

KAMIL JANIAK

NA DRODZE DO ZEROENERGETYCZNOŚCI OCZYSZCZALNI

Politechnika Wrocławska

GRUDZIEŃ, 2025



Plan prezentacji

1. Teoria
2. Optimalizacja istniejących procesów
3. Fermentacja
4. Fotowoltaika
5. Organiczny cykl Rankina
6. Turbiny wodne

Teoria

Zanieczyszczenia jako surowce

Związki organiczne, azot i fosfor

Związki organiczne (C)

⇒ energia chemiczna

Azot

Fosfor

Związki organiczne

⇒ wartości nawozowe

Zanieczyszczenia jako surowce

Związki organiczne, azot i fosfor

Związki organiczne (C)

⇒ energia chemiczna

Azot

Fosfor

Związki organiczne

⇒ wartości nawozowe

Zanieczyszczenia jako surowce

Wartość energetyczna ChZT

~3.9 kWh / kg ChZT

Zanieczyszczenia jako surowce

Ilość energii zgromadzonej w ściekach – oczyszczalnia 100 000 RLM

Związki organiczne
(energia chemiczna)

43 MWh/d

$\approx 7 \times$

Średnie zużycie energii elektr. w oczyszczalni

>6 MWh/d

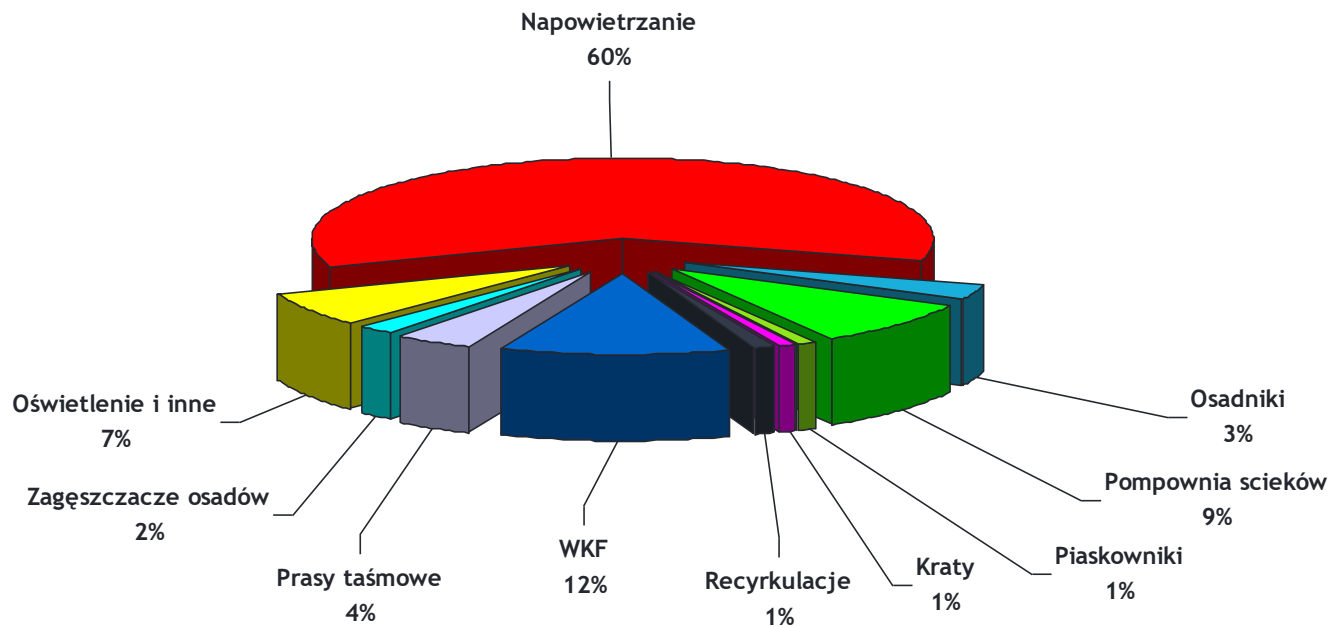
Wniosek

Energia chemiczna związków organicznych jest większa niż zapotrzebowanie na energię oczyszczalni ścieków.

Optymalizacja istniejących procesów

Optimalizacja pracy oczyszczalni

Główne źródła zużycia energii - przykład



Optymalizacja pracy oczyszczalni

Możliwości

Działanie	Szacunkowa oszczędność [% wartości wyjściowej]
Optymalizacja systemów pompowych	10÷30
Zastosowanie silników o wysokiej sprawności	5÷10
Dostosowanie wydajności maszyn do obciążenia	10÷15
Regularne przeglądy energetyczne	10÷20
Monitorowanie zużycia energii w czasie rzeczywistym	5÷10
Oświetlenie, ogrzewanie i klimatyzacja budynków	10÷15
Inne...	-
Średnio	10÷20

Fermentacja

Granice dla procesu fermentacji

Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Granice technologiczne

Parametr	Wartość	Jedn.	Źródło
Przepływ	min. 5 000 (przy liczbie mieszkańców > 20 000)	m ³ /d	J. Bień: „Osady ściekowe: Teoria i praktyka” wyd. II (2007)
Przepływ	10 000	m ³ /d	J. Oleszkiewicz: „Gospodarka osadami – Poradnik decydenta” (1998)
Przepływ	15 000 – 20 000	m ³ /d	E. Kalinowska i in.: „Zasady i praktyka oczyszczania ścieków” (2008)
Przepływ	18 000	m ³ /d	K. Miksch i in.: „Biotechnologia ścieków” (2010)
Wielkość oczyszczalni	ok. 17 000 (przy założeniu budowania całkowicie nowej oczyszczalni)	RLM	A. Wójtowicz i in.: „Modelowe rozwiązanie w gospodarce osadowej” (2013)
Wielkość oczyszczalni	>15 000 (niekwestionowana opłacalność > 25 000)	RLM	W. Gragel, Biuro Inżynierskie Schlegel GmbH & co. Kg Monachium, dla obwiązujących (w 2011 r) uwarunkowań prawnych i ekonomicznych w Niemczech
Wielkość oczyszczalni	31 000 (gdy przekształcane są osady wstępne i nadmierne)	RLM	A. Halicka: „Zakres stosowalności tlenowej i beztlenowej stabilizacji osadów pochodzących z komunalnych oczyszczalni ścieków” (2008) praca doktorska
Wielkość oczyszczalni	35 000 (gdy stabilizacji podawany jest tylko osad po biologicznym oczyszczeniu)	RLM	Z. Heidrich i A. Witkowski: „Urządzenia do oczyszczania ścieków” (2015)
Wielkość oczyszczalni	100 000	RLM	Przekonanie (błędne!!) wielu eksploatorów do ok. 2013 r.

Na podstawie prezentacji: „Klasyczny” czy „kompaktowy”? Jak optymalnie dobrać węzeł fermentacji osadów ściekowych?

19. Konferencja METODY ZAGOSPODAROWANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH Uniejów

Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Granice technologiczne

Dla obiektów powyżej 25 000RLM budowa fermentacji jest w pełni realna

Dla obiektów do 15 000 RLM pozyskanie dodatkowych odpadów spoza oczyszczalni może być niezbędne.

Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Przykłady



**Pucka / Władysławowo:
135 000 RLM w sezonie
45 000 RLM poza sezonem**

Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Przykłady

Jarocin

~46 000 mieszkańców



Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Przykłady

Bolesławiec

~37 000 mieszkańców

90 000RLM (projekt)



Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Przykłady



Oleśnica:
~35 500 mieszkańców

Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Przykłady



**Strzegom:
~27 000 mieszkańców**

Na jakich oczyszczalniach warto budować fermentację

Przykłady

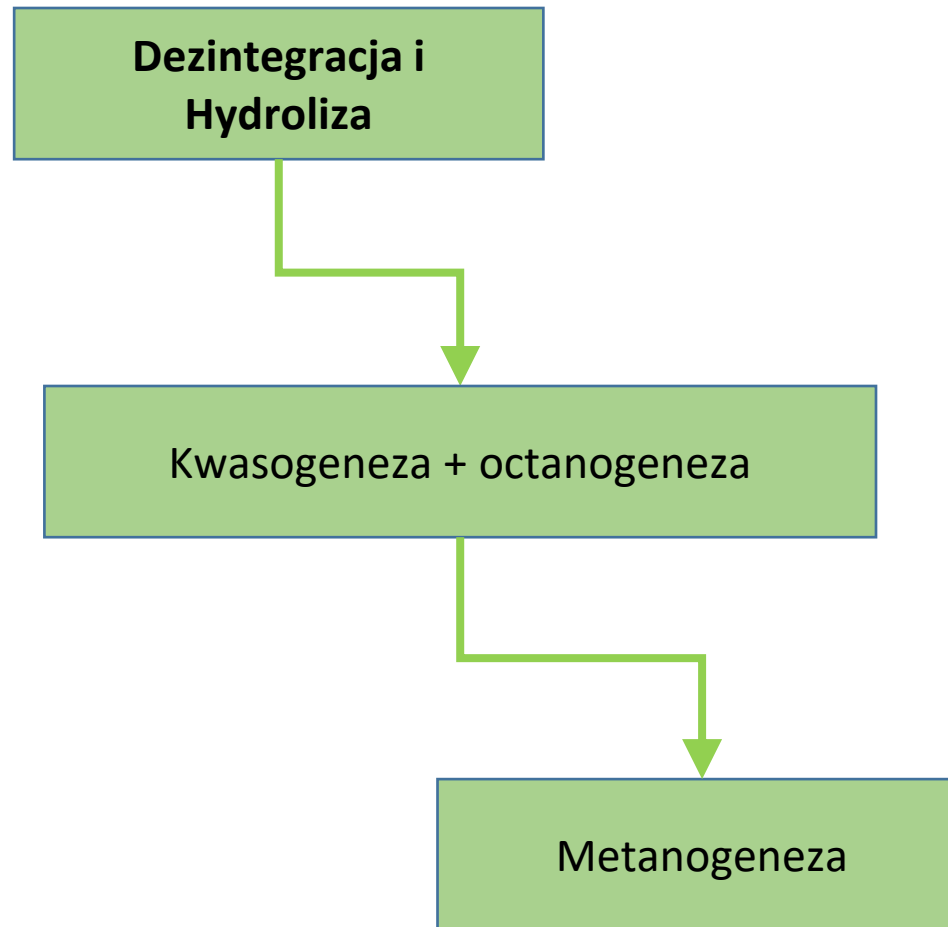


Jawor:
~21 000 mieszkańców

Podstawy procesu fermentacji

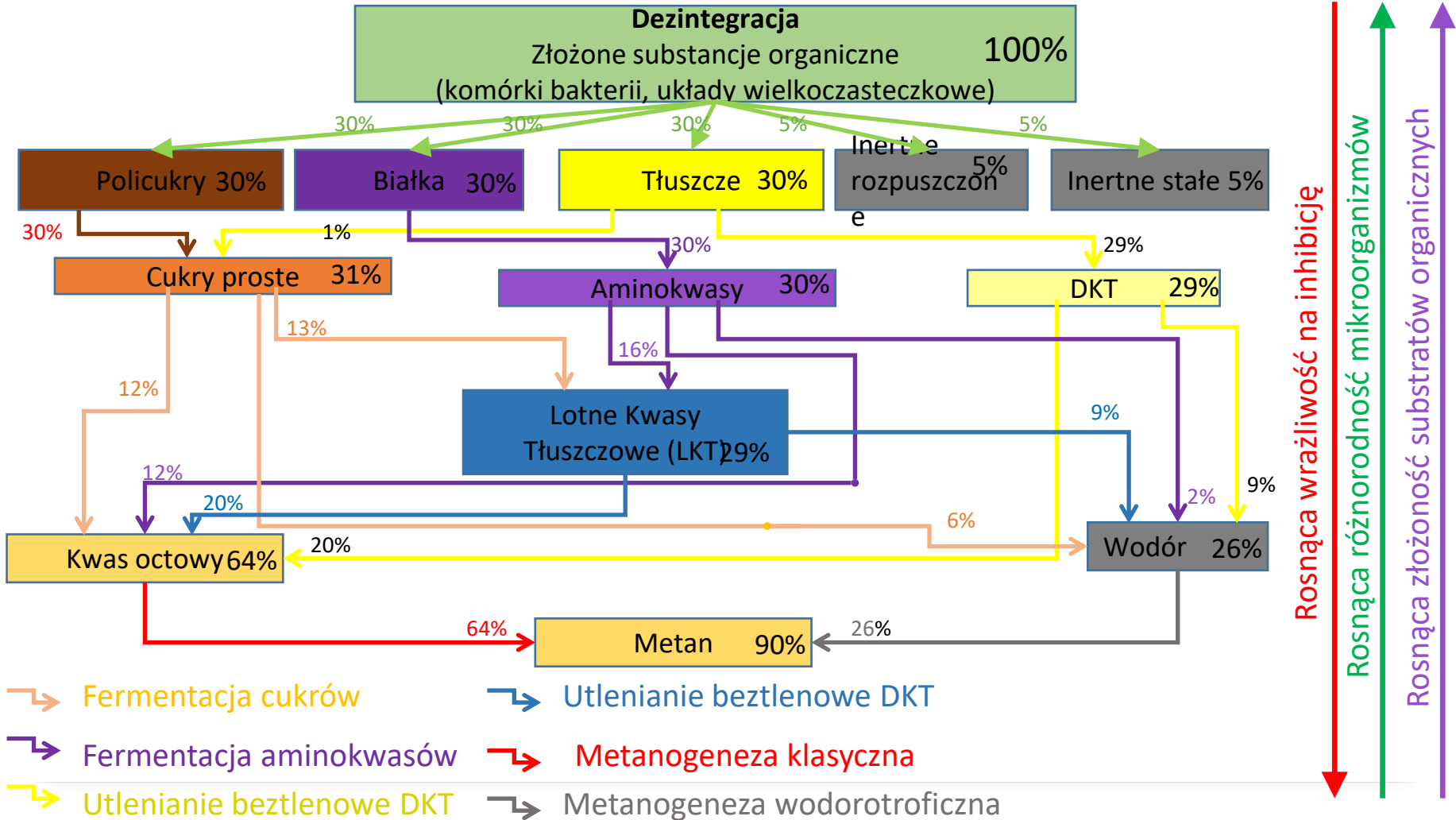
Podstawy procesu fermentacji

Przebieg procesu



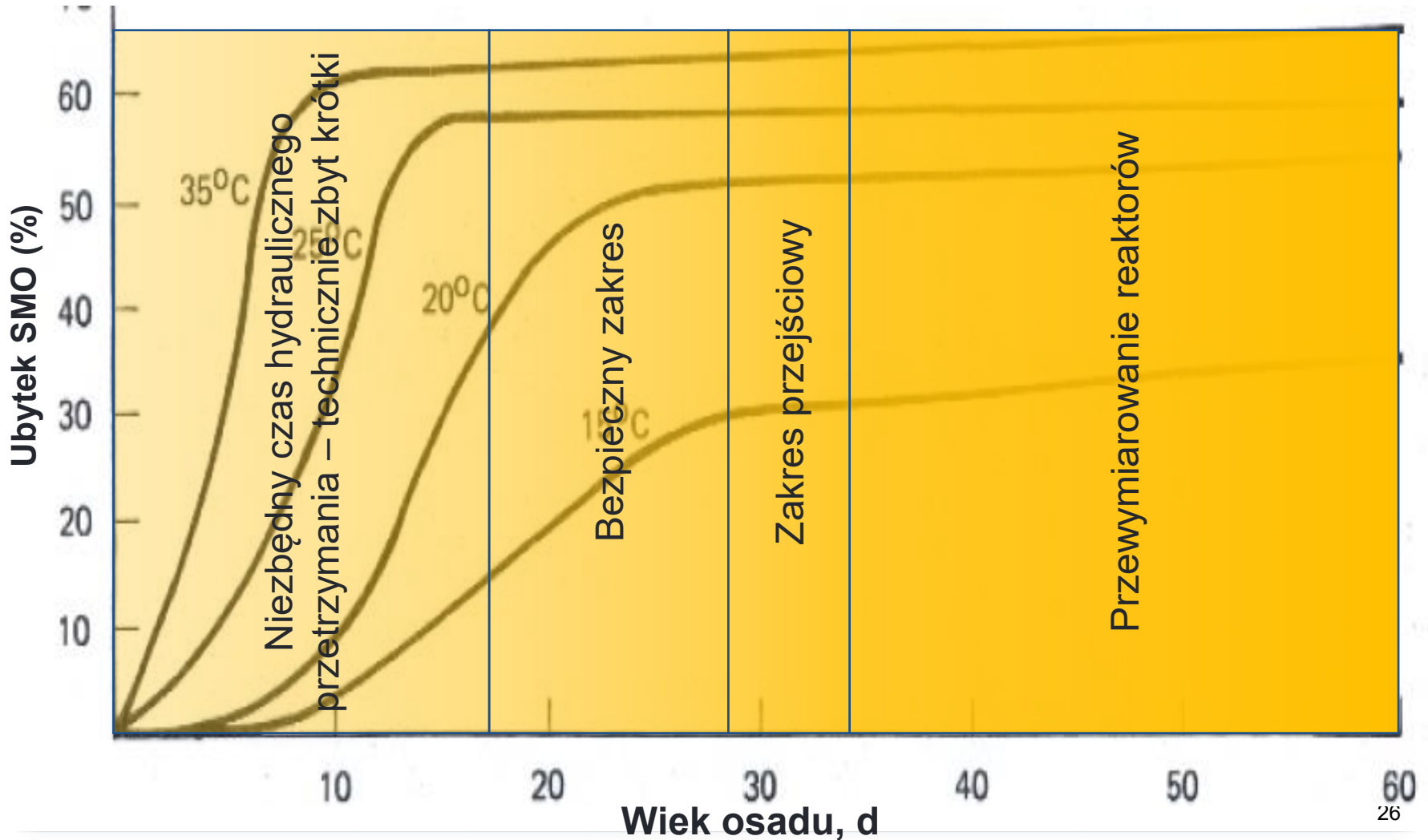
Podstawy procesu fermentacji

Przebieg procesu



Komory fermentacyjne

Czas przetrzymania

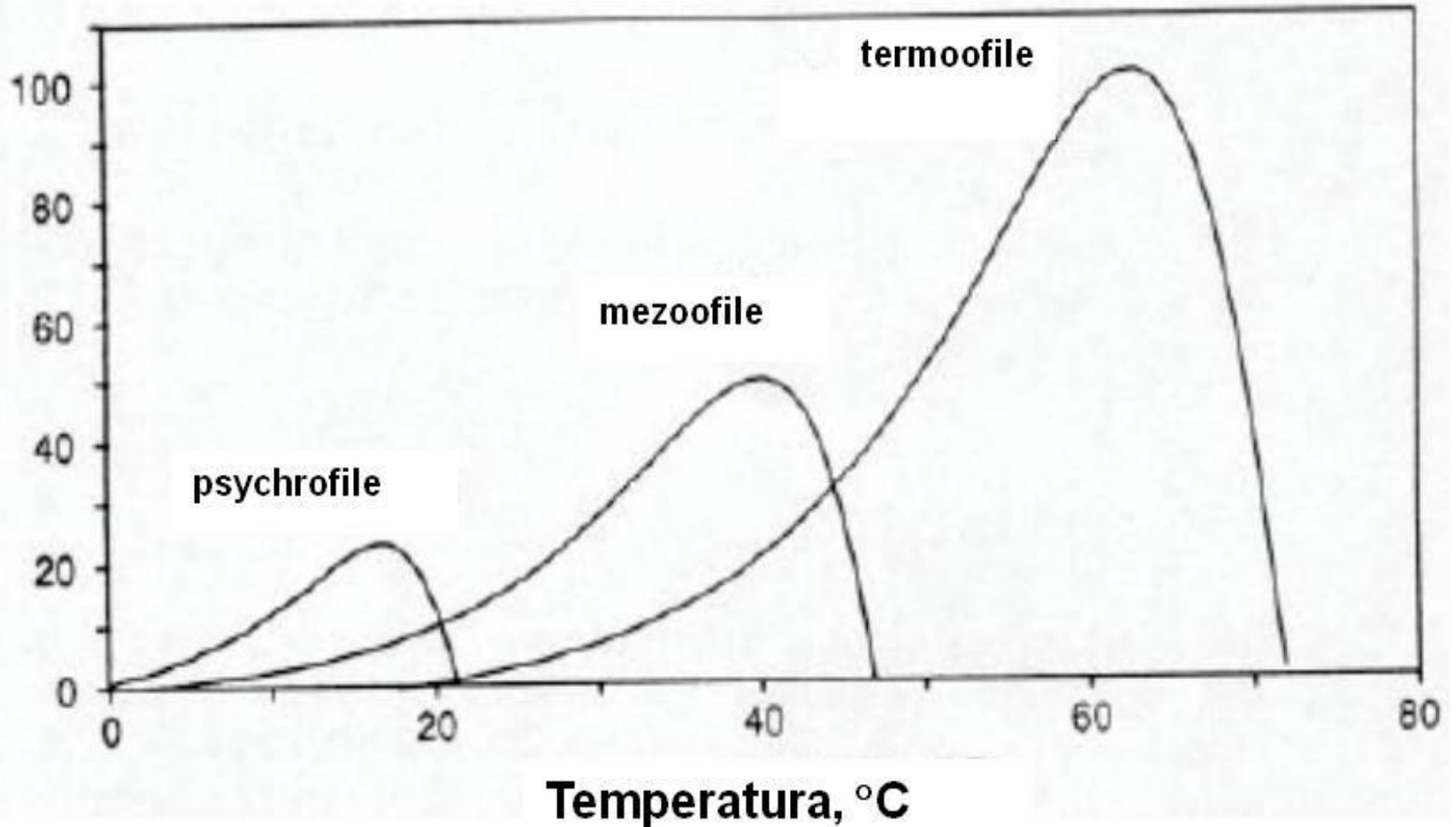


Kluczowe jest możliwie poprawne określenie przyszłych ilości osadów

Komory fermentacyjne

Temperatura

Wskaźnik przyrostu metanogenów [%]



Komory fermentacyjne

Temperatura

Proces psychrofilowy 10-20°C

- Otwarte komory fermentacyjne (OKF)
- Małe i średnie obiekty

Proces mezofilowy 32-37°C

- Zamknięte komory fermentacyjne (WKF)
- Duże i średnie obiekty

Proces termofilowy 50-55°C

- Zamknięte komory fermentacyjne (WKF)
- Duże obiekty
- Mała liczba obiektów

Wrażliwość procesu na inhibicję
(głównie azot amonowy)

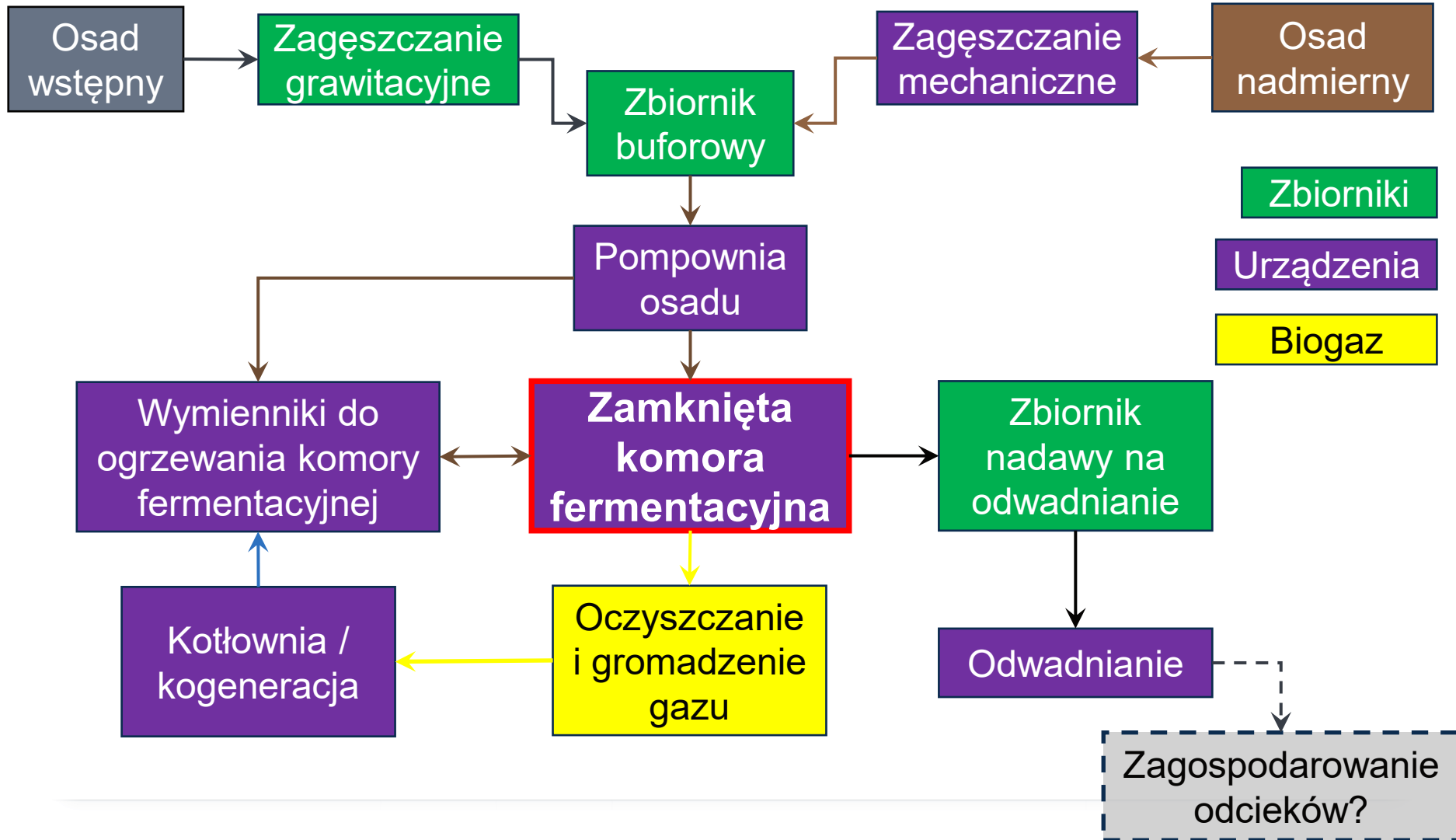
Stabilność procesu fermentacji

Niezbędna kubatura
(czas hydraulicznego przetrzymania)

Co jest potrzebne do węzła fermentacji

Elementy węzła fermentacji

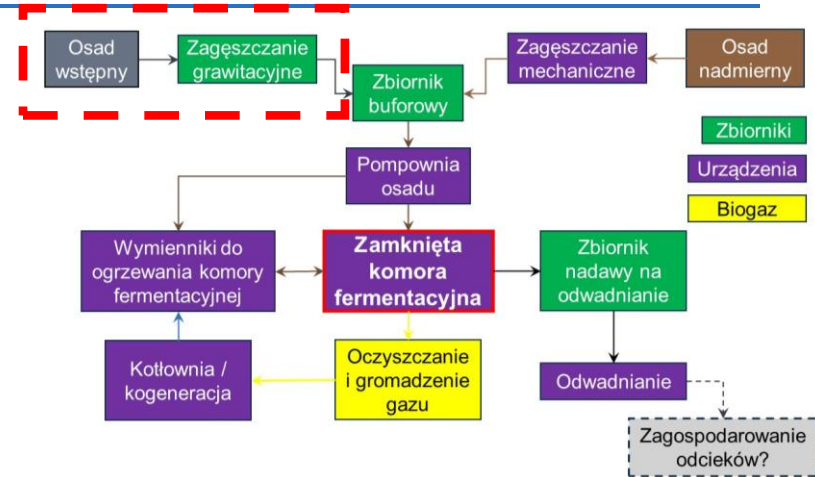
Schemat procesu



Osad wstępny

Czy potrzebny jest osadnik wstępny?

- Osad wstępny odpowiedzialny jest za znaczną część produkcji gazu
- **Produkcja gazu to około $0,14\text{m}^3/\text{m}^3$ ścieków**
- Niezbędna jest budowa osadnika wstępnego



Osadnik wstępny może być sposobem na modernizację oczyszczalni

Budowa osadnika wstępnego pozwala zmniejszyć ładunek do bloku biologicznego.
Ewentualna obawa o denitryfikacji powinna zostać rozwiązana „aktywną” eksploatacją osadnika

Założenia

- Jednostkowa produkcja metanu to: $0,4\text{dm}^3\text{CH}_4/\text{gSMO}$
- Udział metanu w gazie 60% (ostrzone założenie)
- Produkcja gazu $0,66\text{dm}^3/\text{gSMO}$
- Udział organiki w osadzie wstępnym 75%
- Produkcja gazu $0,311\text{dm}^3/\text{gSM}$ – osadu wstępnego
- Zawartość zawiesin w ściekach surowych: $500\text{gSM}/\text{m}^3$
- Efektywność separacji w osadniku wstępnym 70%
- Ilość zawiesin w osadniku wstępnym $350\text{gSM}/\text{m}^3$ ścieków
- **Produkcja gazu $140\text{dm}^3/\text{m}^3$ ścieków = $0,14\text{m}^3/\text{m}^3$ ścieków**

Osad wstępny

Czy potrzebny jest osadnik wstępny?



Przykład: Jelcz-Laskowice

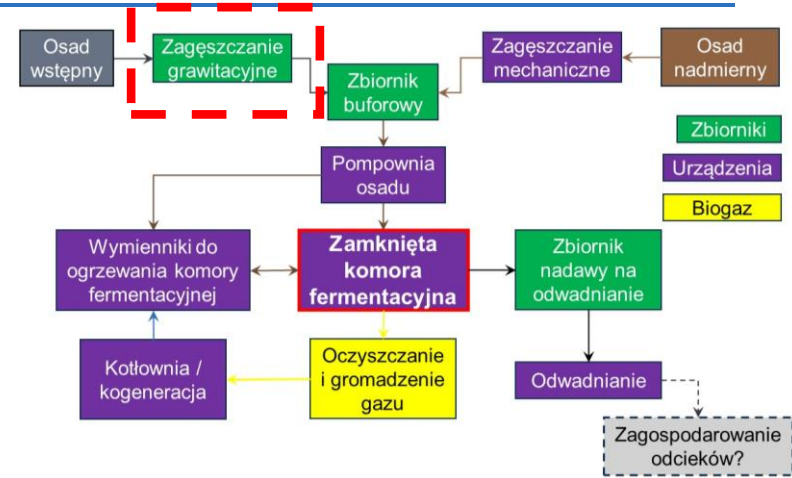
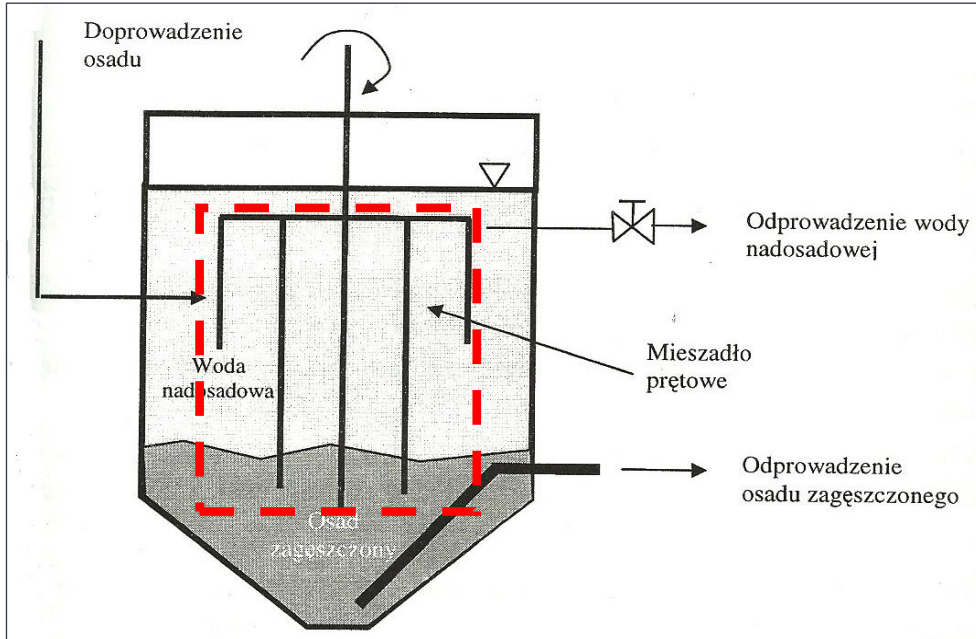
Oczyszczalnia przez lata eksploatowana bez osadnika wstępnego.

Wzrost ładunku na dopływie względem pierwotnego projektu (2000r) o 100%

Z uwagi na budowę osadnika wstępnego wystarczyła budowa jedynie nowej komory beztlenowej

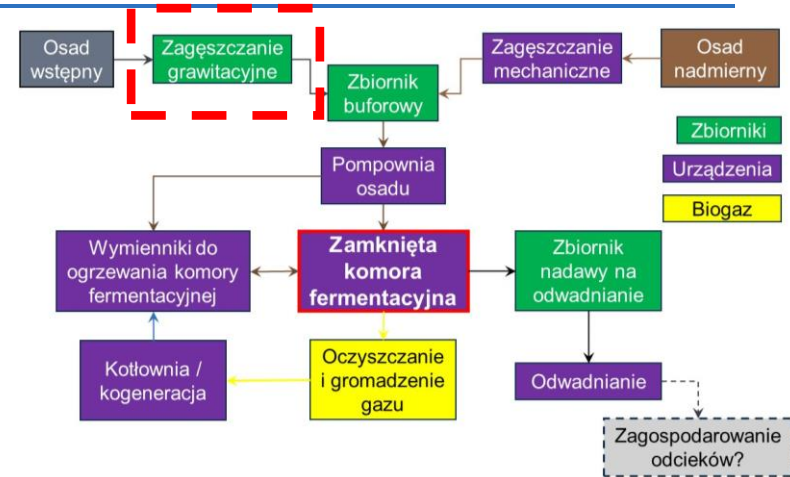
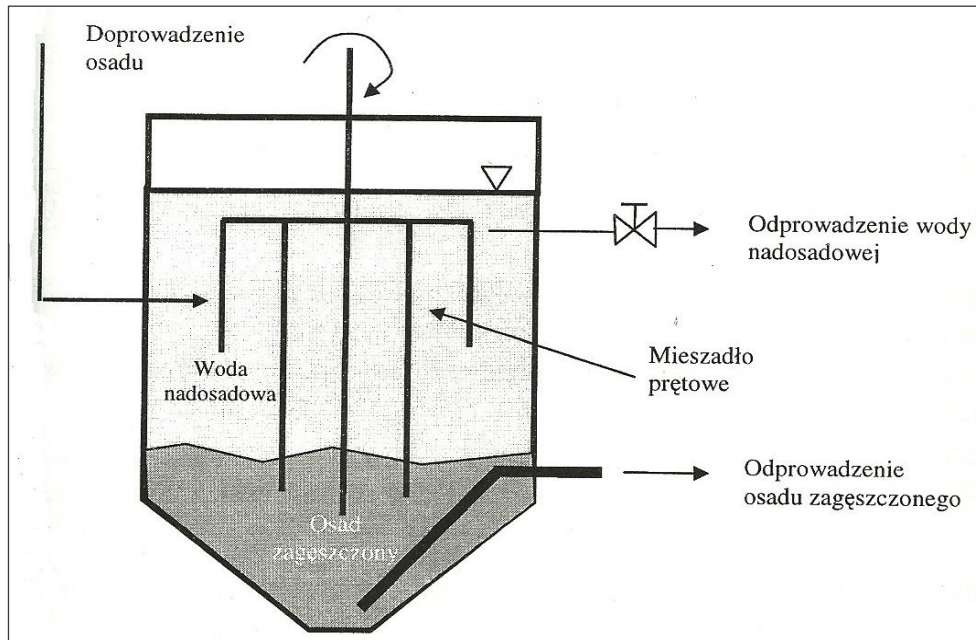
Osad wstępny

Zagęszczacz grawitacyjny



Osad wstępny

Zagęszczacz grawitacyjny



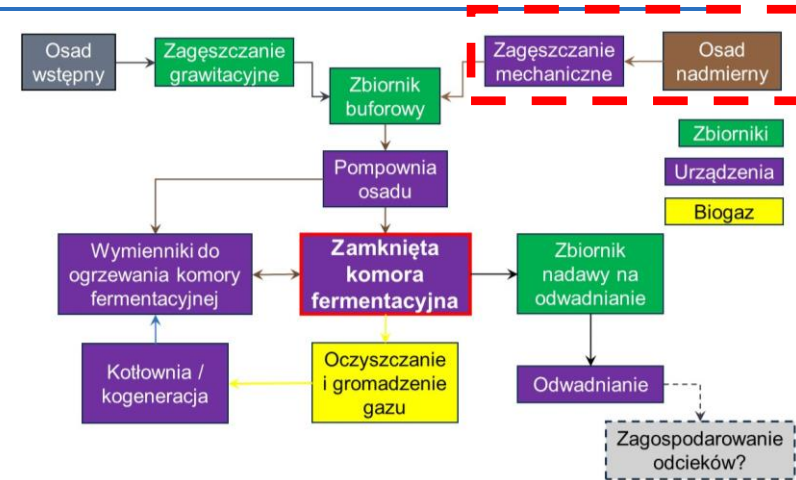
Zagęszczacz grawitacyjny może generować odory

