

Gdańsk, 20-22 marca 2013 r.  
**Seminarium naukowo-techniczne pt.**

**Wyniki badań  
dawkowania alternatywnych źródeł węgla  
w skali technicznej**



w ramach projektu „Innowacyjne źródło węgla dla wspomagania  
denitryfikacji w komunalnych oczyszczalniach ścieków”  
współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju  
Regionalnego - Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka  
(Poddziałanie 1.3.1)



---

---

---

---

---

---

---

---

**Badania w skali technicznej**

**Obiekty badań:**

- Grupowa Oczyszczalnia Ścieków „Dębogórze”
- Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków w Poznaniu
- Oczyszczalnia Ścieków „Ruptawa” w Jastrzębiu Zdrój
- Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi



---

---

---

---

---

---

---

---

[www.pewik.gdynia.pl](http://www.pewik.gdynia.pl)



**PEWIK GDYNIA**

GOŚ „DĘBOGÓRZE”

---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**Założenia projektowe dla realizowanej przebudowy i rozbudowy oczyszczalni ścieków**

- RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców) – 550.000
- Ilość ścieków –  $Q_{sr,db} = 73.000 \text{ m}^3/\text{db}$
- Jakość ścieków oczyszczonych:
  - $ChZT = 125 \text{ mg/dm}^3$
  - $BZT_5 = 15 \text{ mg/dm}^3$
  - Zawiesina ogólna =  $35 \text{ mg/dm}^3$
  - Azot ogólny =  $10 \text{ mg/dm}^3$
  - Fosfor ogólny =  $1,0 \text{ mg/dm}^3$

**Osiągane parametry – rok 2012 r.**

- RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców) – ok. 440.000
- Ilość ścieków –  $Q_{sr,db} = 56.848 \text{ m}^3/\text{db}$
- Jakość ścieków oczyszczonych:
  - $ChZT = 25,4 \text{ mg/dm}^3$
  - $BZT_5 = 2,1 \text{ mg/dm}^3$
  - Zawiesina ogólna =  $1,8 \text{ mg/dm}^3$
  - Azot ogólny =  $7,7 \text{ mg/dm}^3$
  - Fosfor ogólny =  $0,65 \text{ mg/dm}^3$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Zespół trzech reaktorów biologicznych

(łączna kubatura 104.000 m<sup>3</sup>)

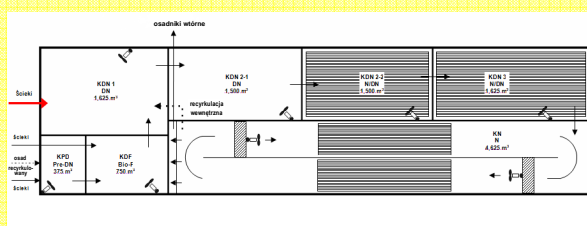
Technologia BARDENPHO  
z symultaniczną denitryfikacją w systemie Carousell  
oraz możliwością częściowego  
ominiecia ściekami surowymi komory beztlenuowej  
i doprowadzenia ich bezpośrednio do strefy denitryfikacji



## Schemat technologiczny jednego z 10 ciągów zespołu reaktorów biologicznych

Technologia BARDENPHO

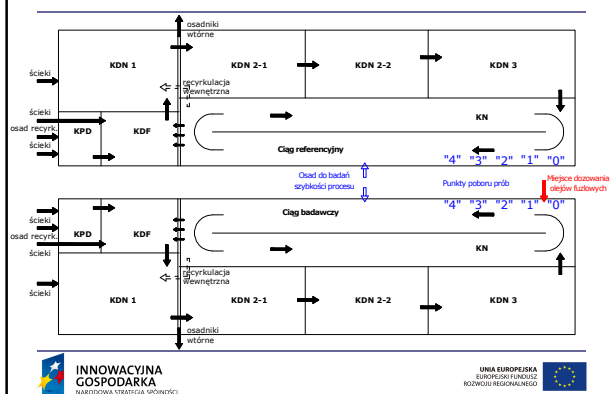
z symultaniczną denitryfikacją w systemie Carousell  
oraz możliwością częściowego  
ominiecia ściekami surowymi komory beztlenuowej  
i doprowadzenia ich bezpośrednio do strefy denitryfikacji



