

**Posiedzenie seminaryjne Komisji Środowiska Senatu RP**  
**„Wykorzystanie ścieków i osadów ściekowych**  
**jako źródła energii i pozyskiwania surowców**  
**dla ograniczenia zmian klimatycznych”**

# **Gospodarka cyrkulacyjna** **w branży wodno- ściekowo- osadowej**

**Prof. ndz. dr hab. inż. Marek Gromiec**

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania/ Politechnika Warszawska  
Ekspert Komisji Środowiska Senatu RP

**Warszawa, dnia 7 luty 2017**

# Gospodarka cyrkulacyjna

„Gospodarka liniowa (linearna)”- oparta o model „weź, wyprodukuj, zużyj i wyrzuć”, realizowana w oparciu o założenie, że zasoby występują w dużych ilościach, są dostępne, łatwe do pozyskania i można ich usunąć niewielkim kosztem.

„Gospodarka cyrkulacyjna (o obiegu zamkniętym)”- koncepcja, która umożliwia zachowanie jak najdłużej wartości dodanej produktów i wyeliminowanie odpadów. Zakłada efektywne wykorzystanie zasobów na wszystkich etapach życia produktu ( odpady traktowane są jako potencjalne surowce). Wymaga zmian w stosunku do sposobów zagospodarowania odpadów.



# Gospodarka cyrkulacyjna w dokumentach UE

- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego I Komitetu Regionów „**Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów”** dla Europy. Bruksela, 2.7. 2014 r., COM (2014) 398 final.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno- Społecznego I Komitetu Regionów: **Zamknięcie obiegu-plan działania dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym**. Bruksela, 2.12.2015r., COM (2015) 614 final.

## c.d. Gospodarka cyrkulacyjna

- **Powody** wprowadzenia gospodarki cyrkulacyjnej:
  - ograniczona dostępność niektórych surowców,
  - uzależnienie gospodarki europejskiej od importu surowców (wysokie ceny, zmienność rynku, niepewna sytuacja polityczna w wybranych krajach),
  - malejąca konkurencyjność gospodarki europejskiej w stosunku gospodarek światowych.
- Istnieje pewna zbieżność **gospodarki cyrkulacyjnej** z tzw. nowym paradygmatem „NEW ( Nutrienty- Energia-Woda)” w **gospodarce wodnej-ściekowo- osadowej**.

# Paradygmat „NEW” i jego przesłanki

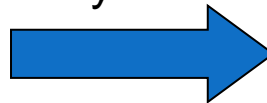
- **Polityka wodna UE** oparta jest na zlewniowym zarządzaniu jakością wody, związanym głównie z ochroną wód śródlądowych.
- Jej istotą winno być jak osiągnąć wymaganą jakość wód powierzchniowych zabezpieczającą przed eutrofizacją Bałtyku, przy najmniejszym koszcie.
- Powyższe związane jest z **nowym paradygmatem „NEW”** (Nutrienty- Energia- Woda) dla gospodarki wodno – ściekowej - osadowej oraz przedsiębiorstw wodociągowo- kanalizacyjnych w zlewniach rzek, który związany jest z odzyskiem zasobów i energii.
- Przesłanki paradygmatu „NEW” to głównie:
  - zmiany **demograficzne**,
  - postępująca **eutrofizacja**,
  - zmiany **klimatyczne**,
  - **zrównoważony rozwój**,
  - gospodarka cyrkulacyjna.

ścieki



**Oczyszczalnia  
ścieków  
ograniczająca  
zanieczyszczenia**

Ścieki  
oczyszczone



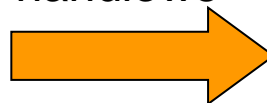
**Cele:  
zgodność  
z przepisami**

ścieki



**Zakład produkcji  
odzyskiwanych  
zasobów**

Produkty  
handlowe



**Cele:  
poprawa środowiska  
generowanie zysku  
korzyści społeczne**

- Oprócz tradycyjnej roli systemów wodno-ściekowych jaką jest oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów

**nowa rolą staje się produkcja zasobów oraz energii.**

- W zakresie **produkcji zasobów**:
  - produkcja wody,
  - produkcja wodoru,
  - produkcja azotu,
  - **produkcja fosforu**,
  - produkcja plastików, itp.
- W zakresie **produkcji energii**:
  - odzysk energii ze ścieków w systemach kanalizacyjnych
  - **odzysk energii z osadów ściekowych**



## Osady ściekowe w Polsce w/g Ochrona Środowiska 2016, GUS

- Ogółem **951,5 tys. ton s.m. (2015)**  
w tym: **383,5 tys. ton s.m. osady przemysłowe**  
**568,0 tys. ton s.m. osady komunalne**  
(zróżnicowane w województwach, przykładowo woj. maz. 83,8 tys. ton)

- Osady komunalne są stosowane:

- w rolnictwie	107,5 tys. ton s.m.
- do rekultywacji, w tym gruntów rolnych	19,2 tys. ton s.m.
- do uprawy roślin na kompost	47,1 tys. ton s.m.
- przekształcanie termiczne	<b>79,3 tys. ton s.m. (14%)</b>
- składowanie	40,5 tys. ton s.m.
- nagromadzenie na terenie oczyszczalni	246,9 tys. ton s.m.

