



ENERGIA Z ODPADÓW

Karina Michalska, Anna Kacprzak



Zakres tematyczny

- 1. Problem energii i odpadów.**
- 2. Metody pozyskiwania energii z odpadów.**
 - 2.1. Metody biologiczne.**
 - 2.2. Metody termiczne.**



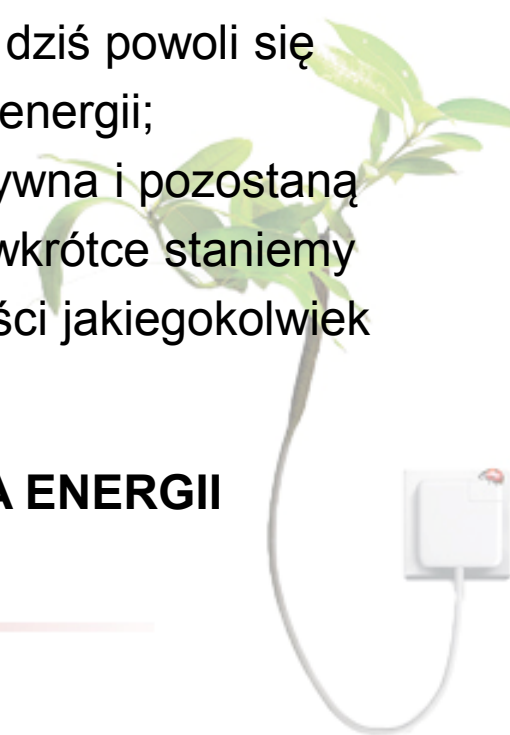
PROBLEM ENERGII I ODPADÓW

- ✓ kraje zurbanizowane potrzebują znacznych i coraz większych ilości energii;
- ✓ energia ta – w przeważającej części – pozyskiwana jest w procesach spalania paliw kopalnych zarówno w elektrowniach, jak i w zakładach przemysłowych, domach i środkach transportu;
- ✓ złoża paliw kopalnych kształtowały się przez miliony lat i dziś powoli się wyczerpują, stając się nieodnawialnym źródłem energii;
- ✓ jeśli nadal eksploatacja paliw kopalnych będzie tak intensywna i pozostaną one jedynym źródłem dostępnej dla ludzkości energii, już wkrótce staniemy w obliczu totalnego kryzysu energetycznego, bez możliwości jakiegokolwiek przeciwdziałania.

ROZWIĄZANIE



ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII



PROBLEM ENERGII I ODPADÓW

- ✓ statystyczny Polak wytwarza rocznie około **450 kg** odpadów;
- ✓ **93%** odpadów wytworzonych w Polsce trafia na składowiska;
- ✓ **47%** składowanych odpadów stanowią odpady biodegradowalne;
- ✓ Dyrektywa 1999/31/EC, zgodnie z którą:
 - 2013r. – redukcja ilości składowanych odpadów biodegradowalnych o **50%**;
 - 2020r. – redukcja ilości składowanych odpadów biodegradowalnych o **65%** (do 35% bazowej masy odpadów).

ROZWIĄZANIE



ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW



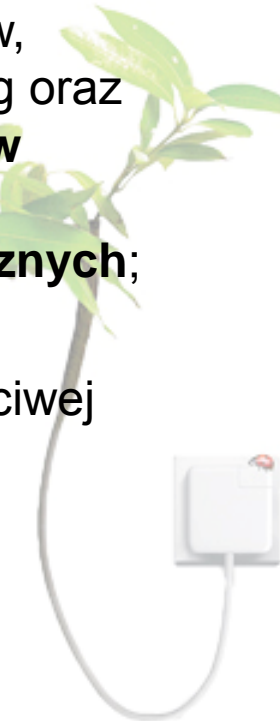
DOKUMENT STRATEGICZNY:

- ✓ **Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014**; Uchwała Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010r.
- ✓ dokument określający kierunki polityki Rządu w zakresie Gospodarki odpadami;
- ✓ przedstawia zakres zadań zapewniających zintegrowaną gospodarkę odpadami w Polsce.



Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2014

- ✓ Program zapobiegania powstawaniu odpadów, w odniesieniu do poszczególnych ich typów;
 - ✓ Strategia redukcji ilości składowanych odpadów biodegradowalnych zgodnie z Dyrektywą 1999/31/WE;
 - ✓ Plan gospodarki odpadami opakowaniowymi.
 - ✓ wspieranie wprowadzania niskoodpadowych technologii produkcji;
- promocja zarządzania środowiskowego;
 - wsparcie dla wdrażania efektywnych ekonomicznie i ekologicznie technologii odzysku i unieszkodliwiania odpadów, pozwalających na recykling oraz **odzysk energii zawartej w odpadach w procesach termicznych i biochemicznych**;
 - eliminacja praktyk niewłaściwej eksploatacji i rekultywacji składowisk odpadów.



DOKUMENT STRATEGICZNY:

Polityka ekologiczna Państwa w latach 2009-2012, z perspektywą do roku 2016; Uchwała Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 22 maja 2009r.

- ✓ dokument określający cele i priorytety ekologiczne;
- ✓ precyzuje działania konieczne gwarantujące właściwą ochronę środowiska.





Polityka ekologiczna Państwa w latach 2009-2012, z perspektywą do roku 2016

- ✓ Zamykanie i rekultywacja składowisk nie spełniających standardów UE;
 - ✓ Utrzymanie tendencji oddzielenia ilości wytwarzanych odpadów od wzrostu gospodarczego;
 - ✓ Organizacja systemu zbiórki i odzysku odpadów komunalnych gwarantującego **minimalizację ilości składowanych odpadów do 50% ilości odpadów wytwarzanych.**
- Reforma istniejącego systemu zbiórki i odzysku odpadów w gminach, dająca władzom samorządowym większe uprawnienia ;
 - Zwiększenie stawek opłat za składowanie **odpadów biodegradowalnych**, zmieszanych i odpadów podlegających recyklingowi.

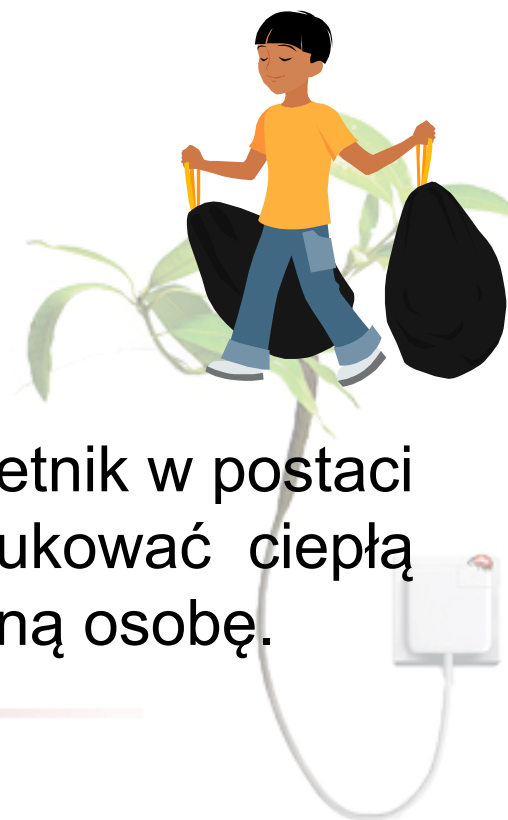


Czy wiesz?

- Półtorej tony odpadów komunalnych zawiera energię porównywalną z energią jednej tony węgla brunatnego.

1,5t odpadów = 1t węgla

- Dwie osoby wyrzucają każdego roku na śmietnik w postaci odpadów energię, która pozwoliłaby wyprodukować ciepłą wodę użytkową zużywaną rocznie przez jedną osobę.





1 pojemnik (0,3L)



1 godzina



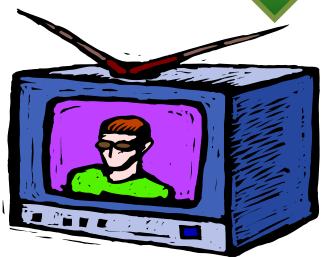
Roczna ilość odpadów oddawanych przez mieszkańca zawiera energię wystarczającą do podgrzania wody na użytek:



500
kąpiele



3 500 pryszniców



Bądź też użytkownika TV
przez 500h.

Innovative Logistics Solutions, Inc. And The Pyromex Group

GOSPODARKA ODPADAMI KOMUNALNYMI - PROBLEMY:

- ✓ nieefektywny system selektywnej zbiórki odpadów komunalnych;
- ✓ niewystarczająca liczba i moc przerobowa instalacji do zagospodarowania zmieszanych odpadów komunalnych, w tym do termicznego i mechaniczno – biologicznego przetwarzania;
- ✓ brak unormowań prawnych dotyczących wymagań dla instalacji do mechaniczno – biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych.

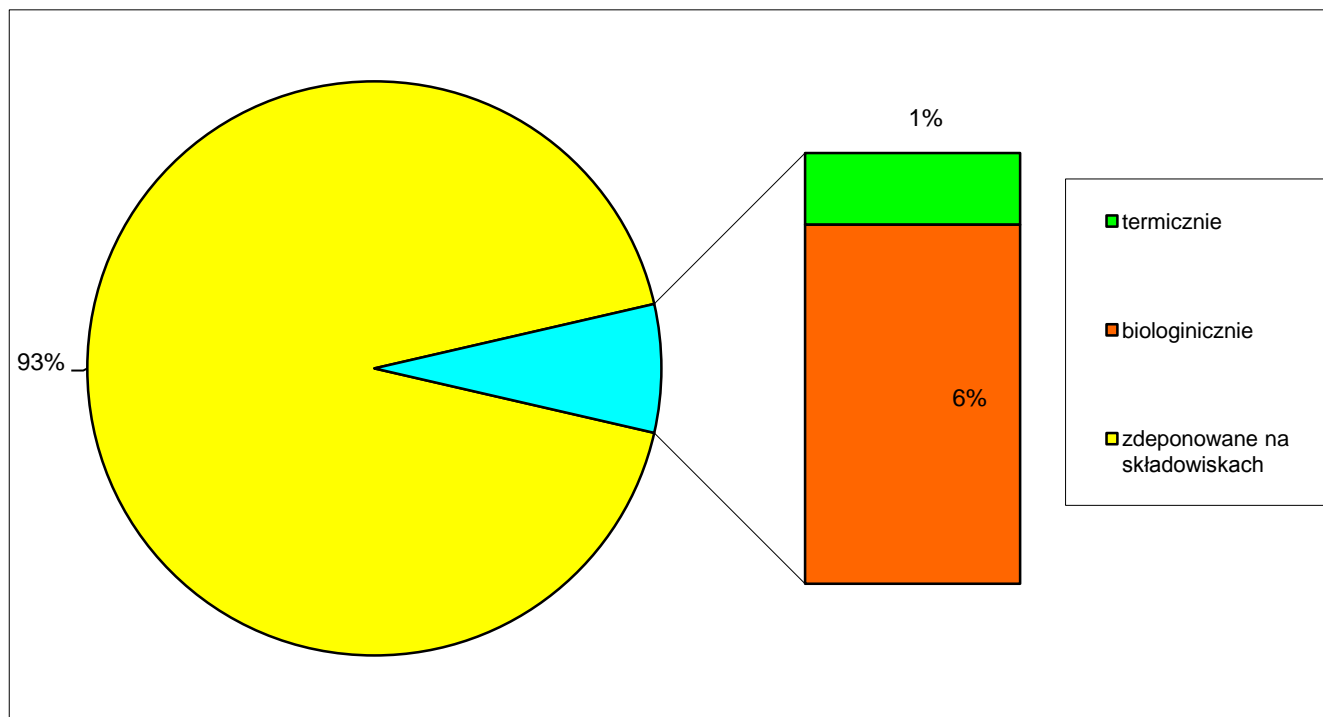


Osiągnięcie celów w zakresie redukcji ilości składowanych biodegradowalnych odpadów komunalnych

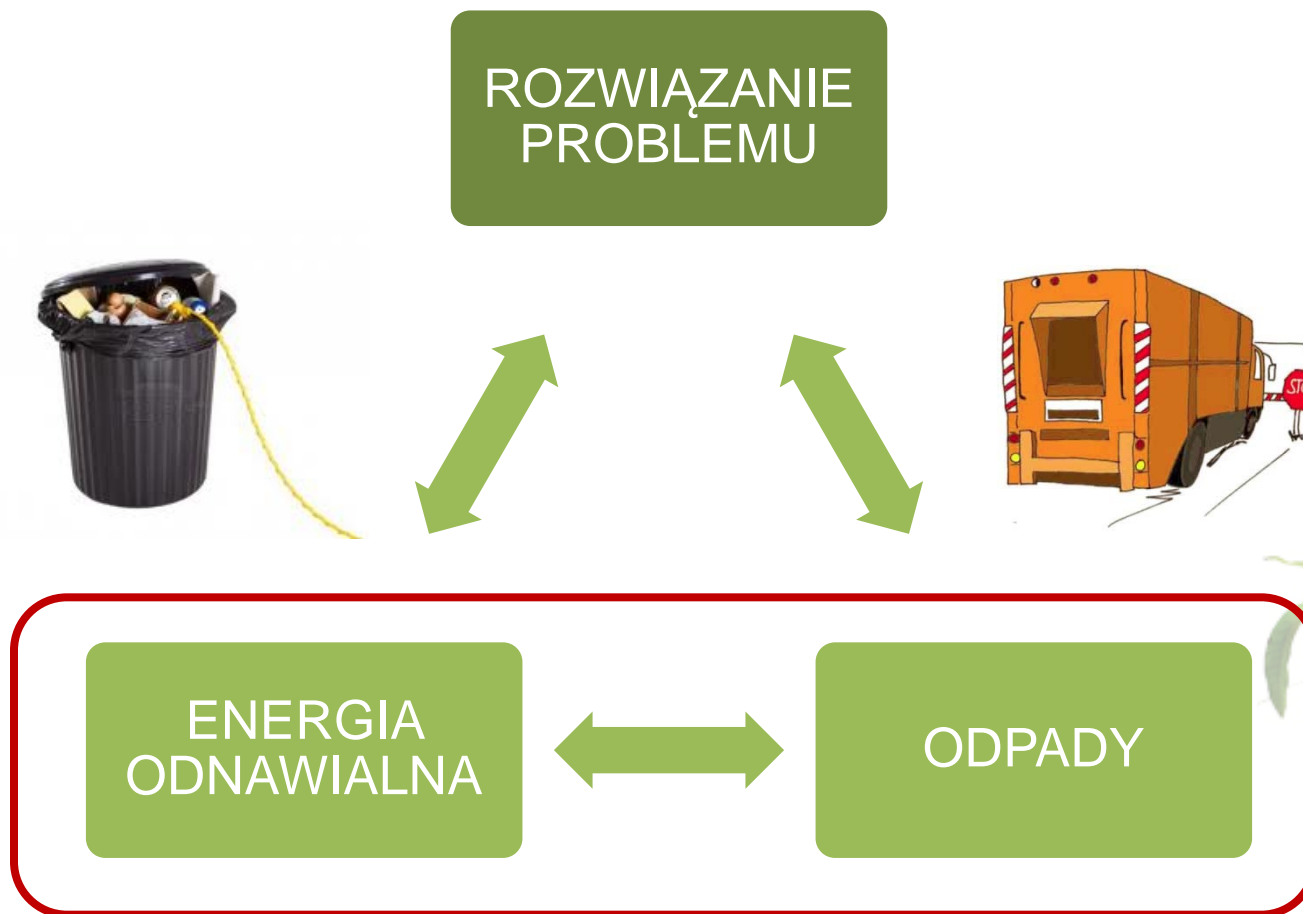




Unieszkodliwianie odpadów komunalnych w Polsce



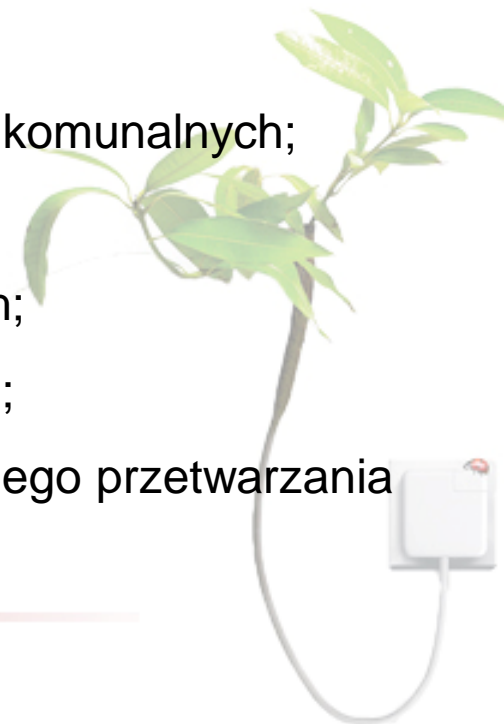
http://www.123rf.com/photo_9091744_energy-from-waste.html





GOSODARKA ODPADAMI KOMUNALNYMI - ROZWIĄZANIA

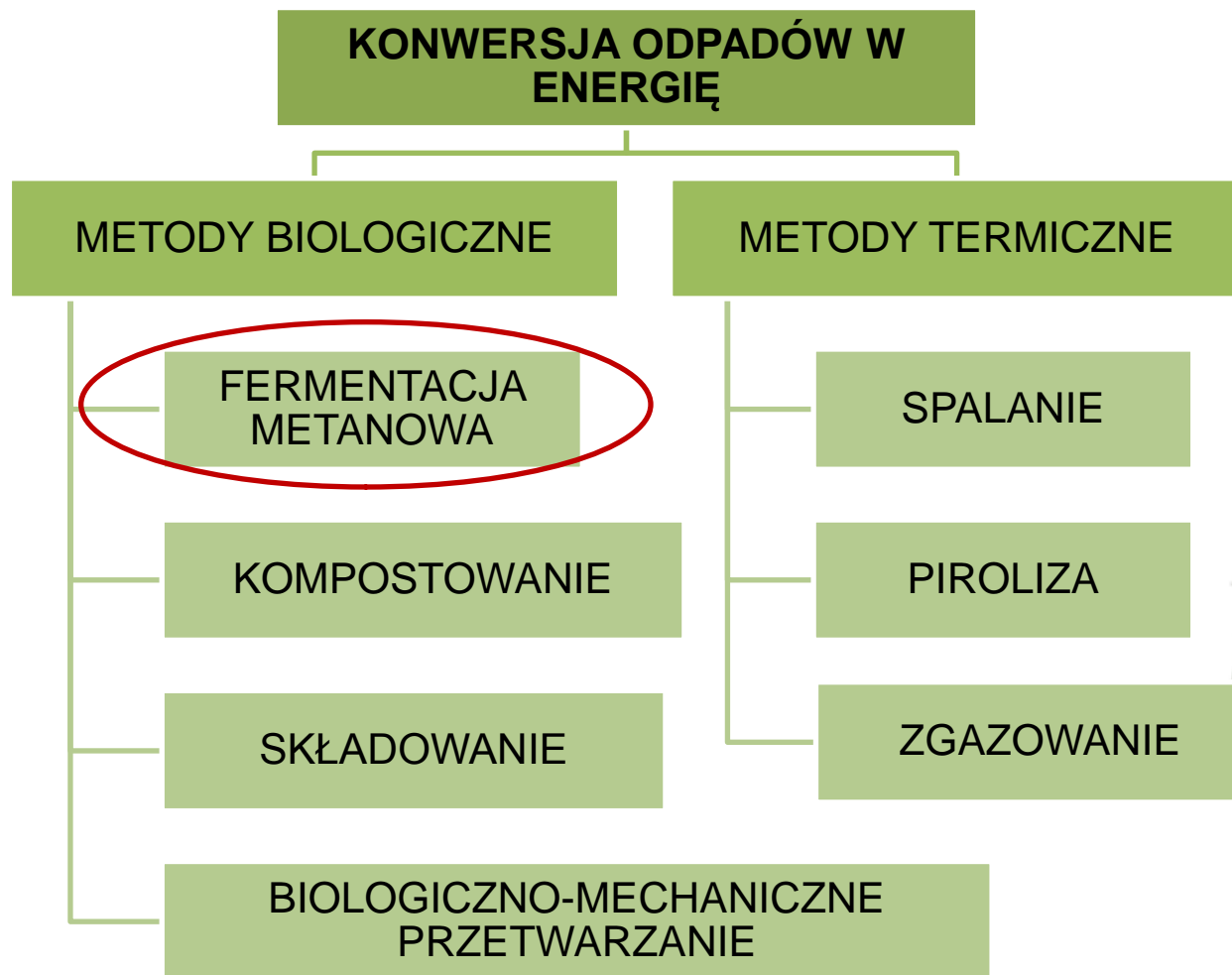
- ✓ przejęcie przez gminy obowiązku zagospodarowania odpadów komunalnych;
- ✓ wprowadzenie opłat za gospodarowanie odpadami komunalnymi, uiszczanych przez właścicieli nieruchomości na rzecz gminy;
- ✓ uszczelnienie obecnie funkcjonującego systemu zagospodarowania odpadów komunalnych;
- ✓ budowa regionalnych instalacji do przetwarzania odpadów komunalnych;
- ✓ selektywna zbiórka odpadów biodegradowalnych;
- ✓ odzysk i recykling wybranych frakcji odpadów komunalnych;
- ✓ redukcja ilości składowanych odpadów biodegradowalnych;
- ✓ unormowania prawne dotyczące mechaniczno – biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych.





Rodzaj odpadu	Kaloryczność [kcal/kg]	Energetyczność [kW/kg]
tektura	3 800	4,4
skórki cytrusów	4 500	5,2
odpadki domowe	4 500	5,2
gnojowica / sucha /	3 760	4,4
papier	4 400	5,1
parafina	10 340	12,1
polipropylen	11 030	12,8
polistyren	9 800	11,3
guma	5 600	6,5
osad ściekowy	3 300	3,8
smoła	9 200	10,7
tekstylija	4 000	4,6
drewno	4 200	4,8





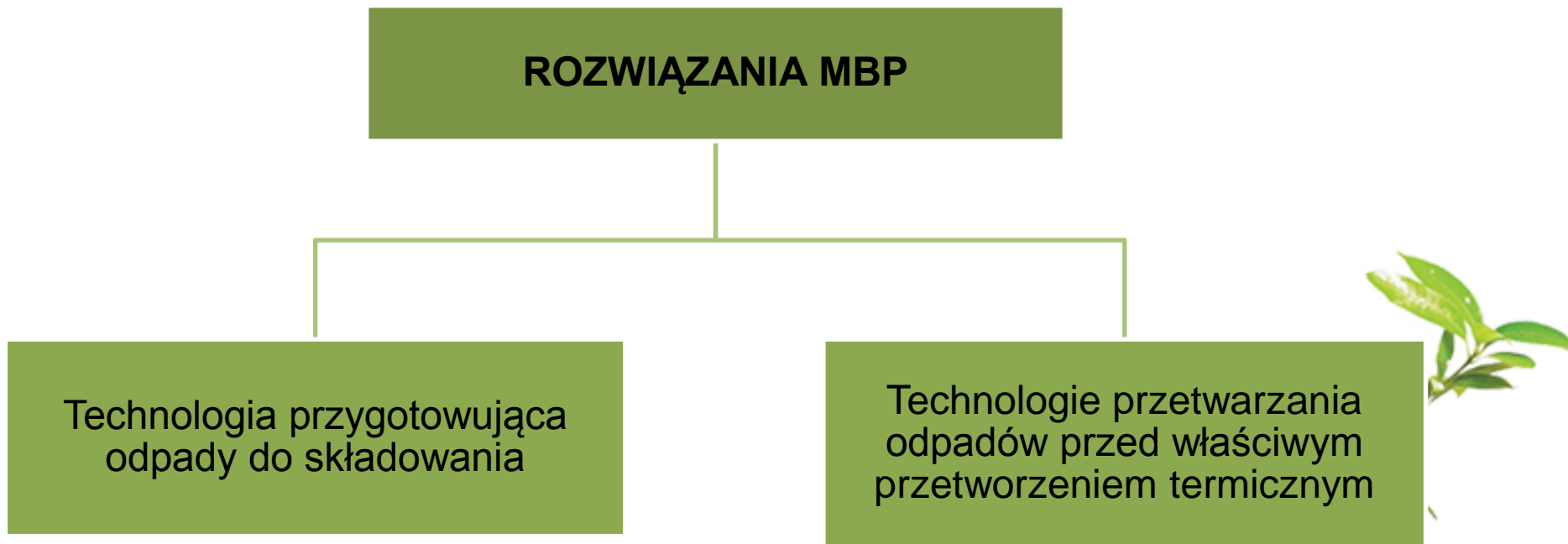
METODY POZYSKIWANIA ENERGII Z ODPADÓW

✓ METODY BIOLOGICZNE

➤ mechaniczno – biologiczne przetwarzanie / MBP /

MBP – przetwarzanie odpadów komunalnych przez obróbkę mechaniczną / rozdrabnianie, przesiewanie, sortowanie, homogenizacja, separacja metali i wydzielanie frakcji palnej / na frakcje dające się w całości lub częściowo wykorzystać materiałowo i / lub na frakcję ulegającą biodegradacji przeznaczoną do biologicznej stabilizacji.





<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>

MBP → SKŁADOWANIE

CEL – osiągnięcie wysokiego stopnia rozkładu związków organicznych.

Ze strumienia zmieszanych odpadów komunalnych wydzielana jest mechanicznie frakcja energetyczna oraz frakcje metali żelaznych i nieżelaznych.

Uzyskana w ten sposób frakcja organiczna poddawana jest biologicznej stabilizacji / tlenowej bądź beztlenowej /, a następnie składowana.

Przed etapem biologicznym stosuje się najczęściej sita bębnowe o rozmiarach oczka od 80 do 150 mm.

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>



Ustabilizowana frakcja organiczna poddawana jest dwójakiej obróbce końcowej:

- ✓ odpad przesiewany jest przez sito o oczkach 40-60mm. Odsiew dodawany jest do frakcji energetycznej a przesiew kierowany jest na składowisko;
- ✓ odpad przesiewany jest przez sito o oczkach 20mm. Następnie z odsiewu w klasyfikatorach powietrznych wydziela się składniki lekkie, które dodawane są do frakcji grubej powyżej 80mm. Pozostała frakcja ciężka jest ponownie mieszana z przesiewem i usuwana na składowisko.

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>



MBP → TERMICZNE PRZETWARZANIE

CEL – obniżenie zawartości wody w odpadach przekazywanych do zakładów termicznej obróbki.

Strumień zmieszanych odpadów komunalnych jest rozdrabniany <25cm i usuwane są z niego metale żelazne. Następnie w okresie 10 dni odpady poddaje się intensywnemu napowietrzaniu w specjalnie zamykanych tunelach / boksach / w celu obniżenia zawartości wilgoci do około 20%.

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>



MBP - ZALETY

- ✓ Stabilizacja odpadów;
- ✓ Wydzielenie frakcji energetycznej i surowcowej nadającej się do przetworzenia;
- ✓ Oszczędność pojemności składowisk ze względu na uzyskaną w procesie redukcję masy i objętości odpadów.



<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>

MBP – PROCESY MECHANICZNE

Rozdrabnianie – proces przekształcenia odpadów w materiał o ustalonej ziarnistości. Polega na podziale brył i ziaren odpadów na mniejsze cząstki. Efektem jest wzrost podatności odpadów na biodegradację oraz poprawa własności transportowych odpadów.

Do rozdrabniania stosuje się:

- ✓ młyny / kruszarki młotkowe;
- ✓ młyny / kruszarki udarowe;
- ✓ rozdrabniarki nożowe;
- ✓ młyny kulowe.



Kruszarka młotkowa z walcami KDV 1137

<http://www.hard.com.pl/kruszarki/kruszarkimlotkowe.html>

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>



MBP – PROCESY MECHANICZNE

Przesiewanie / homogenizacja – proces stosowany w celu rozdzielania odpadów na frakcje o różnych wielkościach ziarna, określonych wymiarem oczka sita. Najczęściej odpady rozdziela się na frakcję grubą / nadziarno, odsiew /, oraz drobną / podziarno, przesiew /. Podczas przesiewania odpadów może odbywać się również rozdrabnianie i ujednorodnianie materiału / homogenizacja /.

Do przesiewania stosuje się:

- ✓ sita obrotowe / bębnowe /;
- ✓ sita wibracyjne;
- ✓ przesiewacze przegubowo - wstrząsowe



http://www.ekobudex.pl/ekobudex_new/galeria.htm

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>

MBP – PROCESY MECHANICZNE

Separacja metali żelaznych – wydzielanie metali ferromagnetycznych. Stosuje się separatory podłużne i poprzeczne. Sprawność: 50-90%.



<http://wichary.eu/news-separatory-wiropadowe-nes-w-branzy-zlomowej-na-slasku/>

Separacja metali nieżelaznych – wydzielenie ze strumienia odpadów miedzi, aluminium, ołowiu, cynku i innych metali paramagnetycznych. Stosuje się separatory indukcyjne, indukujące prądy wirowe.

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>



MBP – PROCESY MECHANICZNE

Usuwanie składników niebezpiecznych i problemowych – usunięcie składników zanieczyszczających materiał przeznaczony do obróbki biologicznej lub produkcji paliwa alternatywnego.

Usuwanie składników inertnych – usunięcie składników obojętnych, nieprzydatnych w późniejszym etapie biologicznej obróbki odpadów.

