

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

Perspektywy stosowania alternatywnych źródeł węgla w oczyszczalniach ścieków

OCZYSZCZANIE WÓD POOSADOWYCH – PORÓWNANIE PROCESÓW NITRYFIKACJA- DENITRYFIKACJA ORAZ ANAMMOX

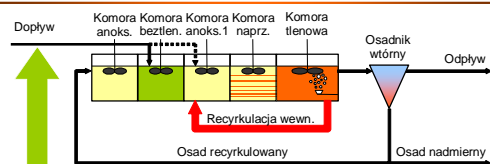


INNOWACYJNA
GOSPODARKA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



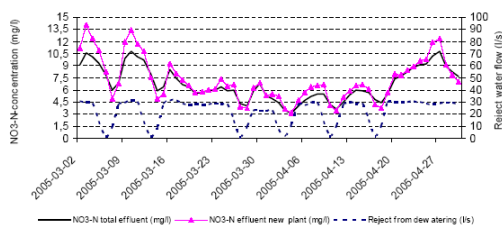
Zmienne decyzyjne w procesie osadu czynnego



Odcieki z
procesów
przeróbki osadu

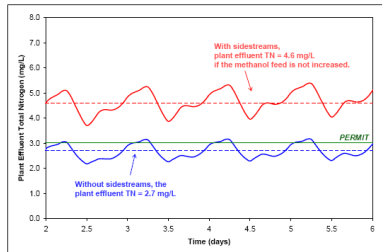
1-2% Q
10-30% ładunku N

Wpływ wód poosadowych na efektywność usuwania N w oczyszczalni Kappala (Szwecja)



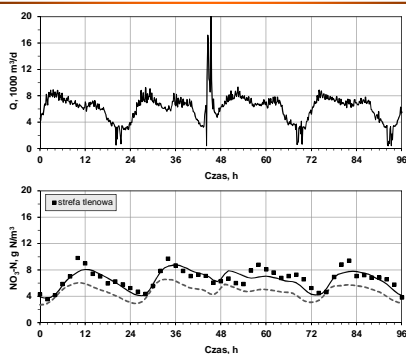
Sundin (2007)

Wpływ oczyszczania wód poosadowych na efektywność usuwania N w ciągu głównym



Phillips i Kobylinski (2007, Baltimore)

Wyniki z dużej oczyszczalni w Polsce pñ.



Gospodarka odciekami z procesów przeróbki osadu – możliwe strategie

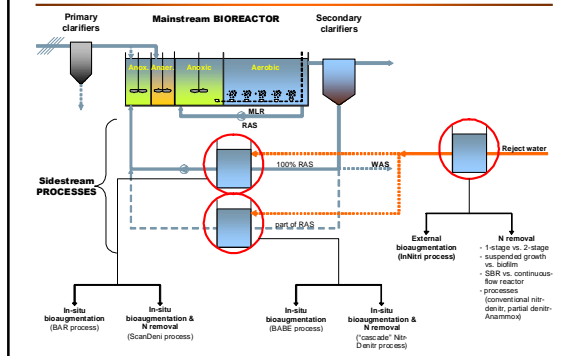
- Niekontrolowane odprowadzanie odcieków do głównego ciągu oczyszczania ścieków (brak strategii!)
- Kontrolowane odprowadzanie odcieków do głównego ciągu oczyszczania ścieków w czasie dopływu kanalizacją najniższych ładunków azotu
- Hodowla bakterii nityfikacyjnych w linii recyrkulacji osadu z osadnika wtórnego
- Oczyszczanie odcieków z przeróbki osadu metodami biologicznymi

Oczyszczanie odcieków z przeróbki osadu - zagadnienia eksploatacyjne

- Wysokie stężenia zawiesin w dopływie (w zakresie 200-1000 g/m³)
- Wytrącanie struwitu
- Zapewnienie odpowiedniej zasadowości ze źródeł zewnętrznych (**największy składnik kosztów eksploatacyjnych!**)
- Efektywność napowietrzania
- Konfiguracja reaktora (**preferowane zbiorniki o pełnym wymieszaniu**)
- Pienienie

WEF (2005)

Klasyfikacja układów usuwania azotu z wód poosadowych (przygotowana dla DWA)



