



od 1955

*Konferencja pt.:*  
*„Decyzje administracyjne na drodze budowy  
potrzebnych instalacji gospodarowania odpadami.  
Przeszkoda, czy gwarancja porządku?”*

*KPRM Warszawa, 10 maja 2023*

**Termiczne przekształcanie  
odpadów. Przegląd i  
porównanie technologii.  
Emisje.**

Aleksander Sobolewski

# zmieniamy się dla Was ...

znacie Nas od 1955 roku jako:

 **INSTYTUT CHEMICZNEJ  
PRZERÓBKİ WĘGLA**

od: 24.06.2022 r.

**działamy pod nową nazwą:**

- Rok powstania: 1955
- Nadzór: Minister Aktywów Państwowych
- Zatrudnienie: 125



# Gospodarka odpadami - dzisiaj

---

**Wbrew temu co sądzą  
większość społeczeństwa –  
selektywna zbiórka odpadów  
nie rozwiązuje problemu ich  
recyklingu.**

**Odzysk energii z odpadów  
staje się koniecznością –  
i nie stoi w sprzeczności z  
zasadami GOZ !!!**



# Gospodarka odpadami - dzisiaj

	Ustawa o odpadach (Dz. U. 2013 poz. 21 z późn. zm.)	Dyrektywa w sprawie odpadów
<b>ODZYSK</b>	<p>jakikolwiek proces, którego głównym wynikiem jest to, aby odpady służyły <b>użytecznemu zastosowaniu</b> przez <b>zastąpienie innych materiałów</b>, które w przeciwnym przypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji, lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym celu lub ogólnie w gospodarce</p>	<p>result of a useful materials have been used for waste management function, that wider economy. Annex II sets out a non-exhaustive list of recovery operations</p>
<b>RECYKLING</b>	<p><b>odzysk</b>, w ramach którego odpady są <b>ponownie przetwarzane na produkty</b>, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach; obejmuje to ponowne przetwarzanie materiału organicznego (recykling organiczny), ale nie obejmuje odzysku energii i ponownego przetwarzania na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do celów wypełniania wyrobisk</p>	<p>any recovery operation by which waste materials are reprocessed into products, materials or substances whether for the original or other purposes. It includes the reprocessing of organic material but does not include energy recovery and the reprocessing into materials that are to be used as fuels or for backfilling operations</p>

**RECYKLING**

**ODZYSK**

# Gospodarka odpadami - dzisiaj

---

**Jeśli dzisiaj nie potrafimy  
przeprowadzić skutecznego recyklingu  
to może lepiej prowadzić odzysk ?**



**w pierwszej kolejności odzysk energii –  
a więc spalarnia (!) ale tylko RDF**



# Gospodarka odpadami - dzisiaj



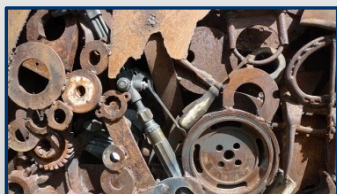
Odpady komunalne



System zbierania odpadów  
Zbiórka selektywna  
Przygotowanie do odzysku

Znane technologie  
zagospodarowania

Brak rozwiązań technologicznych



... tworzymy i wdrażamy technologie!

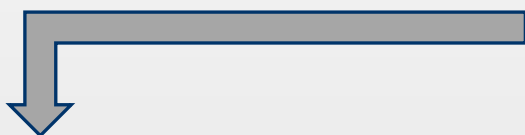
# Gospodarka odpadami - dzisiaj



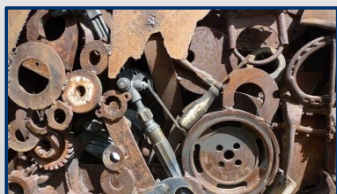
Odpady komunalne



System zbierania odpadów  
Zbiórka selektywna  
Przygotowanie do odzysku



Znane technologie zagospodarowania



Odzysk energii



Składowanie



... tworzymy i wdrażamy technologie!

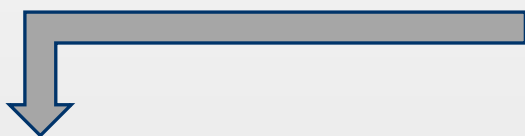


# Gospodarka odpadami - jutro

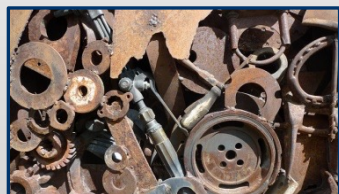


Odpady komunalne

System zbierania odpadów  
Zbiórka selektywna  
Przygotowanie do odzysku



Znane technologie  
zagospodarowania



Odzysk energii



# Gospodarka odpadami - jutro

---

**Teza:**

**Zagospodarowanie paliw z odpadów (RDF) w ciepłownictwie jest w praktyce jedynym szybkim i skutecznym sposobem rozwiązania problemu RDF w Polsce.**

**Pytanie:**

**Dlaczego tak trudno wdrożyć powyższą koncepcję w praktyce gospodarczej kraju**



# Skala problemu

---

Rocznie w Polsce przybywa  
bilansowo **1.5 – 3.0 mln ton RDF**

Aktualne oszacowania wskazują,  
że w Polsce mamy  
zmagazynowanych **ok. 30 mln ton**  
paliwa z odpadów



## Odzysk energii z odpadów:

- **Jak uzyskać akceptację społeczną ?**
- **Jak sfinansować i zbudować instalację ?**
- **Jak zapewnić opłacalność inwestycji ?**



---

# **RDF**

## **jako paliwo**

### **stałe :**



# RDF jako paliwo stałe

---

odpady  
komunalne



odpadowa  
biomasa



osady  
ściekowe



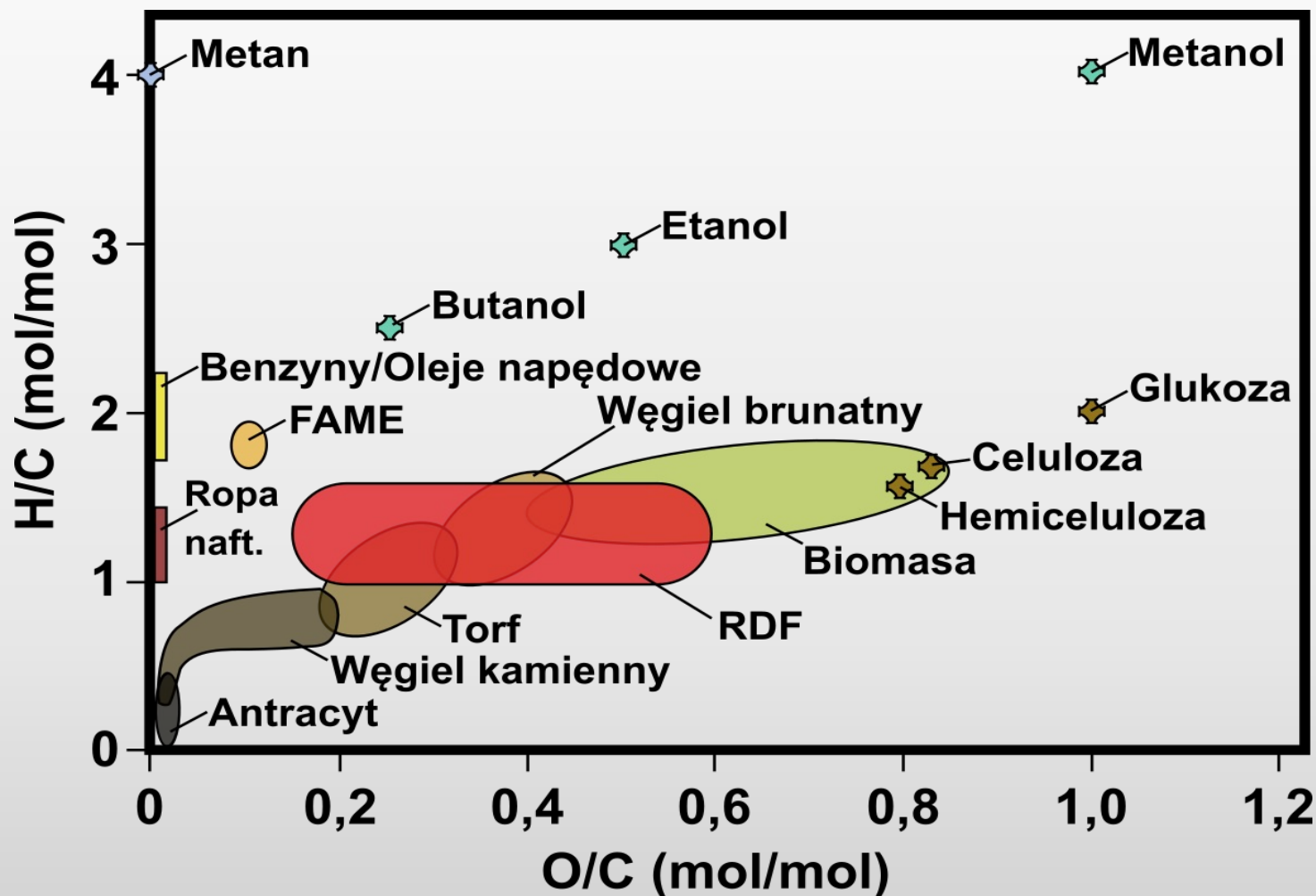
odpady  
przemysłowe



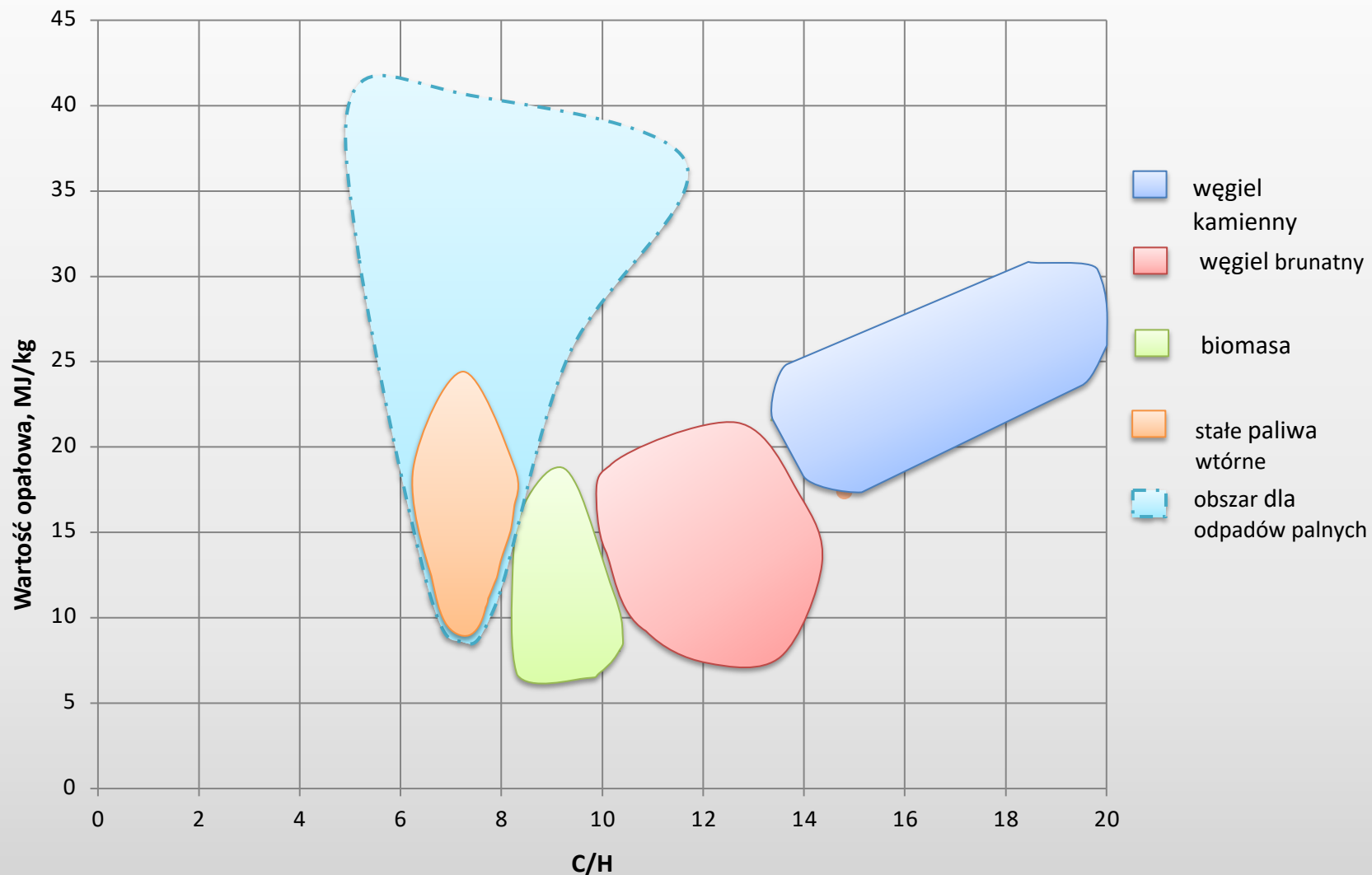
... tworzymy i wdrażamy technologie!

# RDF jako paliwo stałe

Diagram van Krevelena dla różnych paliw



# RDF jako paliwo stałe





# RDF jako paliwo stałe

## ODPADY STAŁE

ODPADY INNE NIŻ NIEBEZPIECZNE

ODPADY NIEBEZPIECZNE

ODPADY O WŁAŚCIWOŚCIACH PALNYCH

PALIWO  
ALTERNATYWNE =  
RDF

STAŁE PALIWA WTÓRNE = SRF



# RDF jako paliwo stałe

## Klasyfikacja SRF wg Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN/TS)

System klasyfikacji CEN oparto na trzech kluczowych parametrach określających właściwości paliwa SRF, związane z jego wykorzystaniem: ekonomiczny, technologiczny i emisyjny.

Parametr kwalifikacyjny	Pomiar statystyczny	Jednostka	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4	Klasa 5
Wartość opałowa (NCV)	Średnia	MJ/kg (ar)	$\geq 25$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 10$	$\geq 3$
Zawartość chloru (Cl)	Średnia	% (d)	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 3$
Zawartość rtęci (Hg)	Mediana	mg/MJ (ar)	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\leq 0,50$
	80. percentyl	mg/MJ (ar)	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	$\leq 1,0$

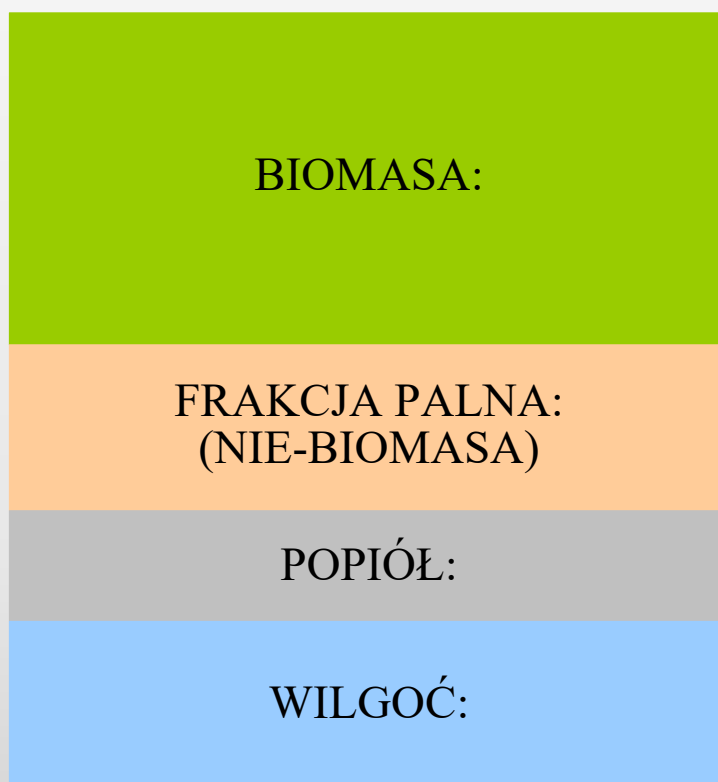
Norma PN-EN ISO 21640:2021-10 Stałe paliwa wtórne – Specyfikacje i klasy

# RDF jako paliwo stałe

---

## Biomasa (część biodegradowalna) w paliwie SRF

(przykładowy skład masowy paliwa SRF w przeliczeniu na stan roboczy)



---

# Odzysk energii z odpadów :



... tworzymy i wdrażamy technologie!

