

***Związek pomiędzy wzrostem wydajności  
wytwarzania biogazu i samowystarczalnością  
energetyczną oczyszczalni ścieków a technologią  
autotroficznej deamonifikacji (proces ANAMMOX)***

*dr Karol Trojanowicz*

***Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa  
im. Stanisława Pigonia w Krośnie  
Instytut Politechniczny – Zakład Inżynierii  
Środowiska***



07.02.2017

# Oczyszczalnie ścieków – nowe źródło zasobów i energii



*(opracowanie własne na podstawie materiałów IVL Sztokholm Szwecja)*

*Stanowisko Komisji Środowiska Senatu Rzeczypospolitej Polskiej  
z dnia 17 marca 2016 r.*

# Oczyszczanie ścieków – energia



Energia

**W materii organicznej zakumulowane jest:**

- około 5-6 razy więcej energii niż zapotrzebowanie na energię elektryczną w oczyszczalni ścieków,
- 2-3 razy więcej niż całkowite zapotrzebowanie na energię w oczyszczalni ścieków.

Energia

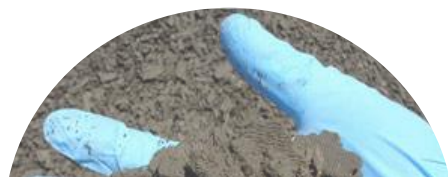
Fracja organiczna  
w ściekach

1,4-2,8 kWh/m<sup>3</sup> ścieków

A. Wójtowicz, „Kierunki rozwoju gospodarki osadowej”, Gaz Woda i Technika Sanitarna, (4) 2014 (148-153)

R. Szetela, „Bilans energetyczny oczyszczalni ścieków”, Gaz Woda i Technika Sanitarna, (4) 2014 (143-147)

# Wytwarzanie biogazu w oczyszczalniach ścieków komunalnych

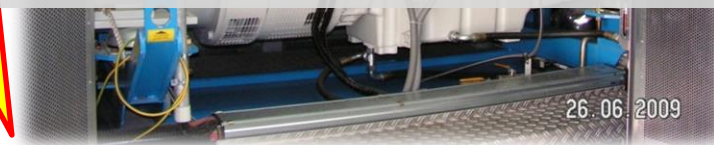


## W Polsce (GUS\* dane za 2015 rok):

- 568,0 tys. ton<sub>s.m.</sub> osadów ściekowych wytworzonych w oczyszczalniach ścieków komunalnych,
- 276,0 GWh(e) i 56,4 GWh(t) – produkcja energii z biogazu wytworzonego w oczyszczalniach ścieków komunalnych.

(\* Źródło: GUS „Ochrona środowiska 2016” str. 193,  
GUS „Energia ze źródeł odnawialnych w 2015 r.” str. 41-44)