Wielkość obiektów do oczyszczania wód poosadowych - przykład

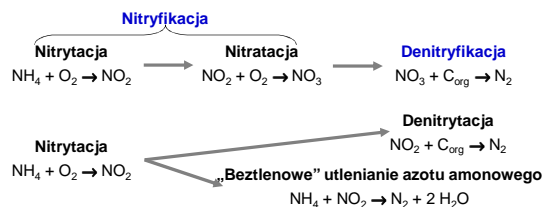


1-learning course Van Loosdrecht (2008)

TU Delft

Kierunki rozwoju technologii usuwania azotu

- Modyfikacje istniejących układów wielofazowych
- Oczyszczanie wód poosadowych (odcieków)
 - W linii recyrkulacji osadu (hodowla bakterii nitryfikacyjnych)
 - Wydzielone (jednostopniowe i dwustopniowe)



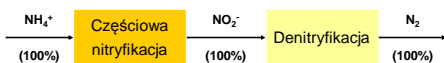
Zalety częściowej nitryfikacji ($\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N}$)

- 25% niższe zużycie tlenu w części tlenowej;
- Zapotrzebowanie na donor elektronów jest niższe (do 40%) w części anoksycznej;
- Szybkości denitryfikacji z $\text{NO}_2\text{-N}$ są 1,5-2 razy wyższe w porównaniu do $\text{NO}_3\text{-N}$;
- Redukcja emisji CO_2 o 20%;
- Niższa produkcja osadu o 33-55% (nitryfikacja) i 55% (denitryfikacja)

Rosenwinkel i wsp. (2007, Vienna)

Nowe metody usuwania azotu

1a. Częściowa nitryfikacja (np. proces PANDA)



- Mniejszy stopień napowietrzania, mniejsze zużycie ChZT

Źródło: Salemi i wsp. (2004)

Nowe metody usuwania azotu (cd.)

1b. Częściowa nitryfikacja (SHARON)



- SHARON – „Single-reactor High-activity Ammonia Removal Over Nitrite”

-Wykorzystanie różnicy szybkości przyrostu bakterii utleniających azot amonowy i azotyny w odpowiednio wysokich temperaturach (> 26 °C) lub przy niskich stężeniach tlenu (<0,4 gO₂/m³)

-Czas zatrzymania w reaktorze ok. 1 d – dłuższy niż odwrotność szybkości przyrostu bakterii utleniających azot amonowy, krótszy niż odwrotność szybkości przyrostu bakterii utleniających azotyny

Nowe metody usuwania azotu (cd.)

1b. Częściowa nitryfikacja (SHARON) (cd.)

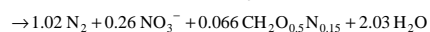
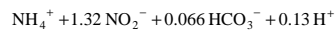
-Proces odpowiedni dla ścieków o wysokiej temperaturze, zawierających wysokie stężenia azotu amonowego (np. odcieki z przeróbki osadu)

-Obciążenie objętości reaktora ładunkiem azotu amonowego zależy od stężenia azotu amonowego w dopływie (przy stałym czasie zatrzymania w reaktorze)

-Proces może być połączony z denitryfikacją (wyłączanie napowietrzania i dozowanie metanolu)

Nowe metody usuwania azotu (cd.)

2. ANAMMOX



- Denitryfikacja azotynów z azotem amonowym jako donorem elektronów

-Do procesu potrzebna jest mieszanina azotu amonowego i azotynów (uzyskanie takiej mieszaniny jest możliwe w procesie SHARON)

Nowe metody usuwania azotu (cd.)

2. ANAMMOX

- Proces może przebiegać przy wysokich obciążeniach objętości reaktora ($>15 \text{ kg N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$), jednak proces nie może być przeciążony, ponieważ następuje jego zahamowanie przy wysokich stężeniach azotynów ($70\text{-}180 \text{ g N}/\text{m}^3$)
- Proces zachodzi skutecznie w różnego rodzaju reaktorach (złoża biologiczne, złoża fluidalne, SBR)
- Podstawową wadą procesu jest długi czas rozruchu (100-150 d) z uwagi na bardzo niską szybkość przyrostu bakterii Anammox odpowiedzialnych za proces. Rozruch przyspiesza zaszczipianie nowych reaktorów bakteriami z istniejących instalacji.

