

**KAMIL JANIAK**

---

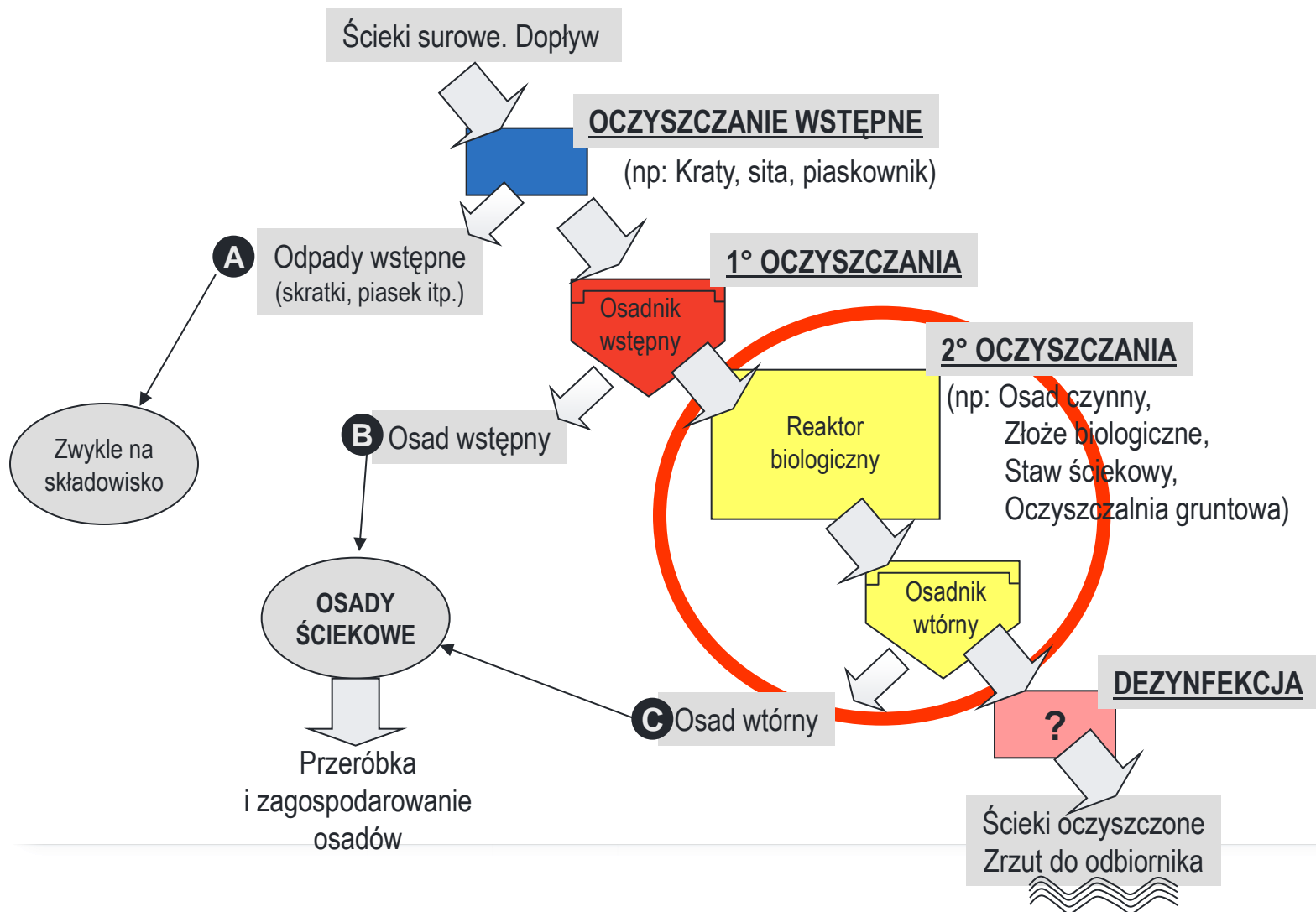
# **DENITRYFIKACJA**

**Oczyszczanie ścieków podstawy - kurs**  
Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika  
Wrocławska

**WROCŁAW, 2025**



# Najważniejsze elementy oczyszczalni ścieków



# Denitryfikacja

## Reakcja

---

Niewielka w stosunku  
do  $\text{NO}_3$  ilość



Związane z  
wbudowaniem  
 $\text{NH}_4$

Tlen jest inhibitorem tej reakcji

Wartości liczbowe celowo pominięte

# Denitryfikacja

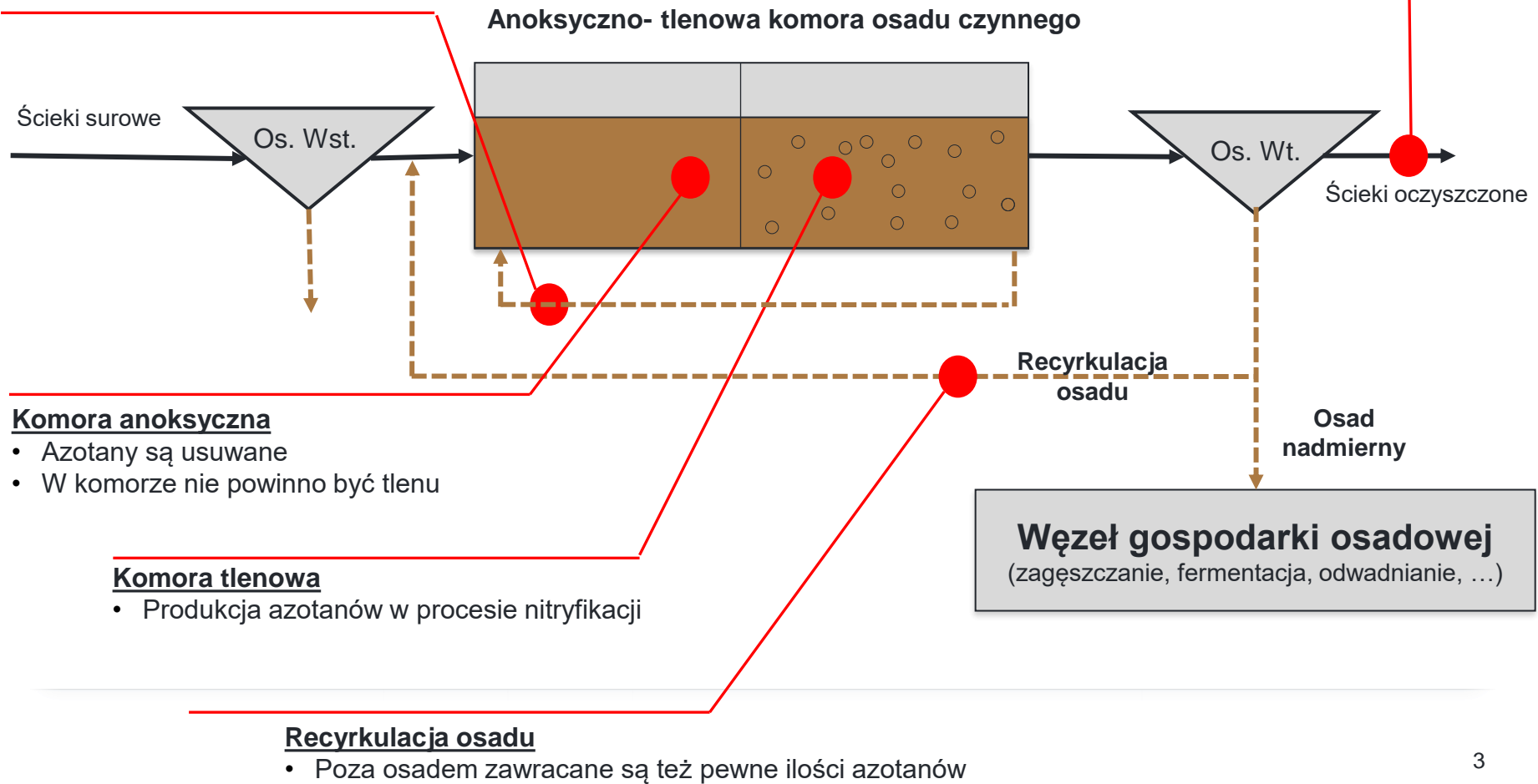
## Najprostszy układ technologiczny

### Recyrkulacja azotanów

- Wytworzone w nityfikacji azotany są zawracane do komory anoksydacyjnej
- Wartość recyrkulacji wynosi zwykle kilkaset % $Q_{dopl}$