# Odzysk energii z odpadów

---

3 mln  
Mg

Dostępność RDF –  
25% wytworzonych  
odpadów komunalnych

15  
MJ/kg

Wartość opałowa RDF

50 mln  
GJ

Produkcja ciepła z RDF



# Odzysk energii z odpadów

---

**Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 22 stycznia 2016 r.**

**W sprawie w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu.:**

§ 2. Proces prowadzi się w taki sposób, aby:

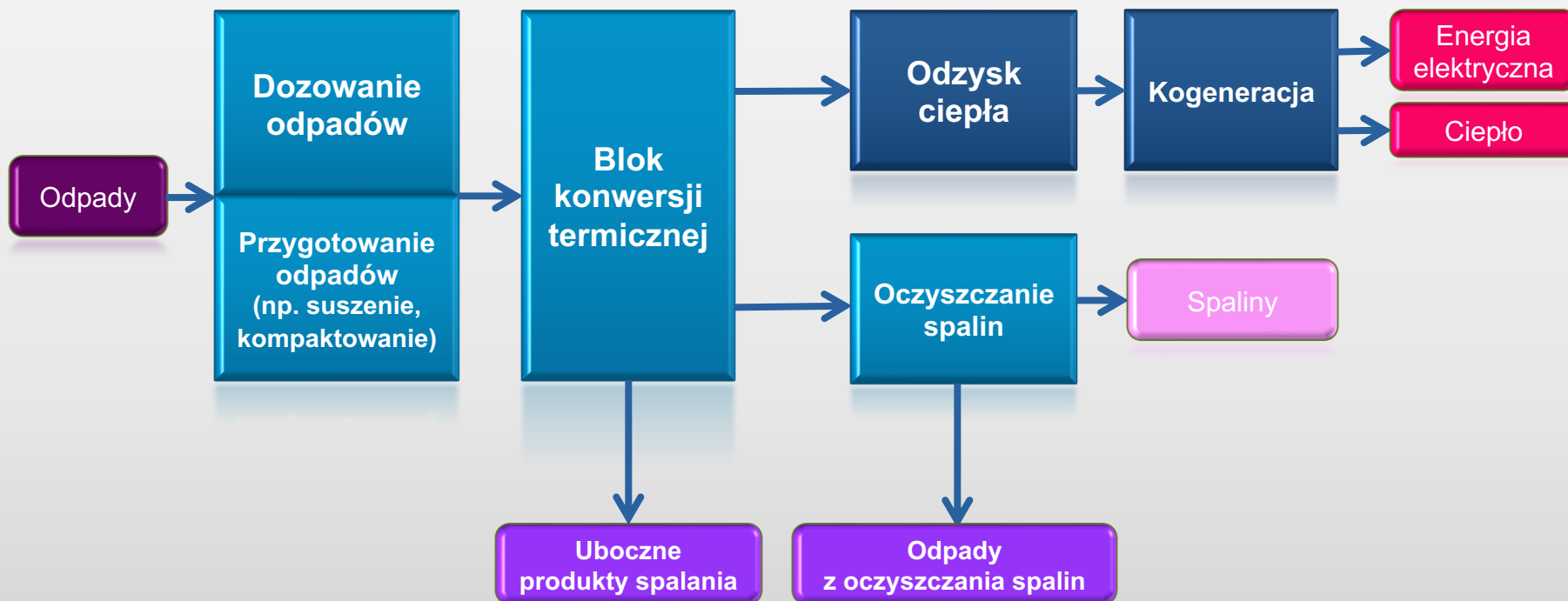
- 1) w spalarni odpadów temperatura gazów powstających w trakcie spalania, zwanych dalej „gazami spalinowymi”, zmierzona blisko ściany wewnętrznej lub w innym reprezentatywnym miejscu komory spalania, wynikającym ze specyfiki technicznej spalarni odpadów, po ostatnim doprowadzeniu powietrza, nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach, została podniesiona w kontrolowany i jednorodny sposób oraz była utrzymywana przez co najmniej **2 sekundy** na poziomie nie niższym niż:
- a) **1100°C** – dla odpadów niebezpiecznych zawierających powyżej **1% związków chlorowcoorganicznych** przeliczonych na chlor,
  - b) **850°C** – dla pozostałych odpadów

§ 3. 1. Proces przeprowadzany w spalarni odpadów prowadzi się w taki sposób, aby **całkowita zawartość węgla organicznego w żużlach i popiołach paleniskowych była niższa niż 3% lub strata przy prażeniu żużli i popiołów paleniskowych była niższa niż 5% suchej masy.**



# Odzysk energii z odpadów

## Schemat instalacji do odzysku energii z RDF



## Model technologiczny instalacji do odzysku energii z RDF

- Spalanie czy współ-spalanie ?
- Instalacja kogeneracyjna czy produkcja ciepła ?
- Instalacje małe (20-50 tys. t/r) czy duże (>100 tys. t/r) ?
- Technologia z importu vs know-how krajowe ?





# Odzysk energii z odpadów

---

## Zyski operacyjne przy spalaniu RDF :

- ❑ Przy spalaniu RDF nie płacimy za paliwo ! To zupełnie inna sytuacja w porównaniu do klasycznych ciepłowni węglowych, gazowych lub biomasowych.
- ❑ Nie mamy problemu z ograniczeniami w dostawach paliwa / potencjalne zawirowania rynkowe w przyszłości
- ❑ Jesteśmy zwolnieni z udziału w EU ETS. Za prawo do emisji CO<sub>2</sub> (przy cenach uprawnień na poziomie 80-100 Euro/t CO<sub>2</sub>) trzeba zapłacić (+/-) tyle co za paliwo.

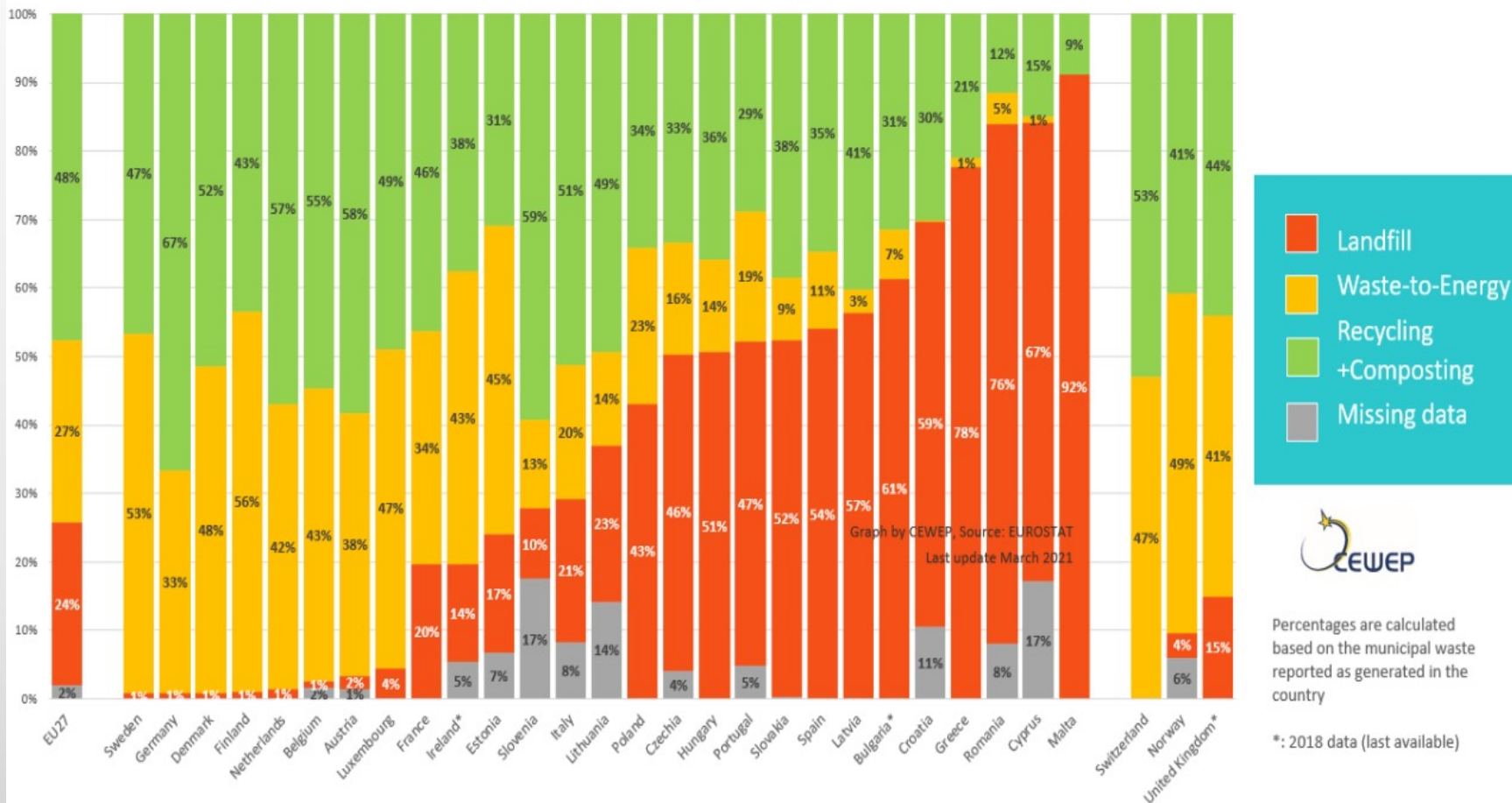


# Odzysk energii z odpadów



## Municipal waste treatment in 2019

EU 27 + Switzerland, Norway and the UK



Percentages are calculated based on the municipal waste reported as generated in the country

\*: 2018 data (last available)

<https://www.cewep.eu/>

... tworzymy i wdrażamy technologie!

# Odzysk energii z odpadów

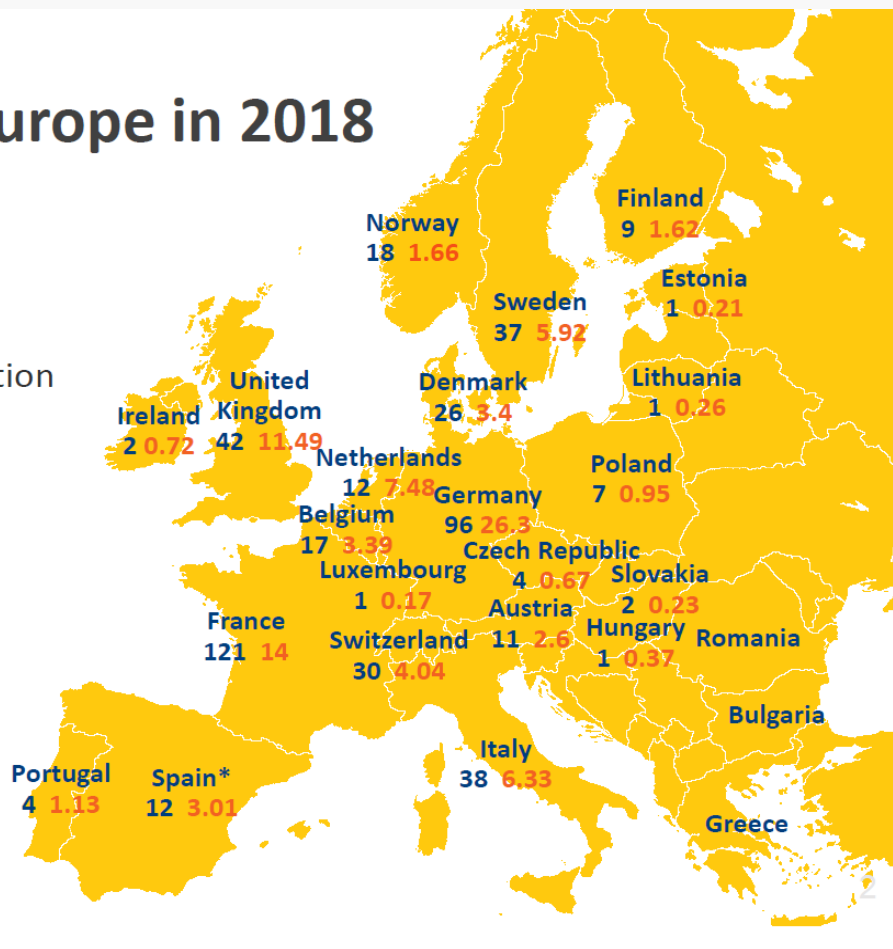


## Waste-to-Energy in Europe in 2018

- WtE Plants operating in Europe (not including hazardous waste incineration plants) : **492**
- Waste thermally treated in WtE plants (in million tonnes): **96**

