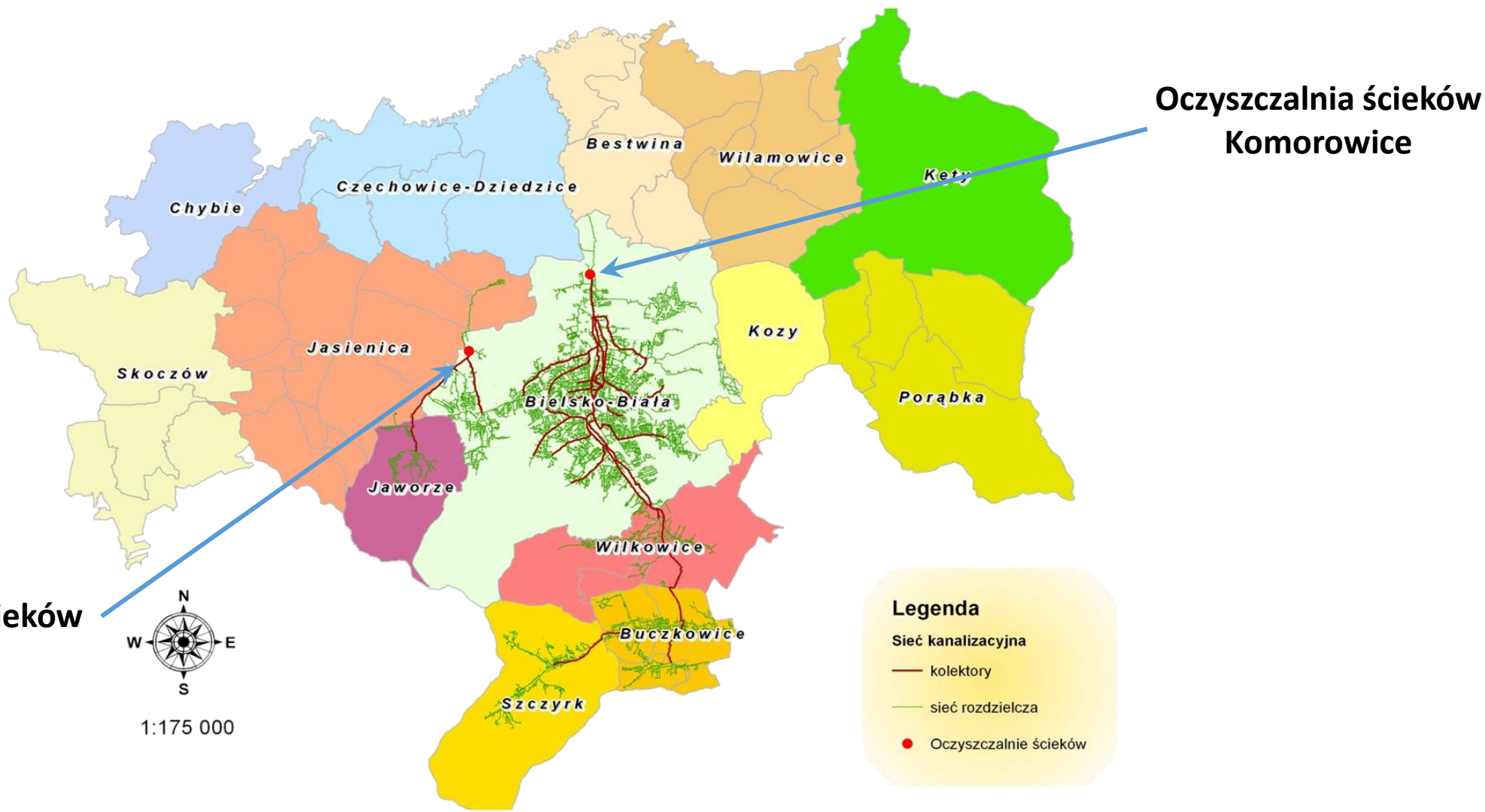


Doświadczenia eksploatacyjne z instalacji deamonifikacji w Oczyszczalni Ścieków Komorowice w Bielsku-Białej

Mariusz Jurzak

Maj, 2022

Mapa systemu kanalizacyjnego AQUA z zarysem gmin



Sieć kanalizacyjna i oczyszczalnie AQUA S.A. w liczbach:

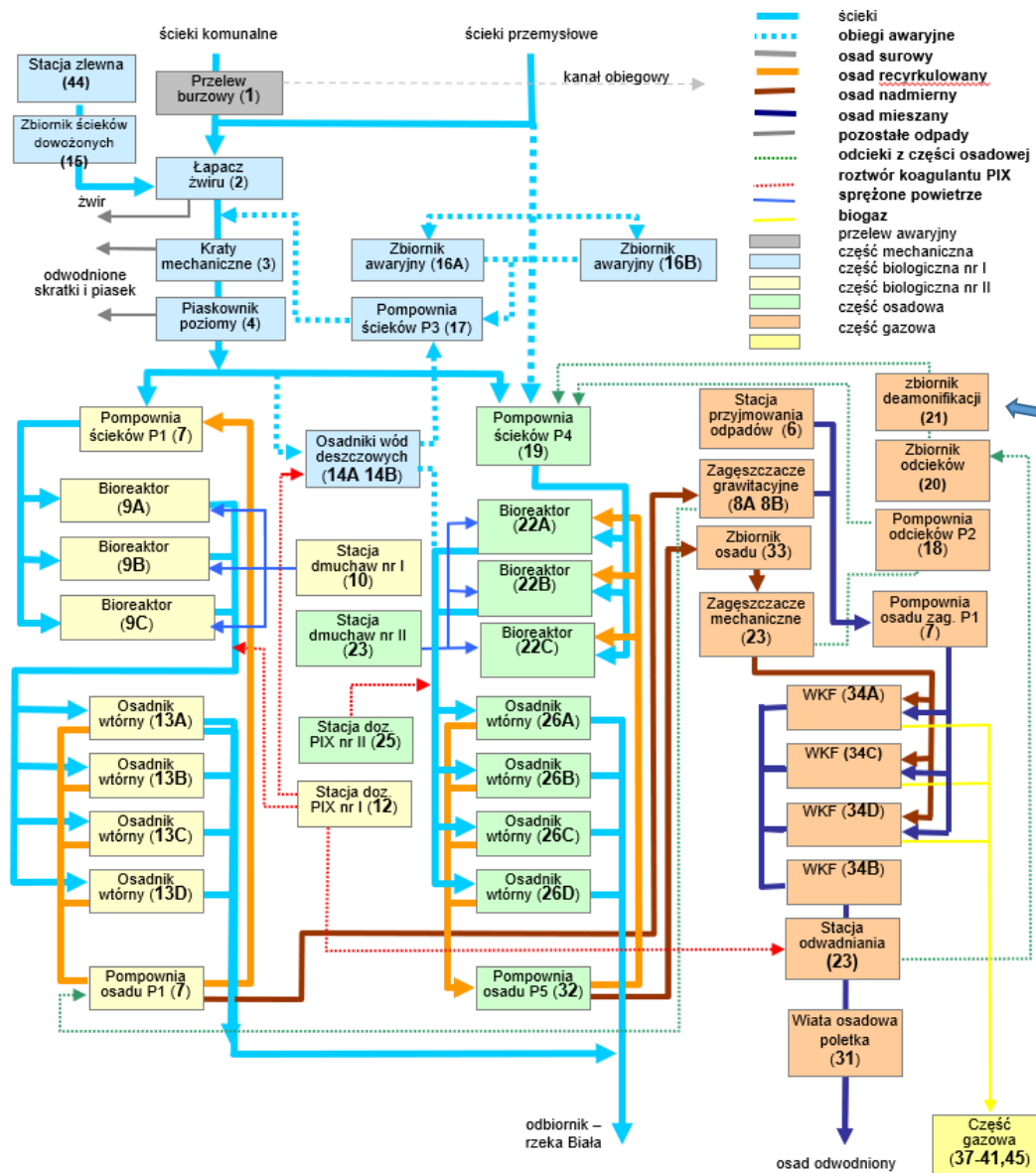
- **Długość sieci kanalizacyjnej – 1400 km**
- **Odbiór i oczyszczanie ścieków - 20 mln m³/rok**
- **50 pompowni ścieków**
- **Dwie mechaniczno-biologiczne oczyszczalnie ścieków:
w Komorowicach (dziewiąta w Polsce pod względem przepustowości) oraz w
Wapienicy**