W przypadku spodziewanych problemów po stronie pojawiania się odorów i możliwych protestów ten obiekt powinien być hermetyzowany jako jeden z pierwszych

Osad nadmierny

Instalacja osadu nadmiernego

- Osad nadmierny z punktu widzenia komory fermentacyjnej jest balastem
- Jednak to on powinien być głównie stabilizowany
- Ten węzeł zwykle jest na oczyszczalni
- Należy zapewnić odpowiednie zagęszczenie osadu aby nie wprowadzać do komory fermentacyjnej wody
- **Produkcja gazu to około $0,038\text{m}^3/\text{m}^3$ ścieków**



Założenia

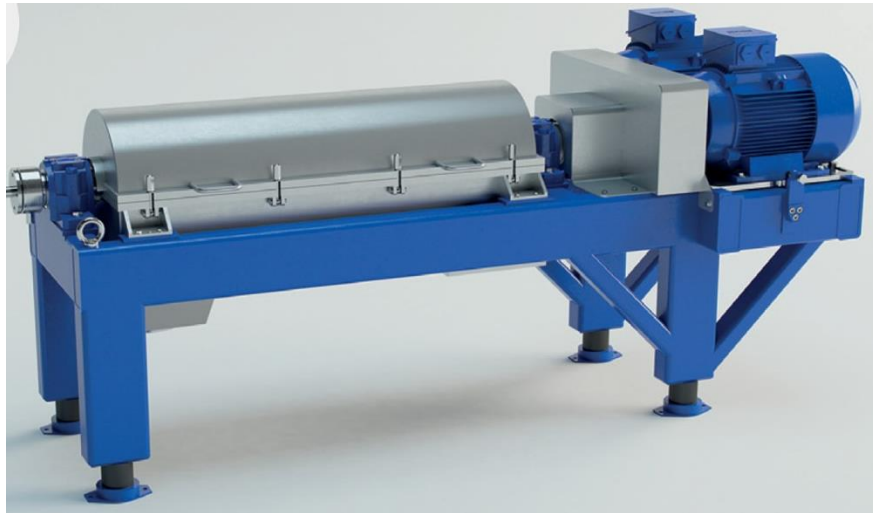
- Jednostkowa produkcja metanu to: $0,150\text{dm}^3\text{CH}_4/\text{gSMO}$
- Udział metanu w gazie 60% (ostrzone założenie)
- Produkcja gazu $0,25\text{dm}^3/\text{gSMO}$
- Udział organiki w osadzie wstępnym 70%
- Produkcja gazu $0,175\text{dm}^3/\text{gSM}$ – osadu nadmiernego
- Efektywność separacji zawiesin w osadniku wstępnym 70%
- Efektywność separacji BZT_5 w osadniku wstępnym 30%
- Zawartość zawiesin w ściekach do bloku biologicznego: $150\text{gSM}/\text{m}^3$
- Zawartość BZT_5 w ściekach do bloku biologicznego: $315\text{gSM}/\text{m}^3$
- Przyrost osadu $0,7\text{gSM}/\text{BZT}_5 \rightarrow 220\text{gSM}/\text{m}^3$ ścieków
- **Produkcja gazu $38\text{dm}^3/\text{m}^3$ ścieków = $0,038\text{m}^3/\text{m}^3$ ścieków**

Osad nadmierny

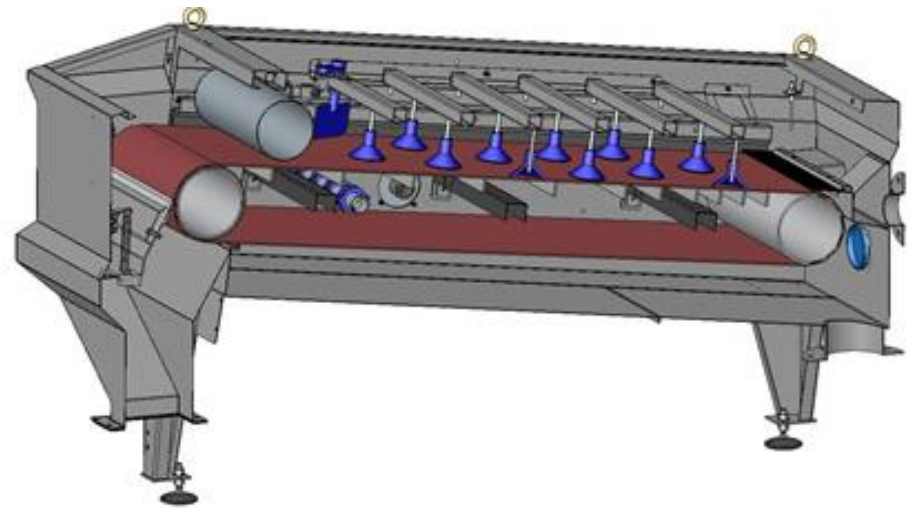
Instalacja osadu nadmiernego

Sposoby odwadniania

Wirówka

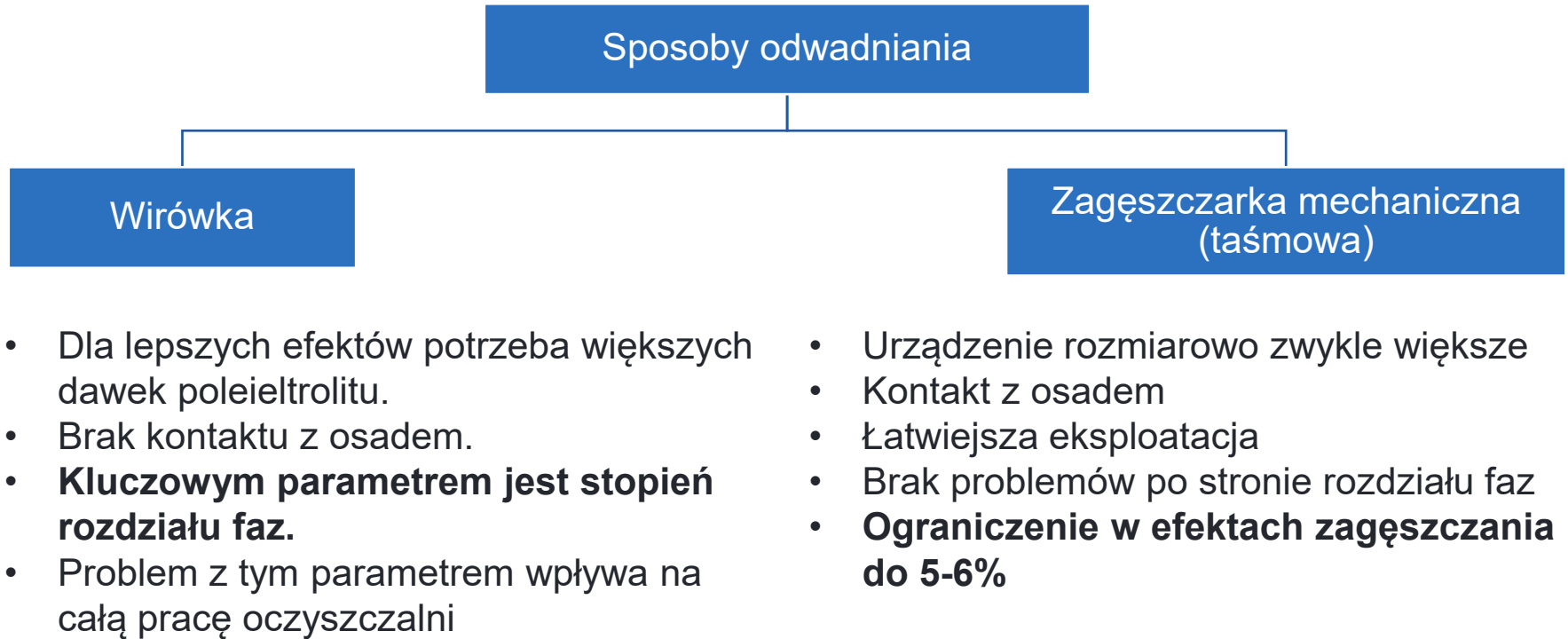


Zagęszczarka mechaniczna (taśmowa)



Osad nadmierny

Instalacja osadu nadmiernego



Przed wyborem wirówek zaleca się wcześniejsze testowanie na obiekcie

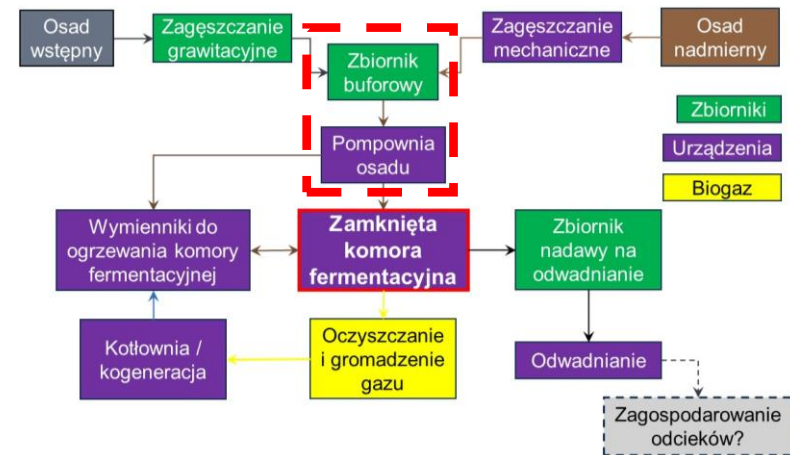
Określenie realnego stopnia rozdziału faz jest kluczowe.

Parametr ten powinien znajdować się w dokumentacji przetargowej oraz dokumentacji projektowej

Zbiornik buforowy / pompownia

Zbiornik buforowy:

- Oddziela układy zagęszczania od komory fermentacyjnej każda z instalacji może działać w swym własnym reżimie czasowym
- Pozwala na homogenizację oraz uśrednienie obu strumieni osadów.
- Zbiornik może pozwalać na przyjmowanie (niektórych) dodatkowych strumieni do procesu.



Istotny jest właściwy dobór pompy osadu

Komory fermentacyjne to wysokie obiekty zbyt „oszczędny” dobór pompy może powodować ograniczenia w dawkowaniu osadów.

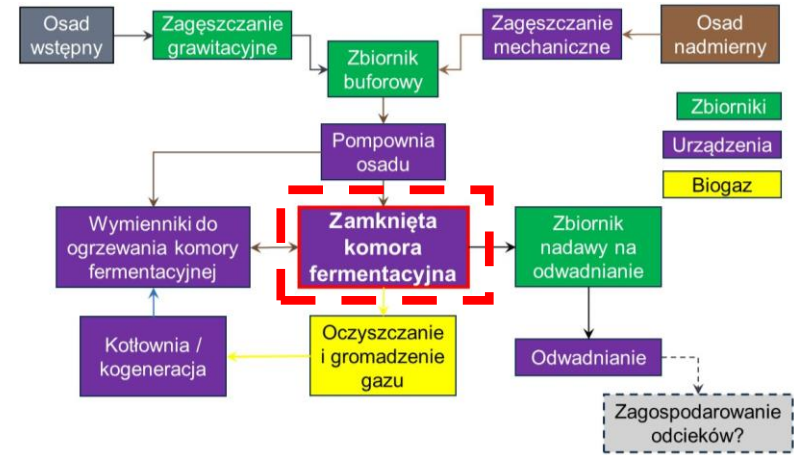
Instalację warto wyposażyć w macerator

Komory fermentacyjne

Kształty rozmiary i wyposażenie

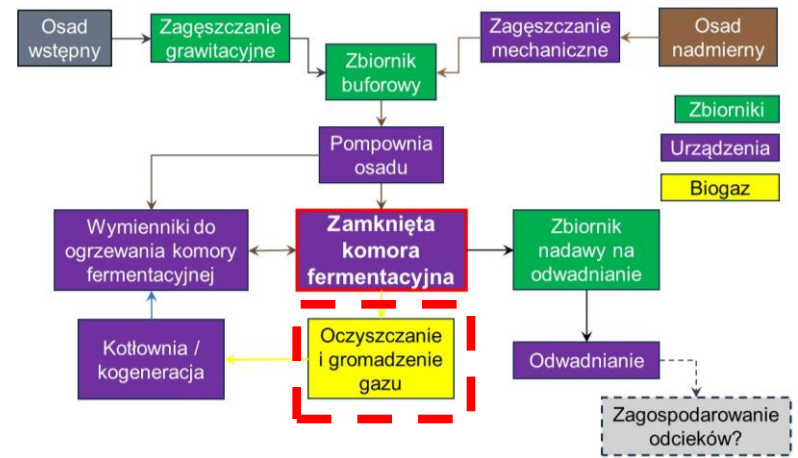
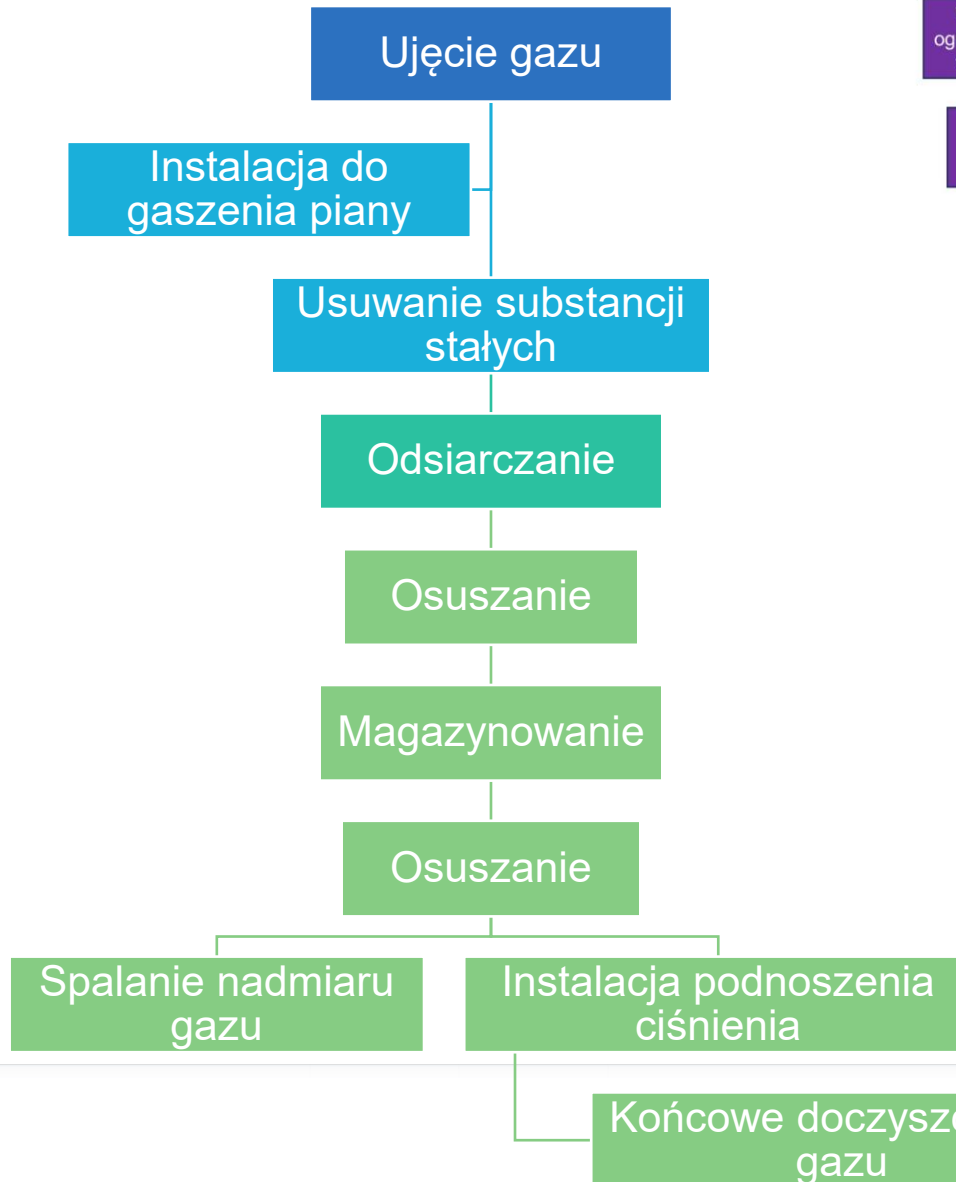


<https://mapio.net/pic/p-49227038/>



Ciąg gazowy

Urządzenia części gazowej



Ciąg gazowy

Ujęcie gazu „dzwon gazowy”

Dzwon to pierwszy element instalacji gazowej.
Wytworzony gaz można skierować do sieci lub usunąć do atmosfery

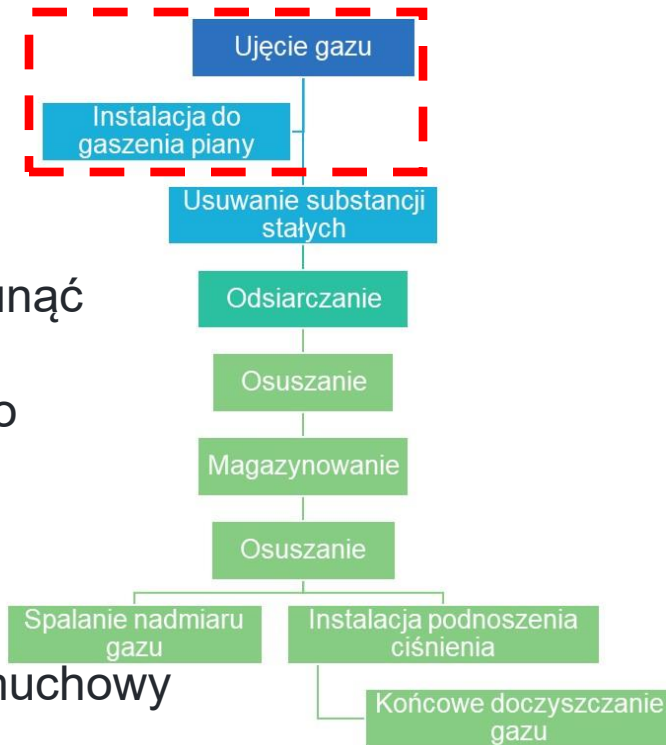
Ujęcie wyposażone jest w instalację (zraszacze) do gaszenia piany



Kominiek wydmuchowy

Bezpiecznik mechaniczny

Rurociąg sieciowy

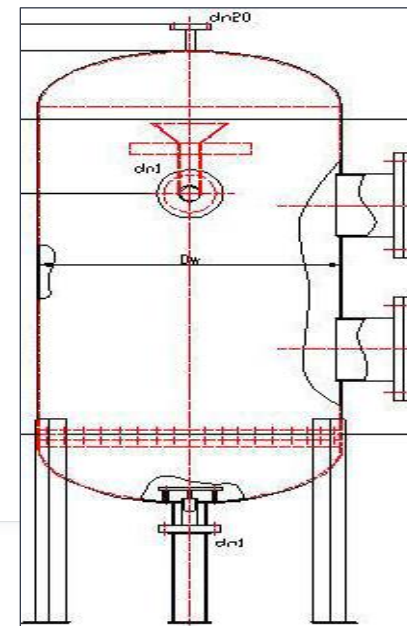
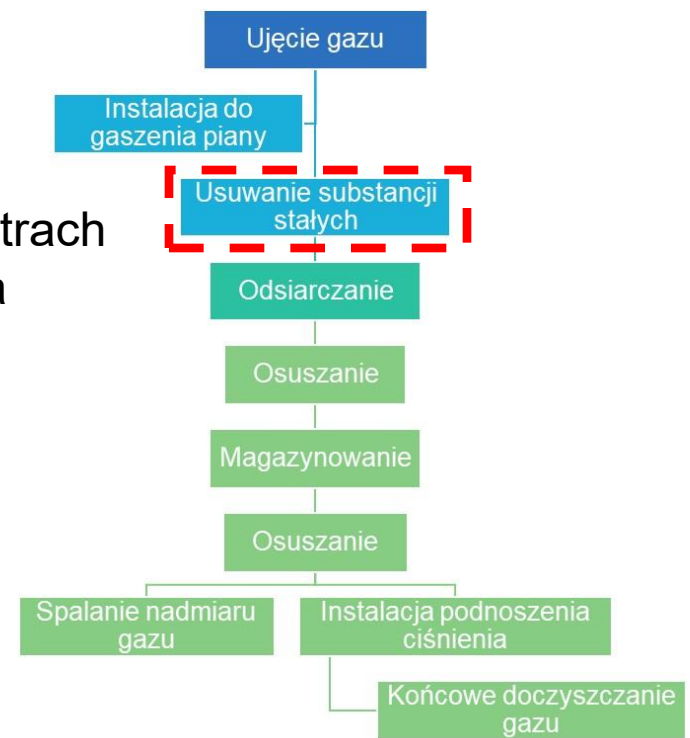


Ciąg gazowy

Usuwanie substancji stałych

Usuwanie substancji wleczonych realizuje się w filtrach żwirowych. Jest to pierwszy stopień oczyszczania gazu fermentacyjnego.