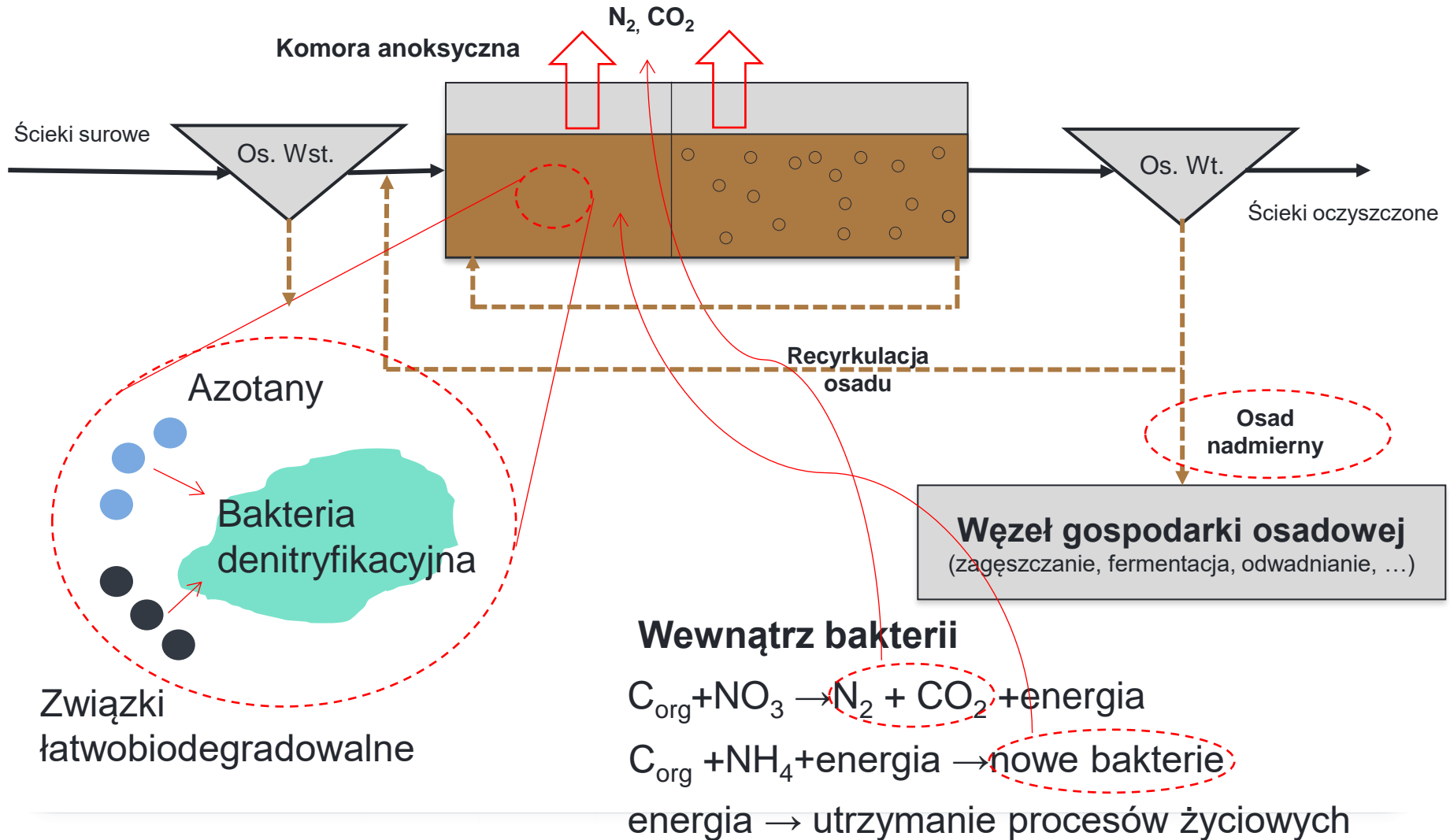
### Ścieki oczyszczone

- Zdecydowanie mniej azotanów niż w układzie tylko z komorą tlenową



# Denitryfikacja

## Przebieg – komora anoksyiczna



# Denitryfikacja

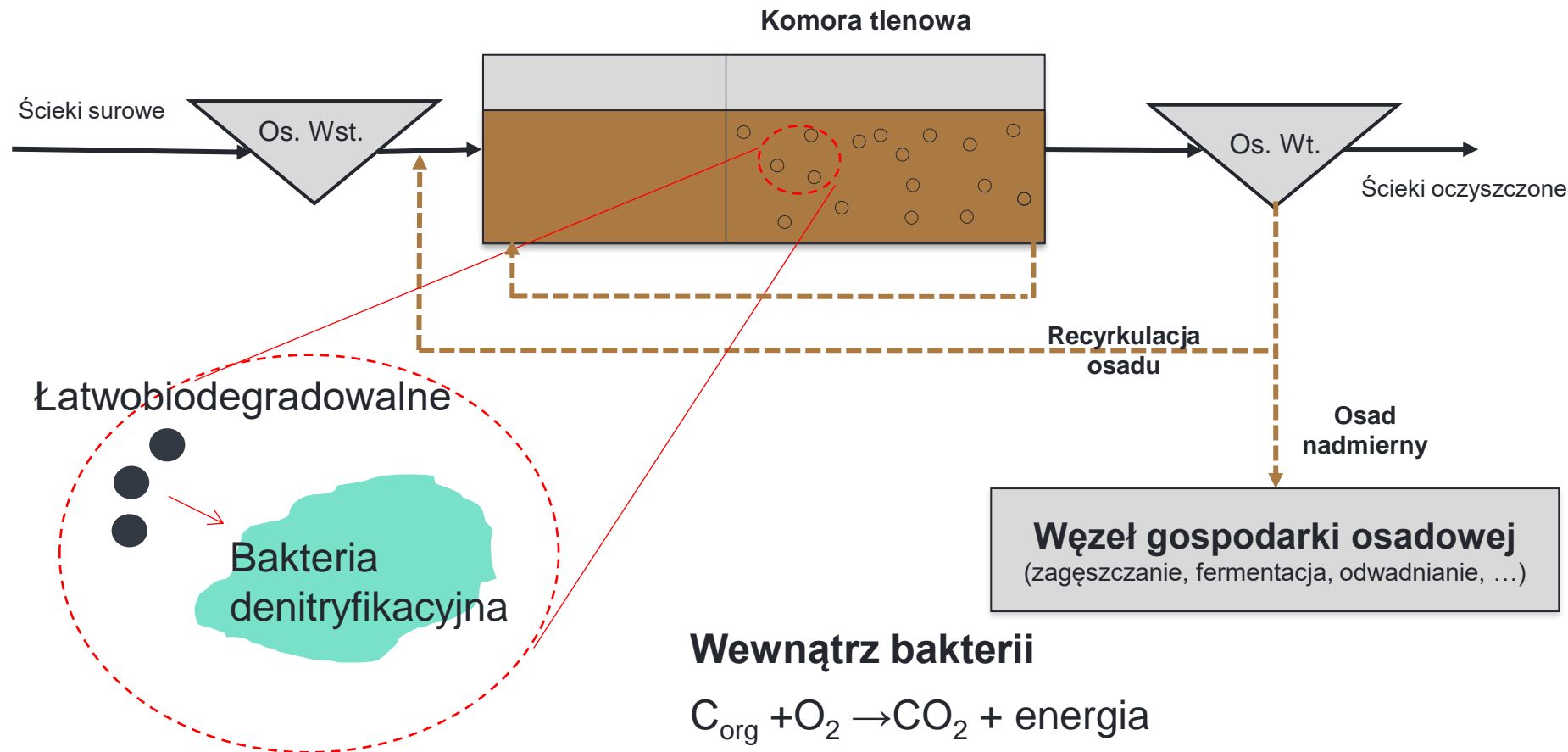
## Przebieg – komora anoksyczna

---

1. Związki łatwobiodegradowalne oraz azotany są asymilowane przez bakterie heterotroficzne.
2. Wewnątrz komórki bakteryjnej dochodzi do utleniania związków organicznych azotanami.
3. Energia uzyskana z utleniania wykorzystana zostaje na przyrost (razem z nieutlenionymi związkami organicznymi) oraz pozostałe procesy życiowe.
4. Przyrost nitryfikantów jest powolny i bardzo zależy od temperatury.

