



Технология для увеличения энергетической эффективности и производительности Очистных сооружений на примере ОСК Strass и Alta Badia



Robert Zarzycki

WaWaTech – WasteWater Technology sp.kom.

Применяемые технологии

Triple A[®] – модернизация первичных отстойников для увеличения редукции углерода и азота при одновременном загущении удаленного ила до 6 - 8% SM

Indense[®] – Селекция тяжелой и легкой фракции избыточного ила при помощи гидроциклонов на линии избыточного ила- улучшение опадаемости ила и нитрификации

AvN[®] – Контроль аэрации, основанный на соотношении $\text{NH}_4:\text{NO}_x$

Demon[®] – редукция азота методом деаммонификации в стоке после обезвоживания поферментационного ила

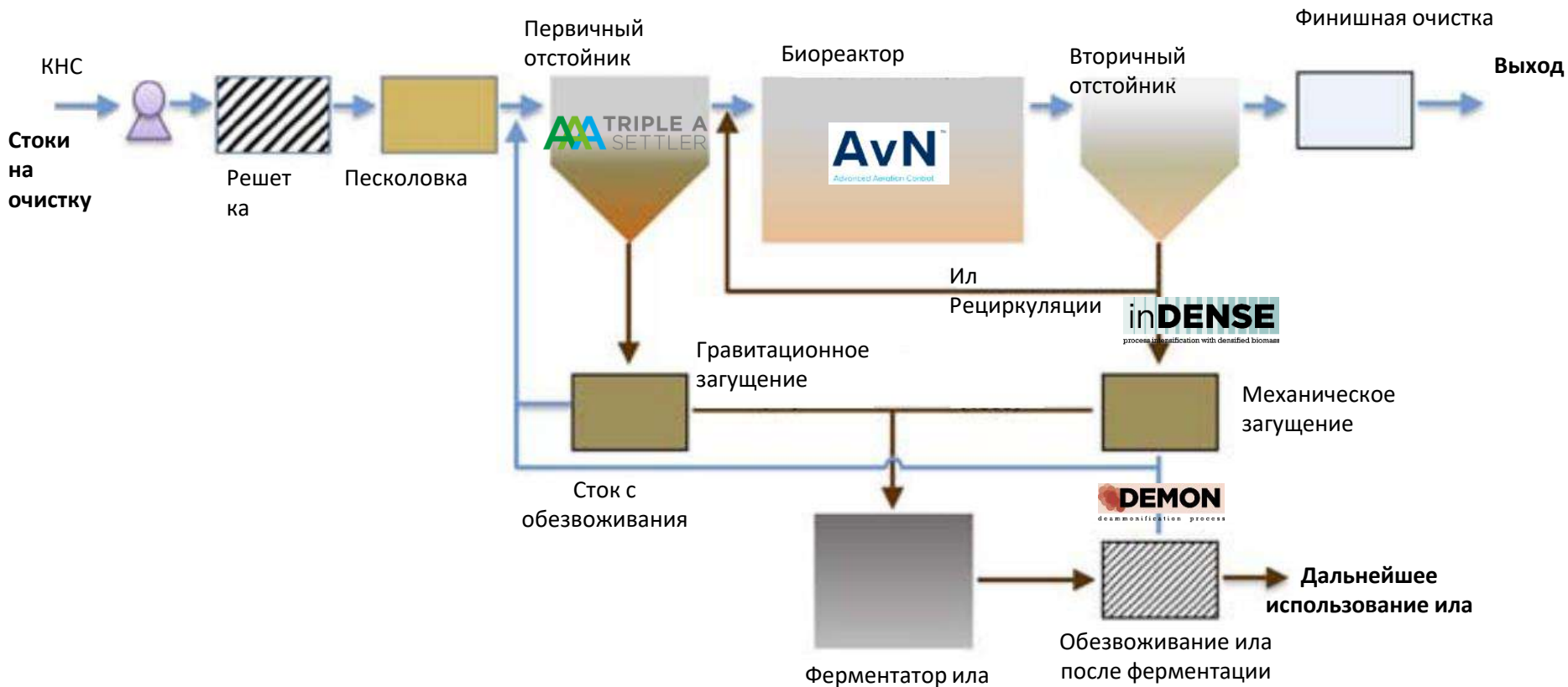
AA TRIPLE A
SETTLER

inDENSE
process intensification with densified biomass

AvN[™]
Advanced Aeration Control

DEMON
deammonification process

Типовая конфигурация Очистных сооружений



Современные Очистные Сооружения

Основополагающие принципы:

- **Повышенное удаление углерода и азота в первичных отстойниках, что обеспечит:**

- снизить ХПК и нагрузку по азоту в биологический реактор, что, среди прочего, для снижения потребления электроэнергии
- более высокое производство биогаза (первичный/высоконагруженный ил > избыточный активный ил)
- более высокая степень обезвоживания осадка (мин. 3%) за счет более высокой доли первичного / высоконагруженного ила
- необходимость ферментации

- **Конфигурация биологического реактора, так называемая ступенчатая подача (каскад) в существующих реакторах**

- возможность обработки 20-25% большей загрузки сточных вод
- нет внутренней рециркуляции
- нет мешалок
- меньшая нагрузка активного ила на вторичный отстойник (более высокая концентрация ила в передней части реактора)
- гибкое управление аэрацией в зависимости от соотношения NH_4 : NO_x (меньшее потребление электроэнергии, лучшая биол. дефосфатация, уменьшение нитритов)
- гидроциклоны InDENSE обеспечивают очень хорошее осаждение ила, что позволяет работать с более высокой нагрузкой и гидравлической нагрузкой.
- побочное удаление азота - деаммонификация

Снижение количества азота в неосновной линии на 15-20% при низком потреблении энергии

Введение в Triple A – перенаправление углерода

Первичное удаление углерода

```
graph TD; A[Первичное удаление углерода] --> B[Физические процессы]; A --> C[Химические процессы]; A --> D[Биологические процессы]; B --- B1[Динамическая фильтрация на песчаных фильтрах]; B --- B2[Напорная фильтрация]; B --- B3[Мембранная фильтрация]; C --- C1[Химическое осаждение (коагулянт, флокулянт)]; D --- D1[Адсорбция/Биооксидация]; D --- D2[Контактная стабилизация];
```

Физические процессы

Динамическая фильтрация на песчаных фильтрах
Напорная фильтрация
Мембранная фильтрация

Химические процессы

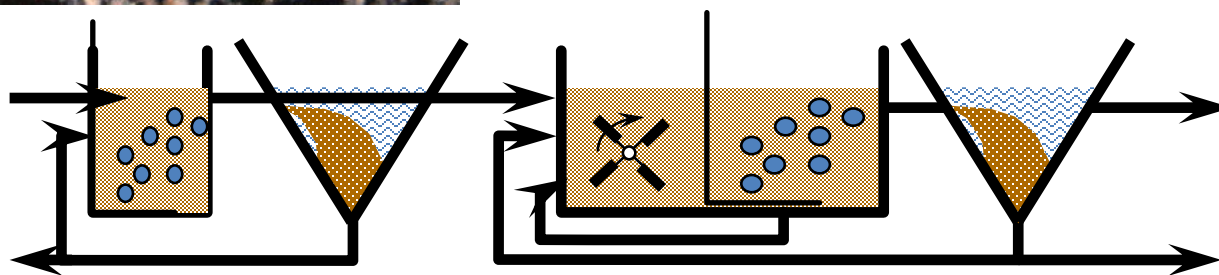
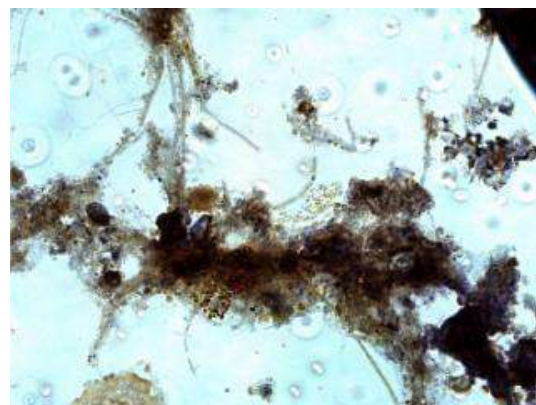
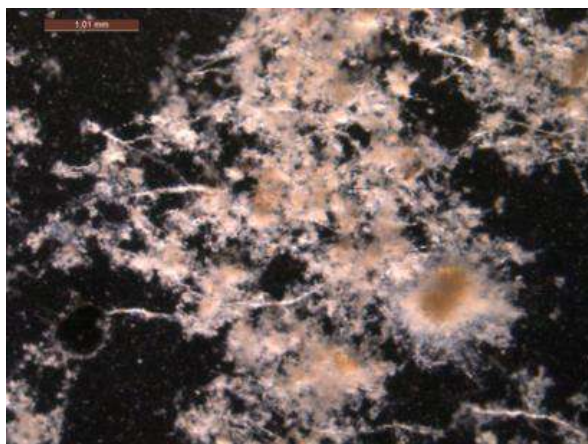
Химическое осаждение
(коагулянт, флокулянт)