Data supplied by CEWEP members and national sources

\* Includes plant in Andorra and SAICA plant

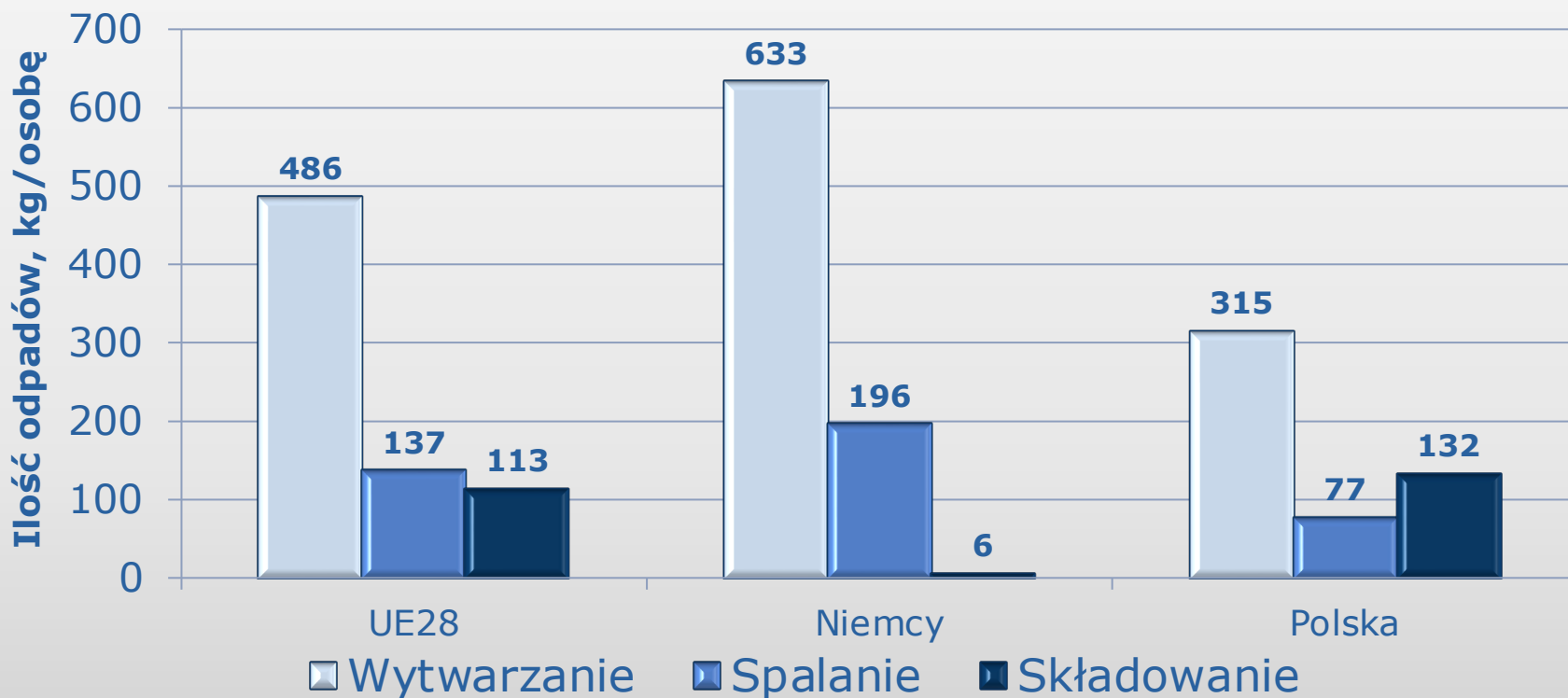


<https://www.cewep.eu/>

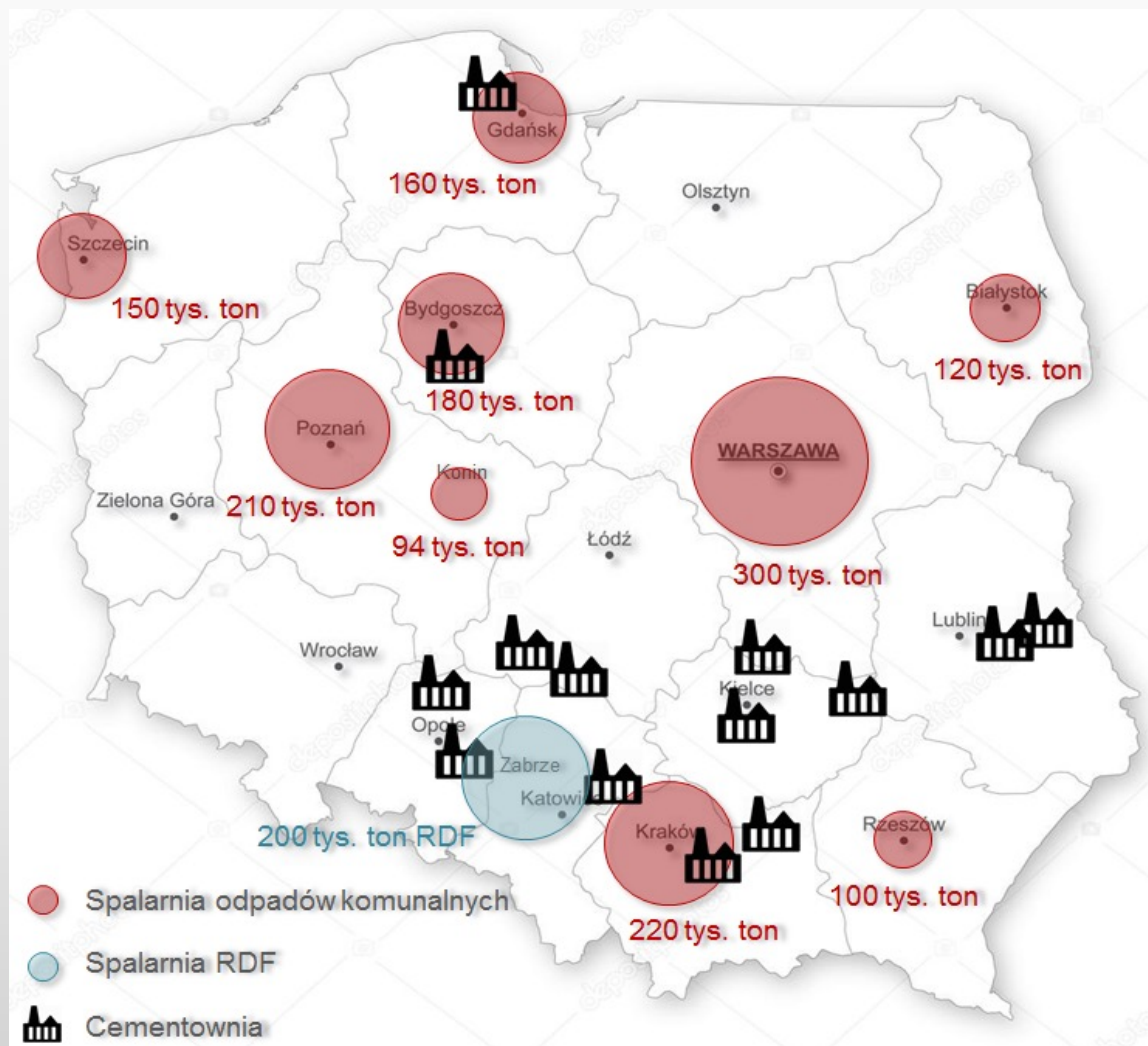
... tworzymy i wdrażamy technologie!

# Odzysk energii z odpadów

W Polsce (2017) spalamy jednostkowo znacznie mniej odpadów w porównaniu do państw EU



# Odzysk energii z odpadów



Aktualnie w Polsce prowadzone są (z różną intensywnością oraz determinacją) działania przedinwestycyjne w ok 20-30 lokalizacjach.

---

# Przegląd technologii - konwersja termiczna :



# Przegląd technologii – konwersja termiczna

---

## Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach

### Rozdział 2 - Termiczne przekształcanie odpadów

Art.155.Termiczne przekształcanie odpadów prowadzi się wyłącznie w spalarniach odpadów lub we współspalarniach odpadów, z zastrzeżeniem art.31.

...

Art.157.

pkt. 2. Jeżeli do termicznego przekształcania odpadów stosuje się procesy inne niż utlenianie, takie jak piroliza, zgazowanie lub proces plazmowy, wówczas spalarnia odpadów lub współspalarnia odpadów obejmuje zarówno te procesy, jak i następujący po nich proces spalania substancji powstających podczas tych procesów termicznego przekształcania odpadów.

Art.163.

pkt 2a. Przepisów art.155–162 nie stosuje się również do instalacji do zgazowania lub pirolizy odpadów, **jeżeli gazy powstałe** w wyniku procesów zgazowania lub pirolizy **są oczyszczone w takim stopniu, że przed spalaniem nie stanowią już odpadów i nie mogą spowodować emisji większych niż w wyniku spalania gazu ziemnego.**

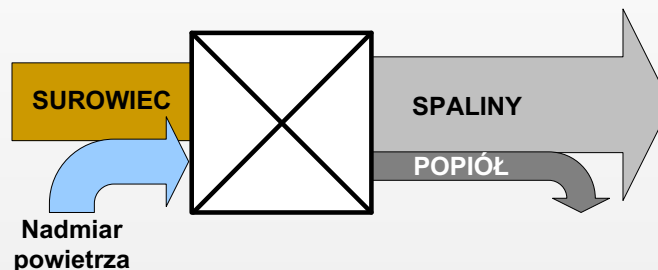


# Przegląd technologii – konwersja termiczna

## SPALANIE

Ogrzewanie bezpośrednie  
poprzez bezpośrednie spalanie paliwa

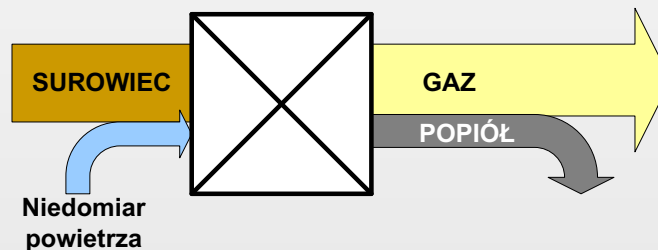
PODSTAWOWY PRODUKT:  
energia



## ZGAZOWANIE

Ogrzewanie bezpośrednie  
poprzez częściowe spalanie paliwa

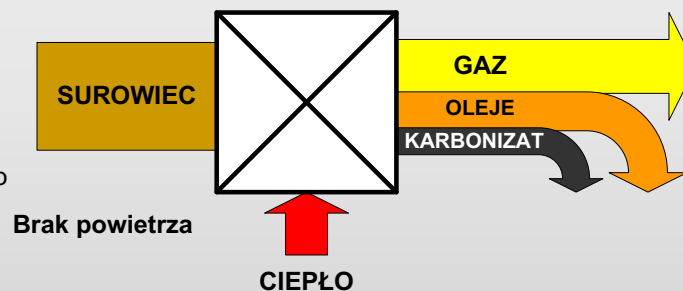
PODSTAWOWY PRODUKT:  
gaz średnio/niskokaloryczny



## PIROLIZA

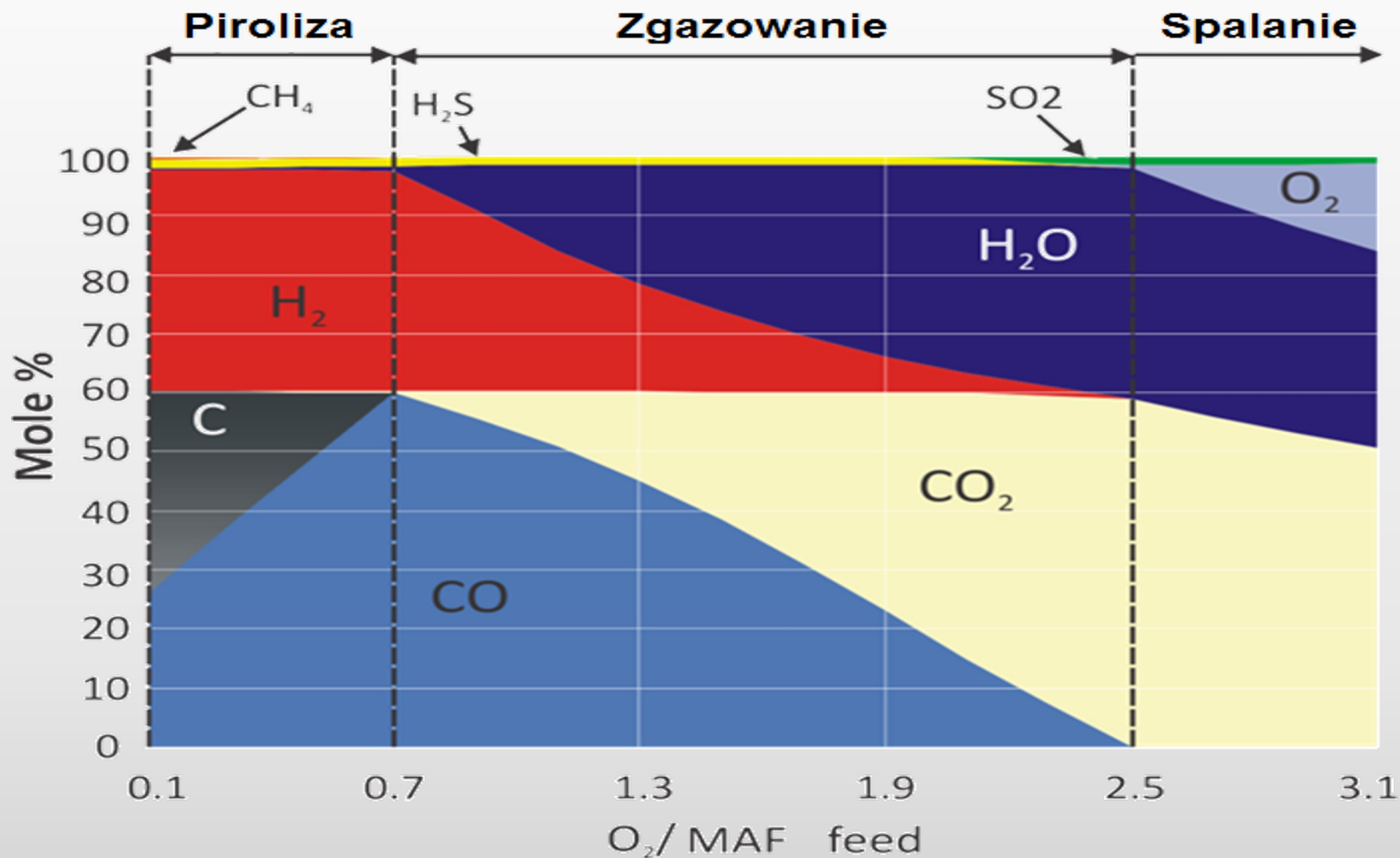
Ogrzewanie pośrednie  
spalinami ze spalania paliwa - bezprzeponowo  
spalinami lub energią elektryczną - przeponowo

PODSTAWOWY PRODUKT:  
wysokokaloryczny gaz i karbonizat





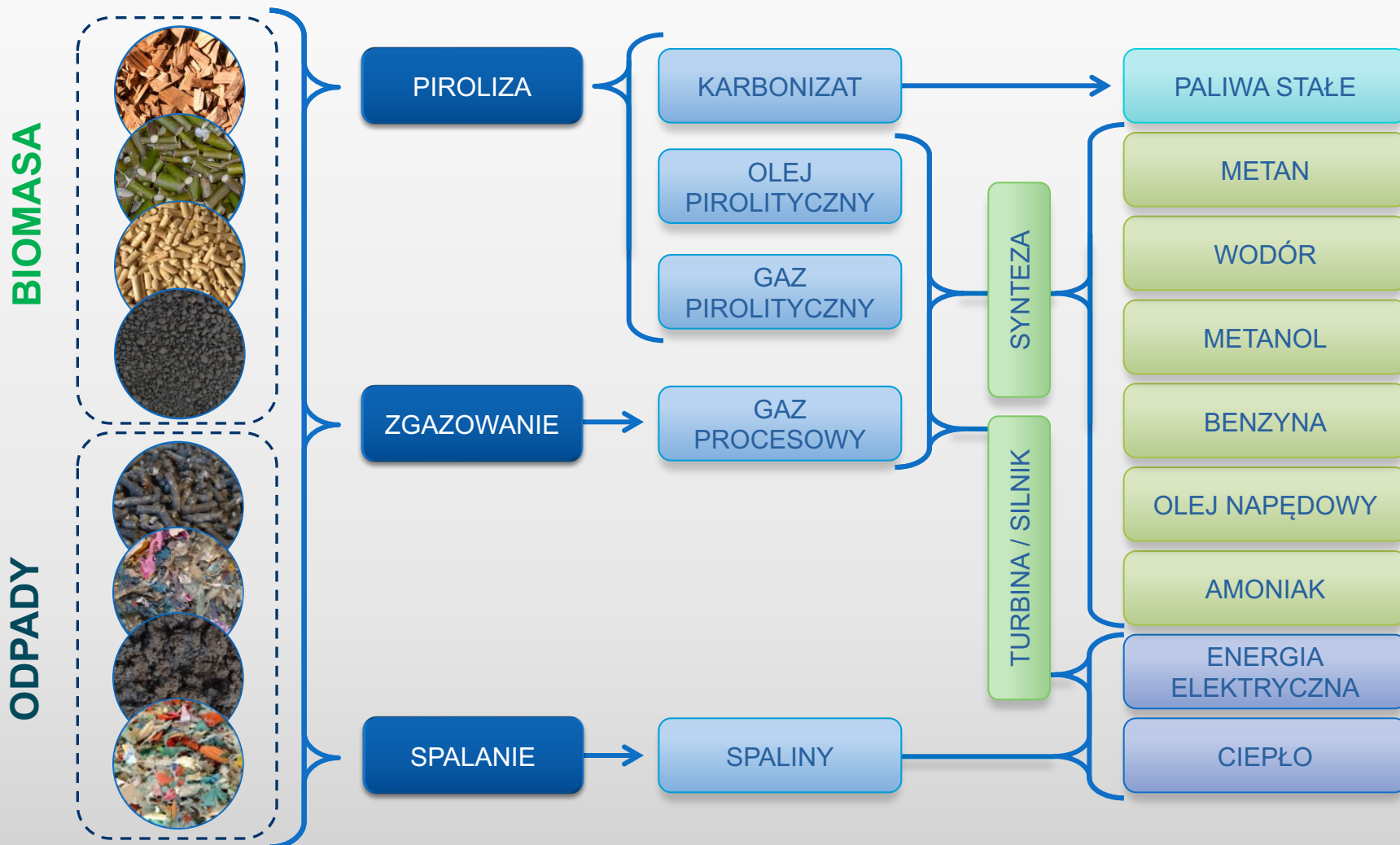
# Przegląd technologii – konwersja termiczna



## Węgiel Illinois #6

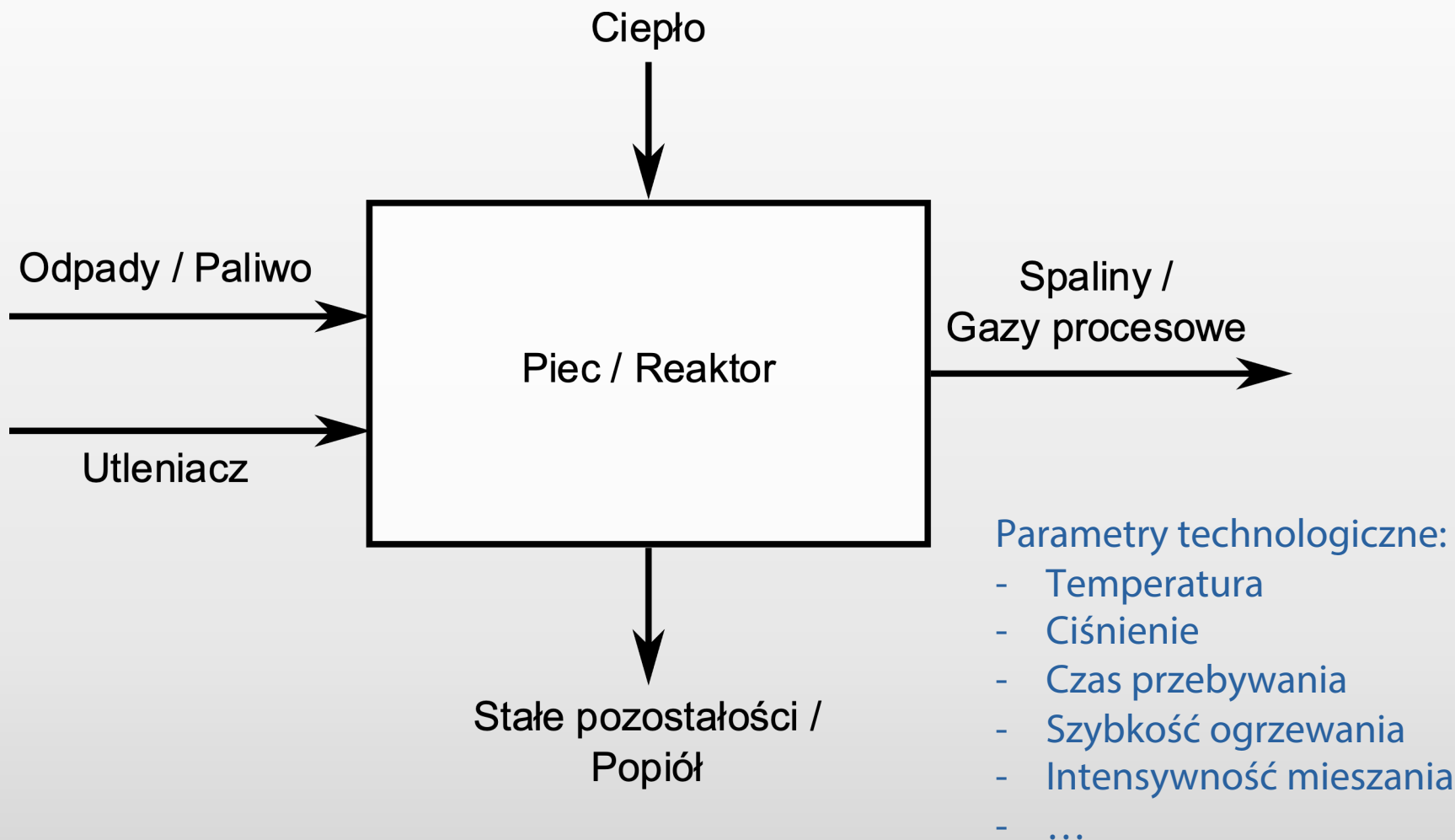
... tworzymy i wdrażamy technologie!