Energia elektryczna  
i ciepło



# Samowystarczalność energetyczna oczyszczalni ścieków komunalnych w Polsce?

Oczyszczalnia

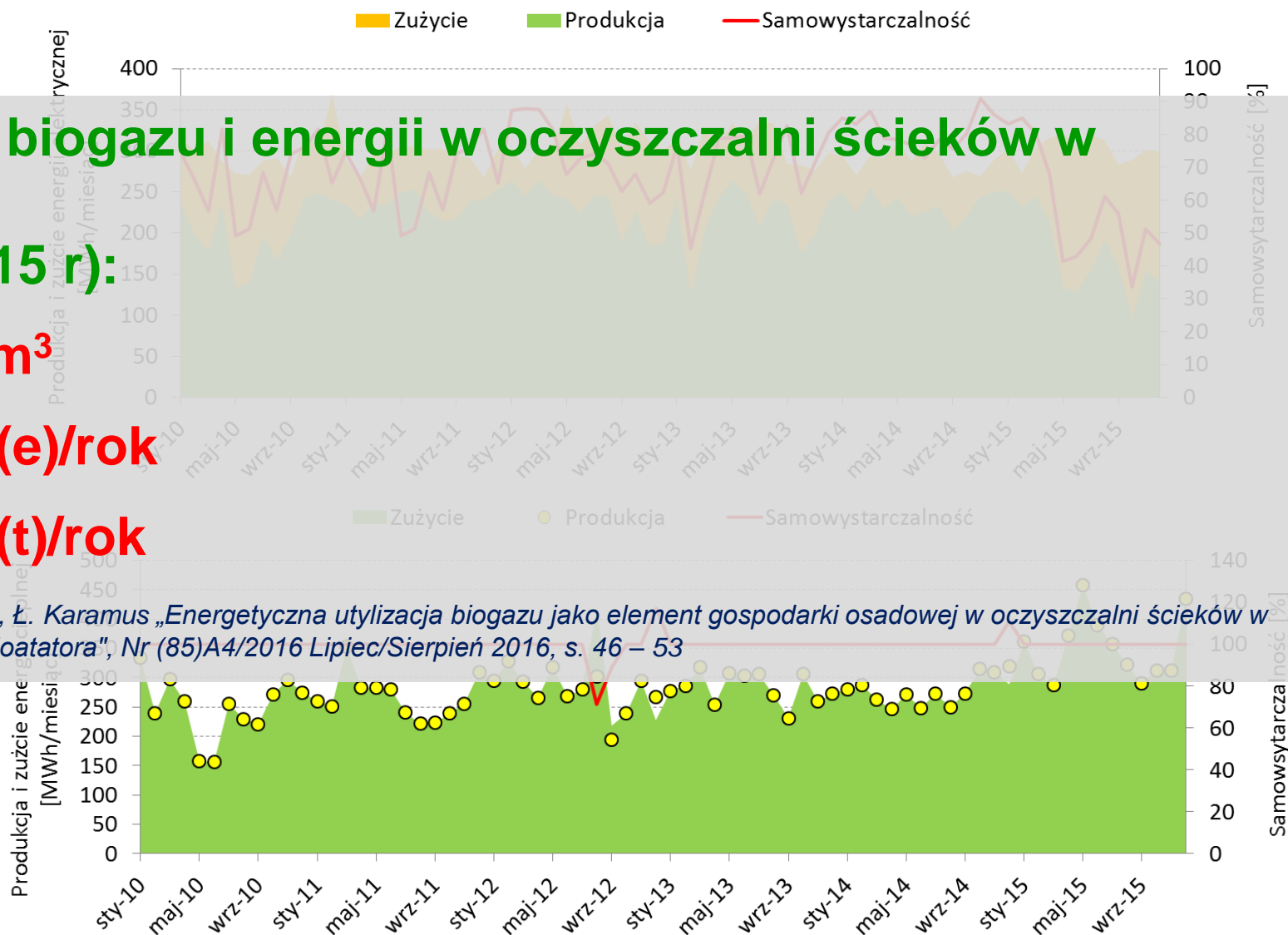
**Produkcja biogazu i energii w oczyszczalni ścieków w Krośnie (2010 – 2015 r):**

**1 426 148 m<sup>3</sup>**

**2585 MWh(e)/rok**

**3379 MWh(t)/rok**

Źródło: K.Trojanowicz, Ł. Karamus „Energetyczna utylizacja biogazu jako element gospodarki osadowej w oczyszczalni ścieków w Krośnie” "Forum Eksploatatora", Nr (85)A4/2016 Lipiec/Sierpień 2016, s. 46 – 53



# Samowystarczalność energetyczna oczyszczalni ścieków komunalnych w Polsce?

Przykłady „dodatniego” bilansu energetycznego w polskich, komunalnych oczyszczalniach ścieków (możliwy dzięki „kofermentacji” osadów ściekowych i odpadów organicznych pochodzących ze źródeł zewnętrznych)

- Tychy-Urbanowice (RCGW S.A.)  
samowystarczalność 150% (2015 r) [1]

- Mielec (MPGK Mielec Sp. z o.o.)  
samowystarczalność osiągnięta w 2015 r [2]

[1] [www.pie.pl/materialy/\\_upload/Konf\\_gosp\\_odp\\_2015/2\\_4\\_RCGWS.pdf](http://www.pie.pl/materialy/_upload/Konf_gosp_odp_2015/2_4_RCGWS.pdf) (2017-01-22)