Oczyszczalnia Ścieków Komorowice

- wydajność 90 tys. m³/d,
- w okresie opadów 124 tys. m³/d,
- ładunek RLM 250 tys.



Schemat technologiczny OŚ Komorowice



1969 - 1974 - budowa oczyszczalni

- wydajność 56 000 m³/d (40 000 m³/d – oczyszczanie biologiczne)
- pomimo obowiązywania liberalnych przepisów – brak pełnego oczyszczania ze względu na zbyt małą przepustowość oczyszczalni

1991 - 1993 – pierwsza modernizacja „starej” oczyszczalni

- wymiana urządzeń technologicznych
- wprowadzenie drobnopęcherzykowego napowietrzania ścieków
- oczyszczanie mechaniczno-chemiczne nadmiaru ścieków w osadnikach wód deszczowych
- rozpoczęcie mechanicznego odwadniania osadów ściekowych

1993 - 1996 - pierwsza modernizacja WKF-ów

- uruchomienie komór fermentacyjnych i wymiana urządzeń technologicznych

1995 - rozpoczęcie procesu spalania biogazu w agregatach prądotwórczych

- remont dzwonowego zbiornika biogazu
- rozpoczęcie odzysku powstającego biogazu
- zabudowa i uruchomienie agregatów prądotwórczych

2000 – budowa nowego ciągu technologicznego oczyszczalni do eksploatacji

- budowa nowego bioreaktora o wydajności 60 000 m³/d Dynamic Step Feed
- budowa infrastruktury technicznej i komputerowego systemu sterowania pracą oczyszczalni SCADA

2001 - 2006 - modernizacja komór fermentacyjnych

- ujednoczenie systemu mieszania osadów – układ pompowy
- wymiana urządzeń i instalacji technologicznej, rozbudowa systemu automatyki i sterowania pracą WKF-ów

2005 – rozpoczęcie eksploatacji pomp ciepła

- zabudowa pomp ciepła do ogrzewania i przygotowywania CWU dla budynku administracyjnego, budynku warsztatowego, kanalizacji oraz szatni

2006 – rozbudowa węzła odzysku biogazu

- zabudowa nowego agregatu prądotwórczego Petra, wykonanie instalacji wraz z zabudową kotłów Viessmann opalanych biogazem

2011 – rozbudowa węzła odzysku biogazu

- zabudowa nowego agregatu prądotwórczego, wykonanie instalacji i zabudowa kotłów opalanych biogazem

2012 – budowa zbiornika ścieków dowożonych oraz zbiornika na odcieki z procesu odwadniania osadów przefermentowanych

2013 – 2015 – termomodernizacja budynków WKF oraz budowa wiaty osadowej i remont poletek osadowych

- wymiana ocieplenia komór fermentacyjnych
- budowa stalowej wiaty osadowej
- budowa 3 poletek osadowych wraz z wymianą złoża filtracyjnego

2017 – 2018 – modernizacja głównej pompowni ścieków

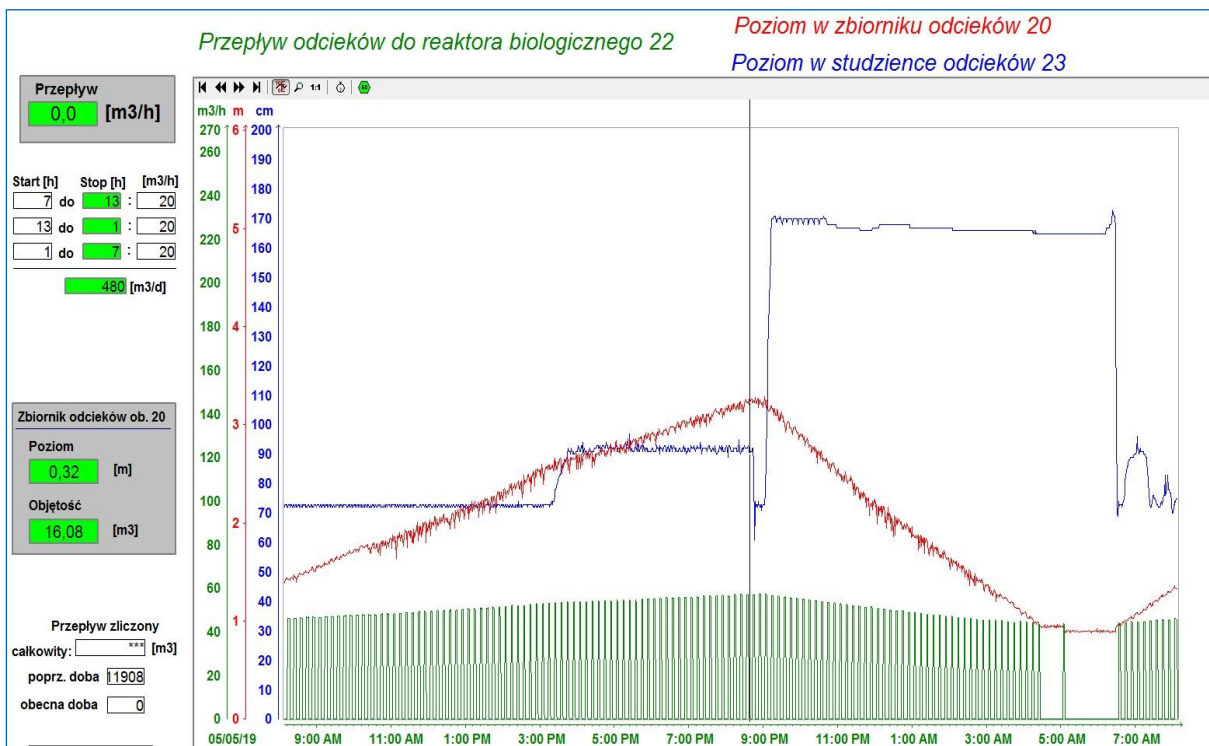
- wymiana pomp ściekowych z wirnikiem śmigłowym na pompy z wirnikiem odśrodkowo-śrubowym

2018 – budowa nowego zbiornika biogazu oraz stacji osuszania biogazu

- zabudowa zbiornika membranowego wraz z infrastrukturą techniczną
- zabudowa nowej pochodni biogazu
- instalacja stacji osuszania biogazu

2018 – 2020 budowa reaktora deamonifikacji

- budowa nowego reaktora deamonifikacji w ciągu bocznym na odcieki z procesu odwadniania osadów pofermentacyjnych



W OŚ Komorowice prowadzony jest proces fermentacji beztlenowej osadów ściekowych. Osady są następnie odwadniane na dekanterach wysokoobrotowych.