# Przegląd technologii – konwersja termiczna



... tworzymy i wdrażamy technologie!

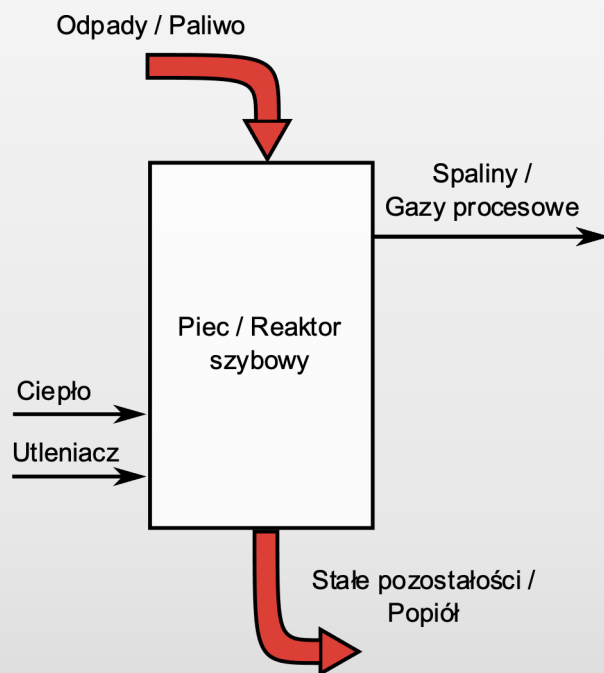
# Przegląd technologii – konwersja termiczna



# Przegląd technologii – konwersja termiczna

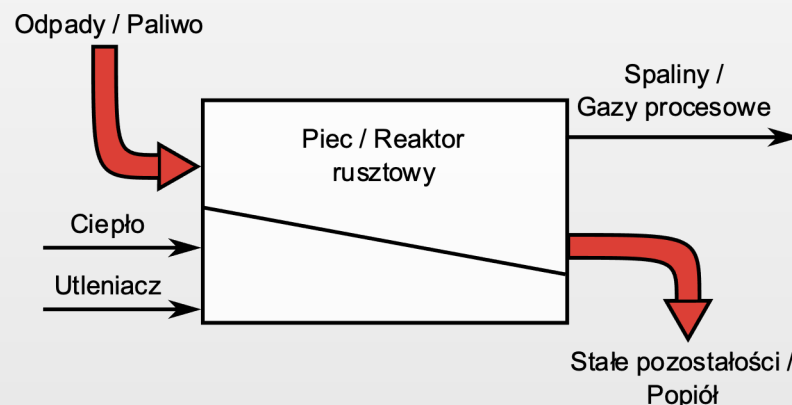
## Typy reaktorów konwersji termochemicznej

1



Paliwo przepływa grawitacyjnie w dół

2

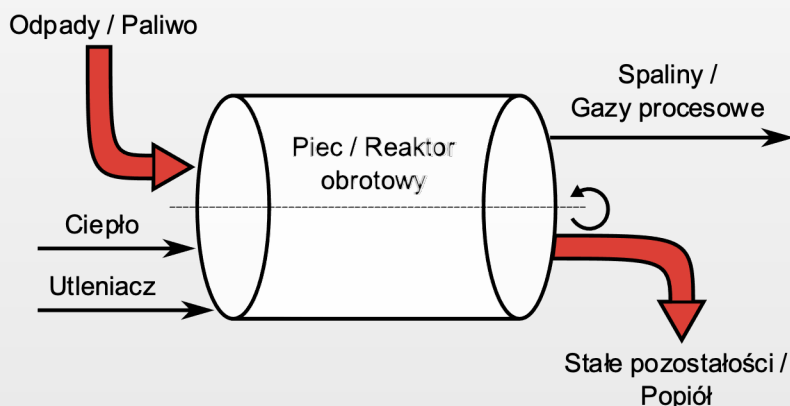


Ruch rusztu (elementu pieca) wymusza przepływ paliwa

# Przegląd technologii – konwersja termiczna

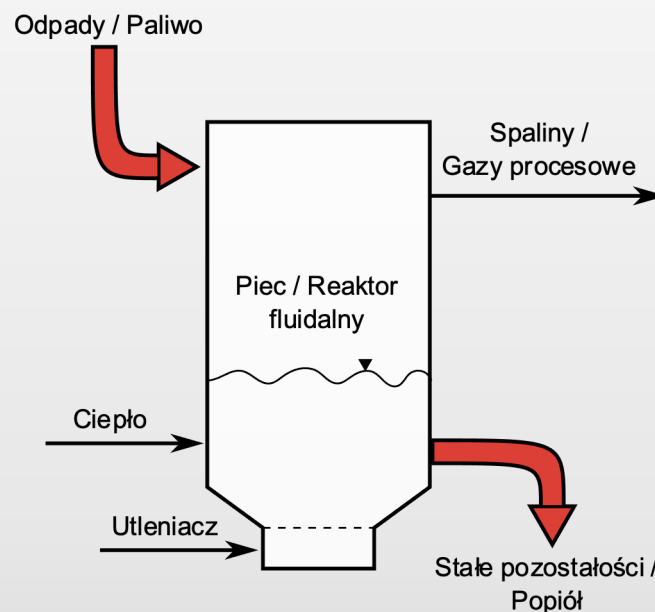
## Typy reaktorów konwersji termochemicznej

3



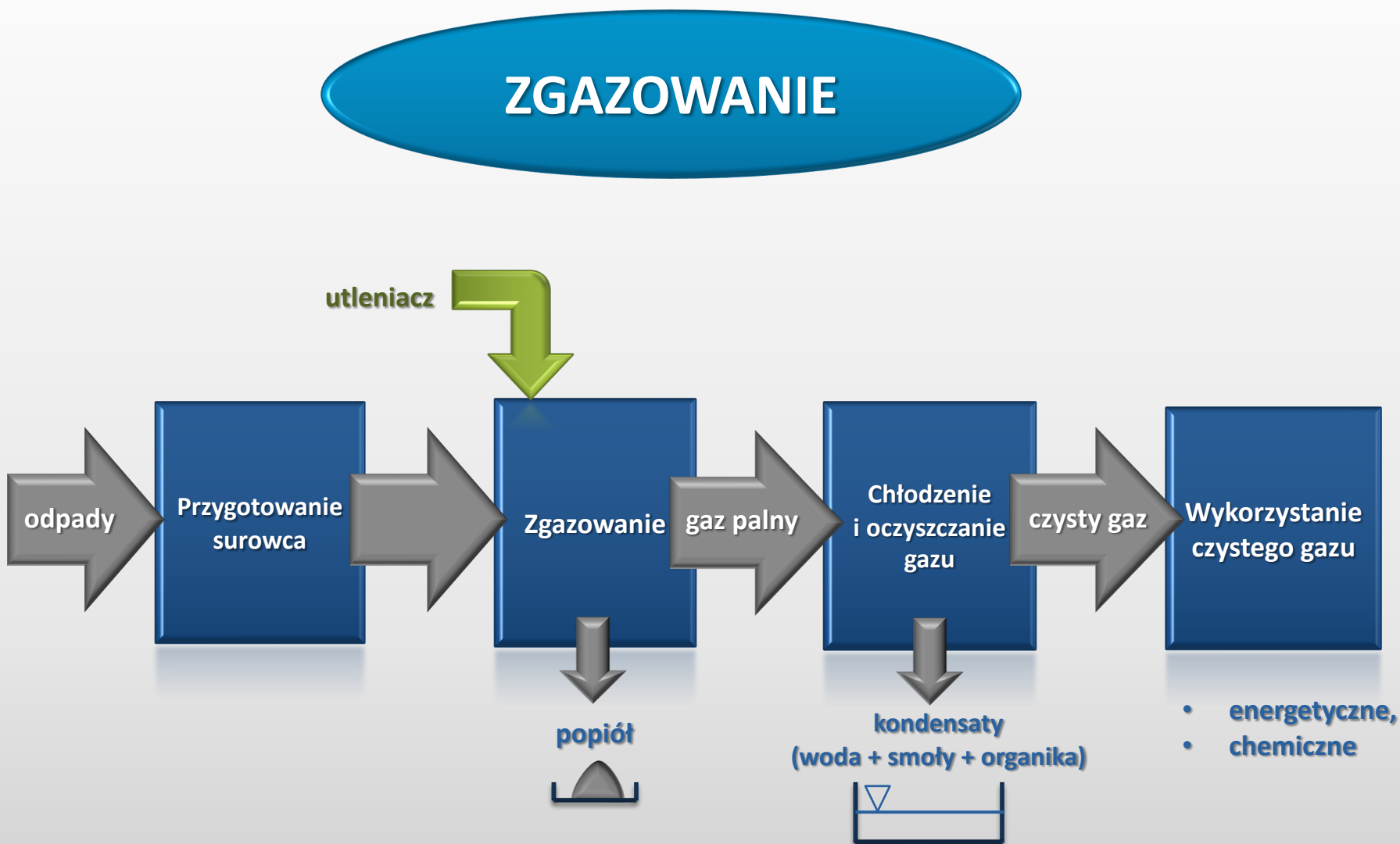
Ruch obrotowy pieca wymusza przesuwanie się paliwa

4



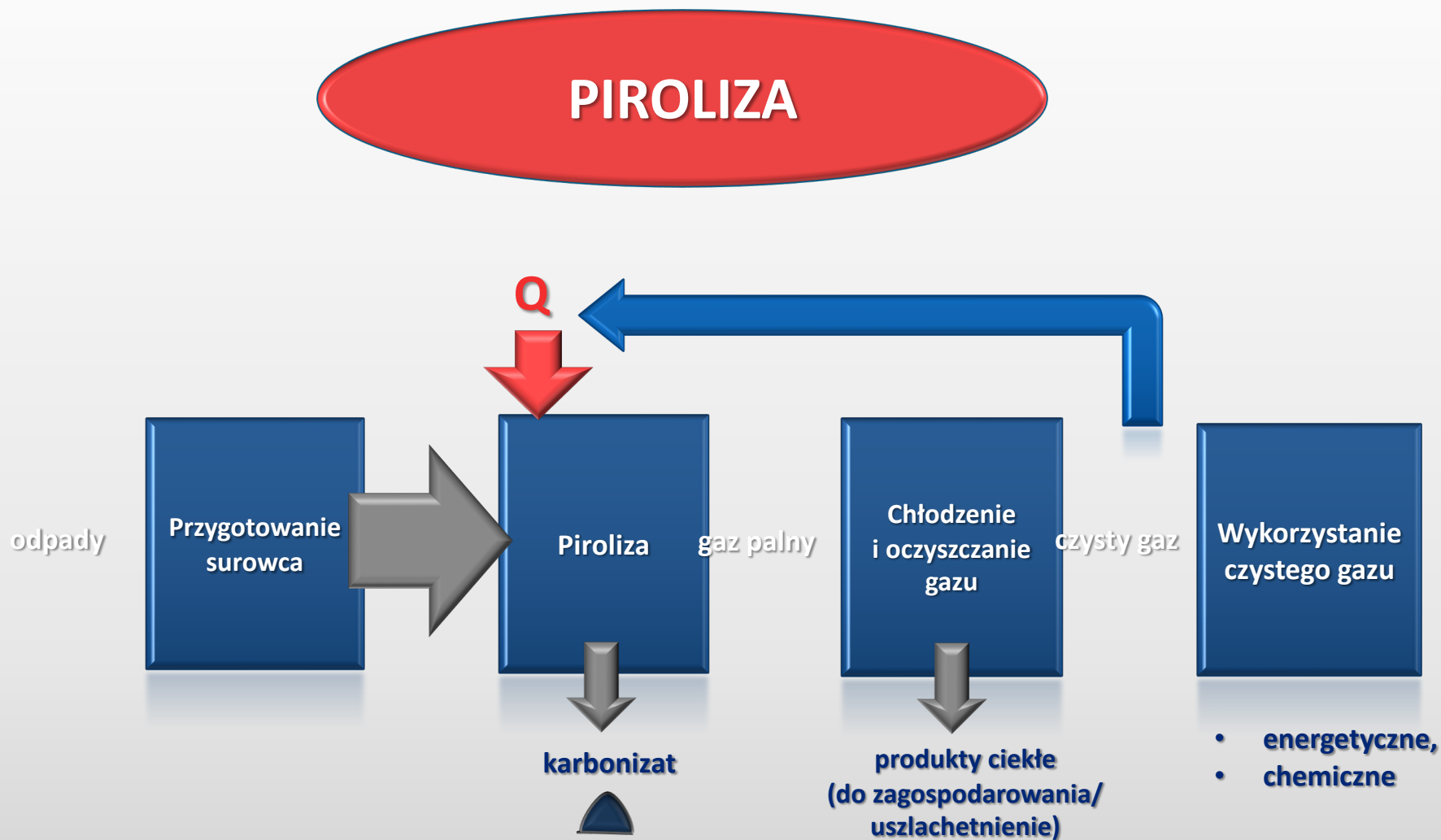
Przepływ fazy gazowej wymusza przepływ paliwa

# Przegląd technologii – konwersja termiczna



... tworzymy i wdrażamy technologie!