Биологические процессы

Адсорбция/Биооксидация
Контактная стабилизация

Введение в Triple A - Технология A/B

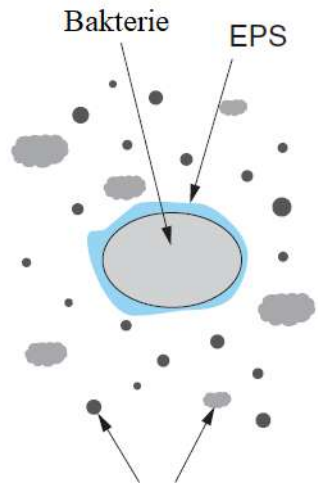
популярный в 1980-х годах, прекращенный в 1990-х годах из-за необходимости денитрификации азота, теперь снова пользуется популярностью благодаря онлайн-измерению различных форм азота для оптимизации аэрации и внедрению процесса деаммонификации



Ступень А (адсорбция)
60% редукции ХПК
Возраст ила 0.5 дня

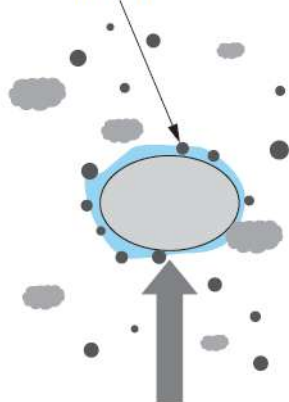
Ступень В (Belebung = Аэрация)
> 80% редукции азота
Возраст ила 10 дней