Poniżej podano przykład-zdjęcie nagromadzenia osadów ściekowych



# Problem osadów ściekowych

- Komunalne osady **wytwarzane są w sposób ciągły**, a problem osadów występuje na obszarze całego kraju, co związane jest z realizacją KPOŚK.
- Prognozowana ilość wytwarzanych osadów komunalnych w 2018 r. roku została oszacowana na około 700 tys. Mg s.m. ( wzrost ok. 100% od 2000 r.).
- Założono, że **termiczne przekształcanie obejmie około 60%**, uwzględniono też m.in. recykling organiczny.
- Dla rozwiązania problemu osadów komunalnych postulowane jest opracowanie **strategii i Krajowego Programu Zagospodarowania Osadów Ściekowych (KPZKOŚ)**, postulowanego m.in. przez Izbę Gospodarczą „Wodociągi Polskie”.
- Powyższe wymaga również analizy możliwości utworzenia **regionalnych centrów** unieszkodliwiania komunalnych osadów ściekowych, które winny obejmować swoim zasięgiem kilka mniejszych oczyszczalni ścieków.
- Wzrost ilości osadów i jednocześnie zakaz ich składowania, przy braku stosownych instalacji, sprawia, że jest **ważne zagadnienie społeczne, ekologiczne, techniczne i ekonomiczne.**

# Trendy w zagospodarowaniu osadów ściekowych

Zależą od wielu czynników, w szczególności od:

- Poziomu **wiedzy naukowej i technicznej**.
- Innowacyjności **rozwiązań technologicznych i technicznych**.
- **Prawodawstwa**.
- **Polityki i strategii** wodnej-ściekowej- osadowej.
- Dostępności **środków finansowych**.

## c.d. Trendy

- Brak jest krajowego **prawodawstwa** dotyczącego całokształtu osadów, uwzględniającego innowacyjność.
- Osady umieszczono „na pograniczu” **gospodarki wodno-ściekowej** oraz **odpadowej**, co komplikuje rozwiązanie problemu, zaciera granice kompetencyjne i odpowiedzialność, wywiera wpływ na finansowanie.
- Zagospodarowanie osadów **nie nadążało** za trendami, wiele istniejących instalacji **nie można uznać za wystarczające** do pełnego zagospodarowania osadów ściekowych.
- Obserwuje się jednak **postęp**, głównie w dużych aglomeracjach, w których zastosowano termiczne przekształcanie osadów, co wiąże się również z koniecznością rozwiązania problemu unieszkodliwiania powstających popiołów.

# Cele Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2022

Zgodnie z uchwałą RM z dnia 1 sierpnia 2016 w zakresie odpadów komunalnych przyjęto cele:

- Całkowite **zaniechanie składowania** komunalnych osadów ściekowych.
- Zwiększenie ilości komunalnych osadów ściekowych przetwarzanych przed wprowadzeniem do środowiska oraz ilości komunalnych osadów ściekowych **poddanych termicznemu przekształceniu**.
- Dążenie do maksymalnego stopnia **wykorzystania substancji biogennych** zawartych w osadach przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich wymogów dotyczących bezpieczeństwa sanitarnego, chemicznego oraz środowiskowego.

Straciła moc uchwała RM z dnia 24 grudnia 2010 w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”.

# Kierunki techniczno- technologiczne zagospodarowania osadów ściekowych

W Polsce występuje konieczność modernizacji lub budowy nowej części osadowej, a działania kierowane są na osiągnięcie celów:

- Racjonalne **zmniejszenie ilości** powstających osadów.
- Wprowadzenie procesów pozwalających na **odzysk energii i biogenów** z osadów.
- Usprawnienie procesów przetwarzania osadów pod względem **energetycznym i ekonomicznym**.

## c.d. Kierunki techniczno-technologiczne zagospodarowania osadów

Zasadniczym kierunkiem działań, wynikających z zakazu składowania komunalnych osadów ściekowych, będzie stosowanie:

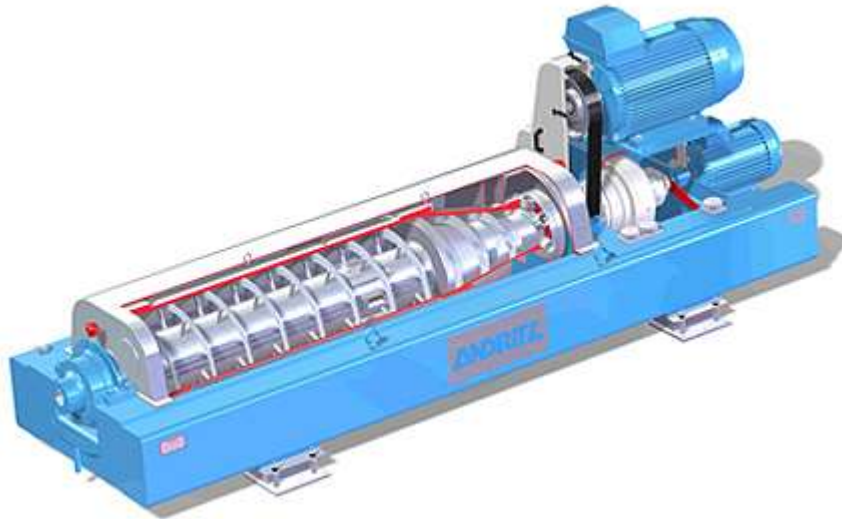
- wydajniejszych procesów **zagęszczania i odwadniania** osadów,
- efektywnych i bezpiecznych urządzeń do **suszenia** osadów,
- efektywnych i bezpiecznych instalacji do **termicznego przekształcania** osadów.