## Jakość ścieków oczyszczonych odprowadzanych z oczyszczalni do Zatoki Puckiej

| Rok                   | ChZT                              |              | BZT <sub>5</sub>                  |              | Zawiesina          |              | Azot ogólny        |              | Fosfor ogólny      |              |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|                       | mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mgO <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mg/dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mg/dm <sup>3</sup> | redukcja (%) | mg/dm <sup>3</sup> | redukcja (%) |
| 2006                  | 41,6                              | 95,9         | 6,8                               | 98,7         | 10,5               | 97,3         | 18,6               | 78,1         | 0,86               | 93,4         |
| 2007                  | 40,8                              | 95,3         | 8,6                               | 98,3         | 11,5               | 97,2         | 16,2               | 78,6         | 0,89               | 92,6         |
| 2008                  | 39,1                              | 96,4         | 5,9                               | 98,7         | 9,5                | 97,7         | 12,9               | 84,4         | 0,8                | 92,7         |
| 2009                  | 23,6                              | 97,8         | 4,3                               | 99           | 5,6                | 98,7         | 8,4                | 89,8         | 0,4                | 95,8         |
| 2010                  | 25,4                              | 97,7         | 3,9                               | 99,1         | 5,3                | 98,7         | 8,1                | 90,7         | 0,6                | 93,7         |
| 2011                  | 26,2                              | 97,6         | 2,1                               | 99,5         | 1,8                | 99,6         | 7,7                | 90,7         | 0,6                | 93,5         |
| 2012                  | 25,4                              | 97,8         | 2,1                               | 99,5         | 1,8                | 99,6         | 7,9                | 90,9         | 0,7                | 94,3         |
| wartości dopuszczalne | 125                               |              | 15                                |              | 35                 |              | 10                 |              | 1,0                |              |

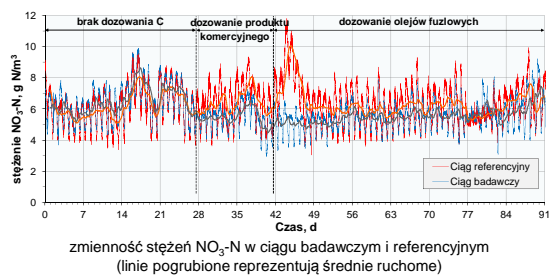
### Schemat organizacji badań w GOŚ Dębogórze



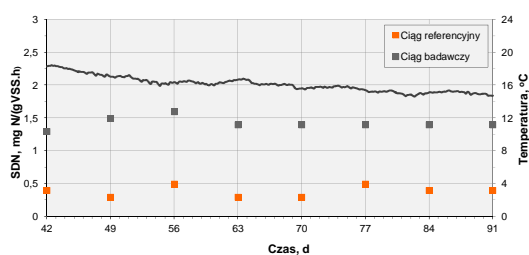
### Schemat organizacji badań w GOŚ Dębogórze

- Wstępne badania przy zastosowaniu produktu komercyjnego
- Dwa okresy dozowania olejów fuzlowych (2.11 – 20.12.2011 r.):
  - ze stałą dawką równą ok. 400 dm<sup>3</sup>/d ok. 60 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> przepływu  $Q_{srd}$  bioreaktora (pierwsze 30 dni badań)
  - przy założonym stężeniu azotu azotanowego w punkcie dozowania wartość w zakresie 4-5.5 mg NO<sub>3</sub>-N/dm<sup>3</sup> (końcowe 20 dni badań)

### Oczyszczalnia Ścieków „Dębogórze”



## Oczyszczalnia Ścieków „Dębogórze”



temperatura procesu i szybkość denitryfikacji mierzona w warunkach laboratoryjnych dla osadu z linii badawczej (z dozowaniem olejów fuzlowych) i linii referencyjnej (bez dozowania olejów fuzlowych)

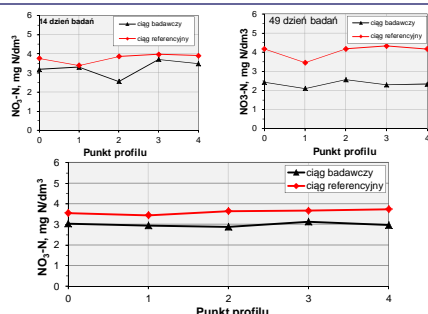


INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA ROZWOJU

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Oczyszczalnia Ścieków „Dębogórze”



zmienność stężeń NO<sub>3</sub>-N w strefie anoksydacyjnej w ciągu badawczym i referencyjnym



INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA ROZWOJU

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## Wnioski z badań w GOŚ Dębogórze