# Denitryfikacja

## Przebieg – komora tlenowa – w typowych warunkach



**Bakterie denitryfikacyjne zwykle mają zdolność prowadzenia również procesów tlenowych. To są pospolite heterotrofy.**

### Wewnątrz bakterii



energia → utrzymanie procesów życiowych

# Denitryfikacja

## Przebieg – komora tlenowa – w odpowiednich warunkach

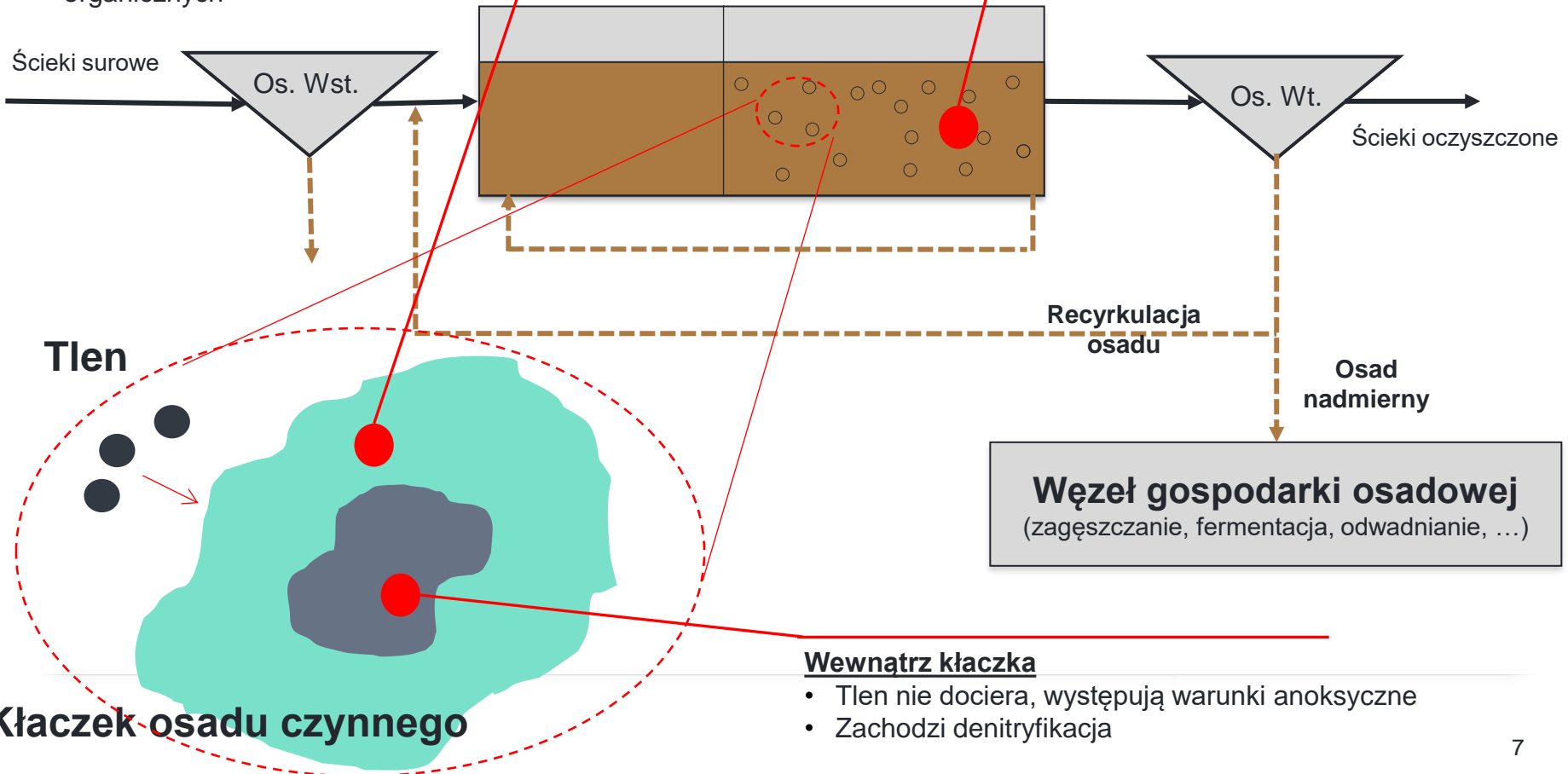
### Na zewnątrz kłaczk

- Występują warunki tlenowe
- Zachodzi nitryfikacja
- Zachodzi tlenowe usuwanie związków organicznych