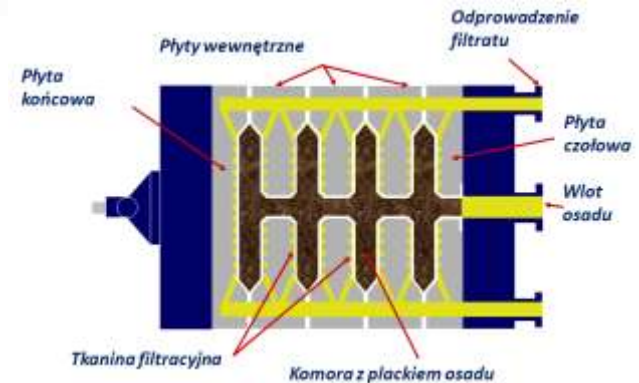
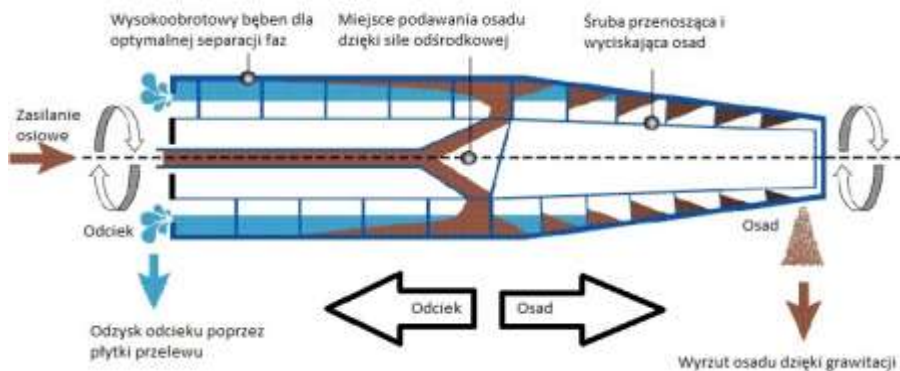
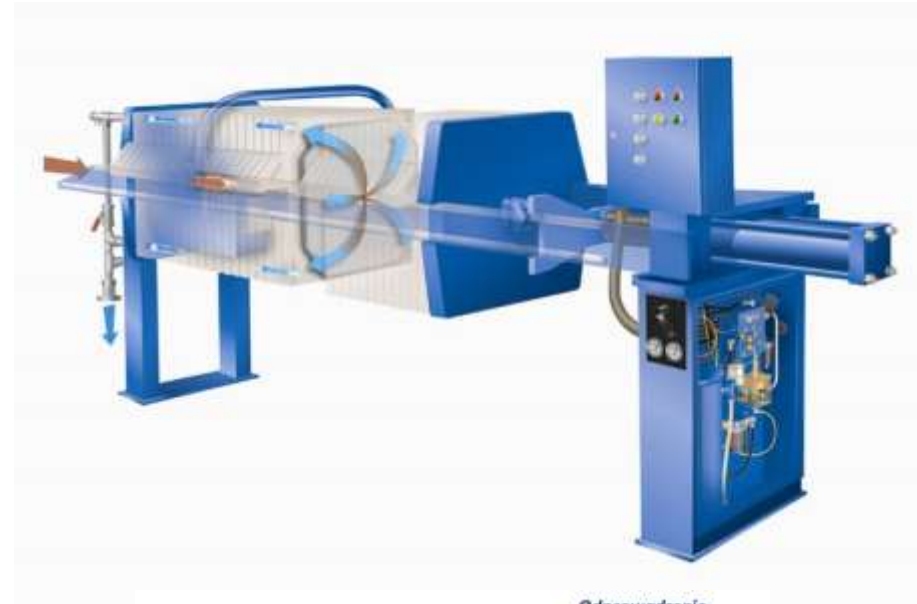
# MECHANICZNE ODWADNIANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH

- następuje postęp w urządzeniach

*Wirówka  
dekantacyjna*



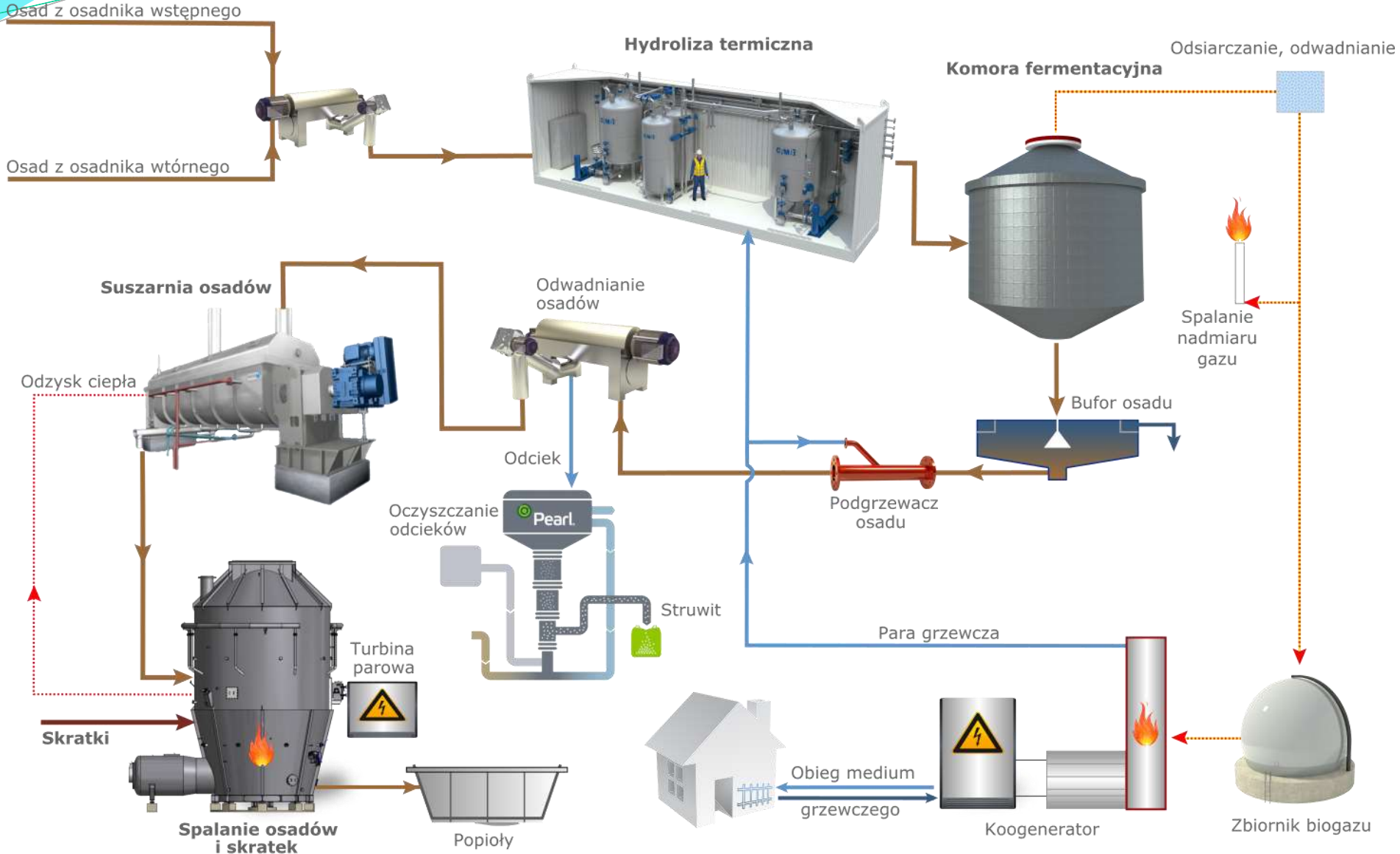
*Prasa  
komorowa*



## Optymalizacja przeróbki osadów ściekowych

- Wskazane jest przeprowadzenie **analiz optymalizowania ciągów technologicznych gospodarki osadowej**, co pozwoli na wybór optymalnego rozwiązania dla danej oczyszczalni.
- Istotnym jest wybór rozwiązań posiadających sprawdzone w praktyce referencje i konieczne jest przeprowadzenie badań pilotowych, które pozwalają na wprowadzenie **innowacyjnych i wysokosprawnych rozwiązań**, przykładowo:
  - zagęszczania i odwadniania osadów ściekowych,
  - hydrolizy termicznej przed komorami fermentacyjnymi,
  - kofermentacja osadów ściekowych z odpadami,
  - oczyszczanie odcieków z odwadniania osadów ściekowych.

# Przykładowy schemat gospodarki osadowej



# Komory fermentacyjne

- **Komory fermentacji** są urządzeniami do przeprowadzenia biochemicznego rozkładu substancji organicznych zawartych w osadach ściekowych.
- **Wydzielone komory fermentacyjne (WKF)** można podzielić na: zamknięte i otwarte.
- **Wydzielone komory fermentacyjne zamknięte** to komory przykryte zawsze ogrzewane z mieszaniem osadu, mogą być komorami fermentacji mezofilowej (o temp. 27-35 °C) lub termofilowej (o temp. 50-55 °C).
- **Wydzielone komory fermentacyjne otwarte** to otwarte komory nie mające przykrycia o fermentacji mezofilowej, ale nie ogrzewane (temp. 10-15 °C), na ogół nie mieszane lub z mieszaniem mało intensywnym (przepompowywanie osadu). Ze względu na niską temperaturę i brak mieszania są większe w przeliczeniu na jednostkę masy osadu.
- Należy wprowadzić **zachętę finansową** do ich zamianę komór otwartych na komory zamknięte.

