

ZASTOSOWANIE BIOREAKTORÓW BEZTLENOWYCH DO PODCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW MLECZARSKICH

Prof. nzw. dr hab. inż. Krzysztof Barbusiński

Politechnika Śląska

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

E-mail: krzysztof.barbusinski@polsl.pl

ŚCIEKI MLECZARSKIE

- głównym zanieczyszczeniem jest mleko
- wysoka zawartość tłuszczów w formie rozpuszczonej i stałej
- węglowodany i białka
- ilościowo dominują ścieki z procesów mycia i czyszczenia, w których znajduje się średnio 3 do 4% podlegającego przeróbce mleka
- zawierają także znaczne ilości substancji czyszczących i odkażających
- w obiegach wody i środków myjących stosowane jest także dodawanie czynników chelatujących (takich jak np. EDTA), które zapobiegają wytrącaniu i osadzaniu się wapnia i magnezu

ŚCIEKI MLECZARSKIE

- Generalnie ścieki mleczarskie charakteryzują się wysoką zawartością zanieczyszczeń organicznych wyrażanych wskaźnikami BZT₅ i ChZT ponieważ mleko i produkty mleczarskie charakteryzują się wysokim BZT

Produkt	BZT ₅ [mg/kg produktu]
mleko	104000
mleko odtłuszczone	67000
śmietana	399000
jogurt	91000
serwatka	34000

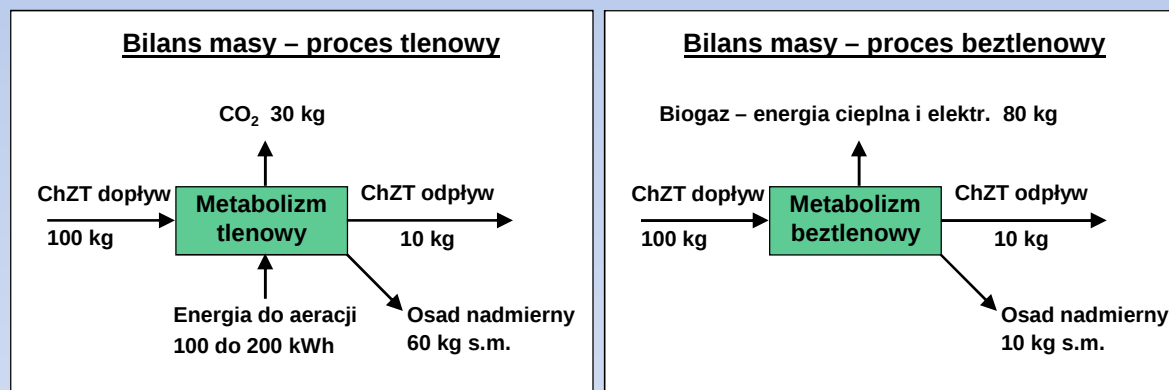
Skład ścieków z przemysłu mleczarskiego może się różnić w zależności od profilu produkcji, w tym także od sposobu wykorzystania serwatki (wykorzystanie do celów spożywczych lub paszowych).

SPOSOBY OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW MLECZARSKICH

- wykorzystuje się **metody fizykochemiczne** (usuwanie tłuszczów, cedzenie, usuwanie zawiesin oraz neutralizacja i koagulacja),
- następnie ścieki poddaje się **metodzie biologicznej** za pomocą osadu czynnego lub złóż biologicznych, bądź też oczyszczaniu beztlenowemu,
- w zależności od tego czy ścieki są tylko podczyszczane przed zrzutem do kanalizacji czy też oczyszczane w pełni, stosuje się różne rozwiązania
- ze względu na znaczne ładunki zanieczyszczeń organicznych oraz często podwyższoną temperaturę, można uznać, że zastosowanie metod beztlenowych jest uzasadnione.