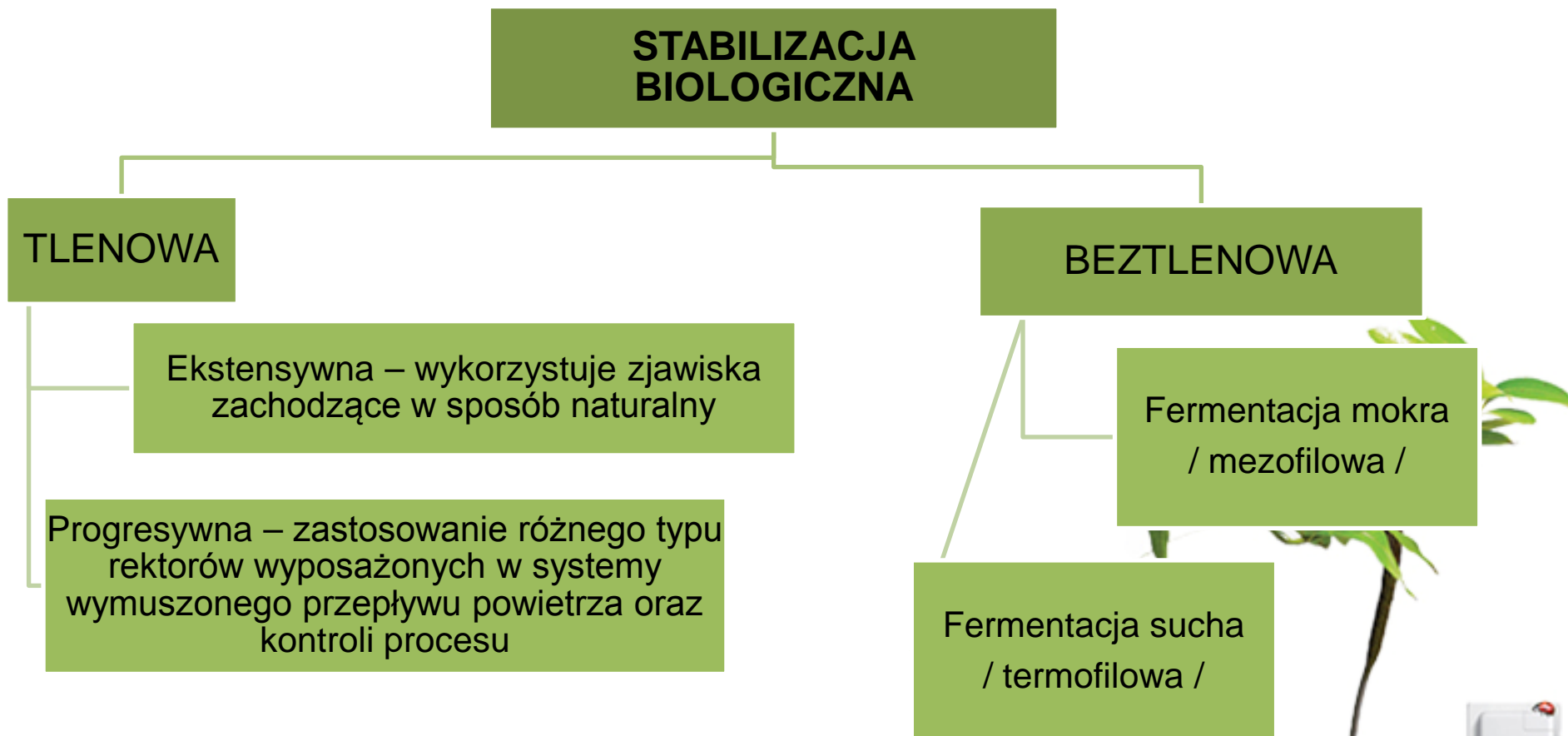
Wydzielenie frakcji palnej – zastosowanie pewnych urządzeń pozwalające na produkcję paliwa alternatywnego z odpadów komunalnych.

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>





MBP – PROCESY BIOLOGICZNE



<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>

	METODA TLENOWA	METODA BEZTLENOWA
Emisje do powietrza, odcieki	Regulowane; biofiltry do oczyszczania powietrza, odcieki zwracane do obiegu	Nieduża objętość powietrza, powietrze oczyszczane, duża ilość odcieków
Zapotrzebowanie miejsca	Duże, około 4ha dla obiektu 20 000 Mg/rok	Nieduże, przy dojrzwaniu w pryzmach około 2 ha dla obiektu 20 000 Mg/rok
Jakość kompostu	Dobra, zależna od wsadu	Często problematyczna jakość wsadu, różna jakość kompostu
Higienizacja	Temperatura powyżej 65°C, dobre efekty higienizacji	Faza termofilna wymaga doprowadzenia energii z zewnątrz; najczęściej konieczne dojrzwanie kompostu w pryzmach
Bilans energetyczny	Produkowane ciepło nie znajduje zastosowania	Uzysk metanu, wykorzystanie w elektrociepłowniach

<http://www.slideshare.net/Odzyskenergii/mechaniczno-biologiczne-przetwarzanie-odpadw-komunalnych>



- ✓ Nowe instalacje BMP powinny spełniać wymagania BAT, a instalacje istniejące powinny być do niej dostosowane;
- ✓ W Polsce brak dokumentów referencyjnych określających BAT dla instalacji MBP;
- ✓ Dokument referencyjny **BAT Waste Treatments Industries dla UE** / z sierpnia 2008r. / zawiera wymagania dla rozwiązań technicznych instalacji biologicznego przetwarzania odpadów.

<http://www.forum-dyrektorow.pl/dokumenty/wisla.2008.1.pdf>



BAT Waste Treatments Industries dla UE

Techniki magazynowania odpadów:

- ✓ hale wyposażone w automatycznie i szybko zamykające się drzwi - minimalizacja emisji odorów;
- ✓ odpady o wysokim potencjale odorowym należy rozładowywać do zamkniętych zasobni ze śluzą dla pojazdów;
- ✓ powietrze z hal i zasobni należy ujmować pod niewielkim podciśnieniem i oczyszczać.

Należy dostosować dopuszczalne rodzaje odpadów i procesy separacji do typu procesów biologicznego przetwarzania i możliwej do zastosowania techniki ograniczania emisji.

Należy ograniczać emisje pyłu, NO_x , SO_x , CO , H_2S i LSO do powietrza w gazach ze spalania biogazu jako paliwa poprzez stosowanie odpowiednich kombinacji procesów oczyszczania.

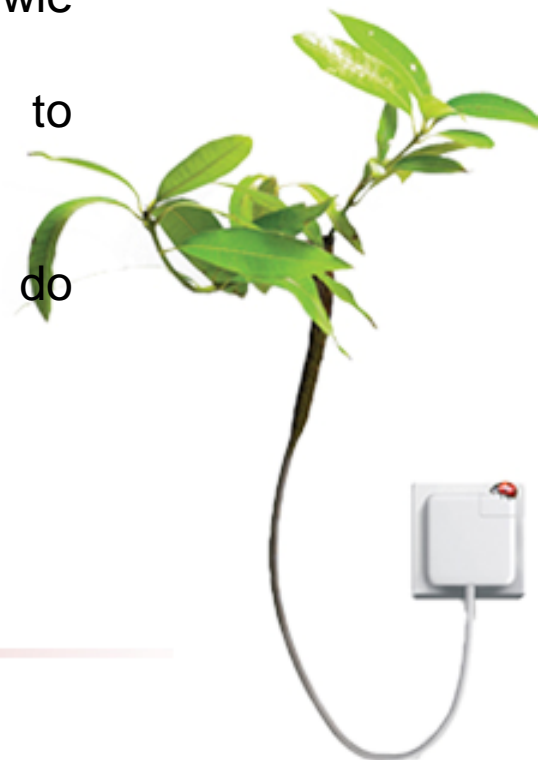
<http://www.forum-dyrektorow.pl/dokumenty/wisla.2008.1.pdf>



BAT Waste Treatments Industries dla UE

Rozwiązania dla fermentacji metanowej:

- ✓ maksymalizacja produkcji biogazu;
- ✓ pomiar wartości OWO, ChZT, N, P i Cl⁻ w dopływie i odpływie z reaktora;
- ✓ prowadzenie procesu w warunkach termofilowych, jeśli to możliwe;
- ✓ ścisła integracja procesu z gospodarką wodną;
- ✓ recyrkulacja możliwie największych ilości ścieków do reaktora.



<http://www.forum-dyrektorow.pl/dokumenty/wisla.2008.1.pdf>

BAT Waste Treatments Industries dla UE

Optymalizacja MBP poprzez:

- ✓ stosowanie w pełni zamkniętych bioreaktorów;
- ✓ unikanie warunków beztlenowych podczas procesu tlenowej stabilizacji;
- ✓ efektywne gospodarowanie wodą;
- ✓ izolowanie termiczne ścian hali biologicznej stabilizacji;
- ✓ minimalizację ilości wytwarzanych gazów odlotowych do 2 500 – 8 000 m³/Mg odpadów;
- ✓ zapewnienie jednorodnego składu wsadu do procesu;
- ✓ recyrkulację wody poprocesowej lub osadów w ramach instalacji tlenowej stabilizacji;
- ✓ prowadzenie ciągłego monitoringu korelacji pomiędzy kontrolowanymi parametrami biodegradacji i mierzonymi emisjami;
- ✓ minimalizację emisji amoniaku przez optymalizację składu masy, a w szczególności stosunku C:N w przetwarzanych odpadach.

<http://www.forum-dyrektorow.pl/dokumenty/wisla.2008.1.pdf>



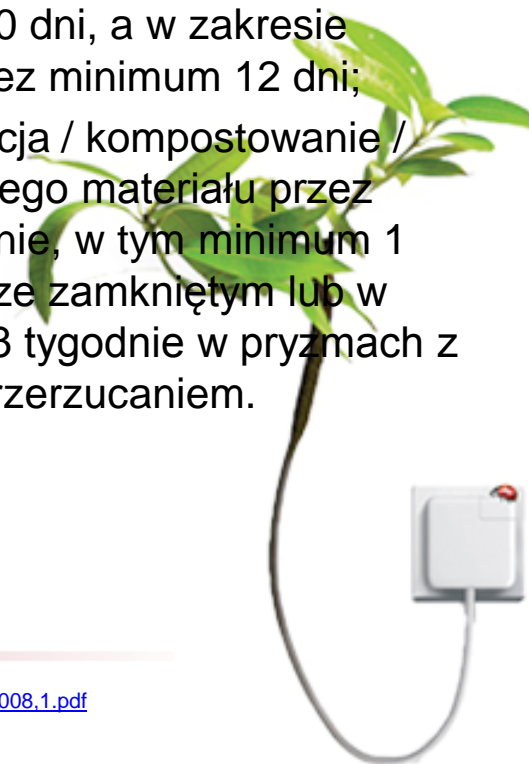
BAT Waste Treatments Industries dla UE

KOMPOSTOWANIE

- ✓ Proces dwustopniowy;
- ✓ Pierwszy stopień w reaktorze zamkniętym lub zamkniętej hali, czas prowadzenia min. 2 tygodnie / optymalnie 4 tygodnie /, zalecane kompostowanie dynamiczne;
- ✓ Drugi stopień – czas trwania do 8 tygodni;
- ✓ Napowietrzanie wymuszone w pierwszym stopniu;
- ✓ Otwarte przyzmy z mechanicznym przerzucaniem w drugim stopniu.

FERMENTACJA METANOWA + KOMPOSTOWANIE

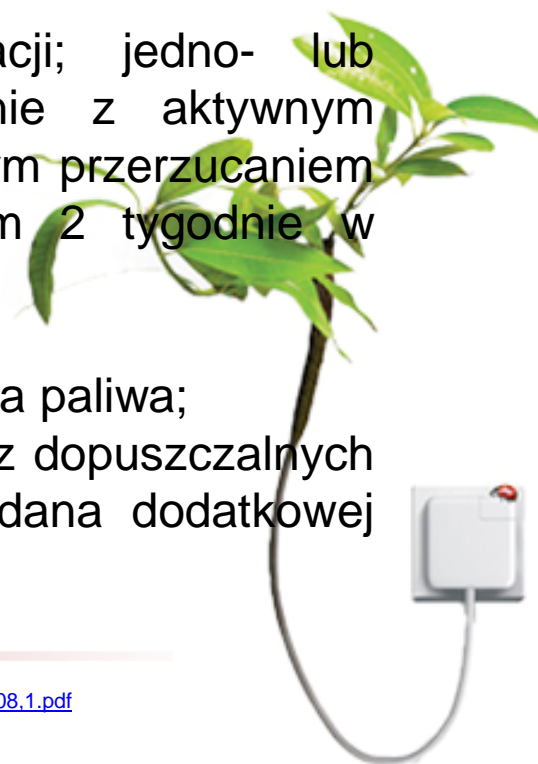
- ✓ Fermentacja w zakresie mezofilowym przez minimum 20 dni, a w zakresie termofilowym przez minimum 12 dni;
- ✓ Tlenowa stabilizacja / kompostowanie / przefermentowanego materiału przez minimum 4 tygodnie, w tym minimum 1 tydzień w reaktorze zamkniętym lub w hali, a pozostałe 3 tygodnie w przyzmach z mechanicznym przerzucaniem.



BAT Waste Treatments Industries dla UE

Proces mechaniczno – biologiczny z tlenową stabilizacją

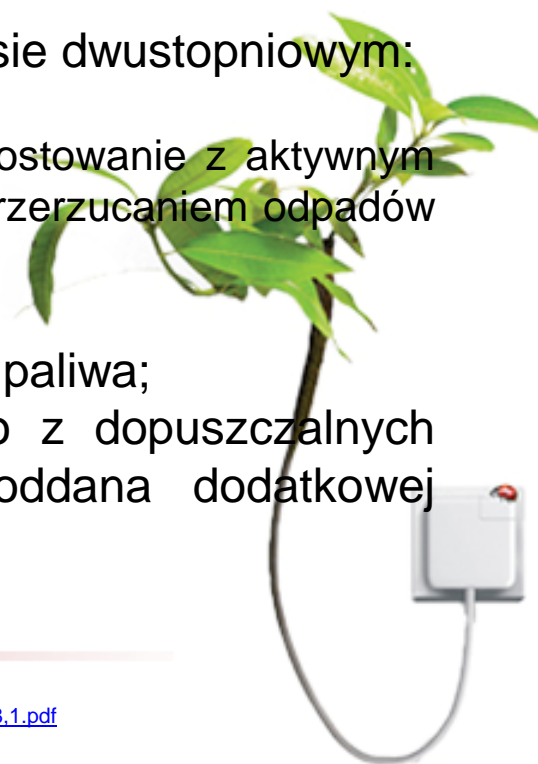
- ✓ mechaniczne sortowanie ZOK na frakcje granulometryczne, minimum dwie:
 - **odsiew** – frakcja wysokokaloryczna, kierowany do przetwarzania na paliwo zastępcze i przekazywany do odzysku energii bądź spalania w spalarni komunalnej;
 - **przesiew** – kierowany do biologicznej stabilizacji; jedno- lub dwustopniowe, zamknięte, dynamiczne kompostowanie z aktywnym napowietrzaniem i ujmowaniem powietrza oraz regularnym przerzucaniem odpadów przez okres 6-12 tygodni, w tym minimum 2 tygodnie w zamkniętym reaktorze lub hali.
- ✓ składowanie:
 - pozostałości frakcji grubej, nieprzydatnej do wytworzenia paliwa;
 - **stabilizatu**, jeśli nie będzie przeznaczony do żadnego z dopuszczalnych zastosowań, oraz frakcji drobnej, jeśli nie będzie poddana dodatkowej stabilizacji z frakcją średnią.



BAT Waste Treatments Industries dla UE

Proces mechaniczno – biologiczny z beztlenową i tlenową stabilizacją

- ✓ mechaniczne sortowanie ZOK na frakcje granulometryczne, minimum dwie:
 - **odsiew** – frakcja wysokokaloryczna, kierowany do przetwarzania na paliwo zastępcze i przekazywany do odzysku energii bądź spalania w spalarni komunalnej;
 - **przesiew** – kierowany do biologicznej stabilizacji w procesie dwustopniowym:
 - I stopień – fermentacja mezo- lub termofilowa;
 - II stopień - jednostopniowe, zamknięte, dynamiczne kompostowanie z aktywnym napowietrzaniem i ujmowaniem powietrza oraz regularnym przerzucaniem odpadów przez okres 2-4 tygodni.
- ✓ składowanie:
 - pozostałości frakcji grubej, nieprzydatnej do wytworzenia paliwa;
 - **stabilizatu**, jeśli nie będzie przeznaczony do żadnego z dopuszczalnych zastosowań, oraz frakcji drobnej, jeśli nie będzie poddana dodatkowej stabilizacji z frakcją średnią.



METODY POZYSKIWANIA ENERGII Z ODPADÓW

✓ METODY BIOLOGICZNE

➤ **kompostowanie**

Kompostowanie - metoda stosowana do unieszkodliwiania biodegradowalnej frakcji odpadów komunalnych. Tworzą ją m.in. :

- zielone części roślin,
- resztki żywności,
- przeterminowane artykuły spożywcze
- inne „łatwo psujące” się odpadki.

Selektywna zbiórka tej części odpadów komunalnych jest utrudniona, szczególnie w miejskich dzielnicach mieszkaniowych o zwartej zabudowie. Bardzo trudno jest w tych rejonach uruchomić system, który zapewniłby bezpieczeństwo przechowywania odpadków i zabezpieczył odpowiedni poziom higieny sanitarnej.

Kompostowanie może być polecaną techniką unieszkodliwiania biodegradowalnych odpadków wszędzie tam, gdzie istnieją możliwości tworzenia małych, lokalnych kompostowników, czyli na terenach o zabudowie rozproszonej, z przewagą budownictwa jednorodzinnego i oczywiście na wsi.



Kompostowanie - proces przerobu odpadów biodegradowalnych w nieszkodliwą, higienicznie obojętną postać.

W procesie wykorzystuje się naturalne procesy rozkładu i butwienia materii organicznej powodowane przez drobnoustroje.

Końcowym produktem tego procesu jest kompost – materiał mający charakter nawozu organicznego.

Kompost jest najodpowiedniejszą postacią odpadów biodegradowalnych, jaką można wprowadzać do gleby pod warunkiem, że spełnia normy jakościowe, w tym sanitarne oraz te dotyczące zawartości metali ciężkich i zanieczyszczeń organicznych.



Wykorzystanie kompostu jako nawozu zależy od:

- ✓ zawartości próchnicy i substancji glebotwórczych,
- ✓ kwasów huminowych i fluwinowych (4-6% masowych);
- ✓ zawartość substancji nawozowych – związków azotu, fosforu i potasu;
- ✓ obecności mikroorganizmów powodujących intensyfikację życia biologicznego w glebie;



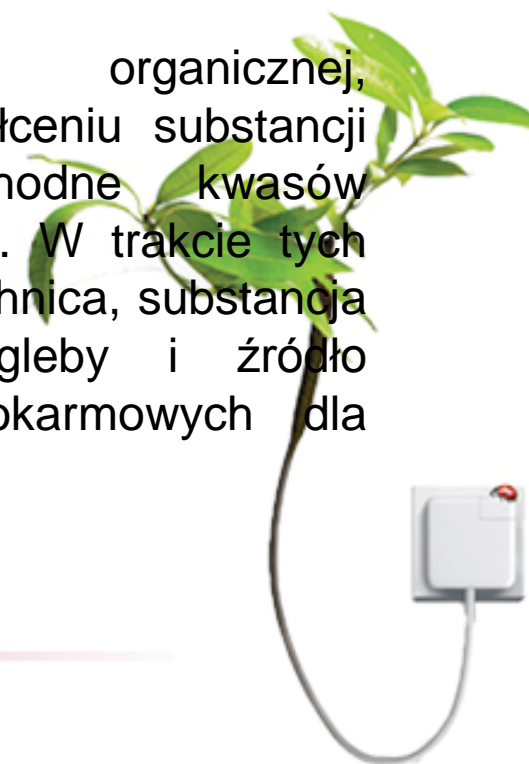
Etapy kompostowania

Odpady organiczne + mikroorganizmy + O₂ → H₂O + CO₂ + kompost + ciepło

✓ mineralizacja materii organicznej, prowadząca do powstania prostych związków chemicznych, takich jak CO₂, H₂O, NH₄⁺, H₂S, NO₃⁻, PO₄⁻,

✓ humifikacja masy organicznej, polegająca na przekształceniu substancji organicznych w pochodne kwasów fulwowych i huminowych. W trakcie tych procesów tworzy się próchnica, substancja podnosząca żyzność gleby i źródło cennych składników pokarmowych dla roślin.

A. Jędrczak, 2007. *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. PWN, 2007.



FAZY KOMPOSTOWANIA

- ✓ **faza wstępnego kompostowania.** Faza mezofilowa lub faza wzrostu temperatury, która trwa zazwyczaj krótko, do kilku dni;
- ✓ **faza intensywnego kompostowania.** Faza termofilowa lub wysokotemperaturowa, która może trwać od kilku dni do kilku tygodni. W fazie tej rozłożone zostają związki organiczne łatwo biodegradowalne. Produktami rozkładu są woda, CO₂ i amoniak;
- ✓ **kompostowanie właściwe.** Najczęściej zaczyna się w 3-5 tygodniu i trwa przez kolejne 3-5 tygodni. Charakterystyczne dla tej fazy są: spadek temperatury, przekształcenie trudnobiodegradowalnych związków / ligniny, tłuszcze, woski, żywice / przez mezofilne bakterie i grzyby oraz wyraźne zmniejszenie objętości odpadów;
- ✓ **faza dojrzewania kompostu / kompostowanie wtórne /.** Wychładzanie materiału, tworzenie stabilnej frakcji kompostu / humus / oraz wzmożone pojawienie się makrofauny. Czas trwania tej fazy może sięgać kilku miesięcy.

A. Jędrzak, 2007. *Biologiczne przetwarzanie odpadów*. PWN, 2007.

Warunki prowadzenia procesu kompostowania:

- ✓ mikroorganizmy;
- ✓ odczyn środowiska / pH /;
- ✓ tlen;
- ✓ wymiar cząstek substratów;
- ✓ substancje pokarmowe;
- ✓ wilgotność;
- ✓ temperatura.

Tabela 6.3. Podstawowe parametry kompostowania M.K. Błaszczyk, Mikroorganizmy w ochronie środowiska, PWN, 2007

Warunki	Zakres tolerowany	Zakres preferowany
Stosunek C/N	20:1 do 40:1	25:1 do 30:1
Wilgotność	40–65%	50–60%
Stężenie tlenu	więcej niż 5%	znacznie więcej niż 5%
Wielkość cząstek	4–5 cm	różny
pH	5,5–9,0	6,5–8,0
Temperatura (°C)	5–30	20–30



MIKROORGANIZMY

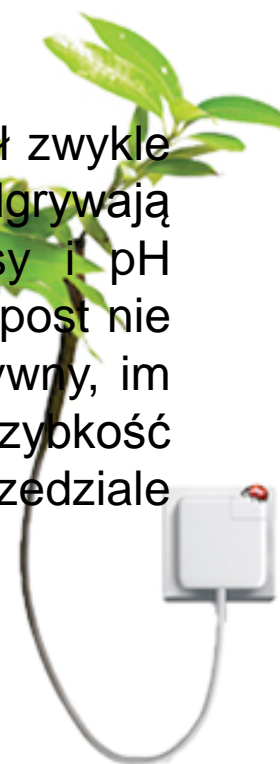
Mikroorganizmy	Liczba organizmów w 1 g świeżej masy kompostu			
	Faza wstępna, mezofilowa, temp. do 40°C	Faza termofilowa, temp. 40-70°C	Faza mezofilowa, temp. 40°C – do wychłodzenia	Liczba zidentyfikowanych gatunków
Bakterie: - mezofilne - termofilne	10 ⁸ 10 ⁴	10 ⁶ 10 ⁹	10 ¹¹ 10 ⁷	6 1
Promieniowce termofilne	10 ⁴	10 ⁸	10 ⁵	14
Grzyby: - mezofilne - termofilne	10 ⁶ 10 ³	10 ³ 10 ⁷	10 ⁵ 10 ⁶	18 16

ODCZYN pH

- ✓ bakterie tolerują pH od 6 do 7,5;
- ✓ grzyby znoszą szerszy zakres pH, od 5,5 do 8.

Jeżeli pH spada poniżej 6, mikroorganizmy, a zwłaszcza bakterie, giną i rozkład przebiega wolniej. Jeżeli pH jest wyższe od 9, azot przechodzi w amoniak, który jest uwalniany do atmosfery i staje się niedostępny dla mikroorganizmów.

We wstępnej fazie procesu wytwarzane są kwasy organiczne i materiał zwykle ma odczyn kwaśny, pH nawet poniżej 5. W tym etapie grzyby odgrywają bardziej znaczącą rolę. Mikroorganizmy szybko przetwarzają kwasy i pH zaczyna rosnąć, nawet do 8,5. Brak fazy wzrostu pH dowodzi, że kompost nie jest w pełni dojrzały. Przebieg kompostowania jest tym bardziej efektywny, im pH kompostowanych odpadów jest bliższe obojętnego. Maksymalną szybkość fazy kompostowania termofilnego osiąga się, gdy pH mieści się w przedziale 7,5-8,5.



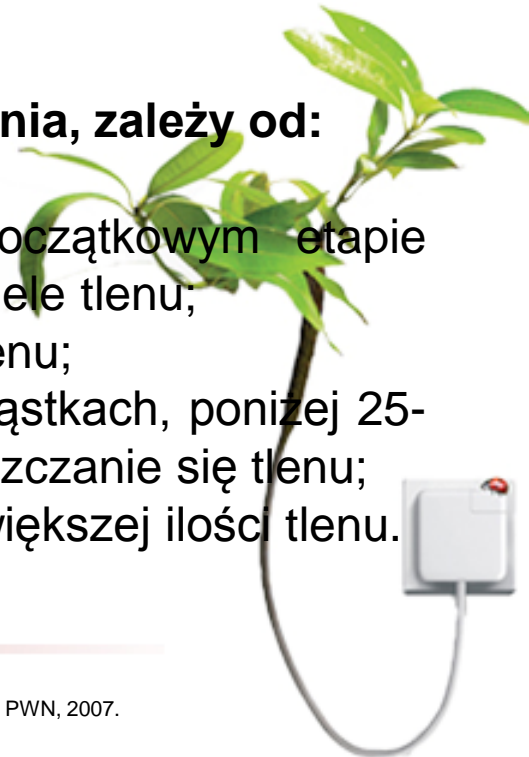
TLEN

Napowietrzanie kompostowanych odpadów jest niezbędne do:

- ✓ dostarczenia tlenu zapewniającego biologiczną aktywność mikroorganizmów;
- ✓ usuwania nadmiaru wilgoci z kompostowanej mieszaniny;
- ✓ usuwania nadmiaru ciepła, aby nie dopuścić do zbyt wysokiej temperatury wewnątrz złoża kompostowanych materiałów.

Ilość tlenu, którą należy dostarczyć podczas kompostowania, zależy od:

- ✓ fazy procesu. Tlen należy dostarczać zwłaszcza w początkowym etapie kompostowania; w fazie dojrzewania kompostu potrzeba niewiele tlenu;
- ✓ typu materiału. Materiały bogate w azot wymagają więcej tlenu;
- ✓ wymiaru cząstek masy kompostowej. Materiał o małych cząstkach, poniżej 25-50mm, zawiera małe puste przestrzenie, co utrudnia przemieszczanie się tlenu;
- ✓ wilgotności masy. Materiały o dużej wilgotności wymagają większej ilości tlenu.



SUBSTANCJE POKARMOWE

Miarą podatności składników organicznych na rozkład mikrobiologiczny jest stosunek C:N.

- ✓ kompostowanie przebiega najbardziej efektywnie, gdy C:N kompostowanego materiału mieści się w przedziale od **25:1 do 35:1**;
- ✓ przy wartościach C:N większych niż 50:1 wzrost mikroorganizmów jest hamowany przez brak azotu i kompostowanie przebiega wolno;
- ✓ przy wartościach C:N mniejszych od 25:1 nadmiar azotu może być uwalniany do atmosfery, wywołując problem odorów;
- ✓ bardzo duża zawartość azotu w kompostowanych odpadach może prowadzić do powstania amoniaku w ilościach toksycznych dla populacji mikroorganizmów, hamując proces.