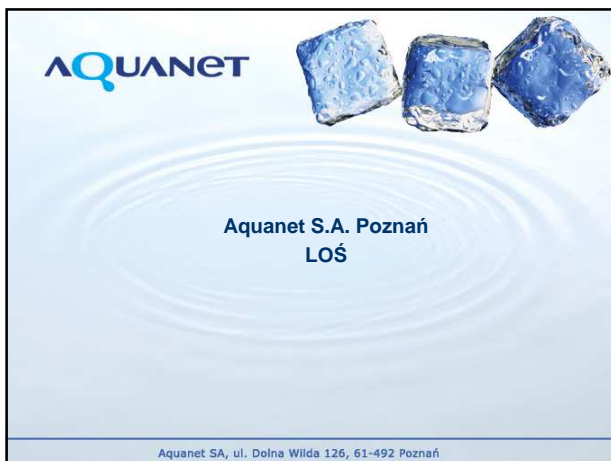
- Średnie stężenie NO<sub>3</sub>-N w ciągu badawczym (z dozowaniem oleju fuzlowego) było niższe o ok. 1 g N/m<sup>3</sup> w porównaniu do ciągu referencyjnego (bez dodatku oleju fuzlowego).
- Wartości SDN w ciągu badawczym utrzymywały się na stabilnym poziomie 1,5 g N/(kg s.m.o.·h), co stanowiło wartość 3-krotnie wyższą w porównaniu do tej, jaka była obserwowana w ciągu referencyjnym.
- Brak efektu adaptacji osadu do olejów fuzlowych z uwagi na brak możliwości separacji zaadaptowanego osadu czynnego
- Niska efektywność wykorzystania ZZW średnio ok. 15 mg ChZT/mg N (wpływ komory cyrkulacyjnej z symultaniczną denitryfikacją)



INNOWACYJNA  
GOSPODARKA  
NARODOWA STRATEGIA ROZWOJU

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO





---

---

---

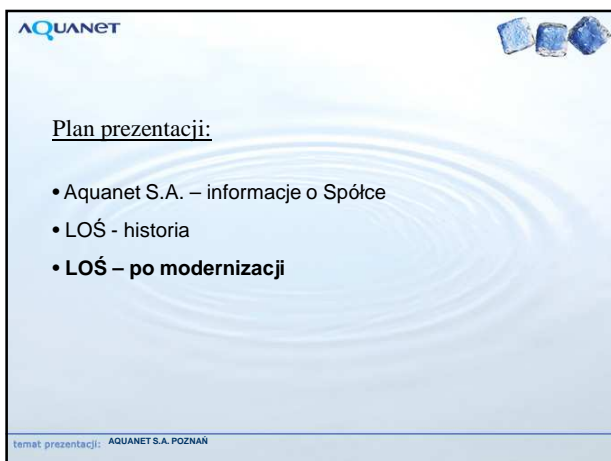
---

---

---

---

---



---

---

---

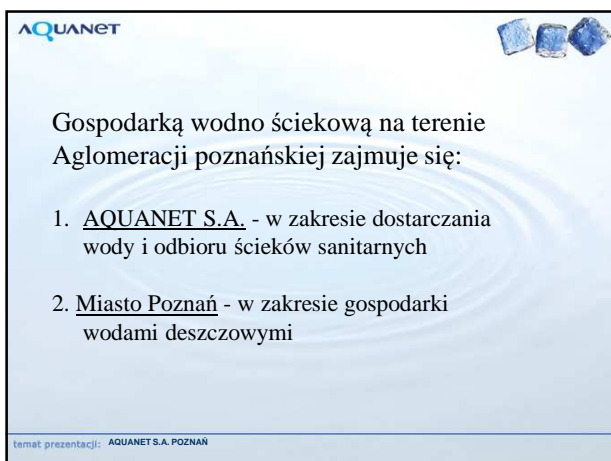
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**AQUANET**

## AQUANET S.A.

- Istnieje od 1865 roku
- Główna siedziba na terenie Poznania
- Zatrudnia 900 pracowników

➤ Obsługuje 755 000 mieszkańców w Poznaniu i okolicznych Gminach

temat prezentacji: AQUANET S.A. POZNAŃ

---

---

---

---

---

---

---

---

**AQUANET**

## Obszar działalności Spółki

temat prezentacji: AQUANET S.A. POZNAŃ

---

---

---

---

---

---

---

---

**AQUANET**

temat prezentacji: AQUANET S.A. POZNAŃ

---

---

---

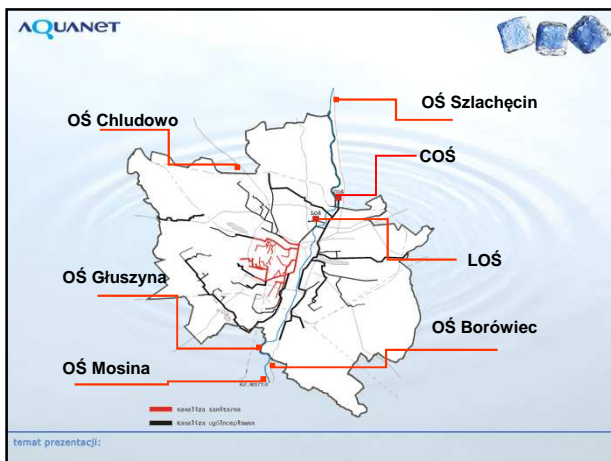
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

## Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków

- historia

- 1909 r. – uruchomienie - 16 000 m<sup>3</sup>/dobę
- 1943-48 – modernizacja - 60 000 m<sup>3</sup>/dobę + fermentacja osadu
- 2007- 10 – modernizacja

oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna

temat prezentacji: AQUANET S.A. POZNAŃ

---

---

---

---

---

---

---

---

## Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków

– historia 1943 transport osadu

temat p

---

---

---

---

---

---

---

---



AQUANET

Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków  
– po modernizacji



temat prezentacji

---

---

---

---

---

---

---

---

AQUANET

Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków  
– historia 1943



temat prezentacji

---

---

---

---

---

---

---

---

AQUANET

Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków  
– po modernizacji



temat prezentacji

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

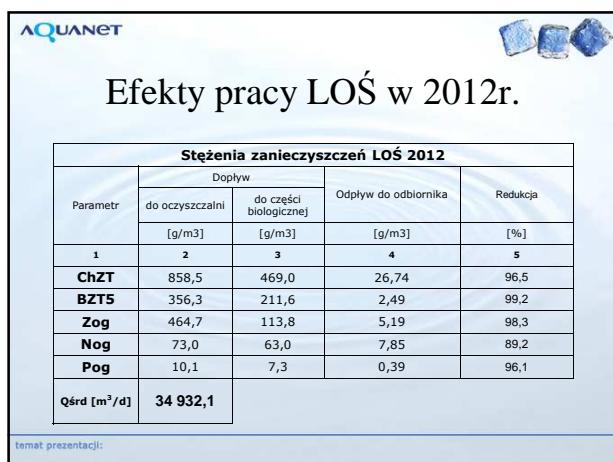
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

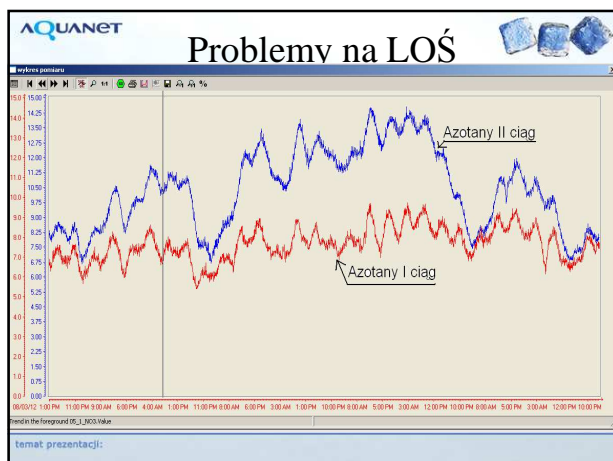
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

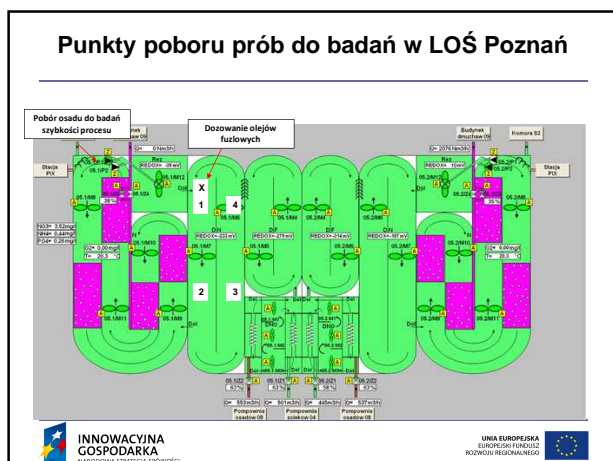
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

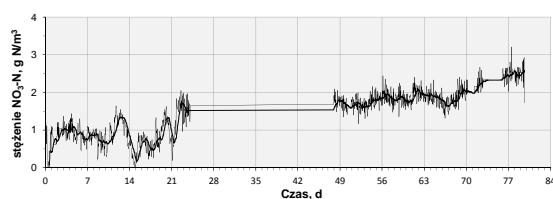
---

### Schemat organizacji badań w LOŚ Poznań

- Badanie adaptacji osadu do ZZW (olej fuzlowy)
- Długi okres prowadzenia badań :  
od 28.03 do 03.07.2012 r. (98 dni)
- Zakładano dwa okresy dozowania olejów fuzlowych :
  - ze stałą dawką równą ok. 400 dm<sup>3</sup>/d  
ok. 45 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> przepływu  $Q_{\text{śrd}}$  bioreaktora
  - przy założonym stężeniu azotu azotanowego w punkcie dozowania