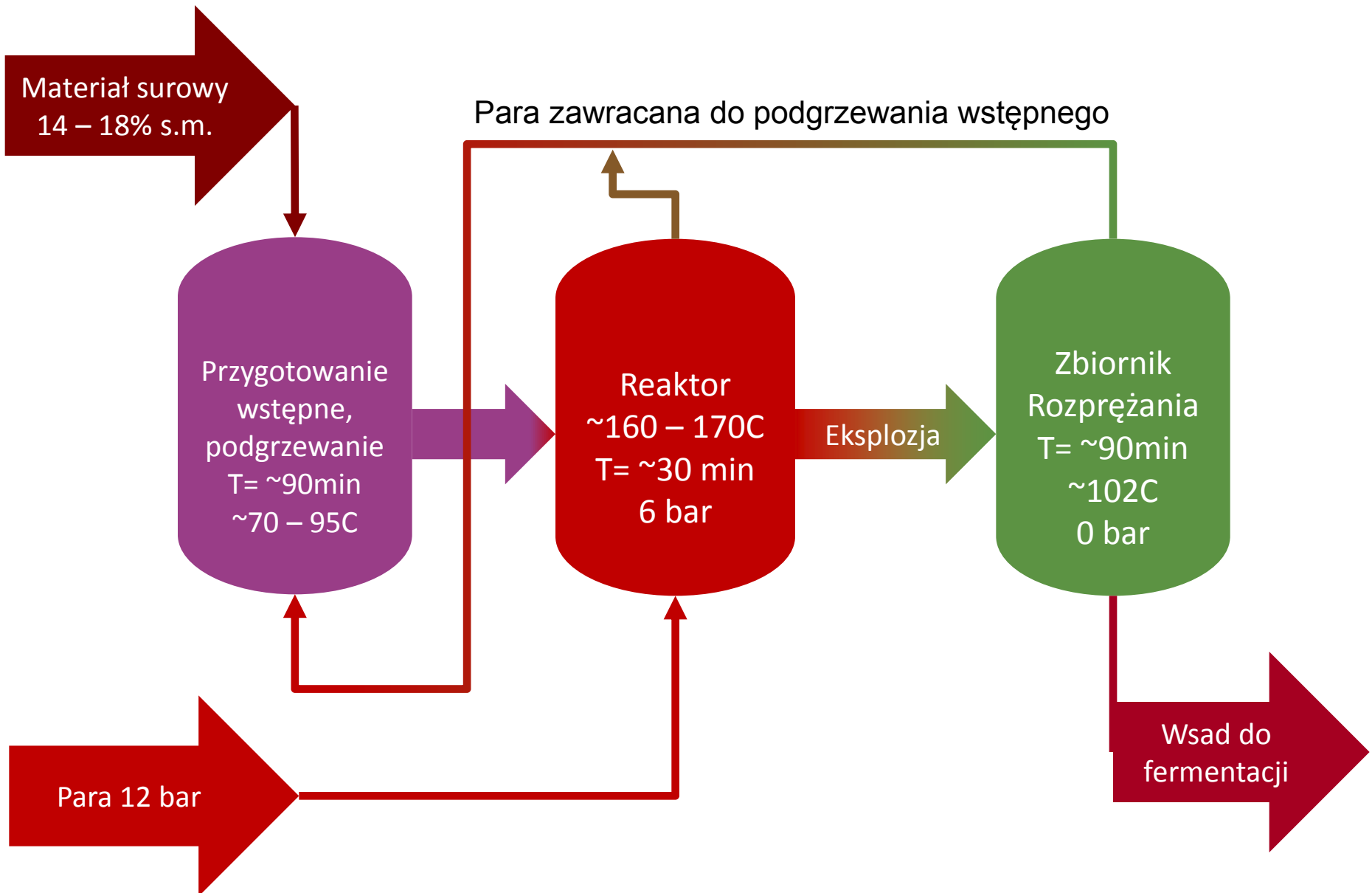
# Oczyszczalnia w Hegelow – WKF



## Zastosowanie **hydrolizy termicznej** powoduje :

- Zwiększenie podatności osadów na fermentację poprzez destrukcję struktur komórkowych (dezintegracja)
- Wstępne przetworzenie osadów poprawiające późniejsze ich odwadnianie, oraz zapewniające higienizację
- Zwiększenie obciążenia komór fermentacji poprzez zwiększenie stopnia zagęszczenia osadu podawanego do komór z jednoczesną poprawą efektywności ich mieszania,
- Zwiększenie efektywności procesu fermentacji, wpływa na zwiększenie biogazu i stopień rozłożenia substancji stałych
- Zwiększenie stopnia rozkładu osadu = zmniejszenie jego ilości do przeróbki w dalszych etapach obróbki (odwadnianie i suszenie).