Tabela 8.7. Przyczyny zakłóceń procesu kompostowania i możliwe sposoby ich usuwania

Temperatura	Kontrola	Możliwe przyczyny	Działanie korygujące
Temperatura odpadów w przyzmi nie rośnie	sprawdzić wilgotność odpadów	materiał zbyt suchy	nawodnić odpady
		materiał zbyt mokry	zmieszać z suchym materiałem lub rozłożyć odpady w cienkie warstwy
	sprawdzić wartość ilorazu C : N w odpadach	zbyt niska zawartość dostępnego azotu	dodać do surowca materiał bogaty w azot
	sprawdzić zawartość tlenu w powietrzu odlotowym	niedobór tlenu	zwiększyć napowietrzanie
	temperatura otoczenia	zbyt niska temperatura otoczenia	budować większe przyzmy
		surowiec ubogi w mikroorganizmy	dodać gotowy kompost
Temperatura powyżej 65°C. Proces zbyt aktywny	sprawdzić wilgotność odpadów	materiał zbyt suchy	dodać wody
	sprawdzić wartość ilorazu C : N w odpadach	zbyt wysoka zawartość łatwo dostępnych form azotu	dodać do surowca materiał bogaty w węgiel
	sprawdzić zawartość tlenu w powietrzu odlotowym	wysoka zawartość tlenu w powietrzu odlotowym	ograniczyć napowietrzanie lub napowietrzać powietrzem odlotowym



Tabela 8.8. Zależność temperatura–czas dla destrukcji organizmów patogennych występujących w osadach ściekowych

Mikroorganizmy	Destrukcja: temperatura–czas			
	temperatura, °C	czas, min	temperatura, °C	czas, min
<i>Salmonella typhi</i>	55–60	30	60	20
<i>Salmonella</i> sp.	55	60	60	15–20
<i>Shigella</i> sp.	55	60	–	–
<i>Entamoeba histolytica</i> (cysty)	45	kilka	55	kilka sekund
<i>Taenia</i> sp.	55	kilka	–	–
<i>Trichinella spiralis</i> (larwy)	55	szybko	60	natychmiast
<i>Brucella abortus</i> , <i>B. suis</i>	62,5	3	55	60
<i>Micrococcus pyogenes</i> var. <i>aureus</i>	50	10	–	–
<i>Streptococcus pyogenes</i>	54	10	–	–
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> var. <i>hominis</i>	66	15–20	67	momentalnie
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	55	45	–	–
<i>Necator americanus</i>	45	50	–	–
<i>Ascaris lumbricoides</i> (jaja)	50	60	–	–
<i>Escherichia coli</i>	55	60	60	15–20



TECHNOLOGIE KOMPOSTOWANIA ODPADÓW

Instalacja do kompostowania odpadów składa się z trzech podstawowych operacji technologicznych:

- ✓ przygotowania odpadów do kompostowania;
- ✓ właściwego kompostowania;
- ✓ oczyszczania kompostu.





PRZYGOTOWANIE ODPADÓW

WYDZIELENIE NIEPOŻĄDANYCH SKŁADNIKÓW:

- torby;
- worki;

ROZDRABNIANIE I HOMOGENIZACJA

OPTYMALIZACJA SKŁADU CHEMICZNEGO SUROWCÓW

Zawartość
wody

C:N

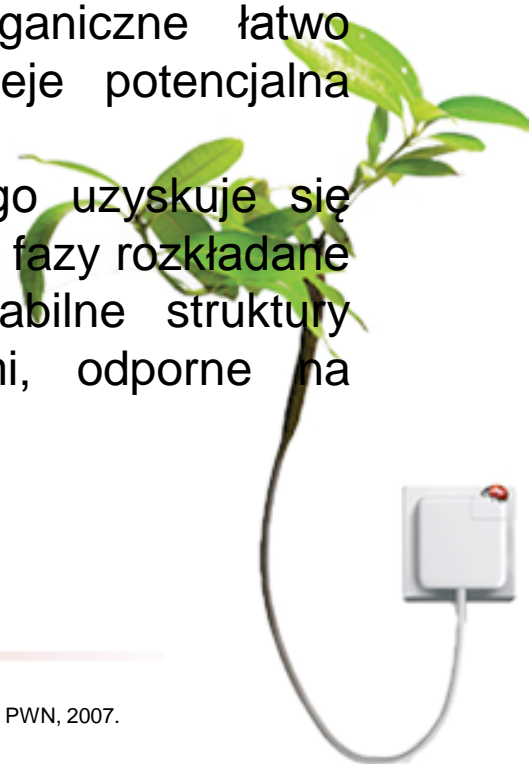
pH

mieszanie

SYSTEMATYKA TECHNOLOGII KOMPOSTOWANIA

W ujęciu inżynierskim proces kompostowania przebiega zasadniczo w dwóch etapach:

- ✓ **kompostowanie intensywne** – część procesu kompostowania, w trakcie którego z odpadów organicznych otrzymuje się kompost świeży. W tej fazie materiał ulega higienizacji, substancje organiczne łatwo biodegradowalne zostają praktycznie rozłożone i maleje potencjalna zdolność odpadów do emisji substancji zapachowych;
- ✓ **dojrzewanie** – etap, w którym z kompostu świeżego uzyskuje się kompost dojrzały o ustabilizowanym składzie. W trakcie tej fazy rozkładane są substancje trudno biodegradowalne i powstają stabilne struktury próchnicze z wbudowanymi substancjami odżywczymi, odporne na działanie czynników zewnętrznych.





SYSTEMY KOMPOSTOWANIA

statyczne	quasi - dynamiczne	dynamiczne
w pryzmach statycznych	w pryzmach przerzucanych	w bębnach obrotowych
metodą mat		
komorowe i kontenerowe	rzędowe i tunelowe	wieżowe
technologią Brikollare		

SYSTEMY NIEREAKTOROWE - OTWARTE

SYSTEMY REAKTOROWE - ZAMKNIĘTE

Bez przemieszczania odpadów w złożu	Z przemieszczaniem odpadów w złożu	Reaktory o przepływie pionowym - wieże	Reaktory o przepływie poziomym – bębny i zbiorniki
Kompostowanie w pryzmach statycznych	Kompostowanie w pryzmach przerzucanych	Kompostowanie w wieżach półkowych	Skrzyniowe
Kompostowanie w pryzmach z napowietrzaniem	Kompostowanie w pryzmach przerzucanych, z wymuszonym napowietrzaniem	Kompostowanie w wieżach bez półek	Kompostowanie tunelowe
Kompostowanie technologią Brikollare			Kompostowanie komorowe o kontenerowe



PARAMETR	PRYZMY STATYCZNE	PRYZMY PRZERZUCANE	NAPOWIETRZANE PRYZMY STATYCZNE	KOMPOSTOWANIE TUNELOWE, KOMOROWE
Charakterystyka ogólna	Prosta technologia; problemy z jakością kompostu	Systemy do kompostowania odpadów zielonych	Efektywne dla gospodarstw rolnych	Duża przepustowość, skala przemysłowa
Nakład pracy	Formowanie pryzm i sporadyczne przerzucanie	Formowanie i przerzucanie pryzm – rośnie wraz z częstotliwością przerzuczeń	Formowanie pryzm, montaż systemu napowietrzania, stały monitoring procesu	Przerzucanie i napowietrzanie z reguły automatyczne; stałe zarządzanie procesem
Zapotrzebowanie powierzchni	Bardzo duże	Duże – zależy od sprzętu do przerzucania	Duże / średnie, zależy od objętości pryzm	Stosunkowo małe
Struktura surowca	Materiał musi być porowaty	Wymagania ograniczone	Materiał musi być porowaty	Wymagania ograniczone
Czas kompostowania	6-24 miesiące	21-40 dni	21-40 dni	21-35 dni
Dojrzewanie	Nie stosowane	30 dni	30 dni	30 dni
Napowietrzanie	Naturalne, tylko konwekcja	Mechaniczne przerzucanie i naturalna konwekcja	Wymuszony przepływ powietrza; tłoczenie / zasysanie	Efektywne mechaniczne przerzucanie i napowietrzanie

KOMPOSTOWANIE W PRYZMACH

- statycznych;
- statycznych z napowietrzaniem;
- przerzucanych;



- ✓ najstarsza i najbardziej znana metoda kompostowania;
- ✓ kompostowane mogą być odpady rozdrobnione i nierozdrobnione;
- ✓ przyzmy mają względnie dużą powierzchnię w stosunku do objętości;
- ✓ kompostowanie prowadzone na otwartej przestrzeni lub pod zadaszeniem.

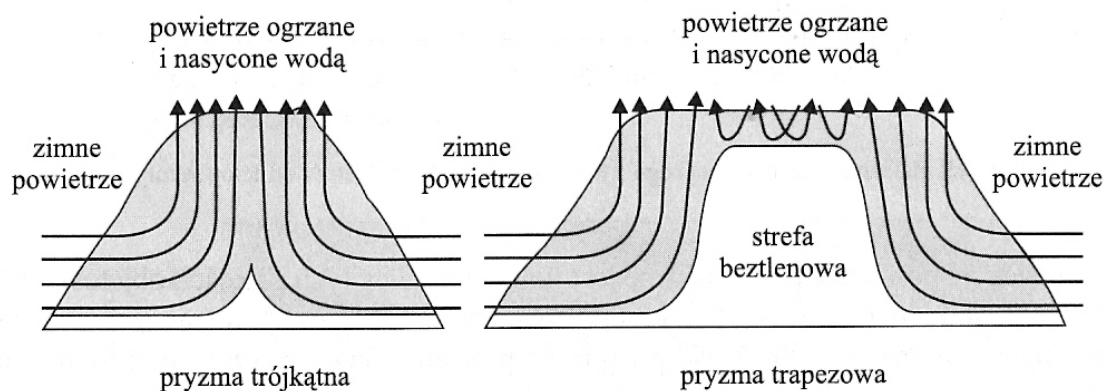
Sposoby napowietrzania:

- ✓ naturalne przewietrzenie występujące w systemach przyzmy statycznych;
- ✓ przerzucanie odpadów w przyzmach przerzucanych;
- ✓ wymuszone przetłaczanie powietrza przez mieszaninę kompostową za pomocą dmuchaw lub wentylatorów;
- ✓ przemieszczanie odpadów w warstwie powietrza.



KOMPOSTOWANIE W PRYZMACH STATYCZNYCH

Metoda rzadko stosowana z uwagi na możliwość tworzenia się stref beztlenowych wewnątrz pryzm i wydzielania odorów. Głębokość wnikania tlenu sięga 70 cm, stąd też pryzmy nie mogą być zbyt wysokie.

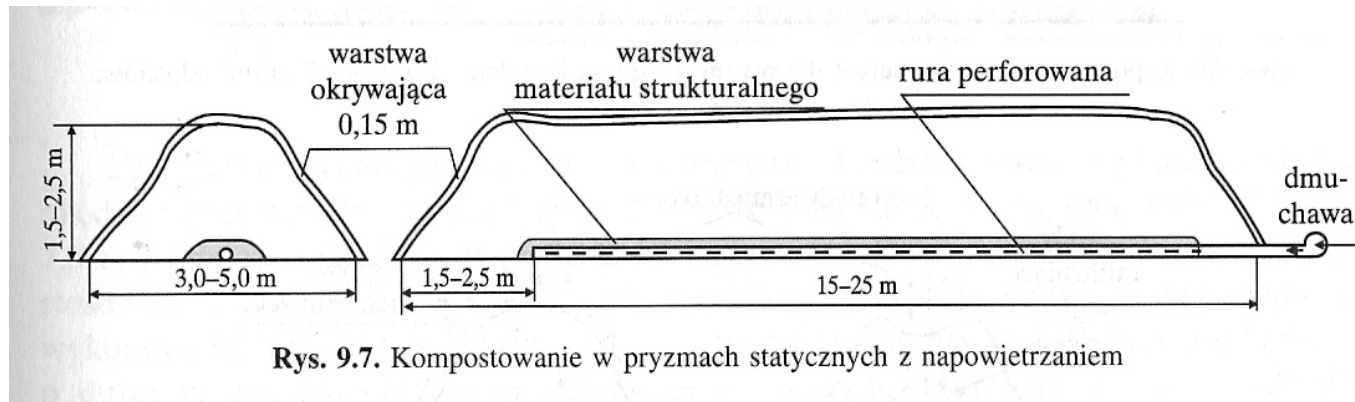


Rys. 9.6. Obszary napowietrzone w wyniku dyfuzji cząsteczkowej i termicznej konwekcji powietrza w przekrojach pryzm statycznych

Najczęściej usypuje się pryzmy o wysokości do 1,5m i szerokości do 3m. Obsługa kompostowni ogranicza się do formowania pryzm, ich rozbierania po kompostowaniu i oczyszczania produktu. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne są niskie. Proces kompostowania przebiega bardzo wolno, około roku. Niezbędna jest okresowa kontrola takich kompostowni.

KOMPOSTOWANIE W PRYZMACH STATYCZNYCH Z NAPOWIETRZANIEM

Wysokość pryzm w takich systemach wynosi do 5m. Napowietrzanie prowadzi się przez perforowane rury lub kanały pokryte szczelinowymi płytami. Zewnętrzne powierzchnie pryzm pokrywa się dojrzałym kompostem w celu zmniejszenia strat ciepła oraz zapewnienia bardziej równomiernego napowietrzania. Powietrze wciąga się do pryzmy lub zasysa spod pryzmy przemysłowymi dmuchawami. Często pryzmy łączy się w jeden duży stos, zajmujący mniejszą powierzchnię i lepiej utrzymujący temperaturę.

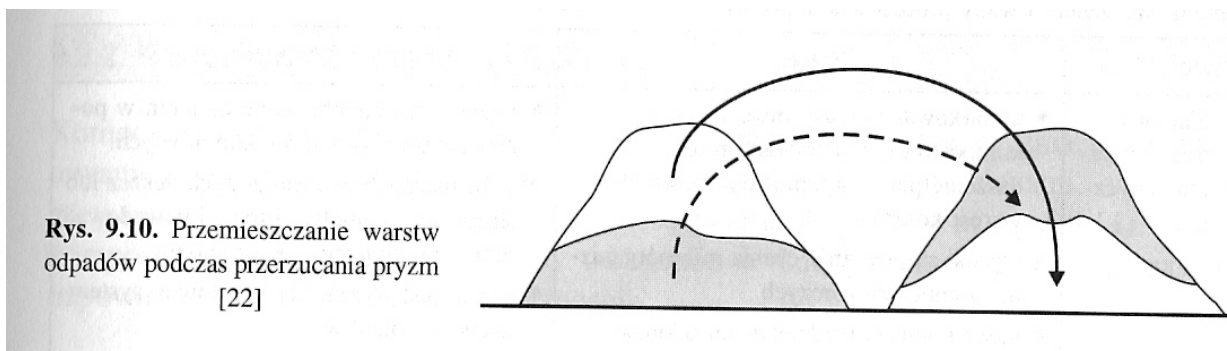


Rys. 9.7. Kompostowanie w pryzmach statycznych z napowietrzaniem

Przy kompostowaniu na otwartym terenie kształt pryzm ma duży wpływ na wilgotność odpadów. W okresach suchych odpowiednie są pryzmy z wklęsłym grzbietem. W okresach mokrych – korzystne są pryzmy o grzbietach wypukłych. Czas kompostowania wynosi od 12 do 16 tygodni.

KOMPOSTOWANIE W PRYZMACH PRZERZUCANYCH

Materiał jest regularnie przerzucany w celu poprawy warunków napowietrzania. Częstotliwość przerzucania wynosi od dwóch razy na tydzień do jednego razu w roku. Właściwie wykonane przerzucanie pryzm powinno prowadzić do przemieszczenia zewnętrznych warstw istniejącej hałdy do wnętrza budowanej pryzmy.



Urządzenia do przerzucania określają kształt, wymiary i odstęp między pryzmami. Pryzmy mają wysokość do 35m, szerokość od 3 do 7,5m i długość kilkudziesięciu metrów. Poszczególne technologie różnią się rozwiązaniami przerzucarki. Czas kompostowania w pryzmach przerzucanych wynosi od 9 do 12 tygodni. Kompostowanie może być prowadzone na otwartej przestrzeni lub pod zadaszeniem.



KOMPOSTOWANIE RZĘDOWE I TUNELOWE

Kompostowanie rzędowe / szeregowo / jest formą kompostowania w przyzmach. Kompostowany materiał usypywany jest w przyzmy rozdzielone stałymi ścianami, otwarte od góry / szereg podłużnych boksów /. Wysokość przyzm sięga do 4m. Proces może być sterowany oddzielnie w każdym rzędzie przez niezależne napowietrzanie, nawadnianie i przerzucanie.



<http://www.backhus.com/319-2-Historie.html>

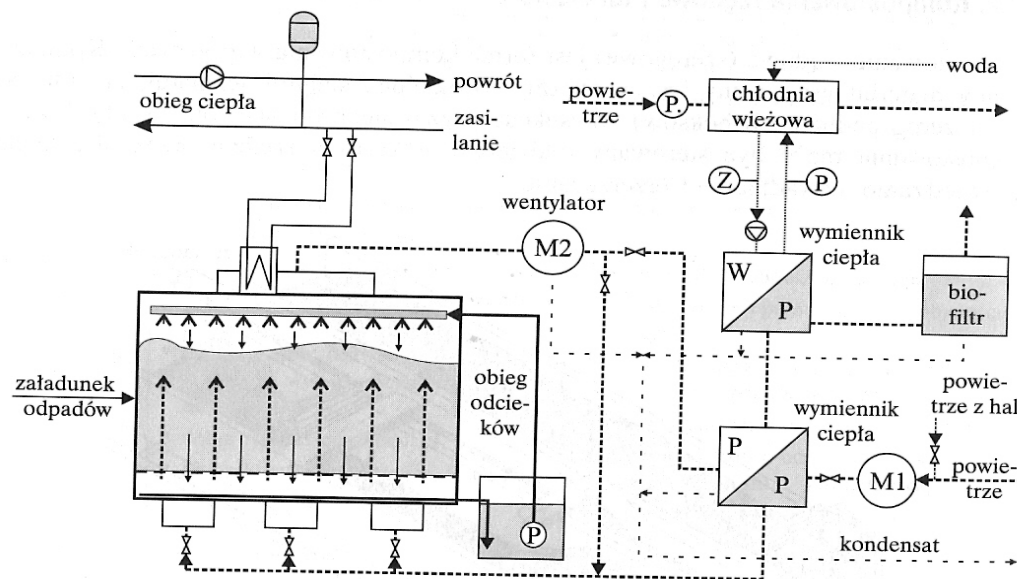
Rzędy mogą być obudowane / zamknięte od góry / - mówi się wówczas o kompostowaniu tunelowym. Proces trwa od 2 do 12 tygodni, zależnie od pożądanego stopnia dojrzałości kompostu.



KOMPOSTOWANIE KOMOROWE I KONTENEROWE

Obie technologie różnią się jedynie pojemnością zamkniętego reaktora. Komory kompostowe są obiektami budowlanymi, mają objętość od 50 do 100m³ i są zwykle zasypywane i opróżniane za pomocą ładowarki. Kontenery mają pojemność około 20m³.

Oba typy reaktorów wyposażone są w urządzenia do wymuszonego napowietrzania i ujmowania wód odciekowych. Kompostowanie intensywne w komorach trwa 2-3 tygodnie, a w kontenerach 7-14 dni. Otrzymany kompost poddawany jest dojrzewaniu w przyzmach. Czas dojrzewania waha się od 1 do 4 miesięcy.



Rys. 9.12. Instalacja kontenerowa [27]

Kompostownie komorowe i kontenerowe zajmują niewielki obszar. Dzięki modułowej budowie istnieje możliwość dostosowania ich przepustowości do zmiennej podaży odpadów.

TECHNOLOGIA BRIKOLLARE

Szczególna forma kompostowania „w pryzmach”.

Oczyszczone i rozdrobnione bioodpady prasowane są w brykiety w wymiarach 50x37x17cm i masie około 20kg.

Brykiety ustawia się na paletach w hali kompostowej. Półfabrykanty mają wilgotność 50-62%.

Podczas tlenowego rozkładu materiał ogrzewa się do temperatury 70°C, która utrzymuje się około 10 dni.

Wraz z postępującym rozkładem biologicznym wypraska ulega wysuszeniu i po 6 tygodniach staje się stabilnym, hydrofobowym produktem o wilgotności 30-40%.

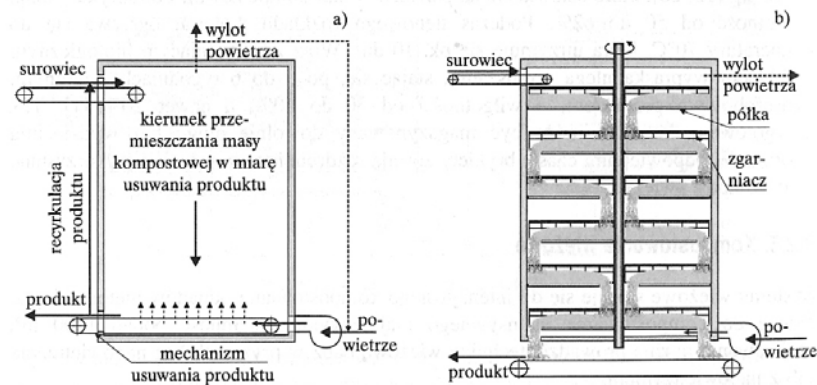
Tak przygotowany kompost może być magazynowany dowolnie bez wydzielania odorów. W odpowiednim czasie brykiety rozdrabnia się w młynie i wykorzystuje jako świeży kompost.



KOMPOSTOWANIE WIEŻOWE

Stosowane do intensywnego kompostowania odpadów metodą ciągłą. Wieże mają zwykle pojemność ponad 1000m³. Dojrzewanie można prowadzić techniką wieżową bądź w pryzmach.

Kompostowany materiał podaje się do górnej części wieży i przemieszcza się z góry na dół. Powietrze dostarczane jest w przeciwnym kierunku. Para wodna zawarta w powietrzu opuszczającym odpady skrapla się na pokrywie reaktora i nawilża podawane odpady. Kompost usuwa się z wieży za pomocą podajników ślimakowych zamontowanych nad dnem.

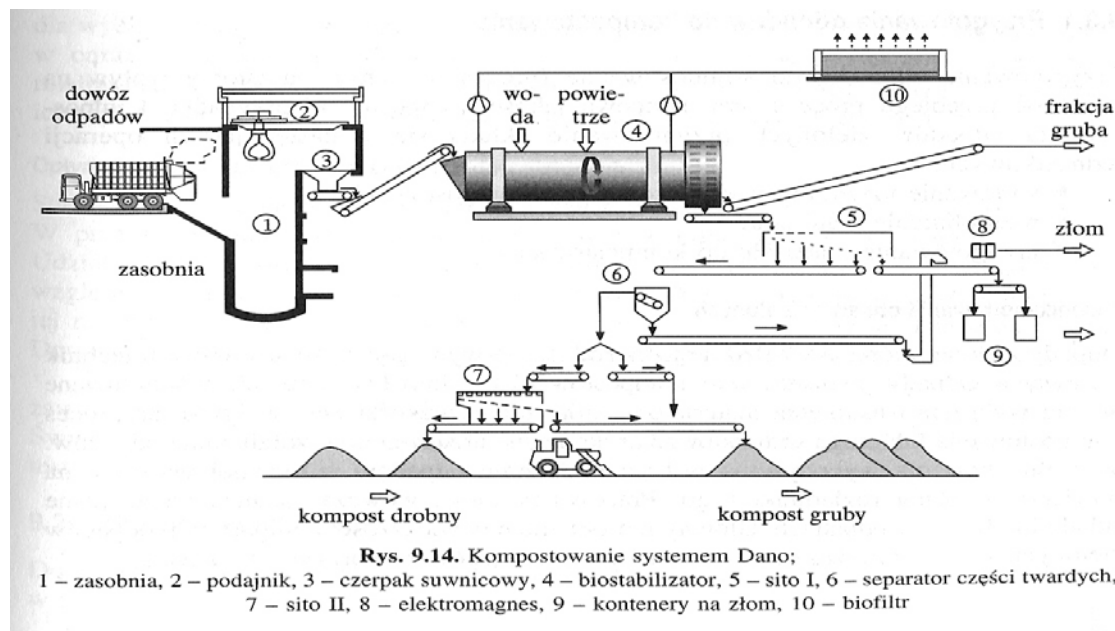


Rys. 9.13. Wieże: a – bez półek, b – z półkami

W fazie intensywnego wzrostu materiał przemieszcza się przez reaktor przez 14 dni. Czas dojrzewania wynosi 4 tygodnie. Zaletą kompostowania wieżowego jest znacznie mniejsze zapotrzebowanie na powierzchnię w porównaniu do kompostowania w pryzmach.

KOMPOSTOWANIE W BĘBNACH OBROTOWYCH

Technologie dynamiczne, stosowane do intensywnego kompostowania. Podstawowym urządzeniem jest biostabilizator, w którym następuje dokładne wymieszanie i homogenizacja odpadów, rozdrobnienie miękkich składników oraz inicjacja procesów biologicznego rozkładu. Wstępne kompostowanie odpadów w biostabilizatorach zapewnia dużą jednorodność produktu.



Bębny obrotowe do kompostowania mają średnicę 2,5-4m i długość 10-40m. Czas zatrzymania materiału w bębnach wynosi od 24h do 14 dni. Dojrzewanie kompostu prowadzi się w systemach statycznych lub quasi – dynamicznych.

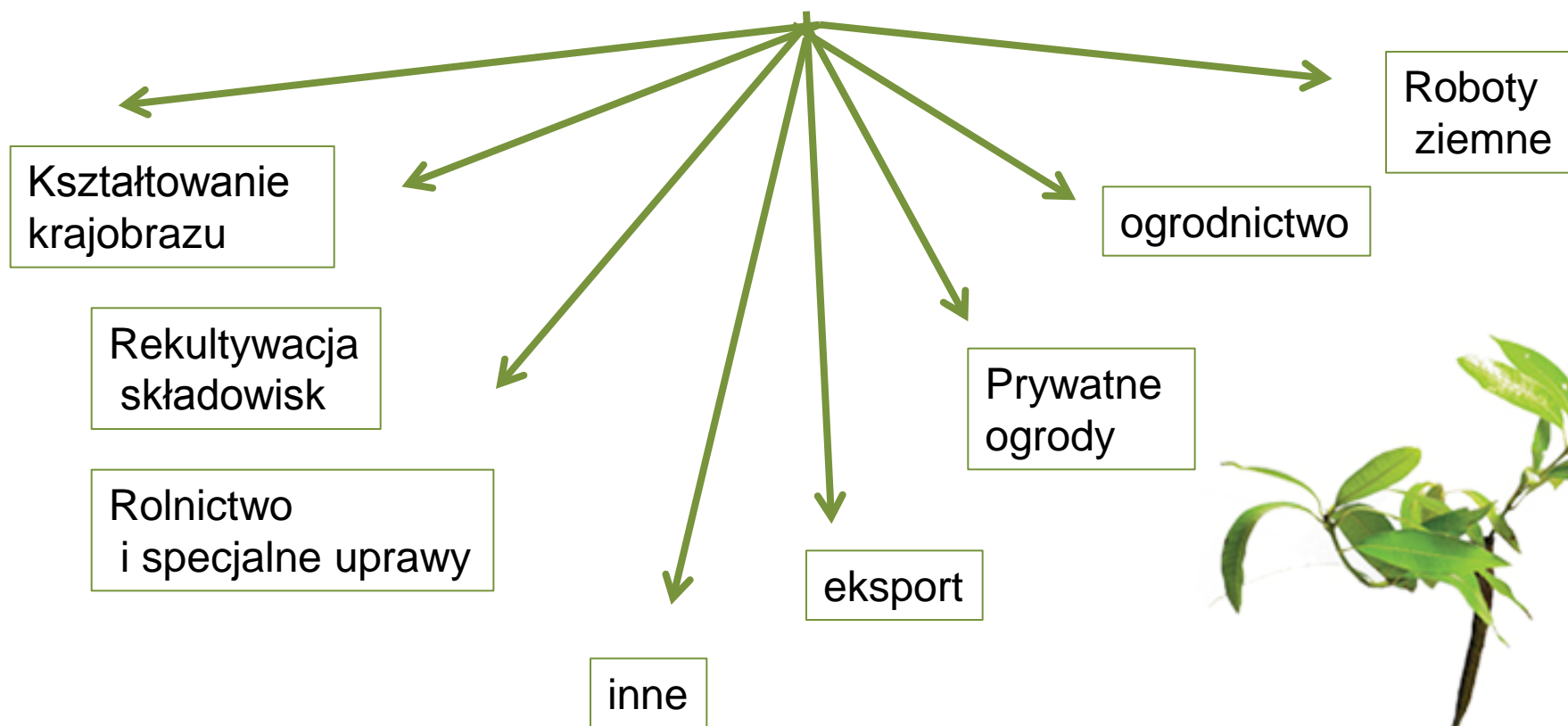
KOMPOST



- ✓ dobry kompost powinien mieć ciemny kolor i ziemisty zapach;
- ✓ powinien być materiałem jednorodnym, o jednolitym uziarnieniu;
- ✓ powinien mieć wilgotność poniżej 50%;
- ✓ optymalna wilgotność kompostu 25-35%;
- ✓ odczyn pH kompostu powinien wynosić 6,0-7,8;
- ✓ zawartość substancji organicznych > 20% s.m.;
- ✓ kompost nie powinien zawierać tworzyw sztucznych, metali i materiałów twardych, np. szkła;
- ✓ musi charakteryzować się niską zawartością metali ciężkich i toksycznych związków organicznych;
- ✓ musi charakteryzować się małym stężeniem soli rozpuszczalnych i brakiem organizmów chorobotwórczych.