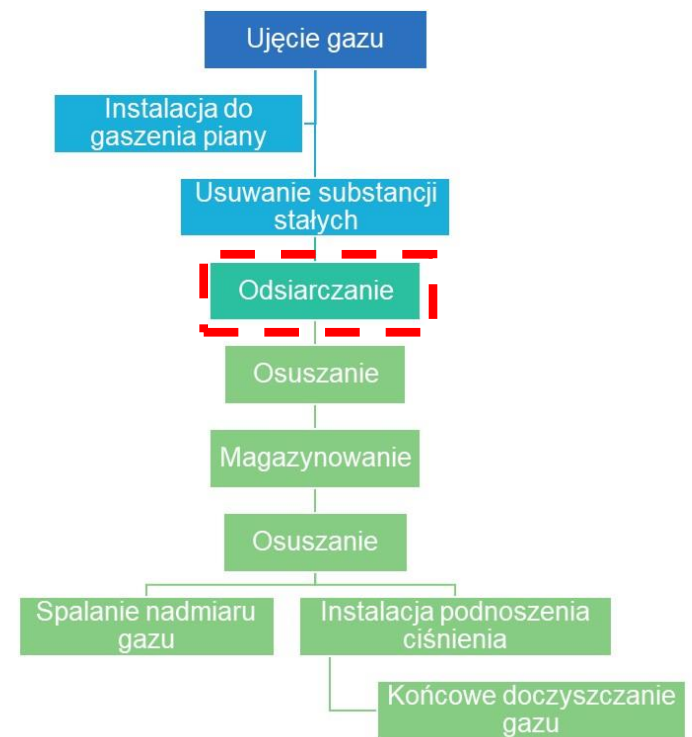
W filtrach żwirowych następuje także wstępna kondensacja pary wodnej.



Ciąg gazowy

Odsiarczanie – wykorzystanie reakcji z żelazem

Gaz przepływa przez wypełnienie złoża od dołu do góry. Przekształcanie siarkowodoru zachodzi według reakcji:



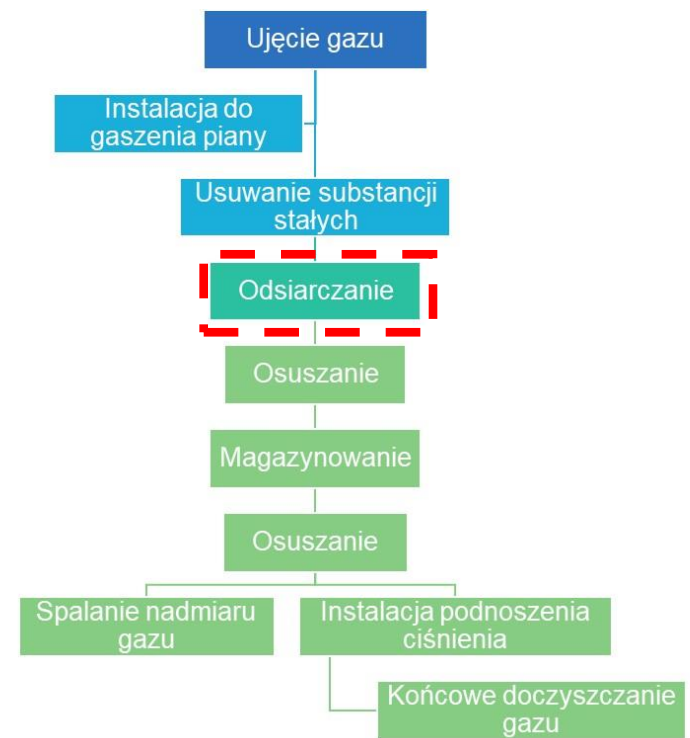
- + Rozwiązanie stosunkowo tanie
- + Prosta budowa
- + Możliwość regeneracji
- + Odporność na wilgoć w gazie
- Brak możliwości wysokiego poziomu doczyszczania gazu
- Usuwanie jedynie siarkowodoru

Ciąg gazowy

Odsiarczanie – węgiel aktywny

Gaz przepływa przez wypełnienie węgla aktywnego. Siarkowodór i inne substancje absorbowane są na węglu aktywnym.

Kluczowa dla wydajności procesu jest niska wilgotność gazu

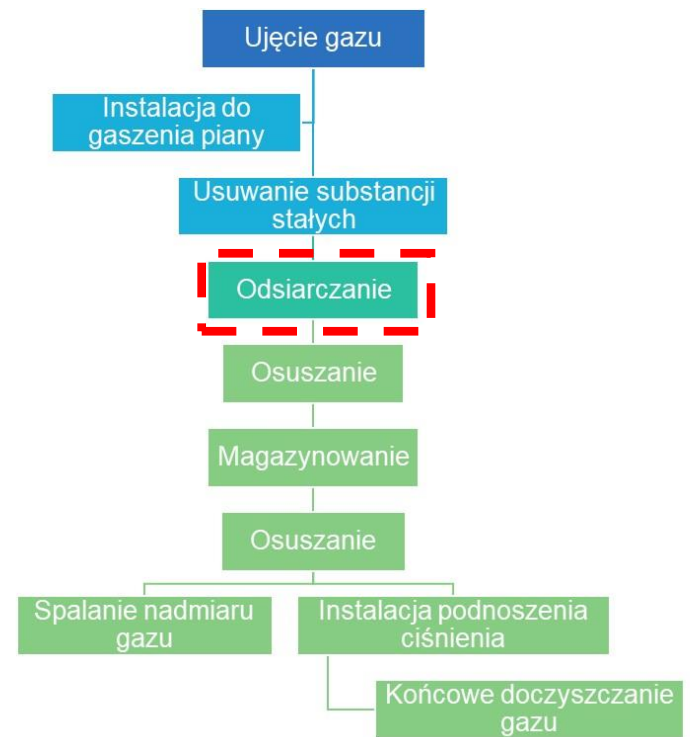


- + Droższa instalacja
- + Wysokie efekty usunięcia różnych zanieczyszczeń w tym siarkowodoru
- Brak odporności na wilgoć w gazie
- Musi być montowane za osuszaniem gazu
- Brak możliwości regeneracji

Ciąg gazowy

Czy można inaczej?

Alternatywne sposoby odsiarczania są możliwe choć stosowane raczej w większych obiektach



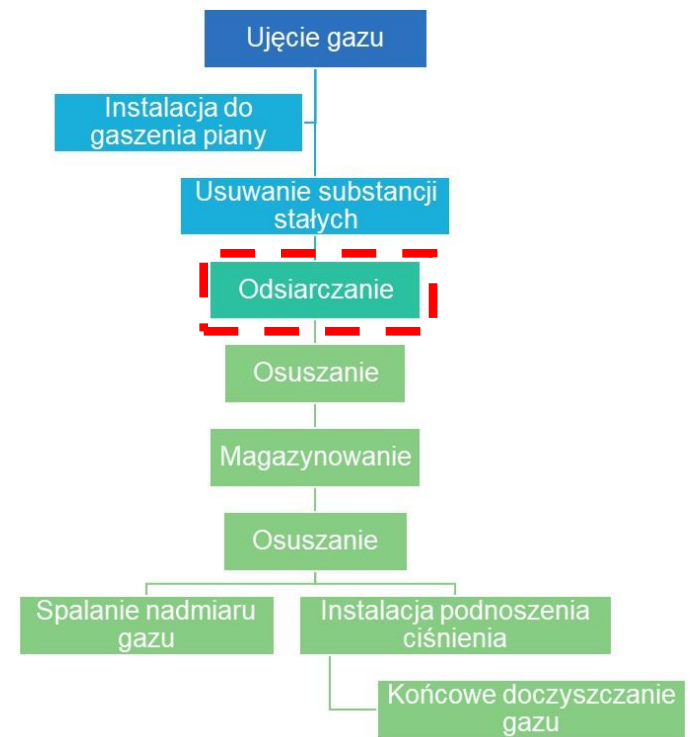
Biosulfex – efektem jest produkt siarka (pierwiastek)

W praktyce są kłopoty ze zbytym wytworzonej siarki.

Ciąg gazowy

Czy można inaczej?

Biologiczne odsiarczanie jest sensownym rozwiązaniem jedynie w przypadku bardzo wysokich stężeń siarkowodoru w gazie



Odsiarczalnia biologiczna

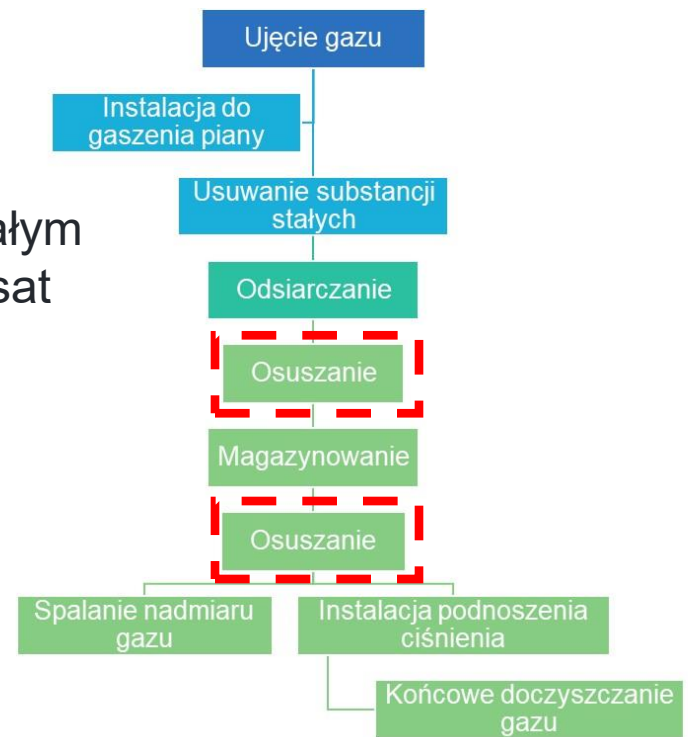
Tylko jeżeli stężenia są wysokie

Ciąg gazowy

Osuszanie

Kondensacja pary wodnej odbywa się zwykle w całym rurociągu transportowym gazu, następnie kondensat odbierany jest w najniższym punkcie rurociągu za pomocą odwadniacza.

Nowsze instalacje wyposażone są w układ do aktywnego suszenia gazu



Należy pamiętać że kwestia kondensacji pary wodnej i jej odbioru musi być zrealizowana na każdym z odcinków rurociągu gazowego

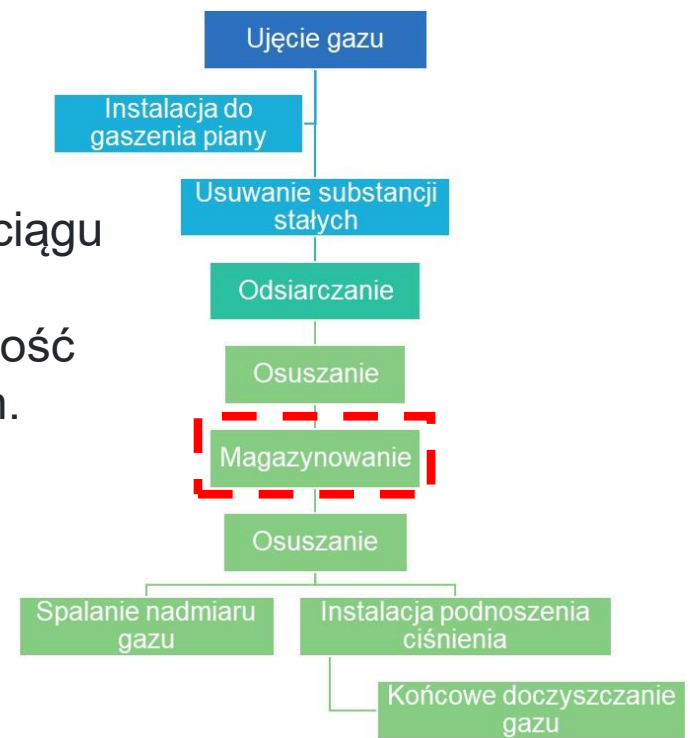
Ciąg gazowy

Magazynowanie

Ponieważ produkcja gazu jest nierównomierna w ciągu doby, gaz należy magazynować.

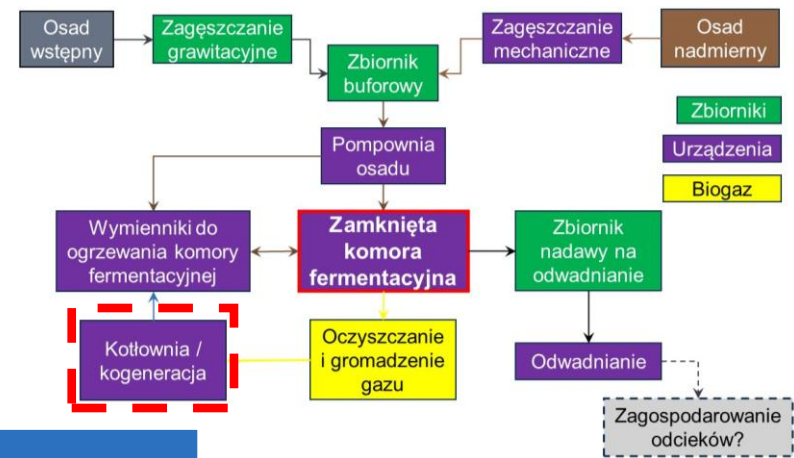
Zbiorniki gazu na oczyszczalniach posiadają objętość pozwalającą magazynować gaz od 6 do 24 godzin.

Najczęściej stosowane zbiorniki to zbiorniki dwupowłokowe



Komory fermentacyjne

Wykorzystanie gazu



Energetyczne wykorzystanie gazu

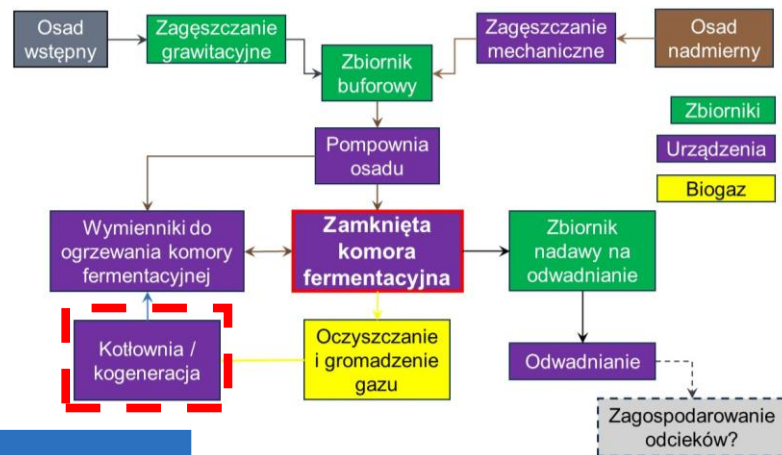
Kotły na gaz
(dwufunkcyjne)

Produkcja energii emetycznej i
ciepła (kogeneracja)



Komory fermentacyjne

Wykorzystanie gazu



Energetyczne wykorzystanie gazu

Kotły na gaz (dwufunkcyjne)

Produkcja energii emetycznej i ciepła (kogeneracja)

Zalety

- Sprawność cieplna na poziomie 99%
- Brak potrzeby instalacji podnoszenia ciśnienia
- Stosunkowo niskie wymagania czystości gazu

Wady

- Brak zapotrzebowania na energię cieplną przez cały rok
- Ryzyko utraty energii z gazu w ciepłych miesiącach

Zalety

- Sprawność elektryczna na poziomie 38%
- Produkcja energii elektrycznej i realna możliwość zbliżenia się do samowystarczalności energetycznej

Wady

- Sprawność cieplna na poziomie 42-45%
- Wysokie wymagania doczyszczania gazu
- Potrzeba podnoszenia ciśnienia gazu