Ścieki



Krok 1

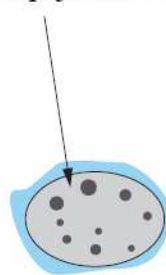
Adhezja do powierzchni bakterii



Oddychanie O_2, H_2O

Krok 2

Adsorpcja do wnętrza



Oddychanie O_2, H_2O

Krok 3

Hydroliza substancji organicznych



Oddychanie O_2, H_2O

Mineralizacja CO_2, NH_3, H_2O

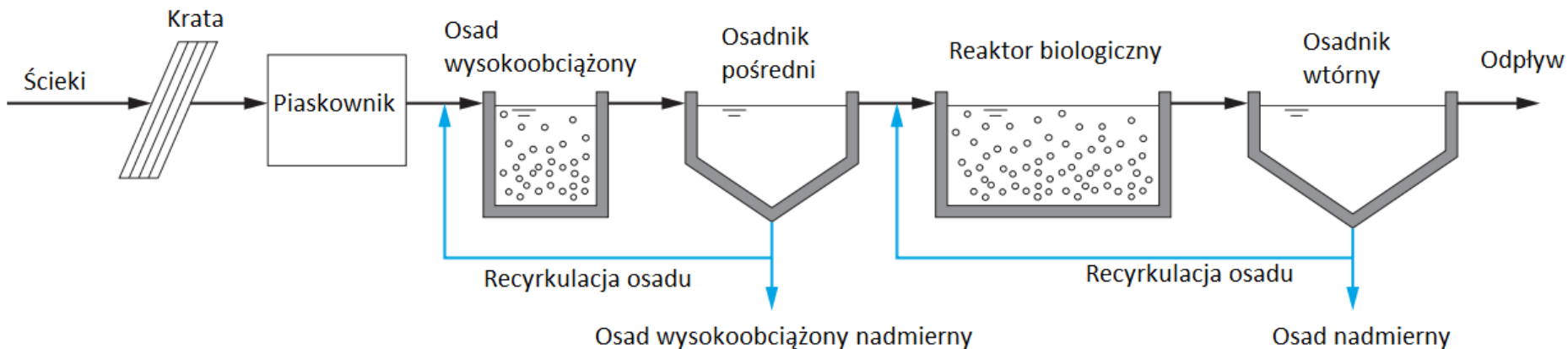
Podział komórki

Biosorpcja

Bio-degradacja

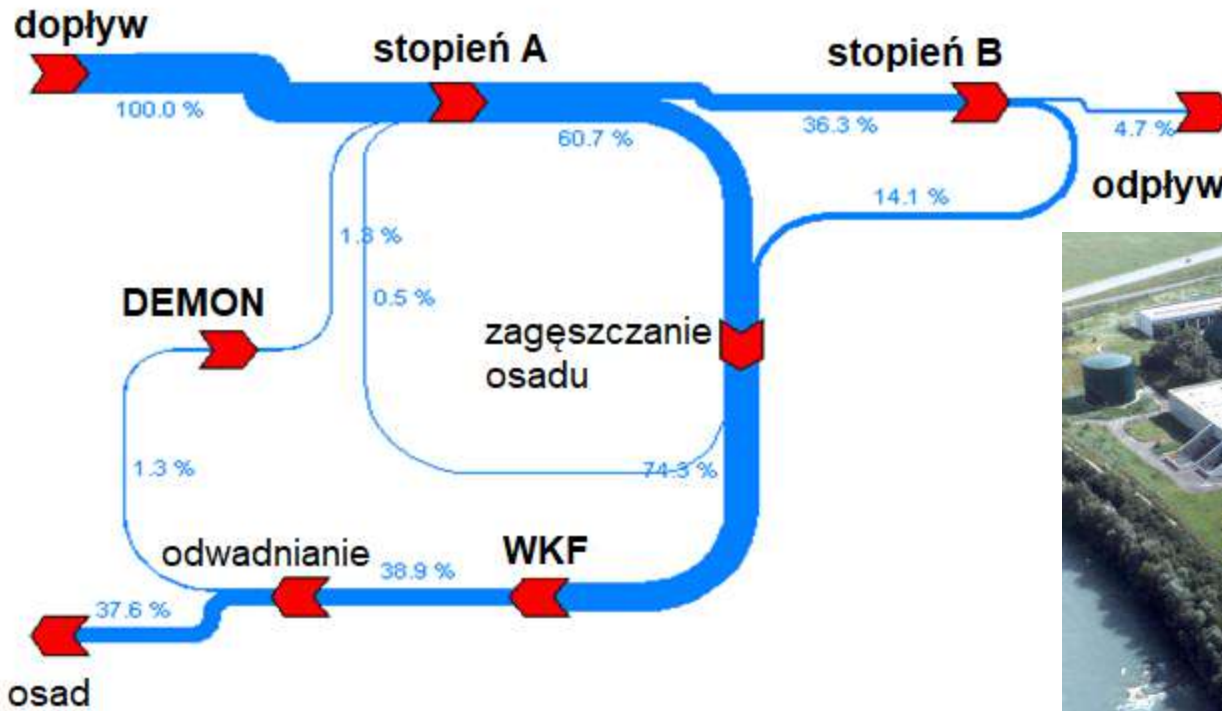
Stopień A

Stopień B



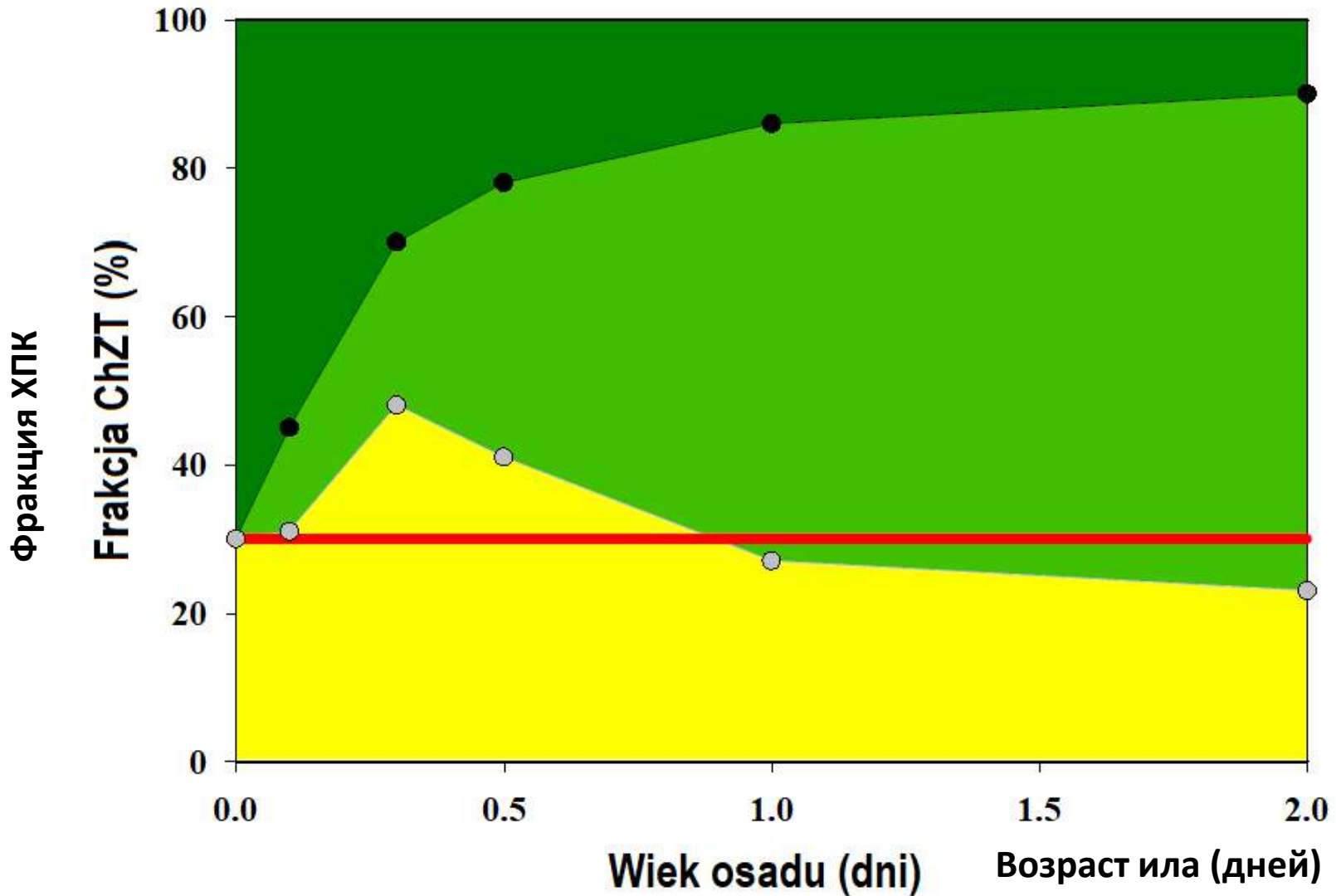
Пример ОСК в системе А/В

- ОСК Strass am Zillertal Построена в начале 90-х годов для режима А/В (200.000 RLM)
- При вводе в эксплуатацию были ужесточены лимиты азота на выходе.
- С 1990-х годов исследования были сосредоточены на удалении азота из фильтрата.
- Первый реактор DEMON был представлен в 2004 году в резервуаре, ранее использовавшемся как один из высоконагруженных реакторов.
- Текущая реконструкция высоконагруженного реактора, т.н. А для отстойника Triple A и ступень В для каскадной системы



Массовый баланс ОСК в Strass Австрия

Редукция ХПК в зависимости от возраста ила



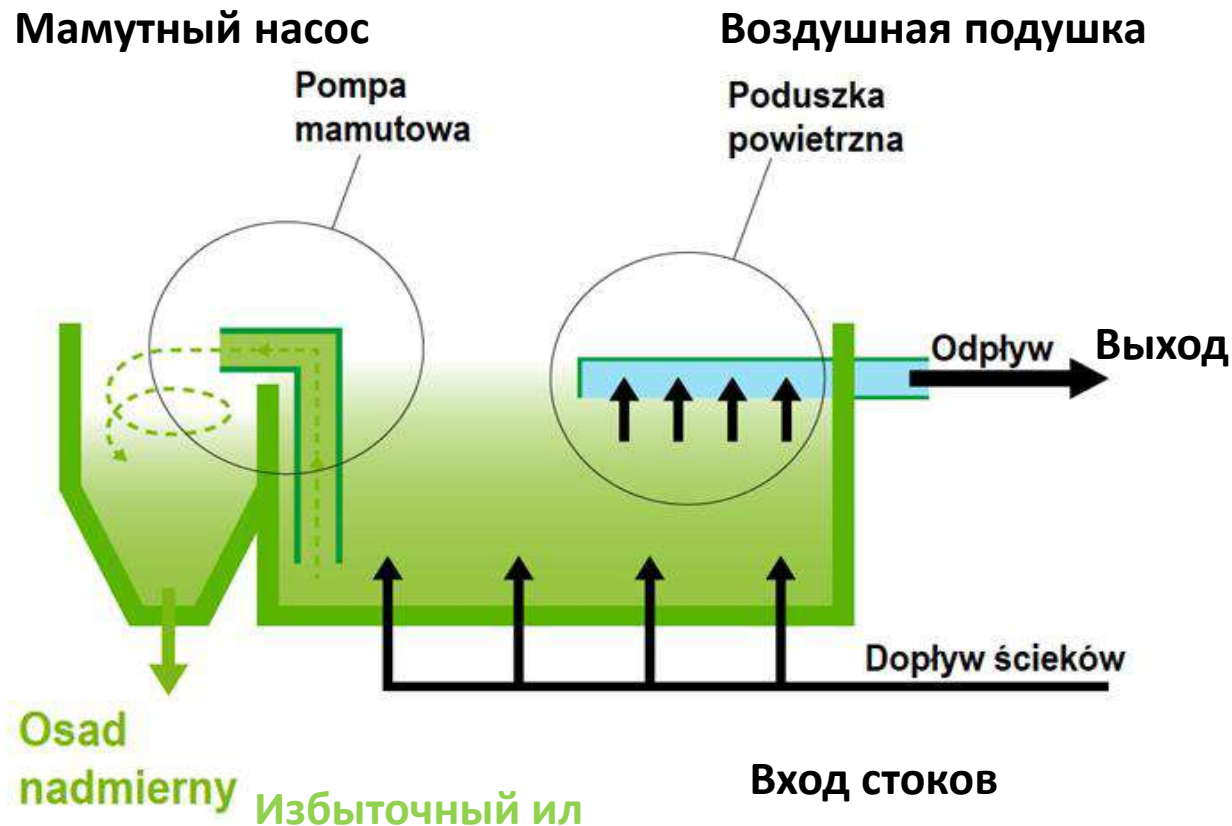
(-) расчетная редукция ХПК в типовом первичном отстойнике

ХПК на выходе

ХПК окисленное

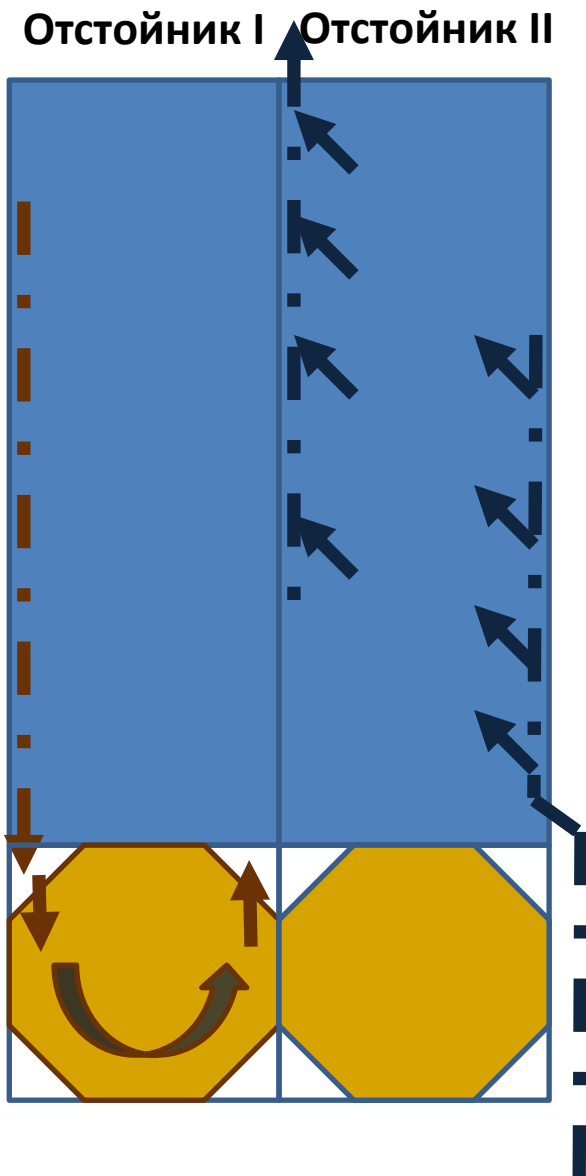
ХПК в иле

Система А – Высоконагруженный ил (т.н. модифицированная ступень А) с интегрированным отстойником



Triple A- использование резервуаров первичных отстойников в качестве реакторов для глубокого удаления ХПК (до 66%), азота (до 33%) и фосфора (до 50%). Сточные воды поочередно подаются в 2 первичных отстойника. Течение идет снизу вверх - при прохождении осадка происходит процесс биосорбции, непродолжительная аэрация вызывает образование совсем молодого осадка возрастом 0,3-0,5 суток. Шлам концентрируется в бункерах для шлама, разделенных перегородкой.