WYKORZYSTANIE KOMPOSTU



POTENCJALNI ODBIORCY	WYMAGANIA DOTYCZĄCE JAKOŚCI KOMPOSTU
Ogrodnictwo - szkółki	<ul style="list-style-type: none">✓ pH od 6,0 do 7,0✓ wielkość cząstek < 15 mm✓ mały udział zanieczyszczeń✓ wysoka zawartość substancji odżywczych✓ niska zawartość soli rozpuszczalnych
Rolnictwo	<ul style="list-style-type: none">✓ wielkość cząstek < 15 mm✓ mały udział zanieczyszczeń✓ wysoka zawartość substancji organicznych✓ brak toksyczności względem roślin✓ niska zawartość soli rozpuszczalnych✓ dobra zdolność zatrzymania wody
Indywidualni mieszkańcy	<ul style="list-style-type: none">✓ ciemny kolor, odór słabo wyczuwalny✓ wielkość cząstek < 15 mm✓ wilgotność < 40%✓ mała zawartość zanieczyszczeń

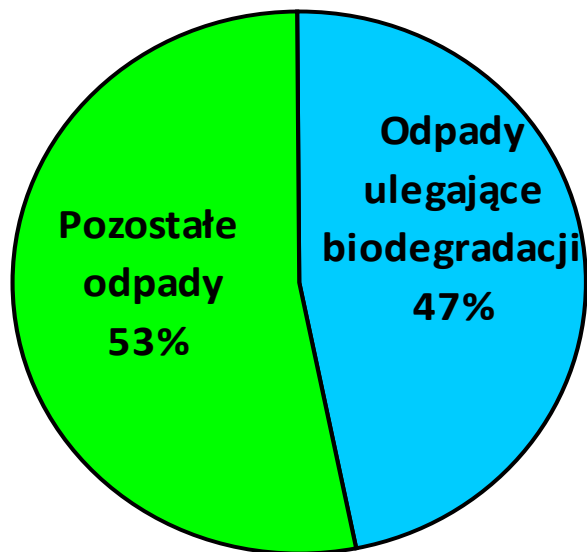
POTENCJALNI ODBIORCY	WYMAGANIA DOTYCZĄCE JAKOŚCI KOMPOSTU
Architektura krajobrazu	<ul style="list-style-type: none"> ✓ pH od 6,0 do 7,0 ✓ ciemny kolor, odór słabo wyczuwalny ✓ wielkość cząstek < 15 mm ✓ wilgotność < 50% ✓ brak nasion chwastów i organizmów patogennych ✓ niska zawartość soli rozpuszczalnych
Instytucje publiczne	<ul style="list-style-type: none"> ✓ wielkość cząstek < 15 mm ✓ mały udział zanieczyszczeń ✓ wysoka zawartość substancji odżywczych ✓ kompost dojrzały / stabilny / ✓ brak nasion chwastów
Inne <ul style="list-style-type: none"> ➤ rekultywacja terenu ➤ cmentarze ➤ pola golfowe ➤ zakłady wytwarzające darni 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ niskie; przydatny do uprawy trawy ✓ niskie ✓ średniowysokie ✓ średnioniskie

METODY POZYSKIWANIA ENERGII Z ODPADÓW

✓ METODY BIOLOGICZNE

➤ składowanie odpadów





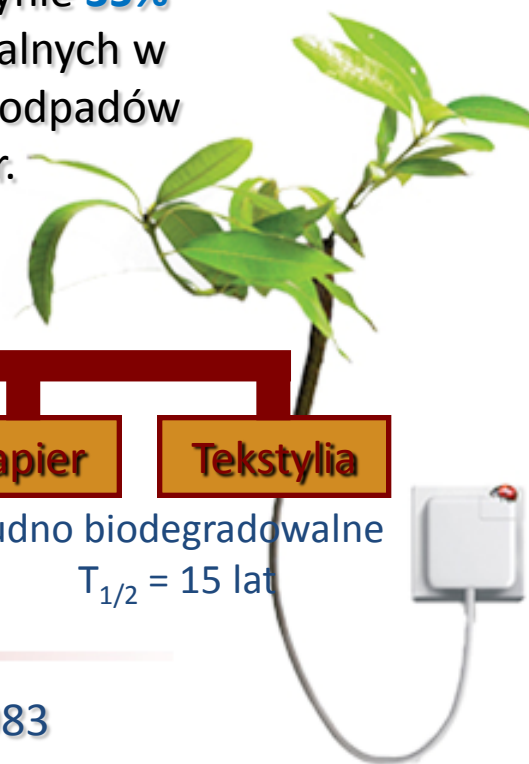
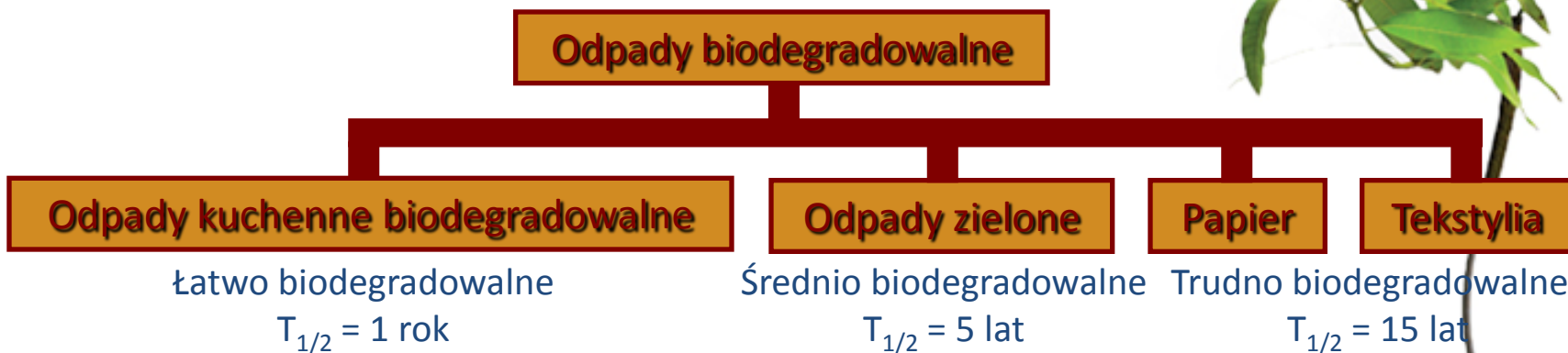
Dyrektywa Rady Europejskiej 99/31 z dnia 26 kwietnia 1999 roku w sprawie składowania odpadów:

2010 – składowane jedynie **75%**

2013 – składowane jedynie **50%**

2020 – składowane jedynie **35%**

odpadów biodegradowalnych w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r.





SKŁADOWISKO ODPADÓW

✓ **Składowisko odpadów**, potocznie wysypisko śmieci – to zlokalizowany i urządzony zgodnie z przepisami obiekt zorganizowanego deponowania odpadów. Pojęcie składowisko obejmuje również wylewisko odpadów ciekłych, wysypisko odpadów komunalnych, a także zwałowiska mas ziemnych.

Składowanie odpadów może odbywać się wyłącznie w miejscu do tego wyznaczonym. Niekiedy w tym samym miejscu prowadzi się też selekcję i częściowy odzysk surowców wtórnych.



SKŁADOWANIE ODPADÓW

- ✓ Przez szereg lat brak było uregulowań prawnych dotyczących lokalizacji, budowy i monitorowania składowisk odpadów.
- ✓ W latach 70-tych i 80-tych składowiska lokalizowano bardzo często w wyrobiskach po eksploatacji żwiru, gliny itp.
- ✓ Do początku lat 90-tych nikt nie planował urządzeń służących zabezpieczeniu środowiska przed wpływem składowisk, takich jak sztuczne uszczelnienie, systemy zbierania odcieków czy systemy odgazowania.
- ✓ Dopiero w ustawie z dnia 7.07.1994 – Prawo budowlane w art. 3 składowisko odpadów zaliczono do budowli.
- ✓ W ustawie z dnia 27.06.1997 r. o odpadach pojawiły się pierwsze bardziej szczegółowe wymagania.





SKŁADOWANIE ODPADÓW

- ✓ W 2000 roku istniało w Polsce 999 zorganizowanych składowisk komunalnych o łącznej powierzchni 3125 ha.
- ✓ Największymi powierzchniami składowania odpadów komunalnych dysponowały województwa: wielkopolskie (13% ogólnej powierzchni składowisk) i dolnośląskie (11%), obok pomorskiego, warmińsko-mazurskiego, opolskiego i mazowieckiego (po 8-9% każde).
- ✓ Przeciętny wiek składowiska komunalnego w 2000 roku był równy 7,4 lat, średnia powierzchnia – 3,3 ha, zaś średnia docelowa wysokość gromadzenia odpadów – 8,1 m.

Tabela 1. Liczba składowisk odpadów w latach 1991 – 2000 na podstawie danych GUS

Rok	Liczba składowisk	Liczba składowisk posiadająca instalacje odgazowania
1991	614	-
1993	786	-
1995	830	-
1996	884	-
1998	965	73
1999	998	82
2000	999	96



SKŁADOWISKO ODPADÓW = BIOREAKTOR HETEROGENICZNY

3 STANY SKUPIENIA

GAZOWY-BIOGAZ



STAŁY-ODPADY



CIEKŁY-ODCIEKI

PROCESY:

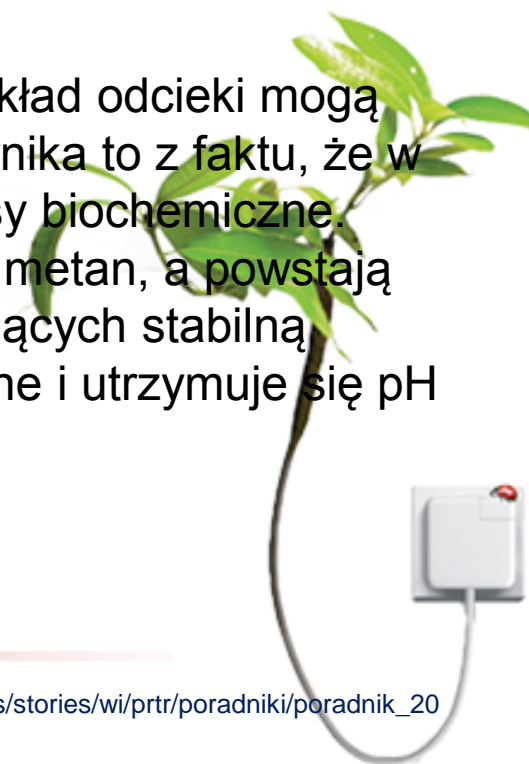
- ✓ FIZYCZNE
- ✓ CHEMICZNE
- ✓ BIOLOGICZNE



PROCESY BIOLOGICZNE

Początkowy rozkład odpadów jest procesem tlenowym, gdyż zaraz po zdeponowaniu na składowisku odpady mają dostęp do powietrza. Niedługo po rozpoczęciu biodegradacji, tlen w składowisku zostaje wyczerpany, a ponieważ niemożliwe jest uzupełnienie jego zapasu świeżym tlenem, w składowisku rozpoczyna się proces beztlenowy.

Biodegradacja w składowisku może nie być jednolita. Na przykład odcieki mogą mieć pH równe 5.5, przy równoczesnej produkcji metanu. Wynika to z faktu, że w różnych częściach składowiska mogą zachodzić różne procesy biochemiczne. Niskie pH jest właściwe dla obszarów, w których nie powstaje metan, a powstają kwasy, podczas gdy w innych częściach składowiska posiadających stabilną populację bakterii metanowych, kwasy organiczne są zużywane i utrzymuje się pH równe 7.





- ✓ W czasie pierwszych tygodni po wysypaniu odpadów składowisko jest aerobowe i produkowany jest przede wszystkim dwutlenek węgla.
- ✓ Infiltracja wody i osiadanie składowiska wypierają uwięzione w nim powietrze. Tak więc gaz wydzielany w początkowym etapie zawiera także tlen i azot.
- ✓ W miarę jak składowisko staje się anaerobowe wydzielanie tlenu zmniejsza się prawie do zera, a azotu do poziomu podstawowego, mniejszego niż 1%.
- ✓ Głównymi gazowymi produktami końcowymi etapu anaerobowego są dwutlenek węgla i metan.
- ✓ Produkcja metanu wzrasta powoli w miarę jak zwiększa się ilość bakterii metanogennych.

Przybliżony skład biogazu :

55% CH₄

45% CO₂

Czynniki wpływające na produkcję biogazu

Do głównych czynników wpływających na produkcję gazu na składowisku należy zaliczyć:

- ✓ skład odpadów (zawartość substancji organicznych w odpadach, ich podatność na rozkład),
- ✓ wilgotność złoża odpadów,
- ✓ temperaturę złoża odpadów (optymalna temp. dla fermentacji metanowej wynosi 35-38 °C, na małych składowiskach zwykle jest niższa, w głębi dużych waha się w granicach 25-40 °C),
- ✓ pH,
- ✓ wiek odpadów (szczytowa produkcja metanu zachodzi zwykle w czasie pierwszych 2-10 lat),
- ✓ przepuszczalność składowiska (tlen jest czynnikiem inhibitującym wytwarzanie metanu, gdyż hamuje rozwój bakterii wytwarzających metan),
- ✓ strukturę odpadów (rozwińnięcie powierzchni odpadów np. przez rozdrabnianie, ułatwia działanie mikroorganizmów).



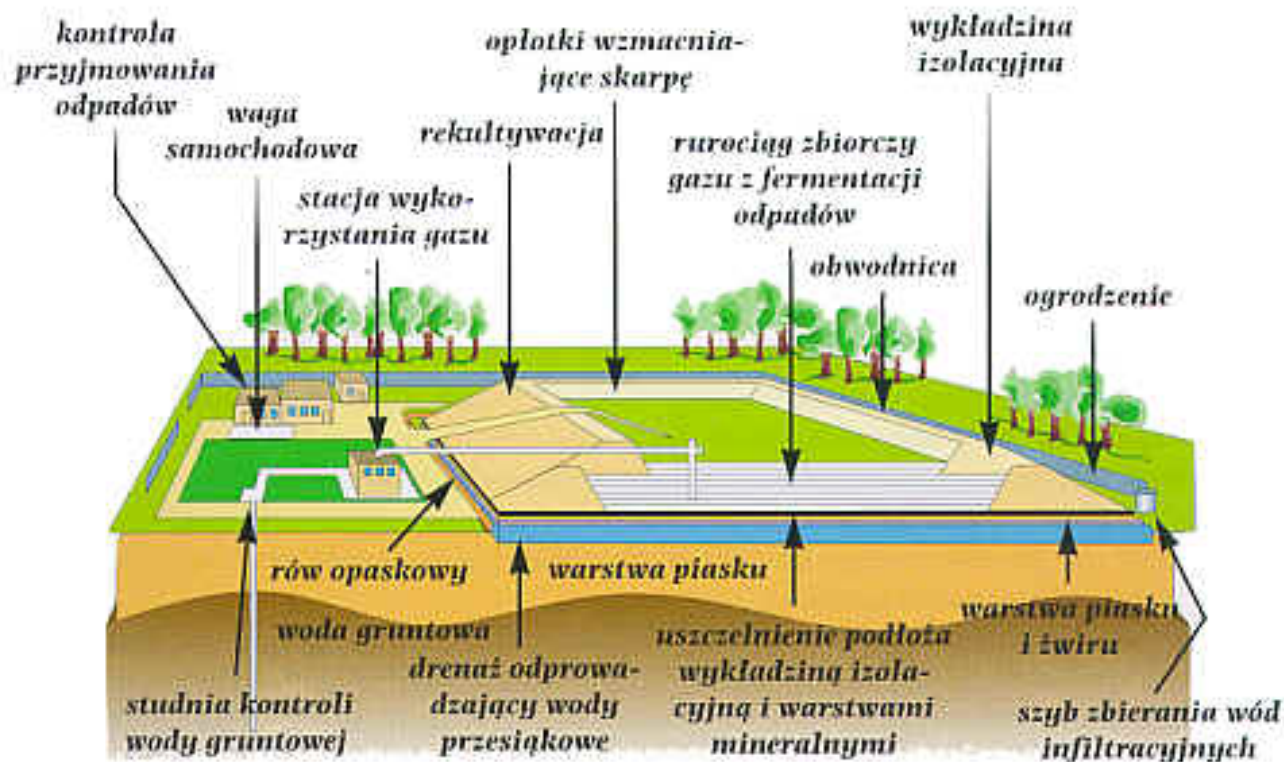


UPROSZCZONA BUDOWA SKŁADOWISKA





SCHEMAT NOWOCZESNEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW



ODZYSK BIOGAZU ZE SKŁADOWISK

Do pozyskania gazu ze składowiska odpadów komunalnych konieczne jest wybudowanie instalacji, w skład której wchodzi:

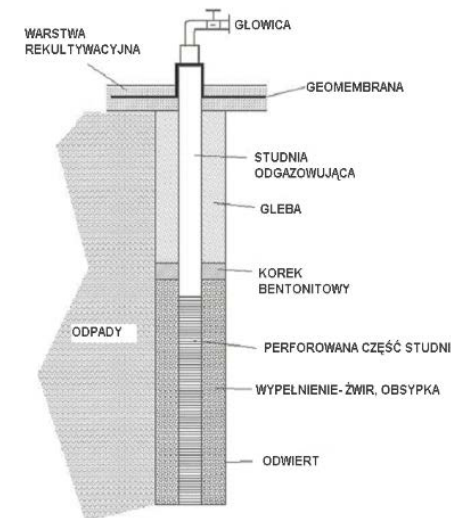
- ✓ Elementy odbierające gaz ze złoża odpadów (studnie pionowe i kolektory poziome);
- ✓ Kolektory odprowadzające gaz do punktu zbiorczego (stacji zbiorczej);
- ✓ Stacja zbiorcza (odwadniacze, dmuchawa, aparatura kontrolno-pomiarowa).

Anaerobic Bioreactor



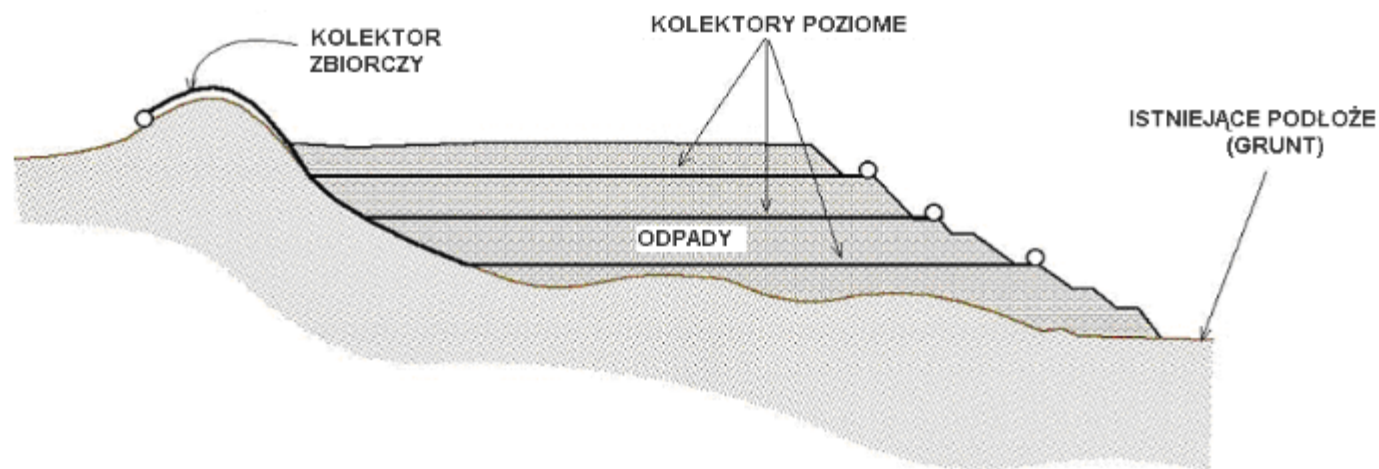
Odgazowanie pionowe - studnie

Na nowopowstających składowiskach odpadów komunalnych studnie odgazowujące budowane są na warstwie gruntu, usypanej bezpośrednio na geomembranie stanowiącej uszczelnienie dna składowiska (fotografia 1). Taki sposób montażu pozwala na zmniejszenie jednostkowego nacisku studni na geomembranę i zapobiega zniszczeniu uszczelnienia składowiska. Studnie umieszcza się w odległości, co 30–50 m, a wokół nich składa się i zagęszcza odpady. Dolną część studni stanowi filtr, do którego montuje się poziomy kolektor odprowadzający odcieki do studni zbiorczej. Filtr studni gazowej stanowią perforowane rury o długości 2 m i średnicy 100 - 200 mm, które przedłuża się wraz z postępującym wypełnieniem składowiska. Obudowę studni stanowi rura stalowa o długości 2,5 do 5,0 m i średnicy około 1 m. Przestrzeń między filtrem a obudową studni jest wypełniona żwirem i zamknięta od góry pierścieniem uszczelniającym. Wraz ze wzrostem składowanych odpadów obudowę studni podciąga się uzupełniając żwir w przestrzeni międzyrurowej. Górną część filtra stanowi nieperforowana rura zwana nadfiltrą. Do nadfiltrowej montuje się głowicę wyposażoną m.in. w zawór umożliwiający odbiór gazu. Króciec wylotowy zaworu łączy się elastycznym przewodem kompensacyjnym z rurociągiem instalacji do aktywnego odbioru gazu ze składowiska.



Odgazowanie poziome – kolektory horyzontalne

Inny sposób odbioru gazu ze składowiska odpadów komunalnych stanowi odgazowanie poziome. W tym celu powierzchnię składowiska dzieli się na sektory o powierzchni około 1 ha. W każdym sektorze, w odpadach na warstwie łatwo przepuszczalnej podsypki kompensacyjnej o grubości około 200 mm układa się rury odgazowujące. Rury z każdego sektora, doprowadzone są do stacji zbiorczej i układane ze spadkiem w sposób umożliwiający odbiór kondensatu. Taki system odgazowania jest preferowany w celu zabezpieczenia składowiska przed migracją gazu poza jego granice.

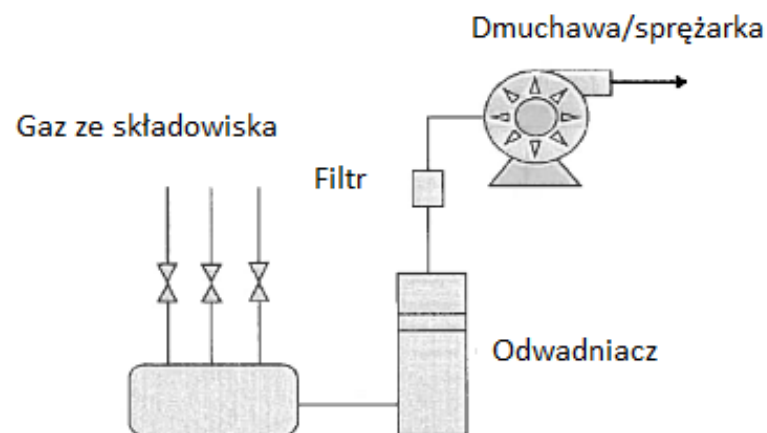


System odgazowania poziomego.

Stacja zbiorcza gazu

Stacja zbiorcza gazu powinna być wyposażona w następujące elementy:

- kolektory centralne do których podłączane są rurociągi odprowadzające gaz ze składowiska (fotografia 3);
- dmuchawy ssąco-tłoczące przeznaczone do odbioru gazu ze składowiska;
- filtry usuwające stałe zanieczyszczenia;
- odwadniacze;
- urządzenia do sterowania procesem odbioru i przesyłu gazu;
- aparaturę kontrolno-pomiarową.



Schemat stacji zbiorczej gazu składowiskowego (wariant podstawowy).



Zanieczyszczenia gazu składowiskowego i ich usuwanie

Bezpośrednie wykorzystanie pozyskanego „surowego gazu składowiskowego” jest utrudnione ze względu na obecne w nim zanieczyszczenia, do których należą: siarkowodór, organiczne związki krzemu (siloksany), para wodna etc.

Z powodu relatywnie wysokiego poziomu zanieczyszczeń gaz składowiskowy powinien zostać poddawany oczyszczaniu z uwzględnieniem następujących etapów:

Etap I

Oczyszczanie wstępne polegające na usunięciu stałych i ciekłych składników oraz osuszeniu gazu.

Etap II

Oczyszczanie zaawansowane:

- odsiarczanie;
- usunięcie organicznych związków krzemu (siloxanów);
- usunięcie innych gazowych zanieczyszczeń tj. węglowodorów, amoniaku.

Poszczególne etapy procesu oczyszczania gazu zależne są od warunków technicznych oraz ekonomicznych.



Metody przyspieszania procesów na składowiskach

- ✓ Recykulacja odcieków
- ✓ Napowietrzanie odpadów



Metody przyspieszania procesów na składowiskach

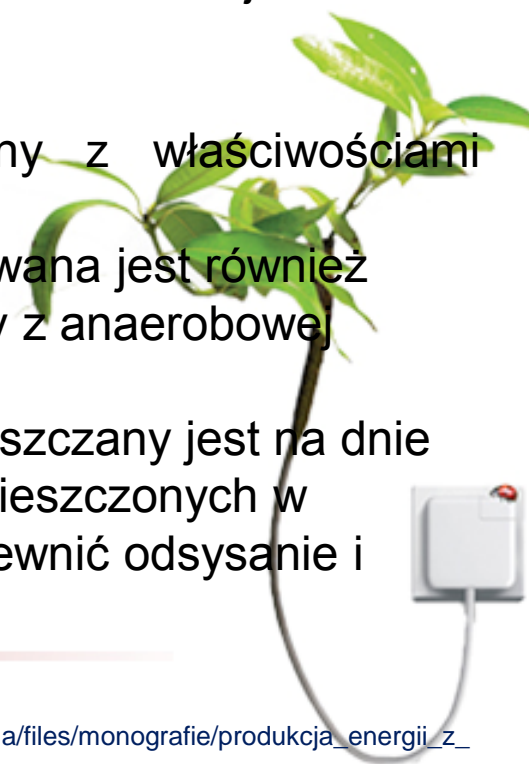
✓ Recyrkulacja odcieków

- Rozkład materii organicznej zawartej w odpadach jest prowadzony przez mikroorganizmy, dla których zawartość wody w odpadach jest ważnym czynnikiem środowiskowym.
- Średnia zawartość wilgoci w odpadach wynosi w przybliżeniu 30%. Według różnych autorów optymalna zawartość wilgoci w odpadach powinna być w zakresie od 50 do 70%.
- Zwiększenie zawartości wilgoci w odpadach można uzyskać poprzez system recyrkulacji odcieków.

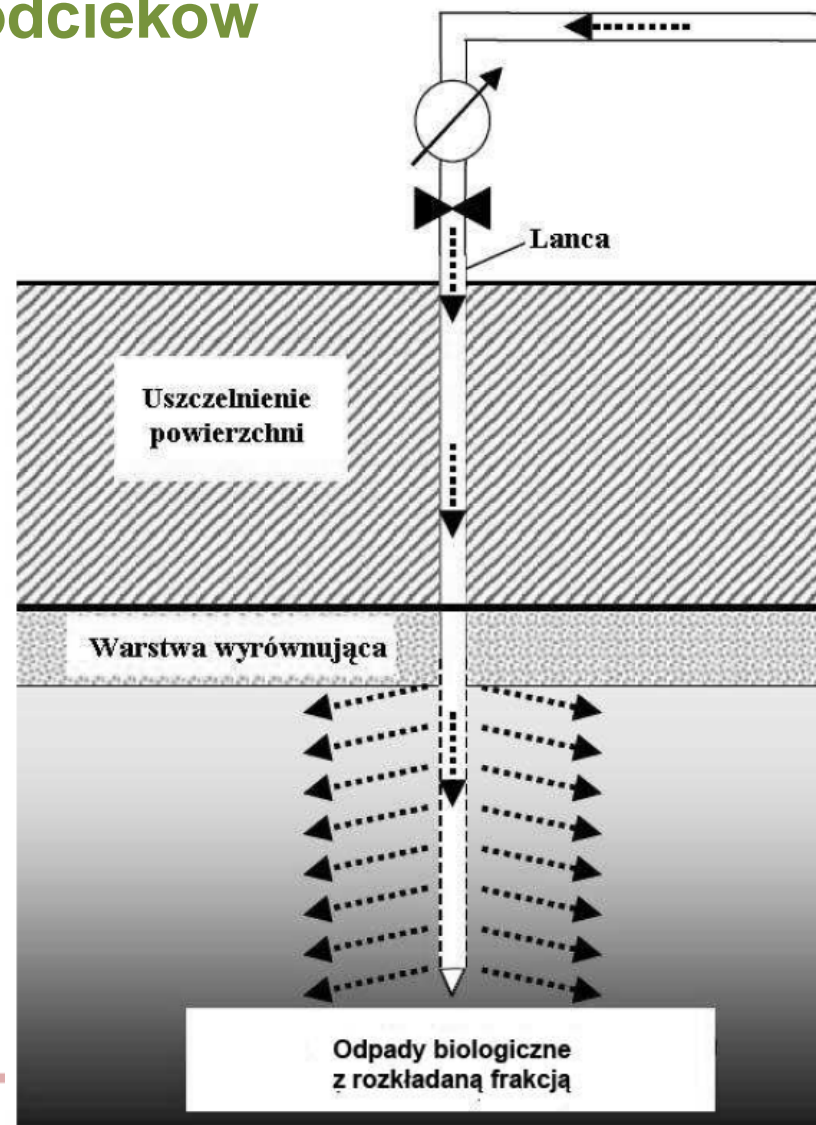
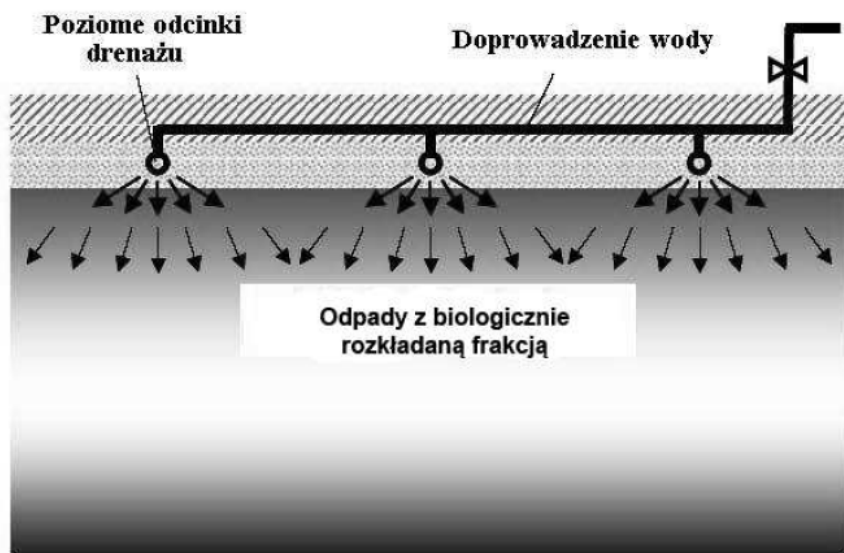


Recykulacja odcieków

- ✓ System ten składa się z czterech podstawowych elementów: systemu nawadniania, odbioru powstających odcieków, układu pomp oraz zbiornika.
- ✓ System rozprowadzania odcieków w odpadach może być zrealizowany poprzez układ pionowych lub poziomych perforowanych rur umieszczonych w górnej części składowiska. Oprócz wymienionych dwóch układów stosowane jest także rozdeszczowanie odcieków na powierzchni składowiska.
- ✓ Wybór układu do recykulacji odcieków jest związany z właściwościami hydraulicznymi odpadów.
- ✓ W systemie nawadniania odpadów, oprócz odcieków stosowana jest również woda, odcieki z procesów przemysłowych oraz osad ściekowy z anaerobowej komory fermentacyjnej.
- ✓ System obioru odcieków powstających w składowisku umieszczany jest na dnie składowiska i zbudowany z poziomych perforowanych rur, umieszczonych w warstwie przepuszczającej fazę ciekłą. System pomp ma zapewnić odsysanie i włączanie określonej ilości odcieków do składowiska.