SPOSOBY OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW MLECZARSKICH

- za systemami beztlenowymi przemawia też niska energochłonność, mały przyrost biomasy, odporność na znaczną nierównomierność obciążenia, a także możliwość szybkiego rozruchu nowoczesnych reaktorów beztlenowych nawet po długiej przerwie w ich eksploatacji



Najwięcej badań nad stosowaniem nowoczesnych metod beztlenowych do oczyszczania ścieków mleczarskich dotyczy instalacji w skali laboratoryjnej bądź pilotowej. Znacznie mniej jest doniesień opisujących skalę techniczną

JEDNOSTOPNIOWE METODY BEZTLENOWE

Typ reaktora	Obniżenie ChZT	Obciążenie reaktora kg ChZT/(m ³ ·d)	Uwagi
Filtry beztlenowe z wypełnieniem stałym	75-92% (90% BZT ₅)	5,5 – 6,0	Czas zatrzymania 4 d. Temp. 21-30°C.
	80%	do 21	
UASB	85-99%	2,0-7,3	Ścieki z produkcji sera Czas zatrzymania 6 d.
	90%	31	
Reaktory hybrydowe	90-97%	0,82 – 11	Czas zatrzymania 1,7-4,1 d.
ASBR	brak danych	dopuszczalne 6,0 (stabilna praca)	Przy wyższych wartościach trudności z utrzymaniem osadu i obniżenie efektów

Systemy beztlenowe, w których fazy kwaśna i metanowa zachodzą w jednym reaktorze mogą być podatne na różne negatywne czynniki i w efekcie nie realizować procesu oczyszczania w sposób optymalny

DWUSTOPNIOWE METODY BEZTLENOWE

Obecnie coraz częściej projektuje się systemy beztlenowe dwustopniowe, gdzie fazy kwaśna i metanowa realizowane są w oddzielnych reaktorach. Obecnie uważa się, że oddzielna fermentacja kwaśna jest podstawowym warunkiem efektywnej fermentacji metanowej

- Przykładowo: w reaktorze wstępnego zakwaszania ($t=37^{\circ}\text{C}$, $T_z=12\text{ h}$, pH 5,5) degradacji ulegało **95% węglowodanów**, **82% białek** i **41% tłuszczów**,
- W kilku przebadanych układach II-stopniowych, w których w pierwszym stopniu zastosowano reaktor pełnego wymieszania z osadem beztlenowym, a w drugim stopniu złożę z wypełnieniem stałym o przepływie od dołu bądź reaktor ze złożem fluidalnym, uzyskiwane efekty obniżenia ChZT wynosiły **90-95% przy obciążeniu reaktora 5,0–9,4 kg ChZT/(m³·d) i $T_z=2-4,4$ doby**

Z uwagi na obecność w ściekach mleczarskich znacznych ilości tłuszczów i białek, I faza fermentacji (hydroliza) wymaga dłuższego czasu procesu, co można osiągnąć przez dobranie odpowiedniej pojemności reaktora pierwszego stopnia

USUWANIE ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH

- w procesach beztlenowych nie można efektywnie usunąć związków biogenych ze ścieków, dlatego należy podczyszczone beztlenowo ścieki doczyścić metodami tlenowymi,
- problem dostępności węgla organicznego dla procesu denitryfikacji:
 - dodawanie do komory denitryfikacji zewnętrznego źródła węgla,
 - zaprojektowanie tzw. ominięcia (by-pass)
 - potencjalnie negatywny wpływ odcieków z odwadniania osadów przefermentowanych na efekty usuwania azotu w głównym ciągu oczyszczania

ZALETY I WADY SYSTEMÓW BEZTLENOWYCH



Zalety:

- możliwość odzysku energii - atrakcyjność ekonomiczna,
- niewielka produkcja osadów w porównaniu z metodami tlenowymi,
- możliwość usuwania dużych ładunków zanieczyszczeń organicznych przy zastosowaniu wysoko obciążonych reaktorów (IC, EGSB),
- obniżenie kosztów eksploatacji oczyszczalni – wykorzystanie biogazu

ZALETY I WADY SYSTEMÓW BEZTLENOWYCH



Wady:

- brak możliwości efektywnego usuwania związków biogennych,
- konieczność doczyszczania ścieków metodami tlenowymi,
- znaczna wrażliwość bakterii metanogennych na zmiany warunków środowiskowych (m.in. temperatury procesu, pH ścieków),
- konieczność stosowania zbiorników wyrównawczych i istotny wpływ fazy acidogennej procesu na fazę metanogenną,
- nie w pełni wyjaśniony potencjalnie inhibitujący wpływ białek i tłuszczów na proces fermentacji.