Nowe metody usuwania azotu (cd.)

3. CANON/OLAND/DEAMONIFIKACJA



- Canon („Completely Autotrophic Nitrogen removal Over Nitrite“)
- Proces stanowi połączenie częściowej nitryfikacji i Anammox (azot amonowy jest utleniany do azotynów. Zużycie tlenu powoduje powstanie warunków anoksydacyjnych, których wymaga proces Anammox.

Nowe metody usuwania azotu (cd.)

3. CANON/OLAND/DEAMONIFIKACJA

- Obciążenie objętości reaktora: $2\text{-}3 \text{ kg N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$
- Ponieważ proces wymaga tylko jednego zbiornika, jest uzasadniony ekonomicznie przy niskich ładunkach azotu amonowego
- Podstawową wadą procesu jest brak doświadczeń w skali pilotowej i technicznej. Jednak zaobserwowano, że proces ten zachodził samodzielnie w komorach nitryfikacji w skali technicznej

Macierz decyzyjna wspomagająca wybór procesu oczyszczania wód poosadowych

Aspekt	SHARON	SHARON/ ANAMMOX	CANON	BABE
Koszty inwestycyjne	+	0	++	+
Koszty eksploatacyjne	++	++	++	++
Możliwość zwiększenia obciążenia	-	-	-	+
Wpływ na jakość odpływu	-	-	-	+
Zrównoważenie („sustainability”)	0	+	+	0
Łatwość rozbudowy	+	+	+	0

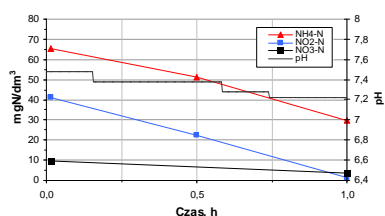
++ = 5, + = 4, 0 = 3, - = 2, -- = 1 (Max. 5 punktów)

Źródło: van Loosdrecht i Salem (2005)

SBR do usuwania azotu z wód poosadowych (nitrytacja – anammox) - Zurich



Szybkość procesu anammox dla osadu pobranego z oczyszczalni w Zurichu



Stanowisko do badań laboratoryjnych na PG (2 równoległe reaktory SBR)



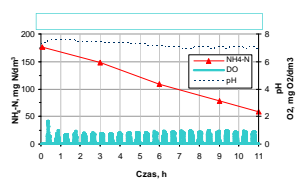
KOMPUTER wraz
z oprogramowaniem



2 REAKTORY
SBR
(V=10 dm³)

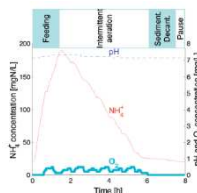


Zmiany stężeń NH₄-N podczas cyklu pracy reaktora SBR (nitrytacja-anammox) (1)

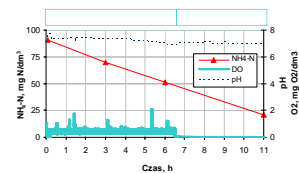


Wyniki testów laboratoryjnych przy zastosowaniu
naprężeniowego napowietrzania:

- Reaktor SBR Gdańsk (faza napowietrzania)
- WWTP Zurich (Joss i in, 2009)

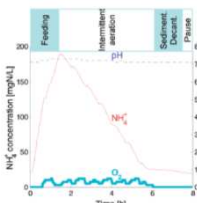


Zmiany stężeń NH₄-N podczas cyklu pracy reaktora SBR nitrytacja-anammox (2)

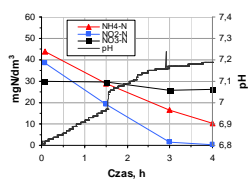


Wyniki testów laboratoryjnych przy zastosowaniu
ciągłego napowietrzania:

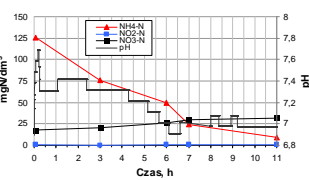
- Reaktor SBR Gdańsk (faza napowietrzania)
- WWTP Zurich (Joss i in, 2009)