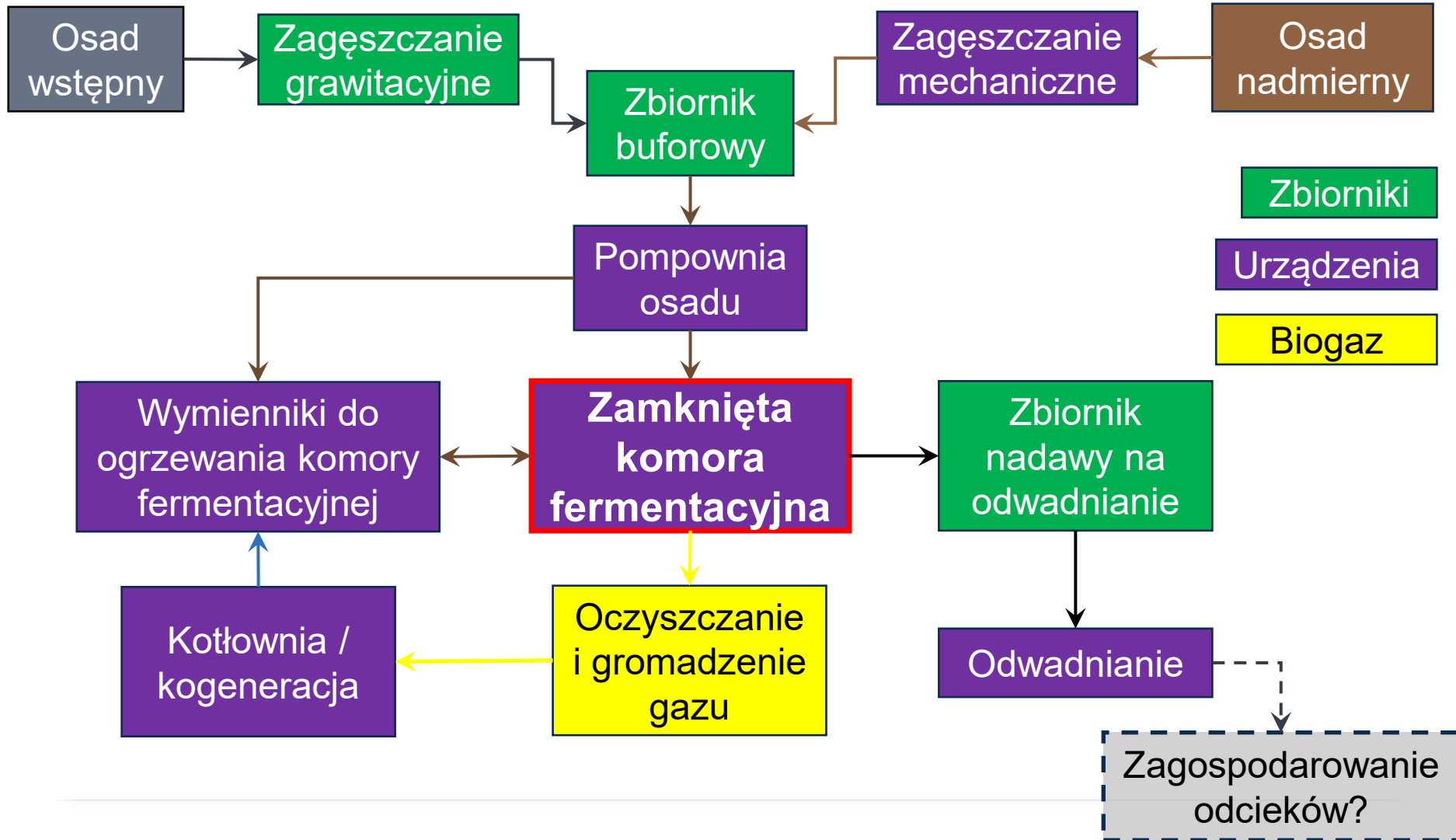
Uzyskanie dobrych parametrów gazu jest niezbędne

Efektywność oczyszczenia biogazu przekłada się na żywotność, sprawność oraz koszty eksploatacji instalacji do kogeneracji. Koszty serwisowania i remontów są bardzo wysokie

Koszty instalacji

Elementy węzła fermentacji

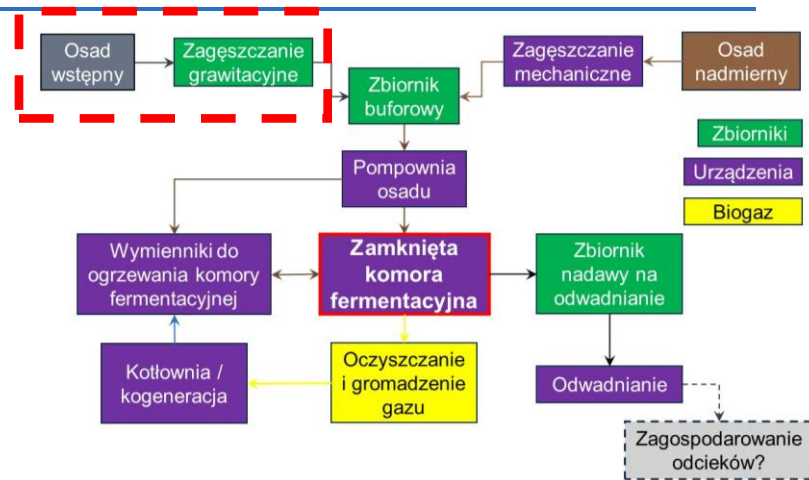
Schemat procesu



Układ osadu wstępnego

Koszty

- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Produkcja osadu wstępnego 65m³/d (1,5%SM)

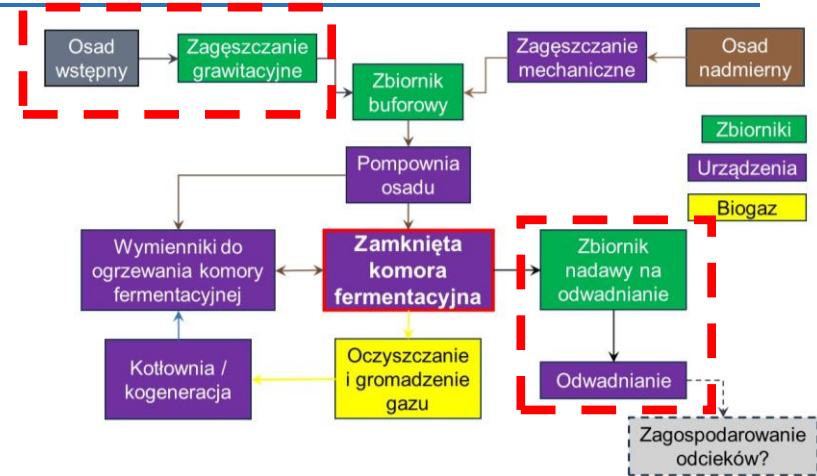


L.p.	Nazwa	Szacunkowa kwota	Parametry	Kwota jednostkowa	Uwagi
1	Osadnik wstępny	1,70 mln zł	Średnica 15m Pojemność czynna: 650m ³	2 615zł/m ³ _{osadnika}	Bezpieczne przeliczenie
2	Pompownia osadu wstępnego	0,35 mln zł	Wydajność Pompowni: 35m ³ /h (1+1)	10 000zł/m ³ /h _{wydajności} *	*Duża wartość kosztów stałych
3	Zagęszczacz grawitacyjny z przykryciem i briofilem	0,43 mln zł	Średnica: 5m Pojemność czynna: 80m ³	5 375zł/m ³ _{zagęszczacza} *	*Duża wartość kosztów stałych
4	SUMA	2,48mln zł			

Układ osadu nadmiernego / odwadniania

Czy potrzebny jest osadnik wstępny?

- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Produkcja osadu nadmiernego 130m³/d (1,0%SM)



Układ osadu nadmiernego / odwadniania

Czy potrzebny jest osadnik wstępny?

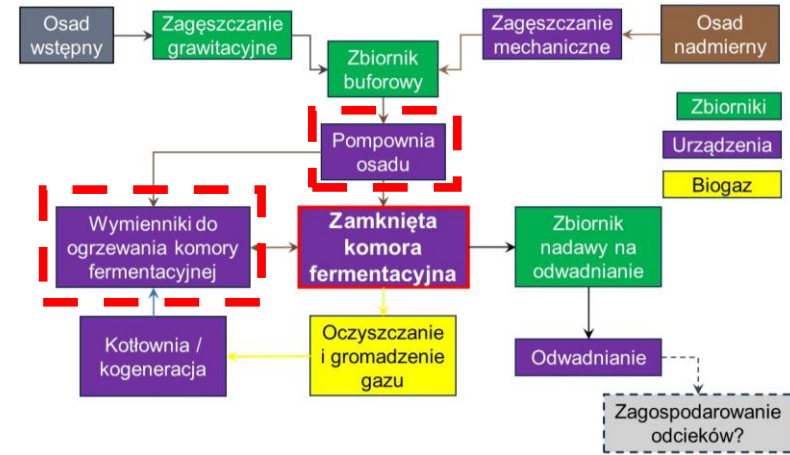
- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Produkcja osadu nadmiernego 130m³/d (1,0%SM)

L.p.		Szacunkowa kwota	Parametry	Kwota jednostkowa	Uwagi
1	Zbiornik osadu nadmiernego z biofiltrem	0,28 mln zł	Pojemność czynna: 85m ³	3 294zł/m ³ _{zbiornika}	Bezpieczne przeliczenie
2	Remont budynku (bez budowy)	0,40 mln zł	-*	-*	*Zależy od Uwarunkowań lokalnych
3	Wirówka zagęszczająca	0,50 mln zł	Wydajność: 20m ³ /h (1)	25 000zł/m ³ /h _{wydajności} *	*Duża wartość kosztów stałych
4	Wirówka odwadniająca	0,50 mln zł	Wydajność: 20m ³ /h (1)	25 000zł/m ³ /h _{wydajności} *	*Duża wartość kosztów stałych
5	Zbiornik osadu przefermentowanego	0,28 mln zł	Pojemność czynna: 85m ³	3 294zł/m ³ _{zbiornika}	Bezpieczne przeliczenie
6	SUMA	1,96 mln zł			

Pompownia i budynek techniczny

Koszty

- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Produkcja osadu wstępnego zagęszczonego 24m³/d (4%SM)
- Produkcja osadu nadmiernego zagęszczonego 22m³/d (5,5%SM)
- Całkowita objętość osadu zagęszczonego 46m³/d (4,8%)

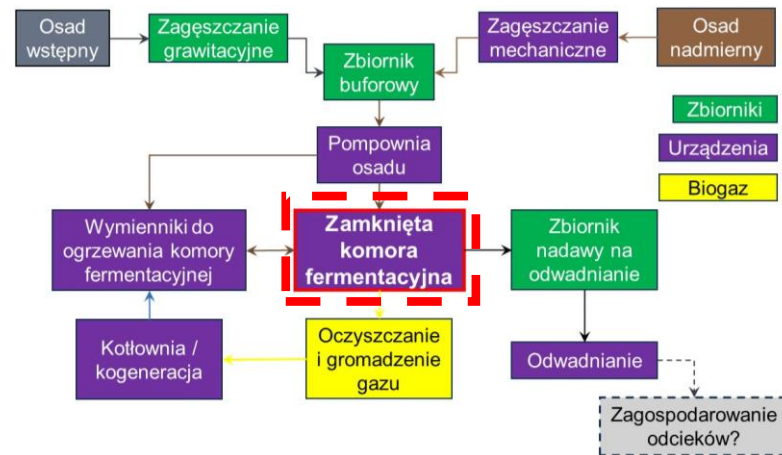


L.p.	Nazwa	Szacunkowa kwota	Parametry	Kwota jednostkowa	Uwagi
1	Budynek obsługi WKF z wyposażeniem	1,5 mln zł	-*	32 608złm ³ /h _{wydajności} *	*Duża wartość kosztów stałych
2	SUMA	1,5 mln zł			

Komora fermentacyjna

Koszty

- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Produkcja osadu wstępnego zagęszczonego 24m³/d (4%SM)
- Produkcja osadu nadmiernego zagęszczonego 22m³/d (5,5%SM)
- Całkowita objętość osadu zagęszczonego 46m³/d (4,8%)

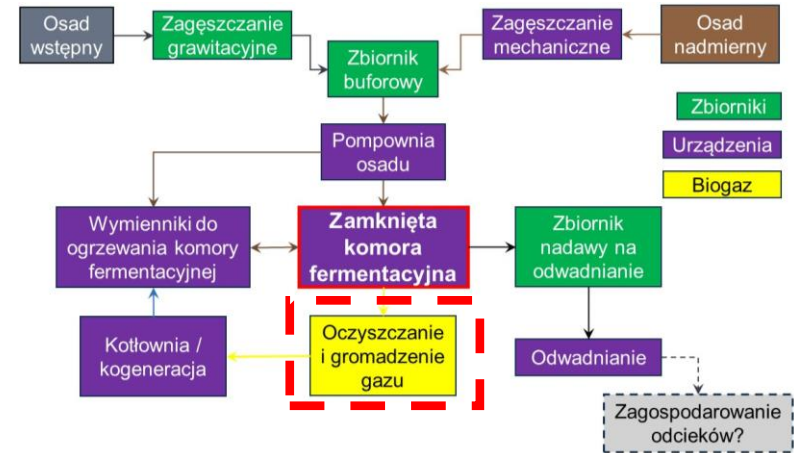


L.p.	Nazwa	Szacunkowa kwota	Parametry	Kwota jednostkowa	Uwagi
1	Komora fermentacyjna	2,6 mln zł	Pojemność czynna: 1100m ³	2363zł/m ³ _{zbiornika}	
2	SUMA	2,6 mln zł			

Układ biogazu

Koszty

- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Całkowita objętość osadu zagęszczonego 46m³/d (4,8%)
- **Szacowana produkcja gazu: 686,0 m³/d**
- Zakładany udział metanu: 62%
- Produkcja metanu: 425,3 m³CH₄/d



Układ biogazu

Koszty

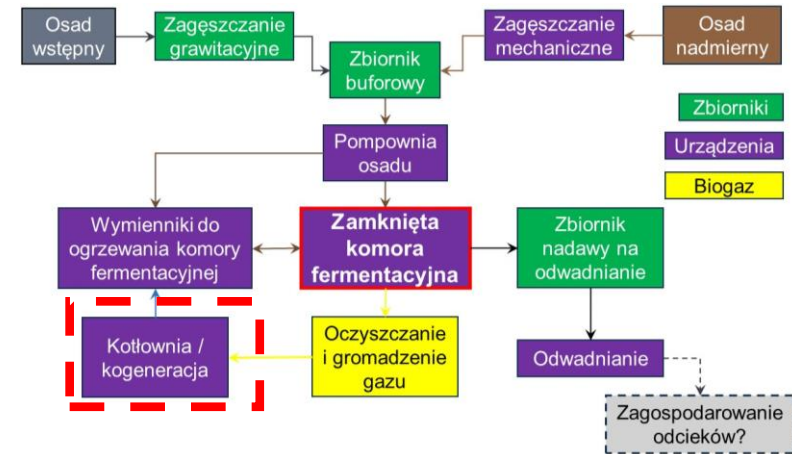
- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Całkowita objętość osadu zagęszczonego 46m³/d (4,8%)
- **Szacowana produkcja gazu: 686,0 m³/d**
- Zakładany udział metanu: 62%
- Produkcja metanu: 425,3 m³CH₄/d

L.p.	Nazwa	Szacunkowa kwota	Parametry	Kwota jednostkowa	Uwagi
1	Zbiornik biogazu	0,70 mln zł	Pojemność zbiornika: 800m ³	875zł/m ³ _{zbiornika}	
2	Pochodnia	0,16 mln zł	-*	-*	*Duża wartość kosztów stałych
3	Studnia odwadniająca	0,13 mln zł	-*	-*	*Duża wartość kosztów stałych
4	Odsiarczanie biogazu (adsorpcja)	0,22 mln zł	Produkcja gazu: 686,0 m ³ /d	320złm ³ /h _{wydajności}	
5	Osuszanie biogazu	0,30 mln zł	Produkcja gazu: 686,0 m ³ /d	437złm ³ /h _{wydajności}	
6	SUMA	1,51 mln zł			

Energetyczne wykorzystanie gazu

Koszty

- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Całkowita objętość osadu zagęszczonego 46m³/d (4,8%)
- **Szacowana produkcja gazu: 686,0 m³/d**
- Zakładany udział metanu: 62%
- Produkcja metanu: 425,3 m³CH₄/d



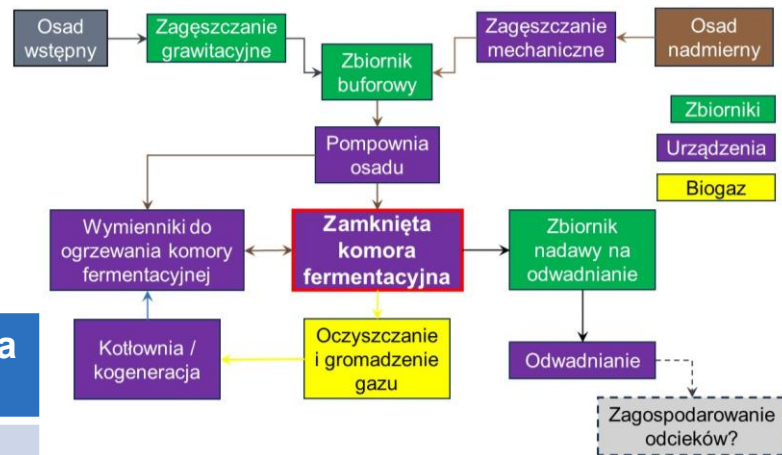
L.p.	Nazwa	Szacunkowa kwota	Parametry	Kwota jednostkowa	Uwagi
1	Kotłownia dwufunkcyjna (w budynku technicznym)	0,5 mln zł	moc cieplna 200 kW,	729złm ³ /h _{wydajności}	
	Kogenerator (jednostka zewnętrzna – kontener)	0,9 mln zł	moc cieplna 150 kW, moc elektryczna 110 kW	1312złm ³ /h _{wydajności}	
2	SUMA	1,4 mln zł			

Zbiornicze koszty

Koszty

- Przepływ średni: 3 300m³/d
- RLM: ~27 000
- Całkowita objętość osadu zagęszczonego 46m³/d (4,8%)
- Szacowana produkcja gazu: 686,0 m³/d

L.p.	Nazwa	Szacunkowa kwota
1	Układ osadu wstępnego	2,48mln zł
2	Układ osadu nadmiernego / odwadniania	1,96 mln zł
3	Pompownia i budynek techniczny	1,50 mln zł
4	Komora fermentacyjna	2,60 mln zł
5	Układ biogazu	1,51 mln zł
6	Energetyczne wykorzystanie gazu	1,40 mln zł
7	SUMA	11,45 mln zł



- **Przepływ średni: ~3 500zł/m³ ścieków**
- **RLM: ~420zł/RLM**

Metody intensyfikacji produkcji gazu (kofermentacja)

Produkcja gazu z dodatkowych strumieni odpadów

Przykłady

Substrat	Ilość gazu l/kg Δ smo	% CH ₄	% CO ₂	Energia gazu kWh/m ³
Węglowodany	747	50	50	~5
Tłuszcze	1434	71	29	~7
Białka	636	60	40	~6
Osad ściekowy	880÷1020	64÷67	33÷36	~(6.4÷6.7)

Strumienie do kofermentacji

Przykłady

Odpady przeznaczone do wspólnej utylizacji z osadami ściekowymi

Organiczna
frakcja odpadów
komunalnych

Odchody i odpadki
zwierzęce
(gnojowica)