### Warunki tlenowe

- Musi być niskie  $O_2$ , zwykle  $1.0 - 0.5 \text{ gO}_2/\text{m}^3$

### Komora tlenowa



Tlen

Recyrkulacja  
osadu

Osad  
nadmierny

**Węzeł gospodarki osadowej**  
(zagęszczanie, fermentacja, odwadnianie, ...)

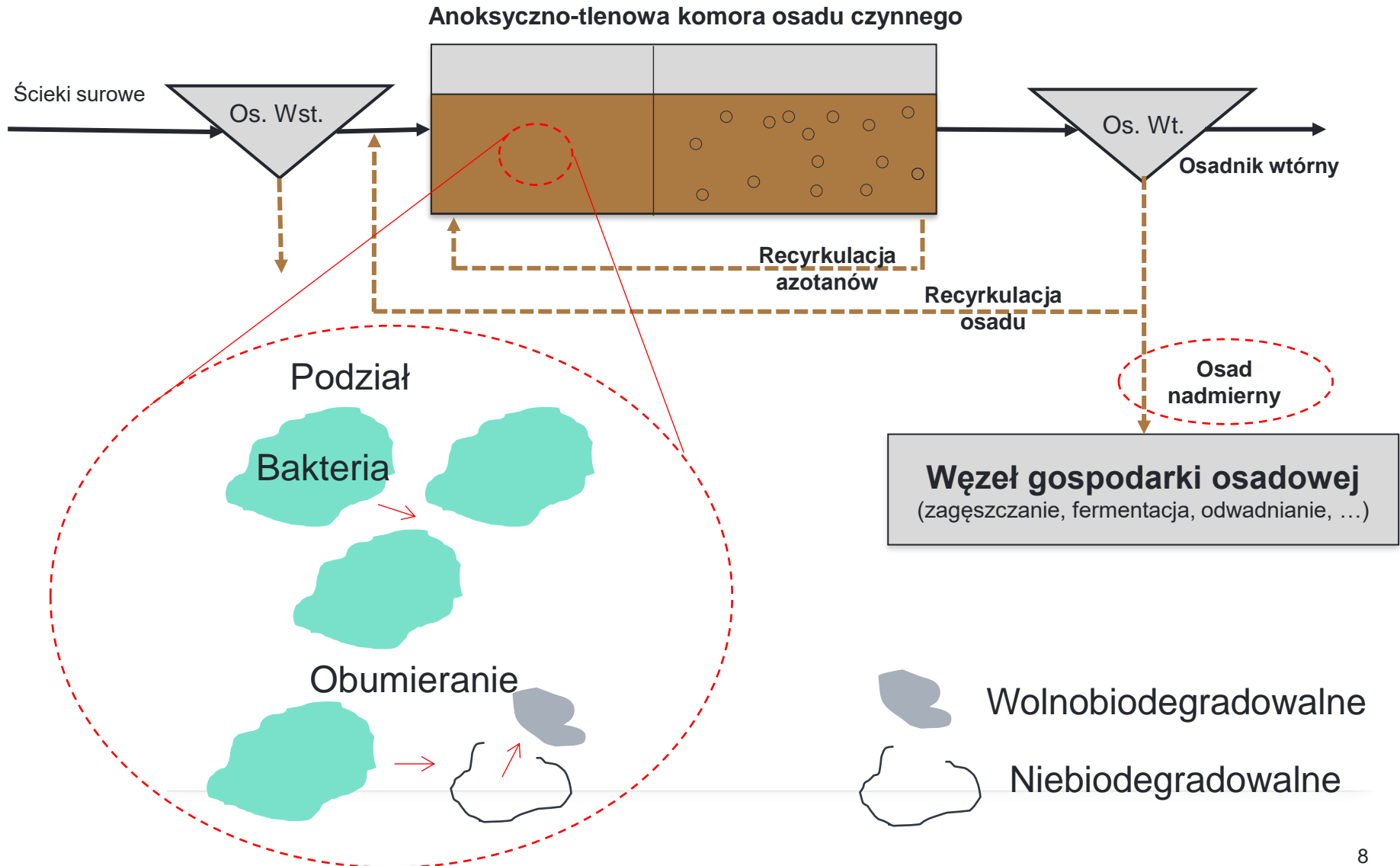
### Wewnątrz kłaczk

- Tlen nie dociera, występują warunki anoksyczne
- Zachodzi denitryfikacja



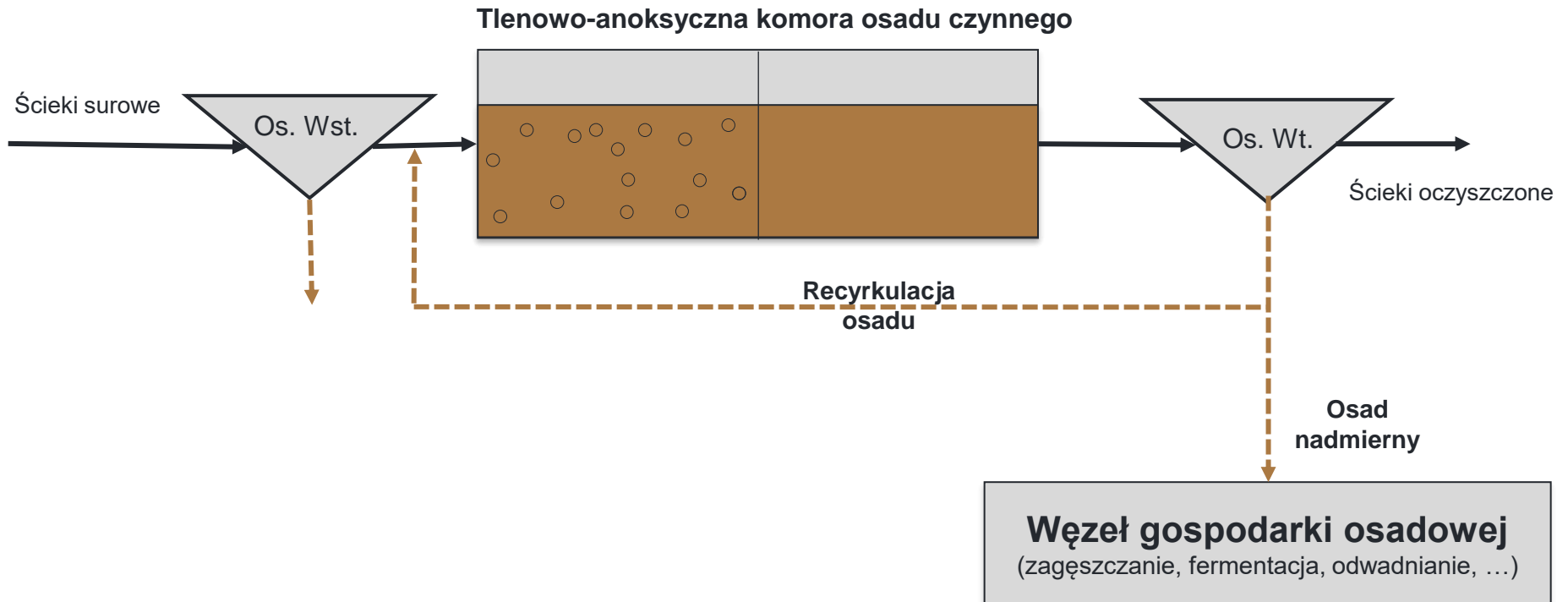