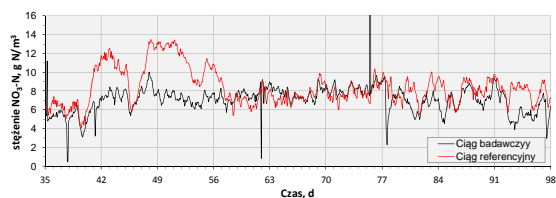
### Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków Poznań



zmienność stężeń  $\text{NO}_3\text{-N}$  w rejonie dozowania olejów fuzlowych  
wg pomiarów on-line systemu sterowania stacji dozowania  
(linia pogrubiona reprezentuje średnią ruchomą)



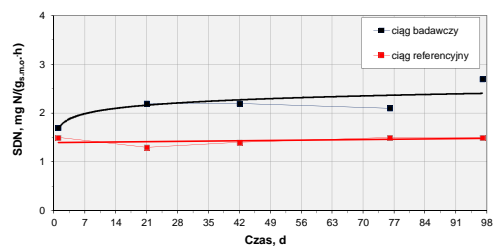
### Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków Poznań



zmienność stężeń  $\text{NO}_3\text{-N}$  w ciągu badawczym i referencyjnym



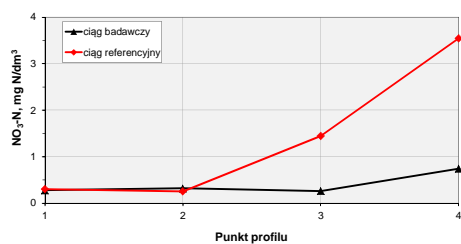
## Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków Poznań



Szybkość denitryfikacji mierzona w warunkach laboratoryjnych dla osadu z linii badawczej (z dozowaniem olejów fuzlowych) i linii referencyjnej (bez dozowania olejów fuzlowych)



## Lewobrzeżna Oczyszczalnia Ścieków Poznań



zmienność stężeń NO<sub>3</sub>-N w strefie anoksycznej w ciągu badawczym i referencyjnym (wartości średnie z całego okresu badań)



## Wnioski z badań w LOŚ Poznań

- Dozowanie oleju fuzlowego przyczyniło się do złagodzenia zmienności stężeń NO<sub>3</sub>-N w ciągu badawczym (z dozowaniem oleju fuzlowego) w porównaniu do ciągu referencyjnego (bez dodatku oleju fuzlowego).
- Dozowanie olejów fuzlowych spowodowało wzrost wartości SDN z 1,7 g N/(kg s.m.o.·h) do wartości ok. 2,2 g N/(kg s.m.o.·h).
- W ciągu referencyjnym przez cały okres badań wartości SDN utrzymywały się na poziomie 1,5 g N/(kg s.m.o.·h)
- Wymagany czas adaptacji był krótszy niż 21 dni
- Właściwa interpretacja wyników była utrudniona z uwagi na problemy z funkcjonowaniem systemu sterowania i archiwizacji danych





## Nowe możliwości, alternatywne rozwiązania w poszukiwaniu niższych kosztów eksploatacyjnych w oczyszczalni ścieków Ruptawa Jastrzębie-Zdrój

Jastrzębski Zakład Wodociągów i Kanalizacji S.A.

Opracowała : Helena Darul

Marzec 2013

Seminarium Perspektywy stosowania alternatywnych źródeł węgla w oczyszczalni ścieków Gdańsk 2013

### Jastrzębski Zakład Wodociągów i Kanalizacji S.A.



Jastrzębski Zakład Wodociągów i Kanalizacji S.A. został powołany do życia w maju 1994.

Zakład rozpoczął swą działalność od:

**Obszar działania :** Gmina i Miasto Jastrzębie Zdrój

**Sieć Wodociągowa :** 260 km  
**Straty na sieci wodociągowej:** 34 % (na sołectwach nawet do 60%)

Zasilanie miasta i gminy w wodę z Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągowego (100%)

**Sieć kanalizacji sanitarnej:** 90 km  
**Infiltracja na sieci:** 50 %

Odbiór i utylizacja ścieków z Miasta i Gminy Jastrzębie Zdrój

**Oczyszczalnie ścieków :** Oczyszczalnia Ruptawa, Oczyszczalnia Dolna, Oczyszczalnia Borynia ,  
Oczyszczalnia Bzie

### Jastrzębski Zakład Wodociągów i Kanalizacji S.A.



**Obszar działania :**  
Gmina i Miasto Jastrzębie Zdrój, Gmina Godów, Gmina Maszyna

**Sieć Wodociągowa :** 530 km  
**Straty na sieci wodociągowej:** 7,1 %

Zaopatrzenie w wodę pitną Miasta i Gminy Jastrzębie Zdrój z :  
GPW (10%) i z Republiki Czeskiej (90%)