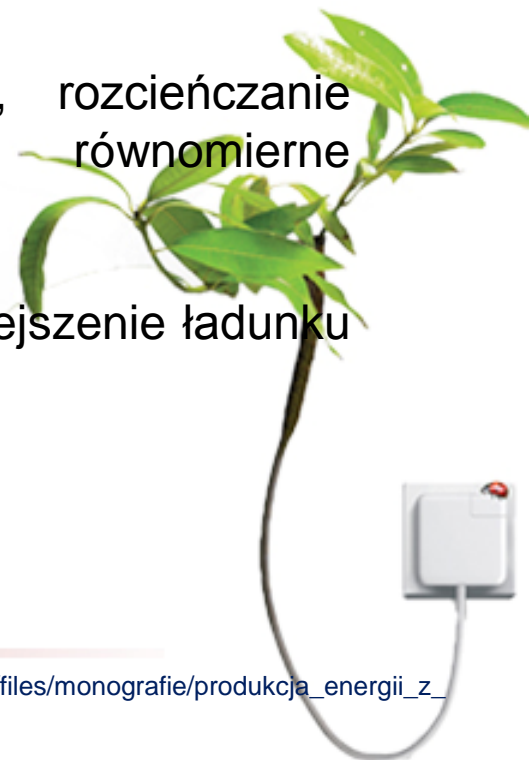


Recykulacja odcieków



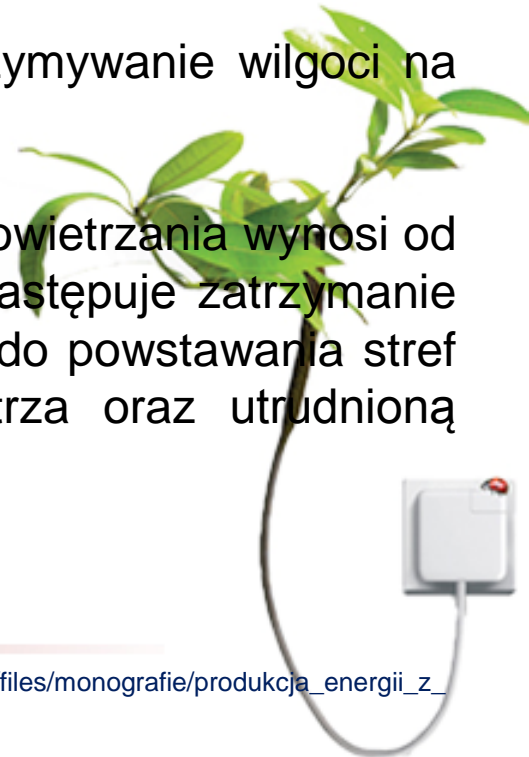
Zalety recyrkulacji odcieków

- ✓ Zintensyfikowanie procesów zachodzących w odpadach, a co za tym idzie zwiększenie szybkości produkcji biogazu oraz skrócenie długotrwałego niekorzystnego oddziaływania na środowisko po zamknięciu składowiska.
- ✓ Zwiększenie wilgotności odpadów, co powoduje również przepływ odcieków przez masę odpadów.
- ✓ Dystrybucja pożywek i enzymów, buforowanie pH, rozcieńczanie składników inhibitujących, produkcja metanu oraz równomierne rozprowadzanie mikroorganizmów wewnątrz odpadów.
- ✓ Zwiększenie odparowywania wody z odcieków oraz zmniejszenie ładunku zanieczyszczeń w odciekach.



Napowietrzanie odpadów

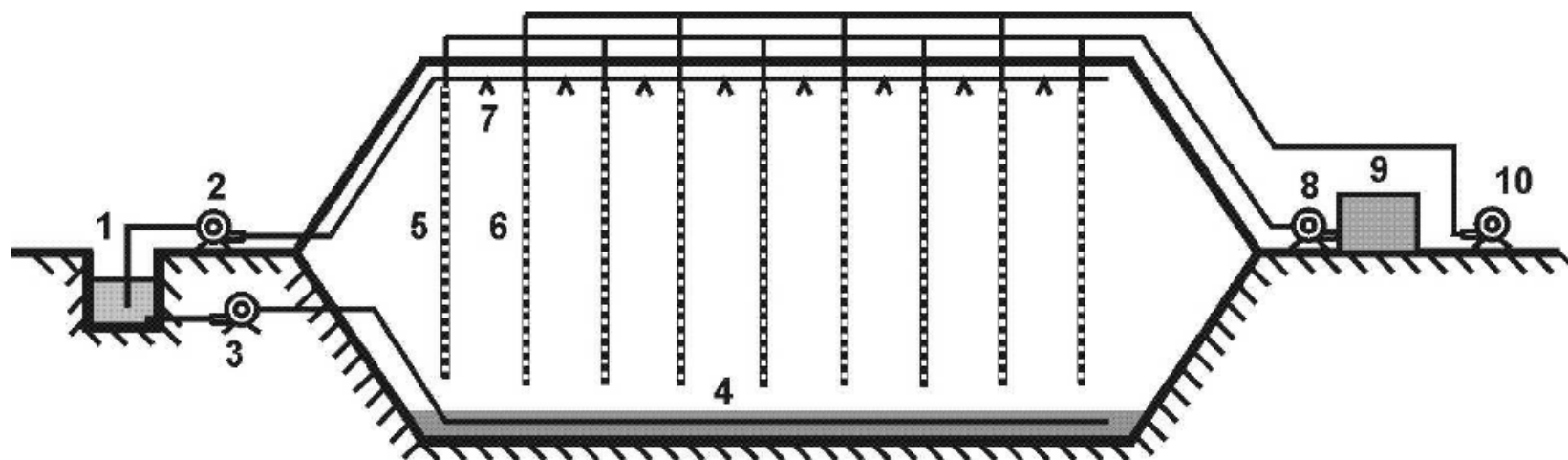
- ✓ Bardzo ważną metodą intensyfikującą procesy rozkładowe zachodzące w odpadach jest napowietrzanie. Wprowadzanie powietrza do odpadów powoduje uaktywnienie mikroorganizmów aerobowych, które szybciej rozkładają materię organiczną zawartą w odpadach niż mikroorganizmy anaerobowe.
- ✓ Podczas napowietrzania odpadów ważne jest również utrzymywanie wilgoci na odpowiednim poziomie.
- ✓ Optymalna zawartość wilgoci w odpadach podczas ich napowietrzania wynosi od **45 do 65%**. Gdy wilgotność odpadów spada poniżej 15% następuje zatrzymanie procesów biologicznych. Wilgotność powyżej 60% prowadzi do powstawania stref beztlenowych ze względu na utrudniony przepływ powietrza oraz utrudnioną dyfuzję tlenu.



Napowietrzanie odpadów

- ✓ System napowietrzania może być realizowany przez pionowe lub poziome umieszczenie w składowisku perforowanych rur. Poziomy system napowietrzania jest stosowany na składowiskach, które są w trakcie eksploatacji.
- ✓ Wtłaczanie powietrza do zamkniętego składowiska dokonuje się poprzez pionowy system napowietrzania.
- ✓ Powietrze wprowadzone do odpadów poprzez system perforowanych rur jest rozprowadzane w wyniku konwekcji i dyspersji.
- ✓ Podczas rozpoczynania napowietrzania istnieje możliwość powstania mieszaniny wybuchowej metanu z powietrzem.





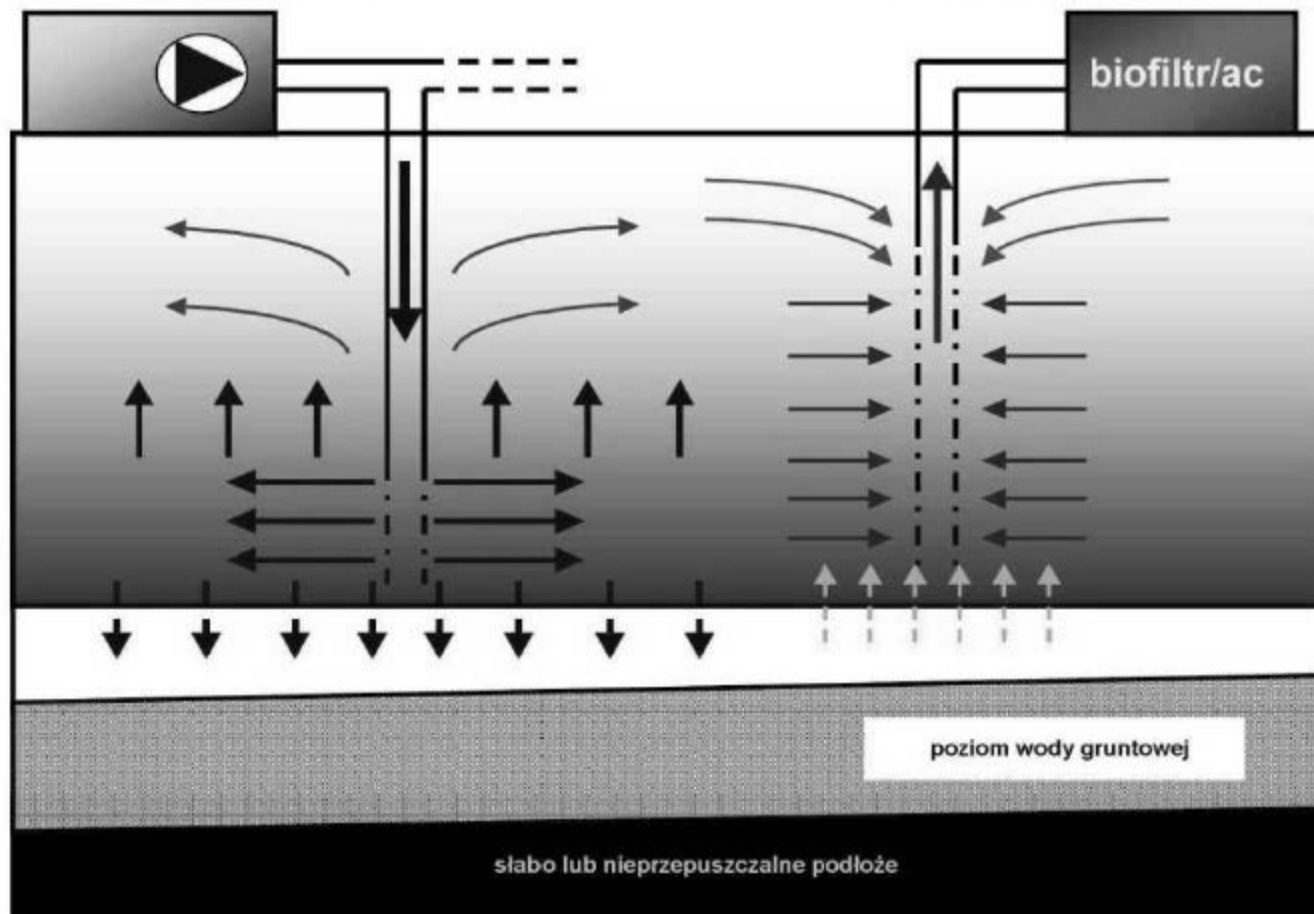
Składowisko odpadów komunalnych wyposażone w system napowietrzania i recykulacji odcieków

1 – zbiornik na odcieki, 2 i 3 – pompy odcieków, 4 – system drenażu umożliwiający odbiór odcieków, 5 – perforowane rury do odbioru powstającego gazu, 6 – perforowane rury do wprowadzania powietrza w odpady, 7 – system drenażu umożliwiający rozprowadzanie odcieków, 8 – pompa odsysająca na składowisku powstający gaz, 9 – biofiltr, 10 – wentylator wtlaczający powietrze do odpadów (opracowanie własne)



Urządzenie napowietrzające

Odsysanie i uzdatnianie gazów



Pionowy system napowietrzania odpadów

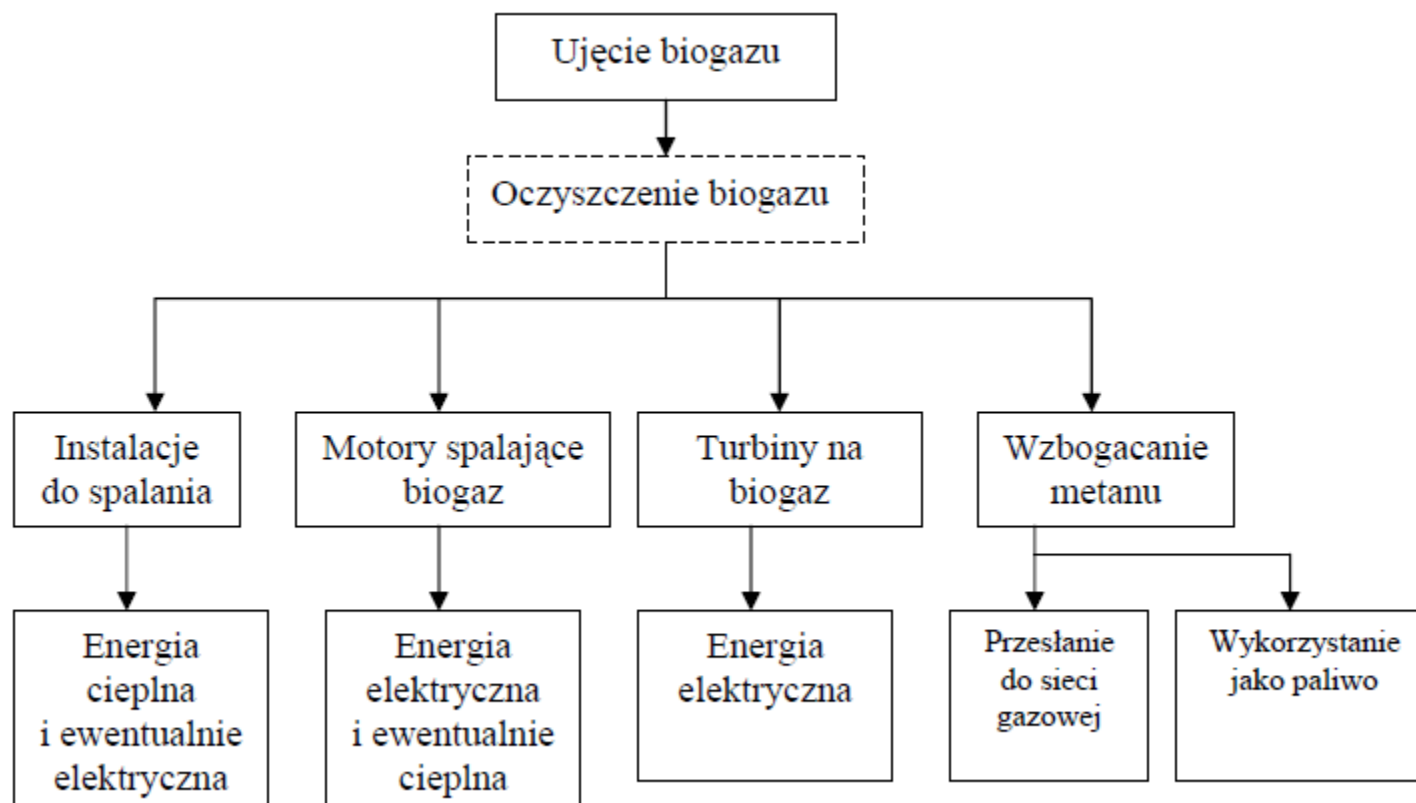


Zalety napowietrzania odpadów

- ✓ Napowietrzanie odpadów powoduje znaczną redukcję ładunku zanieczyszczeń w odciekach, przyspieszenie osiadania bryły odpadów, ograniczenie emisji metanu do atmosfery oraz odparowanie dużych ilości wody związanej ze wzrostem temperatury wewnątrz składowiska.
- ✓ Wzrost temperatury wewnątrz masy odpadów, wpływa na redukcję drobnoustrojów patogennych.
- ✓ W warunkach aerobowych produkowana jest także mniejsza ilość odorów niż w warunkach anaerobowych.
- ✓ Optymalna temperatura dla procesów aerobowych wynosi od 50 do 60°C
- ✓ Podczas napowietrzania odpadów bardzo ważne jest kontrolowanie temperatury, gdyż nadmierne podgrzanie odpadów może doprowadzić do pożaru.



Możliwości obróbki biogazu z jego wykorzystaniem



Składowisko odpadów w Gliwicach



Kontenery agregatów kogeneracyjnych



Budynki stacji transformatorowych i rozdzielni

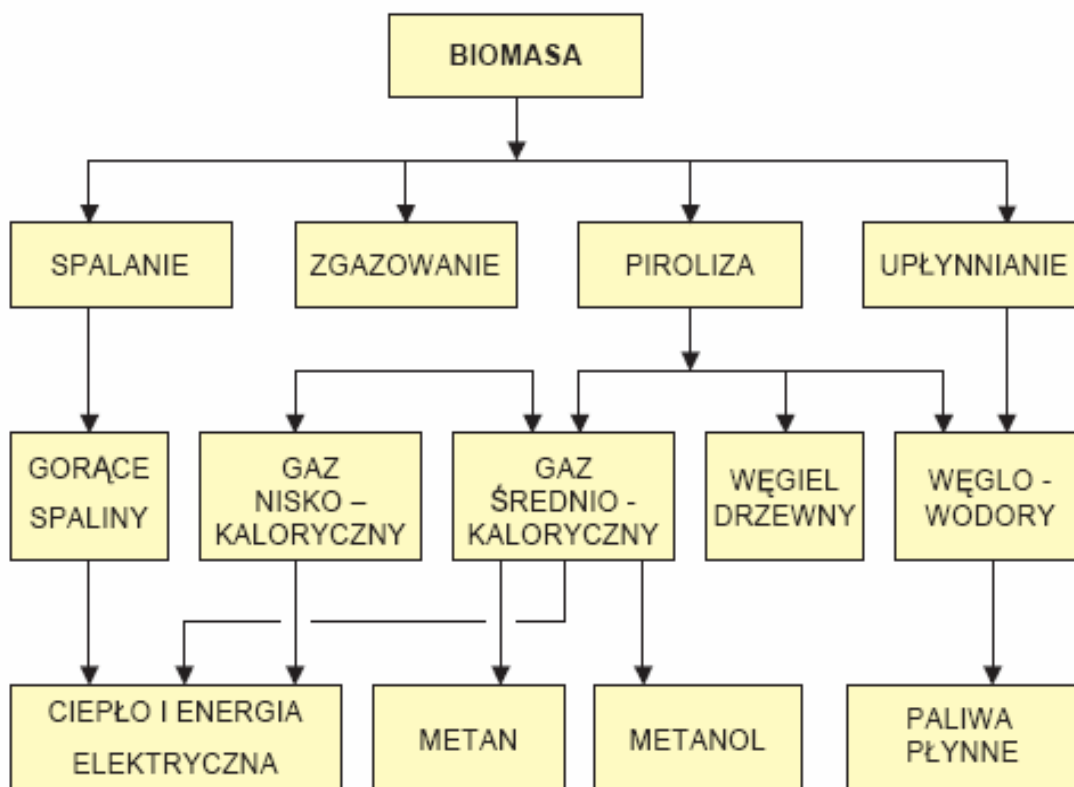


Silnik biogazowy

www.skladowiskogliwice.pl/spoty-reklamowe/spot-reklamowy-5.html

METODY POZYSKIWANIA ENERGII Z ODPADÓW

✓ METODY TERMICZNE



METODY POZYSKIWANIA ENERGII Z ODPADÓW

✓ METODY TERMICZNE

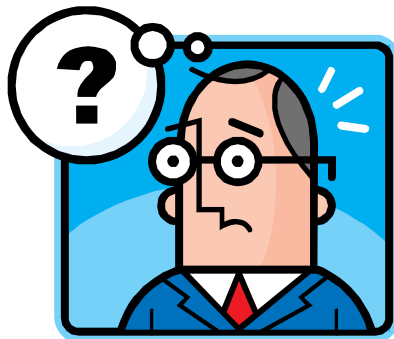
➤ spalanie



<http://www.energiadom.pl/kolejna-ekologiczna-inwestycja-w-szczecinie>
<http://www.strefabiznesu.gp24.pl/arttykul/srodowisko-szczecinska-spalarnia-odpadow>
<http://www.trojmiasto.pl/wiadomosci/Spalarnia-jednak-w-Szadolkach-Ruszaja-konsultacje-z-mieszkancami-n41526.html>

Nastawienie do spalarni w Polsce

N
I
M
B
Y



Nastawienie do spalarni w Polsce:

Not
In
My
Back
Yard

Wszędzie tylko nie na
moim podwórku !



Spalarnie odpadów w Polsce i w UE

Instalacje termicznego przekształcania odpadów komunalnych, zwane spalarniami odpadów, stanowią nieodłączny element nowoczesnych, zgodnych z prawem wspólnotowym i krajowym, systemów kompleksowego zagospodarowania odpadów komunalnych, szeroko stosowanych w krajach UE–15 i ciągle w niewielkim zakresie w nowych krajach członkowskich UE.

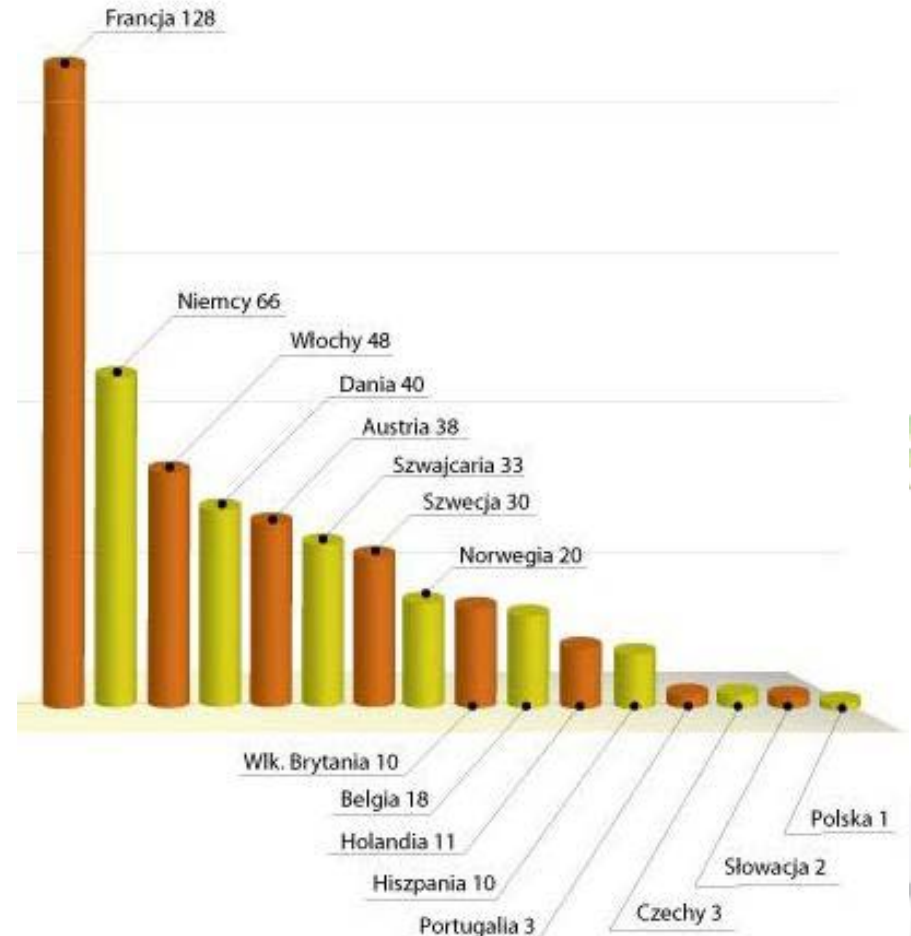
Ilość spalarni w Polsce – 1 (Warszawa, część ZUSOK –przetwarzającego rocznie około 120 tys. Mg/a odpadów komunalnych)

**Udział spalarni w krajowym systemie zagospodarowania odpadów –0,4 % (masowo)
(na granicy błędu statystycznego)**



Spalarnie odpadów w Polsce i w UE

UE–15 posiada obecnie
Około 400 spalarni odpadów

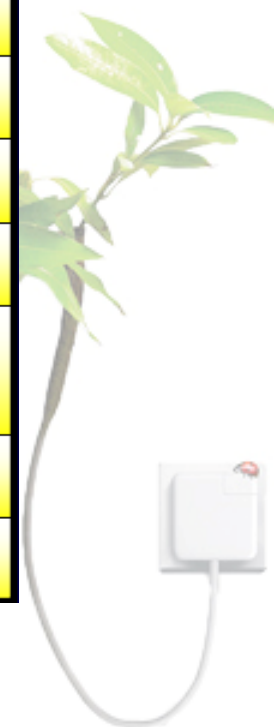


- ✓ Spalarnie odpadów komunalnych są niezbędne, szczególnie w systemach gospodarki odpadami dużych polskich miast i systemach regionalnych, aby w skali kraju zostały wypełnione przyjęte zobowiązania akcesyjne i ustawowo zapisane wymagania w zakresie redukcji odpadów ulegających biodegradacji, a także odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych, co wskazuje KPGO2014 i nowa ustawa, co udowadniają także setki spalarni w krajach UE-15.
- ✓ Spalarnie odpadów to cenne źródło energii, w tym energii odnawialnej, nie tylko z racji ich codziennego, niestety, odtwarzania, ale także w sensie prawnym.