Odcieki z procesu odwadniania osadów wprowadzane do biologicznego ciągu oczyszczania charakteryzują się znacznym ładunkiem zanieczyszczeń, głównie azotu amonowego (ok. 1200 g/m³), co stanowi ok. 25% całkowitego ładunku dopływającego do oczyszczalni. W 2013 roku oddano do eksploatacji zbiornik uśredniający dla odcieków z procesu wirowania osadów o pojemności 400 m³.

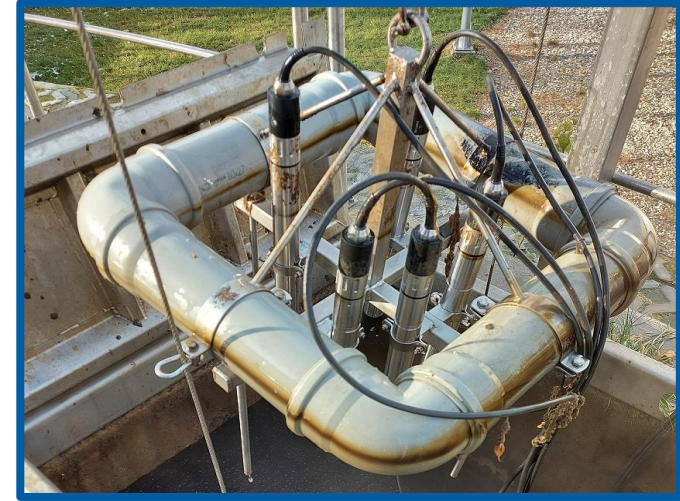
W 2016 roku podjęto decyzję o zastosowaniu technologii deamonifikacji. Prace koncepcyjno-projektowe trwały ok. 2 lat. W 2018 rozpoczęto budowę żelbetonowego zbiornika deamonifikacji. Prace budowlane trwały do kwietnia 2019, a następnie przystąpiono do rozruchu techniczno - technologicznego, który zakończono na początku 2020 roku.



Główne założenia zastosowanej technologii w Oczyszczalni Ścieków KOMOROWICE:

- **Usuwanie azotu z odcieków z odwadniania przefermentowanych osadów ściekowych w bocznym ciągu technologicznym z wykorzystaniem granulowanej biomasy beztlenowej bakterii utleniających amoniak - Anammox**
- **Wydajność dobową 400 m³/d**
- **Pojemność czynna reaktora 470 m³**
- **Obciążenie projektowane 400kg N/d**
- **Obciążenie objętościowe 0,85kg N-NH₄/m³/d**
- **Redukcja stężenia azotu ogólnego o 75%**





Instalacja technologiczna obiektu (zbiornika) składa się z:

- szafy rozdzielczej wraz ze sterownikiem
- 3 dmuchaw rotacyjnych do napowietrzania reaktora wraz z instalacjami towarzyszącymi
- rusztu napowietrzającego rurowego, pompy zatapialnej i mieszadła średnioobrotowego
- mikrosita, w którym następuje selekcja bakterii Anammox (wcześniejsze instalacje były oparte o hydrocykolny)
- dekantera
- aparatury kontrolno – pomiarowej

Technologia DEMON® polega na usuwaniu azotu na drodze częściowej nitryfikacji oraz procesu deamonifikacji realizowanych w jednym reaktorze typu SBR w warunkach ścisłej kontroli pH

- I ETAP – I faza nitryfikacji

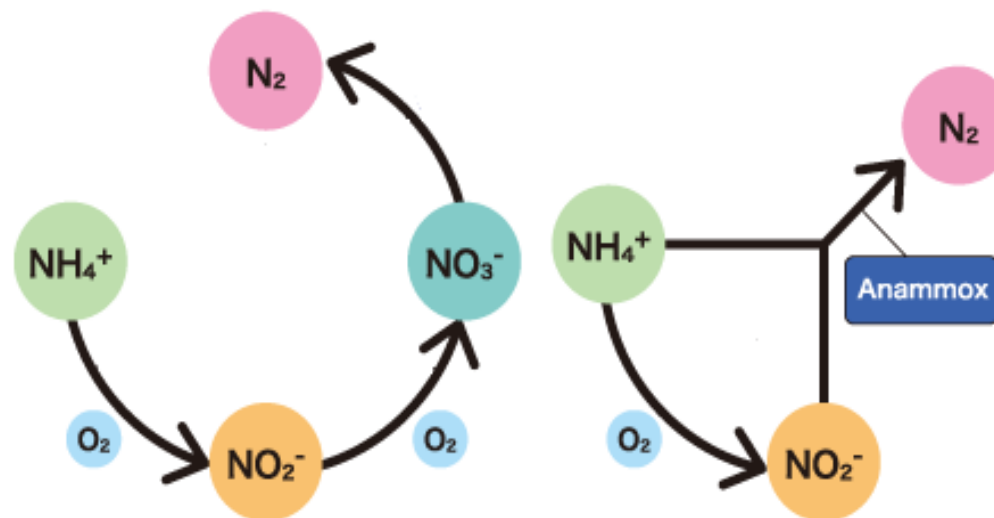
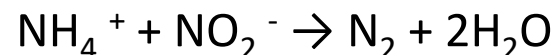
Skrócona nitryfikacja (nitrytacja) azotu amonowego do azotu azotynowego (blokada drugiej fazy nitryfikacji)



