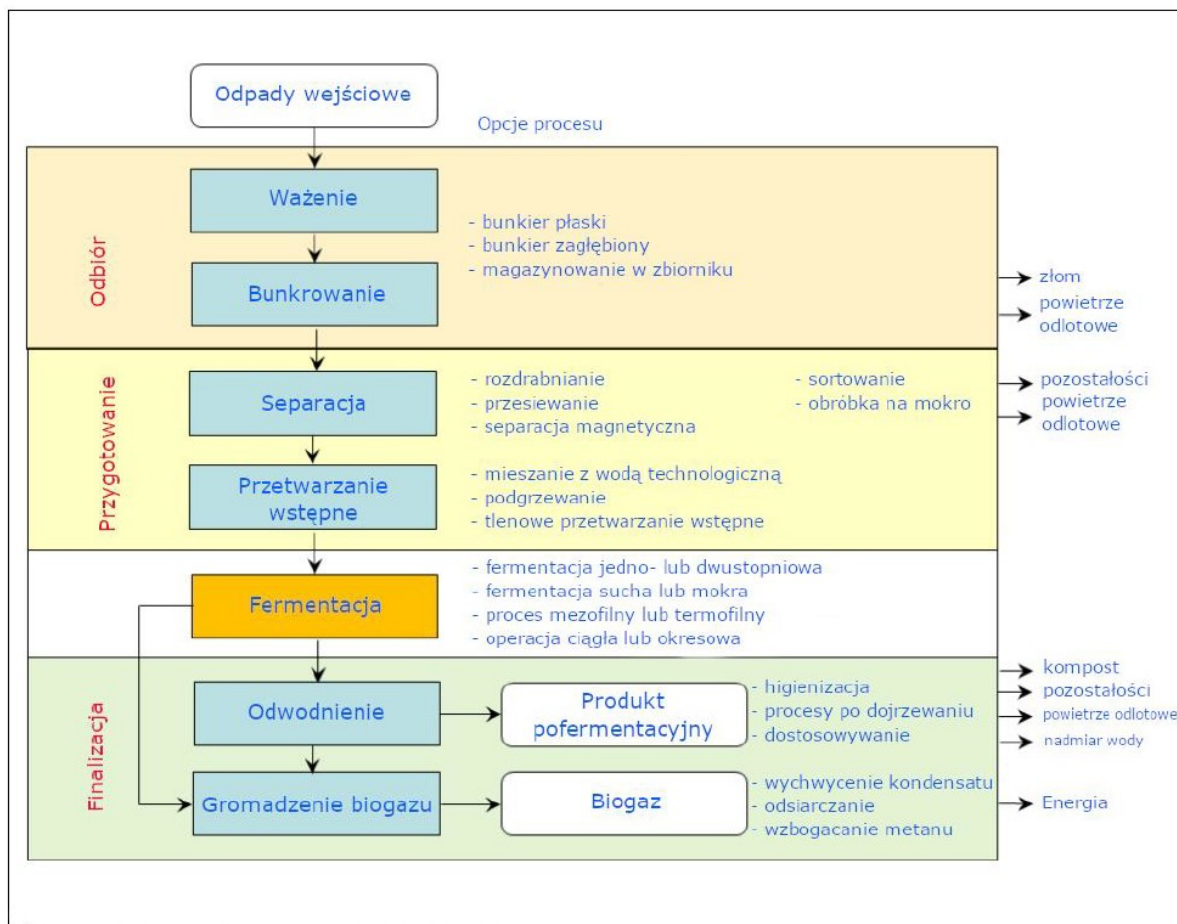
**Tabela 3.1** Technologie fermentacji beztlenowej [tab. 4.17 2010/75/EU]

Rodzaj technologii	Opis	Wsad (Input)
<b>fermentacja mokra</b>	Stałe bioodpady miesza się z wodą procesową lub z odpadami ciekłymi w celu przygotowania rozcieńczonego surowca do wprowadzania do komory fermentacyjnej. Ciekłe bioodpady mogą być używane bezpośrednio. W innych technologiach mokrej fermentacji odpady stałe podawane są bezpośrednio do komory fermentacyjnej (podajnik ślimakowy), a zawartość suchej masy jest regulowana w warniku.	Proces może być stosowany do odpadów z gospodarstw domowych, przemysłowych, z handlu i bioodpadów rolniczych oraz obornika i roślin energetycznych.
<b>Fermentacja sucha ciągła</b>	Komora fermentacji jest zasilana w sposób półciągły substratem zawierającym 15–40% suchej masy. Istnieją pionowe i poziome komory fermentacyjne.	Proces może być wykorzystywany w bioodpadach domowych, przemysłowych, handlowych i rolniczych oraz we frakcji organicznej zmieszanych odpadów z gospodarstw domowych.
<b>Fermentacja sucha okresowa (perkolacyjna)</b>	Partię zaszczerpia się fermentatem z innego reaktora i pozostawia do strawienia bez dalszego mieszania. Odcieki są recyrkulowane w celu poprawy kontaktu między lokalnie utworzonymi kwasami organicznymi a bakteriami metanowymi.	Proces ten jest powszechnie stosowany do zmieszanych odpadów kuchennych i ogrodowych o znacznej zawartości materiałów strukturalnych. Inne zastosowania to obornik i rośliny energetyczne.



Poniższy rysunek przedstawia przykładowy układ zakładu fermentacji wg „**Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment** [Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)]

**Rysunek 3.1** Przykładowy układ zakładu fermentacji [Figure 4.4 2010/75/EU]



### 3.2.2 Konkluzje BAT

Istotna dla zakładów przetwarzania odpadów jest Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2018/1147 z dn. 10 sierpnia 2018 r. **ustanawiająca konkluzje dotyczące dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do przetwarzania odpadów zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/EU** (notyfikowana jako dokument nr C(2018)5070). Decyzja jest wiążąca dla tych podmiotów, do których jest skierowana (może to być np. państwo UE lub pojedyncze przedsiębiorstwo), i jest stosowana bezpośrednio (źródło: [https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts\\_p](https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts_p)).

Techniki wymienione i opisane w konkluzjach nie mają ani nakazowego, ani wyczerpującego charakteru. Dopuszcza się stosowanie innych technik, o ile zapewnią one co najmniej równoważny poziom ochrony środowiska.

Konkluzje obejmują 53 BAT'y odnoszące się do zarządzania, zbiórki odpadów, standardów emisyjnych do wód, powietrza, kwestii odorowych, hałasu, wibracji, kryteriów dla magazynowania odpadów, części mechanicznej zakładu, części biologicznej (w tym kompostowania i fermentacji), instalacji MBP, przetwarzania fizyko-chemicznego. Dla

biologicznego przetwarzania odpadów odnoszą się BATy od 33 do 39. Poniżej podano główne wytyczne ww. BATów.

#### BAT 33. Ogólny

Zalecenie odnośnie odpowiedniego przygotowania odpadów do procesu przetwarzania, celem ograniczenia emisji odorów. Należy włożyć wysiłek w kontrolę przyjmowanych odpadów oraz ich przesortowywanie. Wsad do procesu powinien charakteryzować się odpowiednim stosunkiem składników pokarmowych, wilgotności lub toksycznych związków, które ograniczają rozkład biologiczny.

#### BAT 34. Emisje do powietrza

Celem ograniczenia emisji zorganizowanej do powietrza pod postacią pyłów, związków organicznych i odorów, w tym  $H_2S$  i  $NH_3$  należy stosować jedną z poniższych technik lub ich kombinację:

1. Adsorpcja: np. na węglu aktywnym celem ograniczenia rtęci, LZO,  $H_2S$  i odorów;
2. Biofiltr: celem ograniczenia amoniaku, LZO,  $H_2S$  i odorów;

Przy dużych stężeniach amoniaku ( $5-40 \text{ mg/Nm}^3$ ) celem kontrolowania pH i ograniczania tworzenia  $N_2O$  w biofiltrze, może być konieczne wstępne podczyszczanie gazów przy wykorzystaniu płuczki wodnej lub kwaśnej. Związki odorowe tj. merkaptany i  $H_2S$  mogą powodować zakwaszanie biofiltra i wymagają użycia płuczki wodnej lub płuczki zasadowej do wstępnego podczyszczania gazów przed biofiltrem.

3. Filtry tkaninowe: celem ograniczenia pyłów, stosowane przy MBP;
4. Spalanie: celem ograniczenia LZO;
5. Płuczka zasadowa lub kwaśna: celem ograniczenia pyłów, LZO, kwaśnych lub alkalicznych związków;

Wymagane poziomy ograniczenia zorganizowanej emisji do powietrza:

- dla amoniaku:  $0,3 - 20 \text{ mg/Nm}^3$  dla biologicznego przetwarzania
  - \* monitoring: raz na pół roku, w zastępstwie możliwy monitoring odorów;
- dla odorów:  $200 - 1000$  jednostek odorowych/ $\text{Nm}^3$  dla biologicznego przetwarzania
  - \* monitoring: raz na pół roku, w zastępstwie możliwe badanie stężenia  $NH_4$  i  $H_2S$ ;
- dla pyłów:  $2-5 \text{ mg/Nm}^3$  dla MBP
  - \* monitoring: raz na pół roku;
- dla całkowitego lotnego węgla organicznego:  $5-40 \text{ mg/Nm}^3$  dla MBP (najniższe wartości uzyskuje się przy spalaniu)
  - \* monitoring: raz na pół roku;

#### BAT 35. Emisje do wody

W celu ograniczenia wytwarzania ścieków należy stosować wszystkie 3 poniższe elementy:

1. Oddzielanie poszczególnych rodzajów ścieków:  
Wody odciekowe z kompostowania powinny być osobno ujęte i nie wymieszane z wodami opadowymi i roztopowymi.
2. Recyrkulacja wód:  
Zawracanie wody procesowej (np. z odwadniania materiału pofermentacyjnego) lub wykorzystywanie w jak największym stopniu innych strumieni wody np. wód opadowych, przy jednoczesnym ograniczeniu wynikającym np. z dużej zawartości zanieczyszczeń w zawracanych wodach.
3. Minimalizacja wytwarzanych wód odciekowych:  
Optymalizacja zawartości wilgoci w kompostowanych odpadach.

#### BAT 36. Ogólny dla kompostowania

Kontrola kluczowych parametrów odpadów i parametrów procesu:

- charakterystyka wejściowa odpadów np. C/N, rozmiar frakcji;
- kontrola temperatury i wilgotności w różnych punktach pryzmy;
- napowietrzanie pryzmy (np. przerzucanie, badanie stężenia O<sub>2</sub> i/lub CO<sub>2</sub>, kontrola temperatury powietrza w przypadku mechanicznego napowietrzania);
- porowatość pryzmy, jej wysokość i szerokość;

W przypadku kompostowania w reaktorach można odstąpić od kontroli wilgotności odpadów, jeśli niesie to za sobą zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia. W takim przypadku kontrola wilgotności może odbywać się przez załadunkiem odpadów oraz po opuszczeniu reaktora.

#### BAT 37. Odory i emisja rozproszona do powietrza

W celu ograniczenia rozproszonej emisji z pyłów, odorów i bioaerozoli generowanej na wolnym powietrzu, należy stosować jedną lub obie z poniższych technik:

1. Stosowanie półprzepuszczalnych membran na pryzmach otwartych.
2. Dostosowywanie procesu kompostowania do warunków meteorologicznych.
  - Podczas podejmowania działań związanych z kompostowaniem należy brać pod uwagę warunki pogodowe i ich prognozy. Powinno się unikać formowania i przerzucania pryzm, przesiewania lub rozdrabniania odpadów w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych takich jak zmienny wiatr lub jego kierunek w stronę wrażliwych punktów otoczenia.
  - Ułożenie pryzm odpadów powinno następować tak, aby najmniejsza możliwa część pryzmy była wystawiona na działanie wiatru, zmniejsza to rozproszenie zanieczyszczeń. Pryzmy odpadowe najlepiej sytuować w obniżeniach w obrębie ogólnego układu terenu.

#### BAT 38. Emisja do powietrza dla procesów fermentacji

Kontrola kluczowych parametrów wsadu i parametrów procesu. Wdrożenie ręcznego lub automatycznego systemu monitoringu w celu:

- zapewnienia stabilnej pracy komory fermentacyjnej;
- minimalizacji trudności eksploatacyjnych, takich jak wytwarzanie piany, które może prowadzić do emisji odorów;
- wczesnego ostrzegania o awariach systemu, które mogą prowadzić do utraty szczelności i możliwego wybuchu;

W związku z powyższym należy monitorować i/lub kontrolować kluczowe parametry odpadów i procesów, np.:

- pH i alkaliczność wsadu do komory;
- temperaturę w komorze fermentacyjnej;
- załadunek i obciążenie komory;
- koncentrację lotnych kwasów tłuszczowych i amoniaku w komorze fermentacyjnej oraz w pofermentacie;
- ilość biogazu, jego skład (np. H<sub>2</sub>S) i ciśnienie;
- poziomy cieczy i piany w komorze

#### BAT 39. Emisja do powietrza dla procesów MBP

W celu ograniczenia emisji do powietrza należy stosować jednocześnie 2 poniższe elementy:

1. Rozdzielanie strumieni gazów odlotowych;  
Rozdział całkowitego strumienia gazów na strumienie gazów o wysokiej zawartości zanieczyszczeń i strumieni gazów o niskiej zawartości zanieczyszczeń.

Charakterystyka gazów odlotowych powinna obejmować:

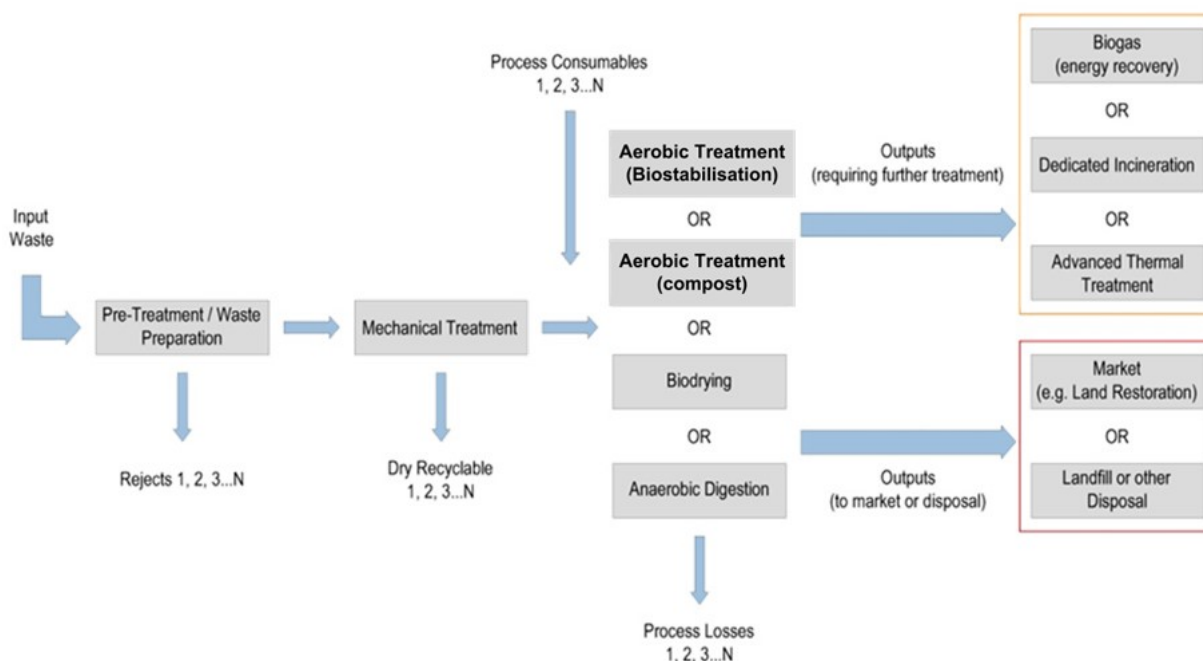
- średnie wartości i zmienność przepływu i temperatury;
- średnie stężenia i wartości obciążeń odpowiednich substancji i ich zmienność (np. związki organiczne, PCB)
- palność, niższe i wyższe granice wybuchowości, reaktywność;
- obecność innych substancji, które mogą wpływać na system oczyszczania gazów lub bezpieczeństwo pracy (np. tlen, azot, para wodna, pył).

## 2. Recykulacja gazów odlotowych;

Recykulacja gazów o niskiej zawartości zanieczyszczeń w procesie biologicznym, a następnie oczyszczanie gazów odlotowych dostosowane do wysokości zawartych stężeń.

Wykorzystanie gazów w procesie biologicznym może być ograniczone przez temperaturę gazów i/lub zawartość zanieczyszczeń. Może być konieczne skroplenie pary wodnej zawartej w gazie odlotowym przed ponownym użyciem. W takim przypadku konieczne jest chłodzenie, a skroplona woda jest recykulowana, o ile to możliwe lub poddana zostaje oczyszczeniu przed odprowadzeniem.

**Rysunek 3.2** Przepływ odpadów przez proces MBP



W trakcie eksploatacji instalacji bardzo ważną kwestią jest zarządzanie i stały nadzór. O istocie tej kwestii świadczy określenie poprawy ogólnej efektywności środowiskowej, o którym mowa w BAT 1. Istotne elementy systemu zarządzania to m.in.:

- zaangażowanie kierownictwa, planowanie i ustalanie procedur, celów w powiązaniu z planami finansowymi i inwestycjami,
- wdrażanie procedur ze szczególnym uwzględnieniem: odpowiedniej rekrutacji, szkoleń, podnoszenia kwalifikacji, komunikacji, zaangażowania pracowników, prowadzenia odpowiedniej dokumentacji,

- plan zarządzania dotyczący przetwarzania odpadów mający na celu minimalizację powstawania balastu, optymalizację i maksymalizację recyklingu i ponownego wykorzystania surowców oraz zapewnienie prawidłowego unieszkodliwiania odpadów balastowych, w kontekście wielkości i jakości strumieni odpadów kierowanych do zakładu,
- wdrażanie procedur związanych z eksploatacją instalacji – skutecznego sterowania procesem, planu przeglądów technicznych, konserwacji, reagowanie w przypadkach awaryjnych (plany awaryjne),
- kontrola funkcjonowania instalacji i podejmowanie działań korygujących (monitoring, pomiary, ewidencja),
- pomiary i monitoring parametrów emisyjnych w zakresie minimalizacji oddziaływania na środowisko;
- śledzenie rozwoju nowych technologii i możliwości ich wykorzystania pod względem technicznym, ekonomicznym, środowiskowym,
- regularne prowadzenie analiz porównawczych procesów i praktyk stosowanych w zakładzie, do stosowanych w przedsiębiorstwach uważanych za najlepsze (tzw. benchmarking) w poszczególnych sektorach,
- niezależne audyty w celu ustalenia, czy eksploatacja jest zgodna z zaplanowanymi ustaleniami, a procedury prawidłowo wdrożone i utrzymywane.

### 3.3 Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2022

Zgodnie z ogłoszonym **Krajowym Planem Gospodarki Odpadami 2022** (Uchwała nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022) przyjęto m.in. następujące kierunki działań:

- modernizacja technologii w MBP - po modernizacji część mechaniczna w tych instalacjach ma służyć do efektywnego wysortowania odpadów surowcowych i doczyszczania odpadów wysegregowanych u źródła, natomiast część biologiczna ma być wykorzystywana do kompostowania lub fermentacji bioodpadów i odpadów zielonych;
- dążenie do maksymalnego zwiększenia masy odpadów komunalnych poddawanych recyklingowi, w tym promowanie i realizacja działań na rzecz przygotowania do ponownego użycia oraz recyklingu nadających się do tego produktów lub materiałów wydzielonych ze strumienia odpadów komunalnych;
- realizacja badań w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi, między innymi badania dotyczące analizy składu morfologicznego odpadów oraz właściwości fizycznych i chemicznych odpadów;
- organizowanie i prowadzenie działań edukacyjno-informacyjnych zarówno na szczeblu ogólnokrajowym, jak i gminnym;
- wdrożenie odpowiedniego systemu selektywnego zbierania i odbierania odpadów u źródła co najmniej następujących frakcji odpadów komunalnych:
  - papier i tektura,
  - metale, tworzywa sztuczne, opakowania wielomateriałowe,
  - szkło,
  - popiół,
  - bioodpady, w tym odpady zielone;

Ponadto wskazanym kierunkiem działania jest:

- a) oddzielne zbieranie papieru i tektury oraz oddzielnie szkła opakowaniowego, aby zapobiec ich zanieczyszczeniu (dzięki temu surowce te będzie cechować należyta jakość i tym samym możliwość poddania ich recyklingowi),
- b) gromadzenie i transport odpadów zebranych selektywnie w sposób zapobiegający ich zmieszaniu;

W chwili obecnej (faza projektu) trwają prace nad **załącznikiem do KPGO** o roboczej nazwie „**Ocena luki inwestycyjnej (potrzeb inwestycyjnych) w kraju w zakresie zapobiegania powstawaniu odpadów oraz gospodarowania odpadami w związku z nową unijną perspektywą finansową 2021-2027 oraz informacje o źródłach dochodów dostępnych w celu pokrycia kosztów eksploatacji i utrzymania**”. Dokument został opracowany przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy i zawiera, jak w tytule, ocenę potrzeb inwestycyjnych (luki inwestycyjnej) w kraju w zakresie zapobiegania powstawaniu odpadów i gospodarowania odpadami w związku z nową perspektywą finansową 2021-2027 oraz informację o źródłach dochodów dostępnych w celu pokrycia kosztów eksploatacji i utrzymania instalacji do zagospodarowania odpadów. W projekcie dokumentu, który ma stanowić załącznik do KPGO, określono potrzebne inwestycje w zakresie gospodarki odpadami i zapobiegania powstawaniu odpadów, zgodnie z hierarchią sposobów postępowania z odpadami, wraz z szacunkowymi kosztami niezbędnymi na ich realizację w dwóch perspektywach czasowych, tj. krótkookresowej do 2028 r. i długookresowej do 2034 r.

Z dokumentu wynika między innymi że w celu zapewnienia możliwości sortowania (doczyszczania) selektywnie zebranych odpadów powinno do 2028 r. powstać około 200 sortowni selektywnie zebranych odpadów każda o przepustowości 10 000 Mg/rok/1 zm. (przy pracy dwuzmianowej). Jednocześnie przyjęto, że średni koszt budowy takiej sortowni to ok. 31 mln zł brutto.

W projekcie załącznika do KPGO określono również m.in. brakującej wydajności instalacji do kompostowania bioodpadów. Luka inwestycyjna dla części biologicznej do przetwarzania bioodpadów z selektywnego zbierania została określona na ok. 1,7 mln Mg/rok dla roku 2028 i 2,1 mln Mg/rok dla roku 2034. Co ciekawe w chwili obecnej na podstawie danych za rok 2018, z uwagi na niski poziom selektywnego zbierania bioodpadów (rozpoczęcie wdrażania systemu selektywnej zbiórki bioodpadów), występują jeszcze wolne moce przerobowe w wielkości ok. 0,5 mln Mg/rok. Jest to jednak okres wdrażania systemu selektywnej zbiórki bioodpadów i w najbliższych latach spodziewać należy się ich radykalnego wzrostu.

## 4. UWARUNKOWANIA PRZYJĘTE DO OPRACOWANIA KONCEPCJI

### 4.1 Założenia przyjęte w Koncepcji

Zgodnie z wymaganiami określonymi przez Zamawiającego oraz na podstawie doświadczenia autorów Koncepcji, w opracowaniu przyjęto następujące założenia:

1. Koncepcja opracowana została dla instalacji fermentacji metanowej odpadów komunalnych wraz z niezbędną infrastrukturą.
2. Parametry instalacji fermentacji (jej wydajność): **do 15 tys. ton/rok**, z możliwością rozbudowy o kolejne fermentery (do wydajności 30 tys. ton/rok) – poprzez wskazanie ewentualnej rezerwy terenu.
3. Koncepcja opracowana została dla lokalizacji wskazanej przez Inwestora – dz. nr 185 obręb Świdry, gmina Giżycko, powiat giżycki, położona w sąsiedztwie istniejącego ZUOK Spytkowo.
4. Zgodnie z wymaganiami Inwestora, na terenie działki nr 185 obręb Świdry należy pozostawić rezerwę terenu na planowaną farmę fotowoltaiczną oraz na Punkt Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych (PSZOK). Dodatkowo w ramach niniejszej Koncepcji rozważana była możliwość zlokalizowania hali sortowni odpadów selektywnie zebranych (jako rezerwa terenu).
5. Koncepcja opracowana została dla dwóch wariantów technologicznych fermentacji wskazanych przez Inwestora:
  - **wariant W1** – przewidujący fermentację suchą, poziomą, **ciągłą** wraz z kompostownią i pozostałą niezbędną infrastrukturą;
  - **wariant W2** – przewidujący fermentację suchą, poziomą, **okresową (perkolacyjną/garażową)** wraz z kompostownią i pozostałą niezbędną infrastrukturą;

Kolejne stopnie przetwarzania odpadów nie różnią się w wariantach i obejmują: napowietrzane tunele kompostowe i plac kompostowy.

6. Według danych Inwestora w 2021 roku do ZUOK Spytkowo przyjęto następujące ilości odpadów biodegradowalnych selektywnie zebranych:
  - o kodzie 20 02 01 - **4 267,4 Mg**;
  - o kodzie 20 01 08 - **3 787,0 Mg**;
  - o kodzie 16 03 80 - **2,8 Mg**,co daje łącznie **8 057,2 Mg**.
7. Wstępnie przewidywany przez Inwestora strumień odpadów przyjmowany w przyszłości do zakładu obejmuje:
  - odpady zielone o kodzie 20 02 01 - ok. **8 tys. Mg**;
  - odpady kuchenne o kodzie 20 01 08 - ok. **5 tys. Mg**;
  - pozostałe odpady biodegradowalne selektywnie zebrane jako uzupełnienie (w tym z przemysłu) - ok. **3 tys. Mg**;co daje łącznie ok. **16 tys. Mg** odpadów przyjmowanych do zakładu.  
Dodatkowo dopuszcza się (w zależności od możliwości danej technologii) przyjęcie odpadów biodegradowalnych selektywnie zebranych płynnych i półpłynnych w ilości do ok. **2,3 tys. Mg**. Dla wariantu fermentacji okresowej przyjęto także konieczność

- dodawania do II stopnia recyklingu organicznego – kompostowania, struktury w ilości ok. **3 tys. Mg**, na którą składać się mogą zarówno odpady jak też produkty.
8. Przez bioodpady rozumie się ulegające biodegradacji odpady z ogródków i parków, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych (w tym mięsne), gastronomii, zakładów zbiorowego żywienia, jednostek handlu detalicznego, a także porównywalne odpady z zakładów produkujących lub wprowadzających do obrotu żywność oraz odpady pokrewne.
  9. Przetwarzanie powinno zapewnić higienizację odpadów, zgodnie z wymaganiami prawa (w tym Rozporządzenia UE 2019/1009 z dnia 5 czerwca 2019), już w pierwszym etapie – w procesie fermentacji, bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń higienizujących.
  10. W ramach niniejszej Koncepcji nie były rozważane źródła oraz ilości pochodzenia przyjmowanych bioodpadów zbieranych selektywnie.
  11. Na potrzeby niniejszej Koncepcji nie przeprowadzono badań produktywności biogazu dla poszczególnych frakcji biodegradowalnych potencjalnie dodawanych do procesu fermentacji (wg normy VDI 4630); Zamawiający dysponuje natomiast informacjami o strukturze odpadów biodegradowalnych przyjmowanych do zakładu. Zalecane jest przeprowadzenie przez Zamawiającego tego typu badań celem potwierdzenia rozwiązań technologicznych zawartych w koncepcji.
  12. Planowana instalacje nie jest ujęta w aktualnie obowiązującym Planie Inwestycyjnym stanowiącym załącznik do Planu Gospodarki Odpadami dla Województwa warmińsko-mazurskiego. Jednocześnie należy zaznaczyć, że art. 35. ust. 9 ustawy o odpadach, umożliwia finansowanie z funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej i funduszy europejskich inwestycji z zakresu recyklingu, pomimo braku odniesienia w Planie Inwestycyjnym WPGO. Obecnie trwają prace nad aktualizacją wojewódzkiego planu gospodarki odpadami na lata 2022-2028, które zakończyć powinny się po ukazaniu Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2028.
  13. Przyjęto pracę instalacji (przygotowanie wsadu) na jedną zmianę przez 250 dni w roku (5-dniowy tydzień pracy), przy efektywnym czasie pracy 6,5 h na dzień. Ewentualna rozbudowa wiązać się będzie z pracą przygotowania wsadu na dwie zmiany.

#### 4.2 Warunki lokalizacyjne inwestycji

Przedmiotowy ZUOK Spytkowo zlokalizowany jest w miejscowości Spytkowo 69, w gminie Giżycko, powiecie giżyckim, województwie warmińsko-mazurskim.

#### ZAKŁAD UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH SPYTKOWO SP. Z O.O.

Spytkowo 69

11-500 Giżycko

Wpis pod numerem <b>KRS</b> :	<b>0000346147</b>
Numer Identyfikacji Podatkowej <b>NIP</b> :	<b>8451958301</b>
Numer <b>BDO</b>	<b>000012919</b>



Lokalizacja inwestycji wskazana przez Inwestora, planowana jest w sąsiedztwie istniejącego ZUOK Spytkowo – dz. nr 185 obręb Świdry, gmina Giżycko, powiat giżycki, o łącznej powierzchni 3,3651 ha.

Zgodnie z mapą ewidencyjną obszar przedsięwzięcia w przewadze zlokalizowany jest na terenie pokrytym przez pastwiska PsVI oraz w mniejszej części PsV i PsIV. Obecnie teren pod planowaną inwestycję użytkowany jest zgodnie z przeznaczeniem – łąki/pastwiska.

**Rysunek 4.1** Ortofotomapa terenu realizacji inwestycji oraz terenu sąsiadującego



źródło: <https://mapy.geoportal.gov.pl/>

Obszar planowanej inwestycji nie jest objęty ustaleniami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

Zgodnie z wymaganiami Inwestora, na terenie działki nr 185 obręb Świdry należy pozostawić rezerwę terenu na planowaną farmę fotowoltaiczną oraz na Punkt Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych (PSZOK). Dodatkowo w ramach niniejszej Koncepcji rozważana była możliwość zlokalizowania hali sortowni odpadów selektywnie zebranych (jako rezerwa terenu).