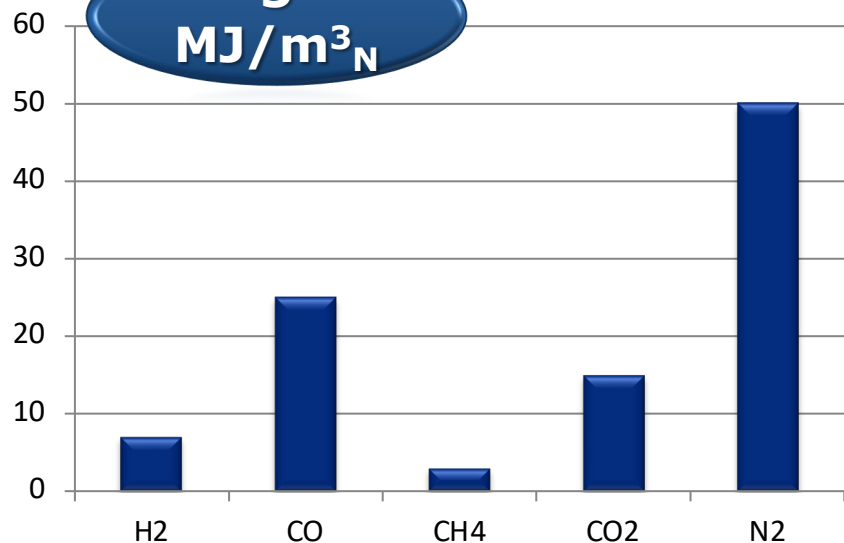
# Przegląd technologii – konwersja termiczna



# Przegląd technologii – konwersja termiczna

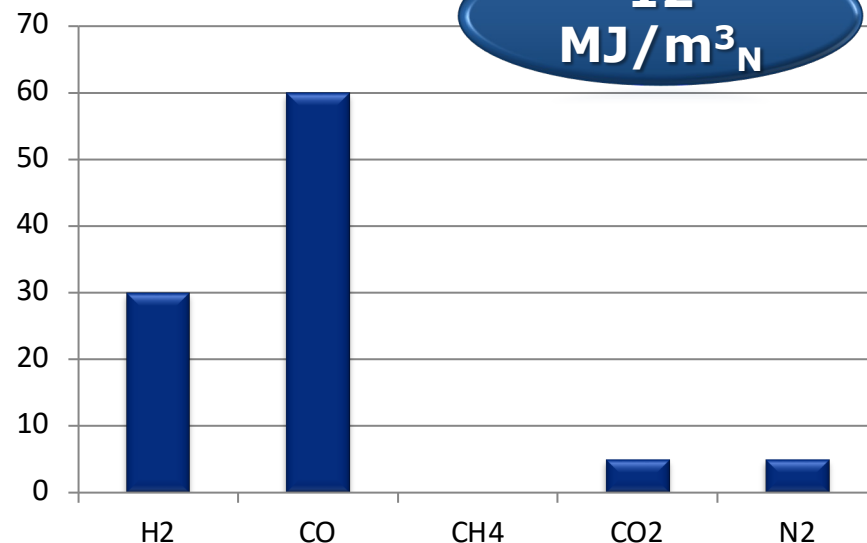
## Zgazowanie

5  
MJ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>



powietrzne

12  
MJ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>



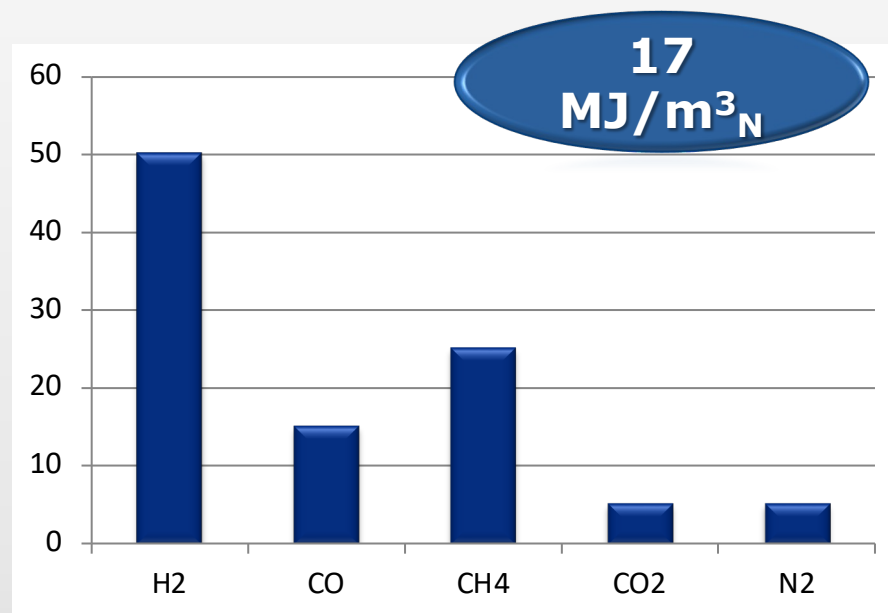
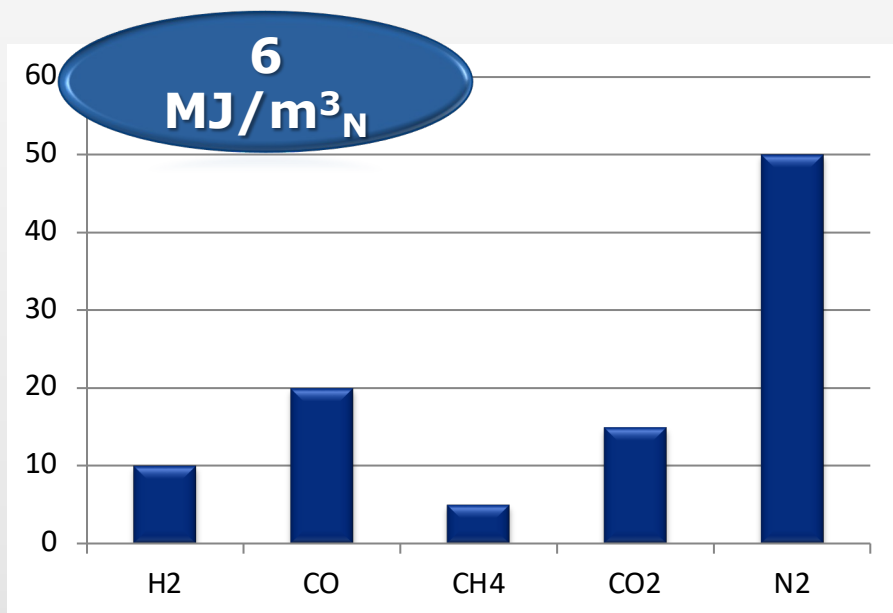
tlenowe

... tworzymy i wdrażamy technologie!