# Denitryfikacja

## Bakterie



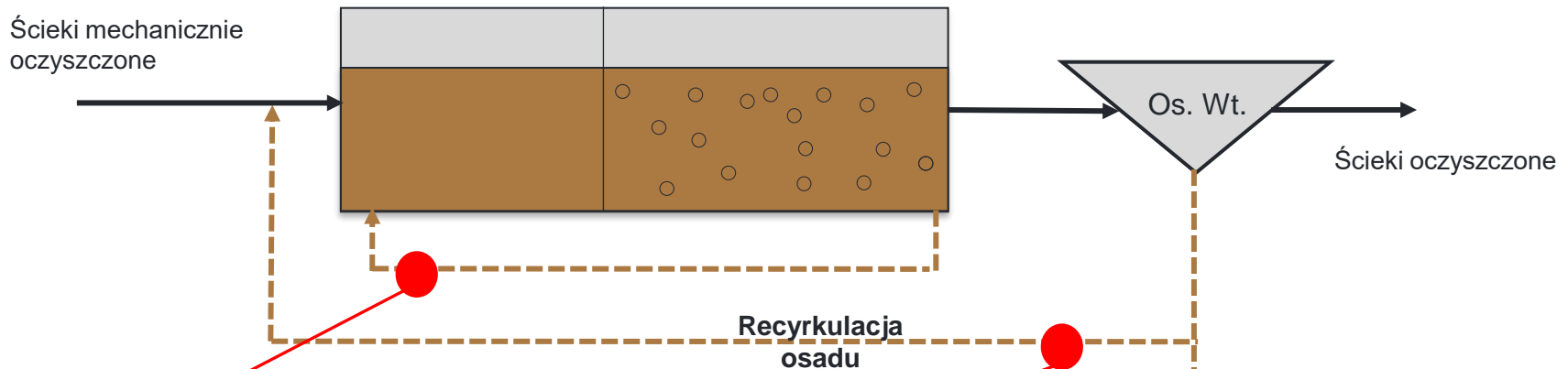
# Denitryfikacja

Dlaczego nie taki układ?



# Denitryfikacja

## Rola recyrkulacji azotanów



### Zbyt mały ładunek azotanów jest zawracany tym strumieniem

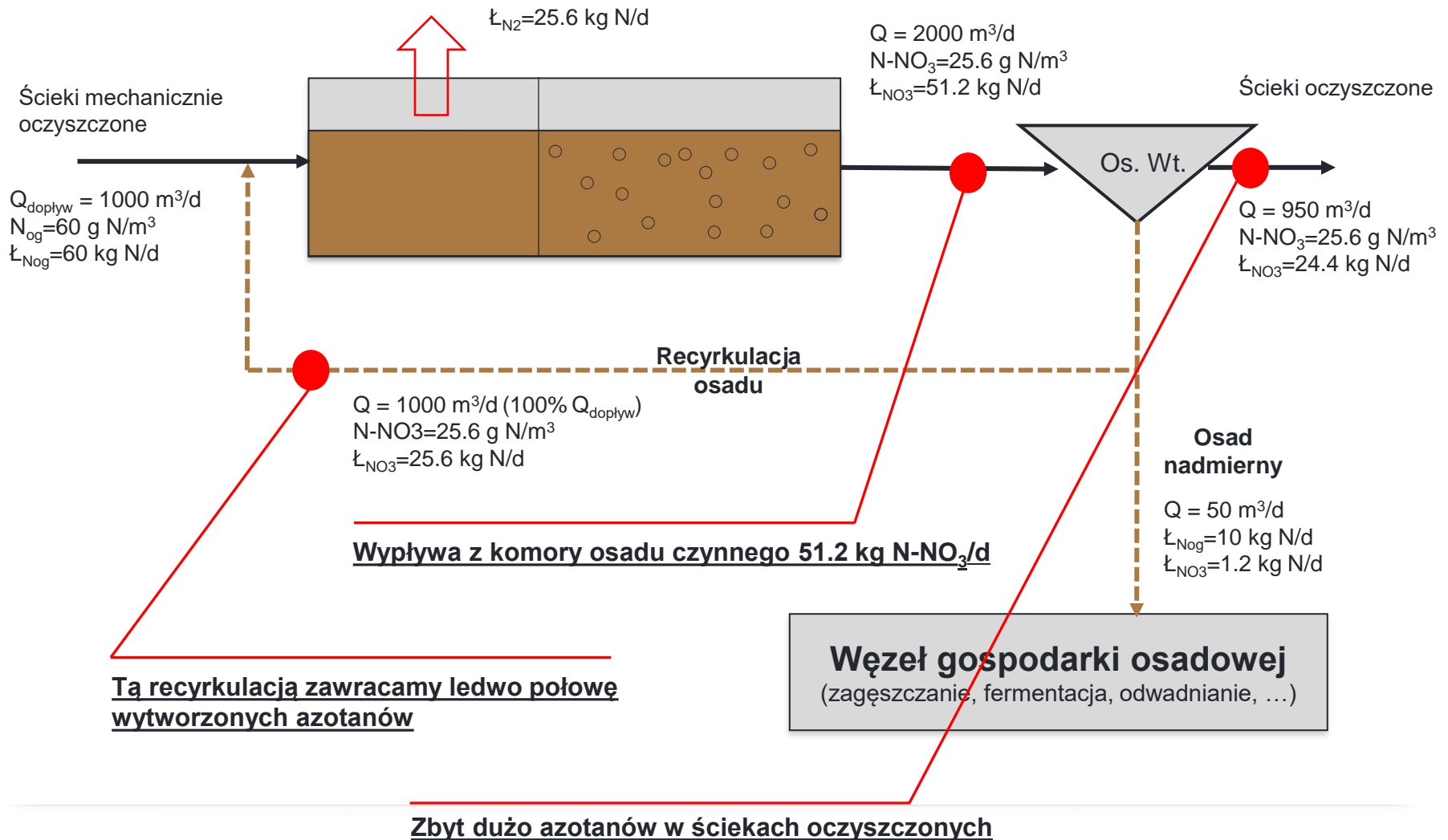
- Zwykle ta recyrkulacja wynosi 50-100% Q
- Oznacza to, że tym strumieniem zawracane jest 33% – 50% azotanów
- To zbyt mało, żeby zapewnić odpowiednią jakość ścieków oczyszczonych