- II ETAP – proces Anammox

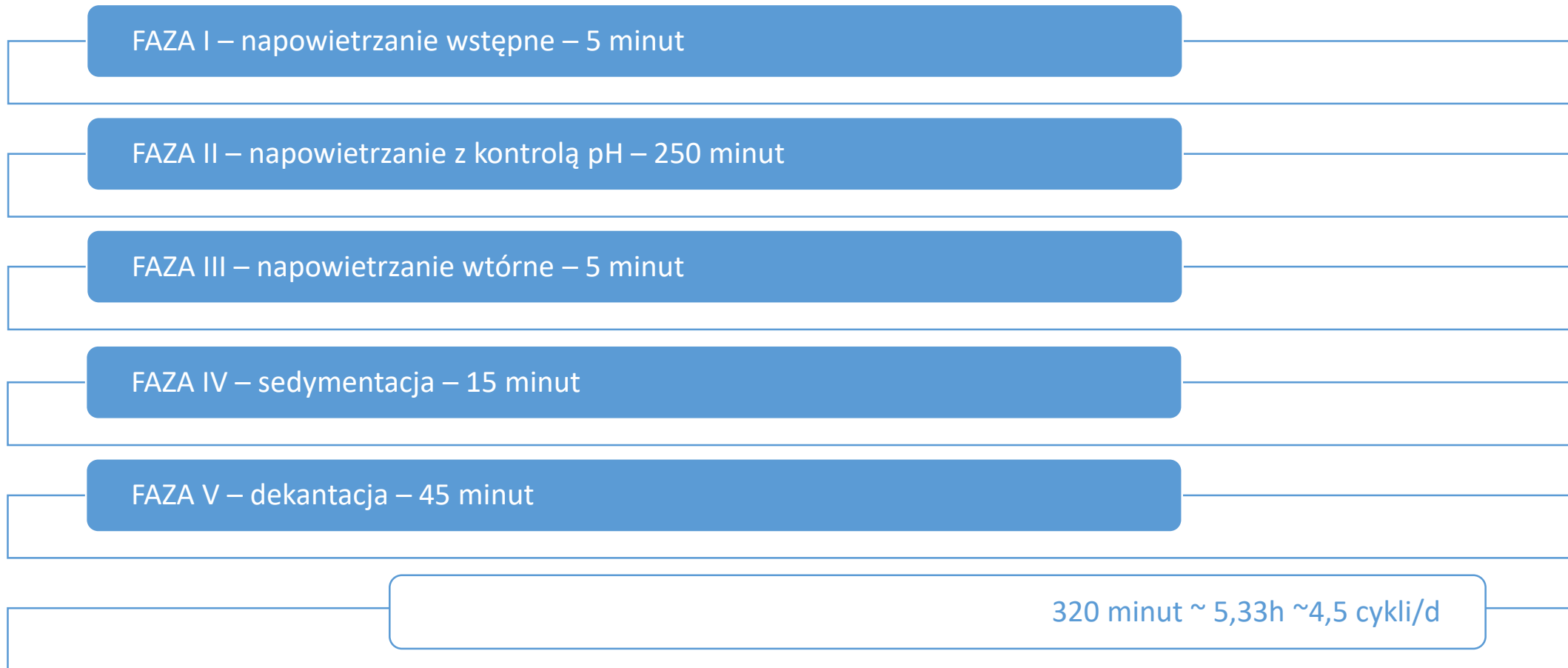
(**ANA**erobic **AMM**onia **O**xidation – anaerobowe utlenianie amoniaku)

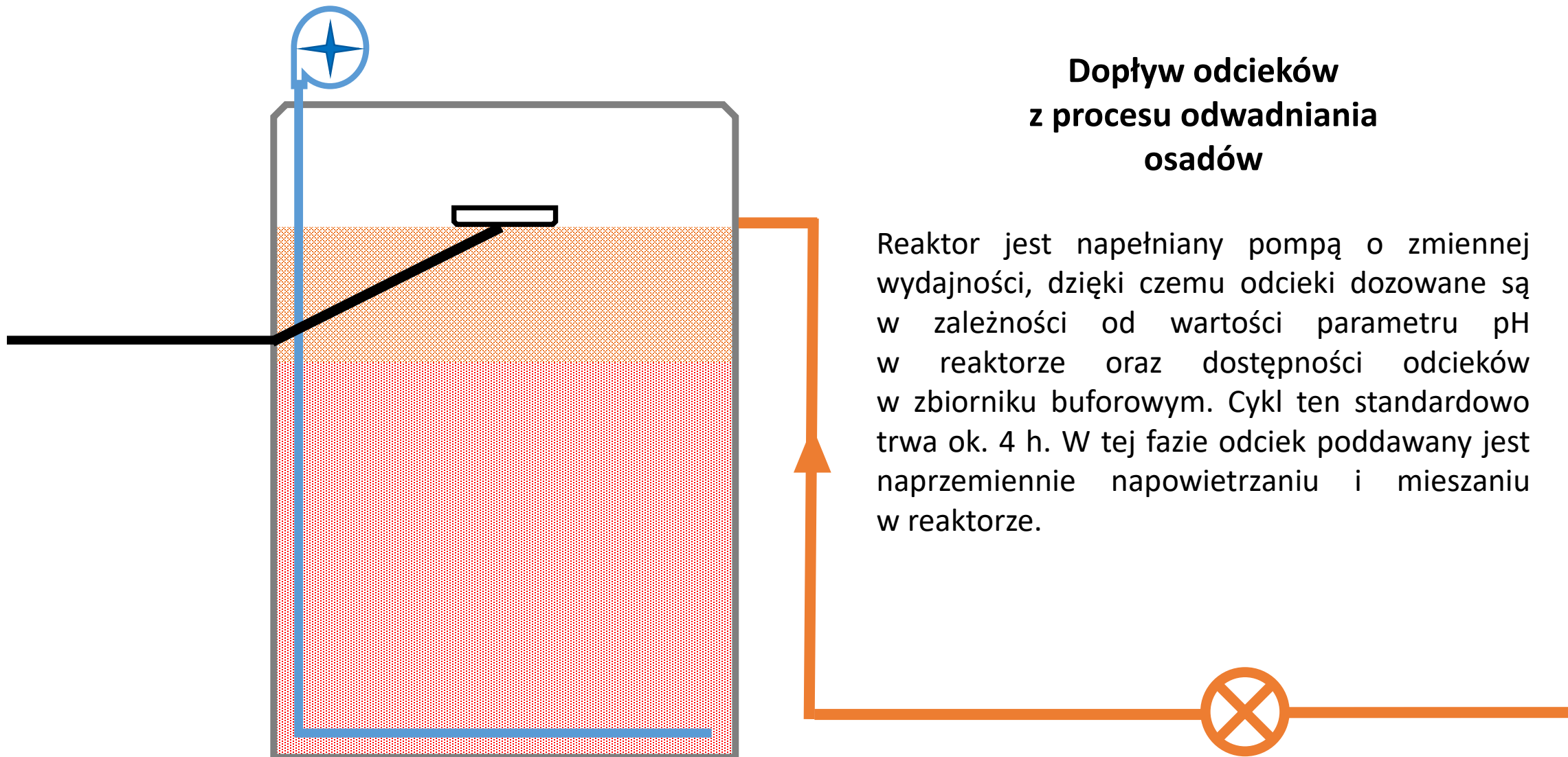
Utlenienie pozostałego azotu amonowego (55%) przy użyciu N-NO₂ do N₂ gazowego w procesie autotroficznej denitryfikacji beztlenowej Anammox