Принцип действия



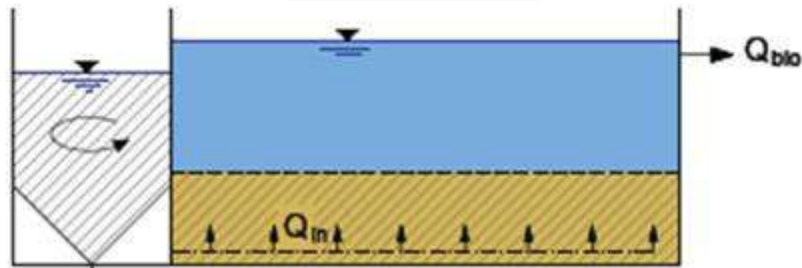
Сточные воды поочередно подают по 30 минут в каждый отстойник. Фаза сбора ила и аэрации происходит в отстойнике, который в сей момент времени не работает. Постоянный уровень сточных вод



Фазы процесса

Zasilanie/odpływ

Вход/выход

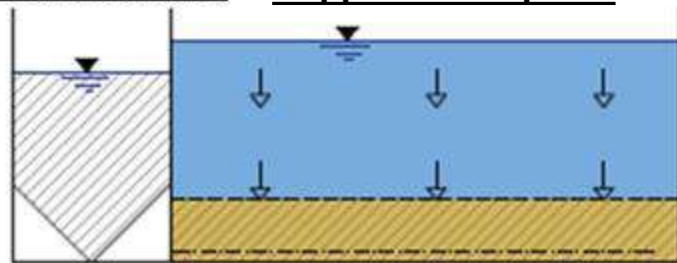


Osad do WKF

Ил на ферментацию

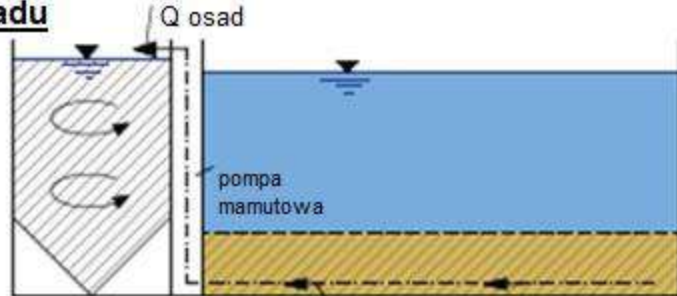
Sedymentacja 1

Седиментация 1



Odciąganie osadu

Отбор ила



zasysanie osadu

Вход/выход

Загущение- отбор –
аэрация- седиментация

zasilanie/odpływ

zagęszczanie
odciąganie
aeracja

sedymetacja

AAA 1



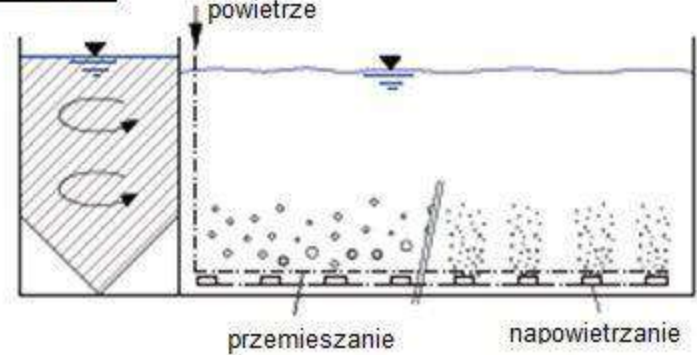
AAA 2



czas cyklu 1h Время цикла 1 час

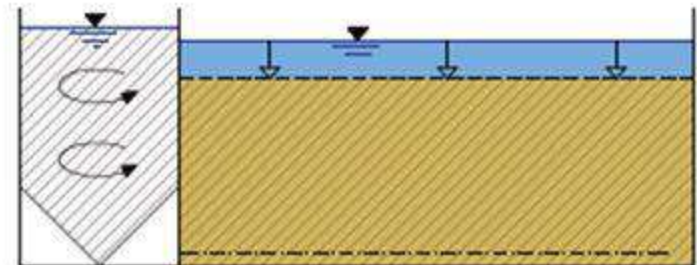
Aeracja 2

Аэрация 2

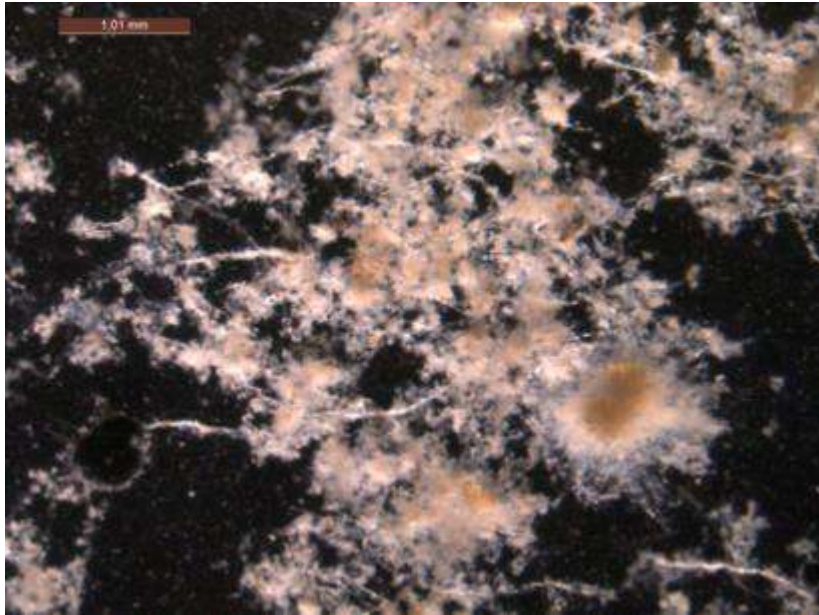


Sedymentacja 2

Седиментация 2



Как появляется высокая редукция ХПК, N и P?

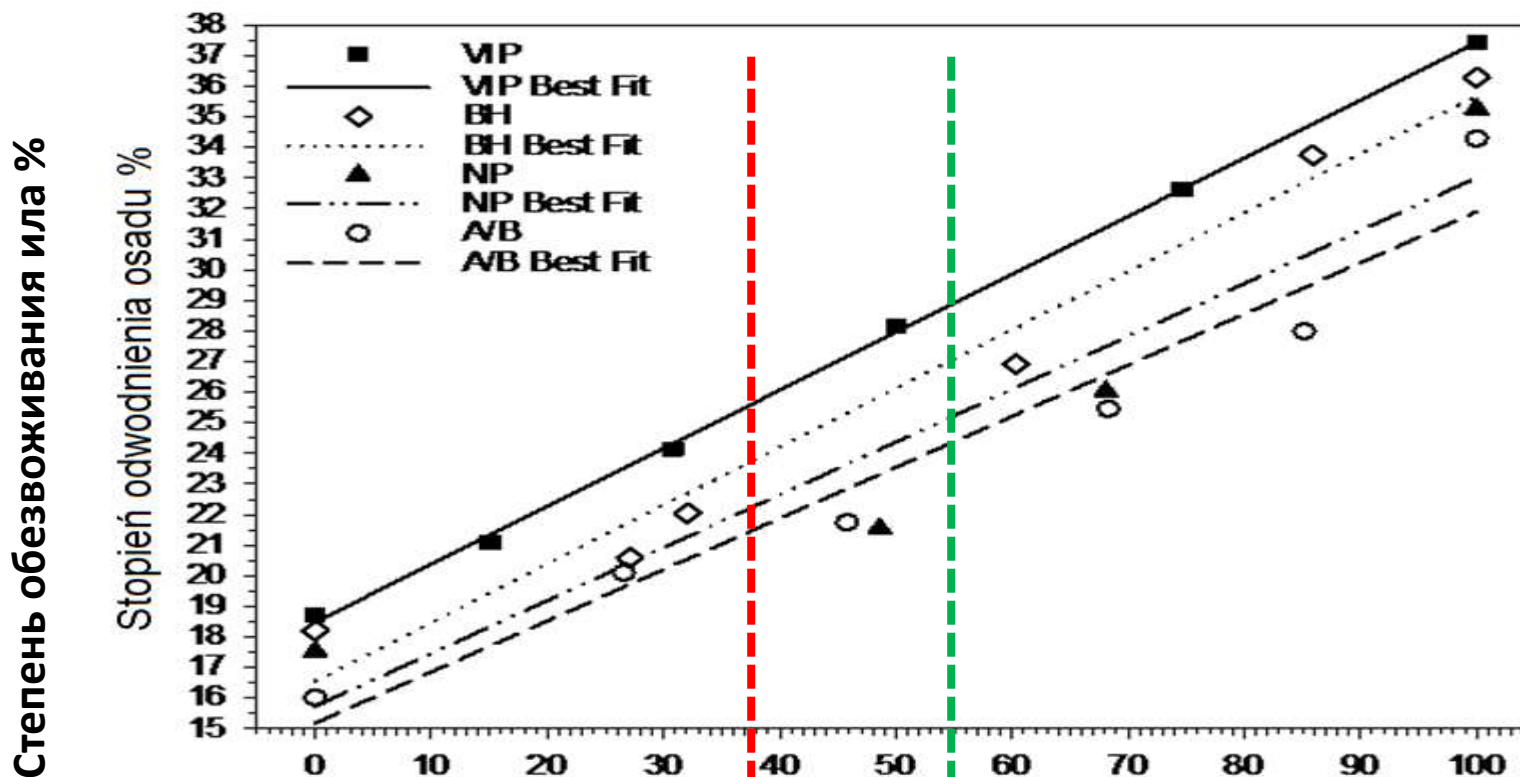


- Высокая сорбция загрязняющих веществ мелкими хлопьями высоконагруженного молодого ила (сточные воды проходят снизу вверх через слой ила, который действует как естественный фильтрующий слой)
- Высоконагруженный ил производит много внеклеточных веществ (**EPS**).
- **EPS** - внеклеточные полимеры - это продукты метаболизма, накапливающиеся на поверхности клетки, которые содержат различные типы органических веществ, такие как экзополисахариды, экзопротеины, ДНК, гуминовые кислоты, уроновые кислоты и т. Д. EPS способствуют процессу гелеобразования, агрегации клеток в агрегаты и образования гранул. Они представляют собой особый тип защиты клетки, а также могут быть источником легкоусвояемого углерода.