[2] Masłoń A., Pazdro S., Mroczek W.: Gospodarka osadowa w oczyszczalni ścieków w Mielcu. Forum Eksploatatora 2015, 4 (79), s. 47 – 54



[www.parkwodnytychy.pl](http://www.parkwodnytychy.pl)



[www.hej.mielec.pl](http://www.hej.mielec.pl)



# Produkcja biogazu - odpady

Główny strumień\*:

21 000 m<sup>3</sup>/d

1300 kgN/d

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 62 gN/m<sup>3</sup>

Ciecze osadowe\*:

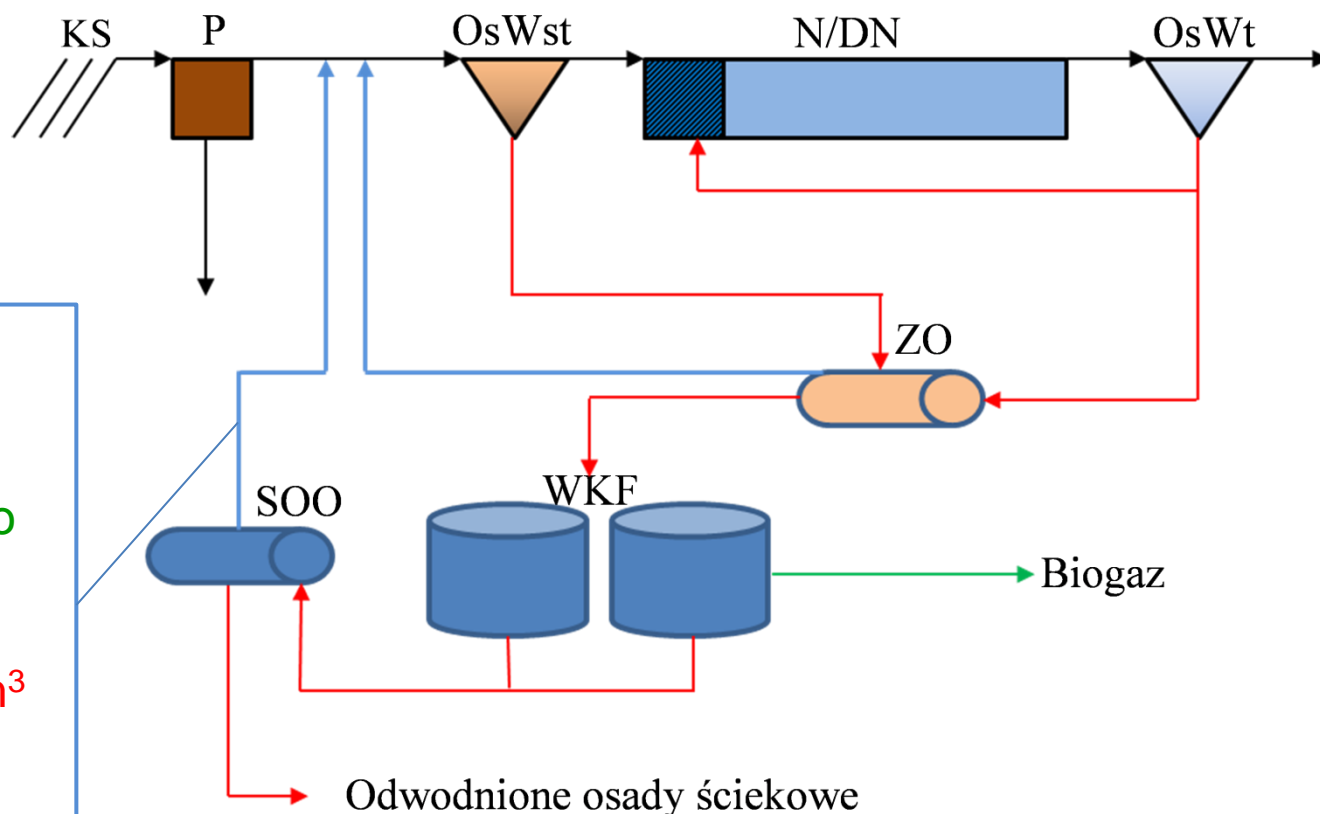
630 m<sup>3</sup>/d

3% dobowego  
dopływu ścieków do  
oczyszczalni

400 kgN/d

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 631 gN/m<sup>3</sup>

30% ładunku azotu  
dopływającego do  
oczyszczalni

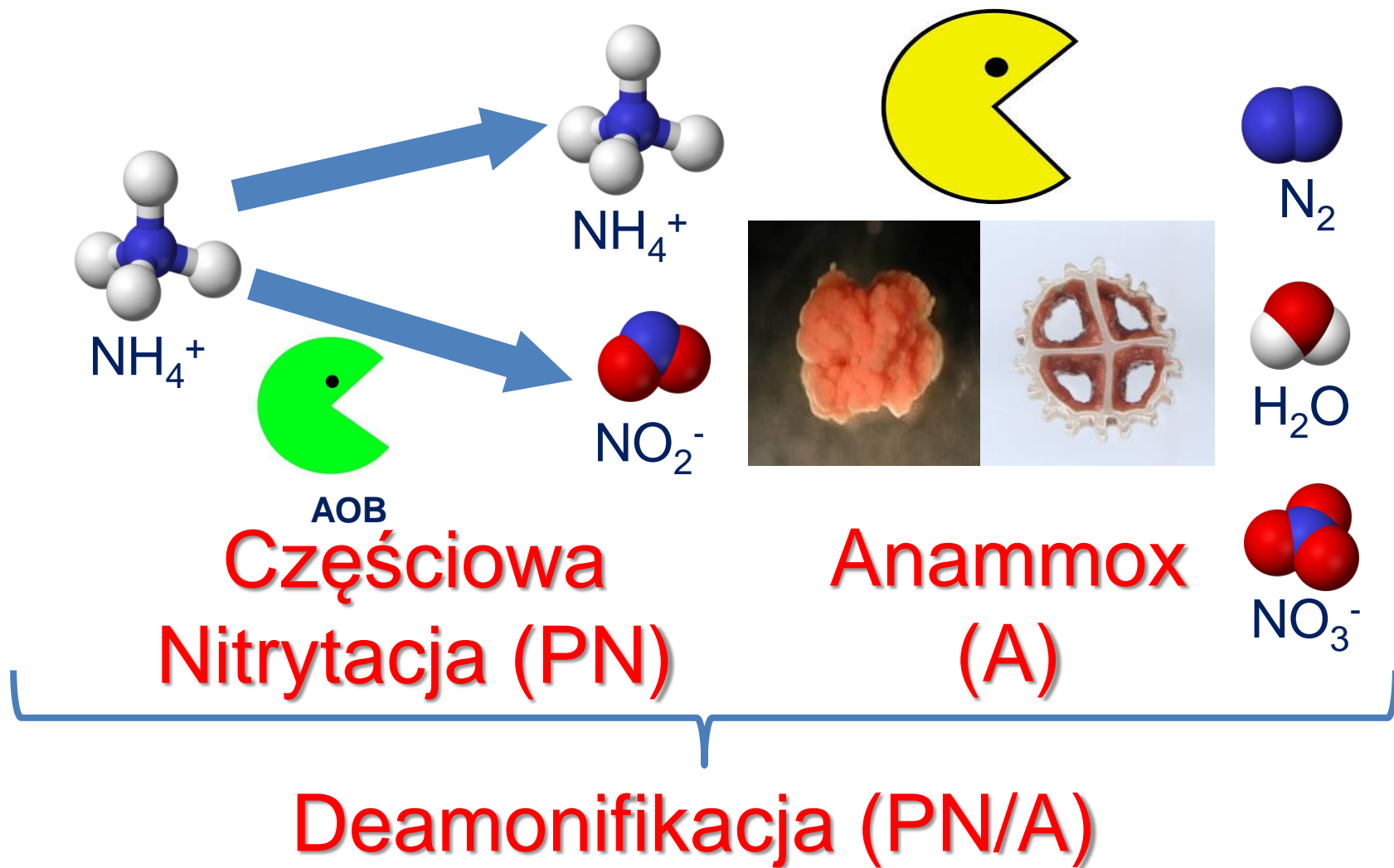


\*Wartości szacunkowe na podstawie danych z MPGK Krosno Sp. z o.o.