### Ta recyrkulacja służy zawracaniu dodatkowego ładunku azotanów

- Zwykle ta recyrkulacja wynosi kilkaset % Q
- Tym strumieniem zawracane jest większość wytworzonych azotanów
- Dzięki niemu możliwe jest usunięcie większości azotanów w komorze denitryfikacji i spełnienie norm jakości

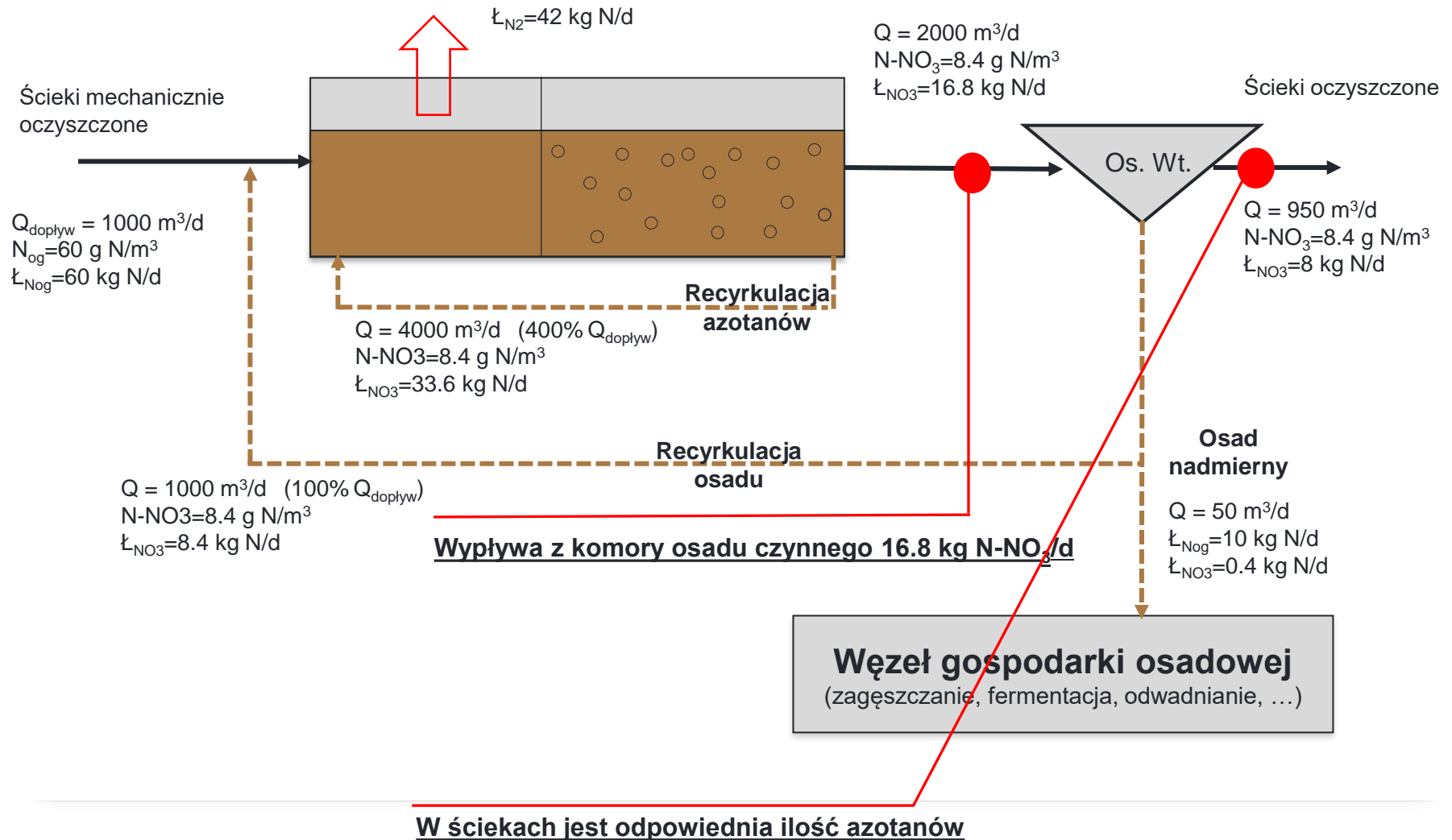
# Denitryfikacja

## Rola recyrkulacji azotanów



# Denitryfikacja

## Rola recyrkulacji azotanów



# Denitryfikacja

## Parametry technologiczne

---

Wiek osadu > 10 d (układ AX/OX)

pH – 6.0 – 8.0

T > 8°C

O<sub>2</sub> w komorze anoksycznej < 0.5 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

# Denitryfikacja

Skuteczność oczyszczania

---

W odpowiednich warunkach:

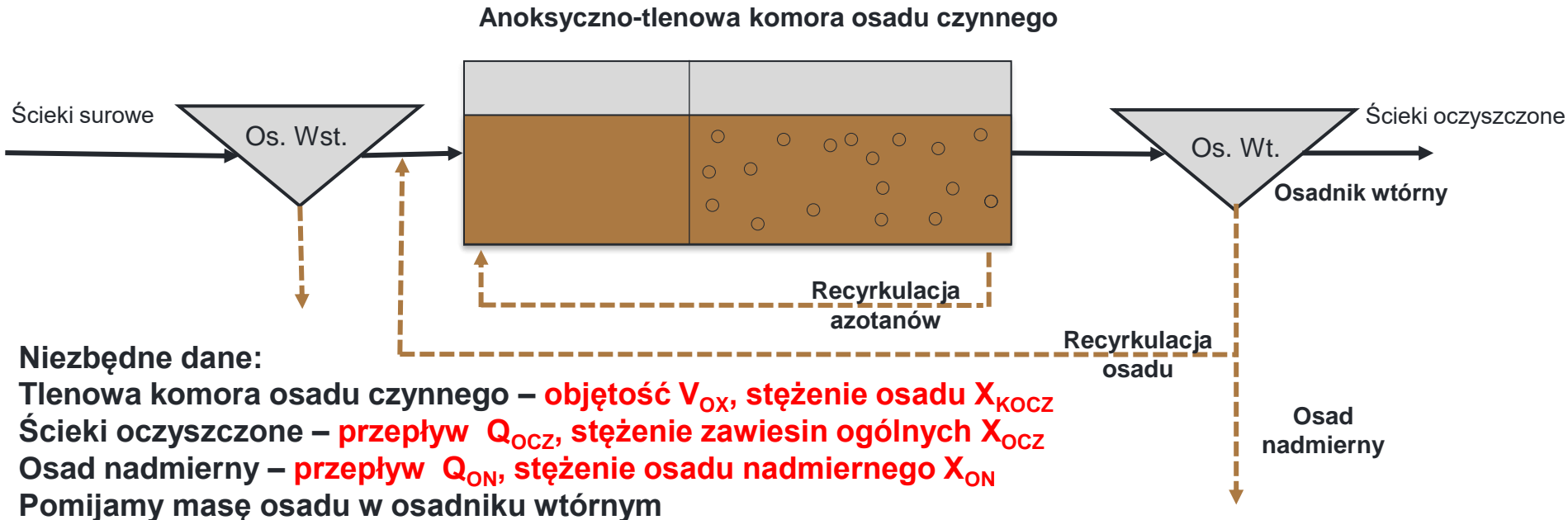
>95%  $\text{NH}_4$

>90%  $\text{NO}_3$

Ok. 90 %  $\text{Nog}$

# Tlenowy wiek osadu

## Definicja



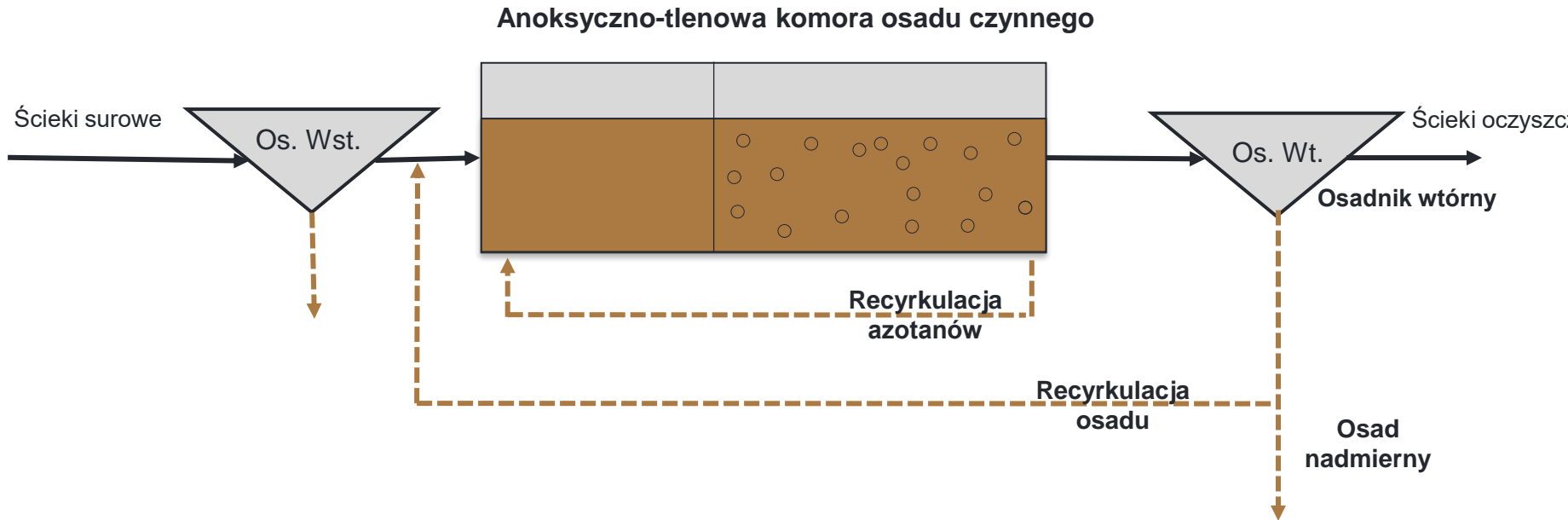
**Masa osadu w komorze tlenowej, kg sm**

$$WO_{OX} = \frac{V_{OX} \cdot X_{KOCZ}}{Q_{ON} \cdot X_{ON} + Q_{OCZ} \cdot X_{OCZ}}, d$$



# Tlenowy wiek osadu

## Definicja



$$\frac{WO_{OX}}{WO} = \frac{\frac{V_{OX} \cdot X_{KOCZ}}{Q_{ON} \cdot X_{ON} + Q_{OCZ} \cdot X_{OCZ}}}{\frac{V \cdot X_{KOCZ}}{Q_{ON} \cdot X_{ON} + Q_{OCZ} \cdot X_{OCZ}}} = \frac{V_{OX}}{V}$$

# Tlenowy wiek osadu

## Przykład obliczeniowy

Niezbędne dane:

Komora osadu czynnego

objętość  $V$  – **1000 m<sup>3</sup> w tym komora tlenowa 500 m<sup>3</sup>**

stężenie osadu  $X_{KOCZ}$  – **4 kg sm/m<sup>3</sup>**

Ścieki oczyszczone

przepływ  $Q_{OCZ}$  – **1000 m<sup>3</sup>/d**

stężenie zawiesin ogólnych  $X_{OCZ}$  – **10 g sm/m<sup>3</sup>**

Osad nadmierny

przepływ  $Q_{ON}$  – **50 m<sup>3</sup>/d**

stężenie osadu nadmiernego  $X_{ON}$  – **8 kg sm/m<sup>3</sup>**

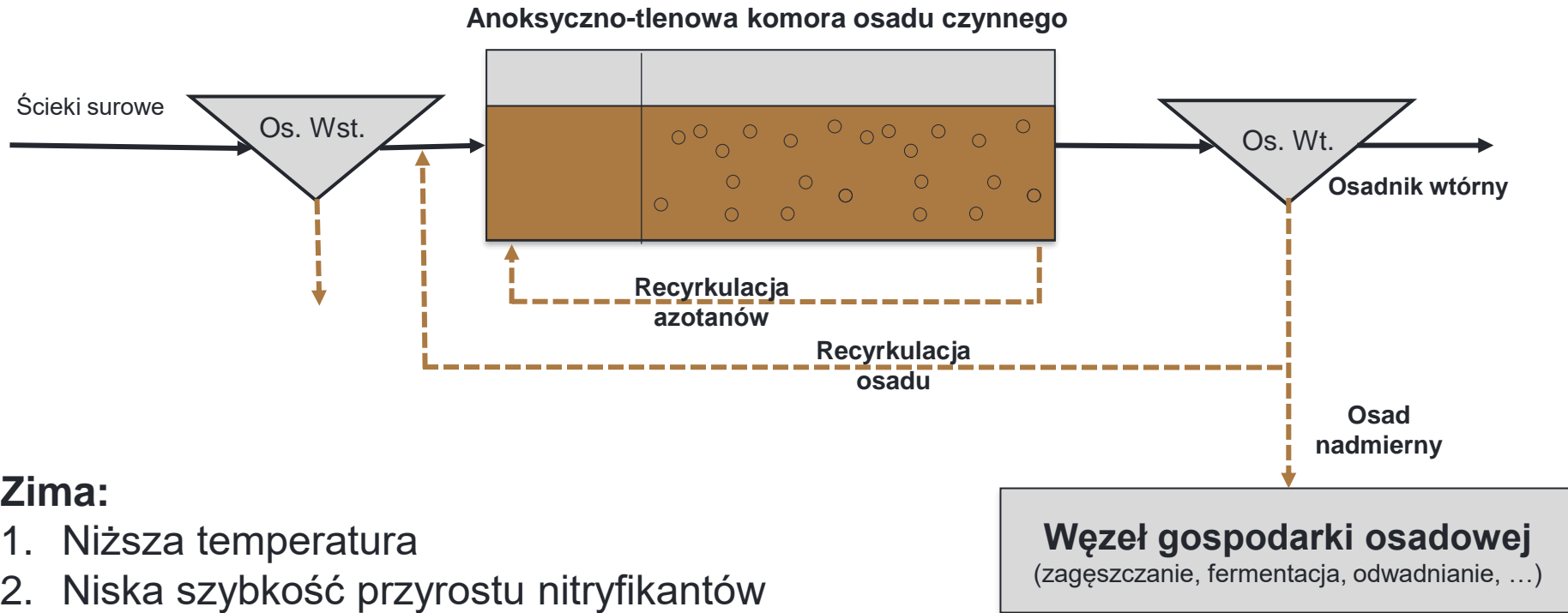
$$WO_{OX} = \frac{V \cdot X_{OX}}{Q_{ON} \cdot X_{ON} + Q_{OCZ} \cdot X_{OCZ}} = \frac{500 \cdot 4}{50 \cdot 8 + 1000 \cdot 0.01} =$$

$$\frac{2000}{400 + 10} = 4.87 \text{ d}$$

Zwykle można pominąć

# Denitryfikacja

## Eksploatacja w zimie

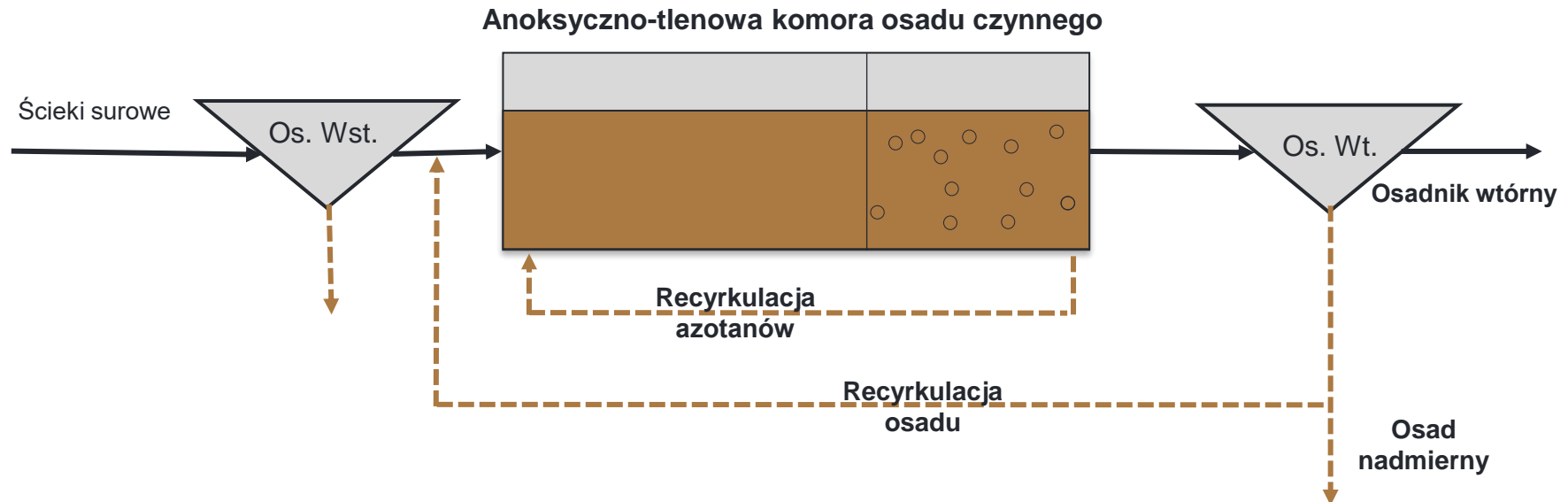


### Zima:

1. Niższa temperatura
2. Niska szybkość przyrostu nitryfikantów
3. Tlenowy wiek osadu musi być wyższy
4. Musimy więc zwiększyć objętość strefy tlenowej
5. Walczymy o utrzymanie nitryfikacji

# Denitryfikacja

## Eksploatacja w lecie



### Lato:

1. Wyższa temperatura
2. Wysoka szybkość przyrostu nitryfikantów
3. Tlenowy wiek osadu może być niższy
4. Możemy więc zmniejszyć objętość strefy tlenowej
5. Poprawiamy usuwanie azotu

# Pytania do wykładu

---

1. Opisz przebieg procesu denitryfikacji?
2. W jakich warunkach denitryfikacja jest możliwa w komorze tlenowej?
3. Jakie są substraty procesu denitryfikacji?
4. Jaką rolę pełni recyrkulacja azotanów?
5. Jak wygląda usuwanie azotanów gdy nie ma recyrkulacji azotanów?
6. Co to jest tlenowy wiek osadu?