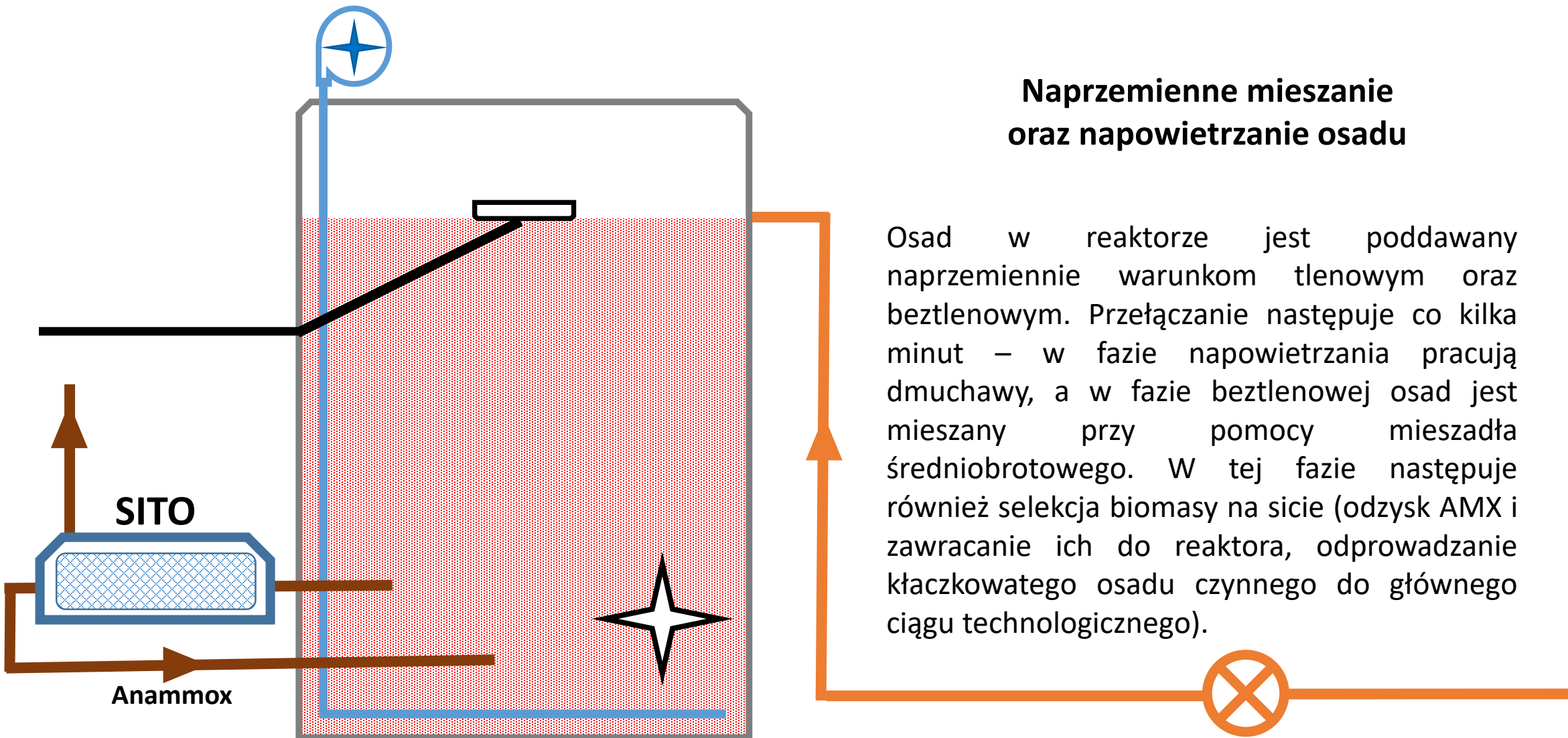


Porównanie konwencjonalnej nitryfikacji/denitryfikacji i denitryfikacji z użyciem procesu Anammox

Fazy cyklu pracy reaktora DEMON[®] SBR:

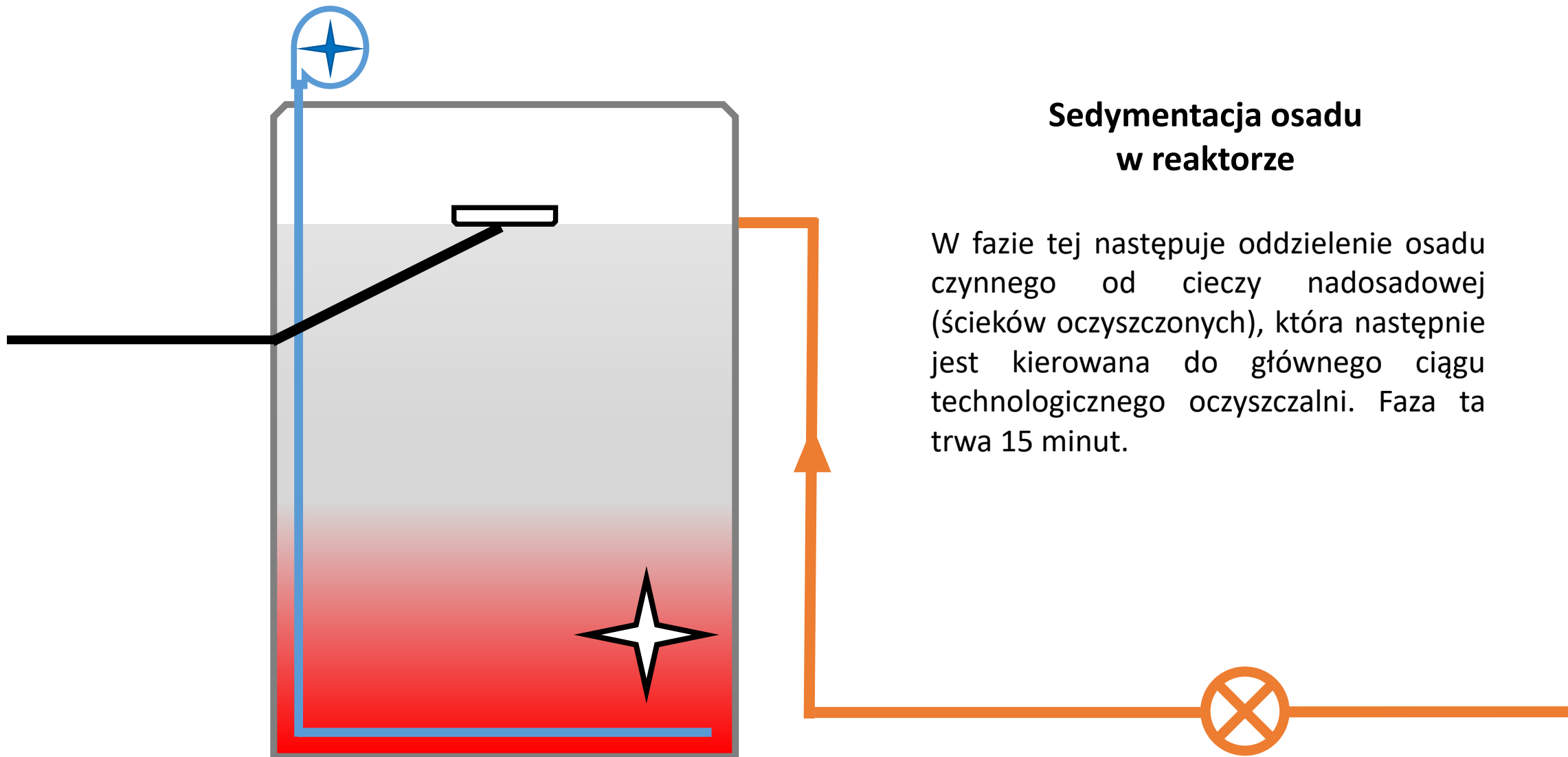


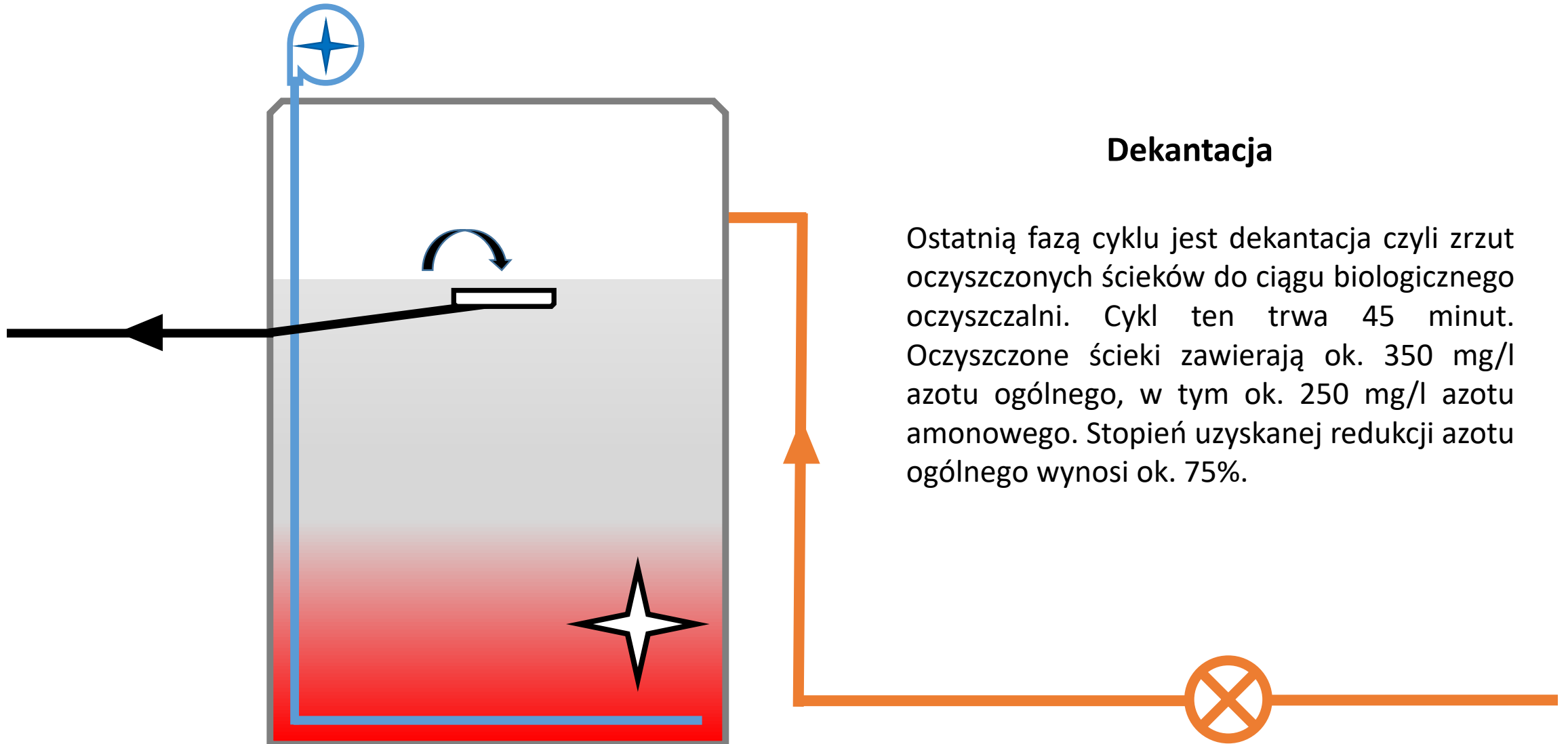




Naprzemiennie mieszanie oraz napowietrzanie osadu

Osad w reaktorze jest poddawany naprzemiennie warunkom tlenowym oraz beztlenowym. Przełączanie następuje co kilka minut – w fazie napowietrzania pracują dmuchawy, a w fazie beztlenowej osad jest mieszany przy pomocy mieszadła średniobrotowego. W tej fazie następuje również selekcja biomasy na sicie (odzysk AMX i zawracanie ich do reaktora, odprowadzanie kłaczkowatego osadu czynnego do głównego ciągu technologicznego).





KLUCZOWE PARAMETRY PROWADZENIA TECHNOLOGII DEAMONIFIKACJI



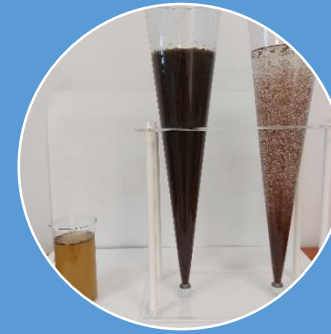
pH, stężenie
tlenu i czas
reakcji



Temperatura



Zasadowość

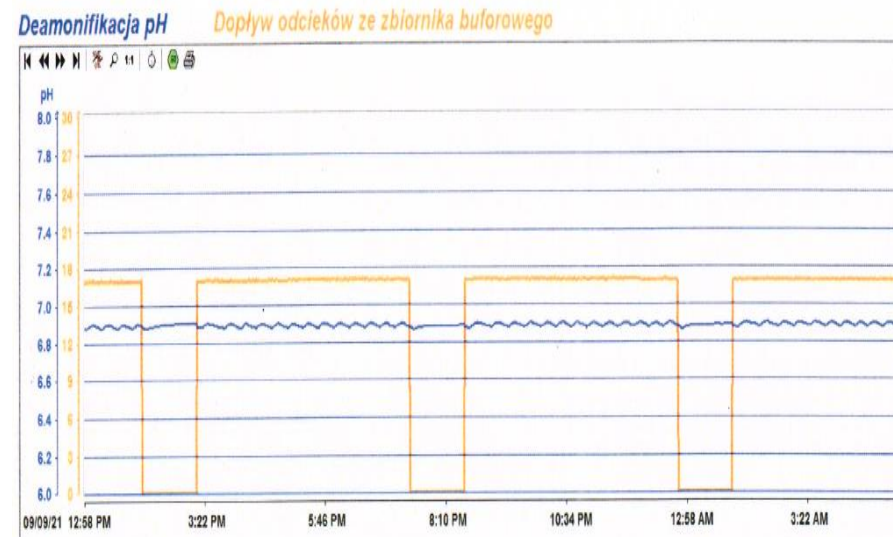
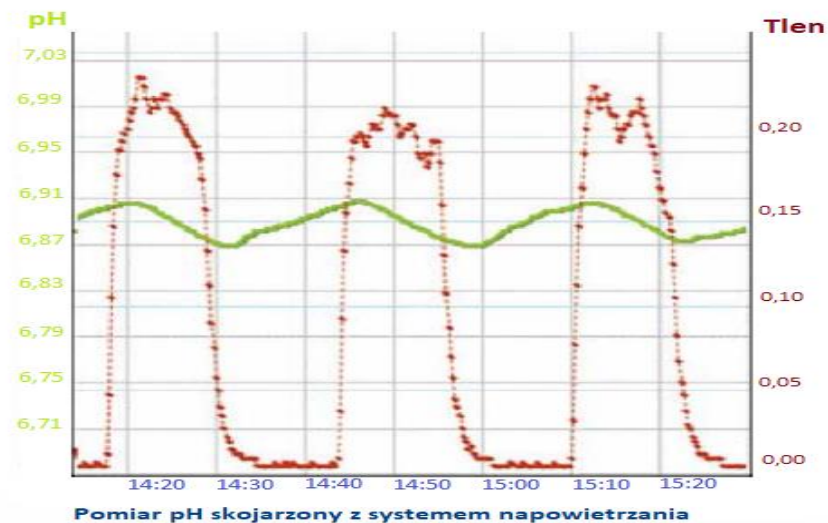