Odpady z
przemysłu rolno
spożywczego

Inne odpady
Przemysłowe

Odpady
zielone

Odpady owocowo
warzywne

Odpady z
produkcji
papieru

Odpady uboju zwierząt i produkcji mięsa

Odpady z produkcji olei roślinnych

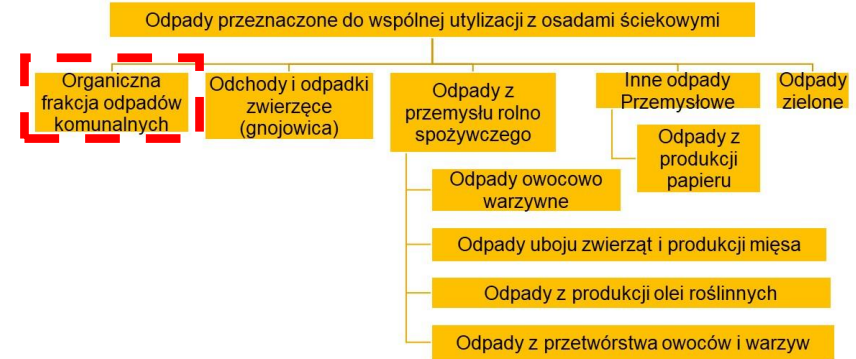
Odpady z przetwórstwa owoców i warzyw

Strumienie do kofermentacji

Przykłady

Organiczna frakcja odpadów komunalnych

- W takiej formie strumień praktycznie już nie występuje
- Możliwie jest pozyskanie frakcji „bio” (odpadów kuchennych) z gospodarstw domowych
- Wykorzystanie tej frakcji jest pod znakiem zapytania w komorach fermentacyjnych na oczyszczalni ścieków z uwagi na niską czystość.
- Instalacje do przetwarzania odpadów są lepszym miejscem



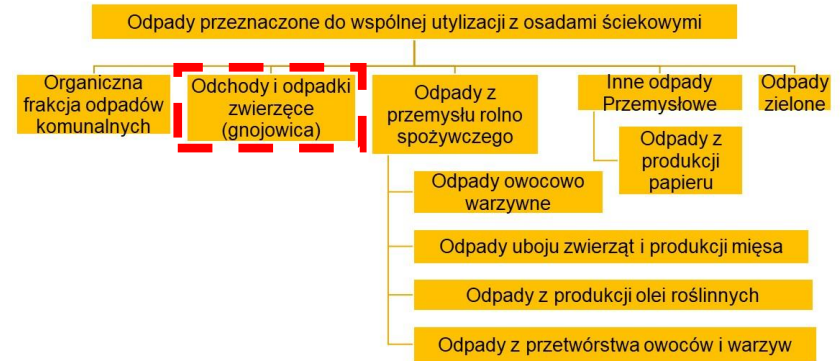
Wykorzystanie frakcji organicznej jedynie w sytuacji pozyskania bardzo „czystych” odpadów

Strumienie do kofermentacji

Przykłady

Odpady z hodowli zwierząt (gnojowica)

- Wysoki ładunek azotu w odpadach
- Możliwość pozyskania ciągłego i regularnego dopływu
- Potrzebne bardzo dokładne dawkowanie aby nie doprowadzić do załamania procesu fermentacji.



Wykorzystanie gnojowicy w oczyszczalni ścieków jedynie w sytuacji w której warunki ekonomiczne pozyskania odpadów są bardzo korzystne

Strumienie do kofermentacji

Przykłady

Odpady przemysłu spożywczego

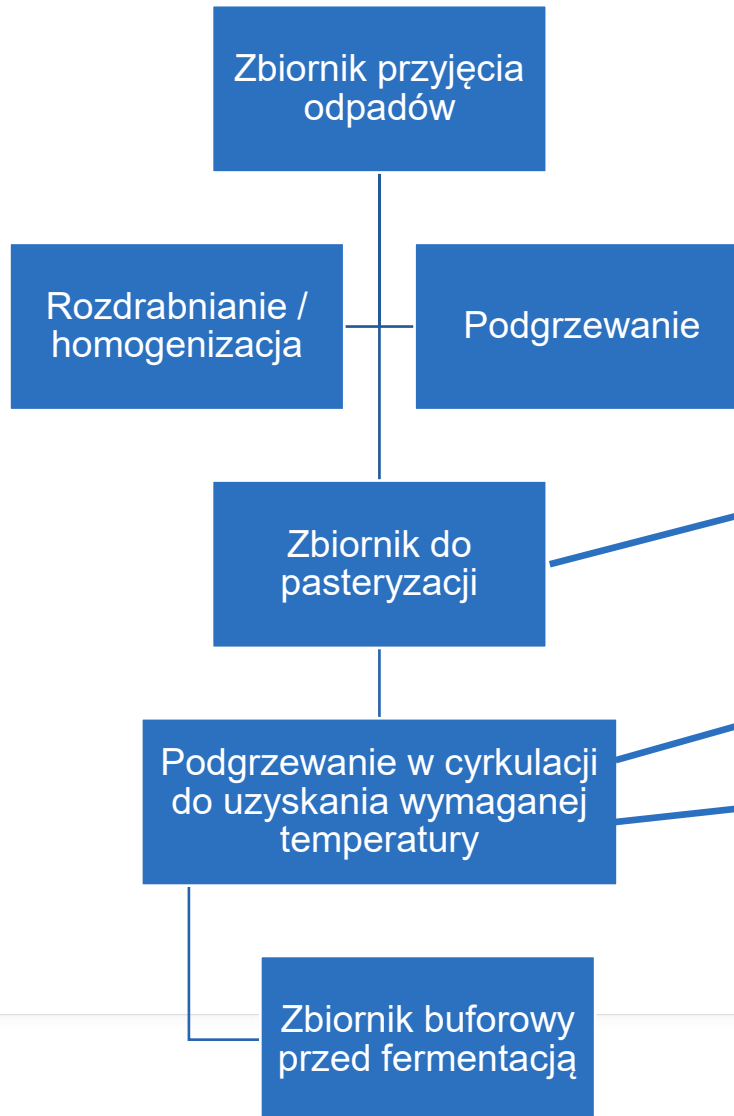
- Bardzo dobre źródło odpadów.
- Możliwość znacznego zwiększeni produkcji gazu.
- Niezbędna sensowna odległość od oczyszczalni.
- **W przypadku niektórych strumieni prawdopodobnie potrzeba będzie instalacja do pasteryzacji**



Kofermentacja takich odpadów to zwykle dobre rozwiązanie

Instalacja do pasteryzacji

Rozwiązanie techniczne



Rozwiązania na obiektach

Przykłady

Oczyszczalnia ścieków Komorowice (Bielsko-Biała)

- **Brak osadnika wstępnego.**
- Pierwotnie uzyskiwano około 20% zapotrzebowania na energię elektryczną.
- Po wdrożeniu fermentacji wartość wzrosła do około 50%.



Rozwiązania na obiektach

Przykłady

Oczyszczalnia ścieków Tychy

- Produkcja energii powyżej zapotrzebowania oczyszczalni.
- Zasilanie nadmiarowym gazem parku wodnego w Tychach.
- Pozyskiwanie odpadów również z sąsiednich województw (Łódzkie, Małopolskie).



Rozwiązania na obiektach

Przykłady

Oczyszczalnia ścieków dla Pucka /
Władysławowa:

- Produkcja energii powyżej zapotrzebowania oczyszczalni.
- Pozyskiwanie odpadów spożywczych oraz rolnych z regionu.



Metody intensyfikacji produkcji gazu (dezintegracja)

Dezintegracja odpadów

opis

Dezintegracja osadów polega na zniszczeniu struktury kłaczków osadu, a następnie na rozerwaniu błony komórkowej i lizy komórek mikroorganizmów.

W wyniku procesu organiczne składniki wchodzące w skład komórki stają się łatwiej dostępne jako substrat dla żywej biomasy.

Potencjalnymi korzyściami wynikającymi z dezintegracji osadów kierowanych do fermentacji metanowej są:

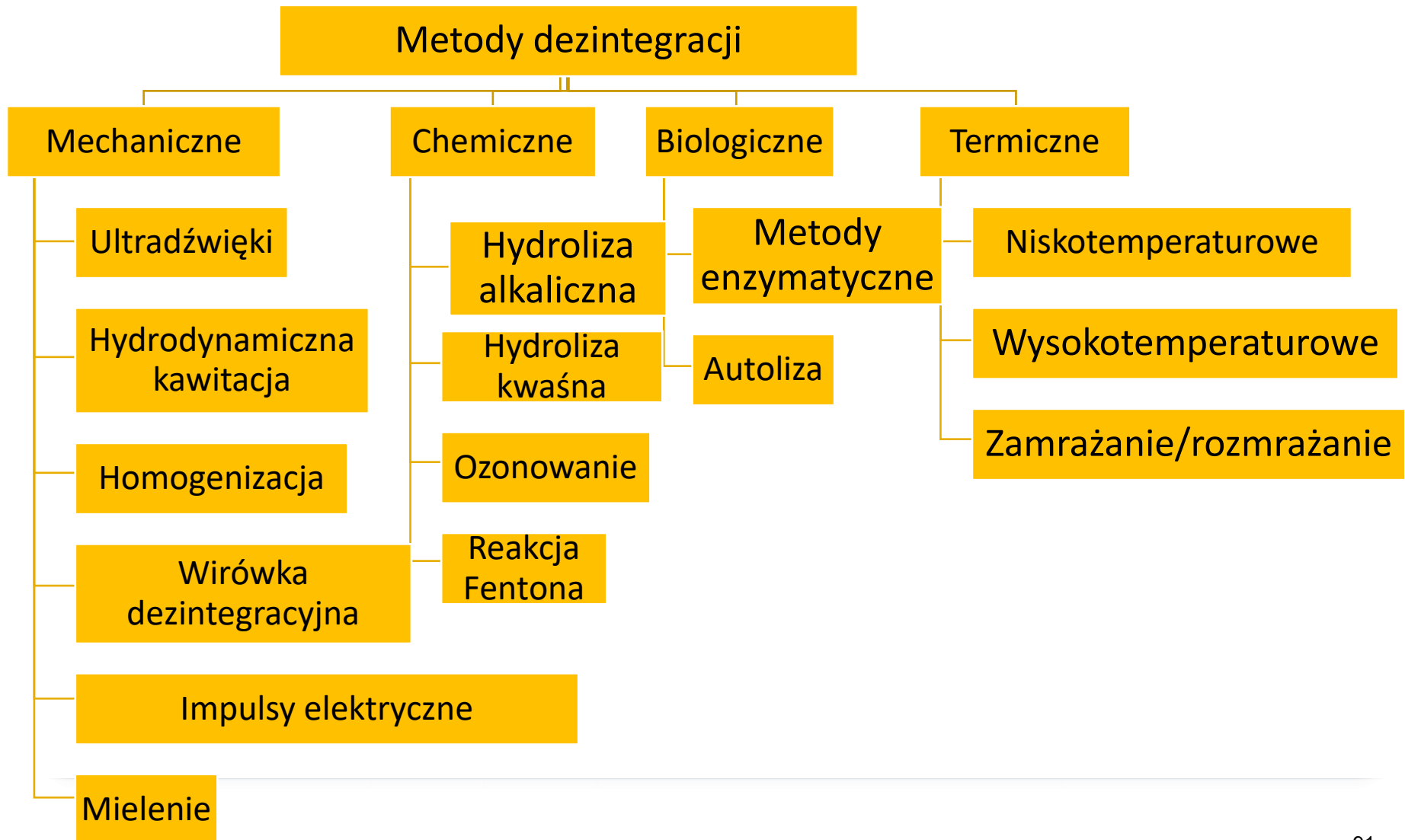
wyższa produkcja biogazu

wyższy ubytek materii organicznej z osadu stabilizowanego

Z uwagi na różnice w strukturze osadu wstępnego i osadu nadmiernego wstępnej obróbce poddaje się wyłącznie strumień osadu nadmiernego, gdyż takie działanie generuje wyższy efekt wynikający ze wzrostu produkcji gazu fermentacyjnego.

Dezintegracja osadów

rozwiązania



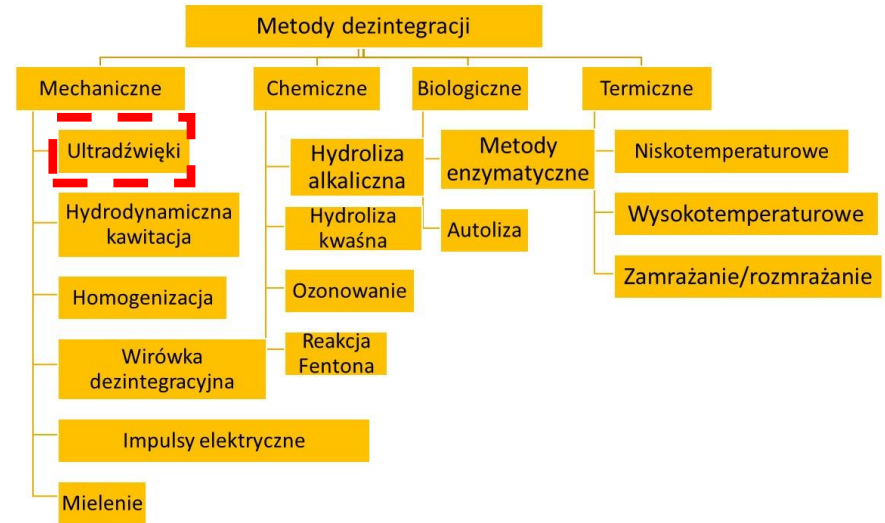
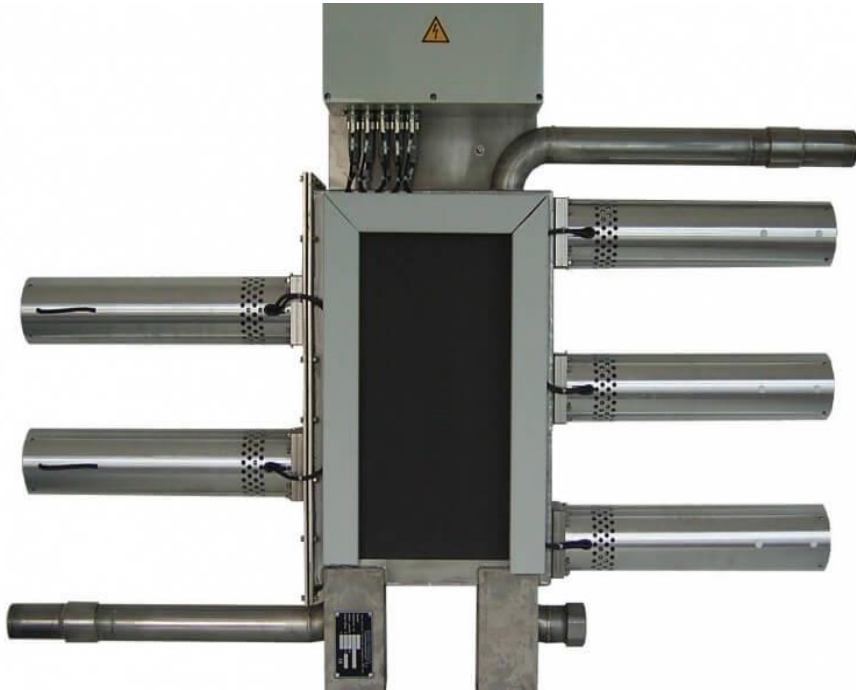
Sposoby dezintegracji osadów

Przykłady

Dezintegracja ultradźwiękowa

Zalety

- Osiągany stopień dezintegracji sięgający 60%
- Proces szeroko omawiany w literaturze naukowej – duża baza wiedzy
- Możliwość zakupu gotowych kompleksowych rozwiązań



Wady

- Bardzo duże zużycie energii, trudne do zrównoważenia ekonomicznie.
- Brak modelu procesu wymusza zaawansowane badania laboratoryjne i pilotażowe.
- Zużywanie się sprzętu tj. sonotrod na skutek wystawienia na działanie zjawiska kawitacji

Niskie prawdopodobieństwo zwrotu kosztów procesu

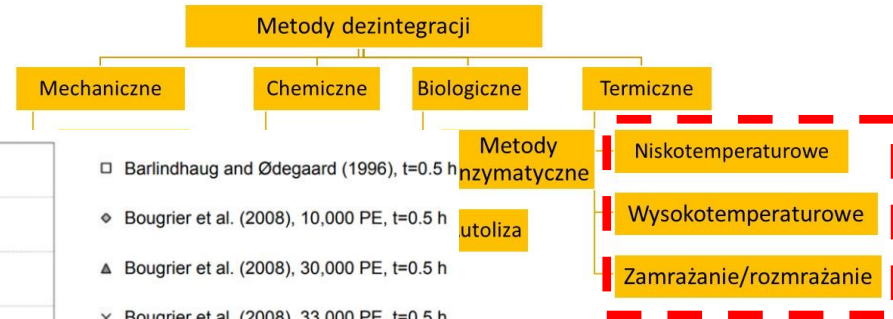
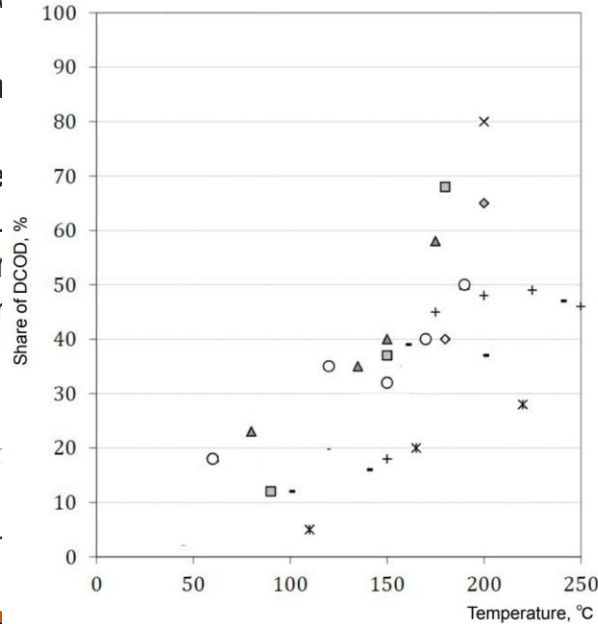
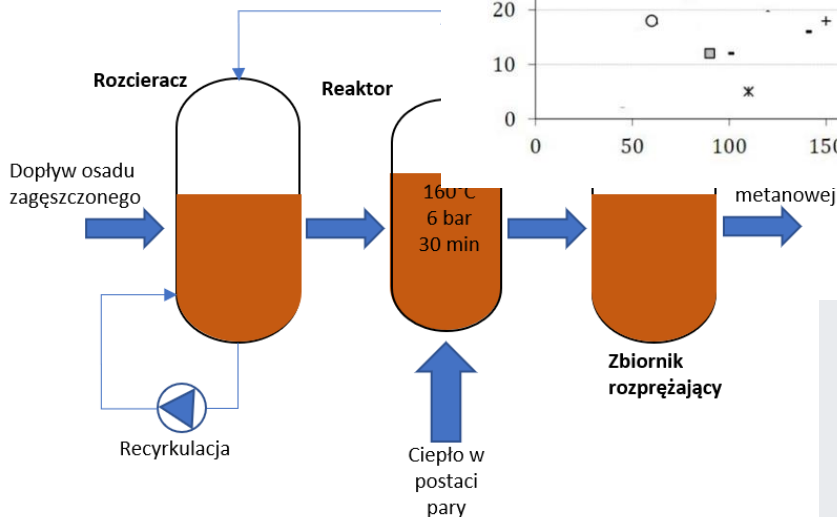
Sposoby dezintegracji osadów

Przykłady

Dezintegracja termiczna

Zalety

- Dezintegracja osadu w wyniku wystawienia go na temperaturę powyżej bądź zasadowych reakcji
- Spadek finalnej masy poprawę jego parametrów
- Redukcja masy osadów
- Duża ilość gotowych produktów na rynku i wykorzystywanych w przemyśle.