#### **4.3 Podstawowa charakterystyka ZUOK Spytkowo**

W celu realizacji zadań publicznych w dziedzinie gospodarki odpadami polegających na przetwarzaniu odpadów komunalnych, Mazurski Związek Międzygminny – Gospodarka Odpadami (dalej „Związek Międzygminny” lub „MZMGO”) powołał w dniu 7 grudnia 2009r. spółkę pod nazwą: Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Komunalnych Spytkowo Spółka z o.o., której wyłącznymi właścicielami są gminy wchodzące w skład Mazurskiego Związku. W skład Związku wchodzi gminy: Banie Mazurskie, Budry, Miasto Giżycko, Gm. Giżycko, Kruklanki, Miłki, Orzysz, Pozezdrze, Ryn, Srokowo, Wydminy i Węgorzewo.

Budowę ZUOK Spytkowo zrealizowano w ramach projektu pn. "Regionalny system gospodarki odpadami - Ochrona Wielkich Jezior Mazurskich poprzez stworzenie kompleksowego systemu gospodarki odpadami". Projekt był realizowany od 4 czerwca 2010 r. do 26 listopada 2013 r. Całkowity koszt projektu to prawie 43,1 mln zł.

Dokładne rozpoznanie hydrogeologiczne stwierdziło, że pod obszarem lokalizacji zakładu znajduje się naturalna warstwa nieprzepuszczalnych glin o grubości powyżej 25 m. Pomimo tego pod kwaterą składowiskową została ułożona warstwa mineralna glin i dodatkowo

twardych folii. Natomiast wody opadowe są zbierane w odpowiednich basenach i poddawane oczyszczaniu.

Proces budowy zakładu odbywał się dwutorowo. Oddzielnie realizowano budowę hali sortowni, innych budynków wraz z infrastrukturą towarzyszącą oraz dostawę i montaż linii technologicznych, równolegle budowane były moduły intensywnego kompostowania.

W lipcu 2013 roku ZUOK Spytkowo uzyskał tzw. pozwolenie zintegrowane, zaś 8 października zgodę na użytkowanie. ZUOK Spytkowo jest przystosowany do przyjmowania odpadów komunalnych od 150 tys. mieszkańców. Obecnie obsługuje teren 12 mazurskich gmin, zamieszkały przez około 100 tysięcy mieszkańców. W sezonie letnim, ze względu na wzmożony ruch turystyczny, ilość przyjmowanych odpadów znacząco wzrasta.

**Rysunek 4.2** Dokumentacja fotograficzna ZUOK Spytkowo



Źródło: mzmgo.mazury.pl



Źródło: www.zuokspytkowo.pl



Źródło: www.zuokspytkowo.pl

W Zakładzie przetwarzane są odpady na podstawie pozwolenia zintegrowanego na prowadzenie instalacji do składowania odpadów, z wyłączeniem odpadów obojętnych, o zdolności przyjmowania ponad 10 ton odpadów na dobę lub o całkowitej pojemności ponad 25 000 ton. Pozwolenie to zostało wydane 1 lipca 2013 r. przez Marszałka Województwa Warmińsko-Mazurskiego. W następnych latach Zakład uzyskiwał decyzje zmieniające ww. pozwolenie.

Obowiązujące pozwolenie zintegrowane określa m.in.:

- opis instalacji MBP, parametry techniczne i technologiczne, w tym: sortowni odpadów zmieszanych i pochodzących z selektywnej zbiórki oraz kompostowni,
- rodzaje i ilości odpadów niebezpiecznych i innych niż niebezpieczne, które mogły być wytworzone w ciągu roku oraz sposoby postępowania z tymi odpadami,
- zdolność produkcyjną instalacji do sortowania odpadów w części mechanicznej: 40 000 Mg/rok (komunalnych odpadów zmieszanych) i 7320 Mg/rok (selektywnie zebranych odpadów surowcowych),
- maksymalną wydajność kompostowni – 16 500 Mg/rok (w technologii Biodegma).

Zakład posiada też segment do przetwarzania odpadów komunalnych i demontażu odpadów wielkogabarytowych (przepustowość wynosi 74,5 Mg/rok/1 zmianę), a także magazyn do czasowego składowania odpadów niebezpiecznych oraz azbestowych, a także zużytego sprzętu RTV i AGD.

Całkowita objętość kwatery składowiskowej wynosi ok. 400 tys. m<sup>3</sup>. Wraz z budynkami administracyjno-socjalnymi, pomieszczeniami warsztatowo-garażowymi, placami i drogami wewnętrznymi, zakład obejmuje areal rzędu 6,26 ha.

Zakład nie prowadził zbiórki odpadów komunalnych od mieszkańców regionu. Zakład posiada umowę wykonawczą o świadczenie usług publicznych w zakresie gospodarki odpadami komunalnymi, zawartą ze Związkiem Międzygminnym w dniu 25 października 2013 r., na okres 10 lat. Reguluje ona zasady gospodarki odpadami komunalnymi pomiędzy Związkiem i spółką podległą. W umowie określono m.in. zakres terytorialny oraz zakres świadczenia usług przez ZUOK, parametry jakościowe i techniczne usług oraz podstawowe prawa i obowiązki stron. Ustalono także zasady wypłaty przez Związek rekompensaty, na wypadek wystąpienia deficytu wynikającego z działalności ZUOK. Zgodnie z zapisami tej umowy ZUOK został zobowiązany do świadczenia usług na terenie gmin należących do Związku i przyjmowania odpadów z tego terenu. Może też świadczyć usługi poza tym obszarem.

## 5. PODSUMOWANIE CHARAKTERYSTYKI TECHNOLOGII BIOLOGICZNEGO PRZETWARZANIA

W załączniku nr 1 przedstawiono analizę dostępnych technologii fermentacji i przeanalizowano przydatność dla potrzeb przedmiotowej lokalizacji. Technologie fermentacji mokrej wykluczono ze względu na spodziewane parametry wsadu (odpad „suchy”). Poniżej dla pełnej analizy porównawczej technologii suchych ciągłych oraz technologii suchych okresowych (perkolacyjnych) przedstawiono wybrane parametry porównawcze dla obu technologii.

Tabela 5.1 Wybrane parametry porównawcze technologii poziomych suchych, ciągłych i okresowych  
[opracowanie proGEO]

Lp.	Typ technologii	ZALETY (+)	WADY (-)
1	<b>Fermentacja sucha ciągła</b>	Referencyjne Zakłady pracujące na odpadach biodegradowalnych w Europie zachodniej.	Proces bardziej "wrażliwy" niż fermentacja perkolacyjna na źle przygotowany wsad (worki foliowe, fr. ciężka, szkło etc.) UWAGA! W praktyce i tak należy bardzo dobrze przygotować wsad (oczyścić) aby spełniał docelowo wymagania dla kompostu.
		Referencyjne Zakłady pracujące na odpadach zmieszanych w Europie zachodniej, Odpady zmieszane traktowane są jako frakcja znacznie trudniejsza do przefermentowania. Referencyjne zakłady pracujące na tym wsadzie gwarantują poprawność działania procesu na wsadzie z odpadów biodegradowalnych.	Konieczność zastosowania modułu odwadniania pofermentatu. UWAGA! Dobrze odwodniony pofermentat nie wymaga jego późniejszego mieszania ze strukturą, dodatkowo skróceniu ulega czas stabilizacji tlenowej.
		Efektywny czas produkcji biogazu - blisko 100%. W konsekwencji większa o ok. 20% produkcja biogazu z tony wsadu w stosunku do technologii fermentacji suchej okresowej.	
		Krótsze przetrzymanie w reaktorze: fermentacja sucha ciągła cykl ok. 18 dni, Automatyczny załadunek.	
		Możliwość zagospodarowania wód opadowych (wykorzystania w procesach technologicznych).	
		Mniejsze niż w fermentacji okresowej - prace budowlane (brak hal, galerii etc.).	
		Proces w zamkniętym reaktorze - minimalizacja ryzyka wybuchu (fermenter nie jest otwierany).	
		Proces ciągły, stabilna produkcja gazu o uśrednionym składzie.	
		Proces prowadzony w warunkach termofilowych – higienizacja wsadu i wykorzystanie odcieku jako nawóz płynny w przypadku pracy na selektywnie zbieranych odpadach kuchennych i z przemysłu gastronomicznego.	
		Zgodnie z opisem podstawowych dostępnych technologii (Konkluzje BAT, Draft 1, tab. 4.21. str. 407) – proces może być zastosowany dla bioodpadów z gospodarstw domowych, przemysłu, handlu i rolnictwa oraz frakcji organicznej ze zmieszanych odpadów	



2	<b>Fermentacja sucha, okresowa (perkolacyjna)</b>	komunalnych.	
		Ze względu na możliwość prowadzenia procesu w warunkach termofilowych następuje higienizacja odcieków, co w przypadku pracy na bioodpadach z selektywnej zbiórki daje zhygienizowany nawóz płynny.	
		Specyfika procesu tłokowego pozwala na wymieszanie odpadu w komorze co sprzyja uwalnianiu biogazu oraz pozwala utrzymać jednolitą temperaturę całego wsadu komory (lepiej higienizacja)	
		Możliwość dozowania reagentów do komory w trakcie trwania procesu.	
		Referencyjne Zakłady pracujące na odpadach biodegradowalnych w Europie zachodniej.	Efektywny czas produkcji biogazu - ok. 80% cyklu. W konsekwencji mniejsza o ok. 20% produkcja biogazu z tony wsadu w stosunku do technologii fermentacji suchej ciągłej
		Proces mniej "wrażliwy" na źle przygotowany wsad (worki foliowe, fr. ciężka, szkło etc.) UWAGA! W praktyce i tak należy bardzo dobrze przygotować wsad (oczyścić) aby spełniał docelowo wymagania dla kompostu. Dodatkowo nie dostatecznie oczyszczony wsad, może skutkować zanieczyszczeniem perkolatu i idąc dalej filtrów systemu zraszania.	
		Ze względu na wilgotność wsadu brak konieczności modułu odwadniania. UWAGA! Mniej odwodniony pofermentat trzeba jednak wymieszać ze strukturą oraz wydłużyć się proces stabilizacji tlenowej.	Dłuższe przetrzymanie w reaktorze cykl ok. 28 dni
		Ze względu na możliwość prowadzenia procesu w warunkach termofilowych następuje higienizacja odcieków, co w przypadku pracy na bioodpadach z selektywnej zbiórki daje zhygienizowany nawóz płynny. UWAGA! Dotyczy tylko wybranych dostawców.	Załadunek i wyładunek za pomocą ładowarki (brak automatyzacji) – koszty ładowarki i obsługi
		W przypadku zwiększonego zanieczyszczenia gazu możliwość "odcienia" komory i nie pogarszanie parametrów gazu już wyprodukowanego.	Konieczny bezwzględny reżim technologiczny – otwarcie komór i minimalizacja stref wybuchowych
		Mniejsze zapotrzebowanie na wodę do procesów technologicznych i w konsekwencji mniejsza produkcja odcieków do utylizacji.	W przypadku produkcji biogazu o zbyt niskich parametrach dla agregatów kogeneracyjnych (za dużo CO <sub>2</sub> i O <sub>2</sub> , za mało CH <sub>4</sub> ) istnieje ryzyko, że gaz będzie trudno zutylizować również na pochodni (zbyt mało CH <sub>4</sub> , zbyt dużo O <sub>2</sub> ). W konsekwencji gaz najpierw trafia do zbiornika biogazu, później na pochodnię a na końcu (gdy nie może być już spalony) na instalację oczyszczania powietrza
		Zgodnie z opisem podstawowych dostępnych technologii (Konkluzje BAT, Draft 1, tab. 4.21. str. 407) – proces jest powszechnie stosowany dla wymieszanych odpadów kuchennych i ogrodowych o znacznej zawartości materiału strukturalnego oraz obornika i roślin energetycznych	Konieczność budowania drugiego zbiornika perkolatu (alternatywnie budowa zbiornika dwukomorowego) w przypadku pracy na: frakcjach biodegradowalnych ze zmieszanych odpadów i bioodpadach z selektywnej zbiórki. Konieczność okresowego czyszczenia zbiornika i utylizacji perkolatu w okresach 2-3 lata.
			Ze względu na specyfikę procesu

			brak możliwości mieszania w komorze. Materiał nie wymieszany ma mniejszą zdolność do uwalniania biogazu oraz dodatkowo trudność utrzymania jednolitej temperatury wsadu (higienizacja)
			Skokowa produkcja biogazu o zmiennych parametrach jakościowych
			Możliwość kontaktu materiału wsadowego z pofermentatem (załadunek/wyładunek), a tym samym powtórne skażenia materiału, co ma szczególne znaczenie przy nastawieniu na produkcję kompostu
			Konieczność stosowania znacznie droższych urządzeń (przenośniki, napędy, ładowarka kołowa etc.) spełniających wymagania ATEX
			Brak możliwości dozowania reagentów do komory w trakcie trwania procesu.

Podsumowując porównanie technologii fermentacji suchych ciągłych oraz suchych okresowych (perkolacyjnych), w szczególności biorąc pod uwagę wytyczne BAT, można stwierdzić, że:

- fermentacja sucha ciągła może być stosowana dla bioodpadów domowych, jak też dla frakcji organicznej ze zmieszanych odpadów komunalnych;
- fermentacja sucha okresowa (perkolacyjna) stosowana jest raczej do odpadów kuchennych i ogrodowych o znacznej zawartości materiałów strukturalnych.

Analizując uwarunkowania realizacji instalacji fermentacji dla ZUOK Spytkowo oraz biorąc pod uwagę przedstawione powyżej porównanie technologii suchych ciągłych oraz suchych okresowych (perkolacyjnych), za poszczególnymi technologiami przemawiają następujące względy:

1) uwarunkowania wskazujące na technologię ciągłą poziomą:

- większa potencjalna produktywność biogazu z jednej tony odpadów;
- ciągła produkcja gazu;
- automatyzacja procesu;
- możliwość efektywnej pracy fermentera o wydajności nominalnej 15 000 Mg/rok na małym strumieniu odpadów (nawet ok. 50% wydajności);
- możliwość zwiększania produktywności biogazu poprzez dodawanie frakcji półpłynnych (np. tłuszczy, odp. restauracyjnych);
- aktualnie planowany strumień odpadów (selektywne odpady ulegające biodegradacji) jest rekomendowanym strumieniem do technologii fermentacji suchej ciągłej;

2) uwarunkowania wskazujące na technologię okresową (perkolacyjną):

- wykorzystanie kilku komór fermentacyjnych (w porównaniu do technologii ciągłej) powoduje mniejszą wrażliwość na awarię;
- niska wrażliwość na zanieczyszczenia strumienia odpadów prowadzonego do procesu - brak możliwości uszkodzenia fermentera oraz innych urządzeń

towarzyszących podczas załadunku i rozładunku odpadów o większych gabarytach czy zawierających m.in. odpady z metalu.

W niniejszym opracowaniu w kolejnych rozdziałach przedstawiono proponowane założenia koncepcyjne wraz z załącznikami graficznymi. Przy uwzględnieniu założeń (o szczegółowości odpowiadającej niniejszej analizie) oszacowano przepływy strumieni odpadów oraz efekty, nakłady i koszty. Na tej podstawie skalkulowano analizę efektywności ekonomicznej.

## 6. PROPONOWANE WARIANTY REALIZACJI INWESTYCJI

### 6.1 Podstawowa charakterystyka wariantów

Koncepcja przedstawia 2 warianty przetwarzania selektywnie zbieranych bioodpadów i innych odpadów biodegradowalnych - instalacje recyklingu organicznego, przewidujące:

- **wariant W1** – przewidujący fermentację suchą, poziomą, **ciągłą** wraz z kompostownią i pozostałą niezbędną infrastrukturą;
- **wariant W2** – przewidujący fermentację suchą, poziomą, **okresową (perkolacyjną)** wraz z kompostownią i pozostałą niezbędną infrastrukturą;

W każdym z wariantów przewiduje się realizację fermentacji (jako I stopnia recyklingu organicznego bioodpadów) plus napowietrzanych tuneli kompostowych (jako II stopnia recyklingu organicznego bioodpadów) oraz placu kompostowego (jako III stopnia recyklingu organicznego bioodpadów).

Przewiduje się także realizację fermentacji z wykorzystaniem obu frakcji pofermentatu (stałej i ciekłej) do celów nawozowych oraz realizację niezbędnej infrastruktury towarzyszącej.

Przyjęto następujące parametry instalacji: wydajność węzła fermentacji **do 15 tys. ton/rok**, ilość odpadów przyjmowana do Zakładu **do 16,2 tys. ton/rok**. Dodatkowo dopuszcza się (w zależności od możliwości danej technologii) przyjęcie odpadów biodegradowalnych selektywnie zebranych płynnych i półpłynnych w ilości do ok. **2,3 tys. ton/rok**. Dla wariantu fermentacji okresowej przyjęto także konieczność dodawania do II stopnia recyklingu organicznego – kompostowania, struktury w ilości ok. **3 tys. ton/rok**, na którą składać się mogą zarówno odpady jak też produkty.

### 6.2 Cele przedsięwzięcia

Celem głównym Projektu pn. „Budowa instalacji fermentacji metanowej odpadów komunalnych i innych odpadów ulegających biodegradacji dla ZUOK Spytkowo” jest:

**„Zmniejszenie ilości odpadów komunalnych podlegających składowaniu”**

Cel główny jest bezpośrednio związany z celem głównym priorytetu inwestycyjnego 6.1. II osi priorytetowej Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko tj. „Mniejsza ilość odpadów komunalnych podlegających składowaniu”.

Cel główny spełniony zostanie poprzez wykonanie szeregu czynności, dzięki którym osiągnięte zostaną również następujące cele szczegółowe:

- Zwiększenie ilości odpadów biodegradowalnych podlegających recyklingowi oraz unieszkodliwianiu innymi metodami niż składowanie;
- Zwiększenie ilości energii oraz biogazu produkowanych ze źródeł odnawialnych;
- Wzrost świadomości mieszkańców dotyczącej gospodarowania odpadami, w tym głównie w zakresie recyklingu odpadów biodegradowalnych
- Poprawa jakości środowiska naturalnego oraz życia mieszkańców w regionie poprzez zmniejszenie ilości odpadów na składowisku.



Przewiduje się, że do stacji fermentacji odpadów biodegradowalnych kierowany będzie strumień odpadów (stałych) o masie od **16 200 Mg w ciągu roku** (nie licząc odpadów półpłynnych i struktury). Zdecydowana większość tego strumienia poddana zostanie recyklingowi, co w konsekwencji przyczyni się do zredukowania masy odpadów przeznaczonej do składowania. Wydajność wężła fermentacji dla odpadów stałych wyniesie do **15 tys. Mg/rok**.

Podstawowym założeniem przedsięwzięcia jest prowadzenie procesu recyklingu organicznego odpadów (R3) zbieranych selektywnie. W tym celu przewiduje się utratę statusu odpadów i wytwarzanie produktu nawozowego. Nawet, jeśli w początkowym okresie, nie uzyska się certyfikatu, lub w późniejszym okresie nie cały produkt będzie objęty tym certyfikatem, to przewiduje się ewentualne zagospodarowanie odpadu o kodzie 19 05 03 np. do rekultywacji w procesie R10. Należy zaznaczyć, że nie przewiduje się aby prowadzony był proces unieszkodliwiania np. D8.

### 6.3 Zakres inwestycji

Przedsięwzięcie będzie polegać na budowie nowych obiektów gospodarowania bioodpadami komunalnymi i innymi odpadami ulegającymi biodegradacji zbieranymi selektywnie, na terenie: ZUOK Spytkowo, obejmujących:

#### 1) w wariantcie W1 (fermentacja ciągła):

- hala przygotowania (przyjęcia), w tym retencjonowania i podawania (1); w hali przygotowania wsadu prowadzone są między innymi następujące procesy: przyjęcia, retencjonowania, przygotowania (sortowania, rozdrabniania) i podawania odpadów do procesu fermentacji.
- fermentacja (układ fermenterów) o wydajności: **do 15 tys. Mg** w technologii ciągłej, suchej, poziomej (2) – jeden fermenter plus rezerwa na drugi,
- hala (moduł) odbioru / odwadniania pofermentatu (3a),
- Moduł oczyszczania powietrza (4):
  - hala płuczki i wentylatora (4a),
  - biofiltr (4b),
- moduł zagospodarowania biogazu (5):
  - zbiornik/zbiorniki odcieków (nawozu płynnego) o poj. łącznej do 3200 m<sup>3</sup> zintegrowane ze zbiornikiem biogazu (5a);
  - kolumna odsiarczająca wraz z pochodnią (5b);
  - jednostki kogeneracji - moduł CHP (5c);
- plac dojrzewania kompostu (6)
- kompostownia tunelowa (7) – 3 tunele kompostowe;
- place i drogi technologiczne (9),
- infrastruktura towarzysząca (zewewnętrzne uzbrojenie terenu, zbiorniki [w tym na wody deszczowe (10), odcieki (11)], wiaty/boksy magazynowe (12), budynek/kontenery socjalne (13), budynek/kontener wagowy i ochrony (14) z wagą najazdową (15) etc.),

#### 2) w wariantcie W2 (fermentacja okresowa):

- hala przygotowania (przyjęcia), w tym retencjonowania i podawania (1); w hali przygotowania wsadu prowadzone są między innymi następujące procesy: przyjęcia, retencjonowania, przygotowania (sortowania, rozdrabniania) i podawania odpadów do procesu fermentacji.

- fermentacja (układ fermenterów) o wydajności: **do 15 tys. Mg** w technologii okresowej, suchej, poziomej (2) – 8 komór fermentacji,
- zbiornik perkolatu i piaskownik (3b) – 2 szt.
- Moduł oczyszczania powietrza (4):
  - hala płuczki i wentylatora (4a),
  - biofiltr (4b),
- moduł zagospodarowania biogazu (5):
  - zbiorniki biogazu (5a);
  - kolumna odsiarczająca wraz z pochodnią (5b);
  - jednostki kogeneracji - moduł CHP (5c);
- plac dojrzewania kompostu (6)
- kompostownia tunelowa (7) – 8 tuneli kompostowych;
- hala korytarza technologicznego (8), wspólna dla fermentacji i kompostowni;
- place i drogi technologiczne (9),
- infrastruktura towarzysząca (zewnętrzne uzbrojenie terenu, zbiorniki [w tym na wody deszczowe (10), odcieki (11)], wiaty/boksy magazynowe (12), budynek/kontenery socjalne (13), budynek/kontener wagowy i ochrony (14) z wagą najazdową (15) etc.).

Warianty przewidują budowę fermentacji z wykorzystaniem powstającej frakcji stałej i ciekłej do celów nawozowych; z frakcją stałą poddawaną kompostowaniu w tunelach kompostowych i placu dojrzewania. Dodatkowo warianty uwzględniają zainstalowanie jednostek kogeneracji (CHP) w celu wykorzystania wyprodukowanej energii elektrycznej i ciepłej na potrzeby Zakładu i/lub na sprzedaż odbiorcom zewnętrznym.

Ze względu na położenie inwestycji na nowym terenie, na potrzeby planowanej inwestycji uwzględniono realizację między innymi następujących obiektów lub węzłów funkcjonalnych:

- zaplecze socjalne (korzystanie przez nowych pracowników obsługujących fermentację);
- węzeł ważenia i ewidencji przywożonych odpadów.

Na etapie realizacji (budowy) przedsięwzięcia przewiduje się, że w obrębie terenu inwestycji zorganizowane zostanie tymczasowe zaplecze budowy wraz z wydzielonym miejscem postoju i tankowania maszyn budowlanych, awaryjnych napraw sprzętu budowlanego oraz wydzielonym miejscem magazynowania mniejszych ilości odpadów w tym niebezpiecznych. Zakłada się, że lokalizacja zaplecza nie powinna utrudniać bieżącego funkcjonowania pozostałych obiektów ZUOK Spytkowo.

#### 6.4 Planowany schemat zagospodarowania bioodpadów

Szczegółowa charakterystyka rozwiązań technologicznych fermentacji przedstawiona została w dalszych rozdziałach. Poniżej omówiono natomiast podstawowe informacje o przepływie odpadów.

Docelowy układ części biologicznej instalacji przewiduje następującą kolejność zagospodarowania odpadów ulegających biodegradacji:

- 1) Dostarczone na teren Zakładu odpady będą magazynowane przed procesem w zamkniętej hali przygotowania (przyjęcia nr 1) (np. 20 01 08) oraz w wiacie magazynowej odpadów zielonych nr 12 (m.in. 20 02 01),
- 2) Do strefy przygotowania wsadu w module fermentacji kierowane są następujące frakcje odpadów:
  - odpady zielone zbierane selektywnie;

- odpady kuchenne zbierane selektywnie (bez odpadów pochodzenia zwierzęcego);
- odpady biodegradowalne z działalności gospodarczej;

Zakładana ilość odpadów która łącznie trafi do zakładu szacowana jest na poziomie od **16 200 Mg w ciągu roku** (nie licząc odpadów półpłynnych i struktury). Ilość jak i poszczególne strumienie odpadów zależą będą od sytuacji rynkowej i dostępności poszczególnych frakcji materiałowych w okresie oddania inwestycji i jej eksploatacji.

W ramach niniejszej koncepcji przyjęto pracę układu fermenterów z wydajnością nominalną **do 15 000 Mg/rok**.

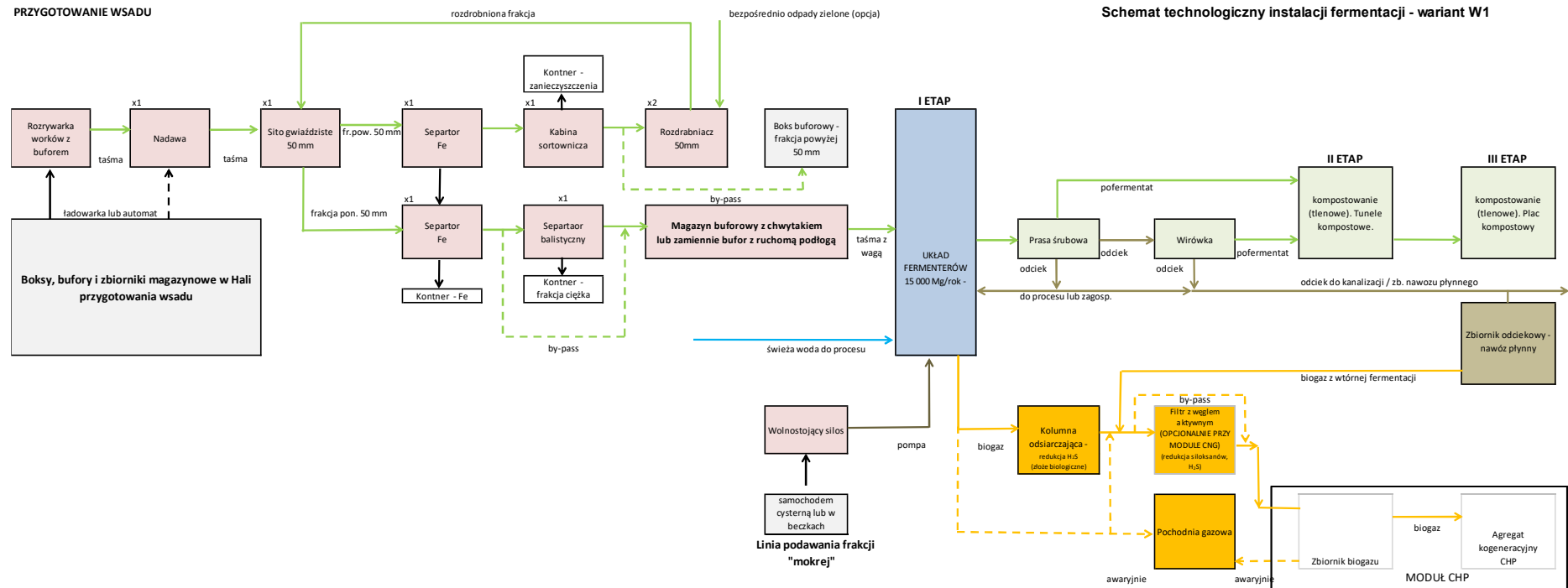
(Uwaga: Wydajność fermentera jest mniejsza od ilości odpadów przyjętych do zakładu ponieważ na etapie przygotowania część odpadów zostanie oceniona jako nieprzydatna do fermentacji (metale, kaloryczne, bio nieprzydatne lub nadmiar) i zostanie zagospodarowana w inny sposób. Wydajność fermentera liczona jest dla tzw. „frakcji suchej” odpadów biodegradowalnych. Poza wydajnością nominalną fermentera przewiduje się przyjmować frakcję półpłynną (w wariantcie W1). Frakcja ta nie wpływa na wydajność ponieważ „zastępuje”, zawracany w mniejszej ilości do komory, filtrat z odwadniania pofermentatu).

- 3) W strefie przygotowania wsadu tzw. „frakcja sucha” odpadów biodegradowalnych (np. odpady kuchenne), przed podaniem do komór fermentacji, są sortowane i rozdrabniane.
- 4) Nadmiar odpadów biodegradowalnych zbieranych selektywnie, po przejściu przez strefę przygotowania wsadu, będzie kierowany do planowanych tuneli kompostowych i przetwarzany razem z pofermentatem.
- 5) W komorze fermentacyjnej prowadzony jest proces fermentacji odpadów z wydzielaniem się gazu procesowego zawierającego (wykorzystywany energetycznie) metan – **I stopień recyklingu organicznego bioodpadów (R3)**. Do wsadu zawierającego odpady biodegradowalne, dodawane mogą być, w zależności od wymagań dostawcy danej technologii fermentacji, czysta woda technologiczna lub/i recyrkulowany kondensat. W niniejszej Koncepcji przyjęto szacunkowe (uśrednione dla różnych dostawców technologii) ewentualne ilości dodawanej wody i recyrkulowanego pofermentatu, zależne także od ilości ewentualnych odpadów półpłynnych.
- 6) Powstawały w komorach pofermentat kierowany jest do modułu odwadniania (W1) lub bezpośrednio do kompostowania (W2). W procesie odwadniania powstawać będzie: odwodniony pofermentat i woda nadmiarowa (ścieki lub nawóz). Część ścieków może być recyrkulowana do procesu fermentacji.
- 7) Gotowy pofermentat kierowany będzie do kompostowni tunelowej (bioreaktorów tlenowych) i poddawany procesowi tlenowego kompostowania - **II stopień recyklingu organicznego bioodpadów (R3)**.
- 8) Załadunek odpadów (pofermentatu) do tuneli kompostowych prowadzony będzie przy użyciu ładowarki kołowej. Parametry techniczne oraz pracy tuneli kompostowych przedstawiono w dalszej części koncepcji. Przewiduje się napowietrzanie pozytywne z użyciem dysz, nawadnianie odciekami z możliwością użycia świeżej wody.
- 9) W reaktorach tunelowych odpady będą podlegały stabilizacji przez okres 2-3 tygodni. Po tym okresie za pomocą ładowarki kołowej będą transportowane na planowany plac kompostowy i układane w pryzmach.