Stężenie
zawiesiny
w reaktorze



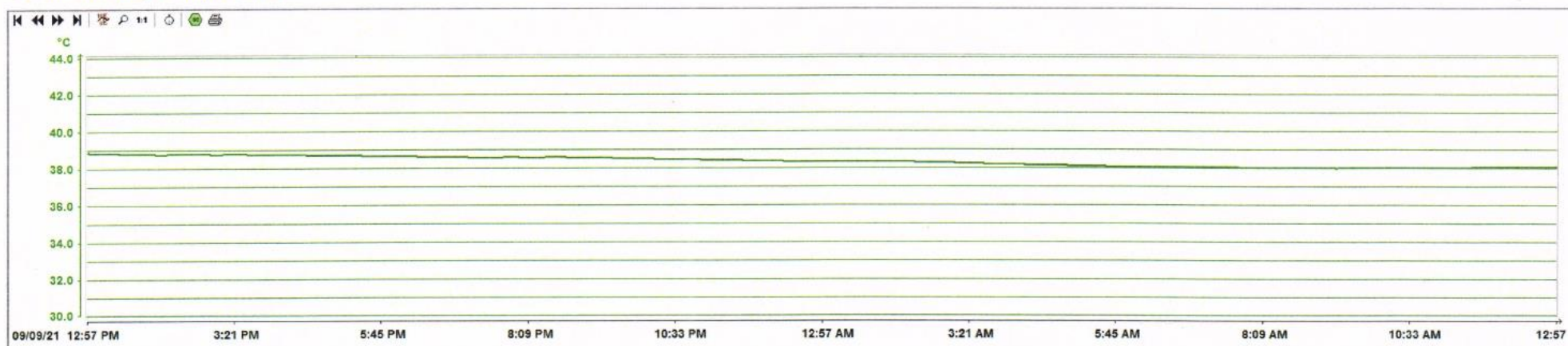
Istotą sterowania jest fakt, że utlenianie N-NH₄ do N-NO₂ obniża wartość pH, natomiast anaerobowe utlenianie amoniaku przez AMX je podnosi. System napowietrzania aktywowany jest przy górnej wartości nastawy pH, a wyłączany przy dolnej.

- Optimum 6,9 (zakres 6,87 – 6,91)
- Przesunięcie pH (offset) – zatrzymanie podawania jeśli pH jest za wysokie – przekracza 7,0 – aby uniknąć przeciążenia
- Wysokie pH zmniejsza usuwanie amoniaku, niskie sprzyja wzrostowi NOB (bakterie II fazy nitryfikacji)
- Tlen powyżej 0,5mg O₂/l – wysokie stężenie hamuje bakterie AMX i prowadzi do akumulacji toksycznych azotynów – niskie stężenie ogranicza szybkość wzrostu bakterii utleniających azotany (III) AOB, przez co są one wmywane z reaktora



- Proces prowadzony jest w temperaturze 36 – 39°C
- Optimum 30 - 35°C (zakres 25 - 40°C)
- Różnica +/- 10°C podwaja/zmniejsza o połowę szybkość reakcji
- Niska temperatura sprzyja wzrostowi nitryfikantów II fazy (NOB)
- Reakcja zatrzymuje się w 40°C

Deamonifikacja temperatura



Obniżanie temperatury przez:

- ✓ Otwarcie wszystkich włączów rewizyjnych na górnej płycie reaktora
- ✓ Schładzanie reaktora wodą technologiczną
- ✓ W przyszłości zabudowa wymiennika zasilanego ściekami oczyszczonymi
- ✓ Zmniejszenie lub wyłączenie dopływu

Zasadowość ścieków to zdolność ścieków do neutralizacji silnego kwasu

- Ważny parametr odpowiedzialny za utrzymanie pH na stałym poziomie
- Zasadowość dostępna w odcieku z wirówek determinuje możliwy do osiągnięcia stopień eliminacji azotu w ściekach
- Pomiar zmian zasadowości w poszczególnych punktach procesu daje dobrą orientację czy proces przebiega prawidłowo

Data	DEMON							
	Zbiornik buforowy			Faza dekantacji			% redukcji N-NH4	% redukcji Nog.
	N-NH4	Nog.	Zasadowość	N-NH4	Nog.	Zasadowość		
	mg/L		mmol/L	mg/L		mmol/L		
07.06.2021	1230	1370	78,47	250	386	10,22	80	72
14.06.2021	1210	1373	76,45	319	386	10,14	74	72
21.06.2021	1120	1260	71,52	293	363	9,64	74	71
28.06.2021	1250	1370	78,00	337	440	11,56	73	68
05.07.2021	1100	1220	68,90	317	405	11,30	71	67
12.07.2021	1230	1371	76,40	272	372	6,60	78	73
19.07.2021	1160	1271	78,73	168	236	9,06	86	81
26.07.2021	1160	1221	69,87	272	315	7,002	77	74
02.08.2021	950	1000	55,60	265	352	6,65	72	65
09.08.2021	1120	1221	66,30	272	415	8,39	76	66
16.09.2021	1070	1121	62,60	270	291	7,08	75	74
23.09.2021	1130	1271	69,40	258	352	7,21	77	72
31.10.2021	922	1000	58,40	220	291	6,39	76	71

GŁÓWNYM ZADANIEM MIKROSITA JEST ZATRZYMANIE BIOMASY AMX

- Nitryfikanty I fazy (AOB) o względnie krótkim czasie podziału
- 10-15 krotnie wolniej przyrastające bakterie Anammox (AMX)
- Nitryfikanty II fazy (NOB)
- Bakterie heterotroficzne odpowiedzialne za usuwanie reszkowego ChZT