- Barlundhaug and Ødegaard (1996), t=0.5 h
- ◇ Bougrier et al. (2008), 10,000 PE, t=0.5 h
- ▲ Bougrier et al. (2008), 30,000 PE, t=0.5 h
- × Bougrier et al. (2008), 33,000 PE, t=0.5 h
- Bougrier et al. (2008), 500,000 PE, t=0.5 h
- Haug et al. (1978), t=0.5h
- Li and Noike (1992), t=0.5h
- × Ramirez et al. (2015), t=0.5h
- + Stuckey and McCarty (1984), t=0.5h

nocno zagęszczony wodujący długi okres

energię elektryczną i

cieplą

- Duży koszt reagentów chemicznych

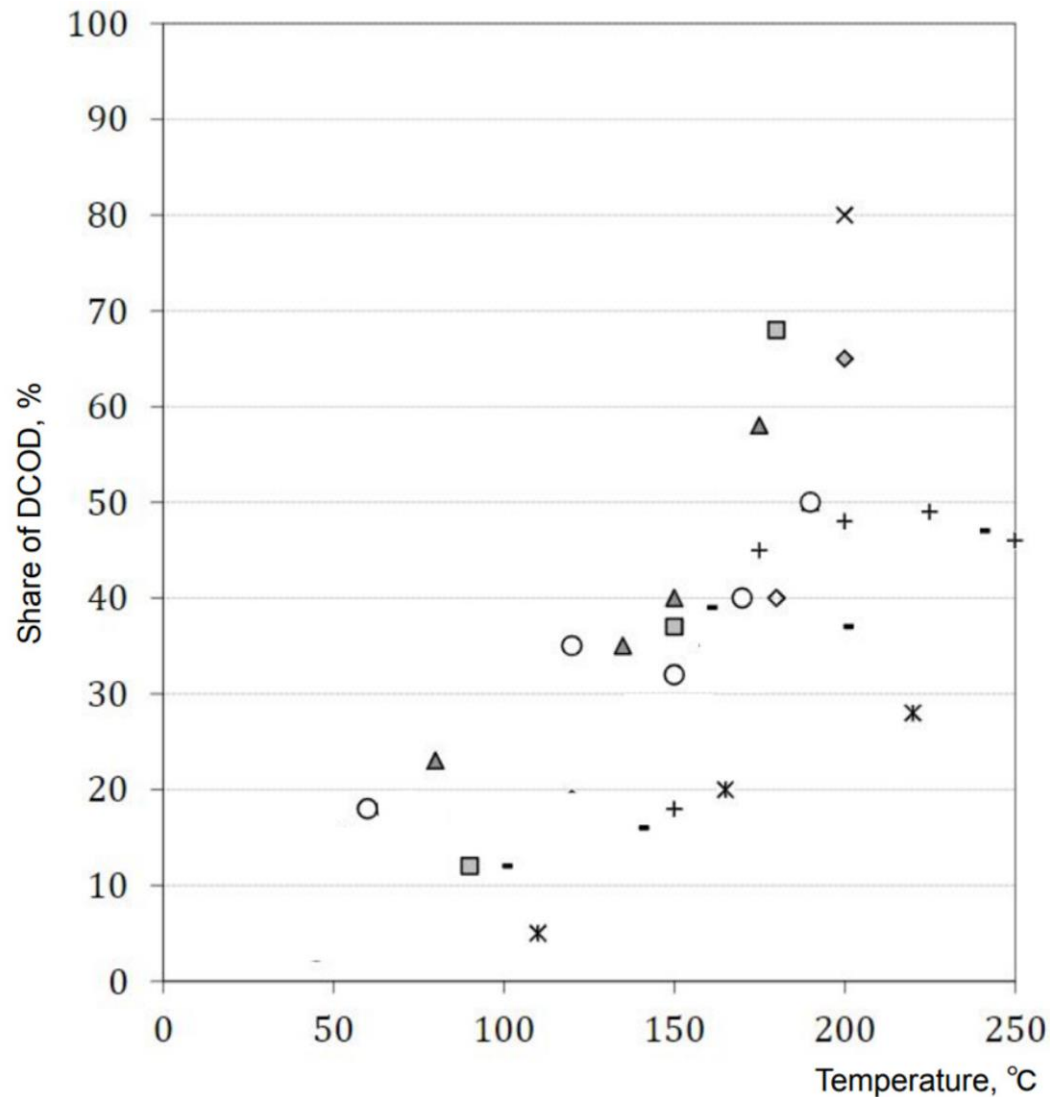
Dodatni bilans ekonomiczny jedynie w przypadku uwzględnienia wszystkich czynników (biogaz, odwadnianie, mniej osadu)

Sposoby dezintegracji osadów

Przykłady

Dezintegracja termiczna

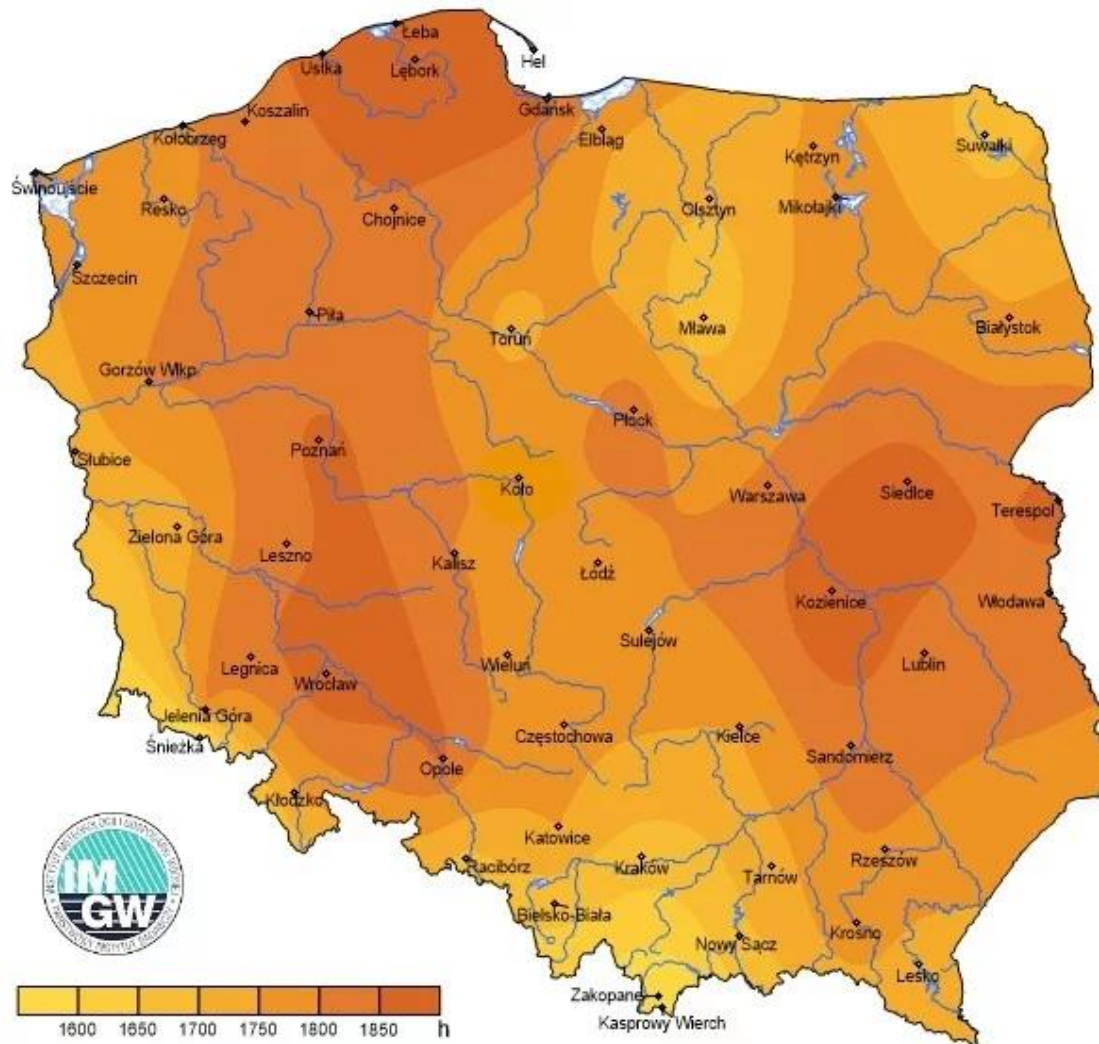
- Wykorzystanie niskotemperaturowych rozwiązań może nie spowodować wymaganych efektów po stronie produkcji gazu.
- Łączenie dezintegracji z pasteryzacją nie poprawi efektów produkcji gazu.



Fotovoltaika

Fotowoltaika

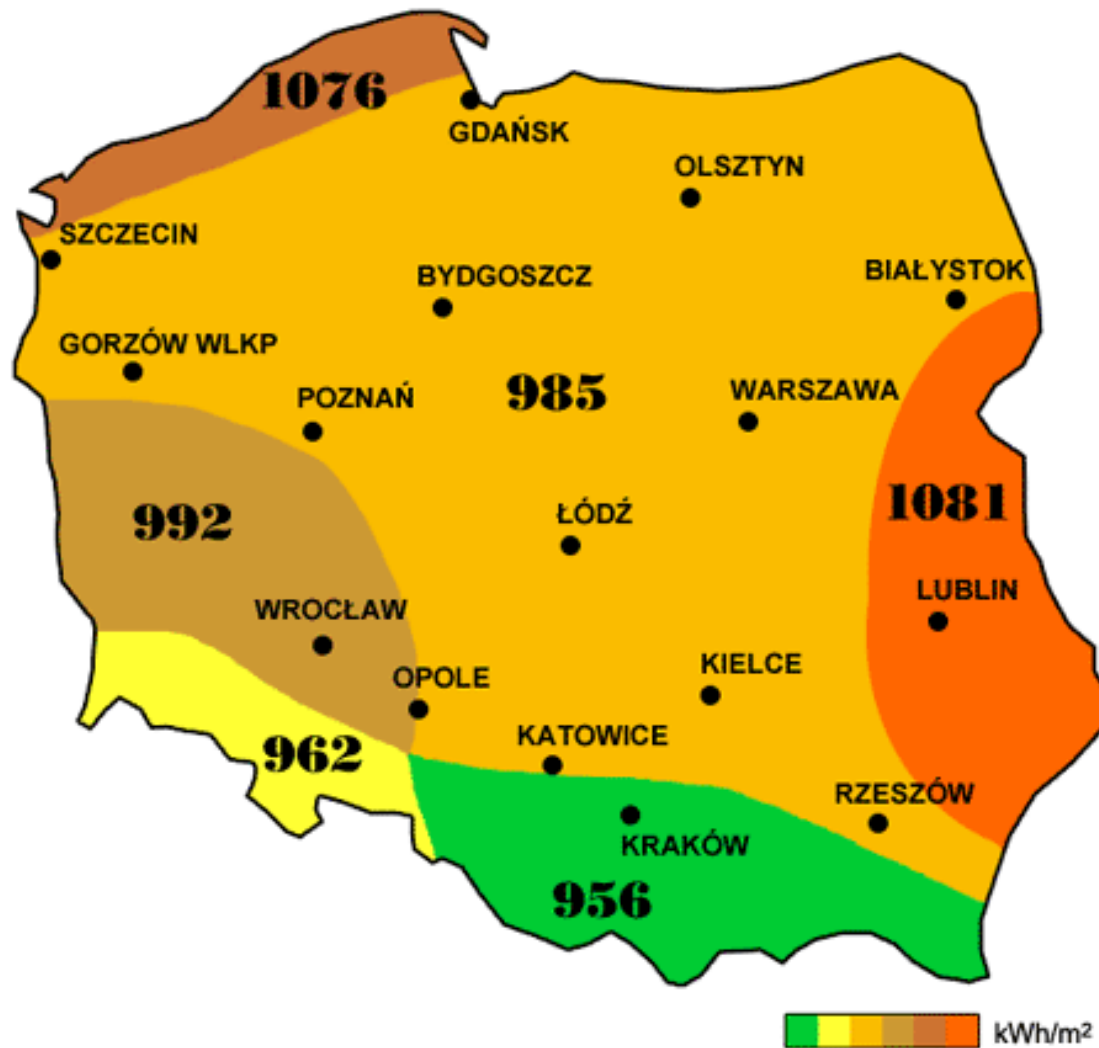
Uśłonecznienie



<https://polska-energia.com/naslonecznienie-i-liczba-slonecznych-dni-w-polsce-co-warto-wiedziec/>

Fotowoltaika

Uśłonecznienie



<https://ecosystemprojekt.pl/mapa-promieniowania-slonecznego-w-polsce,0,38.htm>

Fotowoltaika

Farma fotowoltaiczna 1 MW

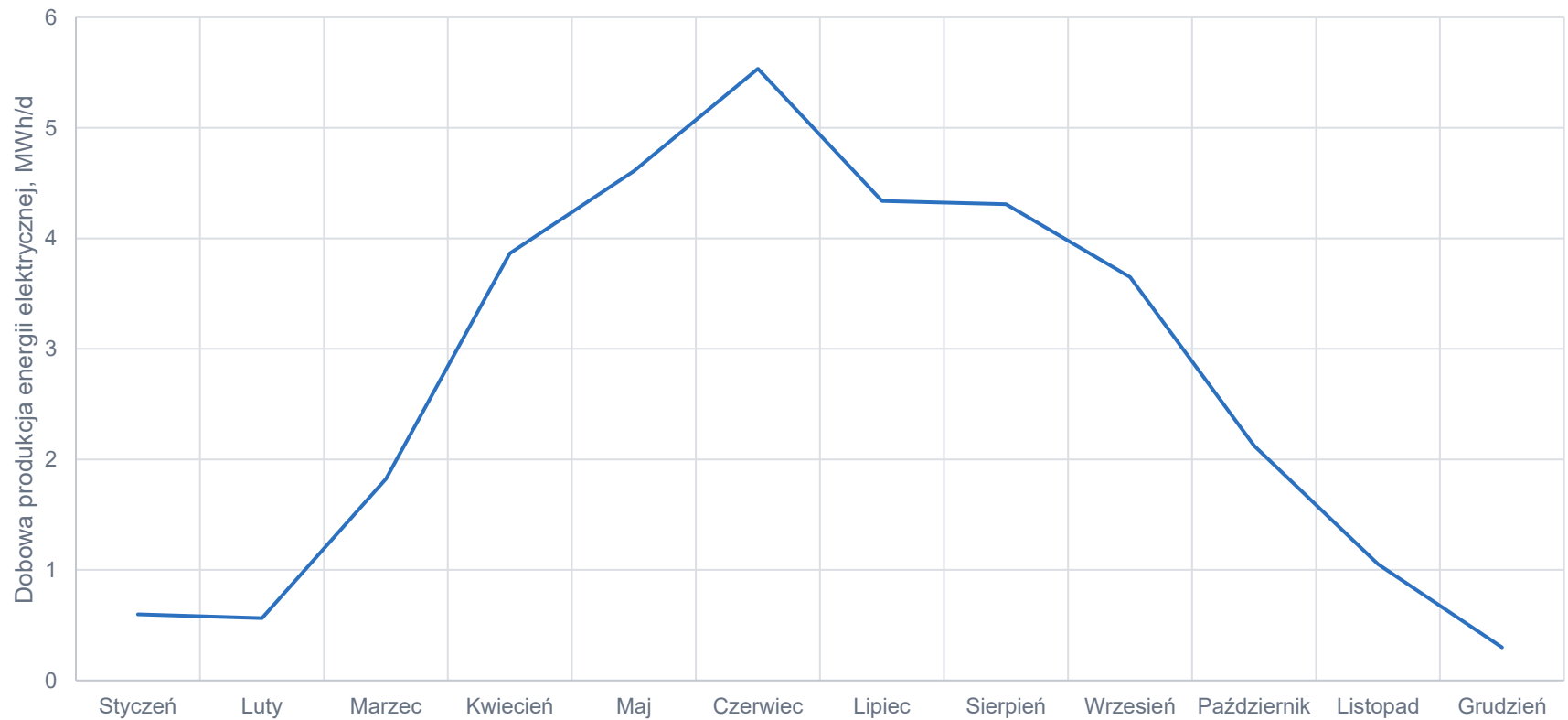
- **1600 do 4000 paneli fotowoltaicznych.**
- **około 3 680 m² powierzchni użytkowej dla paneli.**
- **całkowita powierzchnia farmy wynosi od 10 000 do 20 000 m², czyli 1-2 hektary – odstępy serwisowe itd.**