INSTALACJE TERMICZNEGO PRZEKSZTAŁCANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH W NOWYCH KRAJACH UE

Kraj	Ilość spalarni odpadów o wydajności >3 Mg/h
Czechy (Praga, Brno i Liberec)	3 Brno – ok. 50 mln Euro z fund. ISPA
Bułgaria, Rumunia	0
Estonia	0
Litwa, Łotwa	0
Polska (Warszawa)	1
Słowacja (Bratysława, Trnawa)	2
Słowenia	1
Węgry (Budapeszt)	1 + 5 projektów

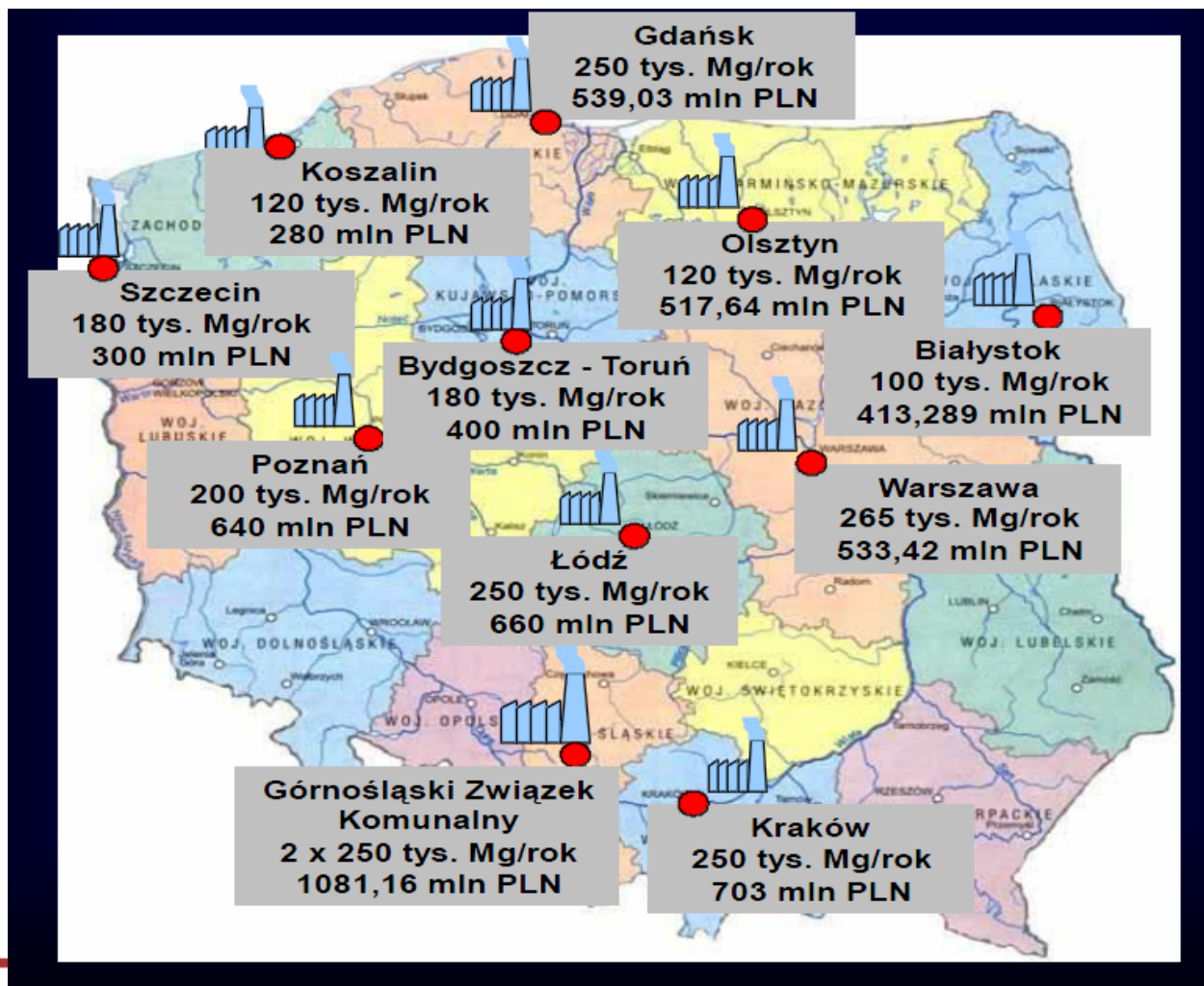


Dlaczego Polska potrzebuje spalarni ?

- ✓ bo posiada jeden z najbardziej prymitywnych w krajach UE system zagospodarowania odpadów komunalnych,
- ✓ bo nowa ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. 2011 nr 152, poz. 897) wymaga dokonania redukcji ilości składowanych odpadów ulegających biodegradacji (2010 –25%, 2013 –50%, 2020 –65%). **BEZ WYBUDOWANIA SPALARNI NIE BĘDZIE TO MOŻLIWE,**
- ✓ bo nowa ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. 2011 nr 152, poz. 897) wymaga budowy nowoczesnych, regionalnych systemów zagospodarowania odpadów,
- ✓ bo w szeregu miastach i regionach mamy już rozbudowane systemy selektywnej zbiórki i kompostowania. **NIE MAMY TAM JEDNAK ŻADNEJ SPALARNI ODPADÓW.**



Pierwotnie planowane projekty 2007-2009



PERSPEKTYWICZNE PROJEKTY BUDOWY SPALARNI 2014-2020

Lp.	Nazwa	Wydajność Mg/rok	Koszt proj. mln PLN	Dofinansow z UE mln PLN
PROJEKTY ITPOK DOFINANSOWANE Z UE				
1.	Białystok	120 000 (1)	532	332
2.	Bydgoszcz & Toruń	180 000 (2)	619	340
3.	Konin	94 000 (1)	312	155
4.	Kraków	220 000 (2)	605	371
5.	Poznań	240 000 (2)	650	352
6.	Szczecin	150 000 (2)	455	255
suma		1 004 000	3 173 000	1805 000 (57%)
PROJEKT ITPOK BEZ DOFINANSOWANIA Z UE				
1.	Warszawa	ok. 350 000	brak danych	nie dotyczy



AKCEPTACJA SPOŁECZNA

✓ Protesty i akceptacja społeczna spalarni odpadów są nadal podstawowym zagrożeniem dla rozwoju projektów spalarni w Polsce.

✓ Kampania PR –dyskusje z liderami, społecznością z terenów planowanych lokalizacji spalarni –TO PODSTAWA KAMPANII INFORMACYJNEJ



Fot. Marcin Onufryjuk / Agencja

Spalarnia odpadów komunalnych

- ✓ Przyjęcie odpadów,
- ✓ Magazynowanie odpadów,
- ✓ Załadunek odpadów,
- ✓ Ruszt,
- ✓ Komora spalania,
- ✓ Odzysk ciepła,
- ✓ Oczyszczanie spalin,
- ✓ Wtórne odpady ze spalarni,
- ✓ Kontrola procesu,
- ✓ Kontrola emisji zanieczyszczeń.



Przyjęcie odpadów



Co kilka minut do spalarni przyjeżdża śmieciarka i rozładowuje swoją zawartość do ogromnego zasobnika odpadów, zwanego „bunkrem” lub „fosą”. Jego objętość musi być duża, tak aby można było w nim zgromadzić zapas odpadów na 3 - 5 dni pracy spalarni. Spalarnia bowiem pracuje w systemie ciągłym, 24 godziny na dobę, przez ok. 300 - 320 dni w roku.

Bunkier na odpady tzw. „fosa”

Zasobnik na odpady („fosa”) posiada zamykane wrota załadownicze i system wentylacji wytwarzający lekkie podciśnienie, uniemożliwiający wydostawanie się zapachów na zewnątrz. Powietrze z „fosy” kierowane jest do procesu spalania.

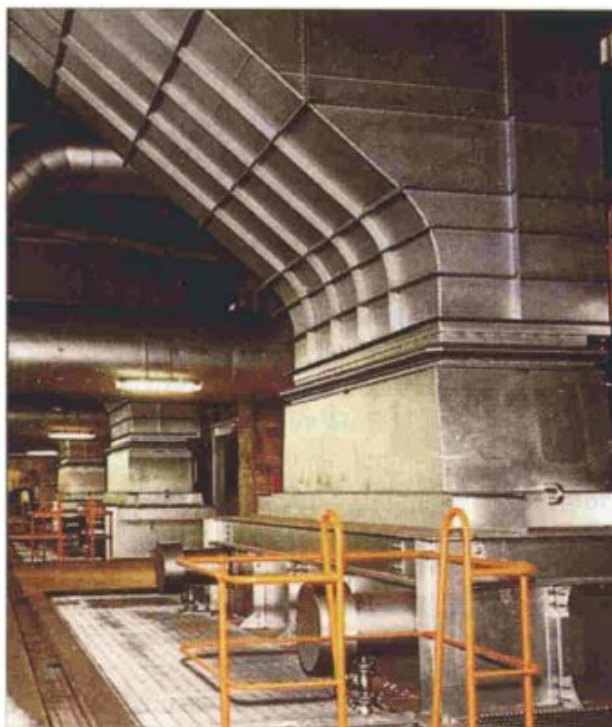
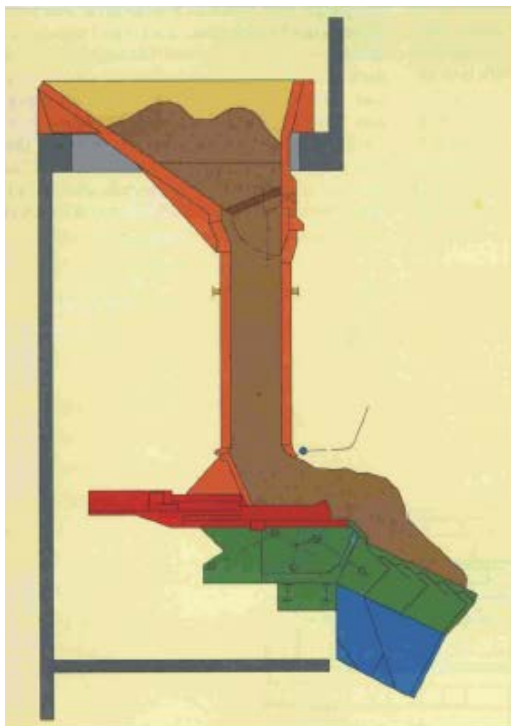
Odpady z „fosy” są ładowane za pomocą specjalnego chwytaka skorupowego do leja zasypowego odpadów.

Operator chwytaka ma za zadanie systematyczne przesypywanie odpadów w „fosie” z jednego miejsca na drugie, w celu ich wymieszania i ujednoczenia.



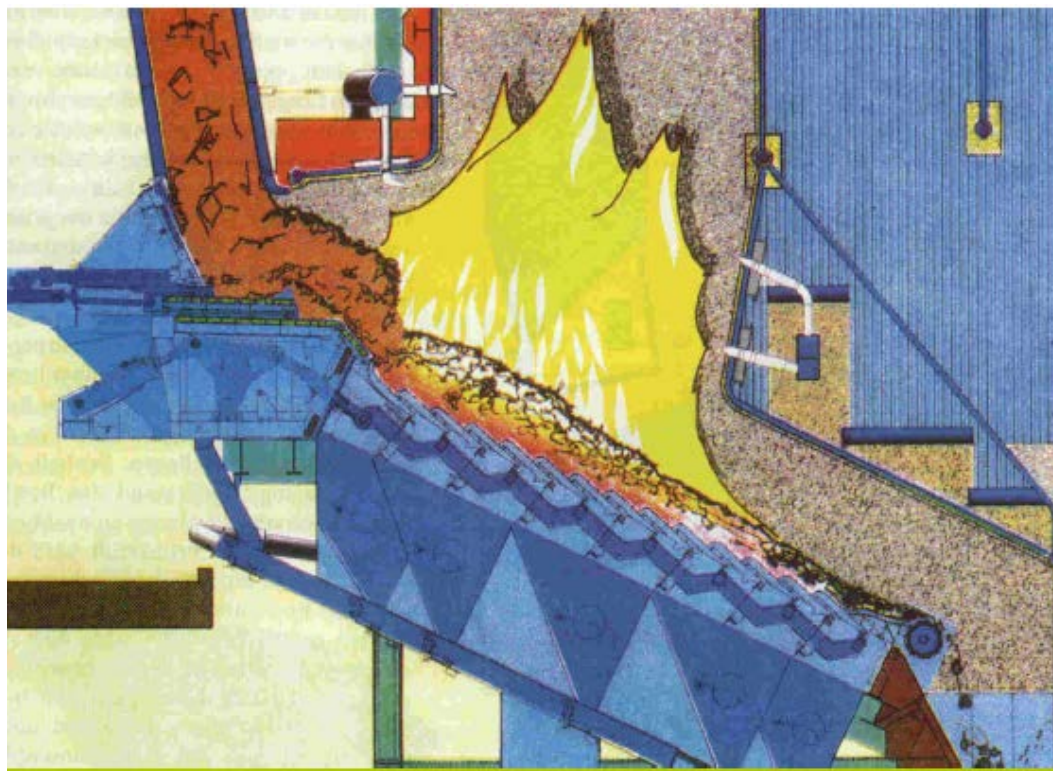


Załadunek odpadów do spalania



Operator chwytaka załadunku odpadów do lejów zasypowych kolejnych linii. Odpady te następnie poprzez lej zasypowy i system popychaczy hydraulicznych dostają się na ruszt.

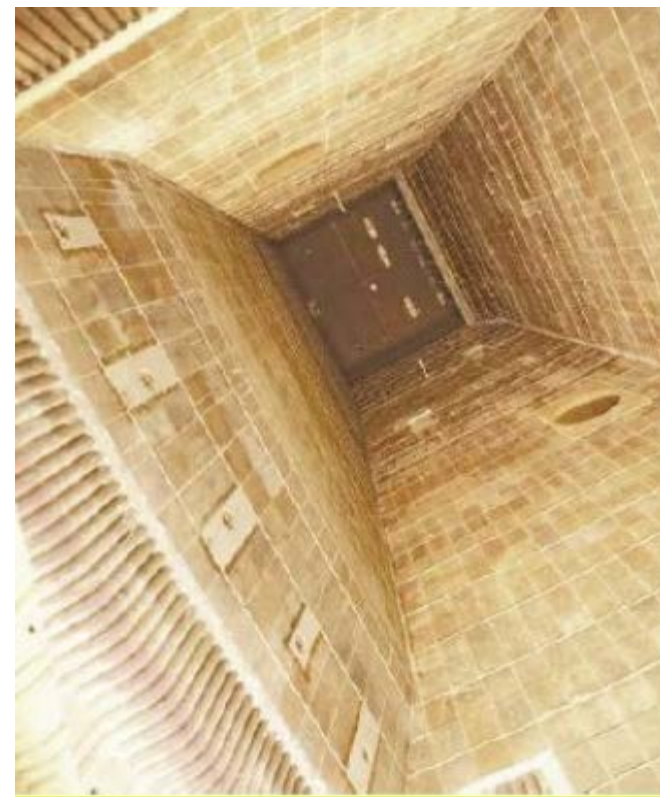
Spalanie na ruszcie



Odpady na ruszcie ulegają spalaniu, a nowoczesna technologia spalania zapewnia jak najmniejszą emisję zanieczyszczeń. Nazywamy to stosowaniem pierwotnych metod ograniczania emisji zanieczyszczeń.

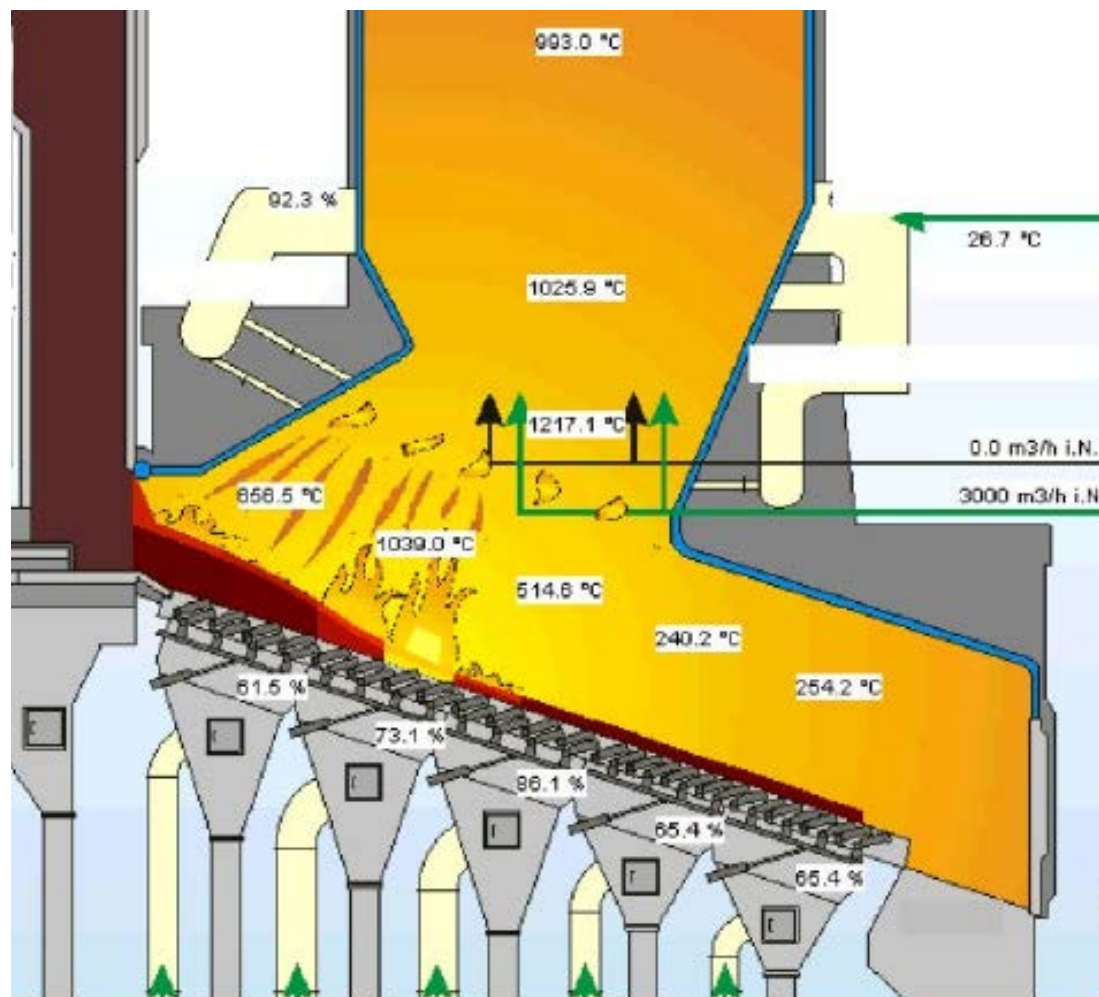
Komora spalania

Dalej powstałe spaliny kierowane są do kotła (wymiennika ciepła), w którym oddają swoje ciepło, w wyniku czego - identycznie jak w elektrowni czy elektrociepłowni - produkowana jest para. Para ta o temperaturze zazwyczaj ok. 400 °C i ciśnieniu ok. 40 bar kierowana jest do turbogeneratora produkującego energię elektryczną i dalej do systemu wymienników ciepła oddających ciepło do systemu ciepłowniczego miasta.



Dla spalarni o wydajności ok. 250 000 Mg/rok ilość wyprodukowanej energii elektrycznej jest wystarczająca dla 25 000 gospodarstw domowych, a ilość ciepła wystarcza do ogrzania 50 000 gospodarstw domowych. Spalarnia jest więc elementem systemu ciepłowniczego miasta.

Temperatura na ruszcie



Oczyszczanie spalin

- ✓ Spaliny z procesu spalania są oczyszczane w specjalnym, wielostopniowym systemie oczyszczania spalin.
- ✓ Średnia skuteczność usuwania zanieczyszczeń ze spalin wynosi ok. 99 %.
- ✓ Emisja zanieczyszczeń ze spalarni odpadów podlega identycznym ograniczeniom we wszystkich krajach Unii Europejskiej, gdyż wszystkich członków UE obowiązuje ta sama dyrektywa 2000/76/WE regulująca wymagania prawne i techniczne dla procesu spalania odpadów.
- ✓ Są one bardzo rygorystyczne, a dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w spalinach są znacznie niższe niż w przypadku nawet największych i najnowocześniejszych elektrowni czy elektrociepłowni.
- ✓ Czystość spalin jest w sposób ciągły kontrolowana przez automatyczne systemy monitoringu, który dodatkowo rejestruje w pamięci komputera parametry emisji, tak że kontrola przestrzegania przepisów jest możliwa w dowolnym okresie i w dowolnej chwili.

Odpady wtórne

- ✓ W procesie spalania odpadów komunalnych powstają tzw. odpady wtórne. Są to: żużel i popiół (20-25 % masy początkowej spalanych odpadów), pyły i produkty oczyszczania spalin (ok. 5-10 % początkowej masy odpadów).
- ✓ Żużle i popioły w większości krajów Unii Europejskiej wykorzystywane są jako kruszywo budowlane (podsypka) przy budowie dróg, natomiast pyły i produkty oczyszczania spalin kierowane są na składowisko odpadów niebezpiecznych, lub poddawane stabilizacji (cementowaniu w bloczki) i kierowane na składowisko odpadów obojętnych.



Odpady wtórne

Rodzaj odpadu	Przeznaczenie
Żużel i popiół paleniskowy	budowa dróg i elementów budowlanych
Popioły lotne	odpad niebezpieczny - izolowane składowisko odpadów niebezpiecznych
Pył z odpylania	
Placek filtracyjny	
Zużyty węgiel aktywny	spalenie w spalarni odpadów
Odzyskany złom	odzysk w hucie

Ciepło ze spalania odpadów

Z 1 Mg odpadów komunalnych uzyskuje się średnio:

- 0,396 MWh energii elektrycznej (1,426 GJ);
- 6,600 GJ energii cieplnej (1,786 MWh).

Spalarnie odpadów zapewniają ogrzewanie.



Zanieczyszczenia powstające podczas procesu spalania:

- ✓ Tlenek i dwutlenek węgla (CO i CO₂);
- ✓ Pył (z zawartością metali ciężkich – szczególnie Hg, Cd, Tl, As, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Sb, Zn,);
- ✓ Związki siarki (SO₂, SO₃, H₂S);
- ✓ Tlenki azotu (NO, NO₂, N₂O, N₂O₃);
- ✓ Chlorowodór i fluorowodór (HCL i HF);
- ✓ Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA);
- ✓ Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny i polichlorowane dibenzofurany (PCDD/Fs);
- ✓ Związki organiczne będące produktami częściowego rozkładu termicznego substancji.

Ograniczanie emisji zanieczyszczeń podczas spalania odpadów

- ✓ Metody pierwotne
Ingerencja w proces technologiczny termicznego przekształcania odpadów (spalania) i stworzenie takich warunków jego przebiegu, by ilość powstających zanieczyszczeń była możliwie najmniejsza.
- ✓ Metody wtórne
Usuwanie zanieczyszczeń metodami fizycznymi, chemicznymi i fizykochemicznymi z gazów odlotowych.



Ograniczanie emisji zanieczyszczeń – metody pierwotne

- ✓ Dobre warunki procesu spalania (niskie stężenie tlenku węgla),
- ✓ Temperatura w procesie spalania, jej wartość i rozkład temperatur w instalacji spalania,
- ✓ Duże szybkości przepływu spalin, wysoka turbulencja przepływu,
- ✓ Recyrkulacja spalin,
- ✓ Odpowiedni poziom natlenienia strefy spalania.



Oczyszczanie gazów odlotowych – metody wtórne

- ✓ Odpylanie:
 - usuwanie pyłu,
 - usuwanie metali ciężkich,
 - usuwanie zaadsorbowanych substancji organicznych,

- ✓ Usuwanie gazów kwaśnych:
 - związków siarki,
 - chlorowodoru i fluorowodoru,

- ✓ Usuwanie tlenków azotu,

- ✓ Usuwanie zanieczyszczeń organicznych i lotnych metali ciężkich.



Oczyszczanie gazów odlotowych – metody wtórne

- ✓ Odpylanie:
 - Elektrofiltr,
 - Filtr tkaninowy.
- ✓ Usuwanie gazów kwaśnych:
 - Metoda mokra,
 - Metoda półsucha,
 - Metoda sucha.
- ✓ Usuwanie tlenków azotu:
 - SCR (katalityczna redukcja),
 - SNCR (niekatalityczna redukcja).
- ✓ Usuwanie zanieczyszczeń organicznych i lotnych metali ciężkich:
 - adsorpcja na węglu aktywnym.





Stężenia zanieczyszczeń w gazie surowym i oczyszczonym [mg/m³]

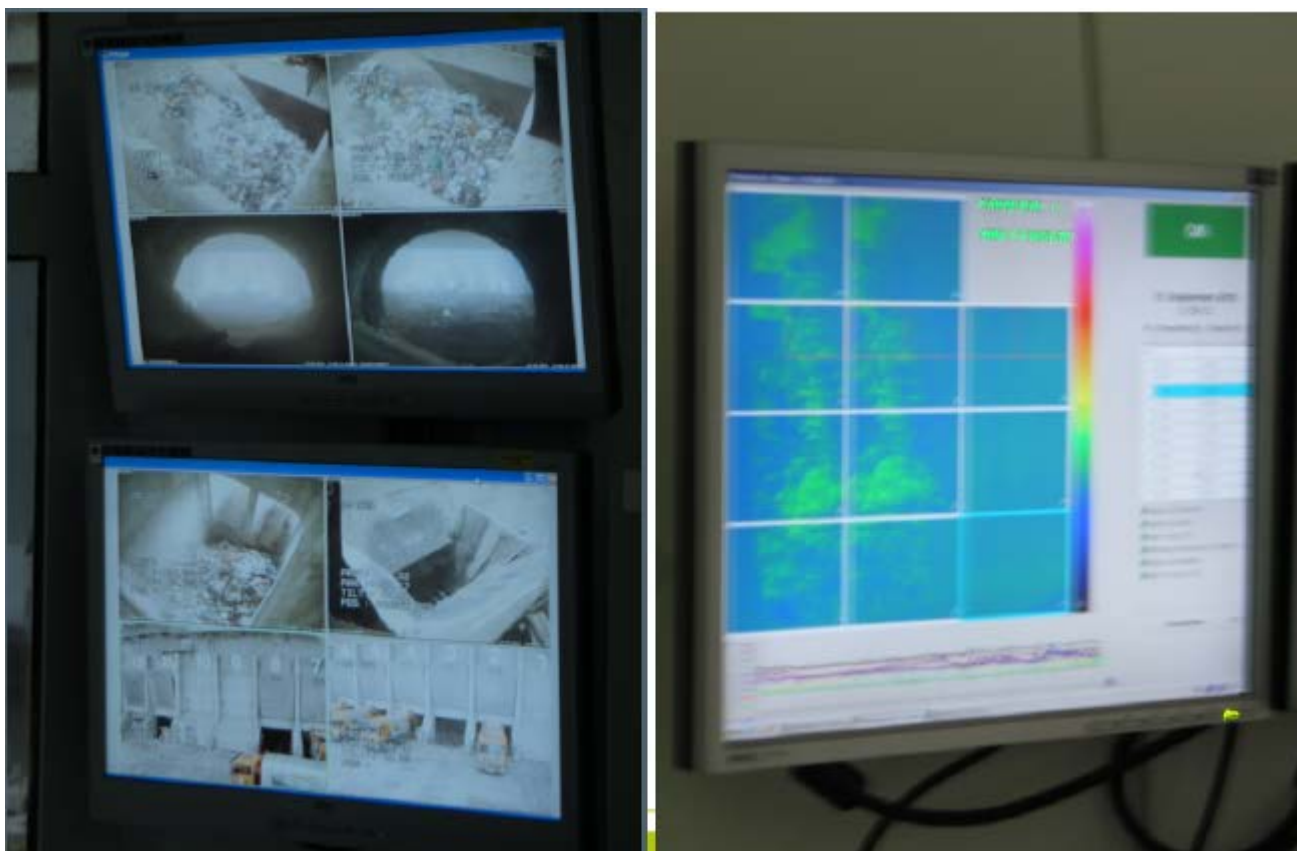
Zanieczyszczenie	Gaz nieoczyszczony	Gaz oczyszczony	Stopień oczyszczenia [%]	Wymagania
Pył	4700	3	99,94	10
Dwutlenek siarki (SO ₂)	1500	5	99,67	50
Tlenki azotu (jako NO ₂)	500	30	94,00	200
Chlorowodór (HCl)	1060	1.5	99,86	10
Fluorowodór (HF)	100	0.04	99,96	1
Substancje organiczne (jako TOC)	20	1.0	95,00	20
Rtęć (Hg)	1.0	0.01	99,00	0.05
Kadm + Tal (Cd + Tl)	1.0	0.0045	99,55	0.05
Pozostałe metale ciężkie	31	0.22	99,29	0.5
PCDD/PCDF [ng TEQ/m ³]	15	0.01	99,93	0.1