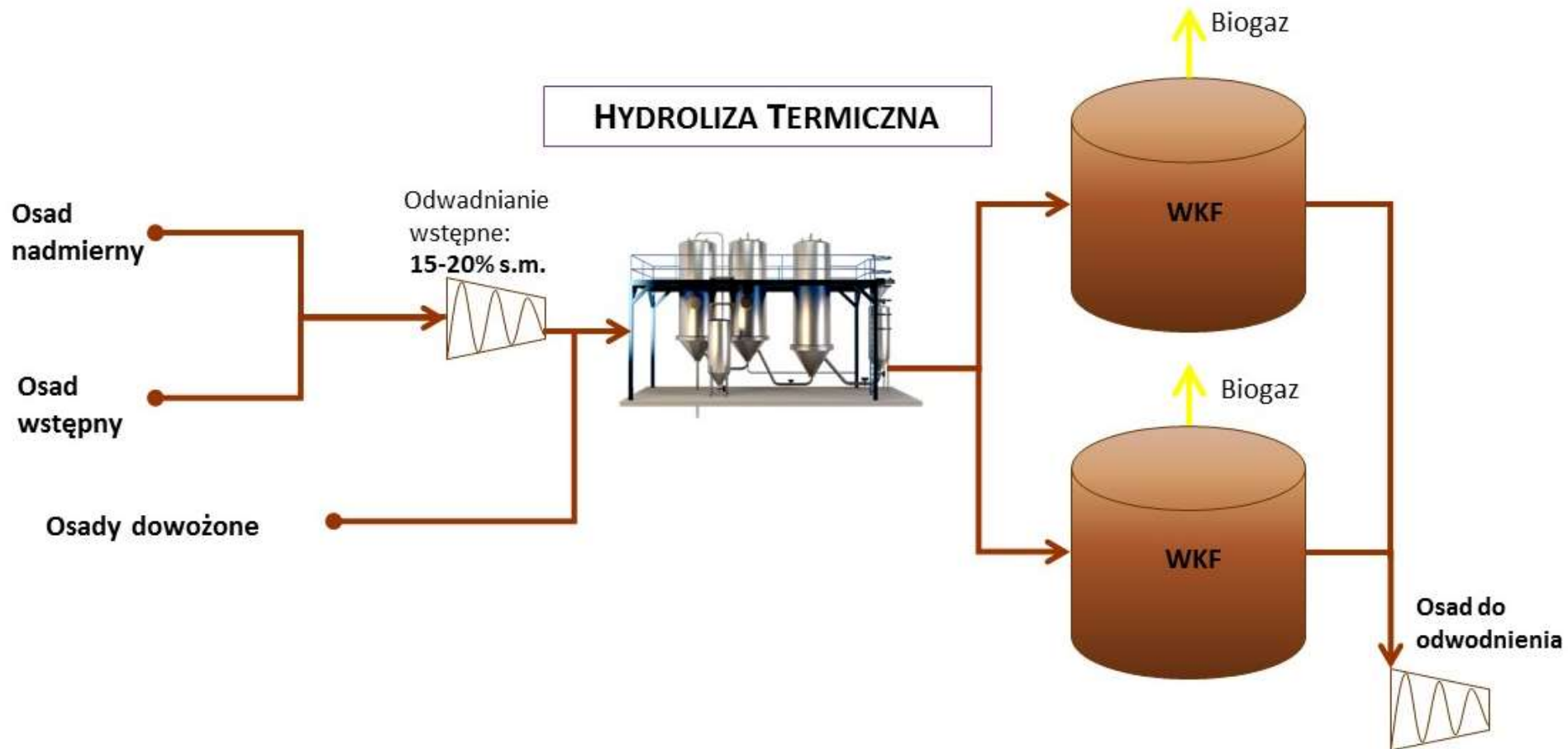
# Schemat procesu hydrolizy termicznej



# Hydroliza termiczna przed komorami

## Proponowany wariant zastosowania hydrolizy termicznej

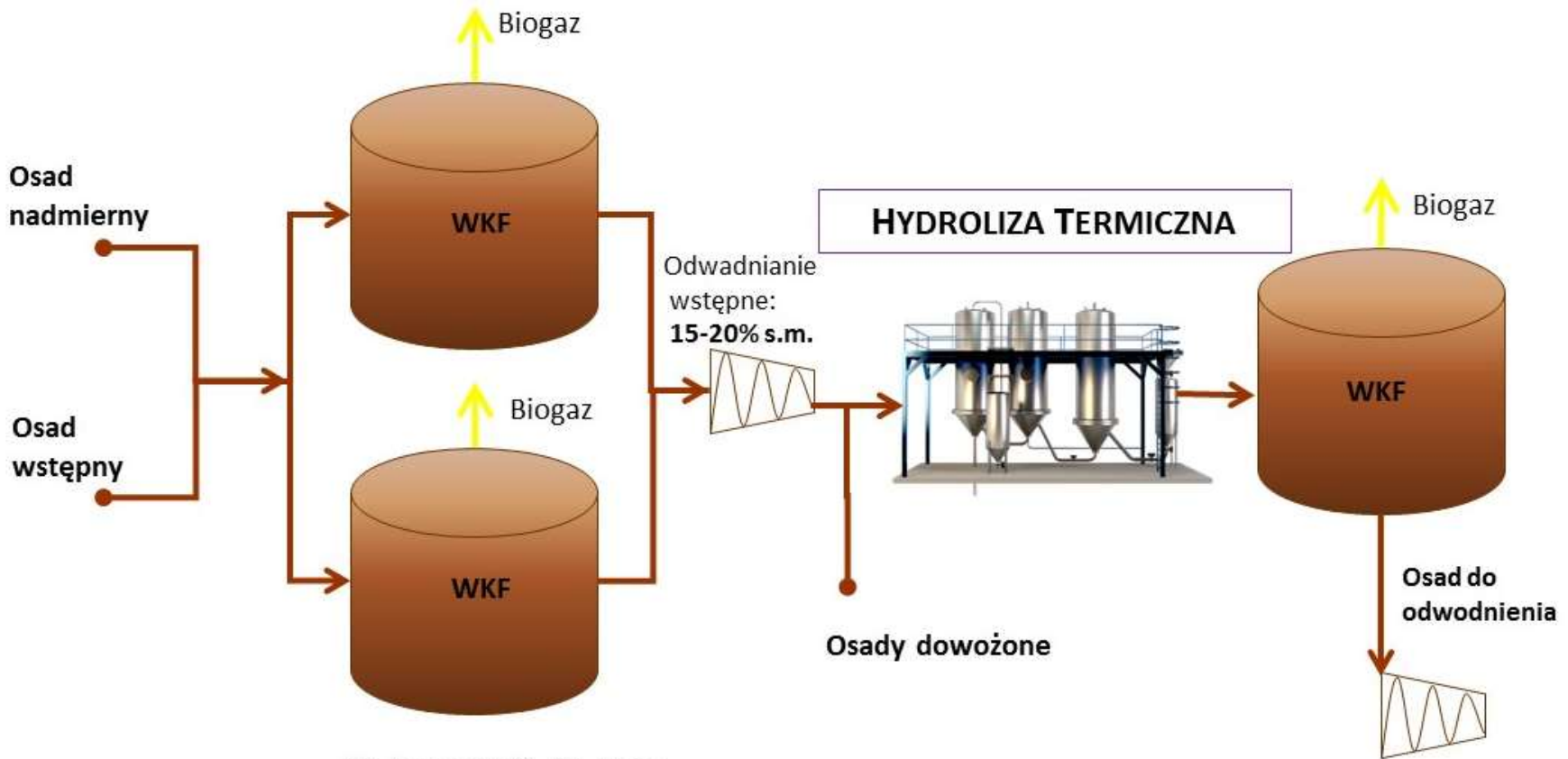
### HT – Fermentacja





# Hydroliza termiczna po komorach

## Proponowany wariant zastosowania hydrolizy termicznej Fermentacja 1° – HT – Fermentacja 2°



W fermentacji 1° może pracować jedna lub dwie komory WKF

## Oczyszczalnia w Hegelow – Hydroliza



## Oczyszczalnia w Waszyngtonie – Hydroliza



**Waszyngton, USA**  
**ok. 4 300 000 RLM**

## **Przykład**- Oczyszczalnia w Washingtonie, D.C., USA 4,3 miliony RLM

- **Planowano:** 8 WKF o pojemności 174 000 m<sup>3</sup>  
**350-420 mln USD**
- **Zrealizowano:** **Hydrolizę Termiczną** (600 m<sup>3</sup>)  
4 WKF o pojemności 58 100 m<sup>3</sup>  
**207 mln USD**
- OPEX (koszty utrzymania) 20 mln USD
- Koszty eksploatacji: < 35 %