**Sieć Kanalizacji Sanitarnej:** 453 km  
**Infiltracja na sieci:** 7 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>·d

Odbiór i utylizacja ścieków z obszaru aglomeracji Jastrzębie-Zdrój o RLM 128 964  
( Miasto i Gmina Jastrzębie Zdrój, Gmina Godów i Gmina Maszyna )

**Oczyszczalnie ścieków :**  
Oczyszczalnia Ruptawa (powyżej 100 tys RLM), Oczyszczalnia Dolna,

## Zarząd Spółki :



Nad prężnym rozwojem firmy od lat pracuje zarząd spółki w składzie :



Prezes  
**Tadeusz Pilarski**  
Członek Zarządu  
**Elżbieta Buczkowska**  
Członek Zarządu  
**Stefan Cygan**




---

---

---

---

---

---

---

---

## Dlaczego chcieliśmy wziąć udział w projekcie ?



- bo uporządkowaliśmy gospodarkę wodno-ściekową na terenie gmin,
- rozpoznaliśmy nasze słabe i mocne strony,
- usprawniliśmy na obiektach to co było możliwe,
- przeszkadza nam nierównomierny dopływ odcieków z wirówek spowodowany produkcją kompozytu mineralno-organicznego,

Poza tym, lubimy tworzyć i uczyć się, a wyzwania są dla nas przygodą. Dlatego szukamy ciekawych rozwiązań, aby móc obniżyć koszty eksploatacyjne dając jednocześnie najwyższy standard naszych usług.




---

---

---

---

---

---

---

---

## Oczyszczalnia ścieków Ruptawa



GRUPOWA OCZYSZCZALNIA  
ŚCIEKÓW "RUPTAWA" w Jastrzęblu Zdroju  
dla Miasta Jastrzębie Zdrój, Gminy Mazana  
i Gminy Godów

Q<sub>cz</sub> = 24 000 m<sup>3</sup>/dobę  
RL<sub>cz</sub> = 140 910 m.n.s.m.



Oczyszczalnia Ruptawa  
powstała w latach 1960-1965  
Pierwsza poważna  
modernizacja : 1997-2001  
(wprowadzono usuwanie  
biogenów i dobudowano  
węzeł osadowy (bez  
agregatów prądotwórczych)




---

---

---

---

---

---

---

---

## Aglomeracja Jastrzębie-Zdrój



W 2004 roku gminy Jastrzębie-Zdrój, Mszana i Godów otrzymały dofinansowanie z Funduszu Spójności na uporządkowanie gospodarki ściekowej. Oprócz budowy 244 km sieci kanalizacji sanitarnej zmodernizowano oczyszczalnię ścieków Ruptawa wchodzącą w skład Aglomeracji Jastrzębie-Zdrój i zlikwidowano 4 nierentowne oczyszczalnie ścieków.




---

---

---

---

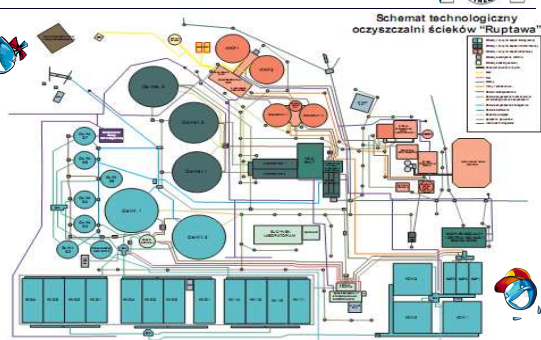
---

---

---

---

## Schemat technologiczny o.ś. RUPTAWA




---

---

---

---

---

---

---

---

## Czego oczekujemy po projekcie ?



- ☐ że da nam możliwość poznania nowego, ciekawszego kosztowo alternatywnego źródła węgla, które wspomogę proces usuwania azotu w naszych warunkach
- ☐ że pozwoli nam znaleźć rozwiązanie, które podniesie niezawodność prowadzenia procesu technologicznego usuwania azotu w oczyszczalni Ruptawa,
- ☐ że dzięki znalezieniu alternatywnego źródła węgla wspomagającego denitryfikację poprawi się bilans energetyczny węzła osadowego