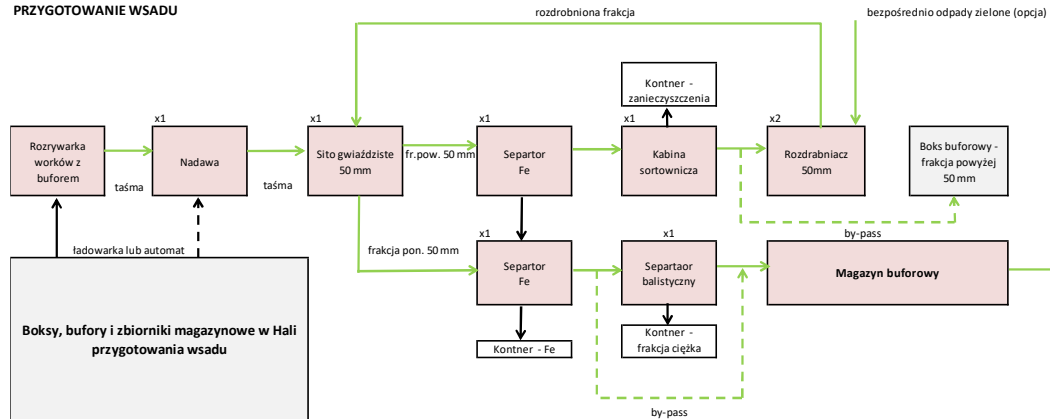
- 10) Odpady kompostowane będą w kompostowni na placu w pryzmach – **III stopień recyklingu organicznego bioodpadów (R3)** - przewiduje się prowadzenie procesu kompostownia przy wariacie biologicznego przetwarzania odpadów w warunkach tlenowych. Okres kompostowania wyniesie 4-6 tygodni (do obliczeń przyjęto średnio 4 tygodnie).
- 11) Produktem przetwarzania bioodpadów zbieranych selektywnie będzie kompost, dla którego przewiduje się utratę statusu odpadów. Przewiduje się, że gotowy kompost kierowany będzie do sprzedaży (po uprzednim procesie certyfikacji).

Na poniższym **rysunku** przedstawiono schemat blokowy obejmujący swoim zakresem cały proces tj. magazynowanie, przygotowanie, I, II i III Etap procesów biologicznych.

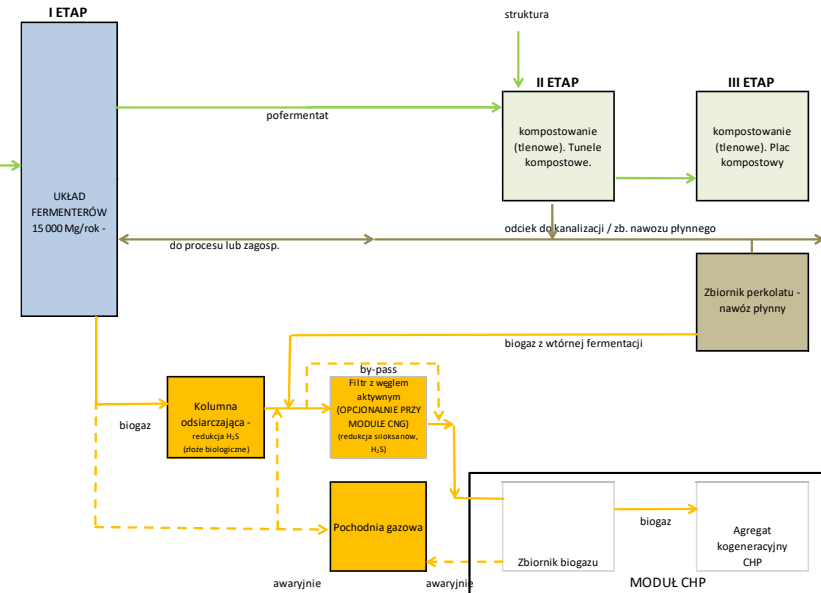
Rysunek 6.1 Schemat technologiczny instalacji fermentacji [opracowanie: proGEO]



PRZYGOTOWANIE WSADU



Schemat technologiczny instalacji fermentacji - wariant W2



## 6.5 Charakterystyka procesów przetwarzania odpadów

Wskazane jest, aby wybrana technologia fermentacji suchej, ciągłej lub okresowej nie zawierała rozwiązań prototypowych. Nie jest wskazane, aby dopuszczać możliwość oferowania przez Dostawcę technologii jedynie części projektu. Wszystkie elementy technologii muszą być w pełni zintegrowane technicznie – stanowić jedną całość: moduł podawania wsadu, fermentacja, moduł wyładunku i odwadniania (jeśli wymagany). Zaleca się wybór Dostawcy technologii który będzie w stanie potwierdzić dostawę całości ww. elementów technologicznych dla minimum trzech funkcjonujących instalacji (w technologii tożsamej z oferowaną).

### 6.5.1 Przygotowanie wsadu (warianty W1, W2)

Frakcja selektywnie zebranych odpadów kuchennych ulegających biodegradacji przywożonych na teren Zakładu będzie ważona, za pomocą planowanego systemu wagowego, a następnie magazynowana w zamkniętej hali magazynowej (1). Odpady zielone oraz odpady z działalności gospodarczej o podobnym charakterze będą magazynowane w otwartej wiacie magazynowej (12). Oddzielne magazynowanie odpadów kuchennych oraz odpadów zielonych wynika z konieczności magazynowania odpadów ulegających biodegradacji w systemie zamkniętym, z możliwością oczyszczania powietrza. Magazyn odpadów zielonych nie wymaga systemu oczyszczania powietrza procesowego, zatem oddzielne ich magazynowanie umożliwi zmniejszenie kosztów inwestycyjnych związanych z budową zamkniętej hali o większej powierzchni.

W ramach inwestycji przewiduje się wykonanie odrębnej hali technologicznej (1) pełniącej funkcję: retencjonowania, przygotowania i podawania odpadów do procesu fermentacji. Do hali trafiać będą bioodpady pochodzenia komunalnego (zbierane selektywnie). W strefie przygotowania wsadu odpady, przed podaniem do komór fermentacji, są sortowane i rozdrabniane. Poniżej przedstawiono przykładową listę urządzeń związanych z przygotowaniem wsadu – ostateczny dobór urządzeń i schemat przetwarzania odpadów przed fermentacją może ulec zmianom (uzależnione to jest od dostawcy całej technologii oferującego własne, optymalnie dobrane urządzenia).

Lp.	URZĄDZENIE	JEDN.	IŁOŚĆ JEDN.
1.	Nadawa frakcji bioodpadów z koszem zasypowym	szt.	1
2.	Rozrywarka worków	szt.	1
3.	Sito 50mm	szt.	1
4.	Kabina sortownicza z przyłączami i wentylacją	kpl.	1
5.	Rozdrabniacz 50mm	szt.	2
6.	Separator balistyczny	szt.	1
7.	Separator metali żelaznych	szt.	2
	<b>oraz dodatkowo w wariantcie W1 (f. ciągła)</b>		
8.	Automatyczny podajnik chwytakowy na suwnicy	szt.	1
9.	Przenośniki taśmowe (w tym sortownicze, kanałowy i doprowadzający do separatora metali żelaznych)	kpl.	1
10.	Przenośniki śrubowe	kpl.	1
11.	Nadawa frakcji bioodpadów pochodzenia komunalnego z magazynu buforowego z koszem zasypowym	kpl.	2
12.	Silos i pompa – linia podawania frakcji półpłynnej	kpl.	1

Frakcja selektywnie zbieranych odpadów biodegradowalnych w tym kuchennych i zielonych (ogrodowych) skierowana jest do bufora magazynowego w Hali retencjonowania (1). Następnie przewiduje się załadunek ładowarką kołową do leja/zasobnika podawczego rozrywarki worków, o pojemności ok. 10m<sup>3</sup>. Odpad jest następnie kierowany do kabiny wstępnej dwuosobowej gdzie wydzielane są worki i ewentualnie inne zanieczyszczenia możliwe do dostrzeżenia na tym etapie przez personel sortujący. Odpad następnie poddawany separacji metali.

Odpad jest następnie poddawany przesianiu na sicie gwiaździstym o wielkości oczek 50 mm. Frakcja podsitowa kierowana może być bezpośrednio do fermentera. Frakcja nadsitowa może (lecz nie musi) być ponownie zawracana przed sito poprzez rozdrabniacz (2 szt.) wolno obrotowy 50mm. Istnieje również możliwość skierowania frakcji nadsitowej rozdrobnionej lub nie do boksu celem późniejszego wykorzystania np. jako struktura (np. dotyczy odpadów zielonych z dużą zawartością gałęzi).

**Opcja dodatkowa dla wariantu W1:**

Istnieje możliwość przyjęcia odpadów w „opakowaniach”, w tym o zwiększonej wilgotności tj. gastronomicznych / z przemysłu przetwórstwa żywności i skierowania ich na wydzieloną linię przygotowania.

Odpady te za pomocą ładowarki kołowej trafiają do podajnika ślimakowego, który wstępnie otworzy i rozdrobni substrat. Odpady trafią następnie na prasę śrubową 12mm lub młyn młotkowy. Do prawidłowego działania urządzenia wymagane jest roztworzenie odpadu i podanie czystej wody. Odciek z prasy/młyna młotkowego za pomocą pompy z maceratorem kierowany jest do zbiornika modułu podawania frakcji mokrej a następnie do komory fermentacyjnej. Frakcja opakowaniowa wydzielona na prasie/młynie młotkowym (jeśli odpady były w opakowaniach) po wysuszeniu traktowana jest jako np. preRDF.

Nadmiar odpadów biodegradowalnych zbieranych selektywnie będzie mógł być skierowany na zewnątrz hali przygotowania wsadu i skierowany do kompostowni tunelowej.

W wariantcie W1 (f. ciągła) gotowy odpad przeznaczony do fermentacji z magazynu buforowego automatycznie podawany będzie chwytakiem (awaryjnie ładowarką kołową) do małego podajnika ok. 5m<sup>3</sup> przed samą komorą lub jest wtłaczany bezpośrednio do niej (w zależności od technologii fermentacji). Wariantowo można zastąpić magazyn buforowy z chwytakiem, zbiornikiem buforowym typu Havelberger gwarantującym lepszą hermetyczność procesu.

W wariantcie W2 (f. okresowa) gotowy odpad przeznaczony do fermentacji będzie magazynowany w wydzielonym boksie, a następnie załadowywany do komory fermentacyjnej (mechanicznie lub ładowarką).

**Uwaga:** zwiększenie wydajności instalacji na 30 tys. Mg/rok wiąże się z koniecznością pracy zakładu (w szczególności węzła przygotowania wsadu) **na dwie zmiany robocze (aktualnie założono pracę na jedną zmianę)**. Zakłada się, że dobrane aktualnie urządzenia są wystarczające do zwiększenia wydajności.

Zakłada się, że w wyniku przygotowania wsadu powstaną następujące strumienie odpadów:

- 1) metale – przekazywane odbiorcom zewnętrznym do recyklingu;
- 2) zanieczyszczenia kaloryczne - preRDF (tworzywa, papier, odpady wielomateriałowe) – przekazywane odbiorcom zewnętrznym do odzysku energetycznego;



- 3) frakcja biodegradowalna ciężka (tocząca - kości, kamienie, stłuczka szklana), która skierowana zostanie bezpośrednio do tuneli kompostowych (z pominięciem fermentacji);
- 4) frakcja biodegradowalna kierowana do fermentacji;

#### 6.5.2 I stopień recyklingu bioodpadów – fermentacja ciągła (wariant W1)

Wydzielona frakcja bioodpadów bez opakowań trafia do Magazynu buforowego w konstrukcji żelbetowego bunkra o objętości sumarycznej 400 m<sup>3</sup>. Przewiduje się możliwość tymczasowego podziału bunkra w sposób umożliwiający oddzielne retencjonowanie odpadu w objętościach do 100 m<sup>3</sup> - rozwiązanie takie pozwoli na selektywne retencjonowanie i odrębne przygotowanie odpadów kuchennych i przemysłu gastronomicznego.

Odpad przeznaczony do fermentacji z magazynu buforowego automatycznie podawany będzie chwytakiem (awaryjnie ładowarką kołową) do małego podajnika ok. 5m<sup>3</sup> przed samą komorą lub jest wtłaczany bezpośrednio do niej (w zależności od technologii fermentacji). Wariantowo można zastąpić Magazyn buforowy z chwytakiem, zbiornikiem buforowym typu Havelberger gwarantującym lepszą hermetyczność procesu.

Odpad trafia w ten sposób do reaktora fermentacji suchej, ciągłej (poziomej) pracującego w systemie tłokowym, gdzie znajduje się minimum 20 dni. Do procesu kierowany jest odpad rozwodniony (recyrkulowanym odciekiem oraz wodą „świeżą”) do poziomu zawartości na wejściu ok. 33- 35% s.m.. Okres ten może ulegać wydłużeniu w zależności od konkretnej wybranej technologii i wytycznych jej dostawcy. W trakcie przebywania odpadu w komorze, w temperaturze  $\geq 55^{\circ}\text{C}$  wytwarzany jest biogaz o średniej zawartości metanu (CH<sub>4</sub>) 50-55%. Średnia produkcja biogazu w tej technologii i tego typu materiału wynosi od 110 Nm<sup>3</sup>/Mg z pikami do 150 Nm<sup>3</sup>/Mg (średnio dla odpadów biodegradowalnych zbieranych selektywnie w tym kuchennych i restauracyjnych ok. 135 Nm<sup>3</sup>/Mg w W1). Ze względu na „ciągły” charakter pracy technologii, efektywny czas, w którym następuje produkcja biogazu wynosi 100%. Reaktor wyposażony będzie w system grzewczy również zależny od wybranej technologii (np. rury grzewcze zatopione w ścianach fermentera lub lance grzewcze).

Ze względu na charakter i skład odpadów biodegradowalnych należy spodziewać się zasilania gazu na poziomie nie przekraczającym w pikach 2 000 ppm H<sub>2</sub>S. Przez większość czasu zasilanie będzie jednak znacznie mniejsze. W skrajnych przypadkach możliwe jest krótkotrwale przekroczenie zawartości siarki powyżej wskazanej wartości. W tym celu zakłada się, konieczność umożliwienia dozowania reagentów chemicznych redukujących zasilanie jeszcze w komorze (króciec z dozownikiem do podawania np. FerroSorp®, FeSfix®).

Po procesie fermentacji odpad trafi do modułu odwadniania dwu-stopniowego. Najpierw na prasę później odciek po I stopniu odwadniania może być skierowany na wirówkę. Odciek po wirówce zmagazynowany zostanie w zbiorniku, natomiast odwodniony pofermentat trafi do dalszych procesów biologicznych prowadzonych na terenie Zakładu. Materiał po procesie odwadniania uzyska stopień zawartości suchej masy na poziomie min 39% (konsystencja stała w postaci „placka”).

Przewiduje się recyrkulację odcieku do procesu fermentacji i częściowe jego uzupełnienie „świeżą” wodą zbieraną z powierzchni dachowych na terenie Zakładu (np. nowe obiekty związane z fermentacją). Przyjęte proporcje pozwolą na wytworzenie nadmiarowej wody procesowej (odcieku). Ze względu na przetwarzanie odpadów selektywnie zebranych

(oraz dodatkowo podczyszczonych) odciek z komory traktowany będzie jako nawóz płynny. Ze względu na polskie przepisy w sprawie magazynowania nawozów płynnych należy przewidzieć możliwość retencjonowania odcieku przez okres 6 miesięcy czyli jednorazowo połowę objętości powstającego odcieku – determinuje to wymiarowanie zbiornika na nawóz płynny.

Bardzo ważne jest aby dobrać właściwe proporce dodawanej wody/kondensatu<sup>1</sup> oraz ewentualnie recyrkulatu ze względu na powstałe odcieki. Rzeczywiste i najbardziej optymalne proporcje będzie można dobrać dopiero na etapie eksploatacji w oparciu o rzeczywisty wsad o raz konkretną technologię fermentacji.

„Świeżą” wodę wykorzystywaną w procesie technologicznym przewiduje się gromadzić w przewidzianych na ten cel zbiornikach podziemnych (stanowiących infrastrukturę towarzyszącą), pozostałe potrzeby na „świeżą” wodę technologiczną (np. w przypadku okresów bezdeszowych) uzupełniane będą z wewnątrz zakładowej zewnętrznej instalacji wodociągowej.

Ważnym elementem jest procesu fermentacji jest zapewnienie możliwości dodawania do procesu reagentów zmniejszających w biogazie zawartość siarkowodoru. W przypadku odpadów biodegradowalnych selektywnie zbieranych problem z siarkowodorem może występować sporadycznie lub wcale. Niemniej jednak zaleca się przewidzieć taką możliwość w sytuacjach awaryjnych. Rozwiązanie to stosowane będzie jako uzupełniające do opisanej poniżej kolumny biologicznej. Rozwiązanie polega na wprowadzeniu bezpośrednio do komór fermentacyjnych środków chemicznych, które neutralizują siarkowodor już w źródle jego powstawania (w komorze fermentacyjnej). Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość uniknięcia instalacji dodatkowych urządzeń do odsiarczania biogazu poza komorami fermentacyjnymi, a przez to wpływa na zmniejszenie nakładów inwestycyjnych. Spośród dostępnych reagentów odsiarczania in situ można wyróżnić preparaty oparte na wodorotlenku żelaza (zwykle użytkowane jako proszek lub granulaty, np. FerroSorp®). Dołączone zdjęcie przedstawia przykładowy system podawania reagenta odsiarczania.



Ujęty w procesie fermentacji gaz zostanie poddany oczyszczaniu ze związków siarki na biologicznej kolumnie odsiarczającej, której zadaniem będzie redukcja  $H_2S$ . Obiekt dostarczany zostanie jako urządzenie technologiczne. Zasada działania polega na zasiedlenia złoża bakteriami żywiącymi się związkami siarki (wyselekcjonowane populacje mikroorganizmów, w tym bakterie gatunku *Thiobacillus* (np. *Thiooxidans*). Technologia odsiarczania biogazu z zastosowaniem kolumny odsiarczającej ze zraszanym złożem polega na wykorzystaniu zdolności mikroorganizmów do neutralizacji zagrażających środowisku szkodliwych substancji chemicznych. Przewiduje się uzyskanie zasiarczenia na poziomie nie przekraczającym 200 ppm  $H_2S$ .

Następnie odsiarczony gaz zostanie skierowany do zbiornika na biogaz. Tak przygotowany gaz, po uprzednim osuszeniu, może zostać skierowany na agregat kogeneracyjny.

<sup>1</sup> Kondensat to woda skroplona z biogazu ujmowanego z komory fermentacji – jest ona w całości, na bieżąco zwracana do komory.

Instalacja powinna również zapewnić oczyszczenie gazu z zawartości ewentualnie występujących siloxanów (w odpadach biodegradowalnych pochodzenia komunalnego występujące w mniejszych ilościach) do poziomu wymaganego przez dostawcę agregatu CHP.

#### 6.5.3 I stopień recyklingu bioodpadów – fermentacja okresowa (wariant W2)

Przygotowane odpady za pomocą ładowarki kołowej (lub automatycznie) będą kierowane do żelbetowej komory fermentacyjnej, w formie tunelu, gdzie będą przetrzymywane przez okres ok. 28 dni. Po załadunku komory fermentacyjnej do wysokości ok. 2,5 m, zostanie ona zamknięta i rozpocznie się etap zainicjowania procesu fermentacji. Do procesu kierowany jest odpad o zawartości suchej masy ok. 30-35%. Przewiduje się równoległą zabudowę kilku tuneli fermentacji, ładowanych kolejno po sobie (8 szt.).

Zależnie od wybranej technologii, przez ok. pierwsze 6-48h odpady będą napowietrzane za pomocą systemu dysz znajdującego się w podłożu komór fermentacyjnych. Napowietrzanie ma za zadanie zapoczątkować proces aerobowy, który w naturalny sposób spowoduje wzrost temperatury w masie odpadów. Po tym czasie, dopływ powietrza zostanie odcięty, a odpady zostaną nawilżone perkolatem w celu przeniesienia odpowiednich mikroorganizmów i zainicjowania właściwego procesu fermentacji. Proces właściwej fermentacji trwa ok. 21 dni, jednak im dłuższy czas przetrzymania tym lepszy rozkład materii organicznej w przetwarzanych odpadach. Po tym czasie, następuje ponowne napowietrzanie odpadów w celu całkowitej redukcji stref gdzie pozostały w odpadach metan mógłby stworzyć strefy wybuchowe. Czas napowietrzania trwa średnio ok. 5-6 dni. Całkowity czas trwania procesu w komorze, uwzględniając czas na napowietrzanie odpadów na początku oraz na końcu cyklu, trwa ok. 28 dni. Przewiduje się ubytek masy organicznej na poziomie ok. 5-10% kierowanego do fermentacji strumienia odpadów.

W trakcie przebywania odpadu w komorze fermentacyjnej, w temperaturze pomiędzy ok. 50-55°C wytwarzany jest biogaz o średniej zawartości metanu (CH<sub>4</sub>) 54%. Średnia produkcja biogazu w tej technologii wynosi ok. 100 Nm<sup>3</sup>/Mg (przy efektywnym czasie trwania procesu: 80% i produktywności nominalnej 125 Nm<sup>3</sup>/Mg). Ze względu na „okresowy” charakter pracy technologii (załadunek, wyładunek, inicjacja i wygaszenie procesu), efektywny czas w którym następuje produkcja biogazu wynosi ok. 80% (z możliwej do osiągnięcia produkcji w warunkach laboratoryjnych).

Komora fermentacyjna, zależnie od technologii, może być wyposażona w system grzewczy (np. w tym przypadku rury grzewcze zatopione w ścianach komór).

„Świeżą” (czystą) wodę wykorzystywaną w procesie technologicznym przewiduje się gromadzić w przewidzianych na ten cel zbiornikach podziemnych (stanowiących infrastrukturę towarzyszącą), pozostałe potrzeby na „świeżą” wodę technologiczną (np. w przypadku okresów bezdeszczowych) uzupełniane będą z wewnątrz zakładowej zewnętrznej instalacji wodociągowej.

Przefermentowany materiał jest następnie wyładowywany za pomocą ładowarki kołowej i kierowany do tuneli kompostowych lub na plac dojrzewania, gdzie odbywa się jego mieszanie z materiałem strukturalnym (za pomocą ładowarki).

Pofermentat posiada zawartości suchej masy wynikającą z wielkości tego parametru na wejściu do komory. Przy założonej suchej masie na wejściu wynoszącej ok. 35%, pofermentat charakteryzować się będzie suchą masą wynoszącą ok. 30%. Z tego względu zakłada się konieczność dodania struktury, aby osiągnąć wartość 34-40% suchej masy.

W wyniku procesu powstają wody odciekowe, które są zawracane do sąsiednich komór w celu zainicjowania procesu fermentacji. Perkolat magazynowany jest w zbiorniku, którego objętość zapewnia jego przetrzymanie przez minimum 6 miesięcy<sup>2</sup>. Ze względu na stałe załadunkowanie perkolatu, wymagane jest okresowe opróżnianie i czyszczenie zbiornika (przewiduje się, że częstotliwość wyniesie ok. raz na 2-3 lata). Roczna produkcja perkolatu jest niewiele wyższa niż zapotrzebowanie technologiczne, zatem w skali roku nadmiar perkolatu będzie niski. Perkolat jest odprowadzany i tymczasowo magazynowany w zbiorniku perkolatu.

Odciek (grawitacyjnie spływający perkolat) po odpadach biodegradowalnych selektywnie zbieranych (np. kuchennych) ze względu na wysoką temperaturę procesu (fermentacja termofilowa w zakresie temperatur 55-60°C) stanowi zhygienizowany nawóz płynny, stanowiący produkt handlowy, który nie musi i nie powinien być kierowany do oczyszczalni odcieków.

Gotowy pofermentat kierowany będzie do planowanej kompostowni komorowej (bioreaktorów tlenowych) i poddawany procesowi tlenowemu.

#### 6.5.4 II stopień recyklingu bioodpadów – tunele kompostowe (warianty W1, W2)

Materiał z procesu beztlenowego skierowany zostanie do **II stopnia recyklingu organicznego bioodpadów** w reaktorach zamkniętych (tunelach kompostowych). Ze względu na prowadzone procesy (np. zawracanie odcieku oraz proces odwadniania na prasie i wirówce) oraz różne technologie fermentacji, ilość pofermentatu szacowana jest na ok. 8,2 – 17,3 tys. Mg/rok. W wariantcie fermentacji okresowej (W2) przewiduje się także dodawanie struktury w ilości ok. 3000 Mg/rok. Uwzględniając dodatkowo do 250 Mg/rok odpadów, które nie zostaną skierowane do fermentacji, przewiduje się zaprojektować reaktory (tunele) na wydajność:

- w wariantcie W1 (f. ciągła): **8 500 Mg/rok;**
- w wariantcie W2 (f. okresowa): **17 600 Mg/rok.**

Dopuszcza się możliwość mieszania pofermentatu ze materiałem strukturalnym (m.in. zrębki drzewne), w celu zmniejszenia wilgotności i zwiększenia porowatości materiału (W2). Zakłada się, 20% wag. dodatek struktury do strumienia pofermentatu kierowanego do procesu kompostowania – np. w wariantcie nr 3 (fermentacji okresowej).

Przewiduje się że proces kompostowania pofermentatu, odbywał się będzie **w trzech (W1) lub ośmiu (W2)** zamkniętych reaktorach (tunelach) z wykorzystaniem tlenu. W instalacji prowadzony będzie proces rozkładu przy kontroli parametrów procesu: zawartości tlenu i temperatury w złożu. Założono, że pofermentat przetrzymany będzie w reaktorach (tunelach) max. 2-3 tygodnie (wraz z załadunkiem) i następnie trafi na plac dojrzwania.

Następnie odpady będą podawane procesowi dojrzwania/kompostowania na placu (istniejący plac dojrzwania – III stopień). Odpady będą uzyskiwały parametry, które pozwolą na ich dalsze zagospodarowanie zgodnie prawem.

<sup>2</sup> Brak jest bezpośrednich wymagań magazynowania nawozu płynnego z pofermentatu z odpadów. Poprzez analogię stosuje się wymagania określone w Programie działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu (Dz.U. z 2020 r. poz. 243), przewidujące dla nawozów z hodowli, pojemność zbiorników umożliwiającą ich przechowywanie przez okres 6 miesięcy (roz. 1.4).

Podstawowym elementem instalacji tuneli kompostowych jest system napowietrzania gwarantujący równomierne napowietrzanie pryzm w reaktorze. System napowietrzania zainstalowany w podłożu służyć powinien do bieżącego napowietrzania materiału zgromadzonego w poszczególnych tunelach. Proces regulowany jest automatycznie, ze stałym pomiarem zawartości tlenu i temperatury. Wentylatory tłoczą powietrze w przypadku, gdy zawartość tlenu spada, tak aby proces przebiegał w warunkach optymalnych.

Napowietrzanie odbywa się poprzez otwory w posadce czyli z dołu do góry. Za pomocą kanałów napowietrzających jest również odbierany odciek z tuneli, który trafia następnie do zbiornika na odcieki.

Istnieje możliwość recyrkulacji powietrza procesowego zarówno w tunelu jak i między tunelami (tunel po załadunku napowietrzany jest podgrzanym powietrzem procesowym z innych tuneli). Przy spadku zawartości tlenu w powietrzu procesowym zostaje ono wzbogacone powietrzem z systemu wentylacji hal.

Zamknięte tunele kompostowe pozwalają na ujęcie powietrza poprocesowego i jego oczyszczenie w płuczce wodnej i biofiltrze. Ujęte powietrze zostanie przepuszczone przez płuczkę wodną oraz biofiltr poziomy (złoże biologiczne: zrębki, kora drzew iglastych, odpowiednich gatunków i odpowiedniej proporcji). Pozwala to na zminimalizowanie uciążliwości dla ludzi i środowiska (redukcja odorów).

#### 6.5.5 Oczyszczanie powietrza procesowego (warianty W1, W2)

Zużyte powietrze poprocesowe przewiduje się ujmować i kierować do modułu oczyszczania powietrza poprocesowego, w którego skład wchodzi biofiltr z płuczką kwaśną i wentylatorem. Oczyszczanie odbywać będzie się w dwustopniowym procesie: tj. najpierw zostanie skierowane na płuczkę wodną (usunięcie głównie amoniaku  $\text{NH}_3$ ), a następnie na biofiltr poziomy/pionowy. Płuczka ma na celu wstępne oczyszczenie powietrza procesowego, które następnie kierowane jest na biofiltr przeznaczony do dezodoryzacji powietrza procesowego (biologiczne oczyszczanie powietrza).

Przewiduje się instalację płuczki (skruber) typu: przeciwpądowy nawilżacz powietrza; z możliwością dozowania kwasu. Absorpcja jest połączona zwykle z reakcją chemiczną w wyniku, której następuje separacja zanieczyszczeń z fazy gazowej do ciekłej. Instalacja wyposażona będzie w spust dla produktu poprocesowego – siarczanu amonu, z możliwością skierowania go do kanalizacji ścieków technologicznych. W płuczce powietrze przepływa przeciwpądowo przez kolumnę wypełnienia, będąc jednocześnie z góry zraszane cieczą przez system dysz zraszających, zapewniając większą powierzchnię wymiany masy. Ciecz zraszająca jest rozprowadzana na górze kolumny wypełnienia, a następnie jest zbierana w zintegrowanej ze skruberem studzience. Kwas siarkowy będzie dozowany bezpośrednio ze zbiornika handlowego dystrybutora kwasu siarkowego (paleta-pojemnik 1000 dm<sup>3</sup>). Pod zbiornikiem dystrybucyjnym kwasu siarkowego zostanie wykonana wanna bezpieczeństwa o odpowiedniej objętości. W komorze mieszania jak i za komorą zraszania będą zainstalowane czujniki ciśnienia w celu pomiaru oporów pneumatycznych na wypełnieniu oraz pomiar temperatury powietrza poprocesowego. Wydajność płuczki i całego układu oczyszczania powietrza poprocesowego będą dostosowane do ilości oczyszczanego powietrza.