**Skutki:** problemy z usuwaniem azotu ze ścieków – konieczność dodatku związków organicznych węgla z zewnętrznego źródła np. metanolu (aby proces denitryfikacji był efektywny). Wzrost zużycia energii do napowietrzania ścieków (proces nitryfikacji).



# Oczyszczanie cieczy osadowych w procesie autotroficznej deamonifikacji (anammox)



# Oczyszczanie cieczy osadowych w procesie autotroficznej deamonifikacji (anammox)

## **Uzyskiwane korzyści:**

- redukcja zużycia energii elektrycznej do napowietrzania o około 60%,
- redukcja produkcji nadmiernych osadów ściekowych o około 90%,
- redukcja zapotrzebowania na organiczne związki węgla (do denitryfikacji) o 100%,
- redukcja emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery od około 90 do 104% (ze względu na asymilację wodorowęglanów przez mikroorganizmy autotroficzne)

*(Van Loosdrecht M.C.M., Salem S., 2006. Biological treatment of sludge digester liquids. Water Science & Technology 53, 11)*

# Oczyszczanie cieczy osadowych w procesie autotroficznej deamonifikacji (anammox)

Główny strumień\*:

21 000 m<sup>3</sup>/d

1300 kgN/d

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 62 gN/m<sup>3</sup>