# Przegląd technologii – konwersja termiczna

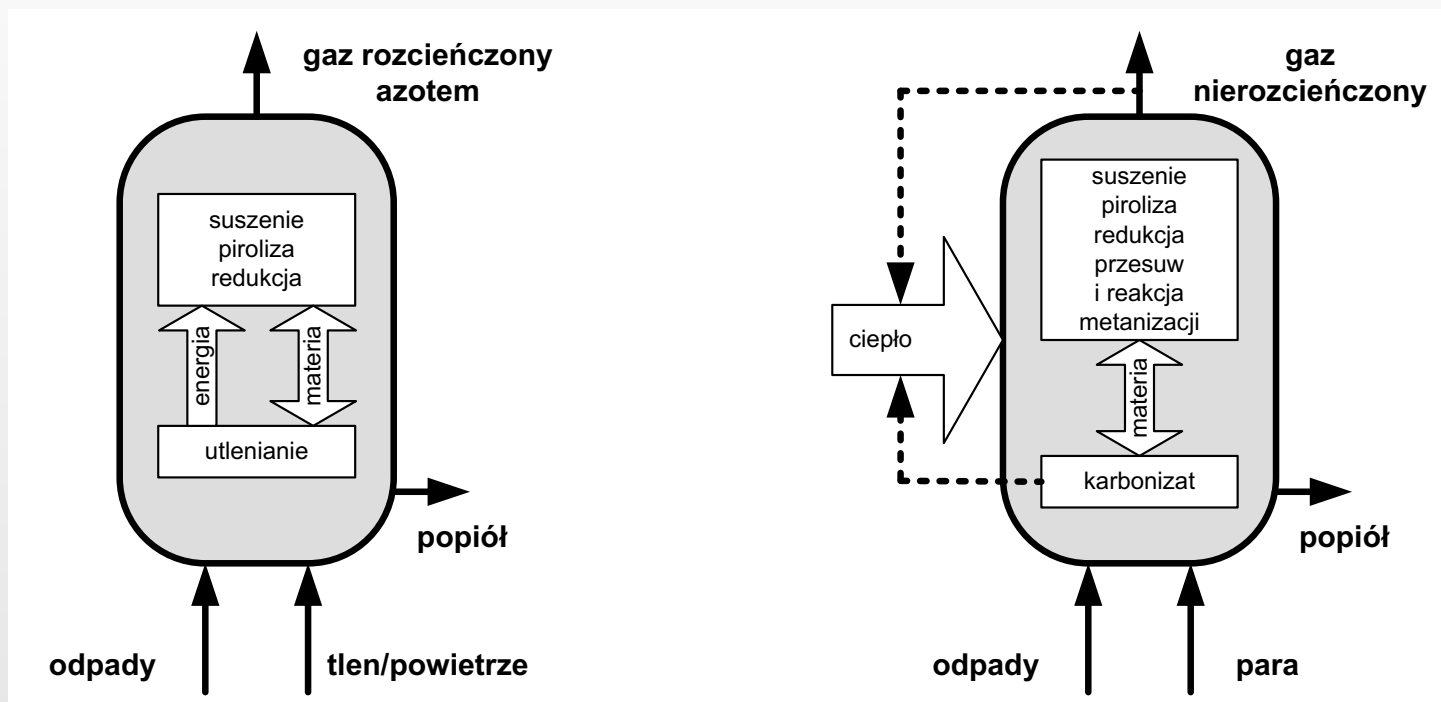
## Piroliza



autotermiczna

przeponowa

# Przegląd technologii – konwersja termiczna

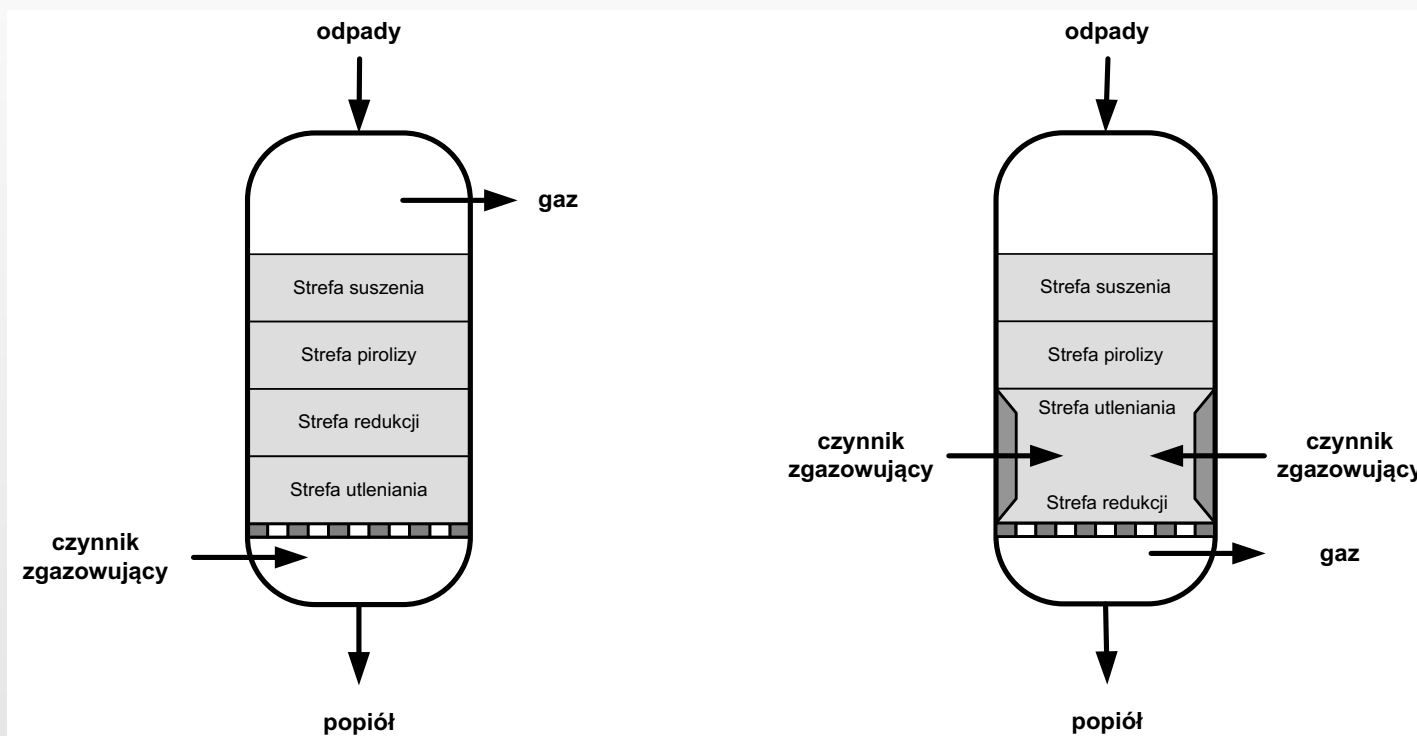


**Zgazowanie bezpośrednie  
(autotermiczne)**

**Zgazowanie pośrednie  
(alotermiczne)**

# Przegląd technologii – konwersja termiczna

## Złoże stałe

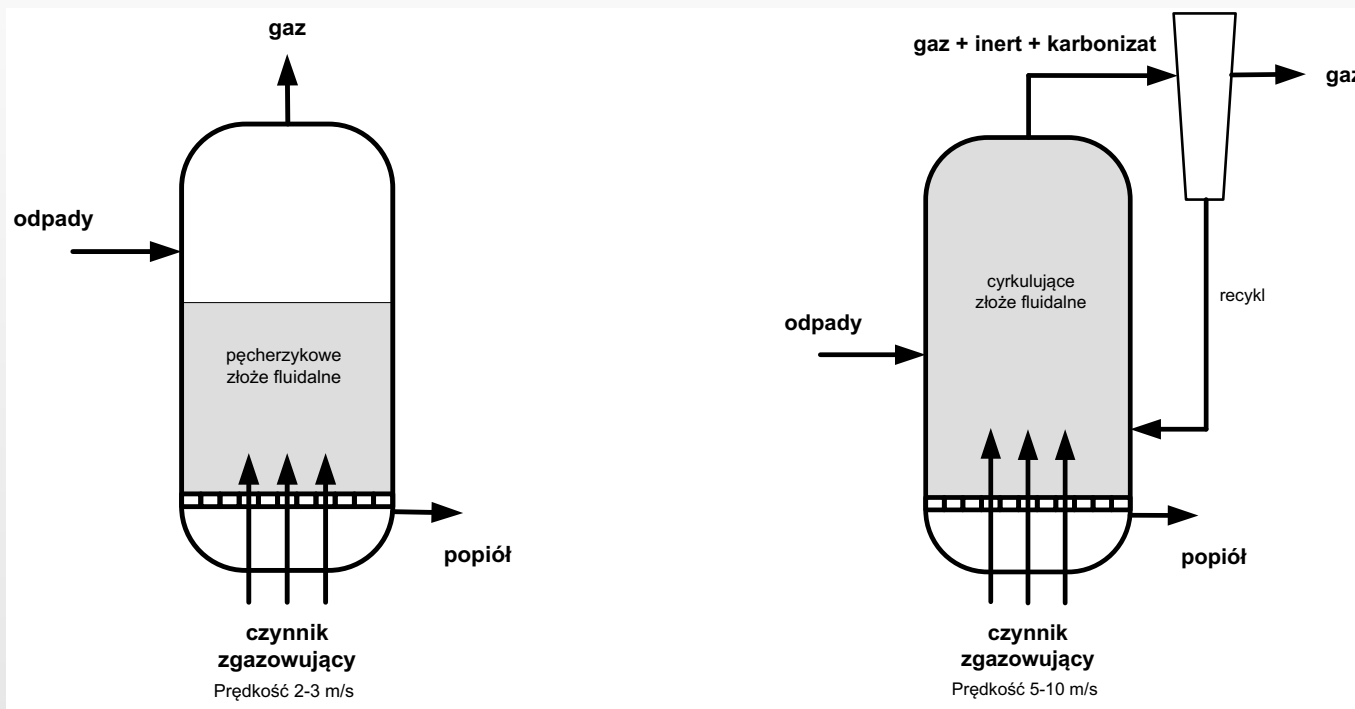


**Reaktor przeciwprądowy**

**Reaktor współprądowy**

# Przegląd technologii – konwersja termiczna

## Złoże fluidalne

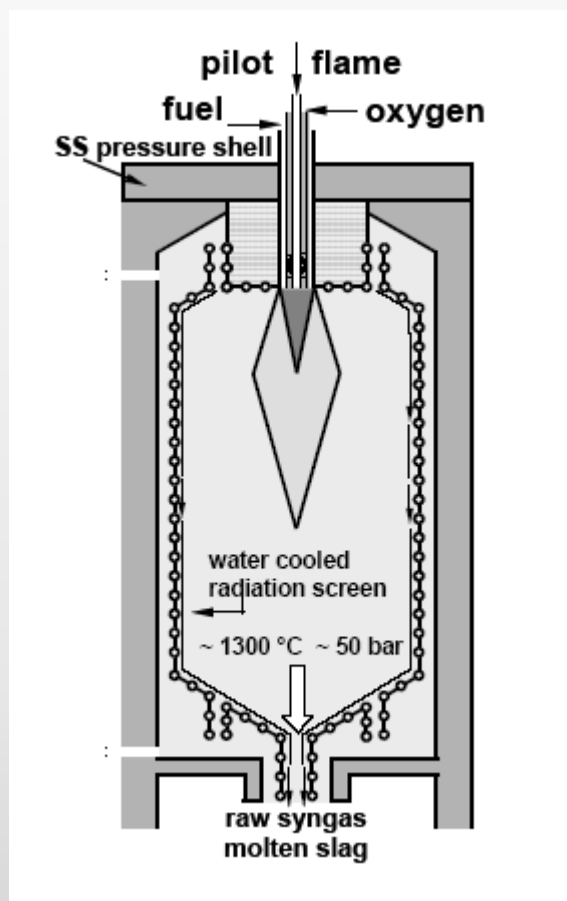
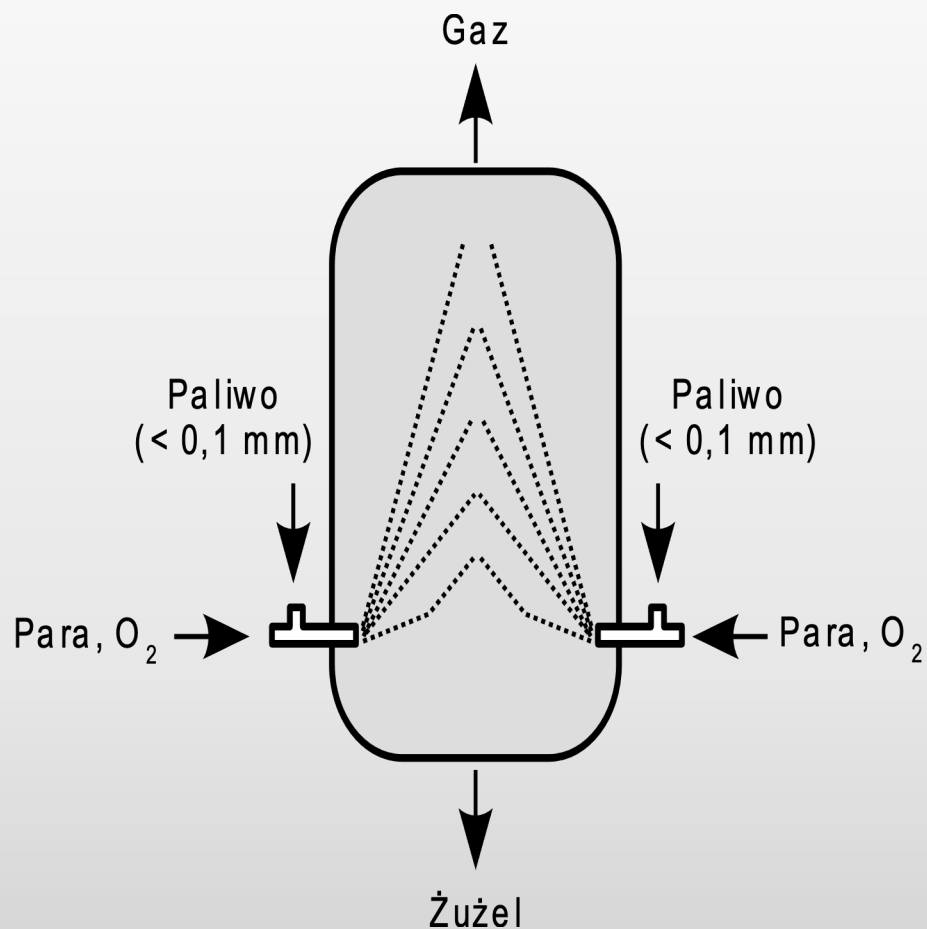


**Reaktor ze złożem pęcherzykowym**

**Reaktor ze złożem cyrkulującym**

# Przegląd technologii – konwersja termiczna

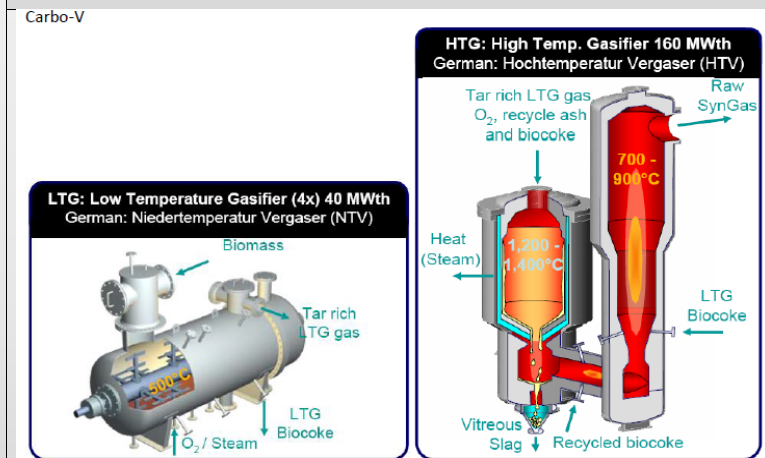
## Reaktor strumieniowy



# Przegląd technologii – konwersja termiczna

3.1.1.Freiburg			
<b>Lokalizacja:</b>	Freiburg, Choren β Plant, Niemcy,		
<b>Właściciel instalacji (inwestor):</b>	Siemens	<b>Kontakt:</b>	<a href="http://www.energy.siemens.com/hq/en/fossil-power-generation/fuel-gasifier/#content=Testcenter">http://www.energy.siemens.com/hq/en/fossil-power-generation/fuel-gasifier/#content=Testcenter</a>
<b>Źródło danych:</b>	Projekty: NNFCC, IEA		
<b>Typ zgazowarki:</b>	Zgazowarka strumieniowa, Carbo-V, Choren,		
<b>Moc:</b>	45MW <sub>t</sub> , 8,5MW <sub>t</sub> , 2,8 MW <sub>e</sub>		
<b>Paliwo:</b>	Zrębka drzewna / Odpady	<b>Status:</b>	Komercyjna
<b>Czynnik zgazowujący:</b>	Tlen i para wodna	<b>Układ oczyszczania gazu:</b>	Mokry, Selexo
<b>Wykorzystanie gazu:</b>	Poliprodukcja (ciepło, prąd, wodór), Biomass to Liquid		

**Opis:**



Przegląd technologii:

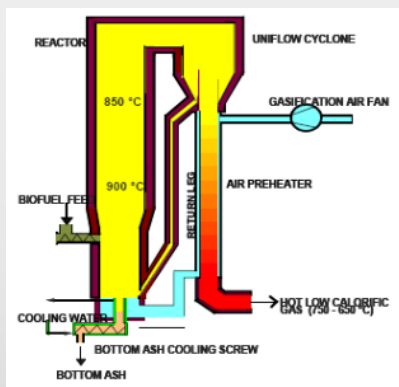
Stadia procesu:  
- Przetworzenie biomasy - mielenie i suszenie do 15% zawartości wilgoci, potarcie

Parametry:	
<b>Skala i produkcja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalacja Alfa: 1,000 odt/rok wkładu biomasy (=30dt/dzień biomasy przy 90% dyspozycyjności) – projektowe ~1MW<sub>t</sub> mocy w paliwie</li> <li>Instalacja Beta: 65,000 odt/rok wkładu biomasy (=1980dt/dzień biomasy), lub 45 MW<sub>t</sub> w paliwie. Wystarczy do produkcji 13,000 ton/rocz biodiesla "SunDiesel", co oznacza 21,8MW wyprodukowanego biodiesla - (zbudowana)</li> <li>Instalacja Sigma potrzebuje 1,000,000 odt/rok wkładu biomasy (=3,0440dt/dzień biomasy), lub 640MW<sub>t</sub></li> </ul>
<b>Sprawność (%)</b>	Sprawność generator na zimno wynosi 81.4%, całkowita sprawność ciepła 90,5% (Część ciepła wykorzystywana jest do suszenia paliwa)
<b>Właściwości paliwa:</b>	
<b>Główne paliwo:</b>	Głównie drewno: zrębka drzewna z lasów i plantacji, odpady tartaczne, drewno odpadowe. Instalacja Sigma będzie pracować na drewnie odpadowym z plantacji energetycznych, CHOREN od początku ustanowił kryterium odnawialności planowane jest osiągnięcie udziału przynajmniej 50% wierzby energetycznej
<b>Potencjalne paliwa:</b>	Inne potencjalne paliwa dla technologii Carbo-V to słoma przy maksymalnym udziale w mieszance 5-10 %, cała fabryka brykietuje mискantusa, odpad zbożowe,
<b>Możliwość przyjmowania surowca różniącego się w czasie:</b>	Nie, surowiec jest składowany by uniknąć takiej sytuacji
<b>Możliwość przyjmowania odpadów:</b>	Tylko odpady drzewne
<b>Konieczna obróbka wstępna:</b>	Suszenie, mielenie, mieszanie
<b>Właściwości surowca:</b>	15% zawartości wilgoci. W praktyce skład biomasy jest różny i może posiadać świeże drewno (35-50% wilgoci) lub drewno z upraw energetycznych (wierzby lub topola), odpady drzewne (15-45% wilgoci) lub drewno odpadowe/recykling (12-18% wilgoci) lub suszona słoma  Rozmiar paliwa 120x50x30 mm

# Przegląd technologii – konwersja termiczna

3.1.1.Lahti			
<b>Lokalizacja:</b>	Lahti, Finlandia		
<b>Partnerzy inwestycji:</b>	Kymijärvi power plant of Lahden Lämpövoima Oy	<b>Kontakt:</b>	<a href="http://www.lahtigasificaton.com/power-plant/power-plant-technology">http://www.lahtigasificaton.com/power-plant/power-plant-technology</a>
<b>Źródło danych:</b>	Projekt: NNFCC, SGC		
<b>Typ zgasowarki:</b>	Z cyrkulującym złożem fluidalnym		
<b>Moc:</b>	40-70MW, 7-23MW <sub>e</sub>		
<b>Paliwo:</b>	SRF	<b>Status:</b>	Komercyjna
<b>Czynnik zgasowujący:</b>	Powietrze	<b>Układ oczyszczania gazu:</b>	Brak
<b>Wykorzystanie gazu:</b>	Współspalanie w kotle na pył węglowy		
<b>Opis:</b>			

1997: Foster Wheeler atmospheric CFB



Instalacja składa się z reaktora, cyklonu separującego cyrkulujący materiał złoża od gazu oraz rur zawierającą materiał do dolnej części zgasowarki. Z cyklonu gaz procesowy kierowany jest do wstępnego podgrzewacza powietrza ulokowanego poniżej cyklonu.

Ciepło na potrzeby procesu dostarczane jest w sposób bezpośredni poprzez spalanie karbonizatu i fluidyzującym powietrzu.

Parametry:			
<b>Temperatura:</b>	900°C		
<b>Ciśnienie:</b>	Atmosferyczne		
<b>Właściwości paliwa:</b>			
<b>Główne paliwo:</b>	Kora, zrębki, pył oraz nie zanieczyszczone drewno odpadowe. RDF, plastiki, podkłady kolejowe i opony również zostały szczegółowo przebadane.		
<b>Możliwość przyjmowania odpadów:</b>	Tak		
<b>Konieczna obróbka wstępna:</b>	Suszenie nie jest konieczne – modyfikowano projekt by zniwelować problem nietypowych zanieczyszczeń (np. druty gwoździe)		
<b>Właściwości surowca:</b>	Wilgotność paliwa może wahać się w granicach 20-60%, zawartość popiołu zwykle wynosi ok. 1-2%		
Charakterystyka gazu i oczyszczanie:			
<b>Temperatura:</b>	700°C gazu na wyjściu z reaktora	<b>Halogenki (HCl, Br, F):</b>	
<b>Ciśnienie:</b>		<b>Zasady (Na, K):</b>	
<b>H<sub>2</sub>, CO (% obj.), stosunek:</b>	15-17% H <sub>2</sub> , 21-22% CO, stosunek 0,74	<b>Smoly:</b>	
<b>CO<sub>2</sub> (% obj.):</b>	10-11% CO <sub>2</sub>	<b>Węglowodory (metan, etan i wyższe):</b>	5-6% Metan
<b>H<sub>2</sub>O (% obj.):</b>		<b>Cząstki stałe (ppm i rozmiar, np.. popiół, sadza):</b>	
<b>Siarka (COS, H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>):</b>		<b>Inne obojętne (np. materiał złoża):</b>	
<b>Azot (N<sub>2</sub>, HCN, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>):</b>	46-47% N <sub>2</sub>	<b>Inne:</b>	
<b>Oczyszczanie gazu procesowego:</b>	Zestaw filtrów świecowych + wtrysk sorbentów wapniowo/sodowych		

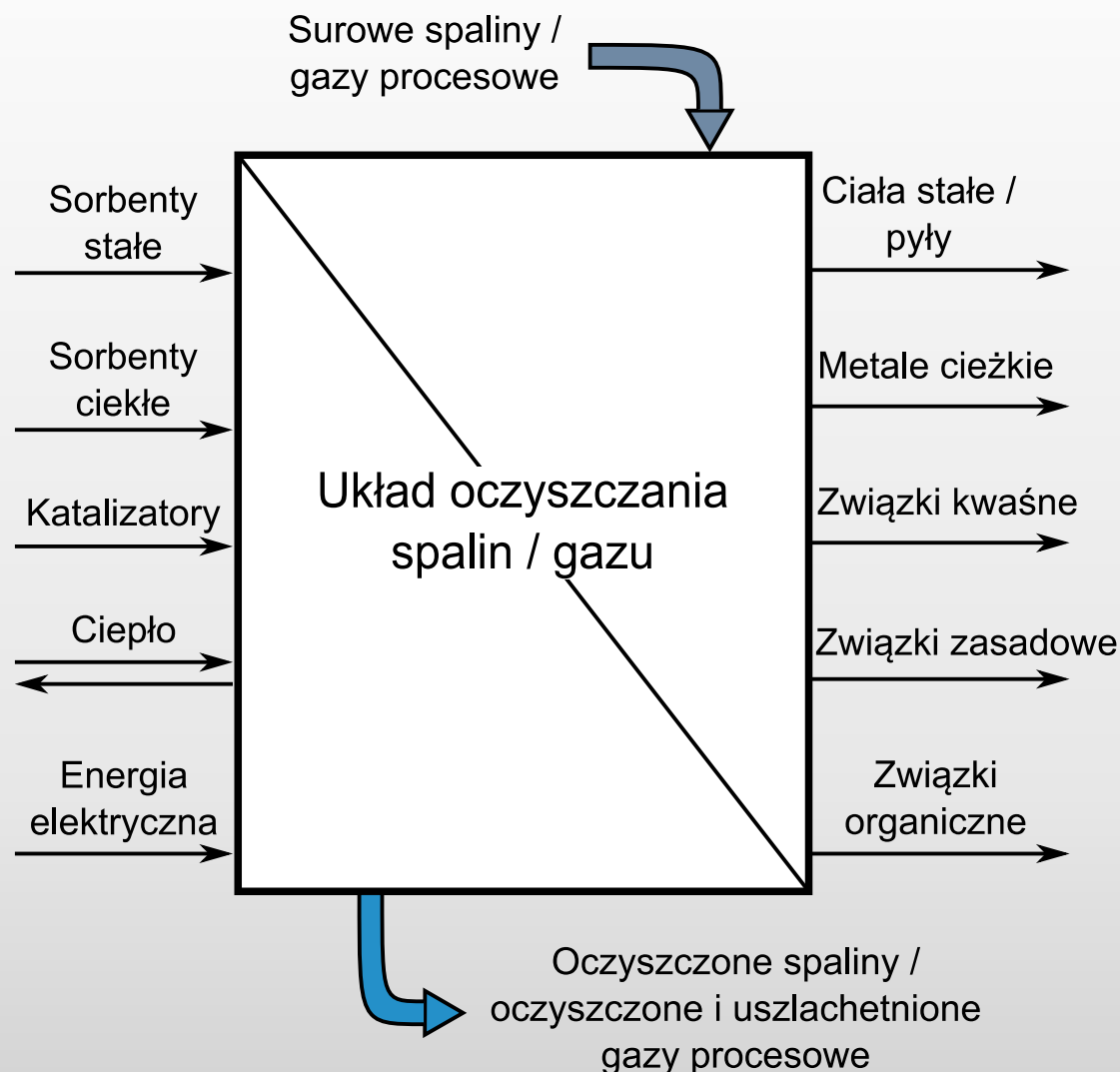
---

# Przegląd technologii - oczyszczanie spalin/gazu :





# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:



## Parametry technologiczne:

- Temperatura
- Ciśnienie
- Czas przebywania
- Reagenty
- ...

# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:

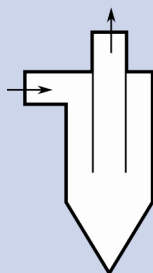
Spaliny	Gazy procesowe
<ul style="list-style-type: none"><li>• Strumień rozrzedzony <math>N_2</math>, <math>CO_2</math>, <math>O_2</math> – duża objętość, małe stężenia zw.</li><li>• Związki w formie utlenionej<ul style="list-style-type: none"><li>• Tlenki metali</li><li>• <math>NO_x</math></li><li>• <math>SO_x</math></li><li>• Dioksyny</li></ul></li><li>• Głównie lekkie związki organiczne (LZO) i CO<ul style="list-style-type: none"><li>• konieczność dopalenia przez odpowiednią pracę pieca</li><li>• usunięcie pozostałości mg÷ppm na węglu aktywnym</li></ul></li><li>• Możliwe tylko wykorzystanie <b>energetyczne</b> – ciepło, energia elektryczna, chłód</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mały strumień, wysokie stężenia zw.</li><li>• Związki w formach zredukowanych<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>H_2S</math>, COS, <math>CS_2</math>; HCl, HBr</li><li>• <math>NH_3</math></li><li>• <b>brak</b> dioksyn</li></ul></li><li>• Zawartość i charakterystyka smół stanowi główny problem techn.</li><li>• <b>Smoly</b> są cięższe i występują w stężeniach o rzędy wielkości wyższych niż w spalinach (g)<ul style="list-style-type: none"><li>• ryzyko kondensacji i koksowania</li></ul></li><li>• Największy potencjał wykorzystania pod kątem <b>syntezy</b> związków chemicznych</li></ul>



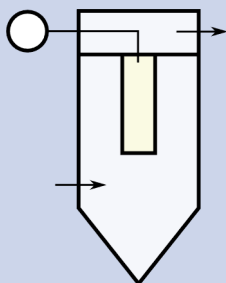
# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:

## Pył + metale ciężkie

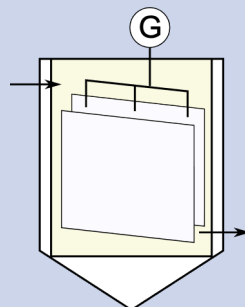
- Inercyjne
  - najprostsze
  - najniższa sprawność



- Barierowe
  - gazy gorące 1000- 260°C
  - gazy ciepłe <260°C
  - sprawność > 99,9%

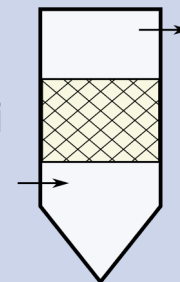


- Elektrofiltry
  - gazy gorące <500°C
  - sprawność 98-99%

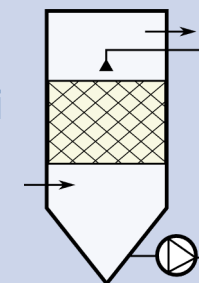


## Zw. kwaśne/zasadowe i organiczne

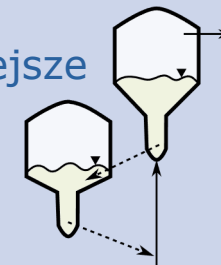
- Sorpcyjne suche
  - wysoka sprawność
  - konieczność regeneracji



- Sorpcyjne mokre
  - wysoka sprawność
  - konieczność regeneracji
  - gospodarka ściekami



- Katalityczne
  - teoretycznie najkorzystniejsze
  - zatrucie katalizatora



# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:

Dla gazów procesowych sposób końcowego wykorzystania determinuje wymagany poziom czystości i skład gazu, a przez to również optymalne sposoby jego oczyszczania i uszlachetniania

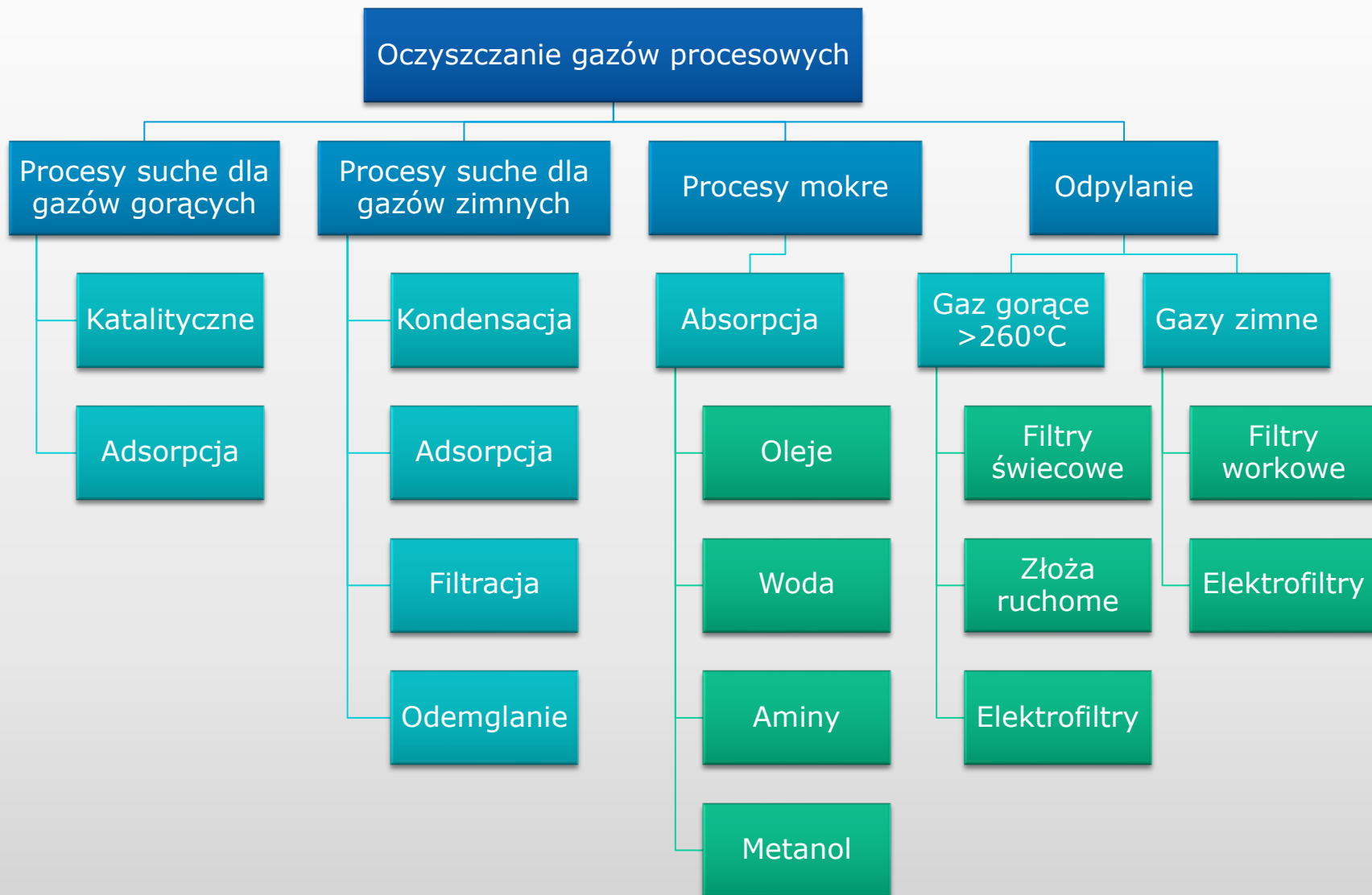
\*- /Nm<sup>3</sup>

*		pył	zw. kwaśne	zw. zasadowe	smoły
Spalanie gazu procesowego	piece	-	-	-	-
	silniki tłokowe i turbiny gazowe	< 5 mg	<1 mg		< 50 mg lub gaz suchy
	ogniwa paliwowe	~ppm (0,000001)			
Syngaz	synteza chemiczna: SNG, DME, paliwa, woski	~ppb (0,000000001)			

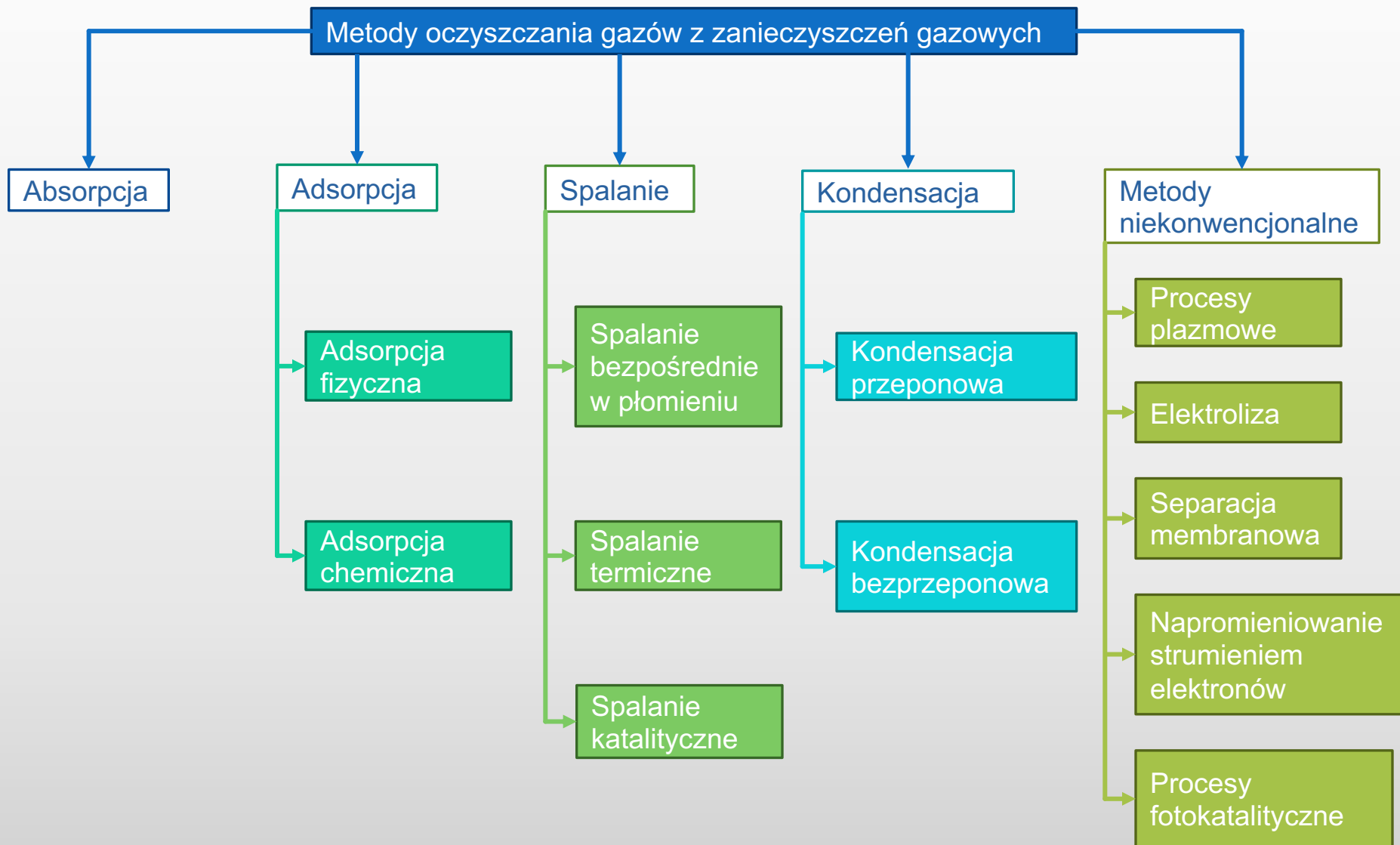
# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:

		pył	zw. kwaśne	zw. zasadowe	smoły
Spalanie gazu procesowego	piece	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inercyjne</li> <li>• filtry świecowe</li> </ul>	-	-	-
	silniki tłokowe i turbiny gazowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• filtry świecowe</li> <li>• filtry workowe</li> <li>• elektrofiltry</li> <li>• skrubery</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kondensacja</li> <li>• skrubery kwaśne i zasadowe</li> <li>• adsorbery węglowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kondensacja</li> <li>• skrubery wodne i olejowe</li> </ul>	
	ogniwa paliwowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• filtry świecowe</li> <li>• filtry workowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skrubery kwaśne i zasadowe</li> <li>• adsorbery węglowe</li> <li>• katalizatory</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• skrubery olejowe</li> <li>• adsorbery węglowe</li> <li>• katalizatory</li> </ul>	
Syngaz	synteza chemiczna: SNG, DME, paliwa, woski	<ul style="list-style-type: none"> <li>• j.w.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• jak powyżej lub dla bardzo dużej skali</li> <li>• absorpcja w kriogenicznym medium – np. metanolu (Rectisol, Selexol, etc.)</li> </ul>		

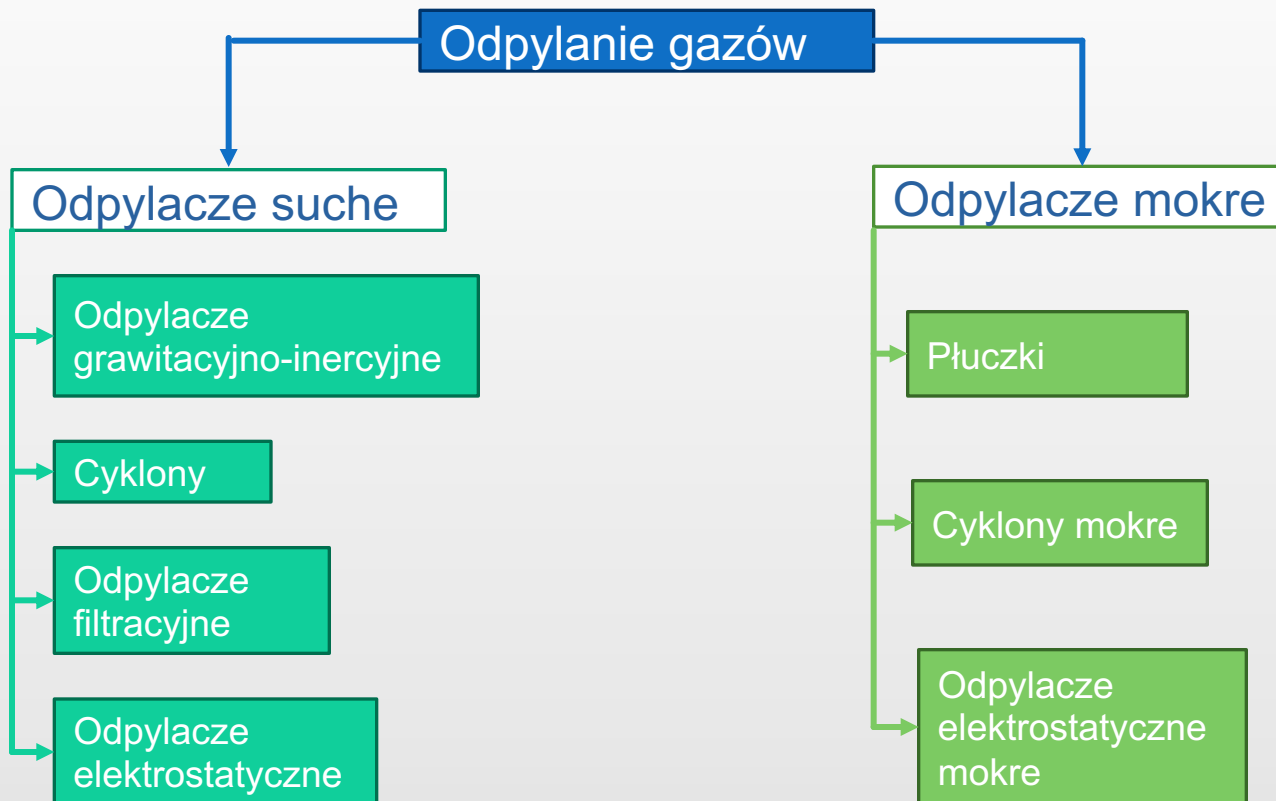
# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:



# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:



# Przegląd technologii – oczyszczanie spalin/gazu:





---

# Emisja ze spalarni odpadów :



# Emisja ze spalarni odpadów

Uzasadnione obawy mieszkańców  
vs.  
protesty „zawodowych ekologów”



**Czy ktoś słyszał o protestach mieszkańców wokół wybudowanych i oddanych do użytku (od roku 2015) nowych spalarni odpadów w Polsce ?**

# Emisja ze spalarni odpadów

---

## Obawy lokalnej społeczności:

- **Transport i logistyka odpadów przed spalaniem**

Zwiększony ruch drogowy, odory powstające podczas transportu i magazynowania odpadów, zaśmiecone pobocza dróg

- **Spadek wartości nieruchomości**

Nieruchomość usytuowana w blisko spalarni odpadów może mieć niższą wartość, niż w przypadku braku spalarni. Poczynając od daty wstępnej decyzji !