Что дает TripleA в сфере ила ?

- Повышение степени обезвоживания сброженного ила примерно на 3% только за счет увеличения доли первичного ила по отношению к активному илу (70:30 против 50:50 на типичной установке для очистки сточных вод)

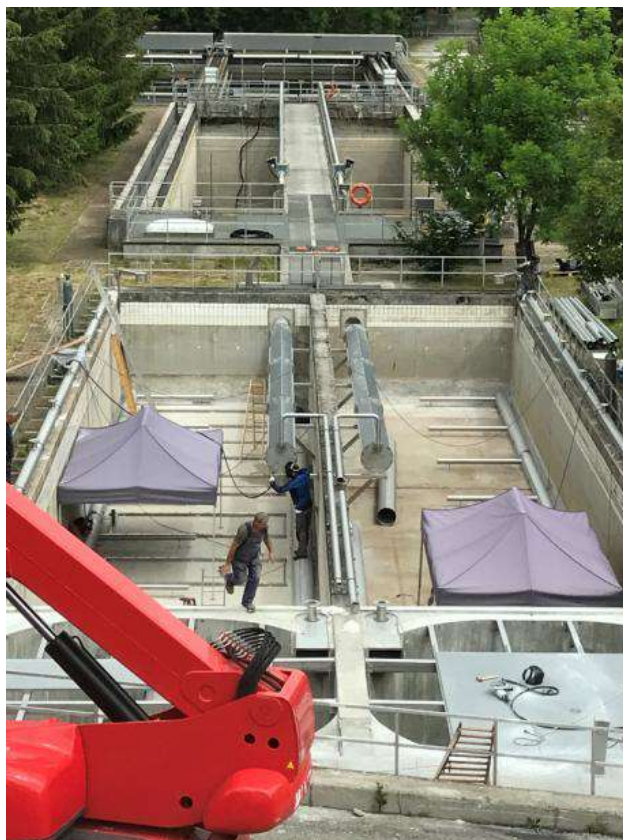


Udział procentowy osadu wstępnego lub wysokoobciążonego w stosunku do osadu czynnego (0% znaczy, że odwadniany jest tylko osad czynny nadmierny z reaktora biologicznego)

Соотношение в % первичного или высоконагруженного ила к избыточному илу (0% означает, что обезвоживается только избыточный ил с биореактора)

Что дает TripleA в сфере ила ?

- Благодаря использованию бункеров для ила в первичных отстойниках и их стенках, ил концентрируется до 5-6% сухого остатка, поэтому вы можете отказаться от отдельной станции механического предварительного сгущения ила перед направлением его на ферментацию - количество ила, удаляемого из отстойника, регулируется онлайн-измерением. По желанию также возможно сгущение избыточного осадка.



ОСК Rottenburg (Германия)

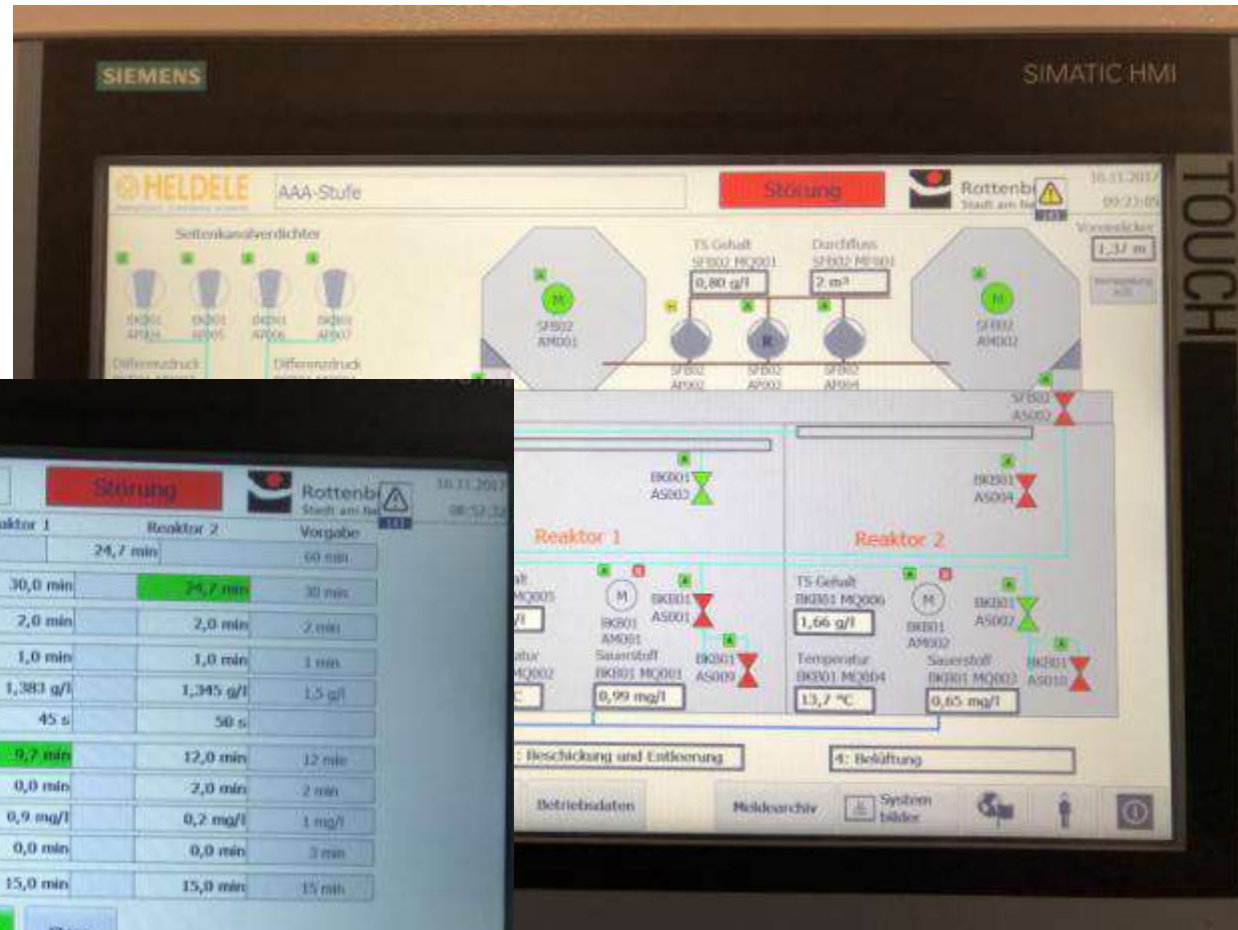


Слева видна решетка, распределяющая сточные воды на дне отстойника. Справа декантер с воздушным затвором (постоянный уровень сточных вод), предназначенный для отвода предварительно очищенных сточных вод.