Zadaniem biofiltra jest oczyszczenie i dezodoryzacja powietrza procesowego pochodzącego z poszczególnych obiektów kubaturowych instalacji fermentacji. Powietrze

procesowe będzie doprowadzane do biofiltra systemem rurociągów poprzez płuczkę i oczyszczane w trakcie przechodzenia przez warstwę filtracyjną. Parametry pracy biofiltra:

- a) minimalny czas styku oczyszczanego powietrza ze złożem biofiltra: >40 s;  
(dotyczy biofiltra poziomego i pionowego);
- b) temperatura  $t < 40^{\circ}\text{C}$ ;  
(dotyczy biofiltra poziomego i pionowego);
- c) wilgotność  $f > 96\%$ ;  
(dotyczy biofiltra poziomego i pionowego);
- d) minimalna wysokość materiału filtracyjnego  $h > 150\text{ cm}$   
(dotyczy biofiltra poziomego);
- e) obciążenie powierzchniowe ok.  $120\text{ m}^3\text{powietrza} / \text{m}^2\text{ powierzchni}$   
czynnej biofiltra na godzinę;  
(dotyczy biofiltra poziomego);
- f) obciążenie kubaturowe ok.  $100\text{ m}^3\text{powietrza} / \text{m}^3\text{ objętości}$   
czynnej biofiltra na godzinę;  
(dotyczy biofiltra pionowego);
- g) typ biofiltra poziomy,  
(dopuszcza się realizację biofiltra pionowego). **Uwaga:** na obecnym etapie planowania inwestycji nie można wykluczać zastosowania biofiltra poziomego lub pionowego. Ze względu na konkurencyjność należy dopuścić realizację biofiltra pionowego, a kluczowe powinno być spełnienie podanych wyżej parametrów pracy biofiltra.

Dla analizowanego przedsięwzięcia wymagane jest zastosowanie biofiltra poziomego o powierzchni **200-260 m<sup>2</sup>** lub pionowego o kubaturze 230-320 m<sup>3</sup> (np. dwa w W1 lub trzy w W2 biofiltry pionowe o wysokości ok. 10 m i średnicy ok. 4 m i kubaturze czynnej ok. 116 m<sup>3</sup>).

Materiał filtrujący (złoże biofiltra) zostanie dobrany przez dostawcę technologii, w praktyce stosowane są materiały naturalne np. kora, korzenie, zrębki i/lub uzupełniane materiałem mineralnym np. keramzyt. Przewiduje się, że złożo biofiltra wymieniane będzie średnio jeden raz na 5 lat (np. za pomocą ładowarki kołowej), dodatkowo przewiduje się uzupełnianie złoża do wymaganej wysokości w przypadku jego opadania. Podłoga biofiltra powinna umożliwiać skuteczne napowietrzanie materiału filtracyjnego.

**Rysunek 6.2** Przykładowa płuczka kwaśna (od lewej), włącz rewizyjny i wypełnienie (od prawej)



[fot. proGEO]

#### 6.5.6 III stopień recyklingu bioodpadów – plac kompostowy (warianty W1, W2)

Odpady, po procesie kompostowania w tunelach, skierowane zostaną na plac dojrzwania. Odpady zostaną ułożone w pryzmy. Szacowana ilość odpadów skierowana na plac wyniesie ok. 8-16,6 tys. Mg/rok. Zakłada się konieczność przerzucania materiału podczas procesu kompostowania minimum 2 razy w tygodniu.

Przewidziany minimalny czas prowadzenia procesu na placu dojrzwania wynosi ok. 4 tygodnie.

#### 6.5.7 Zagospodarowanie biogazu – fermentacja ciągła (wariant W1)

Ujęty biogaz z komór fermentacji skierowany zostanie na moduł odsiarczania, składający się z kolumn odsiarczających i pochodni. Proces odsiarczania zachodzić będzie dwuetapowo, poza kolumnami wykorzystane będą filtry węglowe. Ze względów technologicznych magazynowanie odsiarczanego biogazu odbywać się będzie w zbiorniku/zbiornikach (pojemności łącznej ok 2400 m<sup>3</sup>).

Przewiduje się, że **CAŁOŚĆ** biogazu będzie spalana - wytwarzana będzie energia elektryczna (oraz dodatkowo ciepła) wykorzystywana na potrzeby nowego zakładu a reszta energii będzie sprzedawana. W zużyciu energii elektrycznej zakładu nie uwzględniono zużycia prądu przez pozostałe instalacje ZUOK – w związku z tym zakłada się, że będą one ponosić koszty energii elektrycznej, a dodatkowe przychody będą poprawiały wskaźniki ekonomiczne analizowanego projektu. Spalanie biogazu następować będzie w silnikach gazowych, z kontrolą, pomiarem i regulacją procesu spalania pod kątem nie przekraczania dopuszczalnej emisji NOx i COx (przewiduje się zastosować dwa agregaty CHP o mocy 500 i 300 kW). W procesie zachodzić będzie odzysk ciepła i jego wykorzystanie w procesach technologicznych. W celu zabezpieczenia sieci biogazowej przed nadmiernym wzrostem ciśnienia zainstalowane zostaną również pochodnie.

Szacuje się, że produkcja biogazu z fermenterów pracujących z wydajnością nominalną do 15 tys. Mg/rok i produktywnością średnią biogazu 135 Nm<sup>3</sup>/Mg, wyniesie ok. 2,3 mln Nm<sup>3</sup>/rok. Z powyższej ilości możliwe jest wytworzenie 5,6 mln kWh energii elektrycznej lub zamiennie wyprodukowanie ok. 1,3 mln m<sup>3</sup>/rok biometanu (paliwa CNG).

W niniejszej Koncepcji wzięto pod uwagę następujące zagadnienia dotyczące biogazu:

- 1) Średnia produktywność biogazu z poszczególnych rodzajów odpadów w fermentacji ciągłej wynosi:

20 01 08	20 02 01	restauracyjne	osady ściekowe
<b>160 Nm<sup>3</sup>/Mg</b>	<b>90 Nm<sup>3</sup>/Mg</b>	<b>200 Nm<sup>3</sup>/Mg</b>	<b>35 Nm<sup>3</sup>/Mg</b>

- 2) Potencjał energetyczny biogazu wynosi: **5,8 kWh/Nm<sup>3</sup>**; z tego w wyniku energetycznego spalania uzyskamy:

- wytworzenie prądu – **2,42 kWh/Nm<sup>3</sup>**;
- wytworzenie ciepła – **2,36 kWh/Nm<sup>3</sup>**;
- stratę procesu – **1,02 kWh/Nm<sup>3</sup>**; czyli 17,6% całości.

- 3) Zawartość metanu w biogazie: **58 %**;

#### 6.5.8 Zagospodarowanie biogazu – fermentacja okresowa (variant W2)

Na początku właściwego procesu fermentacji, powstający gaz charakteryzuje się niską zawartością metanu (tzw. „gaz słaby”) i istnieje możliwość jego skierowania na pochodnię biogazu w celu jego unieszkodliwienia lub ujęcia i skierowania do zbiornika biogazu znajdującego się na dachu komór fermentacyjnych. Po odpowiednim czasie, produkowany gaz będzie posiadał zakładane parametry i jako „gaz dobry” będzie skierowany do wolnej przestrzeni zbiornika perkolatu.

W zbiorniku perkolatu, ze względu na wysoką zawartość materii organicznej w odciekach, będzie prowadzony tzw. proces wtórnej fermentacji. Gaz ten będzie posiadał wysoką zawartość metanu. Prowadzenie gazu powstałego z komór fermentacyjnych do zbiornika perkolatu umożliwi wymieszanie obydwu strumieni gazu, a także spowoduje wstępne odsiarczenie biogazu. Następnie, biogaz ze zbiornika perkolatu będzie kierowany do zbiornika biogazu zlokalizowanego na dachu komór fermentacyjnych.

Zakładany zbiornik biogazu, będzie zbiornikiem dwukomorowym umożliwiającym magazynowanie „gazu słabego” w jednej części oraz „gazu dobrego” pochodzącego z procesu właściwego fermentacji oraz fermentacji wtórnej zbiornika perkolatu. Przed wykorzystaniem gazu w jednostce CHP, „gaz dobry” oraz „gaz słaby” zostaną wymieszane w odpowiednich proporcjach w celu ich najbardziej efektywnego wykorzystania.

Zawartość  $H_2S$  w surowym biogazie z materiału wsadowego nie będzie przekraczać maksymalnie 2000 ppm i nie będzie przekraczać średniej 500 ppm (jako taka jest określana w badaniu laboratoryjnym zgodnie z normą VDI 4630, kwiecień 2006 r.).

Przewiduje się poddanie biogazu oczyszczaniu ze związków siarki na biologicznej kolumnie odsiarczającej, której zadaniem będzie redukcja  $H_2S$ . Obiekt jest dostarczony jako urządzenie technologiczne. Zasada działania polega na zasiedlenia złoża bakteriami żyjącymi się związkami siarki (wyselekcjonowane populacje mikroorganizmów, w tym bakterie gatunku *Thiobacillus* (np. *Thiooxidans*). Technologia odsiarczania biogazu z zastosowaniem kolumny odsiarczającej ze zraszanym złożem polega na wykorzystaniu zdolności mikroorganizmów do neutralizacji zagrażających środowisku szkodliwych substancji chemicznych. Przewiduje się uzyskanie zasiarczenia na poziomie nie przekraczającym 200 ppm  $H_2S$ .

Przewiduje się, że **CALOŚĆ** biogazu będzie spalana - wytwarzana będzie energia elektryczna (oraz dodatkowo ciepła) wykorzystywana na potrzeby nowego zakładu a reszta energii będzie sprzedawana. W zużyciu energii elektrycznej zakładu nie uwzględniono darmowego zużycia prądu przez pozostałe instalacje ZUOK – w związku z tym zakłada się, że będą one ponosić koszty energii elektrycznej (wewnętrznego zakupu), a dodatkowe przychody będą poprawiały wskaźniki ekonomiczne analizowanego projektu. Spalanie biogazu następować będzie w silnikach gazowych, z kontrolą, pomiarem i regulacją procesu spalania pod kątem nie przekraczania dopuszczalnej emisji  $NO_x$  i  $CO_x$  (przewiduje się zastosować dwa agregaty CHP o mocy 300 i 200 kW). W procesie zachodzić będzie odzysk ciepła i jego wykorzystanie w procesach technologicznych. W celu zabezpieczenia sieci biogazowej przed nadmiernym wzrostem ciśnienia zainstalowane zostaną również pochodnie.

Szacuje się, że produkcja biogazu z fermenterów pracujących z wydajnością nominalną do 15 tys. Mg/rok i produktywnością średnią biogazu  $100 \text{ Nm}^3/\text{Mg}$  (przy efektywnym czasie trwania procesu: 80% i produktywności nominalnej  $125 \text{ Nm}^3/\text{Mg}$ )



wyniesie ok. 1,5 mln Nm<sup>3</sup>/rok. Z powyższej ilości możliwe jest wytworzenie 3,6 mln kWh energii elektrycznej lub zamiennie wyprodukowanie ok. 0,85 mln m<sup>3</sup>/rok biometanu (paliwa CNG).

## 6.6 Przepływ odpadów przez instalację w wariantach

Niniejszy rozdział przedstawia przewidywany strumień odpadów jaki będzie trafiał do **instalacji recyklingu organicznego poprzez fermentację bioodpadów** na terenie ZUOK Spytkowo oraz jego przepływ przez instalację. W każdym z wariantów przewiduje się przetwarzanie selektywnie zbieranych komunalnych odpadów biodegradowalnych. W ramach niniejszej Koncepcji nie były rozważane szczegółowe źródła pochodzenia przyjmowanych bioodpadów zbieranych selektywnie. Założono, że cały strumień bioodpadów pochodzić będzie z gmin obsługiwanych przez ZUOK Spytkowo.

Wydajność instalacji fermentacji (ilość odpadów we wsadzie do komór) w każdym wariancie wyniesie maksymalnie **15 tys. Mg/rok** odpadów stałych – selektywnie zebranych odpadów ulegających biodegradacji.

Uwzględniając przygotowanie odpadów do fermentacji oraz dodatkowe przyjmowanie do reaktorów kompostowych odpadów nadmiarowych, które zostały przyjęte do zakładu a nie zostały skierowane do fermentacji, a także konieczność dodawania do II stopnia recyklingu organicznego – kompostowania, struktury w ilości ok. **3 tys. ton/rok** (na którą składać się mogą zarówno odpady jak też produkty), łączna przewidywana ilość odpadów przyjmowana do zakładu wyniesie do **19,2 tys. Mg/rok** odpadów stałych i do **2,3 tys. Mg/rok** odpadów półpłynnych.

Przewiduje się następujące parametry charakterystyczne ilości odpadów przetwarzanych na instalacji:

### I) w wariancie W1 (fermentacja ciągła):

- 1) Przyjęcie selektywnie zbieranych komunalnych odpadów biodegradowalnych stałych do Zakładu: **do 16 200 Mg/rok** w tym:
  - do 8,1 tys. Mg/rok bioodpadów selektywnie zebranych (zielonych) o kodzie 20 02 01;
  - do 5,1 tys. Mg/rok bioodpadów selektywnie zebranych (kuchennych) o kodzie 20 01 08;
  - do 3 tys. Mg/rok pozostałych odpadów biodegradowalnych zbieranych selektywnie uzupełniając w zależności od dostępności w ilościach.

Uwaga: łączna ilość wszystkich przyjętych odpadów stałych nie przekroczy zakładanych 16 200 Mg/rok.

Dodatkowo zakłada się przyjęcie do 2,3 tys. Mg/rok odpadów półpłynnych (np. tłuszczy i odpadów ze zbiorowego żywienia).
- 2) Wydajność wężła fermentacji (ilość odpadów we wsadzie): **do 15 000 Mg/rok** oraz dodatkowo do **2,3 tys. Mg/rok** frakcji półpłynnej.
- 3) Ilość odpadów powstałych z przygotowania wsadu, która nie zostanie skierowana do fermentacji: **do 1 210 Mg/rok**, w tym:
  - ilość odpadów przekazana odbiorcom zewnętrznym (dotyczy metali i preRDF): **do 960 Mg/rok**;
  - ilość odpadów skierowana bezpośrednio do tuneli kompostowych: **do 250 Mg/rok**;
- 4) Ilość wody nadmiarowej z odwodnienia pofermentatu – nawozu płynnego: **6 300 Mg/rok**;

- 5) Ilość odpadów skierowana do tuneli kompostowych (wraz z ewentualnym dodatkiem struktury): **8 440 Mg/rok**;
- 6) Ilość odpadów skierowana na plac kompostowy: **8 000 Mg/rok**;
- 7) Ilość gotowego kompostu: **7 590 Mg/rok**
- 8) Ilość kompostu do sprzedaży: **6 830 Mg/rok**

## II) w wariancie W2 (fermentacja okresowa):

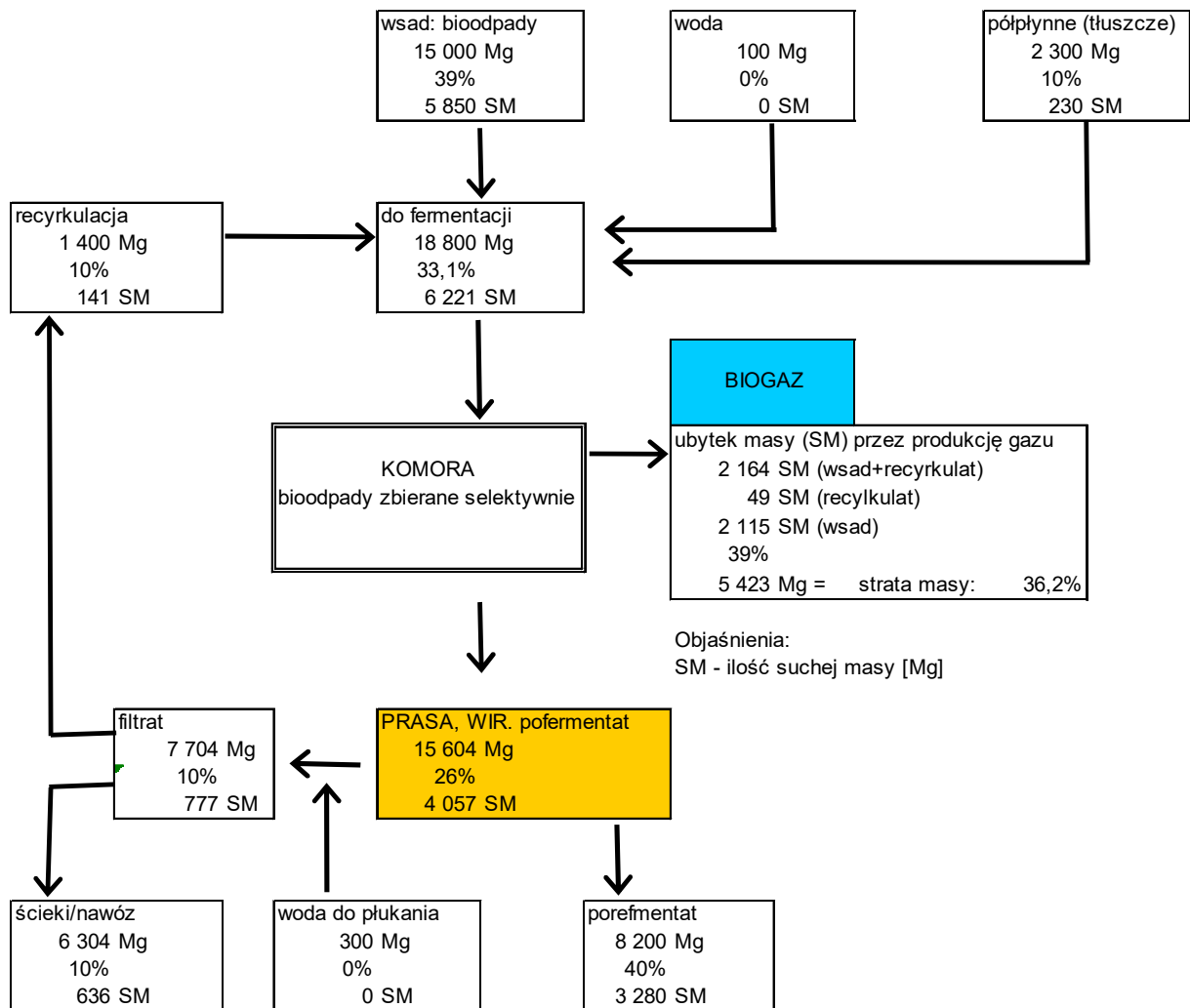
- 1) Przyjęcie selektywnie zbieranych komunalnych odpadów biodegradowalnych stałych do Zakładu: **do 19 200 Mg/rok** w tym:
  - do 8,1 tys. Mg/rok bioodpadów selektywnie zebranych (zielonych) o kodzie 20 02 01;
  - do 5,1 tys. Mg/rok bioodpadów selektywnie zebranych (kuchennych) o kodzie 20 01 08;
  - do 3 tys. Mg/rok pozostałych odpadów biodegradowalnych zbieranych selektywnie uzupełniając w zależności od dostępności w ilościach.
  - do 3 tys. Mg/rok bioodpadów o charakterze struktury.

Uwaga: łączna ilość wszystkich przyjętych odpadów stałych nie przekroczy zakładanych 19 200 Mg/rok.

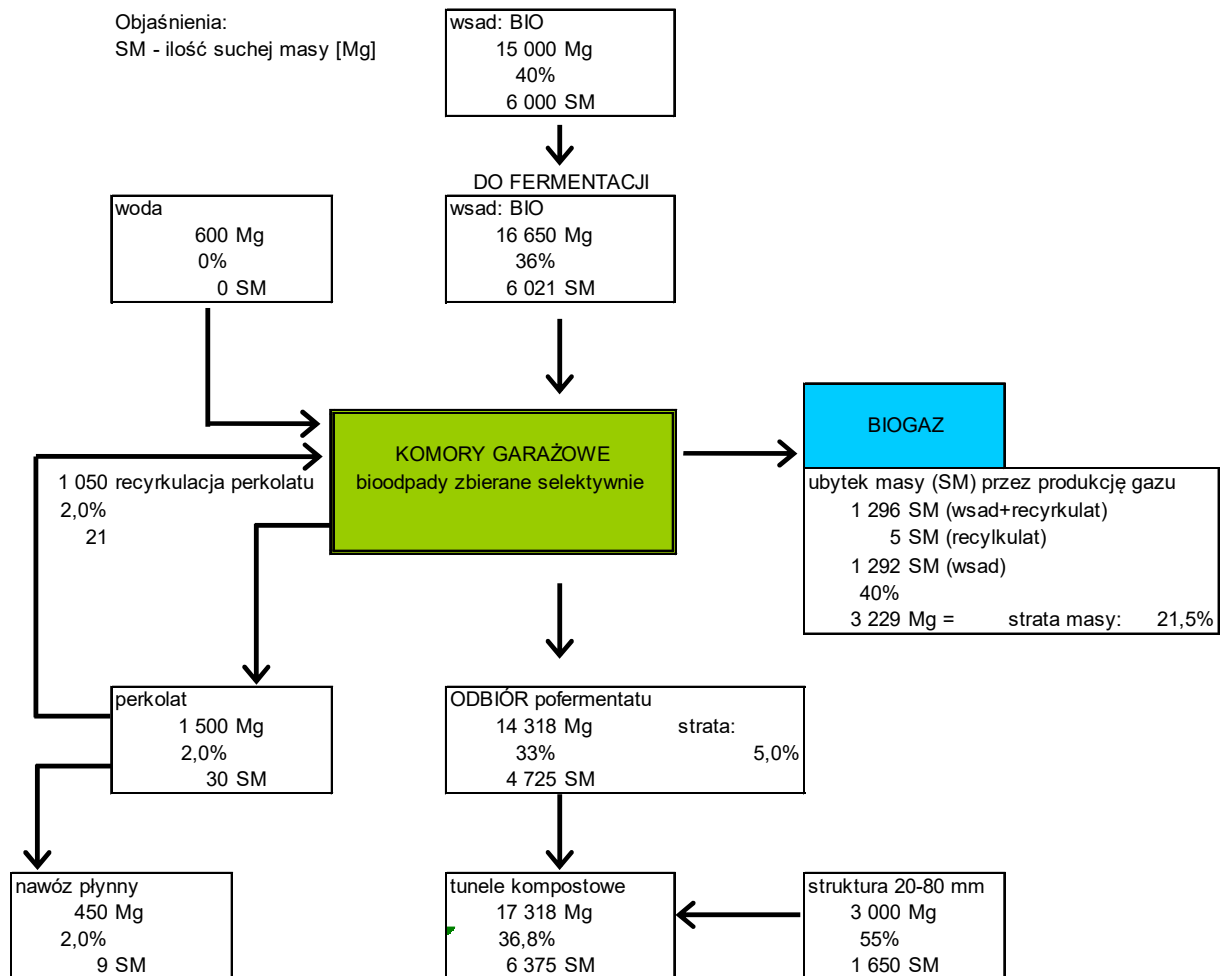
Nie przewiduje się przyjmowania odpadów półpłynnych (np. tłuszców i odpadów ze zbiorowego żywienia).
- 2) Wydajność wężła fermentacji (ilość odpadów we wsadzie): **do 15 000 Mg/rok**
- 3) Ilość odpadów powstałych z przygotowania wsadu, która nie zostanie skierowana do fermentacji: **do 1 210 Mg/rok**, w tym:
  - ilość odpadów przekazana odbiorcom zewnętrznym (dotyczy metali i preRDF): **do 960 Mg/rok**;
  - ilość odpadów skierowana bezpośrednio do tuneli kompostowych: **do 250 Mg/rok**;
- 4) Ilość wody nadmiarowej z pofermentatu – nawozu płynnego: **450 Mg/rok**;
- 5) Ilość odpadów skierowana do tuneli kompostowych (wraz z ewentualnym dodatkiem struktury): **17 560 Mg/rok**;
- 6) Ilość odpadów skierowana na plac kompostowy: **16 650 Mg/rok**;
- 7) Ilość gotowego kompostu: **15 820 Mg/rok**
- 8) Ilość kompostu do sprzedaży: **12 540 Mg/rok**

Poniższe rysunki przedstawiają Schemat masowy przepływu odpadów przez fermenter w poszczególnych wariantach – przedstawione wartości należy traktować jako przykładowe, przybliżone.

**Rysunek 6.3** Schemat masowy przepływu odpadów przez układ fermenterów (wariant W1 f. ciągła)



**Rysunek 6.4** Schemat masowy przepływu odpadów przez układ fermenterów (wariant W1 f. okresowa)



Poniższa tabela przedstawia szczegółowe obliczenia przepływu odpadów przez planowaną stację fermentacji odpadów biodegradowalnych w poszczególnych wariantach.

**Tabela 6.1. Obliczenie przepływu odpadów przez fermentację bioodpadów ZUOK Spytkowo**

<b>PRZYJĘCIE BIOODPADÓW DO ZAKŁADU - fr. BIO</b>		<b>Wariant W1 ciągła</b>	<b>Wariant W2 okresowa</b>
INPUT BIOodpady łącznie, w tym:		16 200	16 200
bioodpady zielone 20 02 01 i inne BIO [%]		50,0%	50,0%
bioodpady zielone 20 02 01 i inne BIO [Mg]		8 100	8 100
bioodpady kuchenne 20 01 08 i inne biodegradowalne [%]		50,0%	50,0%
bioodpady kuchenne 20 01 08 i inne biodegradowalne [Mg]		8 100	8 100
DODATKOWO:			
odpady półpłynne (tłuszcze, restauracyjne, przeterminowane) [Mg]		2 300	0
osady ściekowe [Mg]		0	0
ŁĄCZNIE ilość odpadów [Mg]		18 500	16 200

<b>PRZYGOTOWANIE BIOODPADÓW ZIELONYCH</b>		<b>Wariant W1 ciągła</b>	<b>Wariant W2 okresowa</b>
sortowanie bioodpadów (TAK - 1; NIE - 0)		1	1
bioodpady zielone 20 02 01 [Mg]		8 100	8 100
BIOODPADY CZYSTE: separacja metali [%]		1,0%	1,0%
separacja metali [Mg]		81	81
BIOODPADY CZYSTE: separacja zanieczyszczeń [%]		3%	3%
separacja zanieczyszczeń [Mg]		243	243
bioodpady po separacji [Mg]		7 776	7 776
czy pracuje separator balistyczny? (TAK - 1; NIE - 0)		1	1
separator balistyczny - fr. organiczna [%]		97,0%	97,0%
<b>fr. lekka organiczna - do fermentacji [Mg]</b>		7 543	7 543
separator balistyczny - fr. ciężka [%]		3,0%	3,0%
fr. ciężka - do kompostowni [Mg]		233	233
BIOODPADY CZYSTE nadające się do fermentacji [Mg]		7 543	7 543

<b>PRZYGOTOWANIE BIOODPADÓW KUCHENNYCH</b>		<b>Wariant W1 ciągła</b>	<b>Wariant W2 okresowa</b>
sortowanie bioodpadów (TAK - 1; NIE - 0)		1	1
BIOODPADY KUCHENNE: separacja metali Fe [%]		1,0%	1,0%
separacja metali Fe [Mg]		81	81
BIOODPADY KUCHENNE: separacja metali nFe [%]		0,0%	0,0%
separacja metali nFe [Mg]		0	0
BIOODPADY KUCHENNE: separacja zanieczyszczeń - KABINA [%]		3,0%	3,0%
separacja zanieczyszczeń - KABINA [Mg]		243	243
bioodpady po separacji [Mg]		7 776	7 776
czy pracuje separator balistyczny? (TAK - 1; NIE - 0)		1	1
separator balistyczny - fr. organiczna [%]		96,0%	96,0%
<b>fr. lekka organiczna - do fermentacji [Mg]</b>		7 465	7 465
separator balistyczny - fr. ciężka [%]		4,0%	4,0%
fr. ciężka (preRDF) - do spalania [Mg]		311	311
KUCHENNE CZYSTE nadające się do fermentacji [Mg]		7 465	7 465
odp. kuchenne bez sortowania - do fermentacji [Mg]		0	0

## OBLICZENIE FERMENTACJI GARAŻOWEJ (PERKOLACYJNEJ)

zastosowanie ferm. garażowej (TAK - 1; NIE - 0)

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
	0	1
INPUT BIOODPADÓW [Mg]	0	15 000
gęstość bioodpadów [Mg/m <sup>3</sup> ]	0,65	0,65
czas procesu (4 tygodnie)	4	4
ilość cykli fermentacji	13	13
masa odpadów w jednym cyklu [Mg]	0	1 154
wymagana objętość komór [m <sup>3</sup> ]	0	1 775
szerokość komory (5-9 m)	5,50	5,50
wysokość załadunku h [m]	2,50	2,50
powierzchnia przekroju pryzmy [m <sup>2</sup> ]	13,8	13,8
wymagana długość łączna komór [m]	0	129
długość jednej komory [m]	11,0	16,5
ilość komór obliczona [szt.]	0,0	7,8
ostateczna ilość fermenterów [szt.]	0	8
objętość czynna komory [m <sup>3</sup> ]	151	227
masa odpadów w komorze [Mg]	98	147
masa odpadów na 1 d roboczy [Mg]	0	60
czas zapełnienia tunelu [doba]		2,5