**Ciecze osadowe\*:**

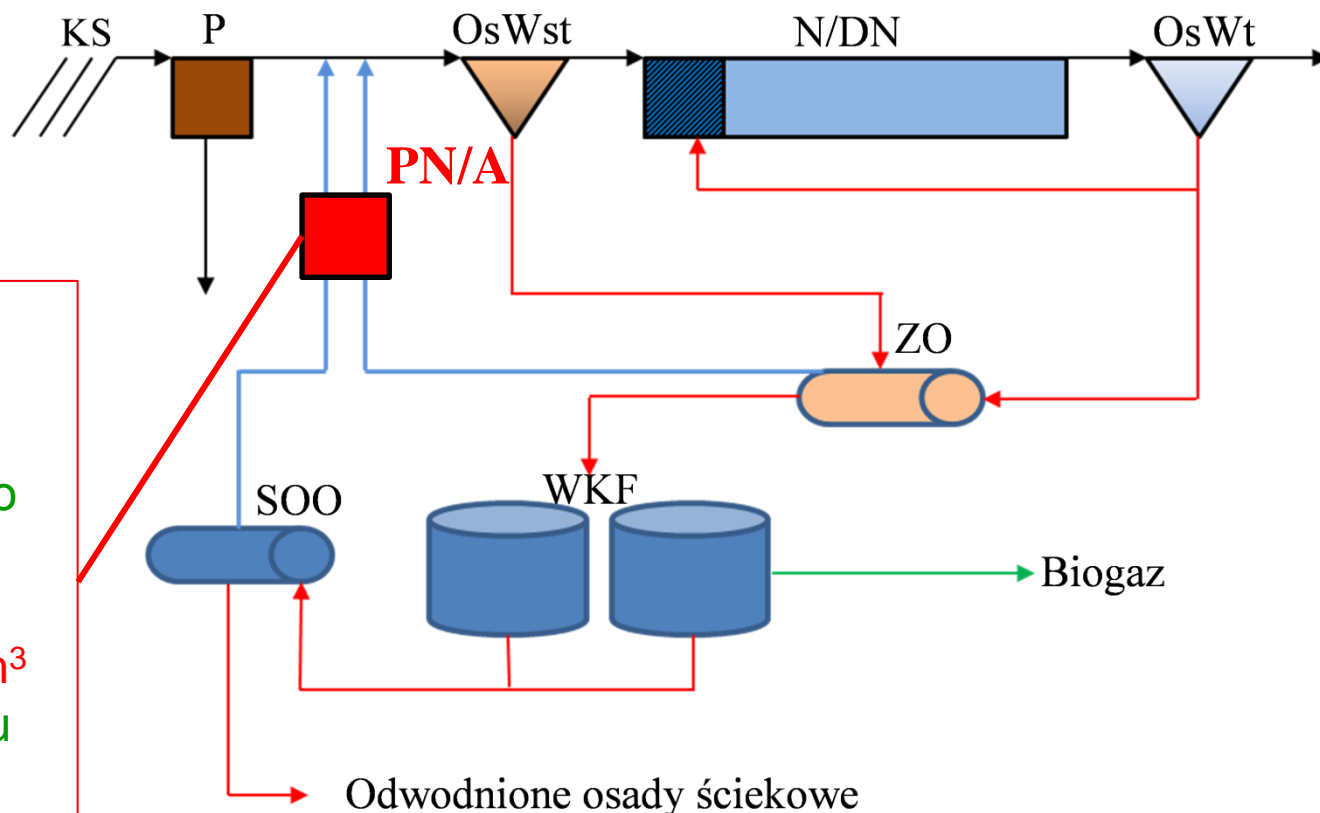
630 m<sup>3</sup>/d

3% dobowego  
dopływu ścieków do  
oczyszczalni

80 kgN/d

N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 126 gN/m<sup>3</sup>

4,5% ładunku azotu  
dopływającego do  
oczyszczalni



\*Wartości szacunkowe na podstawie danych z MPGK Krosno Sp. z o.o.

**Korzyści:** efektywne usuwanie 80% ładunku azotu z „cieczy osadowych”, dopływającego na wlot oczyszczalni ścieków z stacji odwadniania osadów ściekowych i stabilna praca głównego ciągu technologicznego – **niskie zużycie energii, brak potrzeby dodatku organicznych związków węgla**

# Zastosowanie procesu ANAMMOX w pełnej skali technicznej

Sekwencyjne reaktory porcjowe SBR

Reaktory przepływowe ze złożem ruchomym MBRD

(an Technologia anammox stosowana już w ponad 100 oczyszczalniach ścieków\*.

Ładunki azotu: 400 – 3000 kgN/d

Objętość reaktorów: 134 – 2800 m<sup>3</sup>

Zapotrzebowanie na energię: **0,9 – 1,7 [kWh/kgN]** (konwencjonalne około 2,3 – 4,0 [kWh/kgN]\*\*)

(\*Lackner S., Gilbert E.M., Vlaeminck S.E., Joss A., Horn H., van Loosdrecht M.C.M, 2014. Full-scale partial nitrification/anammox experiences. An application survey. Water Research 55, 292 – 303.