PROBLEMY DO ROZWIĄZANIA

- stopień beztlenowy zmniejszy ilość osadów w części tlenowej – sumaryczny bilans biogazu w aspekcie opłacalności,
- dokładne badania fazy acidogennej w systemach dwustopniowych w aspekcie przemian tłuszczów i białek zawartych w ściekach mleczarskich,
- problem dostępności węgla organicznego dla procesu denitryfikacji,
- wpływ odcieków z odwadniania przefermentowanych osadów na efekty usuwania N_{og} w głównym ciągu technologicznym (usuwanie azotu z odcieków),
 - ✓ (usuwanie azotu w bocznym ciągu technologicznym (**SHARON[®] BABE[®]**))
 - ✓ usuwanie $N-NH_4$ poprzez strącanie tzw. struwitu (fosforan amonowo-magnezowy)

PROBLEMY DO ROZWIĄZANIA

- porównawcza analiza ekonomiczno-technologiczna jedno- i dwustopniowych systemów beztlenowych,
- kompleksowe (inwestycyjno–eksploatacyjne) oszacowanie opłacalności metod beztlenowych dla różnej wielkości mleczarni i rodzaju produkcji,
- wpływ azotanów na proces metanogenezy,
- kompleksowe rozwiązanie problemu serwatki (czy mieszać serwatkę ze ściekami, formacja struwitu, wytrącanie się CaCO_3 w osadzie granulowanym)

W N I O S K I

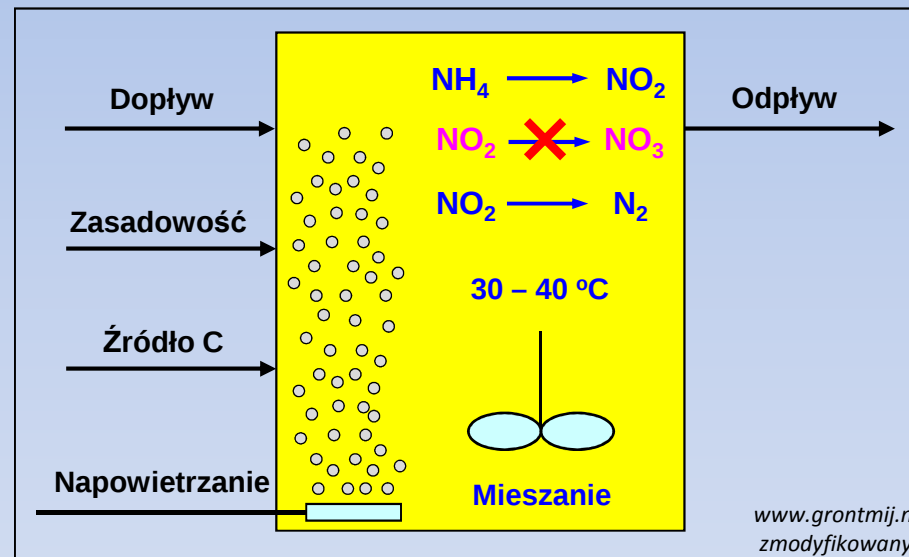
Istnieje potrzeba stworzenia zespołu roboczego
naukowcy – praktycy – przedstawiciele mleczarni
w celu rozwiązania (przynajmniej w dużej części)
przedstawionych problemów,
sformułowanie innych ważnych zagadnień do rozwiązania
oraz
opracowanie wytycznych dla branży mleczarskiej
dotyczących
beztlenowych metod oczyszczania ścieków

**DZIĘKUJĘ
ZA UWAGĘ**

Proces SHARON

(Single reactor High activity Ammonia Removal Over Nitrite)