---

---

---

---

---

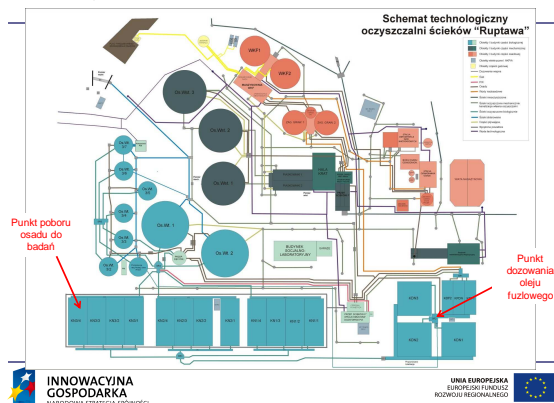
---

---

---



## Punkty poboru prób do badań w OŚ Ruptawa



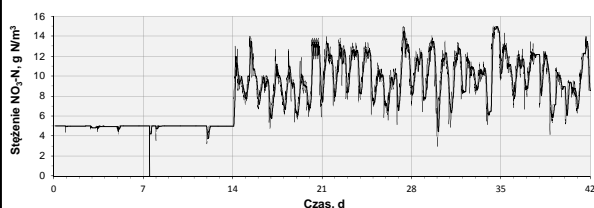
## Schemat organizacji badań w OŚ Ruptawa

- Kompensacja osadu wstępnego wprowadzanego do bioreaktorów poprzez dozowanie ZZW w postaci oleju fuzlowego
  - średnie stężenie ChZT osadu wstępnego – 75 700 g/m<sup>3</sup>
  - średnie stężenie ChZT oleju fuzlowego – 1 600 000 g/m<sup>3</sup>
- Badania adaptacji osadu do olejów fuzlowych (5 okresów)
- Zaplanowany okres badań: 6.11 – 10.12.2012
- Rzeczywisty okres prowadzenia badań 6.11 – 17.12.2012

## Zakładany sposób kompensacji osadu wstępnego olejami fuzłowymi

| Zaplanowany okres badań                   | Objętość wprowadzanego do bioreaktorów osadu wstępnego | Objętość wprowadzanego oleju fuzlowego | Proporcja zastępowania osadu wstępnego olejami fuzłowymi |
|---|--|--|--|
| uruchomienie stacji dozowania - 6.11.2012 | m <sup>3</sup> /d                                      | m <sup>3</sup> /d                      | m <sup>3</sup> ol. fuzlowych/m <sup>3</sup> osadu        |
| 1 okres<br>7 dni (7.11-13.11)             | 32   | 0,5                                    | 0,063  |
| 2 okres<br>7 dni (14.11-20.11)            | 24   | 0,5                                    | 0,056  |
| 3 okres<br>7 dni (21.11-27.11)            | 16   | 0,9                                    | 0,053  |
| 4 okres<br>7 dni (28.11-4.12)             | 12   | 1,05                                   | 0,050  |
| 5 okres<br>6 dni (05.12-10.12)            | 8  | 1,2                                    | 0,047  |

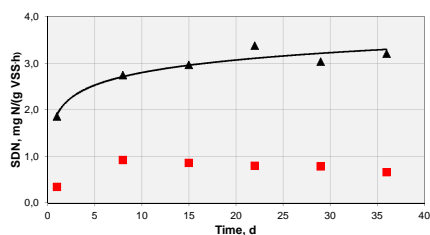
## Oczyszczalnia Ścieków „Ruptawa”



zmienność stężeń  $\text{NO}_3\text{-N}$  w rejonie dozowania olejów fuzlowych  
wg pomiarów on-line systemu sterowania stacji dozowania



## Oczyszczalnia Ścieków „Ruptawa”



Szybkość denitryfikacji mierzona w warunkach laboratoryjnych  
z dozowaniem i bez dozowania olejów fuzlowych



## Wnioski z badań w OŚ „Ruptawa”

- W trakcie prowadzonych badań stężenie  $\text{NO}_3\text{-N}$  w ściekach oczyszczonych utrzymywało się na poziomie zbliżonym do wartości wcześniej notowanych w oczyszczalni, co oznacza, że możliwe jest zastąpienie osadu wstępnego olejami fuzłowymi jako źródłem węgla organicznego dla procesu denitryfikacji
- Wartości SDN wzrastały od wartości początkowej 1,9 g N/(kg s.m.o.·h) do wartości powyżej 3,0 N/(kg s.m.o.·h) po 14 dniach dozowania olejów fuzlowych
- Oleje fuzłowe zamarzają w temperaturze ok.  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Zaobserwowano wzrost zapotrzebowania na tlen w KN (dmuchawy pracują dłużej i z większą wydajnością)



[illegible][illegible]