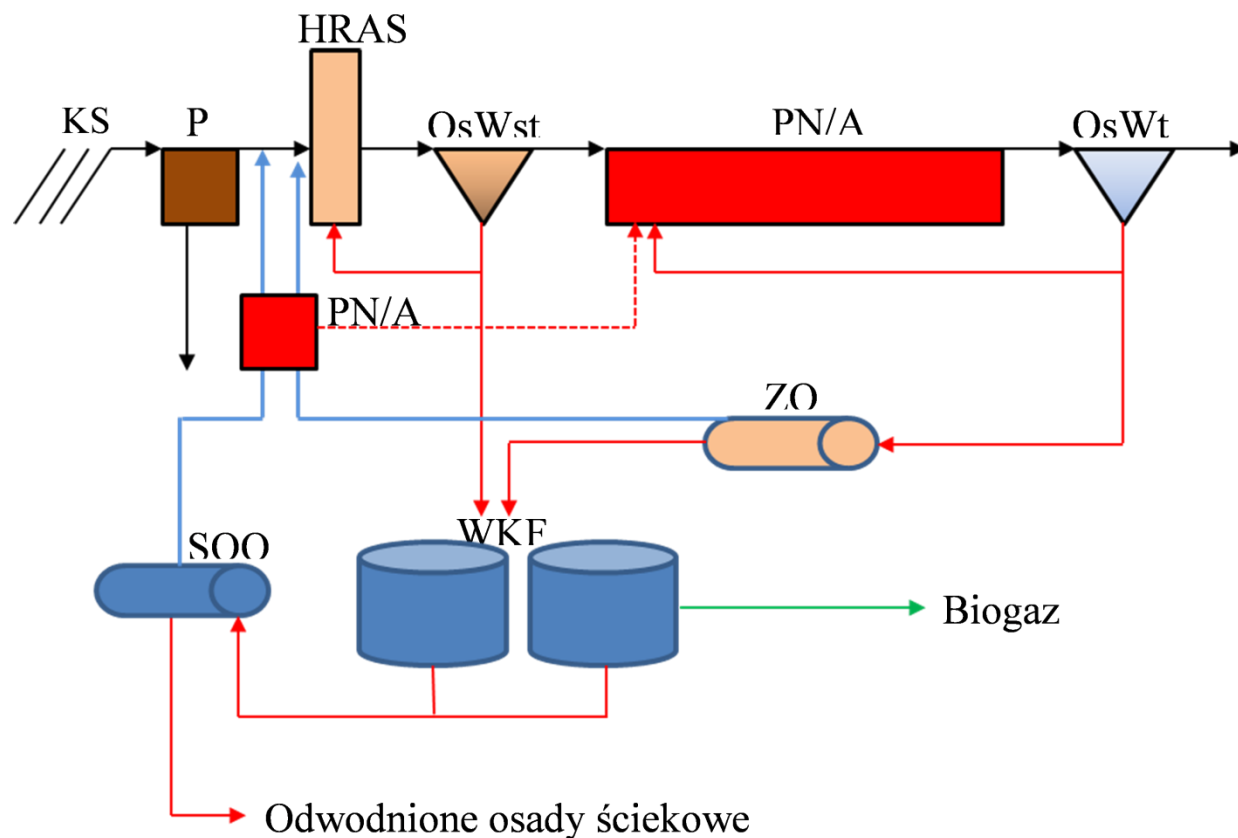
\*\*Mulder A., 2003. The quest for sustainable nitrogen removal technologies. Water Science and Technology Vol 48 No 1 pp 67–75)



# Zastosowanie technologii ANAMMOX – obecnie prowadzone badania i wdrożenia

Zastosowanie do  
oczyszczania  
„głównego strumienia”  
ścieków

Umożliwienie dalszego  
wzrostu ilości  
produkowanego  
biogazu i energii.



Symbole: KS – kraty, sita, P – piaskowniki, HRAS – wysokoobciążony osad czynny, OsWst – osadniki wstępne, PN/A – częściowa nitrytacja/anammox (deamonifikacja), OsWt – osadniki wtórne, ZO – zagęszczanie osadów ściekowych, WKF – wydzielone komory fermentacji, SOO – stacja odwadniania osadów ściekowych

# Wnioski

1. Realizacja koncepcji oczyszczalni ścieków jako „nowego źródła zasobów i energii” możliwa będzie ze zwiększeniem wydajności produkcji biogazu i jego energetycznej utylizacji.
2. Produkcja biogazu w komunalnych oczyszczalniach ścieków związana jest z powstawaniem strumienia ścieków o wysokim stężeniu azotu amonowego (tak zwanych „cieczy osadowych”). Ich dopływ na wlot oczyszczalni ścieków wpływa negatywnie na efektywność usuwania azotu ze ścieków, zwiększa zużycie energii.
3. Deamonifikacja „cieczy osadowych” jest rozwiązaniem powyższego problemu. Umożliwia efektywne usunięcie do 80% ładunku azotu amonowego z „wód osadowych”. Proces ma niskie zapotrzebowanie na energię i nie wymaga dawkowania organicznych związków węgla do ścieków.
4. Reaktory deamonifikacji „cieczy osadowych” – źródło biomasy anammox do rozruchu i biowzbogacania reaktorów deamonifikacji „głównego strumienia ścieków”. Możliwe osiągnięcie pełnej samowystarczalności energetycznej oczyszczalni bez „kofermentacji”.

***Dziękuję!***