## OBLICZENIE EFEKTÓW FERMENTACJI

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
ŁĄCZNIE bioodpady stałe nadające się do FERMENTACJI [Mg]	15 008	15 008
w tym zielone [Mg]	7 543	7 543
w tym kuchenne [Mg]	7 465	7 465
INPUT BIO do FERMENTERA [Mg], w tym:	15 000	15 000
bioodpady zielone 20 02 01 [Mg]	7 535	7 535
bioodpady kuchenne 20 01 08 [Mg]	7 465	7 465
DODATKOWO odpady półpłynne [Mg]	2 300	0
DODATKOWO osady ściekowe [Mg]	0	0
ŁĄCZNA ilość odpadów do fermentacji [Mg]	17 300	15 000
Wypadkowa produkcja gazu (fr. zbierane selektywnie) [Nm <sup>3</sup> /Mg]	135	125
nadmiar odpadów do kompostowania [Mg]	8	8
nadmiar zielonych do kompostowania [Mg]	8	8
nadmiar kuchennych do kompostowania [Mg]	0	0
wsad / przyjętych [%]	93%	93%
dodatek wody do fermentacji [Mg]	400	600
recyrkulacja pofermentatu/kondensatu [Mg]	1 400	1 050
łączny INPUT do fermentacji [Mg]	18 800	16 650
ilość pofermentatu po wyjściu z komory [Mg]	15 604	14 318
łączna ilość powstałego filtratu/perkolatu [Mg]	7 704	1 500
perkolat nadmiarowy (ścieki lub nawóz) [Mg]	6 304	450
wymagana pojemność zbiornika na nawóz [m <sup>3</sup> ]	3 152	750
przyjęta pojemność zbiornika na nawóz [m <sup>3</sup> ]	3 200	750
woda czysta (kondensat suszenia)		
ilość pofermentatu po odwodnieniu/dodaniu struktury - OUTPUT [Mg]	8 200	17 318
ilość dodanej struktury (55% suchej masy) [Mg]		3 000

## OBLICZENIE NOWYCH TUNELI NA POFERMENTAT I BIOODPADY

zastosowanie tuneli kompostowych (TAK - 1; NIE - 0)

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
	1	1
potencjalny INPUT pofermentatu do tuneli [Mg]	8 200	17 318
potencjalny INPUT pozostałych BIO do tuneli [Mg]	241	241
udział odp. skierowanych do tuneli [%]	100%	100%
INPUT pofermentatu z BIOODPADÓW [Mg]	8 200	17 318
udział pofermentatu [%]	97%	99%
gęstość pofermentatu z BIOODPADÓW [Mg/m3]	0,75	0,75
INPUT pozostałych BIOODPADÓW [Mg]	241	241
udział pozostałych BIO [%]	3%	1%
gęstość pozostałych bioodpadów [Mg/m3]	0,60	0,60
czas procesu (2 - 4 tygodnie)	3	3
ilość cykli kompostowania	17	17
masa odpadów w jednym cyklu [Mg]	487	1 013
wymagana objętość tuneli [m3]	654	1 355
szerokość tuneli (5-9 m)	7,00	5,50
wysokość załadunku h [m]	1,5	1,5
powierzchnia przekroju pryzmy [m2]	10,5	8,3
wymagana długość łączna tuneli [m]	62	164
długość jednego tunelu [m]	21,0	23,0
ilość tuneli obliczona [szt.]	3,0	7,1
ostateczna ilość tuneli [szt.]	3	8
objętość czynna tunelu [m3]	221	190
masa odpadów w tunelu [Mg]	164	142
masa odpadów na 1 d roboczy [Mg]	34	70
czas zapełnienia tunelu [doba]	4,9	2,0
ubytek masy pofermentat [%]	5%	5%
ubytek masy pozostałe kuchenne BIO [%]	20%	20%
OUTPUT z pofermentatu [Mg]	7 790	16 452
OUTPUT pozostałych kuchennych BIO [Mg]	193	193
ilość odpadów, która ominęła tunele [Mg]	0	0
łączny OUTPUT [Mg]	7 983	16 644

## ŁĄCZNIE NOWE TUNELE KOMPOSTOWE

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
łączny INPUT [Mg]	8 441	17 558
ostateczna ilość tuneli [szt.]	3	8
dodatkowe tunele buforowe [szt.]	0	0
łączny OUTPUT [Mg]	7 983	16 644

## OBLICZENIE PLACU KOMPOSTOWNI

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
czy robimy plac kompostowy? (TAK - 1; NIE - 0)	1	1
ŁĄCZNY INPUT do placu kompostowni [Mg]	7 983	16 644
gęstość [Mg/m3]	0,60	0,60
ŁĄCZNY INPUT do placu kompostowni [m3]	13 305	27 741
ilość tygodni na placu (od 4 do 8) [tygodni]	4	4
ilość odpadów na placu jednorazowo [m3]	1 023	2 134
przekrój pryzmy [m2]	6,2	6,2
długość pryzm bez spadków [m]	165	344

szerokość pryzm z odstępem [m]	5,5	5,5
długość placu na pryzmy (wzdłuż) [m]	50,0	50,0
długość pryzmy (2x5m na zawracanie) [m]	37,5	37,5
ilość pryzm obliczeniowa [szt.]	4,40	9,18
ilość pryzm przyjęta [szt.]	5	10
szerokość placu [m]	37,5	65,0
powierzchnia placu na pryzmy [m2]	1 875	3 250
pow. na przesiewanie (15x20m) [m2]	300	300
inne - komunikacja [m2]	0	0
Łącznie powierzchnia placu [m2]	2 175	3 550
<b>Powierzchnia placu do budowy [m2]</b>	<b>2 200</b>	<b>3 850</b>
ubytek masy [%]	5%	5%
łączny OUTPUT z kuchennych BIO po placu dojrzewania [Mg]	<b>7 584</b>	<b>15 812</b>

## DOCZYSZCZANIE KOMPOSTU

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
czy robimy doczyszczanie kompostu? (TAK - 1; NIE - 0)	1	1
odsianie struktury do powtórniego wykorzystania [Mg] - 2/3 wsadu	0	1 881
konieczny zakup struktury [Mg]	0	1 119
kompost do doczyszczania [Mg]	7 584	13 931
udział kompostu gorszej jakości [%]	10%	10%
19 05 03 - kompost nieopowiadający wymaganiom np.: do rekultywacji [Mg]	758	1 393
kompost do sprzedania [Mg]	<b>6 825</b>	<b>12 538</b>

## ŁĄCZNY OUTPUT

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
łączna strata względem wejścia [Mg]	9 957	2 429
łączna strata względem wejścia [%]	54%	13%
Metale Fe [Mg]	162	162
Metale nFe [Mg]	0	0
Balast kaloryczny 19 12 12 - preRDF [Mg]	797	797
19 05 03 - kompost nieopowiadający wymaganiom np.: do rekultywacji [Mg]	758	1 393
kompost do sprzedania [Mg]	6 825	12 538
osiągnięty recykling [Mg]	16 945	14 010
osiągnięty recykling [%]	<b>92%</b>	<b>86%</b>

## OBLICZENIE BIOFILTRA

### powietrze z tuneli kompostowych

	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
kubatura odpadów [m3]	662	1 518
krotność wymiany powietrza [razy/h] np. 7	7	7
ilość powietrza (+15% rezerwa) [m3/h]	5 325	12 220
<b>powietrze z hal</b>		
Hala magazynowa odpadów kuchennych [m2]	0	0
Hala przygotowania wsadu [m2]	2 000	2 000
Hala odbioru i/lub odwodnienia poferme [m2]	0	0
Hala manewrowa przed tunelami [m2]	0	747
Hala placu kompostowego [m2]	0	0
ŁĄCZNA kubatura hal [m3]	16 000	21 978
krotność wymiany powietrza [razy/h] np. 1 max 2	1,0	1,0
ilość powietrza (+15% rezerwa) [m3/h]	18 400	25 274
<b>obliczenie biofiltra</b>		
ilość powietrza do biofiltra [m3/h]	<b>18 400</b>	<b>25 274</b>



	<b>20 000</b>	<b>26 000</b>
PRZYJĘTA ilość powietrza do biofiltra [m <sup>3</sup> /h]		
wysokość biofiltra [m]	1,5	1,5
obciążenie powierzchniowe [m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	100	100
obciążenie kubaturowe [m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> ]	80	80
minimalna powierzchnia biofiltra [m <sup>2</sup> ]	<b>200</b>	<b>260</b>
minimalna kubatura biofiltra [m <sup>3</sup> ]	230	316
<b>przyjęta powierzchnia biofiltra [m<sup>2</sup>]</b>	<b>200</b>	<b>260</b>

## 6.7 Rodzaje i ilości odpadów

### 6.7.1 Wytwarzanie odpadów

W ramach procesów fermentacji odpadów selektywnie zebranych powstanie odpad o kodzie 19 06 04, który następnie zostanie poddany kompostowaniu w warunkach tlenowych, w wyniku czego wytworzony zostanie odpad o kodzie ex 19 05 03. Należy zaznaczyć, że z praktyki wydawania pozwoleń zintegrowanych, ze względu na planowane funkcjonowanie dwóch instalacji technologicznie powiązanych (fermentacji i tuneli kompostowych), wykazywane jest powstawanie tymczasowego odpadu o kodzie 19 06 04. Nie przewiduje się aby odpad ten był przekazywany poza planowany zakład – w całości kierowany będzie do tuneli kompostowych. Pofermentat uzyskany w procesie odwodnienia automatycznie jest wysypywany w wydzielonym miejscu (np. boksie) w obrębie hali korytarza technologicznego. Następnie (na bieżąco) jest załadowywany ładowarką do wolnego tunelu kompostowego. Dzięki temu nie występuje ryzyko zanieczyszczenia środowiska gruntowo wodnego (szczelna posadzka hali z ujęciem ścieków) i rozprzestrzeniania się odorów (powietrze z hali docelowo skierowane do płuczki i biofiltra).

Docelowo dla wytwarzanego odpadu ex 19 05 03 zostanie przeprowadzona procedura uzyskania certyfikatu w zakresie wytwarzania środka poprawiającego uprawę roślin. Po uzyskaniu certyfikatu, w procesie wytwarzany będzie produkt – środek poprawiający uprawę roślin, a nie odpad (nastąpi utrata statusu odpadu).

**Tabela 6.2** Rodzaje i ilości odpadów przewidzianych do wytwarzania w związku z procesem prowadzenia biologicznego przetwarzania odpadów selektywnie zebranych poprzez fermentację oraz kompostowanie odpadów ulegających biodegradacji selektywnie zebranych, w tym odpadów zielonych – w procesie recyklingu R3.

L.p.	Kod odpadów	Rodzaj odpadów	Ilość odpadów [Mg/rok]	
			W1	W2
Odpady wytwarzane po procesie fermentacji odpadów ulegających biodegradacji selektywnie zebranych				
1.	ex 19 06 04	Przefermentowane odpady po suchej fermentacji odpadów ulegających biodegradacji zbieranych selektywnie (odpad tymczasowy, w całości kierowany do tuneli kompostowych)	8 200	14 300
2.	19 06 03	Ciecze z beztlenowego rozkładu odpadów komunalnych Magazynowane w szczelnych zbiornikach (zbiorniki na nawóz płynny).	6 300	1 500
Odpady wytwarzane po procesie kompostowania pofermentatu z odpadów ulegających biodegradacji selektywnie zebranych.				
3.	ex 19 05 03	Kompost nieodpowiadający wymaganiom (nienadający się do wykorzystania) wytworzony z odpadów zielonych i innych bioodpadów zbieranych selektywnie Magazynowany na placu kompostu	7 590	15 820

Odpady ex 19 05 03 po procesach biologicznego przetwarzania odpadów magazynowane będą na wydzielonych miejscach w obrębie placu dojrzwania, posiadającego szczelną nawierzchnię, z ujęciem powstających ścieków i odprowadzeniem ich do zbiorników na ścieki. Odpady ciekłe 19 06 03 magazynowane będą w szczelnych zbiornikach (zbiorniki na nawóz płynny/perkolat).

Zgodnie z katalogiem odpadów z beztlenowego rozkładu odpadów mogą powstawać także odpady o kodzie 19 06 05 (ciekłe) i 19 06 06 (stałe). W przypadku analizowanej instalacji nie

ma technicznych możliwości wydzielania dwóch rodzajów produktów ciekłych i dwóch rodzajów produktów stałych z fermentacji. Do zbiornika nawozu/perkolatu oraz do kompostowni trafiać będą odpady jednym, wymieszanym w reaktorach strumieniem. Z tego względu z praktyki podobnych instalacji przyjmuje się kod właściwy dla dominującego substratu. W analizowanym przypadku podstawowym substratem będą odpady komunalne o kodzie 20 02 01 i 20 01 08, zatem produkty po fermentacji będą odpadami o kodzie 19 06 03 i 19 06 04.

## 6.8 Zagospodarowanie terenu i opis obiektów objętych przedsięwzięciem

Mapy zawierające koncepcje zagospodarowania terenu dla poszczególnych wariantów stanowią **załączniki graficzne nr 2**.

Koncepcja opracowana została dla lokalizacji wskazanej przez Inwestora – dz. nr 185 obręb Świdry. Zgodnie z wymaganiami Inwestora, na terenie działki nr 185 obręb Świdry należy pozostawić rezerwę terenu na planowaną farmę fotowoltaiczną oraz na Punkt Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych (PSZOK). Dodatkowo w ramach niniejszej Koncepcji rozważana była możliwość zlokalizowania hali sortowni odpadów selektywnie zebranych (jako rezerwa terenu).

- **Hala przyjęcia i przygotowania wsadu (nr 1)** o powierzchni do 2000 m<sup>2</sup> wraz z sanitariatami wykonanymi wewnątrz hali (zgodnie z wymogami BHP). Hala w konstrukcji stalowej. Hala jednonawowa z dachem dwuspadowym. Zaplecze socjalne wykonane jako obiekt murowany. Wysokość hali w okapie do 12 m. Wysokość w kalenicy do 15m.

Hala modułu retencjonowania, wstępnego przygotowania i podawania wsadu to obiekt jednokondygnacyjny, jednonawowy, o kształcie prostokąta. W ramach obiektu należy przewidzieć moduł przygotowania i podawania odpadów biodegradowalnych selektywnie zbieranych: zielonych (w tym ogrodowych) oraz kuchennych oraz moduł przygotowania i podawania frakcji mokrej o pow. ok. 100 m<sup>2</sup>). Dopuszcza się modyfikację tych parametrów w dostosowaniu do oferowanej technologii. W hali przewidziano sieć żelbetowych ścian oporowych, o wysokości do 4m, na których może wspierać się konstrukcja stalowa wraz z dachem. Projektowana hala jest obiektem ocieplanym i nieogrzewanym. Dach dwuspadowy o nachyleniu do 10%. Ściany zewnętrzne – profilowany i ocieplany panel stalowy, poniżej konstrukcja żelbetowa, nieotynkowana. Do hali powinna być doprowadzona instalacja elektryczna, teletechniczna, ciepła i wodna. Zastosować konstrukcję, połączenia montażowe i materiały odporne na korozję lub wykonać zabezpieczenie antykorozyjne, wynikające z prowadzonych procesów technologicznych (np. podwyższone stężenie amoniaku). Hala wyposażona zostanie w wentylację grawitacyjną i mechaniczną oraz w sieć przeciwpożarową np. opartą na hydrantach przeciwpożarowych lub inne dopuszczalne prawem rozwiązanie. Wentylacja hali zapewniająca utrzymanie warunków pracy ludzi w hali zgodnie z obowiązującymi normami prawnymi. Przyjęto, że w budynku w okresie zimowym będzie utrzymywana temperatura minimum +5°C (wymóg technologii). Odprowadzenie wód deszczowych z dachu do planowanych zbiorników cylindrycznych PEHD i ponowne wykorzystanie w procesach technologicznych w przypadku nadmiaru wód ich skierowanie do istniejącego systemu kanalizacji deszczowej. Odprowadzenie wód odciekowych z posadzki do bezodpływowego zbiornika na odcieki z możliwością wywozu wozem asenizacyjnym (w lokalizacji na oczyszczalni, odprowadzenie bezpośrednio na oczyszczalnię). Wyładunek

odpadów do hali z rampy najazdowej wys. ok. 2 m – rozładunek samochodów tyłem z rampy. Dopuszcza się zmianę lokalizacji bram w oparciu o wytyczne technologiczne wybranej do realizacji technologii. Dach hali wyposażony w świetliki.

Do hali powinny być doprowadzone wszelkie niezbędne instalacje elektryczne, teletechniczne, ciepłne, wodne i kanalizacyjne.

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

W hal dodatkowo zlokalizowany zostanie moduł odbioru i odwodnienia pofermentatu. Z wnętrza hali następować będzie załadunek pofermentatu do planowanych tuneli kompostowych.

Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

W hal dodatkowo wydzielona zostanie hala płuczki (oczyszczania powietrza). Z hali następować będzie przejazd do hali korytarza technologicznego.

**- Część budowlana układu fermenterów (nr 2).**

Obiekty układu fermenterów żelbetowe dostarczane (wykonywane) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem i częścią podziemną) według szczegółowych wymagań konkretnej technologii. Pojedynczy fermenter wykonany jako prostopadłościan.

Każda z komór fermentacyjnych będzie niezależna, tj. będzie posiadać zamknięcie, system napowietrzania, system nawadniania i ujmowania gazu, system sterowania oraz monitorowania. Konstrukcja szczelna, umożliwiająca ujęcie biogazu, wykonana z materiału odpornego na agresywne ciecze i środowisko. Obiekt fermentera dostarczany (wykonywany) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem i częścią podziemną) według szczegółowych wymagań konkretnej technologii.

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

Liczba komór układu fermenterów wyniesie 1 szt. (plus pozostawiona rezerwa na drugi fermenter); dł. 31-33 m i szer. 10-11 m;

Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

Liczba komór układu fermenterów wyniesie 8 szt. (brak rezerwy terenu); dł. 16,5 m i szer. 5,5 m;

**- Hala odbioru i odwodnienia pofermentatu (nr 3a)** zrealizowana jako wydzielona część hali przygotowania wsadu (nr 1) tylko w wariantcie W1 – f. ciągła. Nie przewiduje się realizacji w wariantcie W2 – f. okresowa.

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

Przewidziano wykonanie dwóch żelbetowych komór, na których przewiduje się posadowienie kolejno prasy i wirówki, na których może wspierać się konstrukcja stalowa wraz z dachem. Hala wyposażona w suwnicę umożliwiającą serwisowanie urządzeń technologicznych (prasa i wirówka odwadniająca).

**- Zbiornik perkolatu i piaskownik (nr 3b)**, 2 szt., realizowane tylko w wariantcie W2 – f. okresowa. Nie przewiduje się realizacji w wariantcie W1 – f. ciągła.

Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

1. Piaskownik (2 szt.) – zamknięty, żelbetowy zbiornik podziemny, o pojemności ok. 60 m<sup>3</sup> każdy. Zbiornik powinien posiadać możliwość usuwania zanieczyszczeń powstałych w wyniku sedymentacji frakcji stałej, mineralnej. Szacowana powierzchnia do 24 m<sup>2</sup>.

2. Zbiornik na perkolat (2 szt.) – zamknięty, szczelny, żelbetowy zbiornik. Wykonany z materiałów dostosowanych do środowisk korozyjnych. Zakładana pojemność zbiornika wynosi ok. 375 m<sup>3</sup> każdy. Szacowana powierzchnia do 112 m<sup>2</sup>. Zbiornik wyposażony będzie (w obrębie uszczelnionego placu) w stanowisko napełniania cystern wyposażone w przyłączy strażackie (min. fi 100) umożliwiające opróżnienie zbiornika wozem asenizacyjnym oraz nalewak umożliwiający odbiór nawozu pojazdami różnego typu (np. pojazdem typu „wanna” lub cysterna).  
W zbiorniku w wyniku wtórnej fermentacji powstawać będą dodatkowe ilości biogazu. Przewiduje się skierowanie go do systemu zagospodarowania biogazu. Zbiornik podłączony będzie do systemu kanalizacji odciekowej na terenie Zakładu (przelew awaryjny). W sytuacjach awaryjnych zbiornika, nawóz jako ściek odprowadzany będzie do oczyszczalni.

**- Hala płuczki i wentylatora (nr 4a).**

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

Hala w konstrukcji stalowej. Hala jednokondygnacyjna z dachem jednospadowym. Wysokość hali w okapie do 8 m. Wysokość w kalenicy do 10m.

Przyjęta powierzchnia: ok 90 m<sup>2</sup>.

Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

Zrealizowana jako wydzielona część hali przygotowania wsadu (nr 1)

Przyjęta powierzchnia: ok 130 m<sup>2</sup>.

- Części budowlane biofiltra (nr 4b).** Obiekt wykonany w formie żelbetowych murów oporowych o wysokości do 3m. Łączna powierzchnia czynna biofiltra nie mniejsza niż 500 m<sup>2</sup>. Biofiltr w formie min. 2 sekcji.

Obiekt w zakresie płuczki kwaśnej i biofiltra jest dostarczany (wykonywany) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem i częścią podziemną). W zakresie biofiltra poziomego: konstrukcja betonowa. Konstrukcja dna biofiltra musi gwarantować równomierne rozprowadzenie powietrza procesowego pod całym złożem i powolne przenikanie przez materiał filtrujący do atmosfery. Elementy konstrukcyjne biofiltra powinny być odporne na korozję (czynniki atmosferyczne oraz właściwości odpadów). Posadzka biofiltra, powinna zostać wykonana w sposób umożliwiający odprowadzenie powstających w nim odcieków z materiałów odpornych na czynniki chemiczne w nich występujące. Wkład biofiltra zostanie rozłożony na specjalnej konstrukcji, która będzie odporna na środowisko agresywne i umożliwi przedostawanie się powietrza przez poszczególne warstwy wkładu biofiltra oraz pozwoli na przesiekanie wód odciekowych.

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

Łączna powierzchnia czynna biofiltra nie mniejsza niż 200 m<sup>2</sup>.

Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

Łączna powierzchnia czynna biofiltra nie mniejsza niż 260 m<sup>2</sup>.

- Zbiornik odciekowy na nawóz płynny ze zbiornikiem biogazu (nr 5a), zrealizowany tylko w wariantcie W1 – f. ciągła. Nie przewiduje się realizacji w wariantcie W2 – f. okresowa.**

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

Wykonany w formie szczelnego, cylindrycznego zbiornika, częściowo pod-poziomowego, wykonanego z żelbetu o średnicy ok. 25 m i głębokości ok. 6,5 m, wykonany z materiału

odpornego na agresywne ciecze i środowisko. Zbiornik umożliwiający wyposażenie w powłokę z tworzywa sztucznego tzw. powłokę gazową. Wysokość części budowlanej (żelbetowej) zbiornika ponad teren do 5,5 m. W zbiorniku w wyniku wtórnej fermentacji powstawać będą dodatkowe ilości biogazu. Przewiduje się skierowanie go do systemu zagospodarowania biogazu. Zbiornik podłączony będzie do systemu kanalizacji odciekowej na terenie Zakładu (przelew awaryjny). W sytuacjach awaryjnych zbiornika, nawóz jako ściek odprowadzany będzie do kanalizacji. Zbiornik wyposażony będzie (w obrębie uszczelnionego placu) w stanowisko napełniania cystern wyposażone w przyłącze strażackie (min. fi 100) umożliwiające opróżnienie zbiornika wozem asenizacyjnym oraz nalewak umożliwiający odbiór nawozu pojazdami różnego typu (np. pojazdem typu „wanna” lub cysterna).

Przewiduje się jeden zbiorniki o poj. 3200 m<sup>3</sup> (brak rezerwy terenu na drugi zbiornik – ewentualna rozbudowa poprzez zwiększenie wysokości).

#### - **Zbiornik biogazu**

##### Rozwiązania w wariancie W1 – f. ciągła

Realizowany w ramach zbiornika na nawóz płynny (nr 5a),

Obiekt technologiczny w formie sferycznej (kuli) do magazynowania biogazu w zakresie części budowlanej posadowiony / zainstalowany na zbiorniku nawozu płynnego. Pojemność do 2400 m<sup>3</sup>.

Dzięki możliwości gromadzenia gazu w zbiorniku możliwe będzie uśrednienie jego składu, ciśnienia oraz temperatury, co ma korzystny wpływ na pracę silników w agregatach kogeneracyjnych. Dodatkową korzyścią magazynowania biogazu jest możliwość okresowego załączania jednostek kogeneracyjnych na ich maksymalne obciążenie. Zabudowa zbiornika pozwoli również na unikanie start biogazu w przypadku awarii lub serwisu agregatów. Obiekt jest dostarczany (wykonywany) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem). Wokół zbiornika biogazu i wokół pochodni wykonać strefę ochronną i zabezpieczenie odgromowe oraz wszelkie pozostałe niezbędne instalacje wynikające z przepisów bezpieczeństwa. Instalacja biogazu jest dostarczana (wykonywana) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem).

Przewidziano instalację zbiornika dwupowłokowego, z tworzyw sztucznych, niskiego ciśnienia. Na wyposażeniu zbiornika powinny znajdować się wszelkie niezbędne do jego prawidłowego funkcjonowania elementy jak: dmuchawa powietrza, szafka sterownicza, odwadniacze biogazu. Urządzenia pomocnicze (drabina, pomosty, mocowania dmuchaw) w wykonaniu ze stali nierdzewnej etc.

##### Rozwiązania w wariancie W2 – f. okresowa

Realizowany w ramach budowy komór fermentacyjnych (nr 2),

Zakładany zbiornik biogazu zlokalizowany na dachu. Pojemność łączna zbiornika ok. 1200 m<sup>3</sup>. Zbiornik dwukomorowy umożliwiający odbiór „gazu słabego” i „gazu dobrego”. Zbiornik służy jako bufor magazynowy w przypadku braku możliwości wykorzystania energetycznego biogazu oraz umożliwia uśrednienie jakości powstałego gazu.

#### - **Kolumna odsiarczająca (nr 5b)** - obiekt technologiczny w formie cylindrycznego zbiornika z tworzywa sztucznego w zakresie części budowlanej posadowiony / zainstalowany na płycie fundamentowej wg wytycznych producenta. Płyta w formie prostokąta do 25m<sup>2</sup> , długości do 5m i szerokości do 5m.

Zakłada się, że wyprodukowany biogaz przed skierowaniem do zbiornika biogazu, trafił będzie na biologiczną kolumnę odsiarczającą ze złożem biologicznym. Obiekt dostarczany

jako urządzenie technologiczne. Zasada działania polega na zasiedleniu złoża bakteriami żywiącymi się związkami siarki (wyselekcjonowane populacje mikroorganizmów, w tym bakterie gatunku *Thiobacillus* (np. *Thiooxidans*). Technologia odsiarczania biogazu z zastosowaniem kolumny odsiarczającej ze zraszanym złożem polega na wykorzystaniu zdolności mikroorganizmów do neutralizacji zagrażających środowisku szkodliwych substancji chemicznych. Procesy przemiany związków chemicznych zachodzą w środowisku właściwego złoża biologicznego, rozmieszczonego na obojętnym chemicznie podłożu, zasiedlonego przez specyficzne gatunki mikroorganizmów.

W technologii do odsiarczania biogazu z udziałem bioreaktora ze zraszanym złożem.

Instalacja zostanie montowana na płycie fundamentowej, betonowej wg wytycznych producenta urządzenia. Fundament winien umożliwić rozbudowę o kolejny moduł. Instalacja biogazu jest dostarczana (wykonywana) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem). Do obiektu należy doprowadzić wszelkie niezbędne instalacje w tym kan. odciekową oraz wodociąg. Kolumna odsiarczająca jako cylindryczny zbiornik wykonany jest z polipropylenu o średnicy ok. 2,0 m. wyposażony w drabinę o wysokości ok. 7 m, włączając pochyły dach (stożek).

Ze względu na zapewnienie długiej pracy agregatu prądotwórczego CHP konieczne jest, przed wykorzystaniem biogazu, uzyskanie odpowiednich parametrów biogazu w tym np. zasiarczenie na poziomie nie przekraczającym 200 ppm  $H_2S$  (ze względu na charakter odpadów biodegradowalnych selektywnie zbieranych zakłada się ewentualne przekroczenie  $H_2S$  do poziomu ok. 1 000ppm).

- **Pochodnia (nr 5b)** – obiekt technologiczny do awaryjnego spalania biogazu posadowiony na płycie wg wytycznych producenta. Płyta w formie prostokąta do 16m<sup>2</sup>, długości do 4m i szerokości do 4m

Na odcinku przed pochodnią należy wykonać studzienkę pomiarową biogazu z zamontowanym przepływomierzem-gazomierzem do pomiaru ilości spalonego w pochodni biogazu. Pochodnia będzie obiektem wolnostojącym posadowionym na żelbetowym fundamencie blokowym. Wykonanie materiałowe: stal kwasoodporna samej pochodni i przewodów biogazu izolowanych. Pochodnia na wydajność ok. 200 m<sup>3</sup>/h, wyposażona między innymi w rurę osłonową płomienia, automatyczny zapłon iskrowy, bezpiecznik ogniowy mechaniczny, zawór elektromagnetyczny, system awaryjnego podtrzymania napięcia, bezpiecznik zwrotny oraz inne niezbędne do prawidłowego jej funkcjonowania.

Pochodnia z krytym płomieniem o regulowanym skokowo dopływem biogazu. Wokół pochodni wykonać strefę ochronną zgodnie z odrębnymi przepisami. Instalacja biogazu jest dostarczana (wykonywana) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem).

- **Jednostka kogeneracyjna (nr 5c)** – obiekt dostarczony jako element technologiczny zabudowany w specjalistycznym kontenerze stalowym posadowionym wg wytycznych producenta na płycie fundamentowej. Płyta w formie prostokąta do 64m<sup>2</sup>, długości do 16m i szerokości do 4m. Przewiduje się posadowienie do 2 sztuk jednostek kogeneracyjnych – każda na odrębnej płycie fundamentowej według opisu powyżej.

Obiekt jest dostarczany (wykonywany) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem i częścią podziemną). Zespół kogeneracyjny jest częścią instalacji biogazu. Zespół kogeneracyjny (CHP) umiejscowiony jest np. w wyciszonym kontenerze. Dopuszczalne zlokalizowanie modułu kogeneracyjnego w osobnym budynku. Wraz z agregatami należy dostarczyć stołowe chłodnice wentylatorowe do montażu na zewnątrz

budynku przeznaczone do awaryjnego chłodzenia silnika (w przypadku braku odbioru ciepła w zespołach odzysku ciepła) oraz chłodzenia mieszanki paliwowej. Instalacja wyposażona w tłumiki hałasu na wylocie spalin oraz tłumiki hałasu chłodnic wentylatorowych.