Rodzaje prowadzonych badań na PG

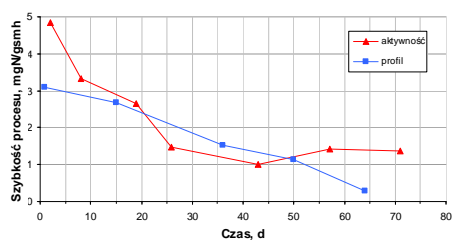


Test na aktywność bakterii anammox

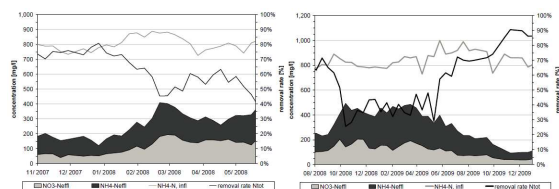


Profil stężeń w reaktorze

Podsumowanie wyników badań procesu nitryfikacja-anammox



Wyniki z oczyszczalni Plettenberg (Niemcy)



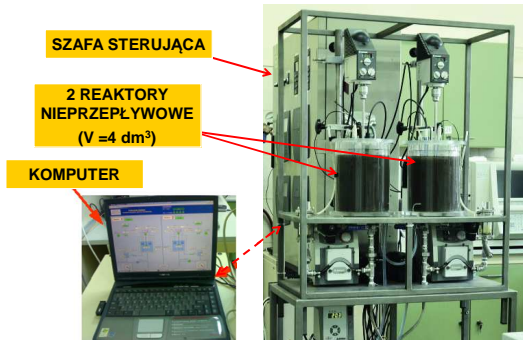
N. Jardin, J. Hennerkes. Full scale experience with the deammonification process to treat high strength sludge water – a case study. 11th IWA Specialised Conference on Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants, 4-8 września, 2011, Budapeszt

Roczne koszty oczyszczalni Plettenberg (przy założeniu usuwania azotu w ilości 50 kg/d)

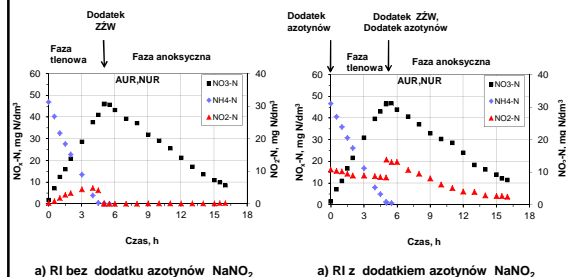
Rodzaj kosztów	Zapotrzebowanie	Koszty jednostkowe	Koszty roczne
Koszty osobowe	0,2 pracownik/ rok	55,000 €	11,000 €
Koszty analiz			2,500 €
Koszty energii	1,2 kWh/kg N usuniętego	0,15 €	3,300 €
Koszty obsługi	2% kosztów inwestycyjnych		5,000 €
Koszty inwestycji	30 lat, 4% dla konstrukcji budowlanych	249,000 €	19,700 €
Koszty całkowite	15 lat, 4% dla urządzeń		41 500 €

N. Jardin, J. Hennerkes. Full scale experience with the deammonification process to treat high strength sludge water – a case study. 11th IWA Specialised Conference on Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants, 4-8 września, 2011, Budapeszt

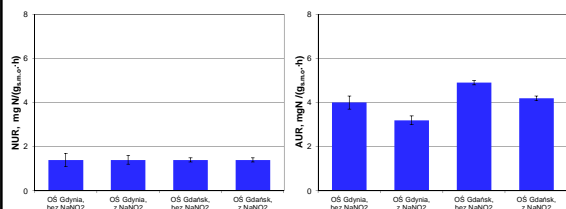
Stanowisko do badań laboratoryjnych na PG (2 równoległe reaktory przepływowe)



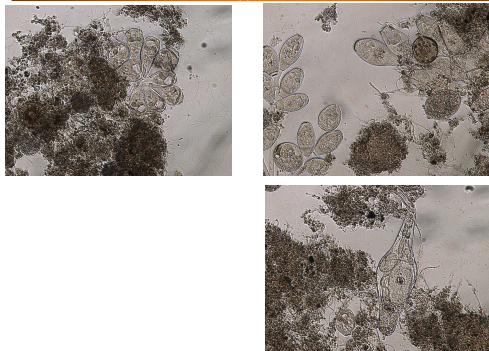
Wyniki badań laboratoryjnych (nityfikacja-denitryfikacja (N-DN))