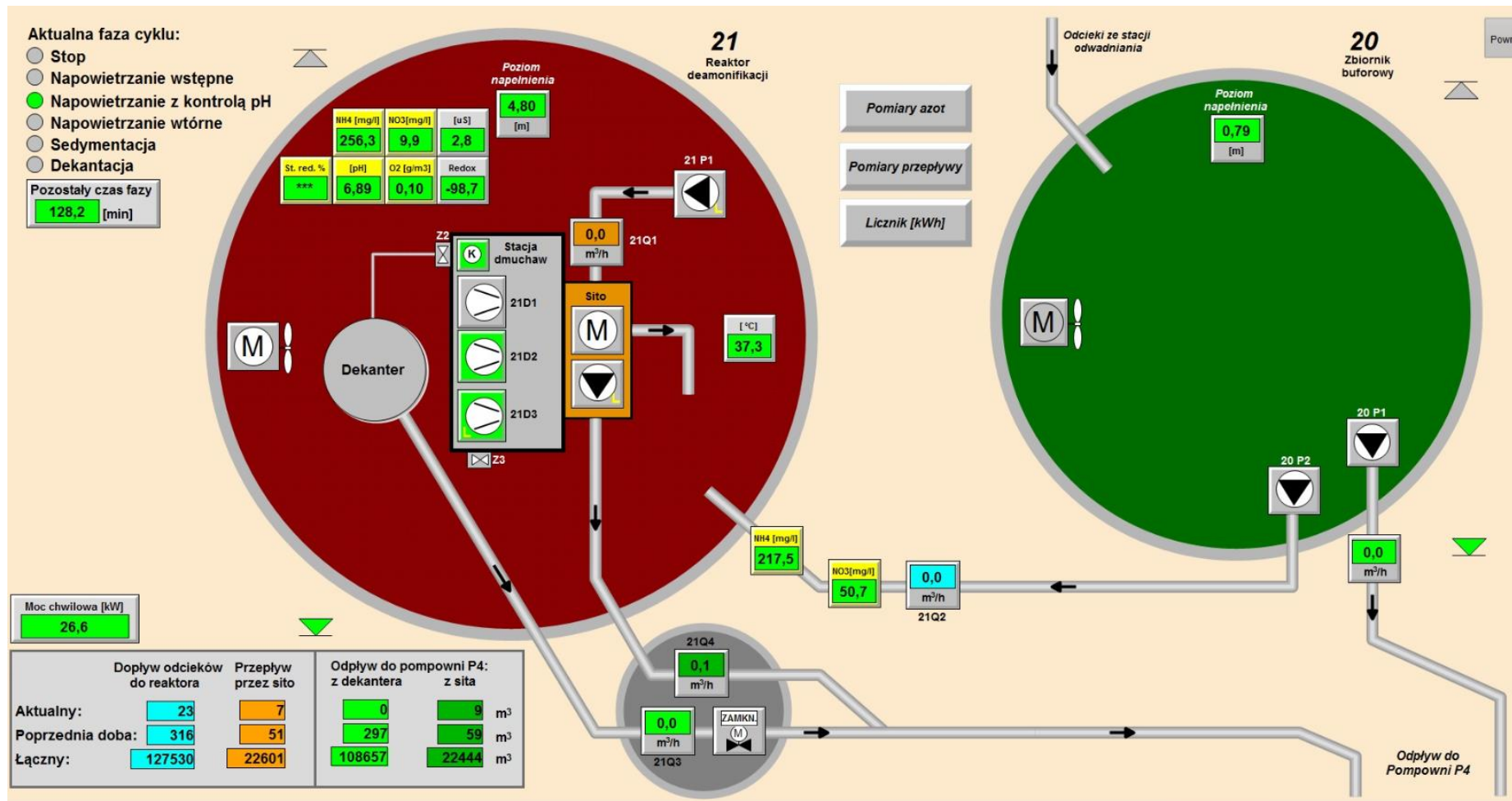
Utrzymanie w jednym reaktorze bakterii o skrajnie różnym wieku osadu zapewnia mikrosito, które selekcjonuje biomasę na 2 frakcje:

1. Ciężką, zawierającą w przewodzie granule osadu Anammox, zawracaną do układu
2. Lekką, zawierającą frakcję kłaczkową odprowadzany z odpływem do głównego ciągu technologicznego



*Test Opadalności osadu czynnego i AMX (po lewej)
oraz odseparowane AMX (po prawej)*

Podstawą kontroli technologicznej jest codzienna analiza przebiegu kluczowych trendów parametrów mierzonych przez sondy online i rejestrowanych w systemie wizualizacji SCADA



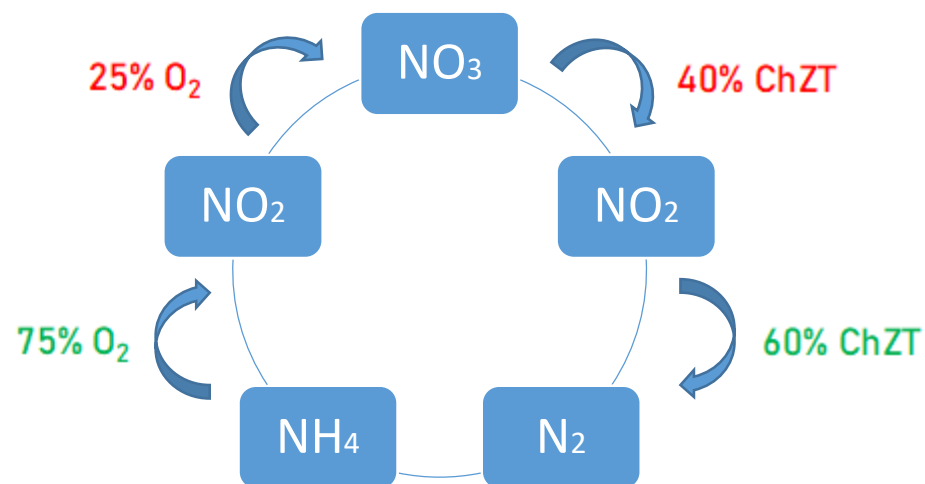


Pomiary online są weryfikowane poprzez regularne wykonywanie analiz laboratoryjnych z częstotliwością co najmniej raz w tygodniu. Próbki osadu z reaktora pobierane są podczas okresu napowietrzania a próbki ścieków podczas fazy dekantacji.

HARMONOGRAM POBORU PRÓBEK ZE ZBIORNIKA DEAMONIFIKACJI

Lp.	Wskaźnik	Częstotliwość poboru próbek		
		D1 zbiornik buforowy	D2 reaktor deamonifikacji - faza napowietrzania	D3 odpływ z dekantera
1	N-NH4	1 x t	2 x m	1 x t
2	N-NO2	1 x t	-	1 x t
3	N-NO3	1 x t	2 x m	1 x t
5	Nog	1 x t	-	1 x t
6	pH	1 x t	-	1 x t
8	zasadowość	1 x t	-	1 x t
9	ChZT	1 x m	-	1 x m
10	Zawiesina ogólna	1 x t	2 x t	1 x t
12	Zawiesina min.	-	1 x m	-
14	Opadalność	-	2 x t	-
15	Zawiesina AMX	-	2 x t	-
16	Opadalność AMX	-	2 x t	-

Konwencjonalny układ oczyszczania ścieków	Instalacja deamonifikacji
* Duża kubatura reaktorów	* Mała kubatura – zbiornik typu SBR
* 20% większa emisja CO ₂	* 20% mniejsza emisja CO ₂
* 25% większe zapotrzebowanie na tlen	* 25% mniejsze zapotrzebowanie na tlen
* 40% większe zapotrzebowanie na węgiel organiczny	* 40% mniejsze zapotrzebowanie na węgiel organiczny
* Duży przyrost osadu	* Mały przyrost osadu
* 60% większe zużycie energii	* 60% mniejsze zużycie energii
* Duże koszty operacyjne	* Małe koszty operacyjne



Zalety zastosowanego procesu deamonifikacji w OŚ Komorowice:

- odciążenie ciągu biologicznego OŚ Komorowice (zysk RLM na poziomie ok. 30 tys.),
- niskie zużycie energii, o około 60% mniejsze w porównaniu z klasycznym procesem nitryfikacja/denitryfikacja,
- niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne w stosunku do klasycznej rozbudowy oczyszczalni,
- efektywny skrót metaboliczny w cyklu azotu,
- efektywność usuwania azotu w reaktorze sięgająca 75%,
- bardzo mały przyrost osadu czynnego (kłaczkowatego) z uwagi na niskie stężenie tlenu w reaktorze,
- proces autotroficzny – brak konieczności stosowania zewnętrznego źródła węgla,
- selekcja biomasy dzięki zastosowaniu mikrosita (skuteczność separacji powyżej 95%),
- mała powierzchnia kubaturowa zabudowy,
- stabilny, wydajny i bezpieczny proces,
- sprawdzona technologia.