---

---

---

---

---

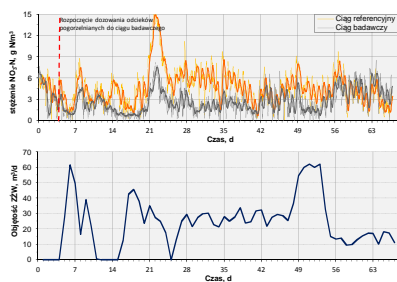
---

## Organizacja badań w GOŚ Łódź

- Zastosowanie odcieków z odwadniania oddestylowanego wywaru pogorzelnianego jako zewnętrznego źródła węgla organicznego
  - stężenia  $\text{ChZT}$  odcieków: 16 000 - 36 500 g/m<sup>3</sup>
  - stężenia  $\text{ChZT}_f$  odcieków: 6 600 - 19 500 g/m<sup>3</sup>
  - Stężenia  $\text{N}_{\text{og}}$  odcieków: 800 – 1080 g/m<sup>3</sup>
- Badania adaptacji osadu do odcieków
- Okres badań: 23.03 – 24.04.2012



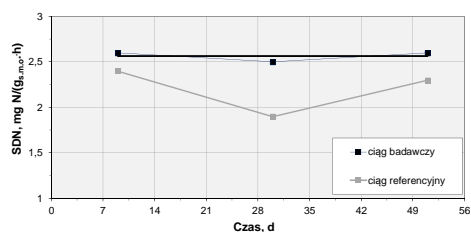
## Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi



zmienność stężeń  $\text{NO}_3\text{-N}$  w ciągu badawczym i referencyjnym  
w zależności od objętości dozowanych odcieków



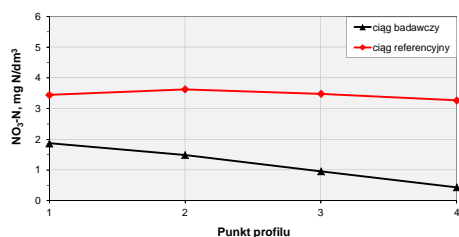
## Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi



Szybkość denitryfikacji mierzona w warunkach laboratoryjnych  
dla osadu z linii badawczej (z dozowaniem odcieków pogorzelnianych)  
i linii referencyjnej (bez dozowania odcieków pogorzelnianych)



## Grupowa Oczyszczalnia Ścieków w Łodzi



zmienność stężeń  $\text{NO}_3\text{-N}$  w strefie anoksycznej w ciągu badawczym i referencyjnym (wartości średnie z całego okresu badań)



## Wnioski z badań w GOŚ Łódź

- Średnie stężenie  $\text{NO}_3\text{-N}$  w ciągu badawczym (z dozowaniem odcieków pogorzelnianych) było niższe o ok. 2 g N/m³ w porównaniu do ciągu referencyjnego (bez dodatku odcieków pogorzelnianych).
- Wartości SDN utrzymywały się na stabilnym poziomie ok. 2,6 g N/(kg s.m.o.·h) w ciągu badawczym, oraz ok. 2,3 g N/(kg s.m.o.·h) w ciągu referencyjnym
- Nie jest wymagany okres adaptacji osadu do odcieków pogorzelnianych jako zewnętrznego źródła węgla dla procesu denitryfikacji
- Problem wysokiego stężenia związków azotu w odciekach



## Podsumowanie badań

1. Alternatywne źródła węgla zewnętrznego (wcześniej badane: ścieki z zakładu rybnego, browaru; oraz produkty odpadowe z produkcji alkoholu: oleje fuzlowe, odciek) mogą być stosowane do poprawy efektywności procesu denitryfikacji zamiast bardzo kosztownych komercyjnych związków.
2. W przypadku oleju fuzlowego (podobnie jak dla metanolu) wymagany jest okres adaptacji osadu czynnego.
3. W przypadku odcieków pogorzelnianych nie jest wymagany okres adaptacji osadu czynnego
4. Badane źródła węgla (wcześniejsze oraz z produkcji alkoholu) nie zakłóciły anoksycznego poboru P.
5. Współczynnik przyrostu osadu ( $Y_{H_2O}$ ) dla wszystkich badanych źródeł węgla zewnętrznego był wyższy (o 12%-16%) niż w dla ścieków komunalnych.
6. Z uwagi na korzystny skład (znacznie wyższe stężenie  $\text{ChZT}$  i wyższy stosunek  $\text{ChZT/N}$ ) oraz niski koszt transportu olej fuzłowy jest najatrakcyjniejszym ZZW z produktów odpadowych powstających podczas produkcji alkoholu
7. Konieczne jest rozwiązanie problemu zamarzania olejów fuzłowych