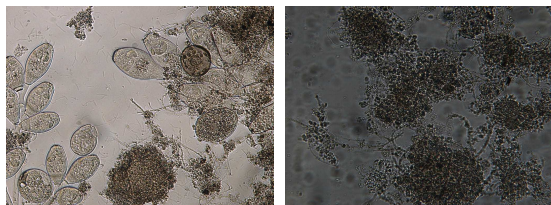
Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) (osad niezaadaptowany)



Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – (seria 2) obserwacje mikroskopowe początek testu

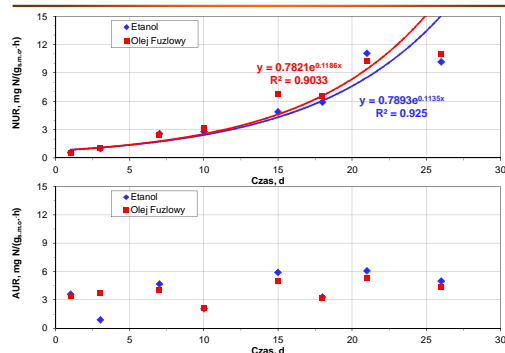


Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – (seria 2) obserwacje mikroskopowe koniec testu



Obserwacje mikroskopowe :
a) Orzęski osiadłe *Opercularia* sp.i ameba domkowa *Arcella* sp.
b) Osad z widocznymi bakteriami nitkowatymi

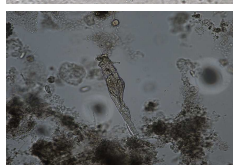
Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – seria 3



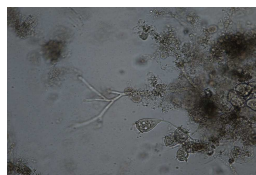
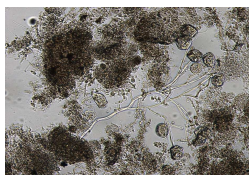
Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – (seria 3) obserwacje mikroskopowe początek testu



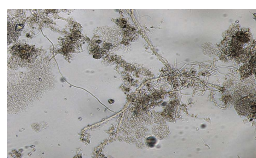
Obserwacje mikroskopowe :
a, c) Wrotek *Rotifer vulgaris* ,
b) Orzęski osiadłe *Opercularia*
sp.



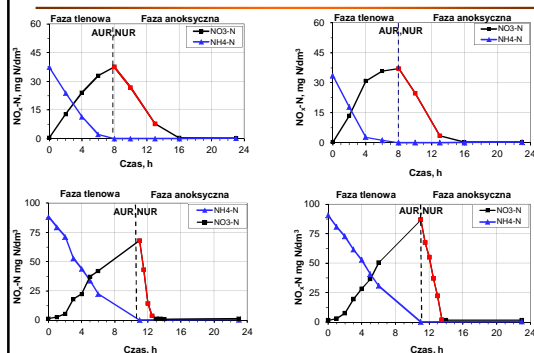
Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – (seria 3) obserwacje mikroskopowe koniec testu



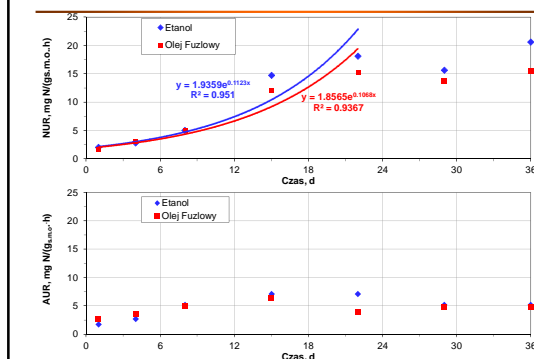
Obserwacje mikroskopowe :
a) Martwe orzęski, b) Żywe i martwe
orzęski *Epistylis sp.* c) Osad z
widocznymi bakteriami nitkowatymi



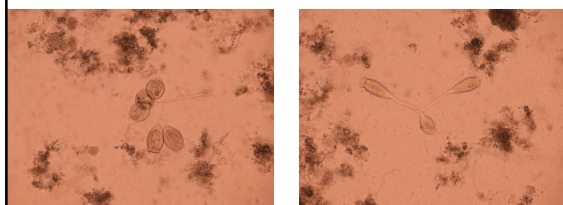
Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – seria 4



Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – seria 4

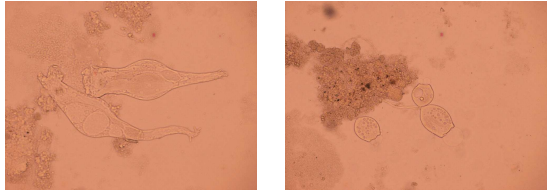


Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – (seria 4) obserwacje mikroskopowe początek testu



Obserwacje mikroskopowe :
a, b) Orzęski *Epiplatys* sp. ,

Wyniki badań laboratoryjnych (N-DN) – (seria 4) obserwacje mikroskopowe koniec testu



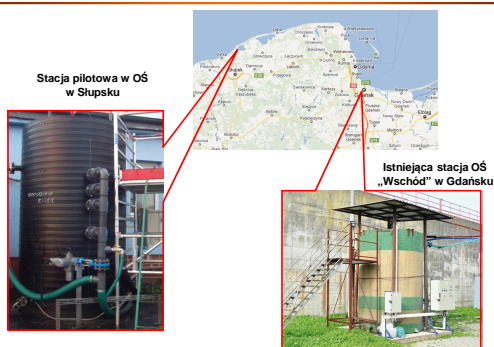
Obserwacje mikroskopowe :
a) Martwe wrotki *Rotifer vulgaris*, b) Martwe orzęski *Opercularia sp.*

Poziom osadu w ostatnich dniach trwania testu – 4 seria pomiarowa

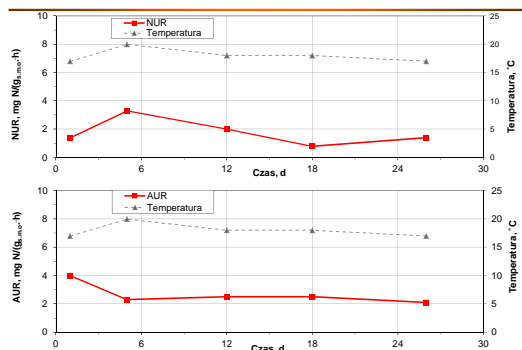


a) RI z dodatkiem etanolu jako zewnętrznego źródła węgla b) RI z dodatkiem olejów fuzlowych jako zewnętrznego źródła węgla

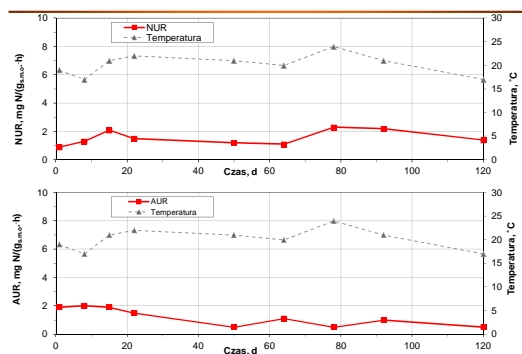
Badania N-DN w skali półtechnicznej



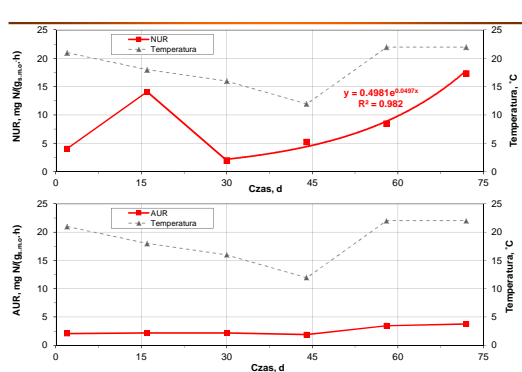
Wyniki (N-DN) skala półtechniczna – OŚ Wschód (I seria pomiarowa)



Wyniki (N-DN) skala półtechniczna – OŚ Wschód (II seria pomiarowa)



Wyniki (N-DN) skala półtechniczna – OŚ Słupsk



Dyskusja

- Czy konieczne jest oczyszczanie odcieków z procesów przeróbki osadu dla uzyskania wymaganego stężenia azotu ($=10 \text{ mg N/dm}^3$) w odpływie?
- Nityfikacja-denitryfikacja czy nitrytacja-anammox czy ...?