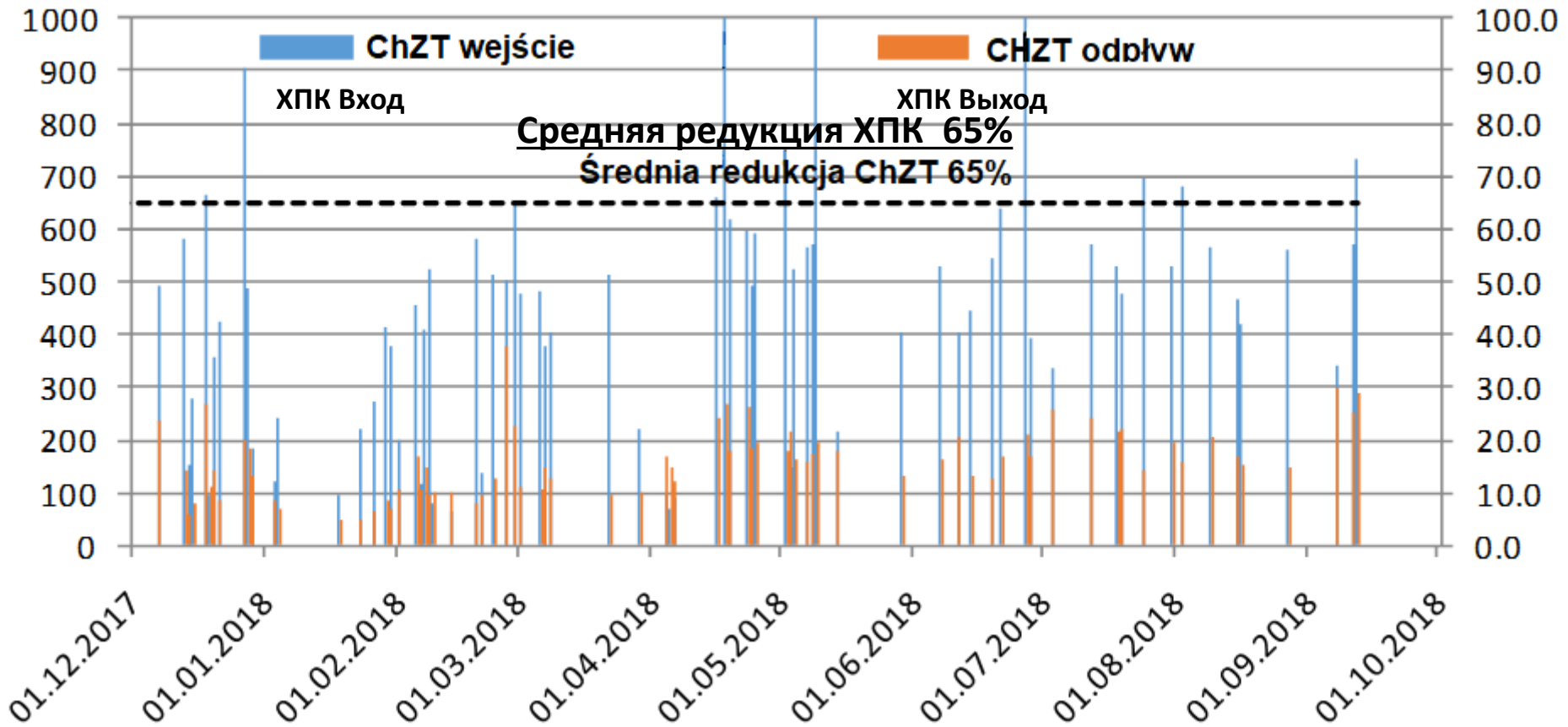


OCK Rottenburg



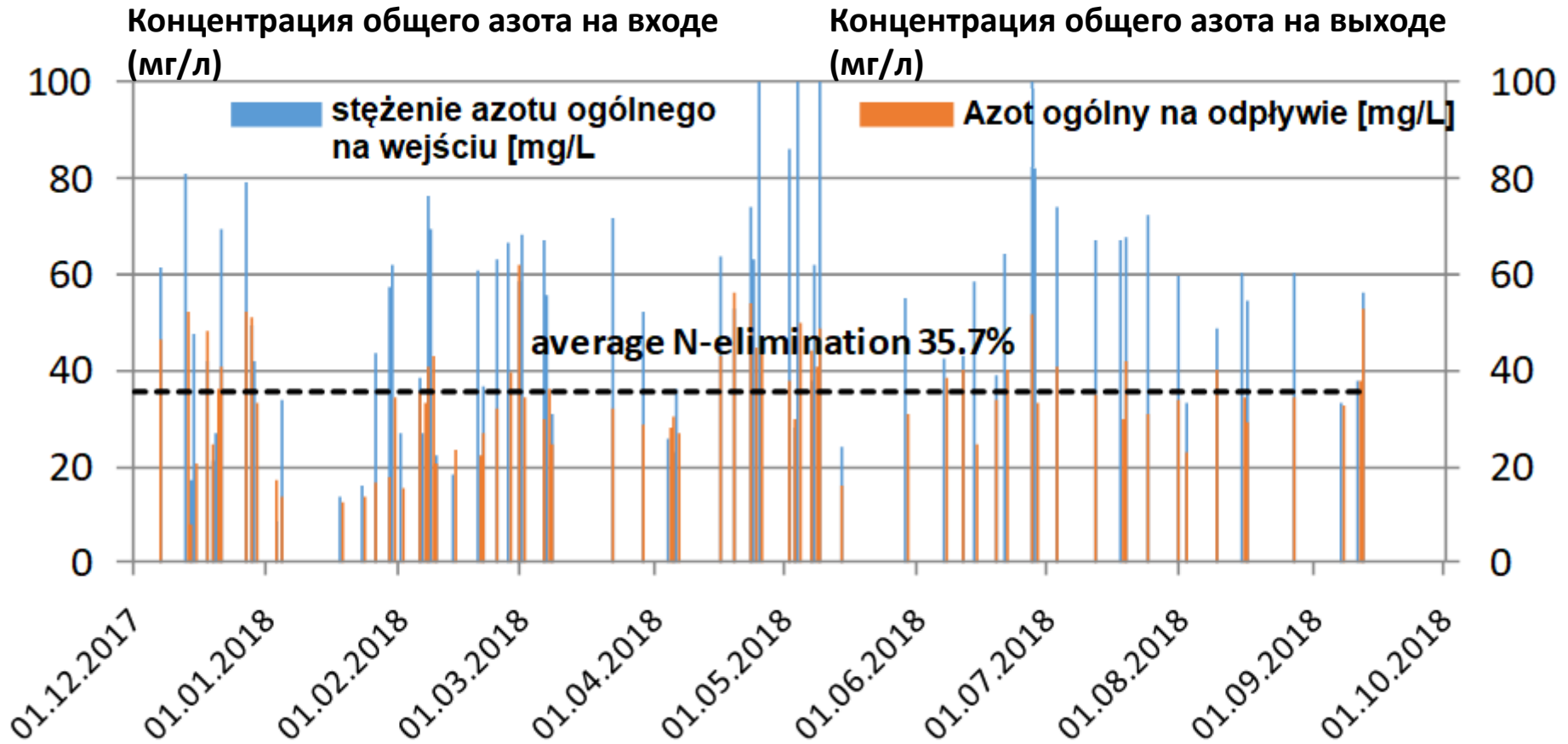


OCK Rottenburg



Средняя редукция ХПК на уровне 65%

OCK Rottenburg



Средняя редукция общего азота на уровне 35.7%

ОСК Somprunt/Alta Badia Италия



Устройство зон ила из железобетона

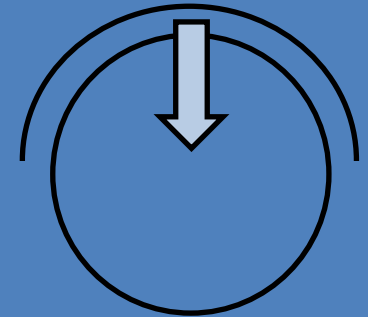
OCK Sompunt/Alta Badia



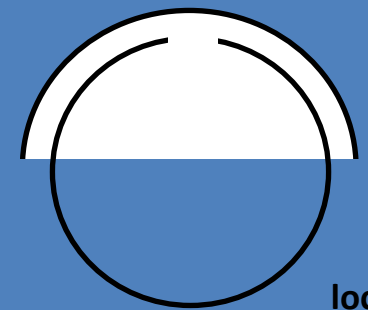
Слева виден трубопровод от мамутного насоса, используемого для сбора первичного осадка, справа - трубопровод подачи сточных вод и отстойник для сбора сточных вод.