# Kofermentacja i inne rozwiązania

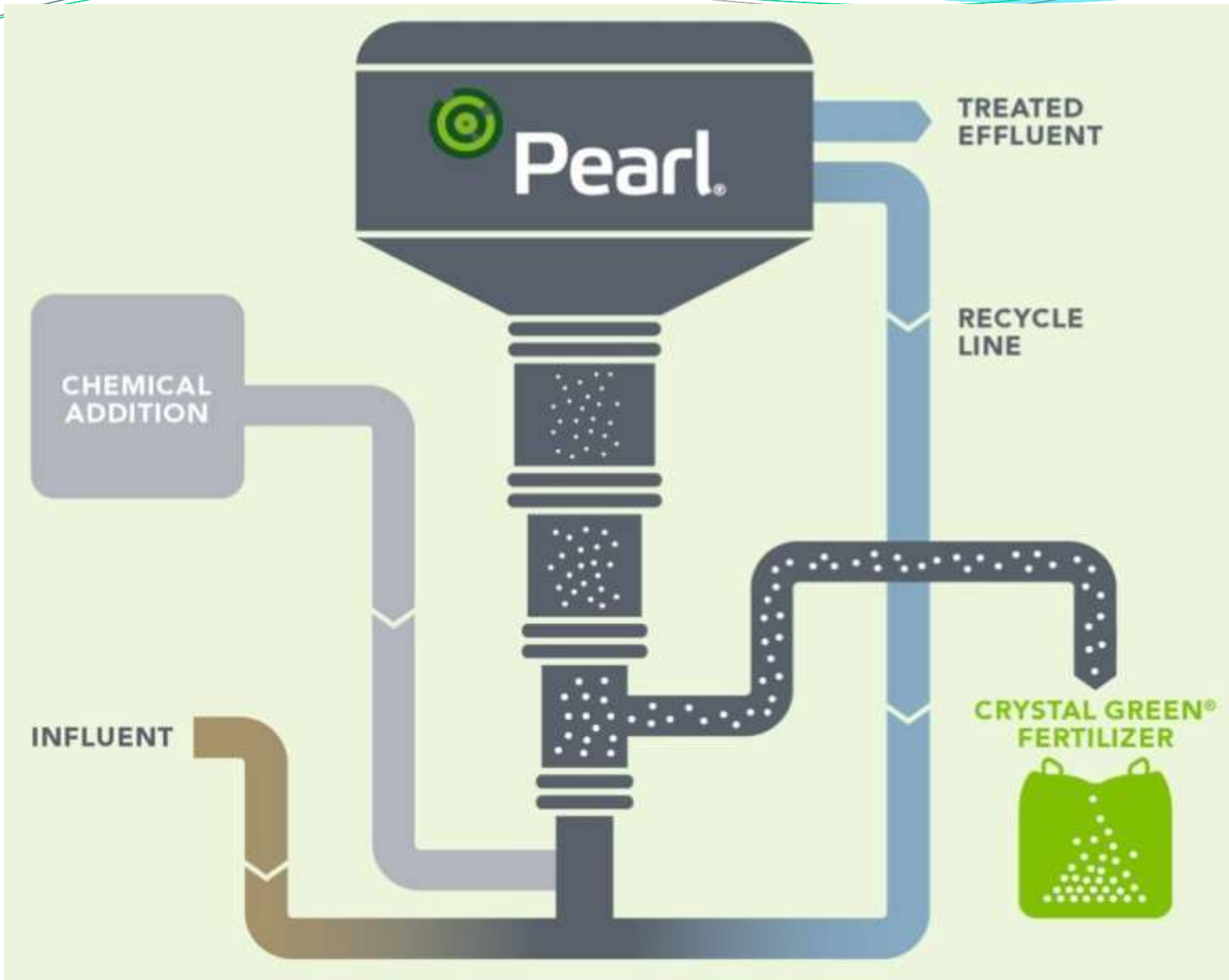
- **Kofermentacja** osadów ściekowych z odpadami ulegającymi biodegradacji stanowi rozwiązanie pozwalające na dalszą intensyfikację produkcji biogazu.
- Istotnym jest przebadanie dodawanych materiałów pod względem podatności na fermentację oraz intensywność produkcji biogazu.
- Istnieje wiele innych rozwiązań innowacyjnych, przykładowo **reaktory oparte o ciecz nadkrytyczną**, tworzoną z wody przy wyższym ciśnieniu i temperaturze.

# Odzysk biogenów z osadów ściekowych

- Odzysk biogenów ( azotu i fosforu) z osadów ściekowych, a szczególnie z odcieków powstających z przeróbki osadów, jest istotny ze względów energetycznych i ekologicznych.
- Biogeny nie są zawracane na początek oczyszczalni przyczyniając się do zmniejszenia zużycia energii w całym systemie, a ich odzysk z systemu wpływa na ograniczenie szkodliwego procesu eutrofizacji wód.
- Równocześnie stworzona zostaje możliwość produkcji ekologicznych nawozów.

# Korzyści z odzysku biogenów

- **Obniżenie ładunków biogenów**, szczególnie fosforu i azotu, w odciekach, zawracanych do ponownego ich biologicznego oczyszczania.
- **Minimalizacja zastosowania chemikaliów** do strącania fosforu, powodująca obniżenie kosztów.
- **Produkcja ekologicznego nawozu**, umożliwiająca wtórne wykorzystanie fosforu, zwiększające jego rezerwy.
- **Redukcja zawartości fosforu w odciekach**, stanowiąca innowacyjny sposób jego usuwania z systemu.
- **Redukcja gazów i ciepłarnianych**,
- **Zmniejszenie eutrofizacji wód**
- **Zapobieganie odkładaniu się struwitu** się w komorach, rurociągach, zaworach i innych urządzeniach.





# W reaktorze Pearl powstaje wysokiej jakości nawóz o powolnym działaniu

Nawóz fosforowo-azotowo-magnezowy  
5-28-0 +10%Mg

Powolnie uwalniający się nawóz o zwiększonej efektywności



# Instalacja do badań pilotowych

Prowadzone badania pilotowe:

- OŚ Gdynia – 500 000 RLM  
- redukcja fosforu 80-85%
- COŚ Poznań – 1 250 000 RLM  
- redukcja fosforu 85-90%
- OŚ Jarocin – 100 000 RLM  
- redukcja fosforu 82-86%
- OŚ Południa (Warszawa)  
- redukcja fosforu 80-85%
- OŚ Rzeszów  
- redukcja fosforu 80-85%