Kolumny absorpcyjne w układach oczyszczania spalin

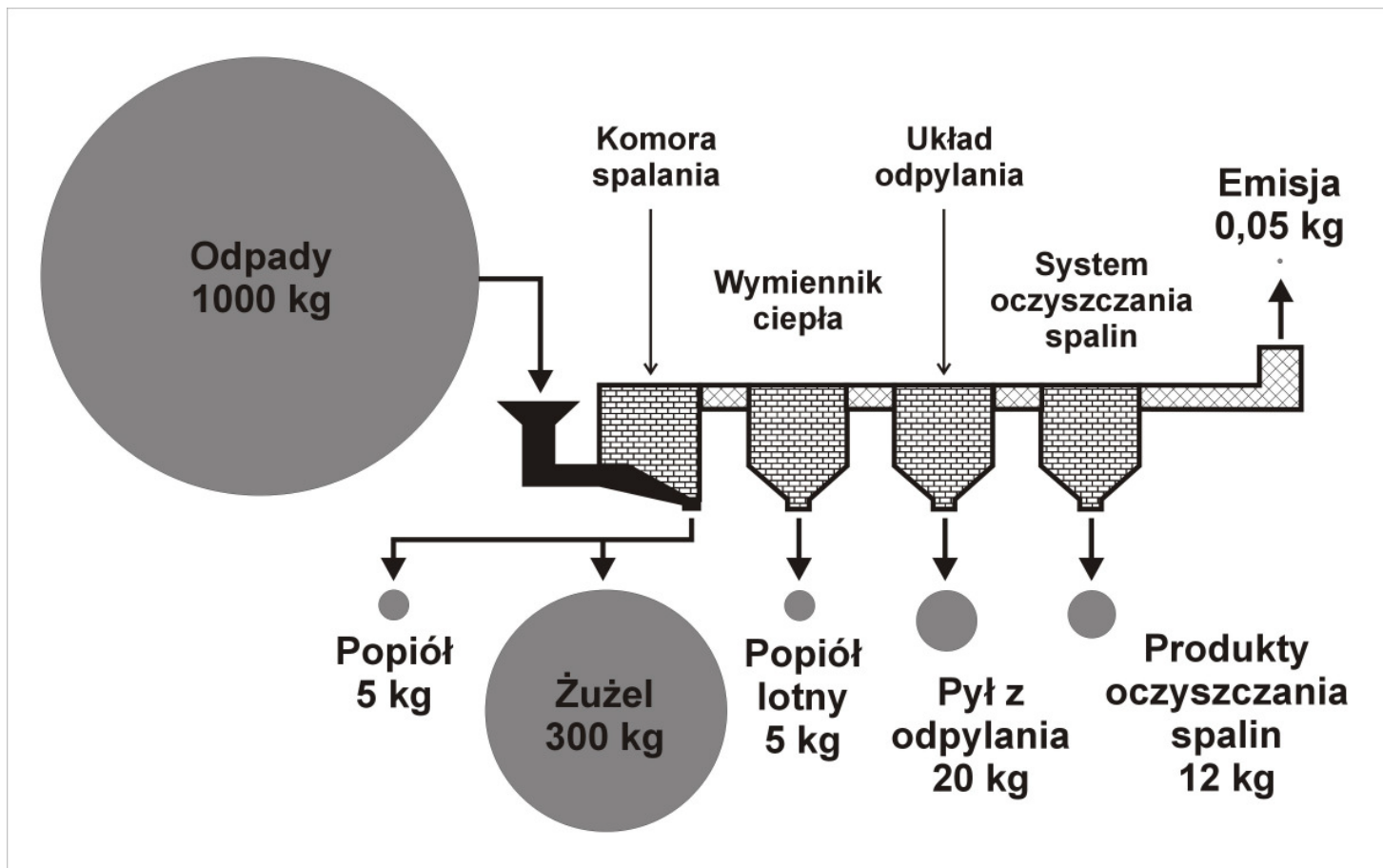




Kontrola procesu i emisji zanieczyszczeń



Bilans masy spalarni odpadów komunalnych



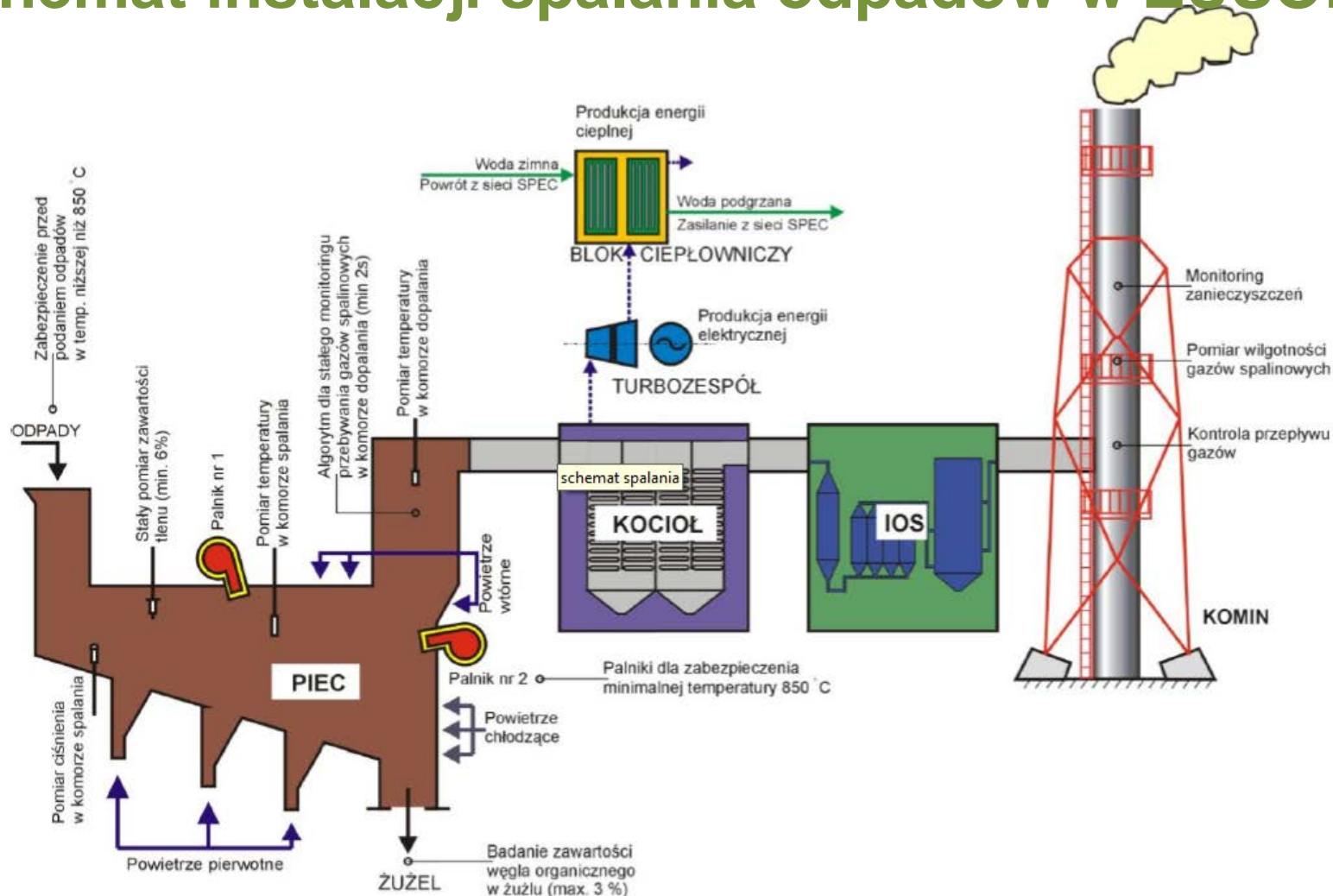
ZUSOK - Zakład Unieszkodliwiania Stałych Odpadów Komunalnych

Parametry technologiczne pieca KRUGERA

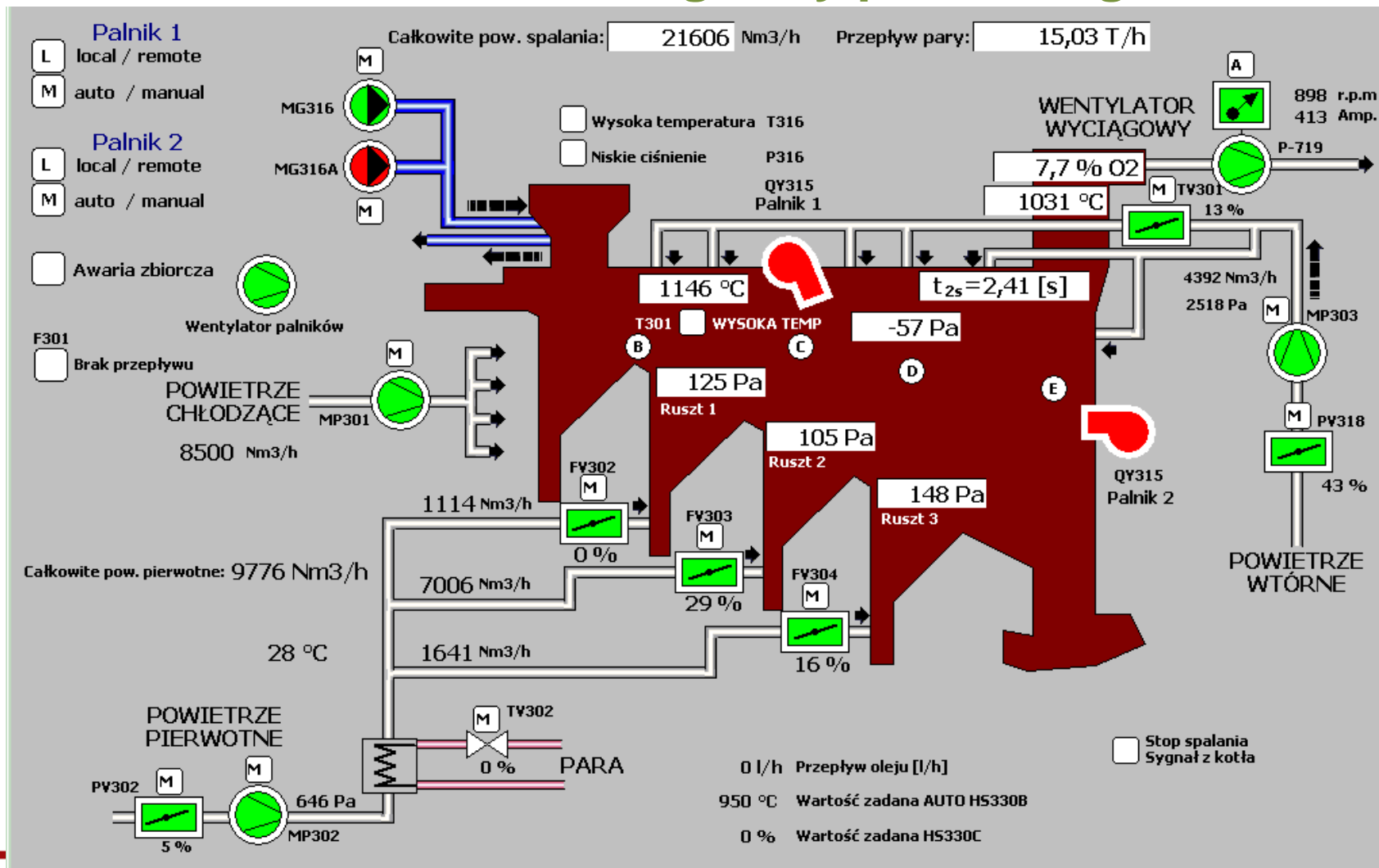
- ✓ piec z rusztem posuwisto-zwrotnym czas spalania 30 –120 min;
- ✓ temperatura spalania odpadów 850°C –1150°C;
- ✓ zawartość tlenu O₂ 6 –11 %;
- ✓ czas przebywania spalin w komorze dopalania min 2 s.;
- ✓ ilość spalanych sortowanych odpadów ok. 130 t/d;
- ✓ ilość powstałego żużla ok. 26 t/d;



Schemat instalacji spalania odpadów w ZUSOK



Schemat technologiczny pieca Krugera



Oczyszczanie spalin

ETAP I

- ✓ zmniejszenie ilości tlenków azotu na drodze niekatalitycznej redukcji NO_x

Odparowana woda amoniakalna po zmieszaniu z podgrzany powietrzem wdmuchiwana jest do przestrzeni kotła w zakresie temperatur 850 do 950°C, w skutek czego następuje rozpad tlenków azotu na elementarny azot i parę wodną, bez żadnych produktów ubocznych



Oczyszczanie spalin

ETAP II



✓ **Usuwanie zanieczyszczeń kwaśnych z gazów spalinowych (tj. SO_2 , SO_3 , HCl , HF), pyłów oraz części metali ciężkich.**

Spaliny z kotła wprowadzane są do absorbera, gdzie następuje schłodzenie do temperatury ok. 140°C . Następnie do kolektora spalin za absorberem podawany jest (świeży) suchy wodorotlenek wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$, który reagując ze spalinami tworzy substancje stałe, które separowane są ze strumienia spalin na filtrach workowych.

Oczyszczanie spalin

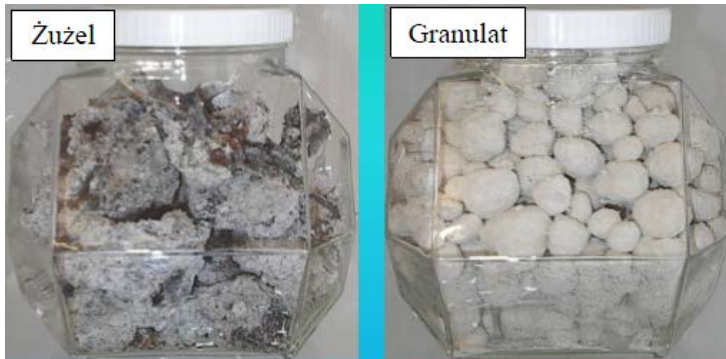
ETAP III



✓ **Usuwanie zanieczyszczeń z gazów spalinowych (tj. metale ciężkie, dioksyny i furany, pozostałe związki organiczne).**

Proces ten zachodzi w adsorberze przeciwprądowym WKV działającym na zasadzie adsorpcji na węglu aktywnym. Przeciwprądowo poruszające się złożo adsorbentu w stosunku do przepływu spalin, pozwala na najlepsze z możliwych oczyszczanie spalin przy jednoczesnym minimalnym zużyciu węgla aktywnego.

Zestalanie żużli i popiołów



Z uwagi na uregulowania prawne dotyczące zagospodarowania odpadów ZUSOK zobowiązany jest do przetworzenia odpadów powstających w procesie spalania i oczyszczania spalin (tj. żużel, popiół i pył pofiltracyjny) na takie odpady, aby ich składowanie nie powodowało zanieczyszczenia środowiska.

Wybrano technologię GEODUR polegającą na zestaleniu w/w odpadów przy użyciu:

- środka wiążącego GEODUR, którego koncentrat jest mieszaniną substancji nieorganicznych i organicznych monomerów oraz polimerów, aktywnych powierzchniowo,
- spoiwa hydraulicznego – w tym przypadku cementu

Produkcja energii elektrycznej

ETAP I



✓ Parametry technologiczne kotła

- typ: kocioł odzysknicowy,
- wydajność nominalna 15 t/h,
- temperatura pary przegrzanej 380°C,
- nominalne ciśnienie pary przegrzanej 3,8 MPa,
- sprawność kotła 74,5 %.



Produkcja energii elektrycznej

ETAP II

✓ Turbozespół

- turbina kondensacyjna parowa,
- przekładnia zębata,
- generator.

Rocznie jest wytwarzanych ok. 10 000 MWh energii.



Produkcja energii cieplnej

✓ Blok ciepłowniczy

➤ dwa wymienniki ciepła 10 MW każdy (jeden rezerwowo).

Rocznie wytwarza ok. 240 000 GJ energii cieplnej.



Monitoring spalin w ZUSOK

- ✓ ciągły monitoring gazów spalinowych pod względem zanieczyszczeń: HCl, SO₂, NO_x, CO, TOC, zapylenie spalin (analiza metodą fotometryczną);
- ✓ pomiary okresowe gazów spalinowych pod względem zanieczyszczeń: metale ciężkie, dioksyny i furany (analiza wykonywana przez laboratorium zewnętrzne).



Informacje podsumowujące o ZUSOK

Przerób odpadów komunalnych - około 70 000 Mg/rok

- ✓ Spalanie około: 40 000 Mg/rok,
- ✓ Produkcja energii elektrycznej: około 10 000 MWh/rok,
- ✓ Produkcja energii cieplnej: około 240 000 GJ/rok,
- ✓ Powierzchnia nieruchomości: 60 900 m²,
- ✓ Powierzchnia użytkowa: 15 000 m²,
- ✓ Kubatura obiektów: 210 000 m³,
- ✓ Czas pracy: 7 500 h/rok.

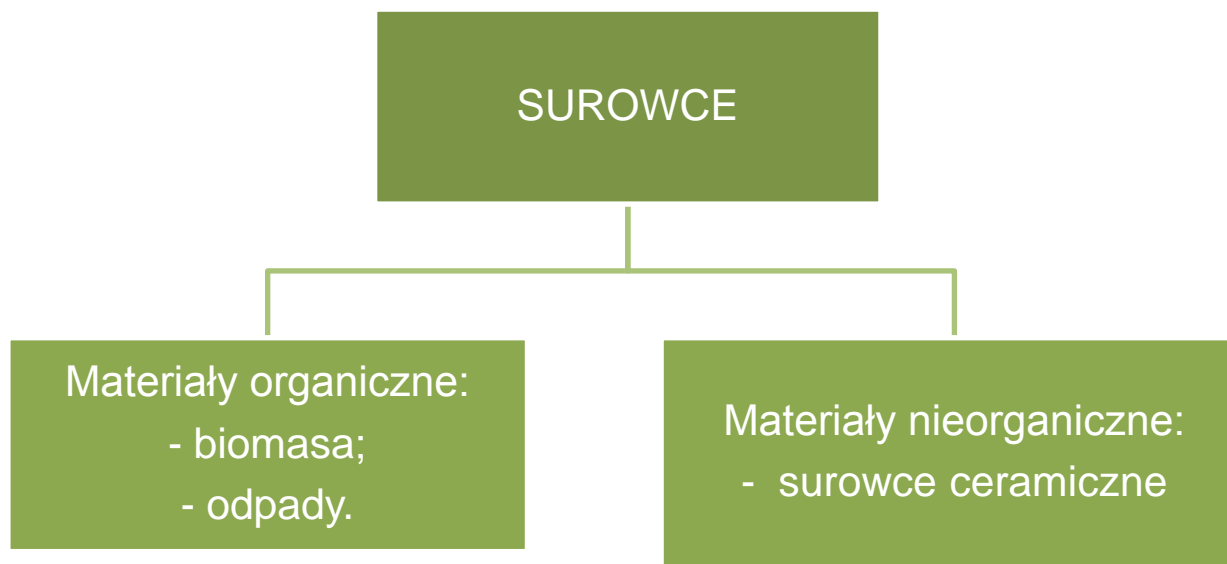




METODY POZYSKIWANIA ENERGII Z ODPADÓW

➤ piroliza

Piroliza – rozkład cząsteczek związku chemicznego pod wpływem podwyższonej temperatury bez obecności tlenu lub innego czynnika utleniającego. Zazwyczaj w czasie procesu pirolizy następuje rozkład złożonych związków chemicznych do związków o mniejszej masie cząsteczkowej.



CEL PIROLIZY

Przetwarzanie surowców do użytecznych form energii

Recykling surowcowy

Wytwarzanie półproduktów będących surowcami do dalszego wykorzystania

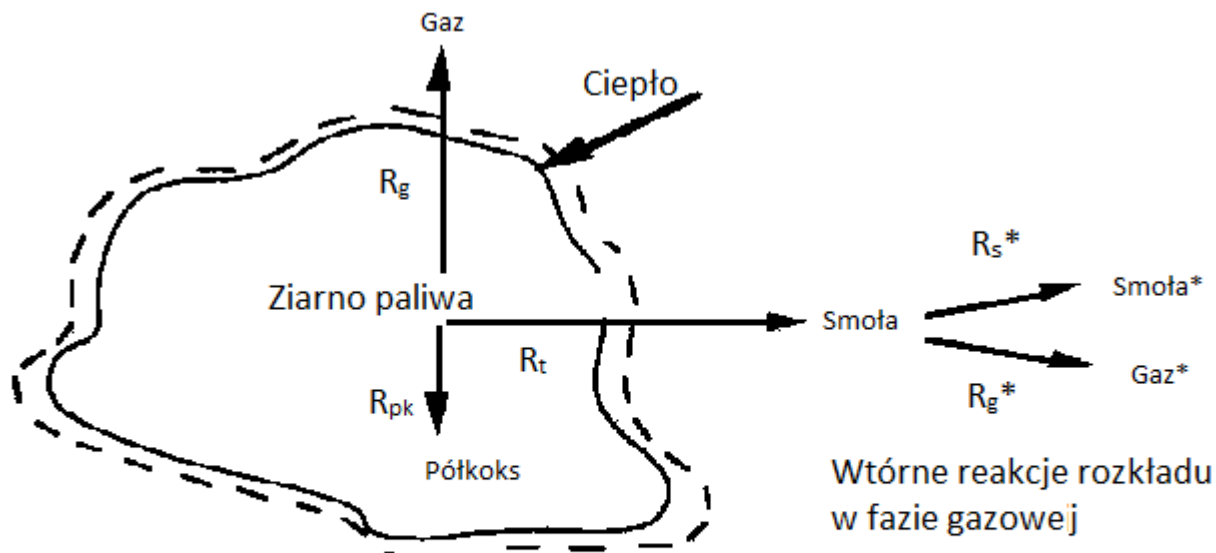
http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf



http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf



Przebieg procesu pirolizy



Pierwotne reakcje rozkładu termicznego

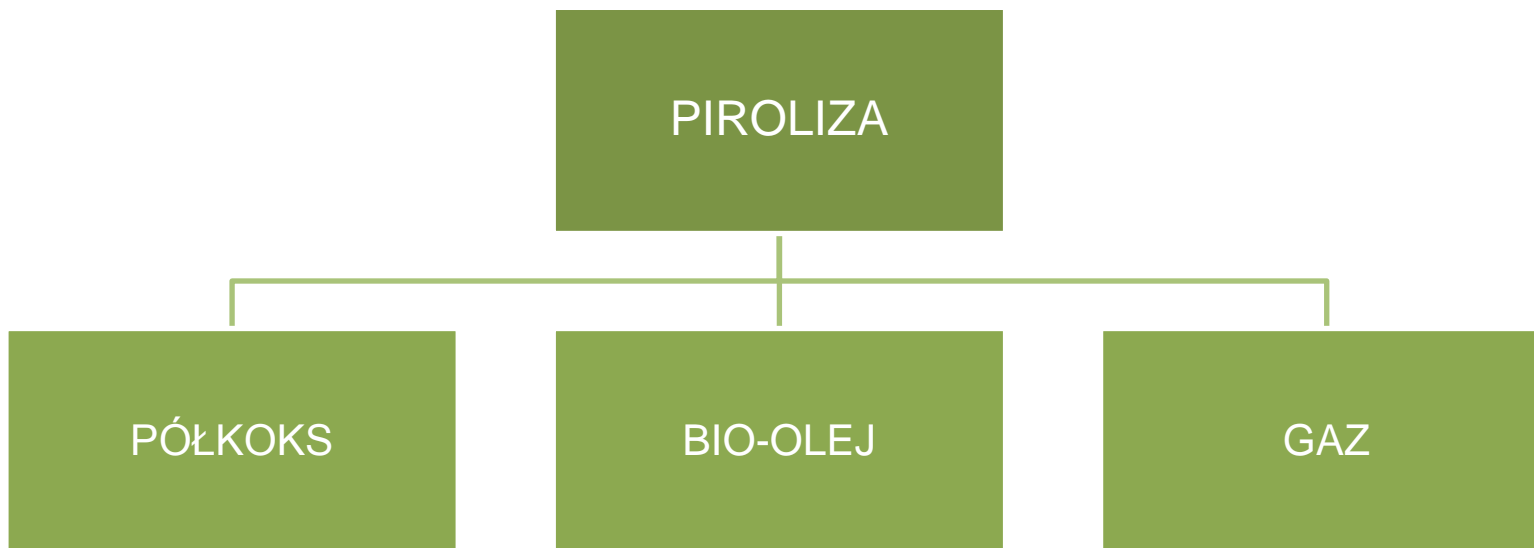
http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf





WARUNKI PROCESU	KONWENCJONALNA PIROLIZA	SZYBKA PIROLIZA	BŁYSKAWICZNA PIROLIZA
Temperatura [°C]	300-700	600-1000	800-1000
Szybkość nagrzewania [°C/s]	0,1-1	10-200	≥ 1000
Czas przebywania w temperaturze końcowej [s]	600-6000	0,5-5	< 0,5
Rozmiar cząstek [mm]	5-50	<1	pył

http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf



Wolna piroliza;
Wydajność do 35%

Szybka piroliza;
Wydajność do 80%

Błyskawiczna piroliza;
Wydajność do 80%

http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf



PIROLIZA WOLNA

W wolnej pirolizie substancja organiczna ogrzewana jest do temperatury ok. 500°C z szybkością od kilku do kilkudziesięciu stopni na minutę. Lotne produkty procesu wydzielają się stopniowo co powoduje, że składniki gazów reagują z innymi składnikami stałej pozostałości, czy oleju pirolitycznego. Powstałe pary są w sposób ciągły odprowadzane i formowane do oleju. Proces pirolizy może trwać kilka minut lub nawet kilkanaście godzin.



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Charcoal_retorts_cm01.jpg



PIROLIZA SZYBKA

Substancja organiczna rozkłada się do par, aerozoli i stałej pozostałości. Pary i aerozole po ochłodzeniu i kondensacji tworzą ciemno-brązową ciecz. W zależności od rodzaju użytego wsadu, powstaje 60-70% mas. ciekłego bio-oleju, 15-25% mas. stałej pozostałości i 10-20% nie skroplonych gazów. Szybkie ogrzewanie i szybkie chłodzenie powoduje powstawanie z wysokocząsteczkowych gazów podstawowego produktu: bio-oleju. W wyższej temperaturze głównym produktem jest gaz. Krótki czas reakcji minimalizuje tworzenie stałej pozostałości. Wytwarzany w szybkiej pirolizie olej stanowi produkt przeznaczony do dalszej przeróbki, a stała pozostałość i gazy są zwracane do procesu i wykorzystywane jako paliwo

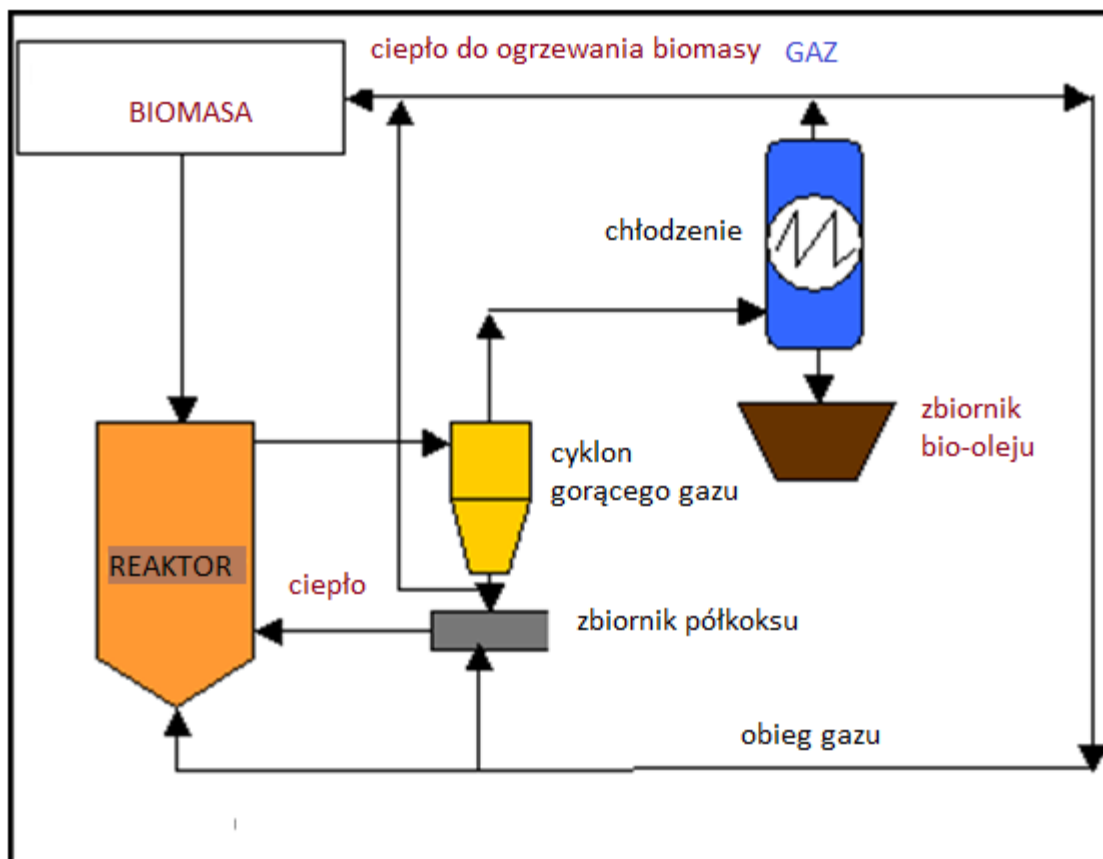
ZALETY:

- ✓ krótki czas reakcji,
- ✓ możliwość szybkiego chłodzenia par dające duże wydajności produktów płynnych,
- ✓ możliwość starannego i precyzyjnego doboru warunków temperaturowych reakcji.

Podstawowe właściwości szybkiej pirolizy :

- ✓ bardzo szybkie ogrzewanie (ok. 100°/s);
- ✓ temperatura reakcji 425-500°C;
- ✓ krótki czas procesu;
- ✓ szybkie schładzanie lotnych produktów do bio-oleju.

http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf



http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf



Węgiel drzewny jest stałą pozostałością po procesie pirolizy drewna, tzw. suchej destylacji. Ze względu na zróżnicowane właściwości tego produktu pirolizy, znalazł on zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Stosowany jest w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym i spożywczym nie tylko z powodu niskiej zawartości siarki i fosforu, ale również ze względu na jego właściwości strukturalne i dużą reaktywność.

Wytwarzanie węgla aktywnych z drewna, pośrednio poprzez proces pirolizy jest ważną gałęzią tego przemysłu. Otrzymuje się materiały o wysokich zdolnościach adsorpcyjnych stosowane np. do klarowania, odbarwiania płynów, filtracji wody, usuwania śladów substancji niepożądanych w tym fenoli, acetonu, benzolu. Wśród przykładów zastosowania węgla drzewnego można wymienić także produkcję miedzi, brązu, niklu, aluminium, manganu, jak również disiarczku węgla, węgliku wapnia, węgliku krzemu i cyjanku sodu.