ОСК Sompunt/Alta Badia

Воздушный замок в фазе отсутствия подачи

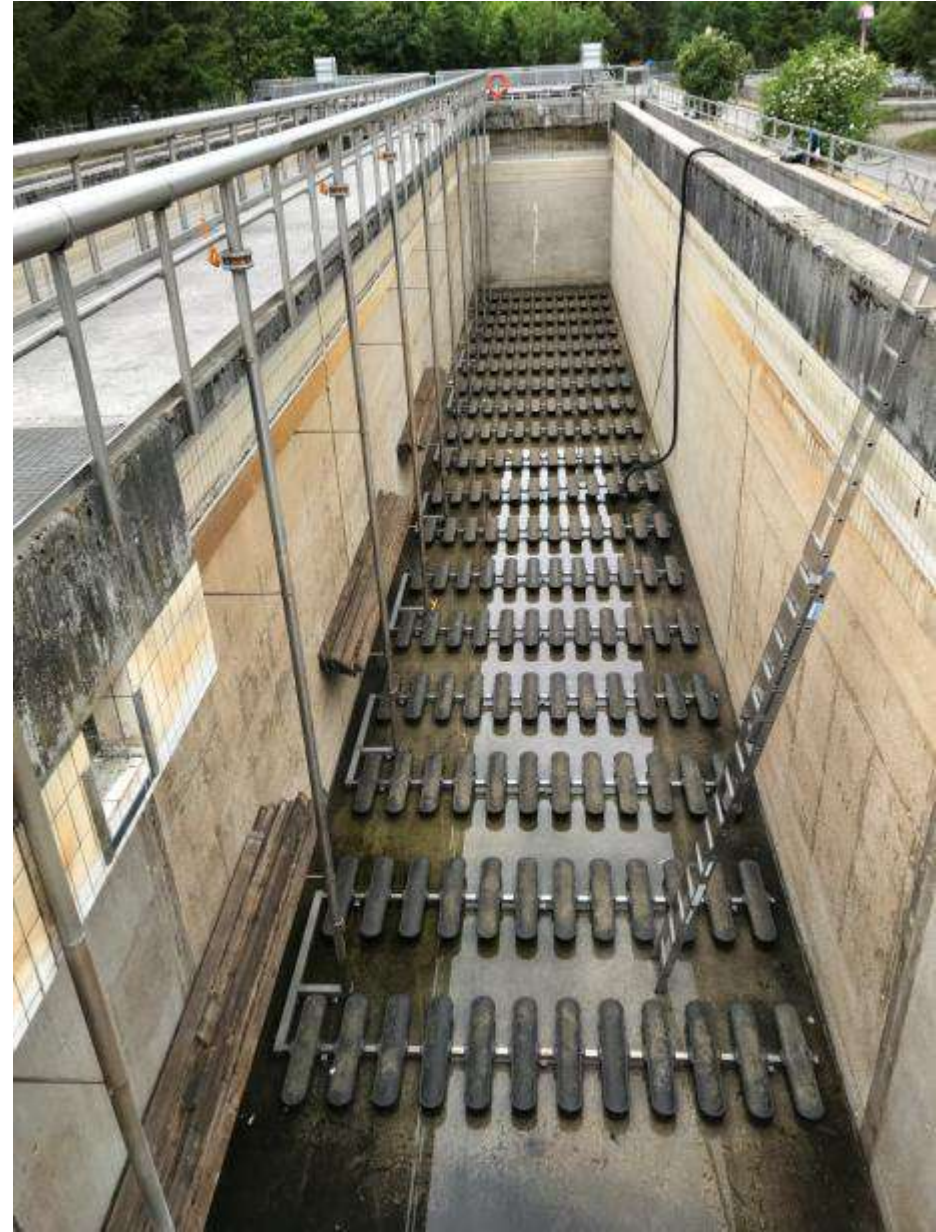


open



locked

OCK Sompunt/Alta Badia



OCK Sompunt/Alta Badia

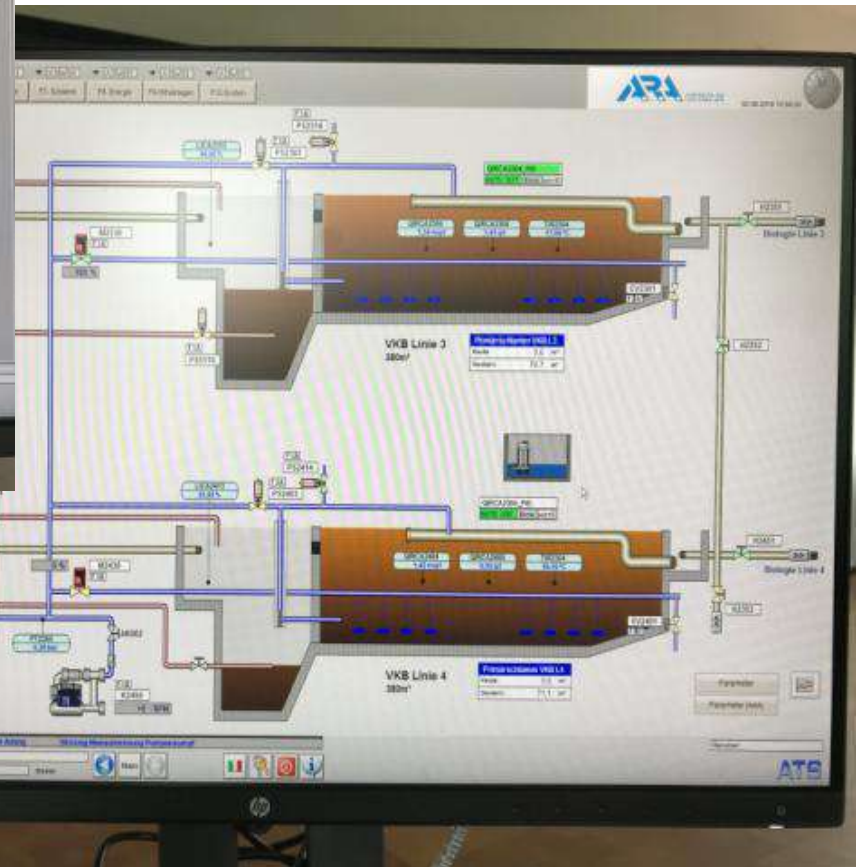


OCK Sompunt/Alta Badia



Устроенный и закрытый бункер для ила после модернизации в качестве первичного сгустителя ила

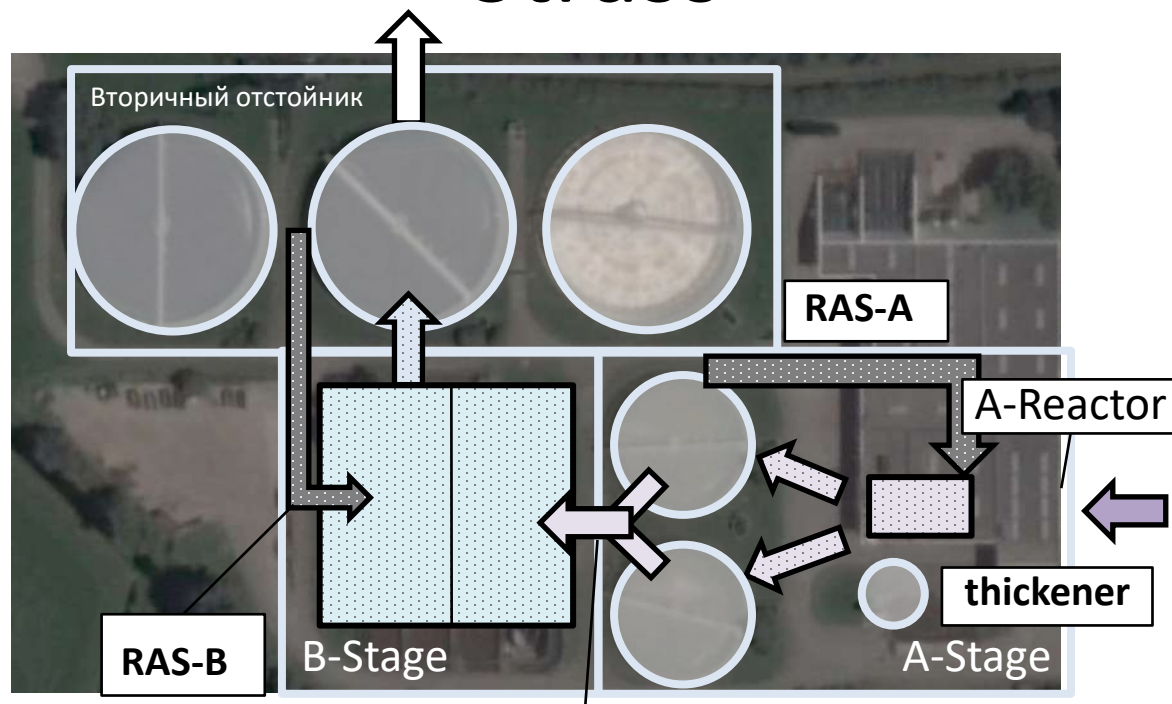
OCK Sompunt/Alta Badia



Время запуска Triple A составляет всего **1 день** - это то, что нужно для образования очень молодого 0,3-0,5-дневного ила.