Ciepło wytwarzane w czasie spalania gazu będzie wykorzystywane do ogrzewania wsadu do komór stabilizacji beztlenowej oraz na potrzeby własne Zakładu, za pośrednictwem innych urządzeń wykorzystujących ciepło spalin i cieczy chłodniczej agregatu. W układzie należy przewidzieć możliwość innego odbioru ciepła (w przypadku nadwyżki ciepła lub w sezonie letnim).

Według obliczeń poniżej przyjęto dostawę do 2 jednostek. Charakterystyka techniczna każdego z agregatów: wymagany współczynnik sprawności przetwarzania energii pierwotnej zawartej w biogazie w energię elektryczną nie mniej niż 40 %, wymagany współczynnik sprawności przetwarzania energii pierwotnej zawartej w biogazie w energię cieplną na poziomie co najmniej 40 %; zasilanie biogazem o wartości opałowej ok. 6 kWh/Nm<sup>3</sup>; skład biogazu: ok. 50 % metanu, dwutlenek węgla, śladowe ilości siarki, azotu i innych. Wymagany współczynnik sprawności całkowitej przetwarzania energii pierwotnej zawartej w biogazie w energię elektryczną i cieplną powyżej 80 % przy obciążeniu nominalnym silnika. Agregat z możliwością płynnej regulacji mocy w zakresie 60÷100 % mocy nominalnej.

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

przewiduje się zastosować dwa agregaty CHP o mocy 500 i 300 kW

Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

przewiduje się zastosować dwa agregaty CHP o mocy 300 i 200 kW

- **Plac dojrzewania kompostu (nr 6)** – betonowy plac z możliwością odbioru wód odciekowych z prowadzonego procesu i odprowadzanych do zbiornika. Plac dostosowany do ruchu ciężkiego tj. pojazdów ciężarowych, ładowarek kołowych, wózków widłowych itp. Odprowadzenie wód odciekowych z powierzchni do bezodpływowego zbiornika na odcieki i na oczyszczalnię).

Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

Wymagana powierzchnia placu kompostowego: 2200 m<sup>2</sup>;

Planowana powierzchnia placu kompostowego: 1460 m<sup>2</sup>;

Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

Wymagana powierzchnia placu kompostowego: 3850 m<sup>2</sup>;

Planowana powierzchnia placu kompostowego: 1580 m<sup>2</sup>;

- **Części budowlane kompostowni tunelowej (nr 7):** tunele kompostowe i wentylatorownia:

- tunele kompostowe – obiekt tuneli kompostowych dostarczany (wykonywany) w całości jako instalacja technologiczna (łącznie z posadowieniem i częścią podziemną) według szczegółowych wymagań konkretnej technologii. Wysokość części budowlanej tuneli kompostowych (ścian w formie murów oporowych wraz ze stropem lub bez stropu – przykrycie technologiczne tuneli dostarczane w ramach technologii – elementów niebudowlanych) do 8m.
- Wentylatorownia wykonana w formie lekkiej konstrukcji stalowej o szer. min 3m x dł. dostosowanej do ilości tuneli. Konstrukcja obiektu jednonawowa z dachem



jednostopowym. Wysokość obiektu w okapie do 5 m. Wysokość w kalenicy do 6m. Stabilizacja tlenowa będzie odbywać się w zamkniętych tunelach kompostowych, zapelnianych cyklicznie, z aktywnym, automatycznym napowietrzaniem pozytywnym. Proces stabilizacji tlenowej będzie prowadzony indywidualnie, dla każdego reaktora. Przewiduje się iż każdy z tuneli kompostowych będzie posiadał takie same wymiary: Każdy tunel kompostowy będzie niezależny, tj. będzie posiadać zamknięcie, system napowietrzania, sterowanie procesem oraz monitoring. W tunelach kompostowych powietrze będzie dostarczane przez wdmuchiwanie (aktywne napowietrzanie) za pomocą pipetowego systemu kanałów napowietrzających, które wykorzystywane będą także do odbioru odcieków. Każdy reaktor (tunel kompostowy) będzie wyposażony w wentylator, włączanie się wentylatorów będzie regulowane za pomocą parametrów procesu (min. zawartości tlenu w odpadach i temperatury), osobno dla każdego reaktora. Odprowadzanie powietrza zanieczyszczonego z zamkniętych tuneli kompostowych będzie pozwalać na utrzymanie wszystkich tuneli w podciśnieniu. Monitorowanie procesu stabilizacji w każdym tunelu kompostowym będzie się odbywać za pomocą pomiarów parametrów procesu (min. zawartości tlenu i temperatura) bezpośrednio w stabilizowanym odpadzie. Przewiduje się system nawadniający selektywny dla każdego tunelu kompostowego, zapewniający możliwość nawadnia recyrkulowanym odciekiem bądź wodą. Przewiduje się ograniczenie kontaktu konstrukcji stalowych i mechanicznych z agresywnym środowiskiem panującym w tunelach kompostowych. Przewiduje się lokalizację elementów mechanicznych i konstrukcyjnych urządzeń poza zasięgiem ładowarki. Wewnątrz zamkniętych tuneli kompostowych nie będą znajdować się żadne instalacje elektryczne. Struktury metalowe tuneli kompostowych będą zabezpieczone przed agresywnością zanieczyszczonego powietrza. Załadunek reaktorów materiałem i rozładunek po zakończonym procesie intensywnej stabilizacji tlenowej będzie realizowany poprzez ładowarkę kołową. Sposób otwierania reaktora nie będzie ograniczać ruchu maszyn w strefie załadunku i rozładunku. Preferuje się zamknięcie tuneli kompostowych w formie bram przesuwnych, otwieranych ręcznie nie ograniczających strefy załadunku / rozładunku. Do napowietrzania materiału wewnątrz tuneli kompostowych przewiduje się wentylatory promieniowe, które umożliwią przeciwdziałanie stracie ciśnienia wywołanej przez kompostujący materiał. Każdy z tuneli będzie posiadać oddzielny wentylator. Wentylatory przewiduje się zabezpieczyć przed wpływem warunków atmosferycznych. Napowietrzanie będzie odbywać się poprzez cykliczną pracę wentylatorów i będzie zapewnić dostarczenie odpowiedniej ilości tlenu mikroorganizmom w stabilizowanym materiale. Elementy systemu napowietrzania przewiduje się wykonać z materiału odpornego na działanie substancji chemicznych zawartych w powietrzu procesowym. Odprowadzenie powietrza zanieczyszczonego będzie pozwalać na utrzymanie wszystkich tuneli w podciśnieniu, niezależnie od stanu pracy wentylatorów napowietrzających. Zamknięte tunele kompostowe przewiduje się wyposażać w system zraszania odpadów z możliwością użycia odcieków lub świeżej wody. Odbiór odcieków w tunelach kompostowych odbywać się będzie przez kanały systemu napowietrzania. Przewiduje się aby instalacja została dostarczona i zaprojektowana wraz z wszelką niezbędną aparaturą

kontrolną, pomiarową i pomocniczą, okablowaniem, orurowaniem i armaturą. Przewiduje się dostarczenia instalacji technologicznej o wysokim stopniu niezawodności i dużej sprawności.

Instalacja będzie działać w sposób automatyczny, poprzez oprogramowanie sterujące. Codzienne czynności obsługowe przewiduje się ograniczać do kontroli jej pracy i ewentualnej zdalnej zmiany nastaw. Instalacja technologiczna zostanie wyposażona w niezbędne wyłączniki bezpieczeństwa i pozostałe elementy BHP i ppoż. Wszelkie miejsca wymagające okresowej obsługi personelu będą łatwo dostępne, w sposób zgodny z obowiązującymi przepisami.

W reaktorach tunelowych odpady będą podlegały stabilizacji przez okres 2-3 tygodni. Po tym okresie za pomocą ładowarki kołowej będą transportowane na nowy plac kompostowy i układane w pryzmach.

#### Rozwiązania w wariantcie W1 – f. ciągła

Liczba tuneli kompostowych wyniesie 3 szt. (dł. 21 m i szer. 7,0 m);

#### Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

Liczba tuneli kompostowych wyniesie 8 szt. (dł. 23 m i szer. 5,5 m);

- **Hala korytarza technologicznego (nr 8) zrealizowana tylko w wariantcie W2 – f. okresowa.** Nie przewiduje się realizacji w wariantcie W1 – f. ciągła.

#### Rozwiązania w wariantcie W2 – f. okresowa

o wymiarach min: szer. 16m x dł. 46,7m. Hala w konstrukcji stalowej. Hala jednonawowa z dachem jednospadowym. Wysokość hali w okapie do 8 m. Wysokość w kalenicy do 11 m.

Obsługa komór fermentacyjnych i tuneli kompostowych prowadzona będzie w obrębie hali korytarza technologicznego. Załadunek reaktorów materiałem i rozładunek po zakończonym procesie intensywnej stabilizacji tlenowej będzie realizowany poprzez ładowarkę kołową. Minimalna szerokość strefy załadunku i rozładunku tuneli stabilizacji tlenowej powinna wynosić 16 m. Do tej wartości należy doliczyć wymiar (grubość) drzwi, które otwierają się na strefę załadunku i rozładunku tuneli stabilizacji tlenowej. Sposób otwierania reaktora nie może ograniczać ruchu maszyn w strefie załadunku i rozładunku.

Hala korytarza technologicznego to obiekt jednokondygnacyjny, jednonawowy, o kształcie prostokąta, o wymiarach 46,7x16 m co daje ok. 747 m<sup>2</sup> i wysokości w świetle min 8 m. Dopuszcza się modyfikację tych parametrów w dostosowaniu do oferowanej technologii. Dach dwuspadowy o nachyleniu do 10%. Ściany zewnętrzne – profilowany i ocieplany panel stalowy (o ile będzie taki wymóg technologii), nieotynkowana. Do hali powinna być doprowadzona instalacja elektryczna, teletechniczna, ciepła i wodna. Zastosować konstrukcję, połączenia montażowe i materiały odporne na korozję lub wykonać zabezpieczenie antykorozyjne, wynikające z prowadzonych procesów technologicznych (np. podwyższone stężenie amoniaku). Hala wyposażona zostanie w wentylację grawitacyjną i mechaniczną oraz w sieć przeciwpożarową np. opartą na hydrantach przeciwpożarowych lub inne dopuszczalne prawem rozwiązanie. Wentylacja hali zapewniająca utrzymanie warunków pracy ludzi w hali zgodnie z obowiązującymi normami prawnymi. Przyjęto, że w budynku w okresie zimowym będzie utrzymywana temperatura minimum +5°C (o ile będzie taki wymóg technologii).

Odprowadzenie wód deszczowych z dachu do planowanych zbiorników i ponowne wykorzystanie w procesach technologicznych. Odprowadzenie wód odciekowych z posadzki do systemu kanalizacji odciekowej (np. zbiornik na odcieki). Nadmiar wód technologicznych (odcieków) skierowanych do zbiornika zostanie wywieziony wozami

asenizacyjnymi na oczyszczalnię (w lokalizacji na oczyszczalni, odprowadzenie bezpośrednio na oczyszczalnię).

- **Place i drogi technologiczne (nr 9)** – Place i drogi technologiczne o nawierzchni dostosowanej do przejazdu pojazdów ciężarowych obsługujących planowaną inwestycję.

Nawierzchnie ewentualnych placów manewrowych, dróg technologicznych i placu kompostowego przewidziano z betonu asfaltowego lub betonowe. Należy zaprojektować place i drogi dostosowane do ruchu ciężkiego, tj. dostosowany do ruchu i pracy takich pojazdów, jak m.in. samochody ciężarowe, ładowarki kołowe, wózki widłowe itp. Odprowadzenie wód deszczowych z powierzchni placów do systemu kanalizacji deszczowej i poprzez osadnik i separator ropopochodnych. Dopuszczalna prędkość dla samochodów ciężarowych w zakładzie 20 km/h. Szacowana łączna powierzchnia placów (9) wynosi

- w wariantcie W1: 4 180 m<sup>2</sup>;
- w wariantcie W2: 4 320 m<sup>2</sup>;

- **Wiata/boksy magazynowe na odpady (nr 12)** - zadaszony plac z możliwością ujęcia ewentualnych wód odciekowych, służący do magazynowania odpadów i/lub gotowego kompostu. Podłoże utwardzone identycznie jak place i drogi technologiczne. Wymiary pojedynczego boksu: 6x6 m, ilość: 8 szt. w obu wariantach (W1 i W2).

- **Kontenery socjalne (nr 13)** - obiekt dostarczany w całości, wraz z sanitariatami oraz zbiornikiem na ścieki socjalne. Wymiary pojedynczego kontenera: 3x6 m, ilość: 3 szt. w obu wariantach (W1 i W2).

- **Kontener wagowy (nr 14)** - obiekt dostarczany w całości, wraz z instalacjami. Wymiary pojedynczego kontenera: 3x6 m, ilość: 1 szt. w obu wariantach (W1 i W2).

- **Waga najazdowa (nr 15)** - obiekt dostarczany w całości wraz z posadowieniem. Wymiary: 3x18 m, ilość: 1 szt. w obu wariantach (W1 i W2).

- Infrastruktura towarzysząca – instalacje zewnętrzne uzbrojenia terenu wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem:

- zewnętrzna instalacja wodociągowa wraz z niezbędną infrastrukturą,
- zewnętrzna instalacja kanalizacji deszczowej wraz z niezbędną infrastrukturą,
- zewnętrzna instalacja kanalizacji odciekowej wraz z niezbędną infrastrukturą,
- zewnętrzna instalacja kanalizacji sanitarnej wraz z niezbędną infrastrukturą,
- zewnętrzna instalacja elektroenergetyczna (w tym oświetleniowa) wraz z niezbędną infrastrukturą ( np. stacją transformatorową o ile będzie wymagana),
- zewnętrzna instalacja teletechniczna wraz z niezbędną infrastrukturą (kanalizacja kablowa),
- zewnętrzna instalacja gazowa wraz z niezbędną infrastrukturą,
- zewnętrzna instalacja ciepłownicza wraz z niezbędną infrastrukturą.

## 7. WSKAŹNIKOWE NAKŁADY INWESTYCYJNE I KOSZTY EKSPLOATACYJNE

### 7.1 Wskaźnikowe nakłady inwestycyjne w wariantach

Poniższa tabela przedstawia zestawienie wskaźnikowych szacunkowych nakładów inwestycyjnych w poszczególnych wariantach (w cenach netto).

**UWAGA!** Wyceny urządzeń i instalacji technologicznych, maszyn, itp. sporządzono na podstawie ofert dostawców aktualnych na czas sporządzania niniejszej Koncepcji. Dodatkowo do sporządzania powyższych wycen wykorzystano doświadczenie w wycenie podobnych obiektów. Powyższe wyceny ze względu na etap koncepcji mają charakter szacunkowy i mogą ulec zmianie z powodu inflacji, kursu euro, zmian cen materiałów budowlanych, cen robocizny, cen urządzeń etc.

**UWAGA!** Szarym kolorem zaznaczono wiersze dotyczące obiektów budowlanych (roboty budowlane).

**Tabela 7.1. Zestawienie szacunkowych nakładów inwestycyjnych w wariantach**

				W1 ciągła		W2 okresowa	
element	opis	jedn .	wartość jednostkowa	ilość	szacunkowa wartość łączna	ilość	szacunkowa wartość łączna
1 Przygotowanie wsadu				17 516 400 zł			13 934 800 zł
Magazynowanie	Wiata magazynowa w formie boksów z murami oporowymi	m <sup>2</sup>	1 700 zł	144	244 800 zł	144	244 800 zł
	Nadawa	szt.	350 000 zł	1	350 000 zł	1	350 000 zł
	Rozdrabniacz wstępny (rozrywarka)	szt.	700 000 zł	1	700 000 zł	1	700 000 zł
	Kabina sortownicza 2-stanowiskowa	szt.	650 000 zł	1	650 000 zł	1	650 000 zł
	Separator Fe	szt.	250 000 zł	2	500 000 zł	2	500 000 zł
	Sito gwiazdiste 50mm	szt.	700 000 zł	1	700 000 zł	1	700 000 zł
	Rozdrabniacz	szt.	1 400 000 zł	1	1 400 000 zł	1	1 400 000 zł
	Separator balistyczny	szt.	700 000 zł	1	700 000 zł	1	700 000 zł
	Podajniki + konstrukcja wsporcza	mb	9 000 zł	100	900 000 zł	100	900 000 zł
Linia przygotowania frakcji "półpłynnej"	Pompa z maceratorem	szt.	35 000 zł	1	35 000 zł		0 zł
	Wolnostojący silos	szt.	336 000 zł	1	336 000 zł		0 zł
	Przenośniki ślimakowe	mb	15 000 zł	30	450 000 zł		0 zł
Hala	Hala modułu przygotowania wsadu	m2	3 600 zł	2 000	7 200 000 zł	2 000	7 200 000 zł
Bufor	suwnica chwytakowa	szt.	1 600 000 zł	1	1 600 000 zł		0 zł
	estakada suwnicy- konstrukcja, instalacja, sterowanie	szt.	300 000 zł	1	300 000 zł		0 zł
	Magazyn buforowy	szt.	60 000 zł	1	60 000 zł		0 zł
	nadawa odpadów - lej zasypowy (V=5m3)	szt.	350 000 zł	1	350 000 zł		0 zł
	(przenośniki + waga taśmowa + dostawa+montaż) - 1 kpl.	szt.	125 000 zł	1	125 000 zł		0 zł
Dostawa, montaż, gwarancje		kpl.	(10% technologii)	1	915 600 zł	1	590 000 zł
2 Fermentacja				7 905 000 zł			14 817 280 zł
Komora fermentacyjna	CIĄGŁA V= ok. 15 tys. Mg/rok: technologia + licencje, roboty elektryczne i instalacyjne, kontener ciepła, ujęcie biogazu, załadunek+ekstrak. z pompami+przenośniki z sort. i do kompost., analizatory + oprzyrządowanie + detekcja H2S, CO, CO2 itp.,	szt.	4 800 000 zł	1	4 800 000 zł		0 zł
	CIĄGŁA Komora fermentacyjna V=ok. 15 tys. Mg - budowa	szt.	2 300 000 zł	1	2 300 000 zł		0 zł
	GARAŻOWA V=5,1 tys. Mg/rok (4 szt. komór): technologia + licencje, roboty elektryczne i instalacyjne, kontener ciepła, ujęcie biogazu, załadunek+ekstrak. z pompami+przenośniki z sort. i do kompost., analizatory + oprzyrządowanie + detekcja H2S, CO, CO2 itp.,	szt.	4 500 000 zł		0 zł	2,0	9 000 000 zł
	GARAŻOWA - Komory fermentacyjne V=5,1 tys. Mg (4 szt. komór; 5,5x12 m) - budowa	kpl.	2 100 000 zł		0 zł	2,0	4 200 000 zł
	kotłownia	szt.	150 000 zł	1	150 000 zł	1	150 000 zł

				W1 ciągła		W2 okresowa	
element	opis	jedn.	wartość jednostkowa	ilość	szacunkowa wartość łączna	ilość	szacunkowa wartość łączna
	Hala wentylatorowni fermentacji garażowej	m2	2 800 zł		0 zł	140	392 280 zł
	Hala kotłowni (10 x5 m)	m <sup>2</sup>	3 200 zł	50	160 000 zł	50	160 000 zł
Montaż, rozruch		kpl.	(10% technologii)	1	495 000 zł	1	915 000 zł
<b>3 Odwodnienie</b>				<b>5 445 000 zł</b>		<b>720 500 zł</b>	
odwodnienie	prasa	szt.	1 400 000 zł	1	1 400 000 zł		0 zł
	wirówka	szt.	800 000 zł	1	800 000 zł		0 zł
	suwnica remontowa	szt.	120 000 zł	1	120 000 zł		0 zł
instalacja odwodnienia	pompy odcieków	szt.	130 000 zł	3	390 000 zł	1	130 000 zł
	zbiornik na kondensat 200m <sup>3</sup>	szt.	250 000 zł	0	0 zł	0	0 zł
	zbiornik perkolatu i piaskownik fermentacji garażowej	m <sup>3</sup>	770 zł		0 zł	750	577 500 zł
	zbiornik/zbiorniki nawozów płynnych lub perkolatu	m <sup>3</sup>	770 zł	3 200	2 464 000 zł		0 zł
Hala	Hala odbioru i/lub odwodnienia pofermentatu	m <sup>2</sup>	3 600 zł	0	0 zł	0	0 zł
Dostawa, montaż, gwarancje (10% technologii)		kpl.	(10% technologii)	1	271 000 zł	1	13 000 zł
<b>4 Oczyszczanie powietrza</b>				<b>2 082 920 zł</b>		<b>3 064 000 zł</b>	
oczyszczanie powietrza po-procesowego	Biofiltr	m <sup>2</sup>	1 000 zł	200	200 000 zł	260	260 000 zł
	Płuczka z wentylatorem	szt.	700 000 zł	2	1 400 000 zł	3	2 100 000 zł
	Hala wentylatora wyciągowego i płuczki	m <sup>2</sup>	3 600 zł	90	322 920 zł	130	468 000 zł
Dostawa, montaż, gwarancje (10% technologii)		kpl.	(10% technologii)	1	160 000 zł	1	236 000 zł
<b>5 Tunele kompostowe</b>				<b>4 334 760 zł</b>		<b>13 954 280 zł</b>	
Tunele kompostowni	Tunele kompostowni (7x21 m) - budowa	szt.	430 000 zł	3	1 290 000 zł		0 zł
	Tunele kompostowni (5,5x23 m) - budowa	szt.	410 000 zł	0	0 zł	8	3 280 000 zł
	Wentylatorownia (na tyłach tuneli)	m2	3 600 zł	67	239 760 zł	140	504 360 zł
	Technologia: bramy, napowietrzanie, zraszanie, pompy itp..	szt.	850 000 zł	3	2 550 000 zł	8	6 800 000 zł
Hala	Hala manewrowa przed tunelami	m2	3 600 zł	0	0 zł	747	2 689 920 zł
Dostawa, montaż, gwarancje (10% technologii)		kpl.	(10% technologii)	1	255 000 zł	1	680 000 zł
<b>6 Plac kompostowy</b>				<b>741 200 zł</b>		<b>782 000 zł</b>	
Dojrzewanie i magazynowanie kompostu	Plac kompostowy wraz z przesiewaniem	m <sup>2</sup>	340 zł	1 460	496 400 zł	1 580	537 200 zł
	Wiata magazynowa w formie boksów z murami oporowymi	m <sup>2</sup>	1 700 zł	144	244 800 zł	144	244 800 zł
Dostawa, montaż, gwarancje (10% technologii)		kpl.	(10% technologii)	1	0 zł	1	0 zł
<b>7 Wykorzystanie biogazu</b>				<b>4 587 000 zł</b>		<b>3 201 000 zł</b>	
Wykorzystanie energetyczne -	zbiornik biogazu 2400m3 (zabudowany na zb. nawozu)	szt.	360 000 zł	1	360 000 zł		0 zł

				W1 ciągła		W2 okresowa	
element	opis	jedn .	wartość jednostkowa	ilość	szacunkowa wartość łączna	ilość	szacunkowa wartość łączna
CHP	CHP 500 kW	szt.	1 900 000 zł	1	1 900 000 zł		0 zł
	CHP 200 kW	szt.	1 000 000 zł		0 zł	1	1 000 000 zł
	CHP 300 kW	szt.	1 200 000 zł	1	1 200 000 zł	1	1 200 000 zł
	kolumna odsiarczająca (złoże biologiczne)	szt.	460 000 zł	1	460 000 zł	1	460 000 zł
	pochodnia do spalania biogazu (mała)	szt.	250 000 zł	1	250 000 zł	1	250 000 zł
Dostawa, montaż, gwarancje (10% technologii)		kpl.	(10% technologii)	1	417 000 zł	1	291 000 zł
8 Montaż, rozruch i AKPiA				3 000 000 zł			3 000 000 zł
Roboty elektryczne i AKPiA	Roboty elektryczne, energetyczne i oświetleniowe	szt.	3 000 000 zł	1	3 000 000 zł	1	3 000 000 zł
	Rozruch + media rozruchowe						
	aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka (AKPiA)						
9 Pozostałe zagospodarowanie				2 092 200 zł			2 139 800 zł
Infrastruktura towarzysząca	drogi i place technologiczne	m <sup>2</sup>	340 zł	4 180	1 421 200 zł	4 320	1 468 800 zł
	kontener socjalny (ok. 6x3m)	szt.	35 000 zł	4	140 000 zł	4	140 000 zł
	zbiorniki na ścieki technologiczne	m <sup>3</sup>	770 zł	300	231 000 zł	300	231 000 zł
	zbiorniki na wody opadowe	m <sup>3</sup>	1 000 zł	300	300 000 zł	300	300 000 zł
10 Roboty sanitarne - pozostałe				865 150 zł			865 150 zł
Roboty sanitarne	wodociągi	kpl.	865 150 zł	1,0	865 150 zł	1,0	865 150 zł
	kanalizacja sanitarna						
	kanalizacja technologiczna						
	kanalizacja deszczowa						
	instalacje wewnętrzna, teletechniczna, odgromowa						
	wentylacja						
	ciepłociąg 1	mb	1 000 zł		0 zł		0 zł
	ciepłociąg 2	mb	840 zł		0 zł		0 zł
11 Projekty i nadzór				2 198 608 zł			2 598 732 zł
Projekt	Dokumentacja przedprojektowa, dokumentacja projektowa (projekt wstępny, technologiczny, projekt budowlany i niezbędne wykonawcze, itp.) (ok. 2,5% z całkowitej wartości projektu)	%	2,50%		1 214 241 zł		1 411 970 zł
Nadzór	NADZÓR AUTORSKI [obliczony jako 1,5% z nakładów budowlanych]	%	1,50%		255 823 zł		339 580 zł
Pozostałe	INŻYNIER KONTRAKTU [obliczony jako 1,5% z nakładów łącznych]	%	1,50%		728 544 zł		847 182 zł

ŁĄCZNIE w tym:

50 768 238 zł

59 077 542 zł

## 7.2 Szacunkowe koszty eksploatacyjne w wariantach

Poniższa tabela przedstawia zestawienie szacunkowych kosztów eksploatacyjnych w poszczególnych wariantach.

**UWAGA!** Powyższe parametry przyjęto na podstawie informacji otrzymanych od poszczególnych dostawców technologii oraz doświadczenie autorów w zakresie opisu poszczególnych technologii. Zestawienie parametrów sporządzono na potrzeby porównawcze dla celów koncepcyjnych rzeczywiste parametry techniczne i efekty technologiczne, możliwe do osiągnięcia muszą zostać potwierdzone pisemnie przez konkretnych dostawców technologii po szczegółowej analizie oferowanej technologii.

Powyższe wyceny ze względu na etap koncepcji mają charakter szacunkowy i mogą ulec zmianie z powodu inflacji, kursu euro, zmian cen ofertowych etc.