## Oczyszczalnia w Madrycie – Ostara



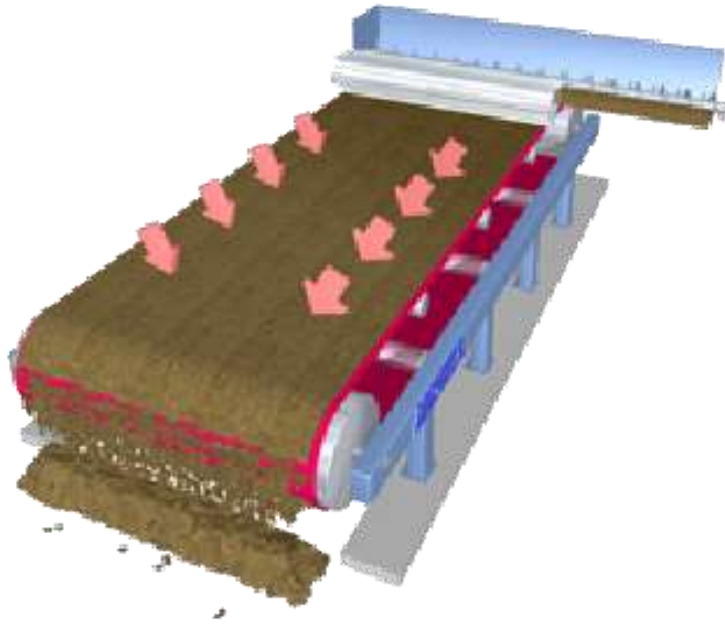
## Oczyszczalnia w Chicago – Ostara



## Oczyszczalnia w Amersfoot – Ostara



# SUSZENIE I SPALANIE OSADÓW



*Suszenie osadów*



*Spalanie osadów ze skratkami*

*Optymalizacja ciągu technologicznego gospodarki osadowej to proces złożony, który poprzedzony głęboką analizą poszczególnych elementów i poparty praktycznym doświadczeniem, pozwoli wdrożyć najlepsze rozwiązanie dla każdej oczyszczalni indywidualnie.*

# Przykład modernizacji linii osadowej na miejskiej oczyszczalni ścieków

- Zastosowanie agregatów kogeneracyjnych do wytwarzania skojarzonej energii elektrycznej i ciepłej.
- Usprawnienie procesu fermentacji z zastosowaniem instalacji hydrolizy termicznej.
- Umożliwienie kofermentacji odpadów organicznych (jako opcja).
- Zmodernizowanie węzła odwadniania osadów ściekowych w celu poprawy skuteczności odwadniania.
- Zastosowanie suszenia osadów ściekowych (jako opcja).

## Korzyści środowiskowe i ekonomiczne

- W kraju, istnieją tysiące oczyszczalni ścieków, a na świecie istnieją ich setki tysięcy, a których większość zasilana jest energią z paliw kopalnych, w tym z węgla.
- Istotnym jest **bilans energetyczny dla oczyszczalni ścieków** i oszacowanie korzyści działań optymalizacyjnych i innowacyjnych, tym bardziej, że zużycie energii przez tą branżę będzie rosło.
- Istotna jest **optymalizacja i integracja innowacyjnych technologii**, na przykład łączne zastosowanie hydrolizy termicznej i odzysku fosforu z odcieków pochodzących z przeróbki osadów ściekowych.



# Podsumowanie

- **Gospodarka cyrkulacyjna** stwarza nowe szanse dla gospodarki wodnej-ściekowej-osadowej i wprowadzania innowacyjnych rozwiązań.
- Wysokie standardy oczyszczania ścieków komunalnych oraz rozwój metod usuwania substancji biogenych i ich zastosowanie w praktyce powoduje ciągły wzrost ilości komunalnych osadów ściekowych.
- Brak jest kompleksowego rozwiązania problemu osadów ściekowych, w tym krajowego programu osadowego.
- Systemy ściekowe zaczynają być spostrzegane nie tylko w tradycyjnej roli jaką jest oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych, ale również w **nowej roli związanej z produkcją zasobów i energii**.
- Systemy wodno- ściekowe mogą być nie tylko konsumentem dużych ilości, ale również **produkować energię na potrzeby własne**, a nawet do różnych celów dla użytkowników zewnętrznych.
- Zagospodarowanie osadów ściekowych jest konieczne ze względów sanitarnych i innych, ale winno być rozwiązywane również z punktu widzenia pozyskiwania energii z osadów ściekowych uznanych za biomasę.

## c.d. Podsumowanie

- Konieczne jest wsparcie **innowacyjnych rozwiązań technologicznych** dotyczących osadów ściekowych w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 oraz w ramach strategicznego programu badawczego.
- Rozwiązywanie problemu osadów ściekowych łączy się z możliwościami **zwiększenia efektywności energetycznej** systemów oczyszczania ścieków.
- Powyższe działania przynoszą korzyści o charakterze środowiskowym i ekonomicznym, w tym spadek **zanieczyszczenia powietrza** oraz **redukcja gazów cieplarnianych**.
- Na uznanie zasługuje stanowisko Komisji Środowiska Senatu RP z 17 marca 2016 roku.

## Główne tezy i postanowienia Stanowiska Komisji Środowiska Senatu RP z 17 marca 2016 r.

- Oprócz tradycyjnych ról przedsiębiorstw wod-kan, nową rolą może być produkcja energii i surowców.
- Dotyczy to produkcji **wody odzyskiwanej ze ścieków**, która będzie wykorzystywana do różnych celów.
- **Komisja uznaje**, że należy rozpocząć prace nad stworzeniem przepisów prawnych w tym zakresie.

## c.d. Stanowisko

- Oprócz odzysku wody ze ścieków istnieją również możliwości **odzyskiwania innych surowców**, w tym wodoru, bioplastików, a szczególnie surowców energetycznych i biogenów .
- **Komisja uznaje** za istotne wspieranie prac badawczo-rozwojowych mających na celu odzysk surowców ze ścieków poprzez wypracowanie mechanizmów finansowych i stosowne związania legislacyjne.

## c.d. Stanowisko

- Istotnym czynnikiem tej technologii jest intensyfikacja oraz wykorzystanie biogazu między innymi za pomocą **hydrolizy termicznej**, a także **kofermentacja** osadów ściekowych z odpadami ulegającymi biodegradacji. **Komisja uznaje**, za konieczne pilnie opracowanie strategii unieszkodliwiania i zagospodarowania osadów ściekowych w Polsce oraz wskazanie preferowanych kierunków rozwiązań w tym zakresie.
- **Komisja uznaje**, za szczególnie istotny odzysk biogenów (fosforu i azotu) ze ścieków i osadów ściekowych.
- **Odzysk fosforu** zaczyna nabierać szczególnego znaczenia z uwagi na zmniejszanie się światowych zasobów fosforu, zastosowanie reaktorów fluidalnych umożliwia produkcję nawozu.



**DZIĘKUJE  
ZA UWAGĘ**