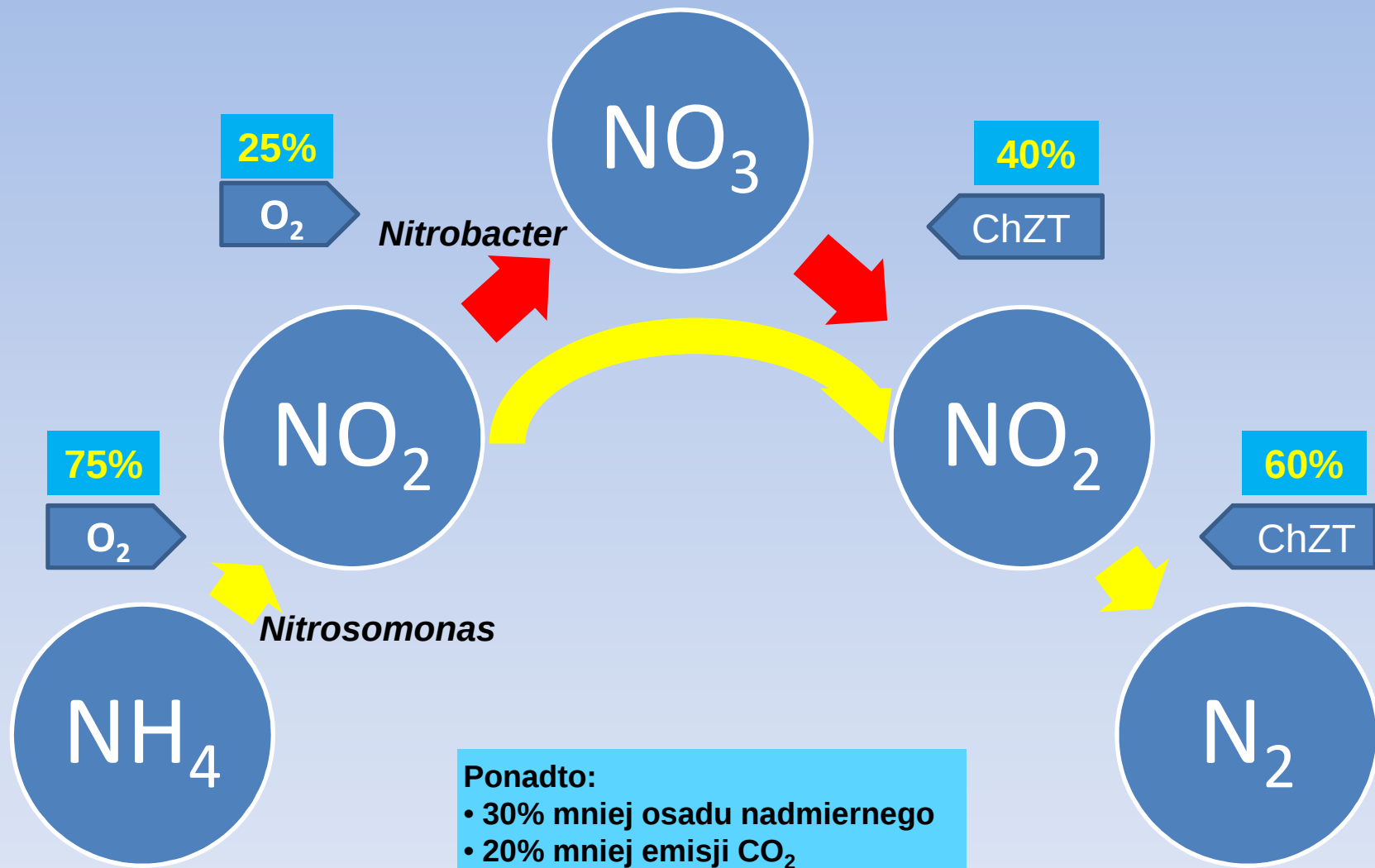
Prosty system do usuwania N-og. poprzez azotyny
(skrótowa nitryfikacja) + denitryfikacja



Wody nadosadowe z K. fermentacji mają temp. 25-30°C, która wzrasta jeszcze o 5-8°C na skutek procesów mikrobiologicznych w reaktorze