Fotowoltaika

Farma fotowoltaiczna 1 MW

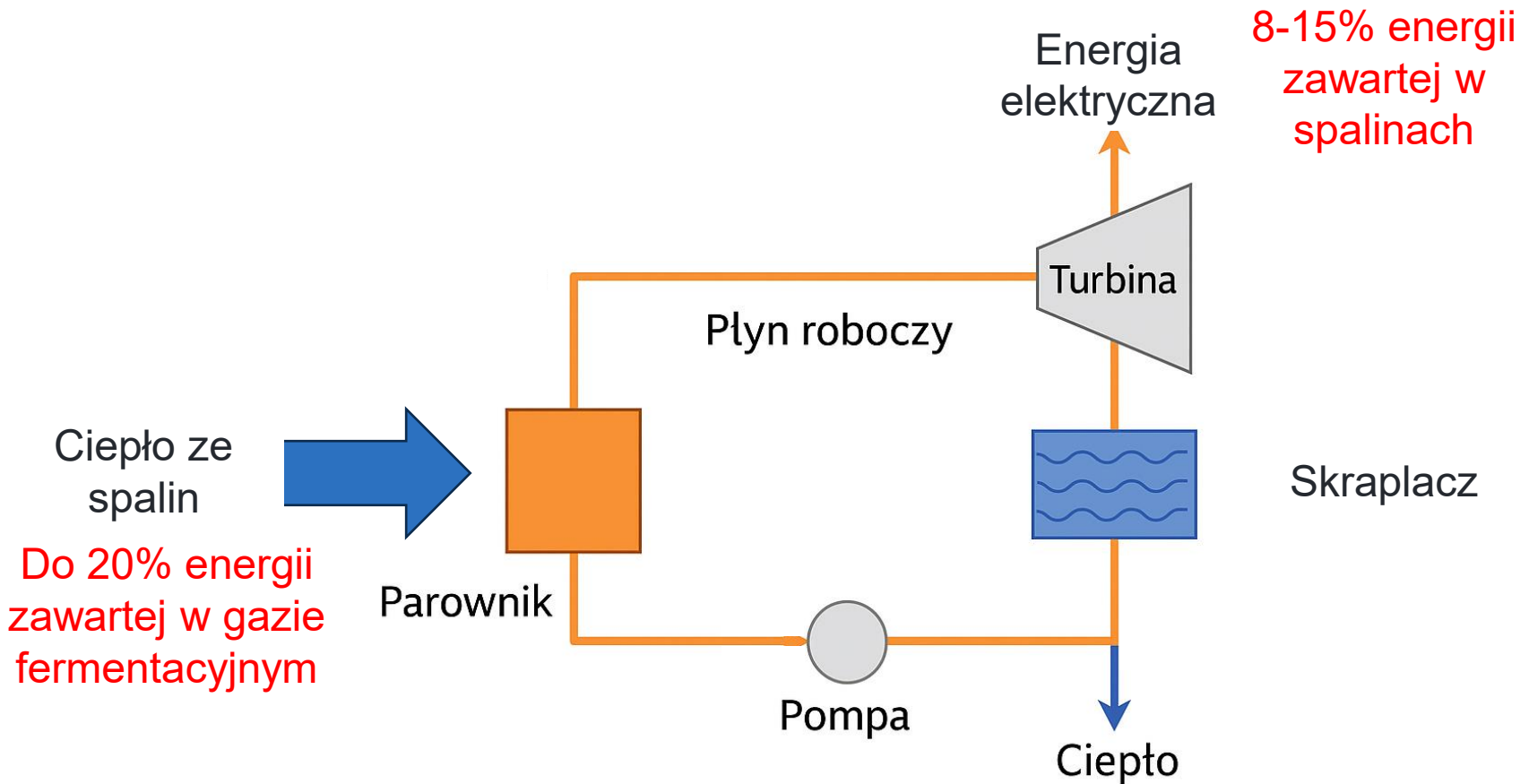
- 950 - 1150 MWh energii rocznie
- 2.5 – 3 mln PLN
- okres zwrotu 6 – 10 lat



Organiczny cykl Rankina

Organiczny cykl Rankina

Opis



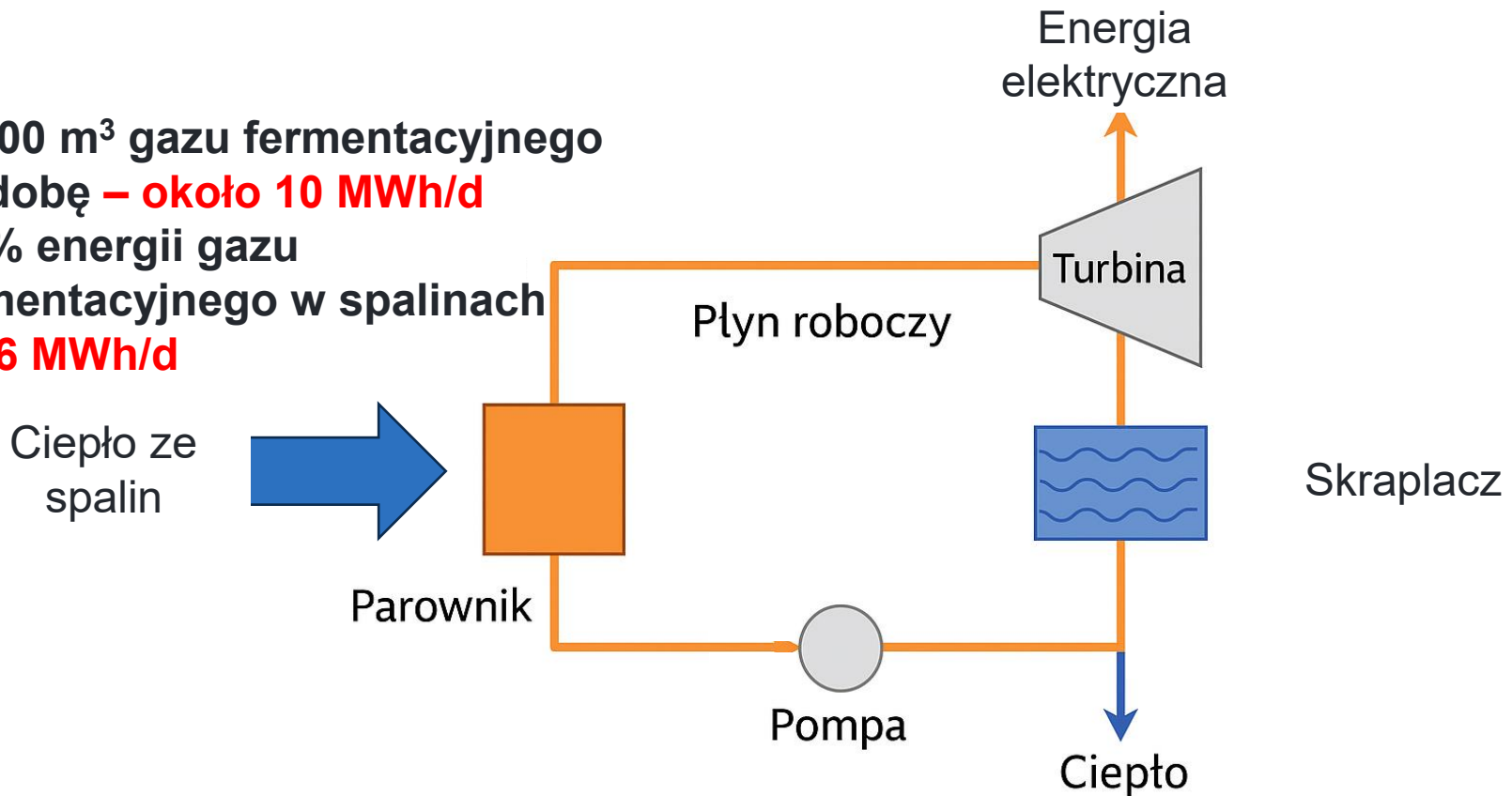
Organiczny cykl Rankina

Bilans dla oczyszczalni 100 000 RLM

10% odzysku energii ze spalin

– dodatkowe 160 kWh/d energii elektrycznej

- 2000 m³ gazu fermentacyjnego na dobę – **około 10 MWh/d**
- 18% energii gazu fermentacyjnego w spalinach – **1.6 MWh/d**



Organiczny cykl Rankina

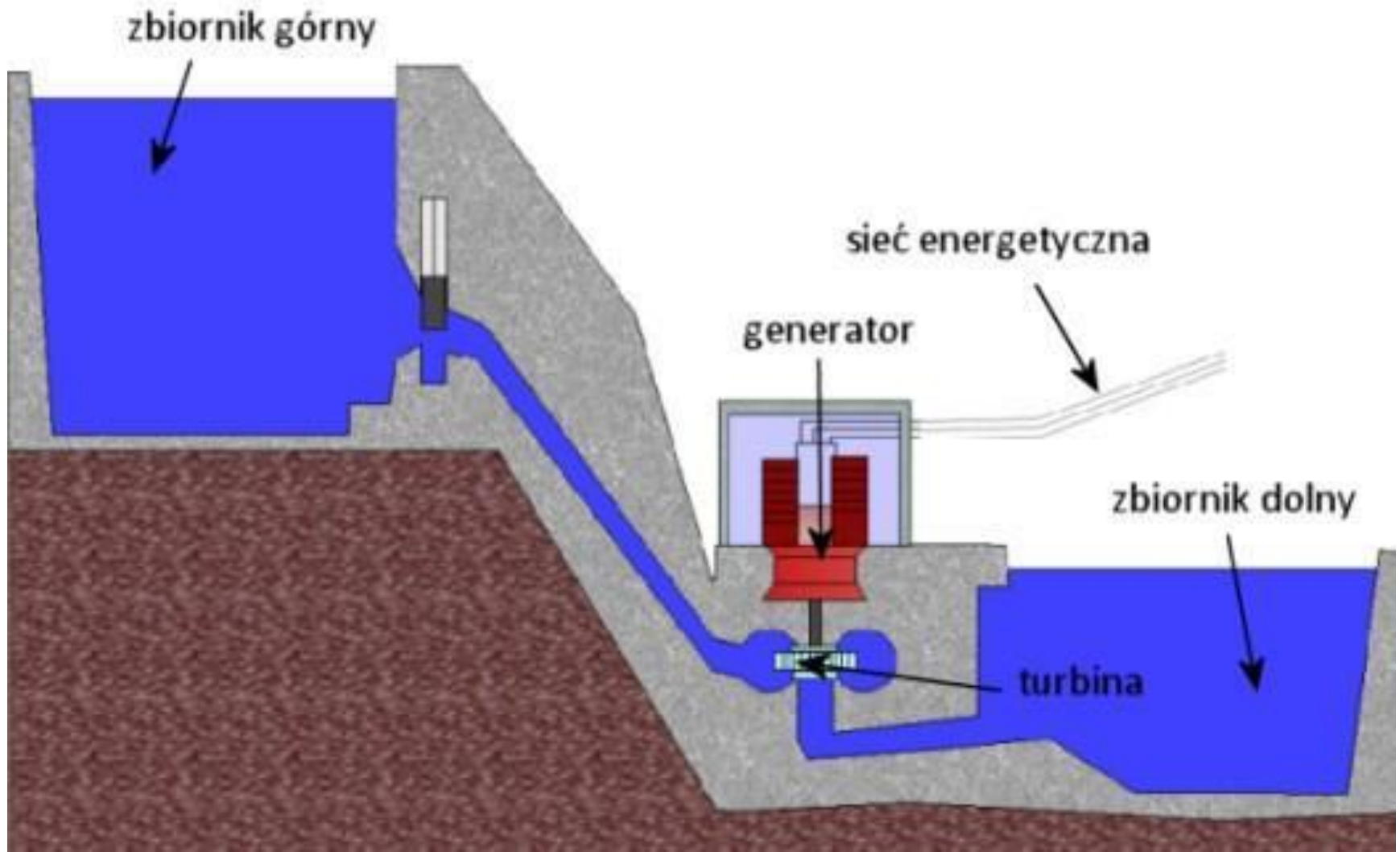
Koszt dla oczyszczalni 100 000 RLM

- Temperatura spalin 500°C, przepływ spalin 10 000 m³/d
- Moc instalacji: 7 kW
- Koszt za 1 kW – 3000 euro
- Koszt całej instalacji – 21 000 euro plus prace dodatkowe (łącznie około 150 000 pln)
- Okres zwrotu: 4 lata (8000 h pracy, 0.7 PLN/kWh, pominięte koszty eksploatacji)

Turbiny wodne

Turbina wodna

Opis



Turbina wodna

Produkcja energii elektrycznej

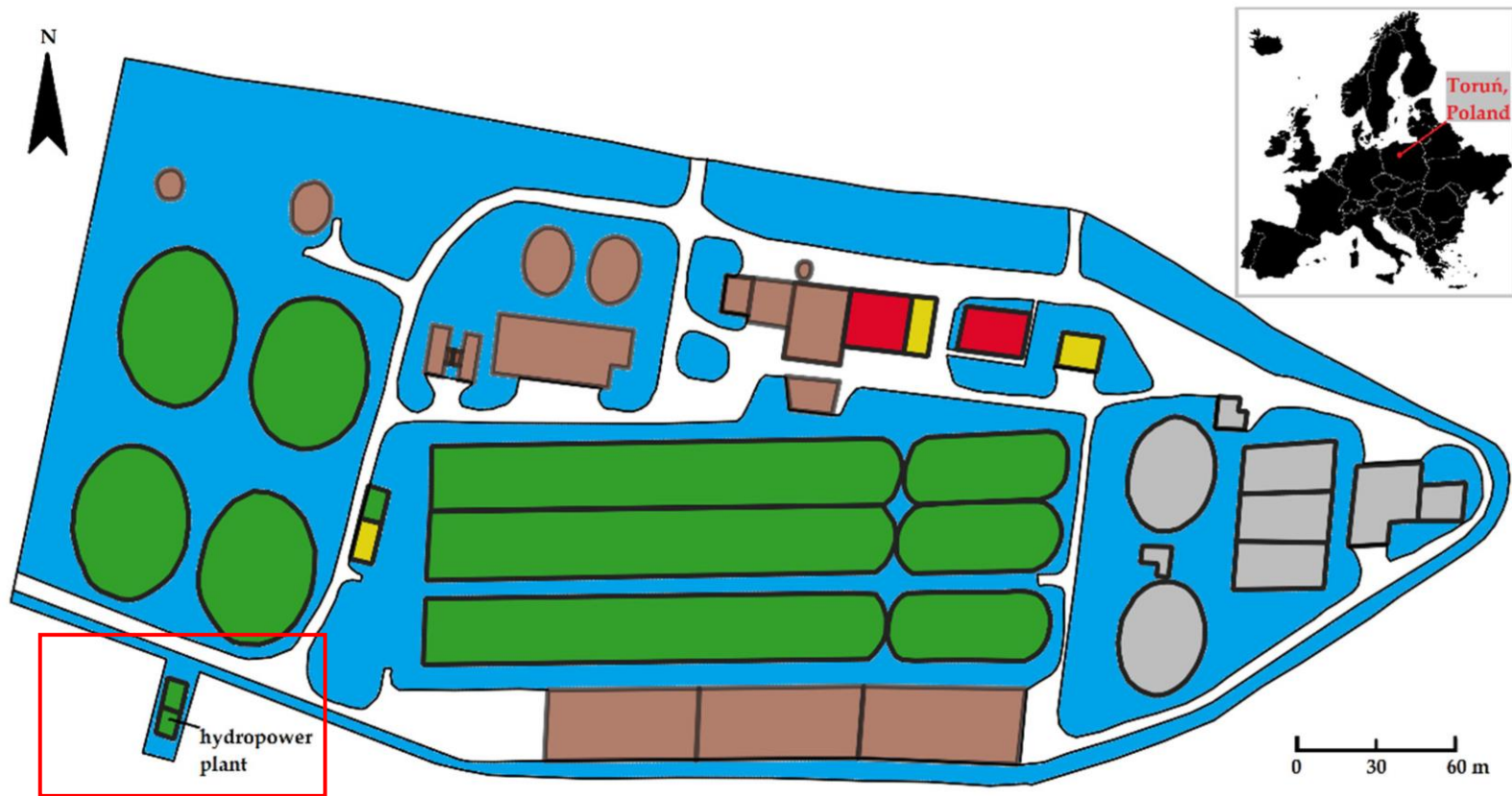
Spad H [m]	Energia z 1 m ³ [Wh/m ³]
2	≈ 3,3 Wh
3	≈ 4,9 Wh
5	≈ 8,2 Wh
7	≈ 11,5 Wh
10	≈ 16,4 Wh

Przy sprawności 60%

Przy zużyciu energii rzędu 0.5-1 kWh/m³ – oznacza to możliwość pokrycia 0.3 – 3 % zapotrzebowania na energię elektryczną oczyszczalni dla ww. spadów.

Turbina wodna

Toruń - przykład



LEGEND

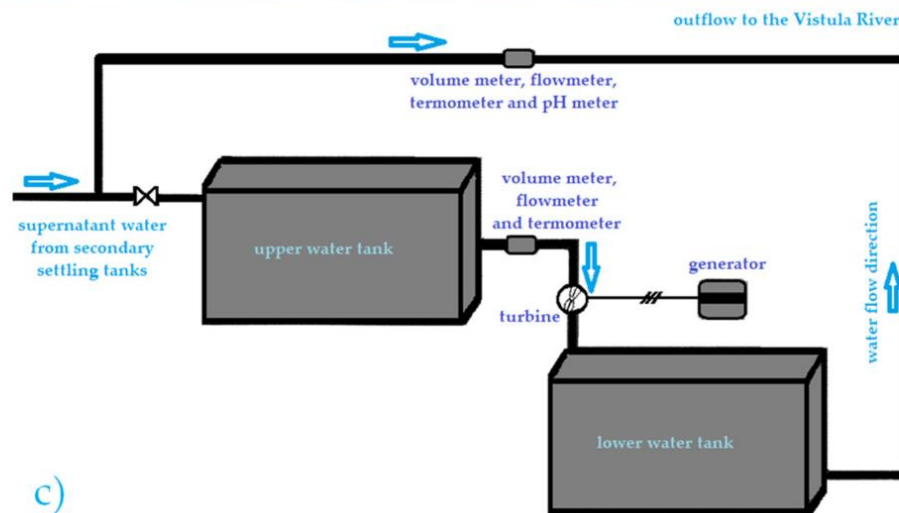
- the boundaries of the wastewater treatment plant in Toruń
- water/sewage/sludge
- mechanical treatment facilities
- biological treatment facilities

- sewage sludge stabilization and disposal facilities
- administration and maintenance buildings
- transformer stations

<https://www.mdpi.com/1996-1073/16/20/7214>

Turbina wodna

Toruń - przykład



<https://www.mdpi.com/1996-1073/16/20/7214>

Turbina wodna

Toruń - przykład

- **Moc instalacji: 21 kW**
- **Przepływ maksymalny: 90 000 m³/d**
- **Spad: 7 m**

Turbina wodna

Kraków Płaszów - przykład

- **Moc instalacji: 60 kW**
- **Spad 3.7 m**
- **Zakres przepływów: 2800 – 13 750 m³/h**

Turbina wodna

Koszt dla oczyszczalni 100 000 RLM

- **Przepływ 12 000 m³/d**
- **Spad 5 m**
- **Moc teoretyczna 6.8 kW**
- **Moc realna do 5 kW**
- **Koszt 20 000 – 30 000 PLN/kW**
- **Koszt 100 000 – 150 000 PLN**
- **Okres zwrotu: 4 -5 lat (8000 h pracy, 0.7 PLN/kWh, pominięte koszty eksploatacji)**

www.wwrtdt.pwr.edu.pl

Optymalizacja zużycia energii

Optymalizacja usuwania azotu i fosforu

Fermentacja metanowa, kofermentacja

Odzysk wody ze ścieków

Odzysk azotu i fosforu do struwitu

Kamil Janiak, 697 286 553,

kamil.Janiak@pwr.edu.pl

Stanisław Miodoński, 508 098 648,

stanislaw.miodonski@pwr.edu.pl