- **Obawy zdrowotne**

Zwiększone emisje szkodliwych substancji wynikające z źle zaprojektowanej instalacji oraz nieodpowiedniego nadzoru nad instalacją. Ryzyko braku egzekwowania zapisów pozwoleń i decyzji administracyjnych.

- **Polityka finansowa samorządu**

Czy nas na to stać? Przecież można zbudować nowy basen i szkołę za te same pieniądze !



# Emisja ze spalarni odpadów

---

- Czy chcemy płacić więcej za odbiór odpadów ?
- Czy chcemy mieć śmietnisko w pobliskim lesie ?
- Czy dopuszczamy spalanie odpadów w paleniskach domowych ?
- Czy chcemy płacić więcej za ciepło ?

**Oczywiście NIE !!!**



# Emisja ze spalarni odpadów

---

- Czy chcemy płacić więcej za odbiór odpadów ?
- Czy chcemy mieć śmietnisko w pobliskim lesie ?
- Czy dopuszczamy spalanie odpadów w paleniskach domowych ?
- Czy chcemy płacić więcej za ciepło ?

**Oczywiście NIE !!!**

**.... ale nie kosztem zdrowia naszego i naszych dzieci !!**



# Emisja ze spalarni odpadów

## Standardy emisyjne dla paliw stałych, mg/m<sup>3</sup>

	Węgiel	Biomasa	Odpady	Odpady
	6% O <sub>2</sub>		11% O <sub>2</sub>	6% O <sub>2</sub>
Pył	30	30	10	15
SO <sub>2</sub>	400	200	50	75
NO <sub>x</sub>	300	300	200	300

Standardy emisyjne dla nowych instalacji spalających biomasę i węgiel o mocy > 5 MW i < 50 MW

Dodatkowo, w ITPOK monitorowane są:

- Całkowity węgiel organiczny
  - HCl
  - HF
  - CO
- Metale ciężkie
- Dioksyny i furany

Dz. U. 2020 poz. 1860

# Emisja ze spalarni odpadów

Porównanie emisji z instalacji przemysłowych opalanych odpadami, węglem, olejem opałowym i gazem ziemnym

Paliwo	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
	kg/MWh		
Odpady	560,45	0,23	1,50
Węgiel	1 022,27	5,91	2,73
Olej opałowy	760,00	5,45	1,82
Gaz ziemny	515,91	0,05	0,77

J. O'Brien, Solid Waste Association of North America

# Emisja ze spalarni odpadów

---

Czy spalarnia odpadów emituje dużo CO<sub>2</sub> ?

- zwolnienie instalacji z udziału w systemie EU ETS
- odpady zawierają część biodegradowalną (ok 40%)

**Bilansowo ze spalarni odpadów emitujemy mniej CO<sub>2</sub> w przeliczeniu na jednostkę wytwarzanej energii użytecznej.**





# Emisja ze spalarni odpadów

## Emisja zanieczyszczeń z polskich spalarni odpadów komunalnych

Lp.	Parametr	Rzeszów	Białystok	Szczecin	Poznań	Konin	Wart. dop.
1	Pył całkowity TSP	2,00	2,15	0,35	4,59	3,29	10
2	Ditlenek siarki SO <sub>2</sub>	11,20	7,15	5,40	19,90	19,28	50
3	Tlenki azotu NO <sub>x</sub> jako NO <sub>2</sub>	145,60	74,85	132,50	176,13	155,84	200
4	Tlenek węgla CO	14,70	5,20	29,00	3,31	6,12	50
5	Suma związków organicznych jako TOC	1,24	0,35	1,20	0,34	0,29	10
6	Chlorowodór HCl	1,20	0,73	0,30	2,51	2,63	10
7	Fluorowodór HF	0,44	0,00	0,11	0,16	0,02	1
9	Rtęć j jej związki jako Hg	0,001	0,002	0,005	0,001	0,001	0,05
10	Kadm i Tal i ich związki jako Cd + Tl	0,023	0,018	0,020	0,001	0,011	0,05
11	Antymon, Arsen, Ołów, Chrom, Kobalt, Miedź, Mangan, Nikiel i Wanad i ich związki jako Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,080	0,007	0,070	0,094	0,134	0,5

Źródło: G. Wielgosiński

# Emisja ze spalarni odpadów

## Emisja PCDD/Fs ze spalarni

Lp.	Spalarnia	Ilość pomiarów	Wyniki pomiarów emisji PCDD/Fs (stężenia w ng/m <sup>3</sup> )				Średnia jako % wart. dop. (0,1 ng/m <sup>3</sup> )
			Minimum	Maksimum	Średnia	Mediana	
1	Białystok	11	0,000100	0,000100	0,004812	0,001700	4,81
2	Bydgoszcz	12	0,000190	0,021800	0,007091	0,002100	7,09
3	Konin	11	0,002320	0,016220	0,006122	0,005307	6,12
4	Kraków	10	0,001000	0,068000	0,012530	0,003150	12,53
		10	0,000900	0,049000	0,009840	0,004100	9,84
5	Poznań	12	0,000120	0,066000	0,012045	0,002649	12,04
		12	0,000030	0,053000	0,008570	0,002350	8,57
6	Rzeszów	6	0,005570	0,018000	0,008952	0,007000	8,95
7	Szczecin	6	0,000864	0,012000	0,004834	0,003844	4,83
		6	0,000779	0,029000	0,007256	0,002718	7,26
8	Warszawa	9	0,002200	0,082400	0,035600	0,020000	35,60

Źródło: G. Wielgoński

# Emisja ze spalarni odpadów

Wielkość stężenia przy zawartości 11% tlenu w gazach odlotowych (mg/m<sup>3</sup>), średnia 30-minutowa

Dane z dnia:  
02.03.2022 10:30

Linia 1

Pył

**0.100** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 30 mg/m<sup>3</sup>

Chlorowodór

**2.500** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 60 mg/m<sup>3</sup>

Fluorowodór

**0.000** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 4 mg/m<sup>3</sup>

Dwutlenek siarki

**8.900** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 200 mg/m<sup>3</sup>

Tlenek węgla

**9.900** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 100 mg/m<sup>3</sup>

Tlenki azotu

**141.000** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 400 mg/m<sup>3</sup>

Całkowity węgiel  
organiczny

**0.000** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 20 mg/m<sup>3</sup>

Linia 2

Pył

**0.090** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 30 mg/m<sup>3</sup>

Chlorowodór

**1.700** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 60 mg/m<sup>3</sup>

Fluorowodór

**0.000** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 4 mg/m<sup>3</sup>

Dwutlenek siarki

**12.000** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 200 mg/m<sup>3</sup>

Tlenek węgla

**9.550** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 100 mg/m<sup>3</sup>

Tlenki azotu

**132.100** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 400 mg/m<sup>3</sup>

Całkowity węgiel  
organiczny

**0.100** mg/m<sup>3</sup>

Standard emisyjny: 20 mg/m<sup>3</sup>

Standardy Emisyjne są zgodne z Rozporządzeniem Ministra Klimatu z dnia 24 września 2020 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz.U. 2020 poz. 1860) z późn. zm.



... tworzymy i wdrażamy technologie!

# Emisja ze spalarni odpadów

 Partnerzy

 Wirtualny spacer ZTPOK

 BYDGOSZCZ

 Do pobrania

 Galeria zdjęć

 Polityka i Certyfikaty

 Generacja Czystej Energii

 Multimedia

 Ochrona danych osobowych i polityka prywatności

**Śr. godz. emisje z ZTPOK za poprz. dobę [x/norma] + prod. energii:**

Dwutlenek siarki : 0,1 mg/Nm <sup>3</sup> / 50 mg/Nm <sup>3</sup>	Tlenek węgla : 1,2 mg/Nm <sup>3</sup> / 50 mg/Nm <sup>3</sup>	Dwutlenek azotu : 137,7 mg/Nm <sup>3</sup> / 200 mg/Nm <sup>3</sup>	Energia cieplna : 2349 GJ
Pył : 0,1 mg/Nm <sup>3</sup> / 10 mg/Nm <sup>3</sup>	Całkowity węgiel organiczny : 0 mg/Nm <sup>3</sup> / 10 mg/Nm <sup>3</sup>	Chlorowodór : 0 mg/Nm <sup>3</sup> / 10 mg/Nm <sup>3</sup>	Fluorowodór : 0 mg/Nm <sup>3</sup> / 1 mg/Nm <sup>3</sup>

 Pronatura

Copyright © Pronatura 2020  
Deklaracja dostępności

 Lubię to!  Udostępnić 5,4 tys. użytkowników lubi to. Wyprzedź swoich znajomych. 

<https://khk.krakow.pl/pl/ekospalarnia/emisja/>  
<http://www.pronatura.bydgoszcz.pl/>

... tworzymy i wdrażamy technologie!

---

# Podsumowanie :

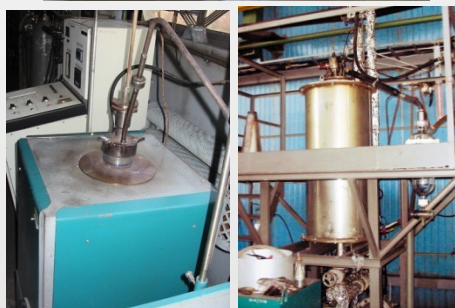


# Podsumowanie

Skala mikro  
[...mg]



Skala laboratoryjna [...g]



Skala pilotowa  
[... kg]

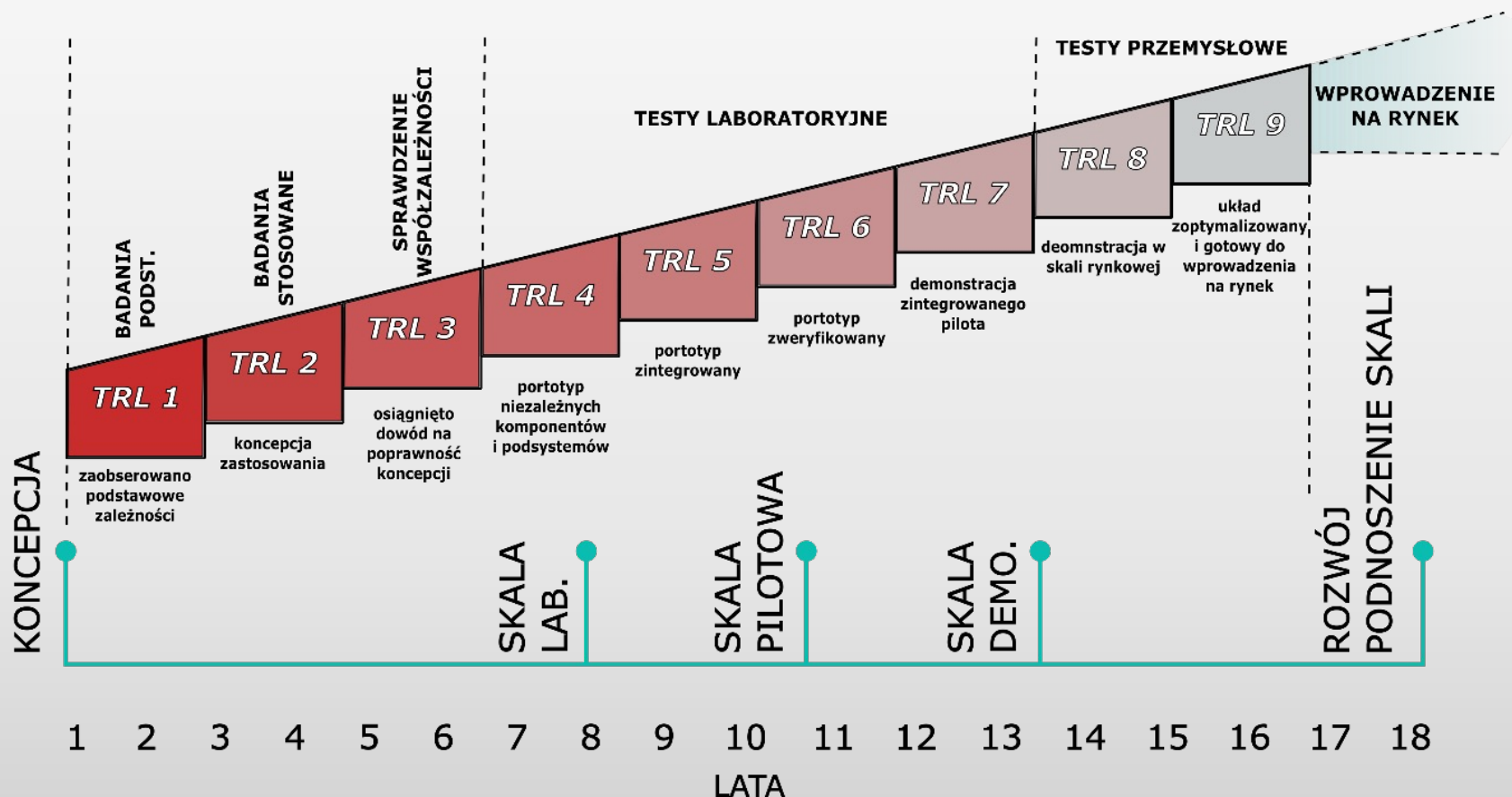


Skala demo  
[...Mg]



# Podsumowanie

## Skala dojrzałości technologii - TRL vs. średni czas rozwoju technologii konwersji odpadów



# Podsumowanie

---

- ❑ Bez powszechnego wdrożenia procesów odzysku energii z RDF nie rozwiążemy problemu zagospodarowania odpadów komunalnych w Polsce
- ❑ Prawidłowo wybudowana spalarnia odpadów jest w pełni bezpieczna dla zdrowia mieszkańców i stanu środowiska.
- ❑ Standardy emisyjne dla spalania odpadów są bardzo ostre – stąd inwestycja jest znacznie droższa od budowy klasycznej ciepłowni na paliwo kopalne.
- ❑ Kluczowe decyzje – ważne dla lokalnej społeczności - winny być podejmowane wyłącznie na podstawie rzetelnej analizy problemu opartej na niepodważalnych faktach naukowych.





# Podsumowanie

---

W każdej lokalnej społeczności pojawią się ludzie przekonani, że:

- monitoring emisji on-line to oszustwo i „pic na wodę”,
- ... a w nocy to wyłączają filtry dla oszczędności
- dzieci chorują, bo słyszałam, że córka Kowalskiej ....
- ceny i tak będą rosły
- wszędzie śmierdzi, a samorząd bierze pieniądze i nic nie robi ....

## **Warunek sukcesu:**

**Inwestycja w spalanie RDF jest bezpieczna i opłacalna, lecz wymaga konsensusu społecznego, a następnie odważnych i przemyślanych decyzji oraz najczęściej .... wsparcia finansowego.**



# Podsumowanie

---

**We współczesnym  
cywilizowanym świecie  
odzysk energii z odpadów  
staje się koniecznością –  
i nie stoi w sprzeczności z  
zasadami GOZ !!!**



# INSTYTUT TECHNOLOGII PALIW I ENERGII

ul. Zamkowa 1 • 41-803 Zabrze

E-mail: [office@itpe.pl](mailto:office@itpe.pl)  
Internet: [www.itpe.pl](http://www.itpe.pl)

## Zapraszamy do współpracy.

Telefon: **32 271 00 41**  
Fax: **32 271 08 09**



NIP: **648-000-87-65**  
Regon: **000025945**  
KRS: **0000138095**



... tworzymy i wdrażamy technologie!

 **INSTYTUT TECHNOLOGII  
PALIW I ENERGII**