**Tabela 7.2.** Zestawienie szacunkowych kosztów eksploatacyjnych w wariantach

Elementy kosztów i przychodów	jednostka	Wariant W1 ciągła	Wariant W2 okresowa
<b>PŁACE</b>			
Ilość dodatkowych etatów - pracownicy fizyczni	osoby	5	7
Średni koszt utrzymania pracownika fizycznego	zł/os/m-c	7 000	7 000
Ilość dodatkowych etatów - pracownicy umysłowi	osoby	1	1
Średni koszt utrzymania pracownika umysłowego	zł/os/m-c	9 000	9 000
Łącznie koszty wynagrodzeń na rok	zł	<b>528 000</b>	<b>696 000</b>
Narzut kosztów wynagrodzeń	%	20,0%	20,0%
Łącznie koszty pochodne od wynagrodzeń na rok	zł	<b>105 600</b>	<b>139 200</b>
<b>PALIWO do pojazdów</b>			
Przewidywane roczne zużycie oleju napędowego [l/rok]	l/rok	79 750	101 750
Przewidywana cena zakupu oleju napędowego	zł netto/litr	7,50	7,50
Łącznie koszty paliwa na roku	zł	<b>598 125</b>	<b>763 125</b>
<b>WODA</b>			
Zapotrzebowanie na wodę do celów socjalnych	l/os*dobę	90	90
Zapotrzebowanie na wodę do celów socjalnych	l/os*dobę	15	15
Zużycie wody nr 1: do celów socjalnych	m <sup>3</sup> /rok	116	161
Zużycie wody nr 2: biofiltr	m <sup>3</sup> /rok	1 752	2 278
Zużycie wody nr 3: do fermentacji	m <sup>3</sup> /rok	400	600
Zużycie wody nr 4: sprzątanie	m <sup>3</sup> /rok	77	112
Zużycie wody nr 5: płuczka aminowa	m <sup>3</sup> /rok	0	0
Łącznie zużycie wody	m <sup>3</sup> /rok	<b>2 345</b>	<b>3 151</b>
Przewidywany koszt 1 m <sup>3</sup> wody	zł netto/m <sup>3</sup>	8,33	8,33
Łącznie koszty wody na rok	zł	<b>19 546</b>	<b>26 259</b>
<b>Reagenty</b>			
Ilość zużywanych reagentów (FeSfix)	Mg/rok	1	1
Przewidywana cena zakupu reagenta	euro netto/Mg	1 000,00	1 000,00
Łącznie koszty reagentów na roku	zł	<b>4 200</b>	<b>4 200</b>
<b>PRODUKCJA BIOGAZU z FERMENTACJI</b>			
Produkcja gazu (fr. zbierana selektywnie)	Nm <sup>3</sup> /Mg	135	125
Ilość odpadów do fermentacji (łącznie z półpłynnymi)	Mg/rok	17 300	15 000
Efektywny czas trwania procesu (produkcja metanu)	%	100%	83%
Produkcja biogazu (fr. zbierana selektywnie)	Nm <sup>3</sup> /rok	<b>2 332 547</b>	<b>1 554 214</b>
Potencjalna produkcja energii elektrycznej	kWh/rok	5 644 764	3 761 198
Potencjalna produkcja energii cieplnej	kWh/rok	5 504 811	3 667 945
<b>ENERGIA ELEKTRYCZNA - zużycie</b>			
Zużycie własne energii przez resztę Zakładu	kWh/rok	0	0
Zużycie: przygotowanie wsadu	kWh/rok	754 800	260 000
Zużycie: własne fermentera (10% wytworzonej)	kWh/rok	564 476	18 806
Zużycie: odwodnienie	kWh/rok	187 610	16 790
Zużycie: oczyszczanie powietrza	kWh/rok	402 960	516 840

Zużycie: tunele kompostowe	kWh/rok	61 320	163 520
Zużycie: wykorzystanie biogazu	kWh/rok	17 520	17 520
Zużycie: pozostałe	kWh/rok	113 750	113 750
Łącznie zużycie energii w roku	kWh/rok	<b>2 102 436</b>	<b>1 107 226</b>
Zakup energii z sieci (na podtrzymanie układów)	%	13%	13%
Zakup energii z sieci (na podtrzymanie układów)	kWh/rok	273 317	143 939
Koszt zakupu	zł netto/kWh	0,772	0,772
Zakup energii z sieci (na podtrzymanie układów)	<b>zł</b>	<b>211 098</b>	<b>111 173</b>
<b>ENERGIA ELEKTRYCZNA - produkcja</b>			
Produkcja energii TYLKO na własne potrzeby (reszta RNG)	TAK: 1; NIE: 0	0	0
Produkcja energii 100% w kogeneracji	TAK: 1; NIE: 0	1	1
Biogaz przeznaczony do kogeneracji	Nm <sup>3</sup> /rok	2 332 547	1 554 214
Produkcja energii elektrycznej z biogazu	kWh/Nm <sup>3</sup>	2,42	2,42
produkcja energii elektrycznej z fermentacji	kWh/rok	5 644 764	3 761 198
moc agregatów kogeneracji	kW	697	464
łącna produkcja energii elektrycznej	kWh/rok	5 644 764	3 761 198
<b>ENERGIA ELEKTRYCZNA - saldo</b>			
zapotrzebowanie energii elektrycznej (bez podtrzymania układów)	kWh/rok	1 829 120	963 287
łącna produkcja energii elektrycznej	kWh/rok	5 644 764	3 761 198
<b>Saldo energii elektrycznej (brak lub nadmiar)</b>	kWh/rok	3 815 645	2 797 912
Zakup energii z sieci	kWh/rok	0	0
Koszt zakupu	zł netto/kWh	0,772	0,772
Zakup energii z sieci	<b>zł</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Energia elektryczna dostępna do sprzedaży	kWh/rok	3 815 645	2 797 912
Limit wewnętrznej sprzedaży energii elektrycznej (zapotrzebowanie pozostałych części zakładu - NOWEJ sortowni)	kWh/rok	1 600 000	1 600 000
Wewnętrzna "sprzedaż" energii elektrycznej - oszczędność na zakupie	kWh/rok	1 600 000	1 600 000
Cena "sprzedaży" energii elektrycznej	zł netto/kWh	0,772	0,772
Przychód z "sprzedaży" energii elektrycznej	<b>zł</b>	<b>1 235 772</b>	<b>1 235 772</b>
Pozostała sprzedaż energii elektrycznej do sieci zewnętrznej	kWh/rok	2 215 645	1 197 912
Cena sprzedaży energii elektrycznej	zł netto/kWh	0,463	0,463
Przychód ze sprzedaży energii elektrycznej	<b>zł</b>	<b>1 026 762</b>	<b>555 130</b>
<b>ENERGIA CIEPLNA - zużycie</b>			
Zużycie własne ciepła przez resztę Zakładu	kWh/rok	0	0
Zużycie własne fermentera - proc. energii wytworzonej	%	30%	30%
Zużycie własne fermentera	kWh/rok	1 651 443	1 100 384
Łącznie zużycie ciepła w roku	kWh/rok	1 651 443	1 100 384
<b>ENERGIA CIEPLNA - produkcja</b>			
Biogaz przeznaczony do kogeneracji	Nm <sup>3</sup> /rok	2 332 547	1 554 214
Produkcja ciepła z biogazu	kWh/Nm <sup>3</sup>	2,36	2,36
produkcja ciepła z fermentacji	kWh/rok	5 504 811	3 667 945
łącna produkcja energii cieplnej	kWh/rok	5 504 811	3 667 945

<b>ENERGIA CIEPLNA - saldo</b>			
zapotrzebowanie na ciepło	kWh/rok	1 651 443	1 100 384
łączna produkcja energii cieplnej	kWh/rok	5 504 811	3 667 945
<b>Saldo energii cieplnej (brak lub nadmiar)</b>	kWh/rok	3 853 368	2 567 562
Zakup lub wytworzenie energii cieplnej	kWh/rok	0	0
Koszt energii cieplnej (zakup lub wytworzenie) wg ceny oleju opałowego 5,5 zł brutto/litr	zł netto/kWh	0,509	0,509
Koszt energii cieplnej	<b>zł</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Energia ciepła dostępna do sprzedaży	kWh/rok	3 853 368	2 567 562
Limit sprzedaży energii cieplnej (jeśli jest ograniczenie)	GJ/rok	0	0
Limit sprzedaży energii cieplnej (jeśli jest ograniczenie)	kWh/rok	0	0
Sprzedaż energii cieplnej	kWh/rok	0	0
Cena sprzedaży energii cieplnej	zł netto/kWh	0,00	0,00
Przychód ze sprzedaży energii cieplnej	<b>zł</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>OCZYSZCZANIE BIOGAZU</b>			
Ilość węgla aktywnego (II stopień)	Mg/rok	0,3	0,3
Przewidywana cena zakupu węgla	zł netto/Mg	1 000,00	1 000,00
łącznie koszty węgla na rok	<b>zł</b>	<b>300</b>	<b>300</b>
<b>OCZYSZCZANIE POWIETRZA</b>			
Ilość kwasu do płuczki kwaśnej	m <sup>3</sup> /rok	14,6	18,9
Przewidywana cena zakupu kwasu	€ netto/m3	1 000	1 000
łącznie koszty kwasu na rok	<b>zł</b>	<b>61 133</b>	<b>79 473</b>
<b>ŚCIEKI</b>			
Ilość ścieków: socjalne	m <sup>3</sup> /rok	116	161
Ilość ścieków: biofiltr	m <sup>3</sup> /rok	876	1 139
Ilość ścieków: odwodnienie pofermentatu	m <sup>3</sup> /rok	0	0
Ilość ścieków: sprzątanie	m <sup>3</sup> /rok	73	107
Ilość ścieków: tunele kompostowe	m <sup>3</sup> /rok	253,2	526,8
Ilość ścieków: plac kompostowy	m <sup>3</sup> /rok	569	616
łącznie ilość ścieków do oczyszczalni	m <sup>3</sup> /rok	<b>1 888</b>	<b>2 550</b>
Przewidywany koszt odprowadzenia 1 m3 ścieków	zł netto/m3	27,78	27,78
łącznie koszty odbioru ścieków na rok	<b>zł</b>	<b>52 451</b>	<b>70 824</b>
<b>MATERIAŁ STRUKTURALNY DO POFERMENTATU</b>			
Wymagana ilość struktury (dostawa ok. 33%)	Mg/rok	0	1 119
Cena zakupu materiału strukturalnego	zł netto/Mg	162,60	162,60
łącznie zakup struktury	<b>zł</b>	<b>0</b>	<b>181 951</b>
<b>SPRZEDAŻ PRODUKTÓW</b>			
Kompost z odpadów kuchennych BIO (sprzedaż)	Mg/rok	6 825	12 538
Cena sprzedaży kompostu	zł netto/Mg	60,00	60,00
łącznie sprzedaż kompostu	<b>zł</b>	<b>409 516</b>	<b>752 283</b>
Dostępna ilość biogazu	Nm <sup>3</sup> /rok	0	0
łącznie sprzedaż CNG/RNG	<b>zł</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Przewidywana ilość nawozu (odwodnienie pofermentatu)	m <sup>3</sup> /rok	6 304	450

Cena sprzedaży 1 m3 nawozu	zł netto/m3	60,00	60,00
łącznie przychody ze sprzedaży nawozu na rok	zł	<b>378 240</b>	<b>27 000</b>
Metale z modułu przygotowania wsadu	Mg/rok	162	162
Cena sprzedaży metali Fe	zł netto/Mg	280,00	280,00
łącznie przychody ze sprzedaży metali	zł	<b>45 360</b>	<b>45 360</b>
<b>POZOSTAŁE KOSZTY</b>			
Ubezpieczenie (0,25%)	zł	121 424	141 197
Podatki 2% budowli	zł	358 401	470 076
Amortyzacja: budowle i "trwała" technologia - 2,5%	zł	650 501	1 022 470
Amortyzacja: pozostałe wyposażenie - 10%	zł	2 254 960	1 558 000
łącznie inne wydatki	zł	<b>3 385 285</b>	<b>3 191 743</b>
<b>KOSZTY UNIESZKODLIWIANIA</b>			
19 05 03 - kompost nieopowiadający wymaganiom do rekultywacji (R11)	Mg/rok	758	1 393
Koszt zagospodarowania 19 05 03	zł netto/Mg	159,79	159,79
preRDF z modułu przygotowania wsadu	Mg/rok	797	797
Koszt zagospodarowania preRDF	zł netto/Mg	740,74	740,74
łącznie koszty unieszkodliwienia	zł	<b>711 577</b>	<b>813 002</b>
<b>SERWISY, CZĘŚCI ZAMIENNE</b>			
Technologia bez odwodnienia [1% wartości wyposażenia/rok]	zł	279 396	328 450
Instalacja odwodnienia [15% wartości wyposażenia/rok]	zł	406 500	19 500
łącznie serwisy i części na rok	zł	<b>685 896</b>	<b>347 950</b>
<b>KOSZTY EKSPLOATACYJNE</b>			
<b>PRZYCHODY EKSPLOATACYJNE</b>			
ŁĄCZNIE (PRZYCHODY minus KOSZTY)	zł	<b>-3 267 561</b>	<b>-3 809 655</b>
ŁĄCZNIE (KOSZTY minus PRZYCHODY)	zł	<b>3 267 561</b>	<b>3 809 655</b>
ŁĄCZNA ilość przyjętych odpadów, w tym:	Mg/rok	<b>18 500</b>	<b>16 200</b>
ilość przyjętych bioodpadów zebranych selektywnie	Mg/rok	16 200	16 200
ilość przyjętych półpłynnych	Mg/rok	2 300	0
KOSZT zagospodarowania 1 Mg odpadów przy zysku = 0	zł/Mg	<b>176,62</b>	<b>235,16</b>
KOSZT zagospodarowania 1 Mg odpadów (bez półpłynnych) przy zysku = 0	zł/Mg	<b>201,70</b>	<b>235,16</b>
CENA przyjęcia bioodpadów (na bramie)	zł netto/Mg	370,37	370,37
CENA przyjęcia półpłynnych (na bramie)	zł netto/Mg	370,37	370,37
średnia ważona CENA przyjęcia odpadów (na bramie)	zł netto/Mg	<b>370</b>	<b>370</b>
PRZYCHODY z przyjęcia odpadów (na bramie)	zł	6 851 852	6 000 000
ŁĄCZNIE (razem z ceną na bramie)	zł	<b>3 584 291</b>	<b>2 190 345</b>

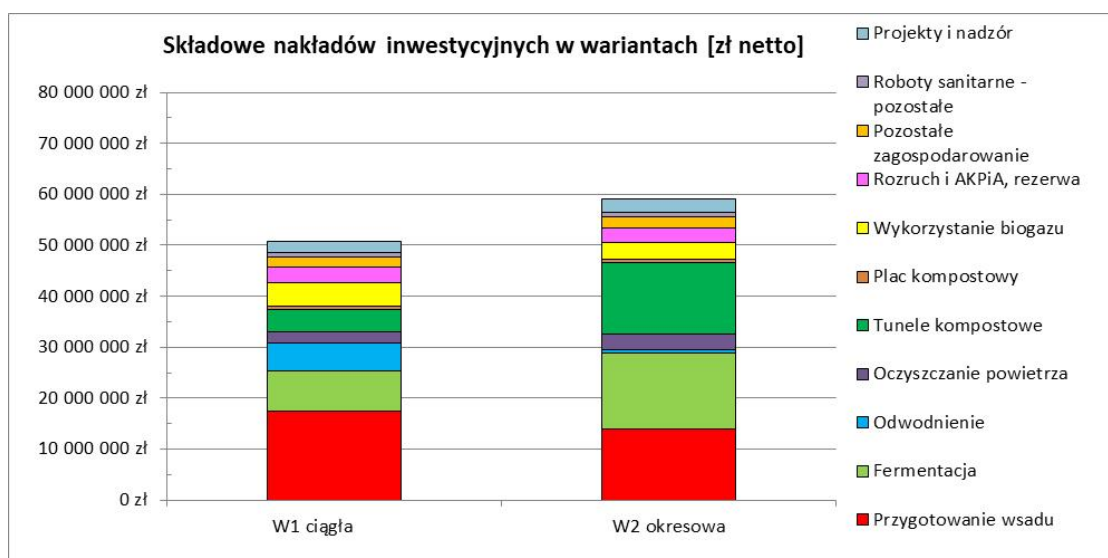
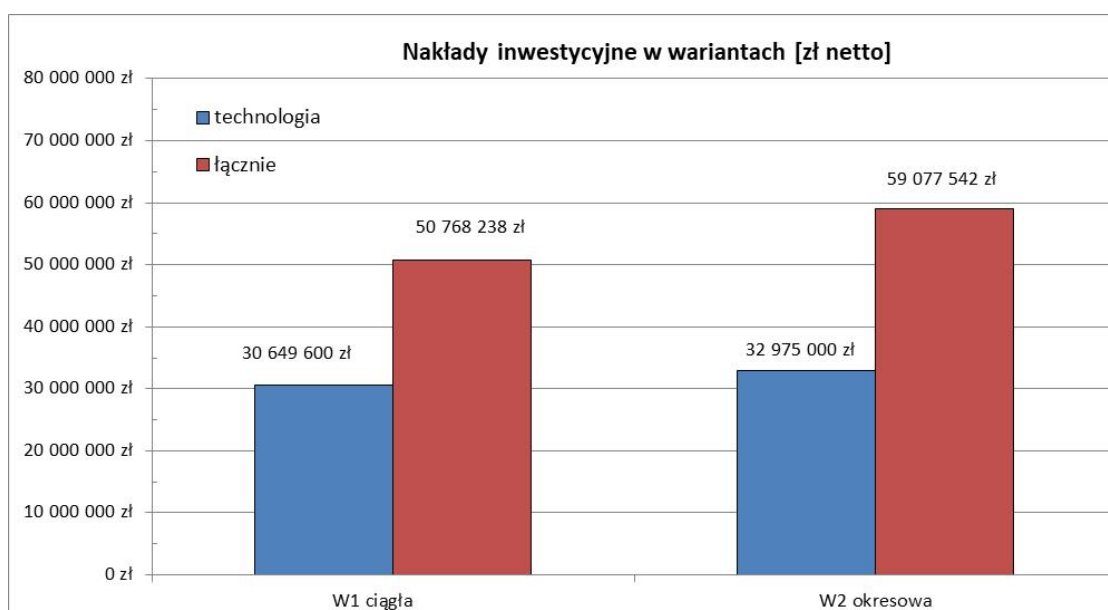
Analizując przedstawione tabele wskaźnikowych nakładów inwestycyjnych i szacunkowych kosztów eksploatacyjnych należy stwierdzić między innymi:

1) Wariant nr W1 (fermentacji ciągłej) charakteryzuje się najniższymi nakładami inwestycyjnymi, ok. **50,8 mln zł**.

Wariant nr W2 (fermentacji okresowej) wymaga wyższych wydatków - zakładane nakłady inwestycyjne wynoszą ok. **59,1 mln zł**. Łącznie większe wydatki na budowę zakładu z fermentacją okresową wynikają między innymi z faktu, że przyjęto z założenia konieczności realizacji przedsięwzięcia z uwzględnieniem tuneli kompostowych w drugim etapie przetwarzania.

Różnice kosztów między wariantami nr W1, W2 wynikają z:

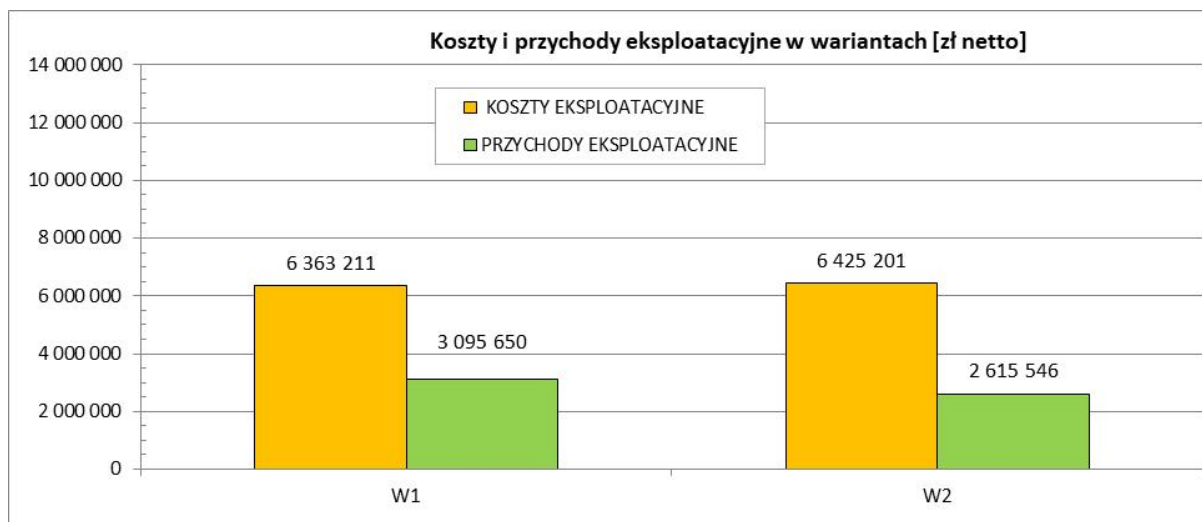
- kosztów samych fermenterów;
- wielkości tuneli kompostowych (większych w wariacie W2);
- zamaszynowania hali przygotowania wsadu (większego w wariacie W1);
- realizacji modułu odwodnienia pofermentatu w wariacie W1 (w wariacie W2 nie przewiduje się, będzie jedynie zbiornik perkolatu i piaskownik).

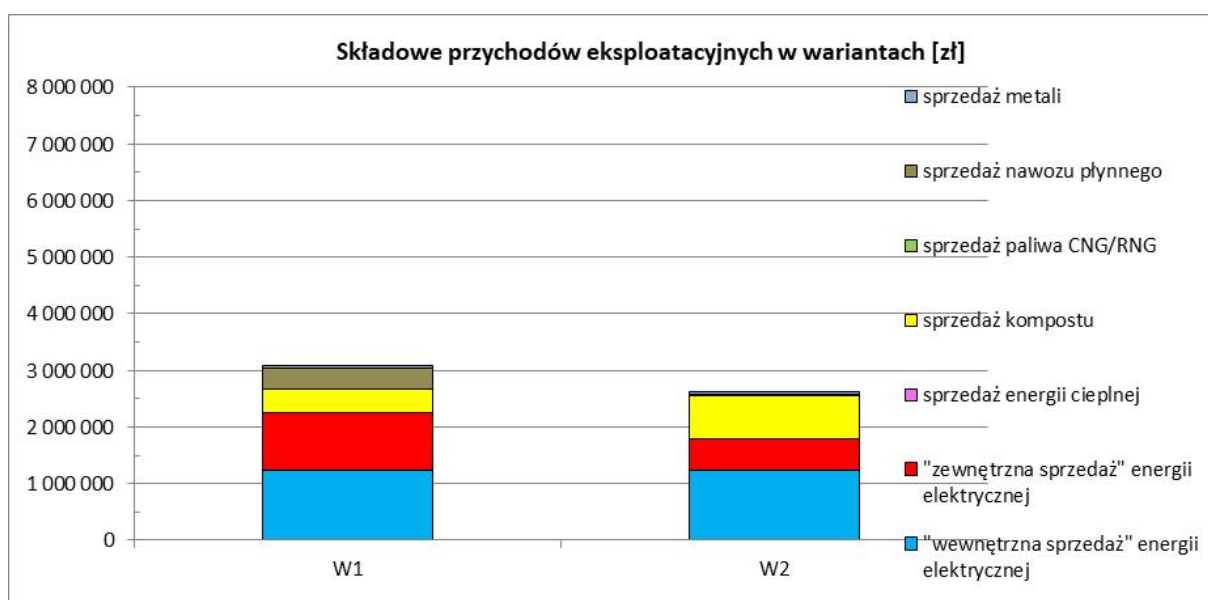
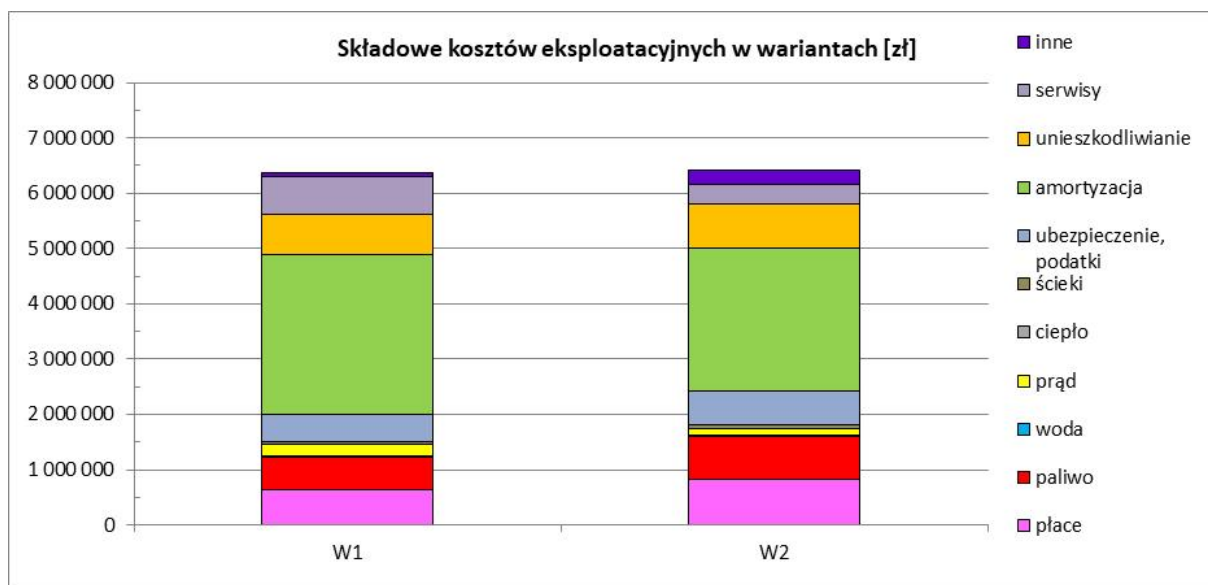


- 2) Zestawienie szacunkowych kosztów eksploatacyjnych opracowano w postaci analizy efektywności kosztowej (ceny zagospodarowania jednej tony odpadów w systemie [zł/Mg]), opracowanej metodą **dynamicznego kosztu jednostkowego (DGC – dynamic generation cost)**. Analiza DGC uwzględnia indywidualne dla każdego wariantu nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji oraz zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych (przychody). Zróżnicowanie tych elementów wynika bezpośrednio z zainstalowanych urządzeń.
- 3) Po stronie kosztów eksploatacyjnych i wydatków uwzględniono:
- płace pracowników (jako liczba etatów do obsługi planowanej budowy cz. biologicznej);
  - zużycie paliwa w pojazdach mechanicznych (ładowarkach);
  - zużycie wody;
  - zużycie reagentów w fermentacji;
  - zużycie oraz kupno energii elektrycznej w związku z pracą maszyn i urządzeń w tym komory fermentacyjnej;
  - zużycie oraz kupno energii cieplnej w związku z pracą maszyn i urządzeń w tym komory fermentacyjnej;
  - koszty oczyszczania biogazu: węgla aktywnego
  - koszty oczyszczania powietrza procesowego: kwasu do płuczki kwaśnej;
  - odprowadzanie ścieków technologicznych;
  - zakup materiału strukturalnego;
  - koszty ubezpieczenia (0,25%), podatków (2% od budowli) i amortyzacji nowego majątku (budowle - 2,5%, wyposażenie - 10%);
  - unieszkodliwianie odpadów (preRDF);
  - serwisy i części zamienne;
- 4) Po stronie przychodów uwzględniono:
- produkcję oraz sprzedaż energii elektrycznej w związku z pracą maszyn i urządzeń w tym komory fermentacyjnej;
  - sprzedaż nawozu (z odwodnienia pofermentatu z kuchennej BIO);
  - sprzedaż surowców: kompostu z odpadów kuchennych BIO;
  - sprzedaż metali z przygotowania wsadu.
- Nie przewiduje się sprzedaży.
- 5) We wszystkich wariantach podstawowym efektem eksploatacyjnym jest produkcja biogazu. W trakcie przebywania odpadu w komorze, w temperaturze pomiędzy ok. 50-55°C wytwarzany jest biogaz o średniej zawartości metanu ( $\text{CH}_4$ ) 54-59%. Średnia produkcja biogazu w rozpatrywanych technologiach wynosi ok. 135  $\text{Nm}^3/\text{Mg}$  (fermentacja ciągła) i 100  $\text{Nm}^3/\text{Mg}$  (fermentacja okresowa) dla wsadu w postaci odpadów kuchennych BIO zbieranych selektywnie. Ze względu na „ciągły” charakter pracy technologii, efektywny czas w którym następuje produkcja biogazu, w wariantcie fermentacji ciągłej wynosi 100%. Dla fermentacji okresowej średnia produkcja biogazu wynosi ok. 100  $\text{Nm}^3/\text{Mg}$  (przy efektywnym czasie trwania procesu: 80% i produktywności nominalnej 125  $\text{Nm}^3/\text{Mg}$ ).

Należy także zaznaczyć, że w wariancie W1 produktywność biogazu jest większa ze względu na przyjmowanie odpadów półpłynnych.

- 6) W obu wariantach efektem produkcji biogazu jest jego energetyczne spalanie i wykorzystanie energii na własne potrzeby (prąd i ciepło) oraz sprzedaż (prąd). Zgodnie z założeniami przewidziano limit „wewnętrznej sprzedaży” energii elektrycznej dla nowej sortowni. W takim przypadku zakłada się, że będzie ona ponosić koszty energii elektrycznej (wewnętrznego zakupu), a dodatkowe przychody będą poprawiały wskaźniki ekonomiczne analizowanego projektu. Sprzedaż odbywać się może zatem do odbiorców zewnętrznych lub do pozostałych instalacji Zamawiającego (nie związanych z instalacją fermentacji).
- 7) Ze względu na małą wielkość instalacji, nie przewiduje się budowy modułu CNG/RNG do produkcja biopaliwa.
- 8) Zgodnie z poniższym wykresem, łączne koszty eksploatacyjne są zbliżone i wynoszą w poszczególnych wariantach:
- a. wariant nr W1 – ok. 6,36 mln zł,
  - b. wariant nr W1 – ok. 6,42 mln zł,
- Głównymi pozycjami kosztów w wariantach są koszty związane amortyzacją nowego majątku. Istotne są koszty płac, paliwa i unieszkodliwiania odpadów.

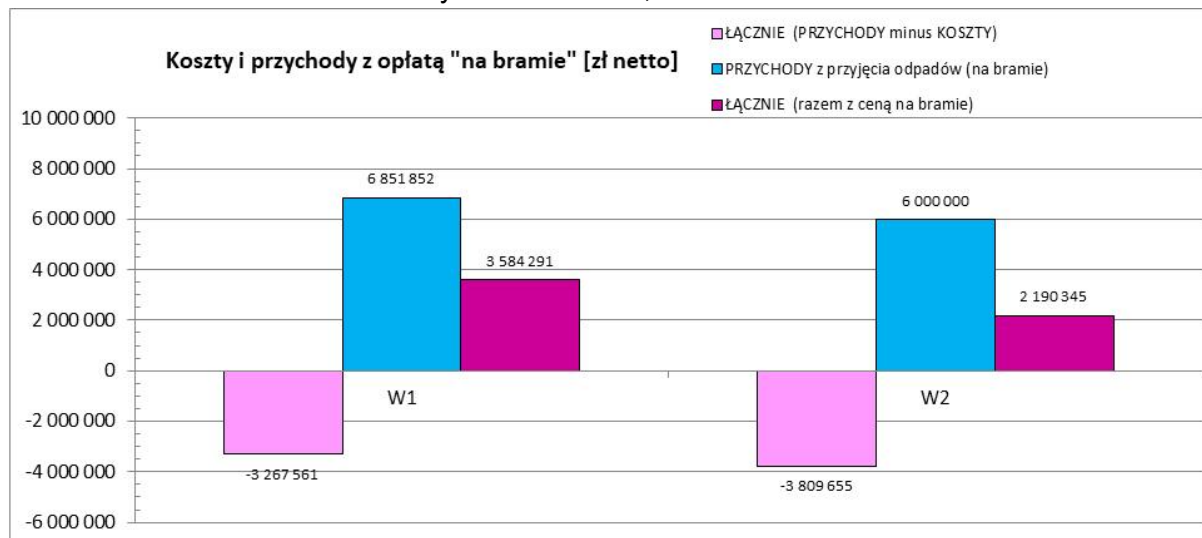




- 9) Główną pozycją przychodową (oprócz ceny na bramie) jest „wewnętrzna sprzedaż” energii elektrycznej (np. dla planowanej sortowni). Pozostałe przychody pochodzą z „zewnętrznej sprzedaży” energii elektrycznej (większej w wariantcie W1), sprzedaży kompostu (większej w wariantcie W2) i sprzedaży nawozu płynnego (większej w wariantcie W1).
- 10) W ramach analizy założono dodatkowy przychód z opłaty „na bramie” za przyjęcie do zakładu każdej tony odpadów. Cenę „na bramie” dla odpadów biodegradowalnych (oraz półpłynnych) przyjęto na poziomie **370 zł netto/Mg (400 zł brutto)**. Założono zdecydowanie większą cenę niż obecnie obowiązującą: 250 zł netto. Poniższy wykres przedstawia łączne przychody zakładu. Lepszymi przychodami na bramie charakteryzuje się wariant W1 (fermentacji ciągłej) – ok. 6,8 mln zł rocznie, co wynika z dodatkowych wpływów za odpady półpłynne. W przypadku wariantu W2 wynoszą one ok. 6 mln złotych rocznie.