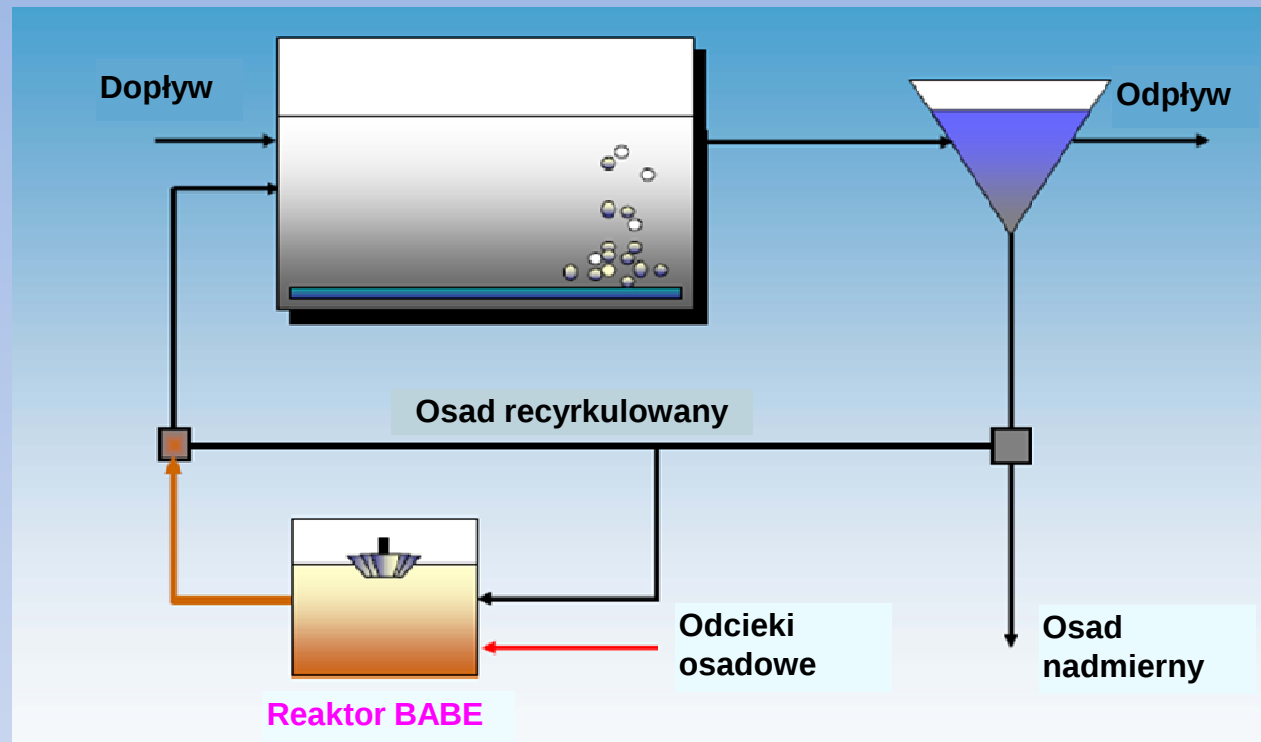
Dlatego SHARON wymaga dostarczenia ciepła jedynie w czasie zimy

Skrócona Nitryfikacja



Proces BABE®

Usuwanie azotu w odciekach z odwadniania osadów
w procesie pełnej nitryfikacji i denitryfikacji



- Temperatura procesu: 20-25 stopni
- Temperaturę zapewnia ciepło nityfikacji oraz ciepłe odcieki z odwadniania
- Wydłuża się wiek nitryfikantów i zwiększa ich udział w osadzie czynnym
- Polecany także w przypadku wysokoobciążonego osadu czynnego



Reaktor BABE® w oczyszczalni
w Garmerwolde
300.000 równoważnych mieszkańców

Efektywna i stabilna praca reaktora BABE®

Efektywność nitryfikacji i denitryfikacji w reaktorze odpowiednio **75% i 80%**.

Wzrost efektywności nitryfikacji i usuwania N-og w głównym ciągu technologicznym odpowiednio o **23% i 16%**.

Ustalono, że **50%** całkowitego usunięcia azotu w oczyszczalni zachodzi w reaktorze BABE®.