Najpopularniejszym wykorzystaniem węgla drzewnego lub brykietów węgla drzewnego jest **spalanie**.

http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf



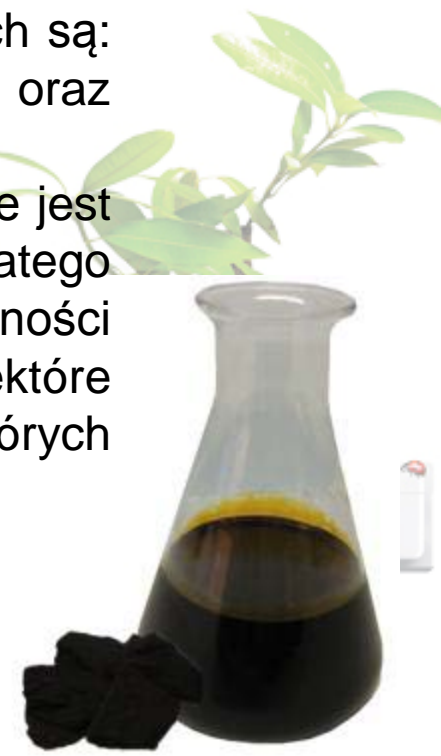
Bio-olej składa się z dwóch faz: olejowej oraz wodnej, zawierającej znaczne ilości związków tlenowych o małej masie cząsteczkowej. Bio-olej jest wieloskładnikową mieszaniną składającą się z cząsteczek o różnej wielkości, pochodzących z depolimeryzacji i fragmentacji trzech kluczowych składników biomasy: celulozy, hemicelulozy oraz ligniny. Skład chemiczny bio-oleju jest bardziej podobny do biomasy niż do olejów ropopochodnych.

Wartość opałowa 16-19 MJ/kg

Dużą grupą związków zidentyfikowanych w olejach pirolitycznych są: kwasy karboksylowe, alkohole, fenole, estry, aldehydy, ketony oraz heterocykliczne połączenia tlenowe.

Woda w bio-oleju pochodzi głównie z wilgoci materiału, ale także jest produktem reakcji dehydratacji zachodzącej podczas pirolizy. Dlatego jej zawartość zmienia się w szerokim zakresie (15-30%), w zależności od materiału i warunków procesu. Faza wodna zawiera niektóre związki takie jak kwas octowy, fenole, czy hydroksyaceton, z których mogą być pozyskiwane użyteczne chemikalia.

http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf

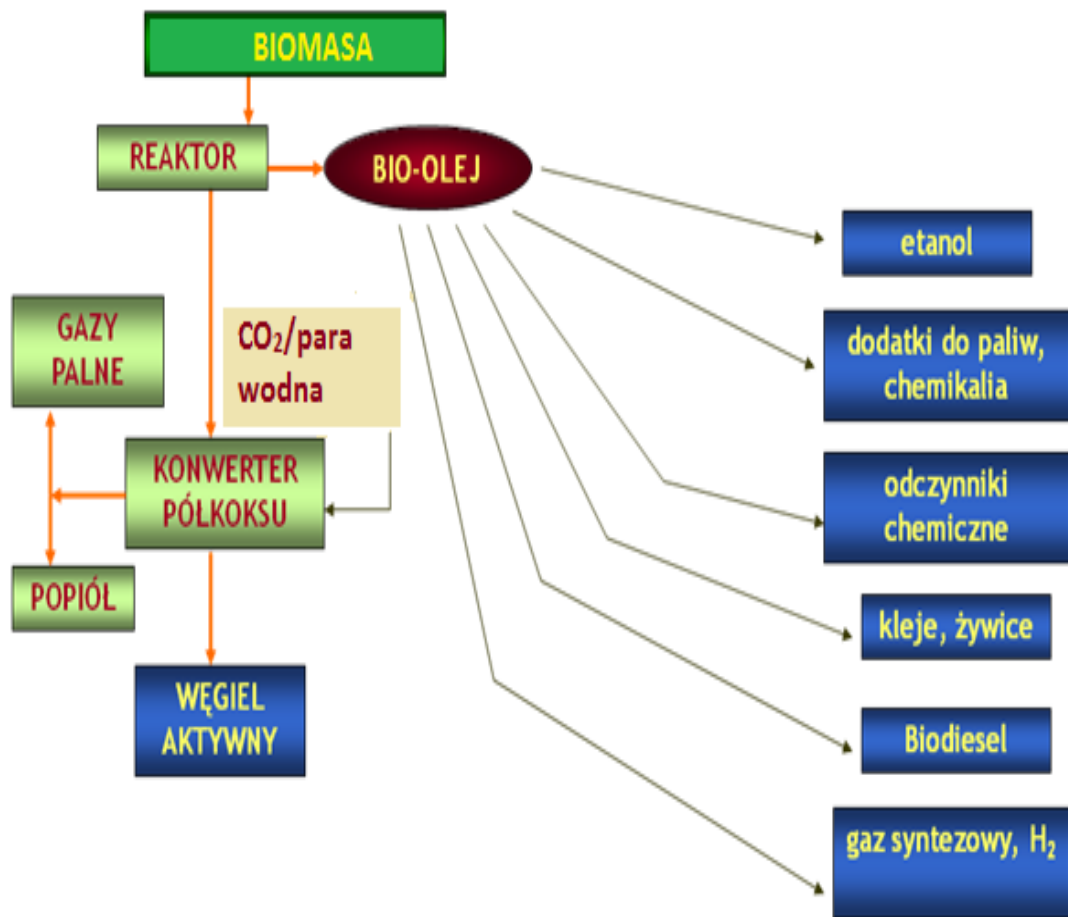


Gaz pirolityczny

Głównymi składnikami gazu otrzymanego na drodze pirolizy biomasy są CO_2 , CO i węglowodory np. metan, etan. Jest to produkt o niskiej kaloryczności, rzędu **6-8 MJ/m³**.

http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf





http://polymer-carbon.ch.pwr.wroc.pl/instrukcje/PLTRnW_piroliza.pdf

	Producent	Surowiec	Wydajność [kg/h]	Temperatura [°C]
BTG Flash Pyrolyse	BTG Biomass Technology Group	Biomasa	250 5000 w rozruchu	500
Pyrocyling Process	Pyrovac Group Inc., Ecosun b.v.	Biomasa	3500	475
ENTECH Pyrolytic Gasification System	ENTECH Renewable Energy Technologies PTY Ltd.	Biomasa i odpady organiczne	Typoszeregi 200–36000	500
Waste Gas Technology	Waste Gas Technology Ltd.	Suche osady ściekowe	500	750–850
Sucha destylacja metodą Ragaillera	RATech	Odpady komunalne i biomasa	b.d.	450–560
HD-PAWA-THERM	UC Prozesstechnik GmbH	Osady ściekowe	b.d.	600–700

METODY POZYSKIWANIA ENERGII Z ODPADÓW

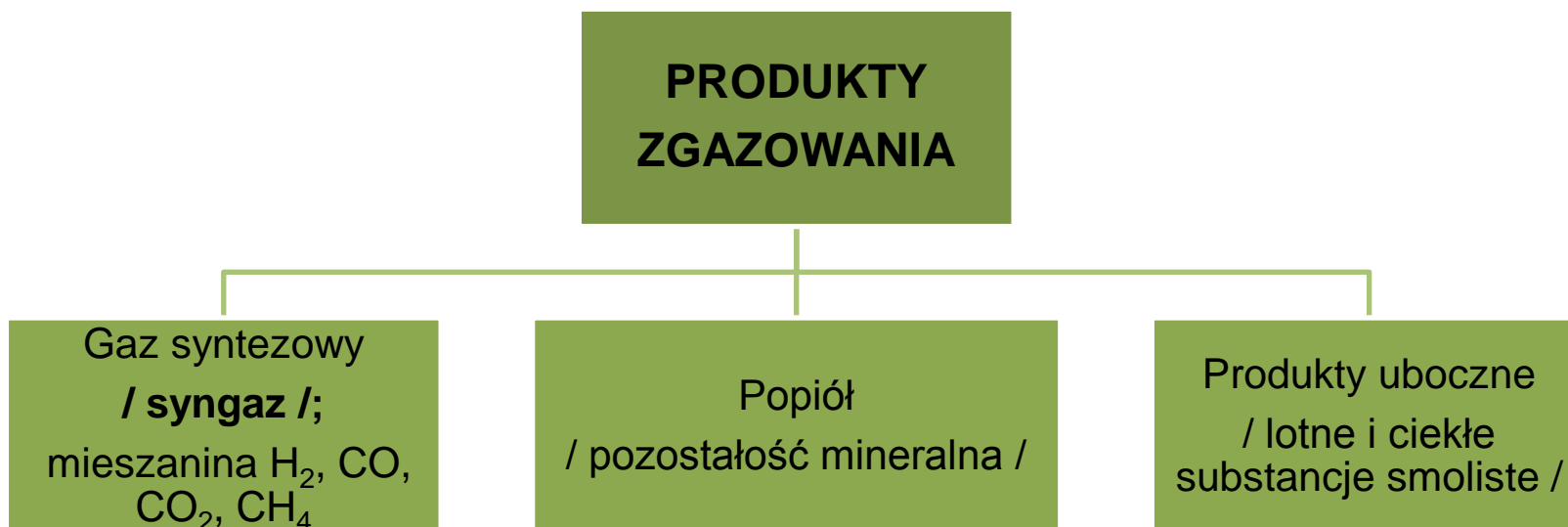
➤ zgazowanie

Zgazowanie (*gasification*) - zamiana jakiegokolwiek substancji zawierającej węgiel w gaz, który ma jeszcze użyteczną, możliwą do wykorzystania, wartość opałową.

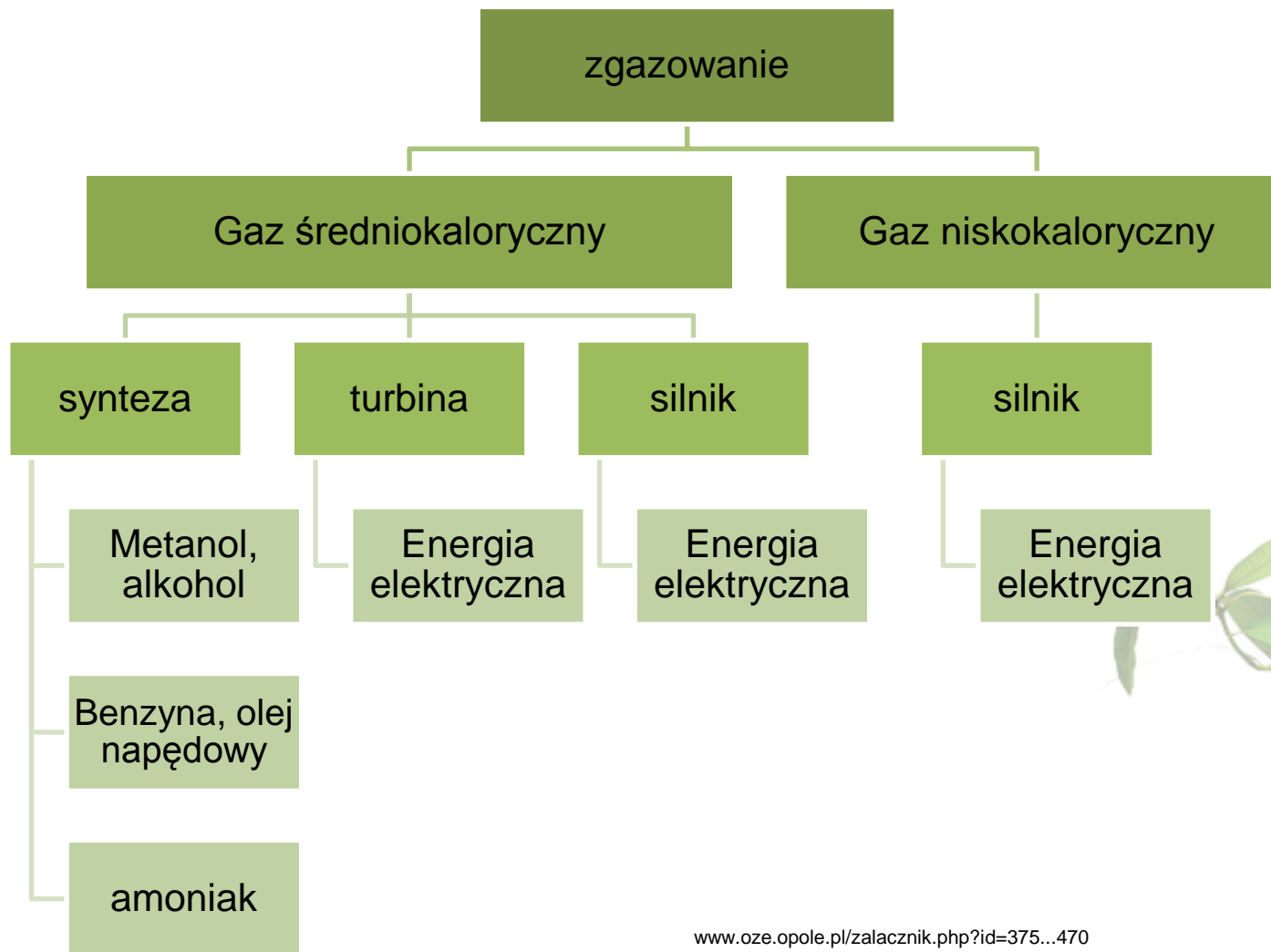
Czynnikiem zgazowującym może być: tlen, powietrze, para wodna lub ich mieszanina.

Zgazowanie może być stosowane dla ciał stałych, ciekłych i gazowych. Zgazowywane mogą być różnego rodzaju węgle, oleje jak również gaz ziemny oraz różnej postaci produkty odpadowe.



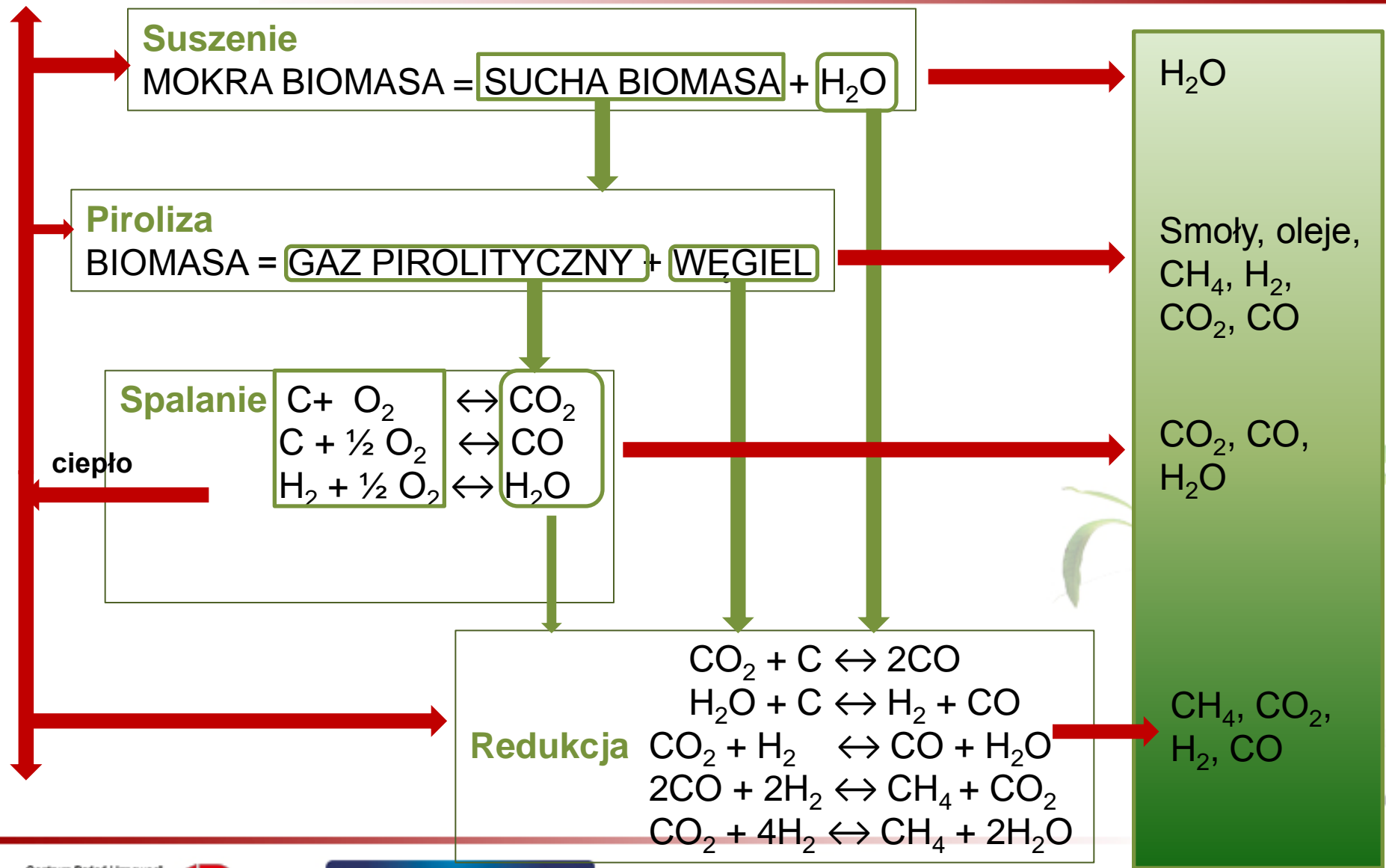


www.oze.opole.pl/zalacznik.php?id=375...470



www.oze.opole.pl/zalacznik.php?id=375...470

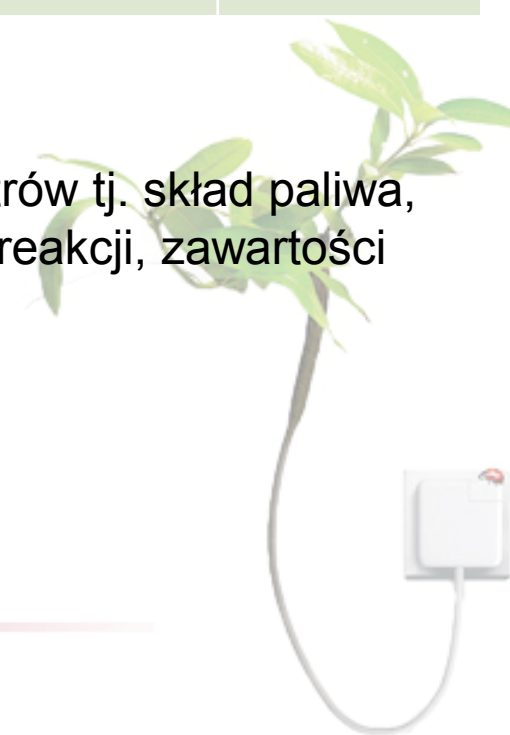




Czynnik zgazujący	H ₂ [%]	CO [%]	CO ₂ [%]	CH ₄ [%]	N ₂ [%]	W [MJ/m ³]
powietrze	16	20	12	2	50	3-6
Tlen	32	48	15	2	3	13-20
Para wodna	50	20	22	6	-	10-15

Skład gazu wytwarzanego w reaktorze zależy od wielu parametrów tj. skład paliwa, wielkość zgazowanych cząstek, czynnik zgazujący, parametry reakcji, zawartości wilgoci w paliwie, konstrukcji reaktora.

www.oze.opole.pl/zalacznik.php?id=375...470



KRYTERIA PODZIAŁU	REAKTORY
Czynnik zgazowujący	<ul style="list-style-type: none"> ✓ powietrzne; ✓ tlenowe; ✓ parowe;
Sposób dostarczenia ciepła do procesu	<ul style="list-style-type: none"> ✓ autotermiczne - część biopaliwa dostarczonego do bioreaktora ulega spaleniowi dostarczając ciepło; ✓ allotermiczne – ciepło wytwarzane w oddzielnym urządzeniu przez spalanie biomasy lub produktów jej przetworzenia dostarczane jest do reaktora za pomocą nośnika;
Ciśnienie	<ul style="list-style-type: none"> ✓ atmosferyczne; ✓ ciśnieniowe;
Konstrukcja reaktora	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ze złożem stałym : dolnociągowy współprądowy lub górnociągowy przeciwprądowy; ✓ ze złożem fluidalnym: stacjonarnym lub cyrkulacyjnym; ✓ strumieniowy;

CZYNNIK ZGAZUJĄCY	ZALETY	WADY
Powietrze	<ul style="list-style-type: none"> ✓ część paliwa ulega spaleni dostarczając ciepło; ✓ umiarkowana ilość substancji smolistej; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ niska wartość opałowa – 3-6 MJ/m³; ✓ duża ilość N₂ w gazie; ✓ trudności z dokładnym ustaleniem współczynnika nadmiaru powietrza;
Para	<ul style="list-style-type: none"> ✓ wyższa wartość opałowa syngazu 10-15 MJ/m³; ✓ wysoka zawartość H₂; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ wymaga zastosowania zgazowania pośredniego allotermicznego; ✓ wysoka zawartość substancji smolistej w syngazie; ✓ wymagany reforming katalityczny smoły;
Tlen	<ul style="list-style-type: none"> ✓ wyższa wartość opałowa syngazu; ✓ wysoka zawartość H₂ i CO w syngazie, niska poziom CO₂; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ wymaga zastosowania zgazowania pośredniego allotermicznego; ✓ wymagany reforming katalityczny smoły;

KONSTRUKCJA REAKTORA	ZALETY	WADY
Ze złożem stałym	<ul style="list-style-type: none"> ✓ prosta, niezawodna konstrukcja; ✓ ekonomicznie opłacalna dla małych układów; ✓ efektywna dla gazyfikacji mokrej biomasy; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ długi czas konwersji wsadu; ✓ wysoka zawartość substancji smolistych i/lub karbonizatu; ✓ zmienny rozkład temperatur w reaktorze; ✓ niska efektywność energetyczna dla zimnego gazu; ✓ niska wydajność;
Ze złożem fluidalnym	<ul style="list-style-type: none"> ✓ krótki czas konwersji wsadu; ✓ wysoka wydajność 20-30GJ/m²h; ✓ stały rozkład temperatur w reaktorze; ✓ niska zawartość smół i karbonizatu; ✓ wysoka efektywność energetyczna dla zimnego gazu; ✓ mniejsze problemy związane z popiołami; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ wysoka zawartość cząstek pyłu w syngazie; ✓ ekonomicznie opłacalny w układach średniej i dużej mocy;

www.oze.opole.pl/zalacznik.php?id=375...470

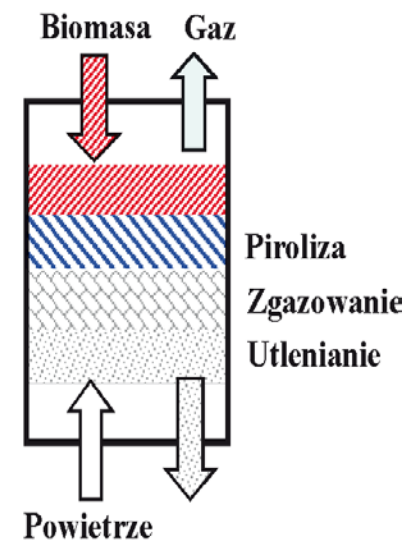
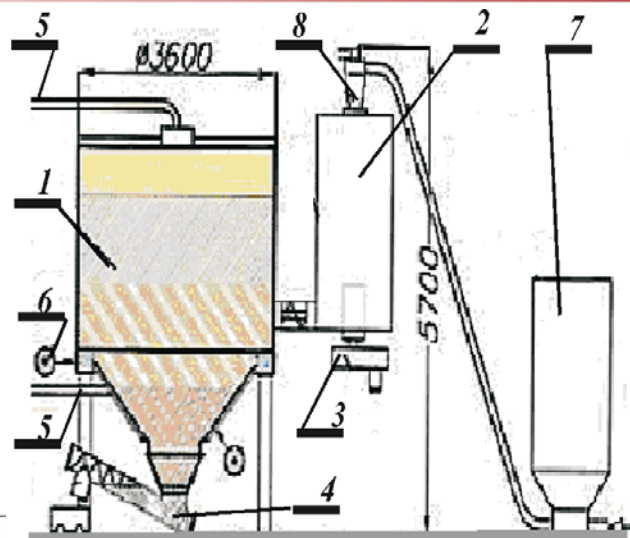
PARAMETRY REAKCJI	ZALETY	WADY
Wzrost temperatury	<ul style="list-style-type: none"> ✓ zmniejszenie zawartości substancji smolistych i karbonizatu; ✓ zmniejszenie zawartości metanu w syngazie; ✓ wzrost konwersji węgla; ✓ wzrost wartości opałowej syngazu; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ spadek wydajności energetycznej; ✓ wzrost ilości popiołu;
Wzrost ciśnienia	<ul style="list-style-type: none"> ✓ niska zawartość smół i karbonizatu; ✓ niskie koszty kompresji syngazu przy dolnociągowym reaktorze; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ mała ilość instalacji; ✓ wysokie koszty gazogeneratorów o małej mocy;
Wzrost współczynnika nadmiaru powietrza	<ul style="list-style-type: none"> ✓ niska zawartość smół i karbonizatu; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ spadek wartości opałowej syngazu;

TYP GAZOGENERATORA	ZAWARTOŚĆ		ZMIENNOŚĆ JAKOŚCI GAZU	MOC CIEPLNA [MWt]	
	smoła	pył		min	max
Ze złożem stałym przeciwprądowy	Bardzo wysoka	Niska	Bardzo duża	0,05	1,5
Ze złożem stałym współprądowy	Bardzo niska	Niska	Duża	0,5	10
Fluidalny ze złożem pęcherzykowym	Średnia	Wysoka	Bardzo niska	0,5	30
Fluidalny ze złożem cyrkulacyjnym	niska	Bardzo wysoka	Bardzo niska	1	100

www.oze.opole.pl/zalacznik.php?id=375...470

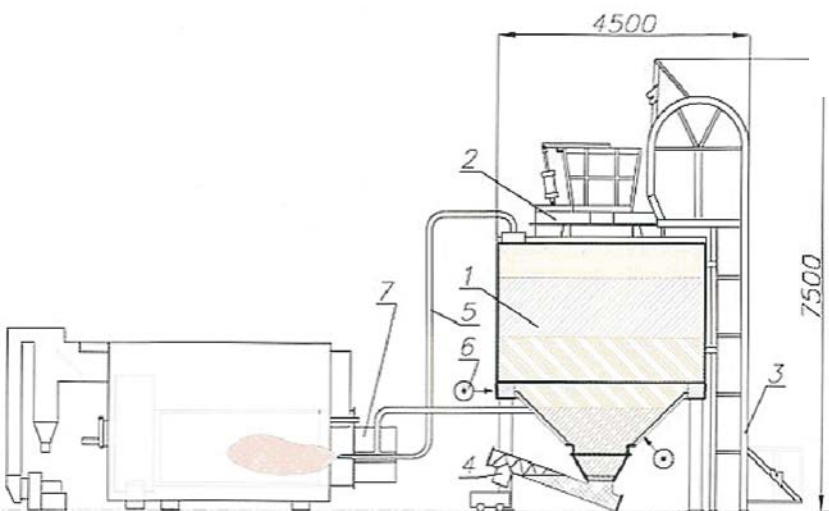


PRZYKŁADY GAZYFIKATORÓW



Przeciwpływowy gazyfikator biomasy rozdrobnionej EKOD-2 oraz schemat i etapy procesu zgazowania

1 – generator gazu, 2 – zasobnik, 3 – zespół napędowy, 4 – zespół usuwania popiołu, 5 – rurociągi, 6 – instalacja powietrzna, 7 – zbiornik biomasy, 8 – cyklon



Gazyfikator EKOD-1, współpracujący z kotłem wodnym (komin na rysunku pominięto)

1 – generator gazu, 2 – śluza, 3 – zespół transportowo-załadowniczy, 4 – zespół usuwania popiołu, 5 – rurociągi, 6 – instalacja powietrzna, 7 – zespół palnika i komory spalania

<http://www.inig.pl/inst/nafta-gaz/nafta-gaz/Nafta-Gaz-2010-08-04.pdf>

TECHNOLOGIA / FIRMA	PAŃSTWO	GAZYFIKATOR
Bioneer / Foster Wheeler /	Finlandia	Górnociągowy, do produkcji ciepła
Energy Systems Inc. / PRME /	USA	Górnociągowy, do produkcji ciepła / energii elektrycznej
Babcock Wilcox Volund	Niemcy	Górnociągowy, do produkcji ciepła / energii elektrycznej
REL Waterwide Technology	Nowa Zelandia	Dolnociągowy, do produkcji ciepła
Xyłowatt	Belgia	Dolnociągowy, do produkcji energii elektrycznej
Biomass Engineering	Wlk. Brytania	Dolnociągowy,

www.oze.opole.pl/zalacznik.php?id=375...470

TECHNOLOGIA / FIRMA	PAŃSTWO	GAZYFIKATOR
Gas Technology Institute /GTI / - Renugas Technology	USA	BFB; CZ – powietrze / tlen; niskociśnieniowe
Enerkem Technologies Inc. - BIOSYNtechnology	Kanada	BFB; CZ – powietrze / tlen; ciśnieniowe
Chemrec A.B. / ex Kvaerner Pulp&Paper /	Szwecja	Strumieniowy; CZ – powietrze/tlen; wsad – ług pogorzalny
Thermoselect S.A.	Szwajcaria	Dwustopniowy: piroliza + strumieniowe zgazowanie karbonizatu; CZ – tlen; wsad - odpady
Energy Products of Idaho	USA	BFB
Ebara-Twin Rec UEP Gasification Technology	Japonia	CFB; CZ – powietrze; wsad - odpady

BFB – reaktor fluidalny ze złożem stacjonarnym; CFB – reaktor fluidalny ze złożem cyrkulacyjnym; CZ – czynnik zgazowujący



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Centrum Badań i Innowacji
PRO-AKADEMIA



LEADER SCHOOL
NOWOCZESNE METODY NAUCZANIA