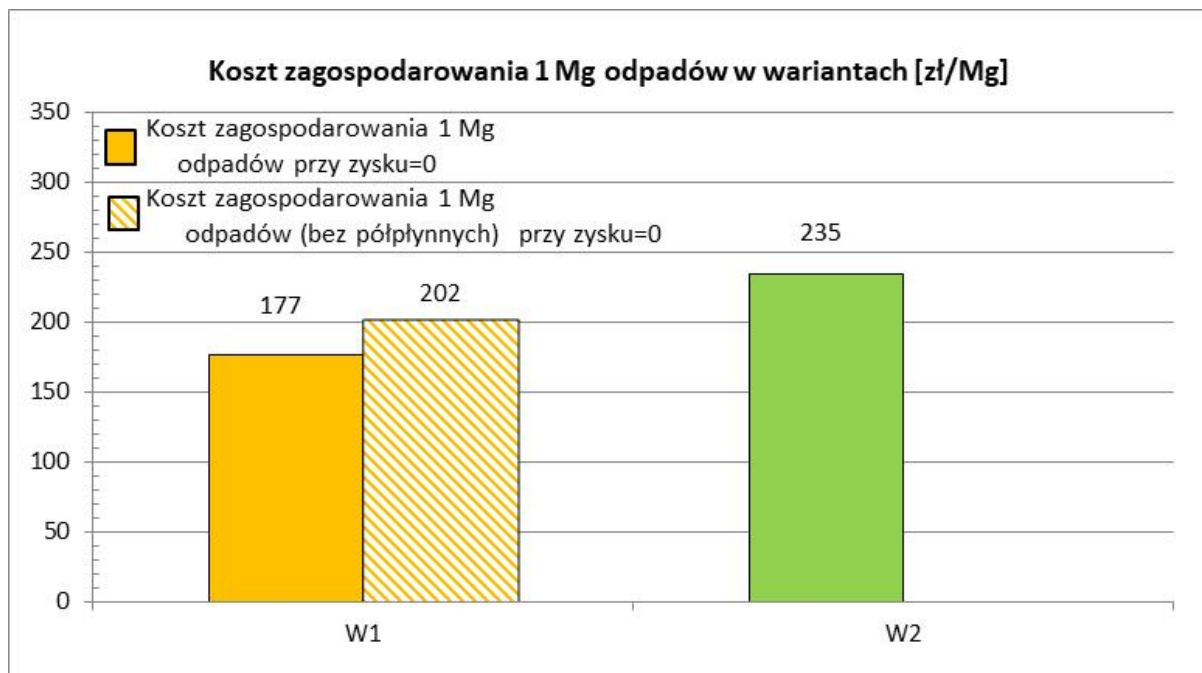


- 11) Wypadkowy dochód również będzie lepszy w wariantcie W1 i wyniesie ok. 3,6 mln zł rocznie. W wariantcie W2 wyniesie on ok. 2,2 mln zł rocznie.



- 12) Zgodnie z poniższym wykresem, najniższa cena zagospodarowania jednej tony odpadów (przy zerowym zysku) w planowanej instalacji występuje w wariantcie **W1** i wynosi ok. **177 zł/Mg** (zakładając strumień odpadów, wraz z odpadami półpłynnymi, na poziomie ok. 18,5 tys. Mg/rok). Wariant W2 (fermentacji okresowej) osiąga **wynik 235 zł/Mg**.

Należy zwrócić uwagę, że wariant W1, w przypadku pominięcia przyjmowania odpadów półpłynnych, wykazuje nadal niższy koszt zagospodarowania jednej tony odpadów (przy zerowym zysku) – wynosi on niewiele ponad 200 zł/Mg (zakładając strumień odpadów taki sam jak w W2, czyli na poziomie ok. 16,2 tys. Mg/rok).



## 8. WSTĘPNA ANALIZA EKONOMICZNA

W ramach niniejszej Koncepcji opracowano wstępną analizę ekonomiczną przedsięwzięcia. Analiza opracowana została dla projektu a nie dla przedsiębiorstwa, a jej celem jest porównanie poszczególnych wariantów i wskazanie rozwiązania technologicznego najbardziej optymalnego pod względem ekonomicznym.

Do analizy ekonomicznej przyjęto odpowiednie nakłady inwestycyjne oraz ilości przetwarzanych odpadów czy zużytych mediów w zależności od wariantu.

Oceniając inwestycję metodami dyskontowymi przyjęto przepływy pieniężne bez uwzględniania działalności finansowej. Oznacza to, że przepływy pieniężne przedsiębiorstwa zostały „oczyszczone” z następujących pozycji:

- zaciągnięcia kredytów,
- dopłaty do kapitału,
- spłaty kredytów i odsetek,
- wypłat dywidendy.

Po stronie wydatków inwestycyjnych uwzględniono zarówno inwestycję jak i aport gruntu.

W wyniku takiego podejścia uzyskano przepływy pozwalające na ocenę wpływów i wydatków generowanych przez przedsięwzięcie dla wszystkich stron finansujących (FCFF).

Na tej podstawie obliczono wewnętrzną stopę zwrotu IRR oraz zaktualizowaną wartość netto inwestycji NPV. Przyjęto stopę dyskontową WACC (średnioważony koszt kapitału), gdzie dla kapitałów własnych przyjęto oczekiwaną stopę zwrotu = 6,0%.

W ramach analizy określono następujące wskaźniki:

- opłaty na bramie (jako ceny zagospodarowania jednej tony odpadów w systemie), opracowana metodą dynamicznego kosztu jednostkowego. Wyliczenie opłaty na bramie przedstawiono w tabeli zestawiającej przychody i koszty eksploatacyjne
- IRR,
- czas zwrotu nakładów.

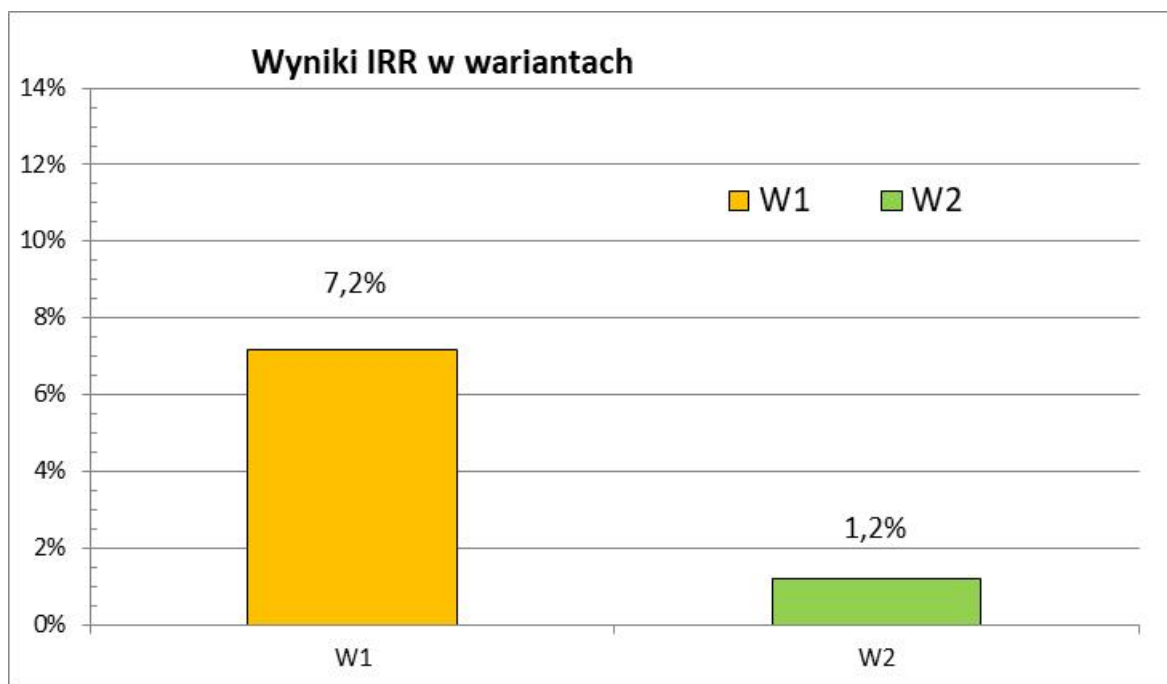
Podstawowym wskaźnikiem obrazującym „opłacalność” inwestycji jest IRR – czyli wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji (ang. Internal Rate of Return – IRR). Jako metoda IRR należy do kategorii dynamicznych metod oceny projektów inwestycyjnych. Uwzględnia ona zmiany wartości pieniądza w czasie i jest oparta na analizie zdyskontowanych przepływów pieniężnych. Projekt inwestycyjny jest opłacalny wtedy, gdy stopa IRR jest równa lub większa stopie granicznej (np. realne oprocentowanie kredytu). Im wyższy poziom IRR od stopy granicznej, tym wyższa opłacalność projektu inwestycyjnego.

W modelu wykonano analizę wrażliwości IRR na zmiany następujących parametrów:

- wielkość nakładów inwestycyjnych;
- cenę "na bramie" - poziom wyjściowy (średnia ważona): 370 zł/Mg.

Poniżej przedstawiono tabele podsumowujące analizy wrażliwości dla wszystkich wariantów.

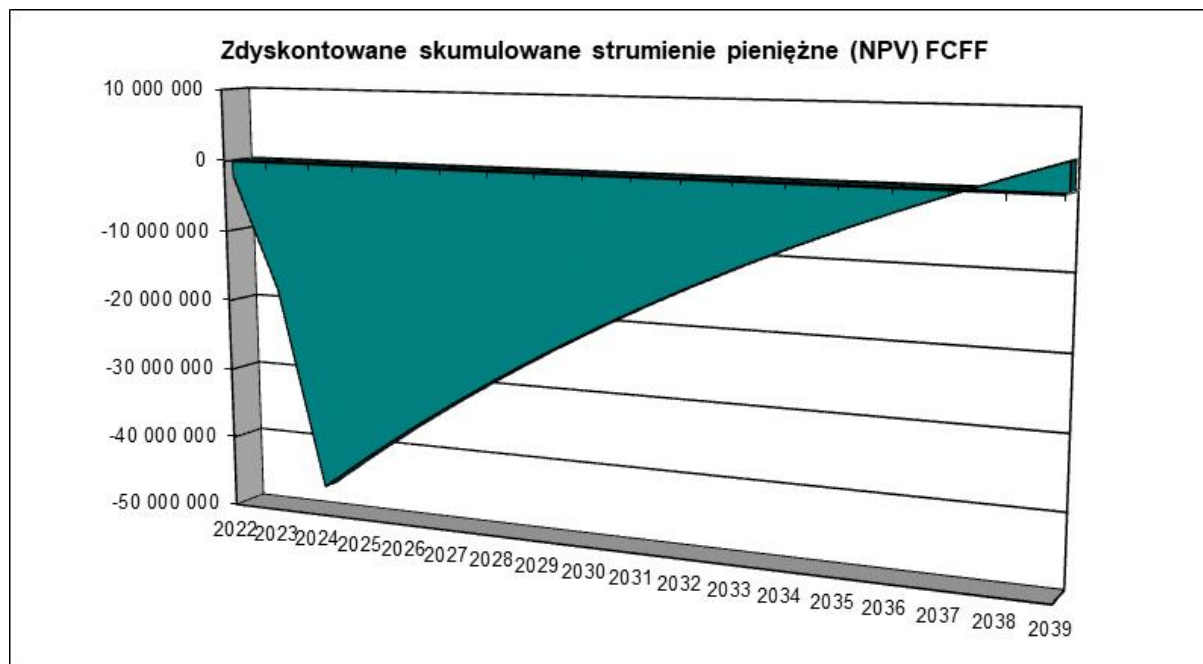
Na poniższym wykresie przedstawiono porównanie wskaźników IRR dla poszczególnych wariantów przy przyjętych nakładach inwestycyjnych, kosztach eksploatacyjnych i przychodach.



**Najkorzystniejszy jest wariant nr W1 przewidujący fermentację ciągłą z jedną komorą na 15 tys. ton wsadu – IRR wynosi 7,2%.** Wariant W2 osiąga wynik w wysokości 1,2% IRR, co wskazuje na jego nieopłacalność.

Głównym czynnikiem wpływającym na lepszy wynik wariantu nr W1 są niższe nakłady inwestycyjne oraz większe przychody eksploatacyjne i większy przychód „na bramie”.

Zgodnie z poniższym wykresem, dla wariantu W1 czas zwrotu z inwestycji wynosi ok. 14 lat, a dla wariantu W2 – 32 lata.



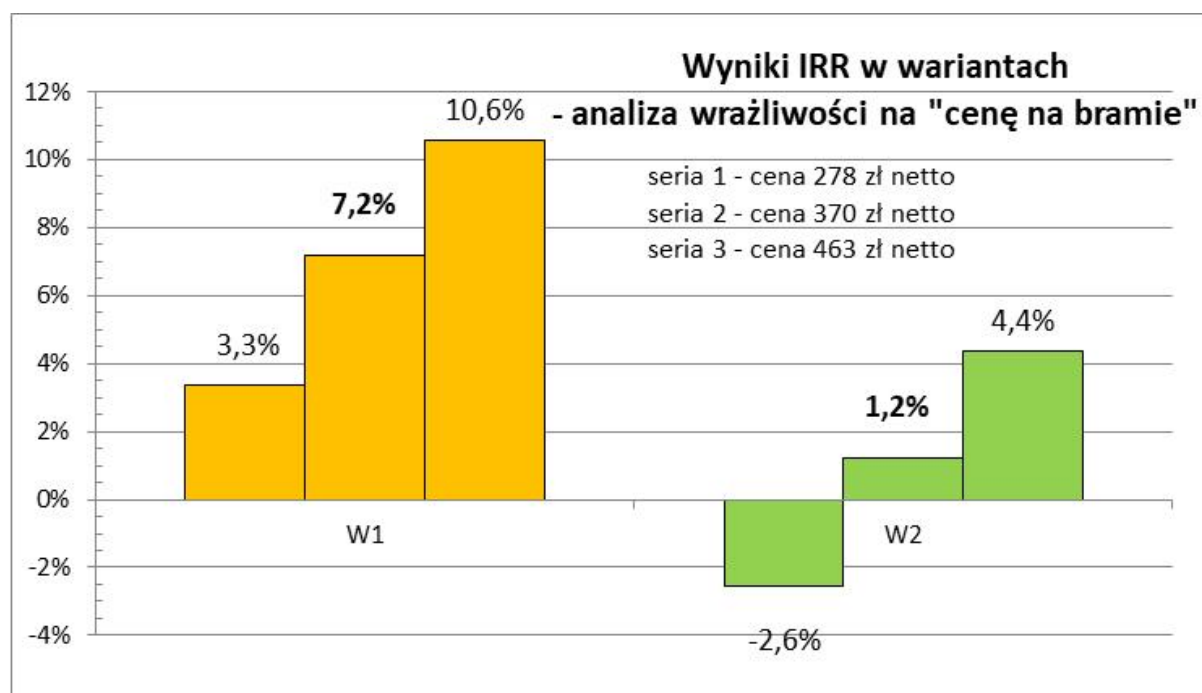
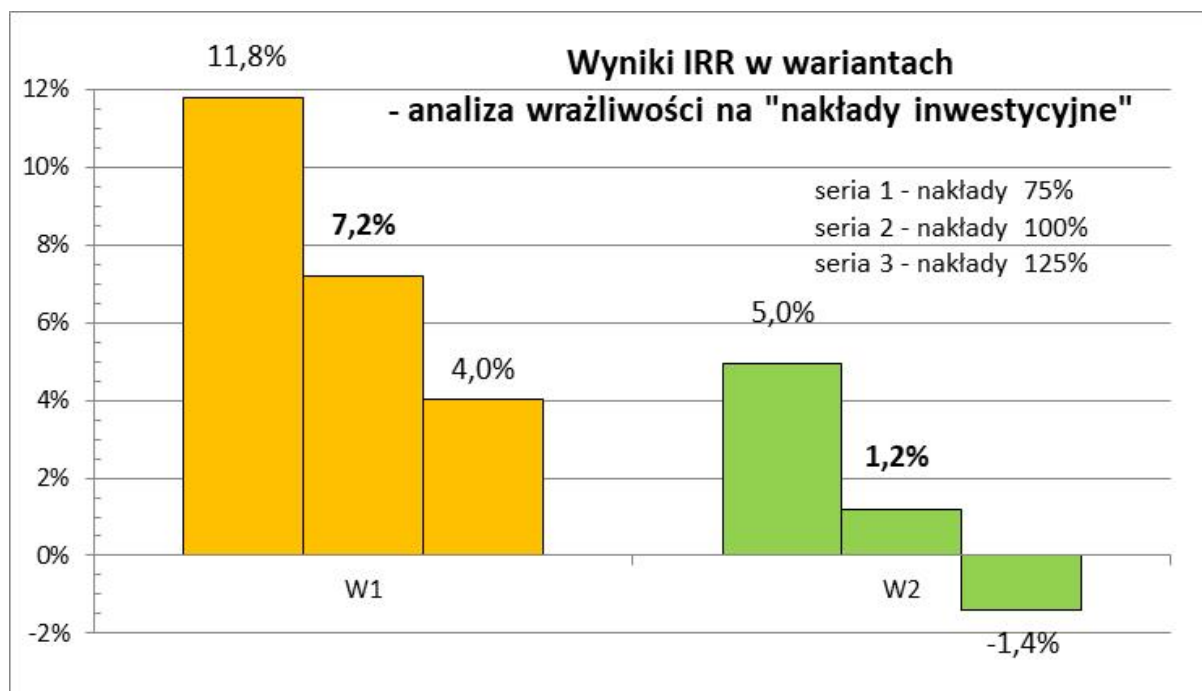
**Tabela 8.1.** Zestawienie wyników analizy wrażliwości w wariantach

**Analiza wrażliwości na wielkość nakładów inwestycyjnych**

zmiana nakładów [%]		IRR		NPV (FCFF)	
		W1	W2	W1	W2
75,0%		11,8%	5,0%	15 457 846	-2 914 167
80,0%		10,7%	4,1%	13 141 039	-5 617 845
85,0%		9,7%	3,3%	10 824 233	-8 321 524
90,0%		8,8%	2,5%	8 507 426	-11 025 203
95,0%		8,0%	1,8%	6 190 619	-13 728 881
<b>100,0%</b>		<b>7,2%</b>	<b>1,2%</b>	<b>3 873 813</b>	<b>-16 432 560</b>
105,0%		6,5%	0,6%	1 557 006	-19 136 238
110,0%		5,8%	0,1%	-759 801	-21 839 917
115,0%		5,2%	-0,5%	-3 076 607	-24 543 595
120,0%		4,6%	-1,0%	-5 393 414	-27 247 274
125,0%		4,0%	-1,4%	-7 710 221	-29 950 953

**Analiza wrażliwości na cenę "na bramie"**

zmiana ceny [%]	cena [zł]	IRR		NPV (FCFF)	
		W1	W2	W1	W2
75,0%	277,78	3,3%	-2,6%	-8 119 553	-26 934 858
80,0%	296,30	4,2%	-1,7%	-5 720 880	-24 834 398
85,0%	314,81	4,9%	-1,0%	-3 322 207	-22 733 939
90,0%	333,33	5,7%	-0,2%	-923 534	-20 633 479
95,0%	351,85	6,5%	0,5%	1 475 140	-18 533 019
<b>100,0%</b>	<b>370,37</b>	<b>7,2%</b>	<b>1,2%</b>	<b>3 873 813</b>	<b>-16 432 560</b>
105,0%	388,89	7,9%	1,9%	6 272 486	-14 332 100
110,0%	407,41	8,6%	2,5%	8 671 159	-12 231 640
115,0%	425,93	9,2%	3,2%	11 069 832	-10 131 181
120,0%	444,44	9,9%	3,8%	13 468 505	-8 030 721
125,0%	462,96	10,6%	4,4%	15 867 178	-5 930 261



W powyższej analizie wrażliwości wynika, że bardzo istotna jest planowana cena przyjęcia odpadów na bramie. Przyjęcie w wariantcie W1 zbyt niskiej ceny (315 zł netto) spowoduje, że także ten wariant przestanie być opłacalny (IRR spadnie poniżej 5%).

## 9. PODSUMOWANIE

- 1) Przyjęto następujące parametry instalacji: wydajność wężła fermentacji **do 15 tys. ton/rok**, ilość odpadów przyjmowana do Zakładu **do 16,2 tys. ton/rok**. Dodatkowo dopuszcza się (w zależności od możliwości danej technologii) przyjęcie odpadów biodegradowalnych selektywnie zebranych płynnych i półpłynnych w ilości do ok. **2,3 tys. ton/rok**. Dla wariantu fermentacji okresowej przyjęto także konieczność dodawania do II stopnia recyklingu organicznego – kompostowania, struktury w ilości ok. **3 tys. ton/rok**, na którą składać się mogą zarówno odpady jak też produkty.
- 2) Rekomenduje się do zastosowania technologię fermentacji suchej, poziomej, CIĄGŁEJ, w **wariancie nr W1** – jeden fermenter na ok. 15 tys. Mg/rok wsadu, z pełną automatyzacją i hermetyzacją procesu (minimalizacją uciążliwości zapachowych), elastyczną w stosunku do ilości i rodzaju odpadów oraz zapewniającą higienizację.
- 3) Rekomenduje się spalanie CAŁEGO wytworzonego biogazu i wykorzystanie energii na własne potrzeby (prąd i ciepło - zmniejszenie kosztów i uniezależnienie się od cen zewnętrznych) oraz sprzedaż (prąd). Zgodnie z założeniami przewidziano limit „wewnętrznej sprzedaży” energii elektrycznej dla nowej sortowni. W takim przypadku zakłada się, że będzie ona ponosić koszty energii elektrycznej (wewnętrznego zakupu), a dodatkowe przychody będą poprawiały wskaźniki ekonomiczne analizowanego projektu. Sprzedaż odbywać się może zatem do odbiorców zewnętrznych lub do pozostałych instalacji Zamawiającego (nie związanych z instalacją fermentacji).
- 4) Nakłady inwestycyjne zostały podane jako maksymalne i obejmują infrastrukturę towarzyszącą, w tym kompostownię oraz wszystkie niezbędne elementy. Nakłady inwestycyjne na realizację wariantu **nr W1** wyniosą prawie ok. **50,8 mln zł netto**. Wariant nr W2 (fermentacji okresowej) wymaga wyższych wydatków - ok. **59,1 mln zł**.
- 5) Przychody przy cenie na bramie na poziomie **370 zł netto/Mg (400 zł brutto)** dla odpadów biodegradowalnych oraz półpłynnych, wynoszą dla W1 ponad **6,8 mln zł netto** rocznie (przy ok. 18,5 tys. Mg/rok odpadów), a dla W2 ok **6,0 mln zł netto** rocznie (przy ok. 16,2 tys. Mg/rok odpadów).
- 6) Koszt zagospodarowania 1 Mg odpadów (przy zerowym zysku) dla W1 wynosi ok. **177 zł/Mg** a dla W2 ok. 235 zł/Mg.
- 7) Najkorzystniejszy ekonomicznie jest wariant nr W1 przewidujący fermentację ciągłą z jedną komorą na 15 tys. ton wsadu – **IRR wynosi 7,2%**. Wariant W2 osiąga wynik w wysokości 1,2% IRR, co wskazuje na jego nieopłacalność. Głównym czynnikiem wpływającym na lepszy wynik wariantu nr W1 są niższe nakłady inwestycyjne oraz większe przychody eksploatacyjne i większy przychód „na bramie”. Dla wariantu W1 czas zwrotu z inwestycji wynosi ok. 14 lat, a dla wariantu W2 – 32 lata.
- 8) Inwestycja jest wrażliwa na zmianę ceny na bramie oraz wysokości nakładów inwestycyjnych. Przyjęcie w wariancie W1 zbyt niskiej ceny (315 zł netto) spowoduje, że także ten wariant przestanie być opłacalny (IRR spadnie poniżej 5%).
- 9) W celu optymalizacji rozwiązań i podjęcia ostatecznej decyzji, która technologia fermentacji powinna być realizowana, przed opracowaniem Programu funkcjonalno-użytkowego oraz przez wystąpieniem o decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach, sugeruje się przeprowadzić **konsultacje rynkowe**. Konsultacje muszą odbywać się na podstawie art. 84-85 ustawy z dnia 11 września 2019 r. Prawo zamówień publicznych (tj. Dz.U. z 2021 r. poz. 1129, ze zm.) oraz stworzonym na ten cel regulaminem własnym. Określa się cel i przedmiot prowadzenia konsultacji, warunki udziału w konsultacjach i termin, załączając opis planowanej inwestycji i dokumentację techniczno-ruchową urządzeń będących w posiadaniu Użytkownika.

## 10. WYKORZYSTANE MATERIAŁY

1. Krajowy plan gospodarki odpadami 2022, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2016 r.
2. Draft 1 dokumentu referencyjnego BAT dla zagospodarowania odpadów (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies Sustainable Production and Consumption Unit European IPPC Bureau, Draft 1, grudzień 2015 r.
3. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów pt. Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym, COM(2015) 614 final, Bruksela, 2.12.2015 r. oraz Wnioski Rady Unii Europejskiej z dnia 4.12.2015 r. dotyczące Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniające niektóre dyrektywy,
4. Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2018/1147 z dn. 10 sierpnia 2018 r. ustanawiająca konkluzje dotyczące dostępnych technik (BAT) w odniesieniu do przetwarzania odpadów zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/EU (notyfikowana jako dokument nr C(2018)5070)
5. Konkurencja na polskim rynku usług odbioru i zagospodarowania odpadów komunalnych, Raport UOKiK, luty 2012r.
6. Nowy system prawny w gospodarce odpadami, Efektywne systemy zbiórki selektywnej to wiedza, doświadczenie i efektywna komunikacja z mieszkańcami. Praca zbiorowa pod redakcją prof. zw. dr hab. Marka Górskiego, Warszawa 2013.
7. Ekspertyza: przegląd instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów istniejących w Polsce oraz opracowanie wytycznych do budowy nowych lub rozbudowy istniejących instalacji mechaniczno - biologicznego przetwarzania odpadów. Etap I. - Raport końcowy; Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Grontmij Polska Sp. z o.o.; marzec 2012 r.
8. RAPORT KOŃCOWY - II etapu ekspertyzy, mającej na celu ankietyzację istniejących w Polsce instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych MBP, wizytację 50 instalacji MBP oraz wytypowanie 20 instalacji MBP, w których w ramach kolejnego III etapu ekspertyzy - zostaną przeprowadzone badania odpadów; Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, AK Nova Sp. z o.o.; Poznań, listopad 2013 r.
9. Skorupińska A. - Dokumenty referencyjne BAT (BREF) oraz Konkluzje BAT, Seminarium SCC „Przegląd BREF/BAT Conclusions oraz implikacje dla prowadzących instalacje, 17.10.2013
10. Kern M., Raussen T. – Biogas-Atlas 2014/15 Anlagenhandbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland und Europa, Witzenhausen-Institut, 2014
11. Jędrzak A. – Instalacje mechaniczno-biologicznego unieszkodliwiania odpadów dzisiaj i jutro, Uniwersytet Zielonogórski, Ryn, 2014
12. Jędrzak A. – Biologiczne przetwarzanie odpadów, PWN, 2008
13. Ketelsen K. - Stand der Restabfallvergaerung in Deutschland 8. Biogastagung Dresden Biogas aus Abfaellen und Reststoffen 28.09.-29.09.2011
14. Krzyśków A. – Stabilizacja tlenowa zmieszanych odpadów komunalnych – aspekty technologiczne – „Gospodarka Komunalna – nowe rozwiązania i technologie” pod redakcją prof., dr hab. Barbary Marczewskiej (str. 191-211), Wschodni Klaster Komunalny, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2015 r.

15. Krzyśków A., Szyszkowski P. – Fermentacja metanowa zmieszanych odpadów komunalnych – „Gospodarka Komunalna – nowe rozwiązania i technologie” pod redakcją prof., dr hab. Barbary Marczewskiej (str. 107-122), Wschodni Klaster Komunalny, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2015 r.
16. Krzyśków A. – Modernizacja i rozbudowa ZZO, w które elementy warto inwestować – Ogólnopolska konferencja “Modernizacja i rozbudowa RIPOK”, EKORUM, Jachranka, kwiecień 2015 r.
17. Krzyśków A. – OZE w gospodarce odpadami – jak wykorzystać zielony potencjał energetyczny z odpadów – EKORUM, Ogólnopolska konferencja „Innowacyjność w RIPOKach”, Gdańsk, marzec 2015 r.
18. Krzyśków A. – Odpowiednie przygotowanie wsadu jako niezbędny element funkcjonowania procesu fermentacji – EKORUM, Ogólnopolski Zjazd RIPOK, Kraków-Wiedeń, listopad 2014
19. Krzyśków A. - Kompostowanie versus fermentacja – EKORUM, Strefa RIPOK, POLEKO Poznań , październik 2014 r.
20. Krzyśków A. – Zakład stabilizacji beztlenowej odpadów komunalnych – przegląd technologii oraz stan aktualny w Polsce – EKORUM, Ogólnopolski Zjazd RIPOK, Bielsko-Biała - Linz, styczeń 2013 r.
21. Krzyśków A., Chybiński S., Krukowska-Szopa I. - Zagospodarowanie odpadów biodegradowalnych w gminie – uwarunkowania, wytyczne, technologie, FE Zielona Akcja, proGEO sp. z o.o., Legnica, Wrocław 2009 r.
22. Nelles M., Morscheck G. - Technologie- und Marktuebersicht anaerober Behandlungsverfahren, 2011 r.
23. Saveyn H., Eder P. – “End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals Final Reports December 2013”, IPTS Sevilla, European Commission, JRC scientific and policy reports, Report EUR 26425 EN, 2014
24. Schu K. - Anaerobic digestion of waste: problems with contraries and innovative solutions, Second International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Wenecja 2008
25. Winquist, E.; Van Galen, M.; Zielonka, S.; Rikkonen, P.; Oudendag, D.; Zhou, L.; Greijdanus, A. Expert Views on the Future Development of Biogas Business Branch in Germany, The Netherlands, and Finland Until 2030. Sustainability 2021, 13, 1148. <https://doi.org/10.3390/su13031148>
26. Carp B, Mocanu G, Ion I., Popescu F., Energy from municipal solid wastes: Galati city case study, E3S Web of Conferences 207, 0 (2020) (dostęp online: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/67/e3sconf\\_fpepm2020\\_02001.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/67/e3sconf_fpepm2020_02001.pdf))
27. Demichelis, F.; Piovano, F.; Fiore, S. Biowaste management in Italy: Challenges and perspectives. Sustainability 2019, 11, 4213