Существующая схема А/В в ОСК

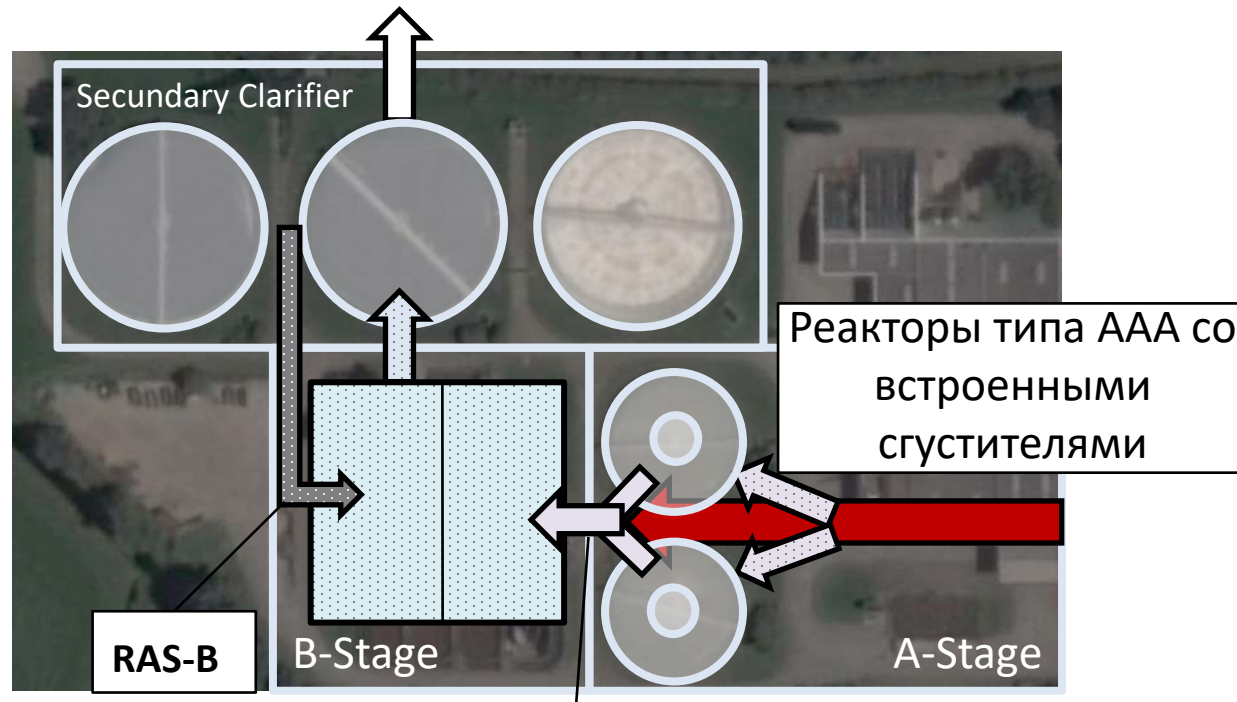
Strass



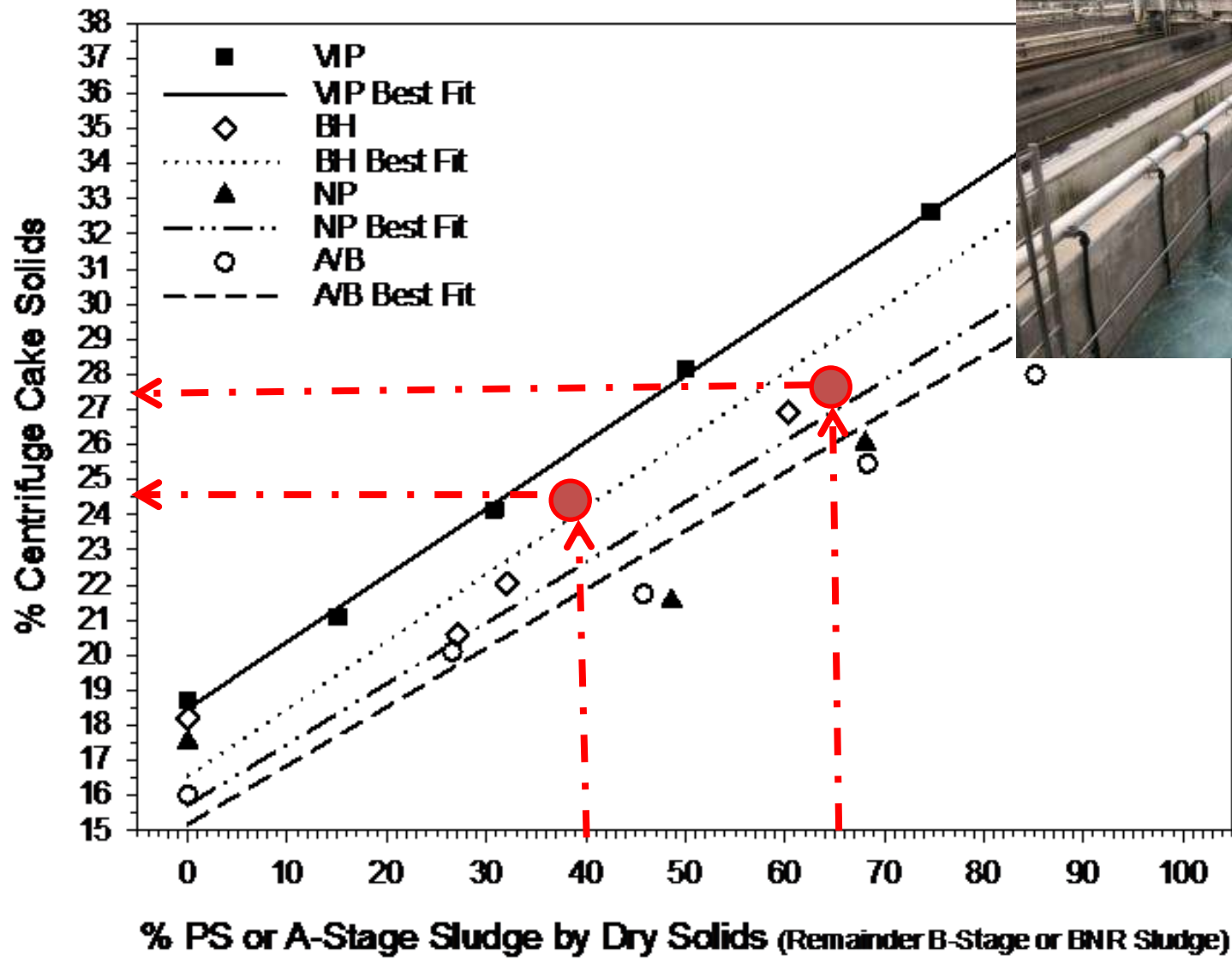
- Традиционная А-ступень, предназначенная для влажной территорий (небольшой аэротенк, большие промежуточные осветлители)
- Перегружен и низкая эффективность зимой
- Множество механического оборудования (насосная станция, мосты-осветлители, насос БВС, загуститель-скребок).

Схема после реконструкции А/В ОСК

Strass



- Triple A для сухой территории (2 чередующихся реактора с регулируемой выдержкой времени)
- Контроль времени адаптирован к сезонным условиям
- Нет погружного механического оборудования (только нагнетатели)



Улучшенная обезвоживаемость— A/B- OCK Bludenz 110000 PE, Austria (2017)

Triple A – Пилотная установка

Объем:

Реактор: 24 м³

Загуститель: 3.76 м³



Оборудование:

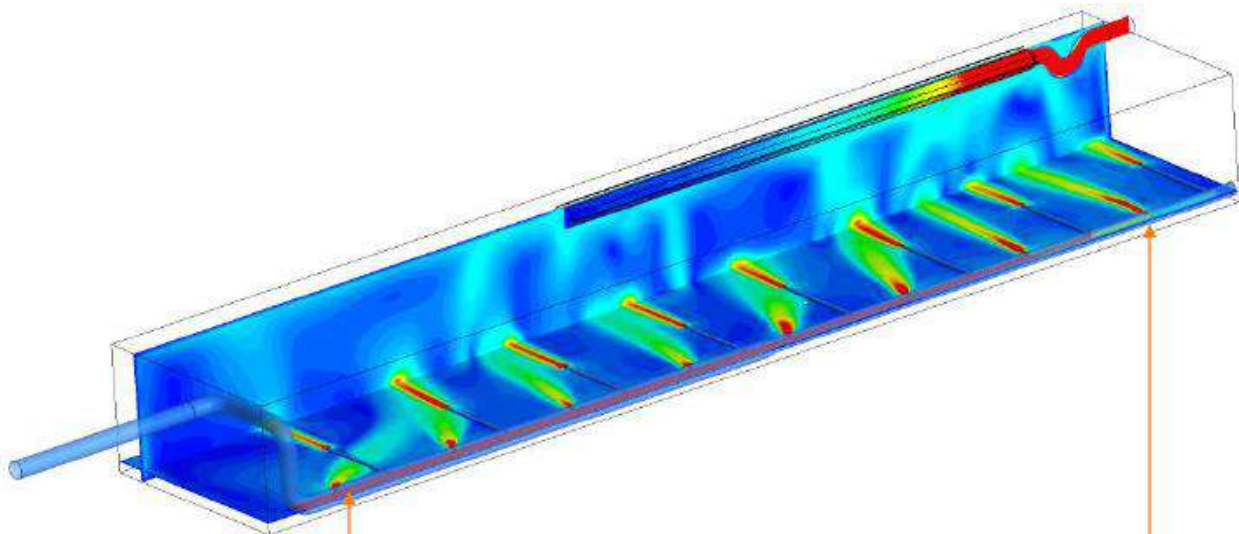
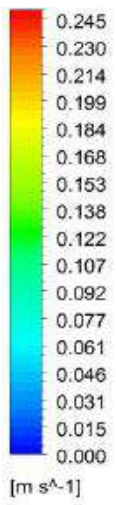
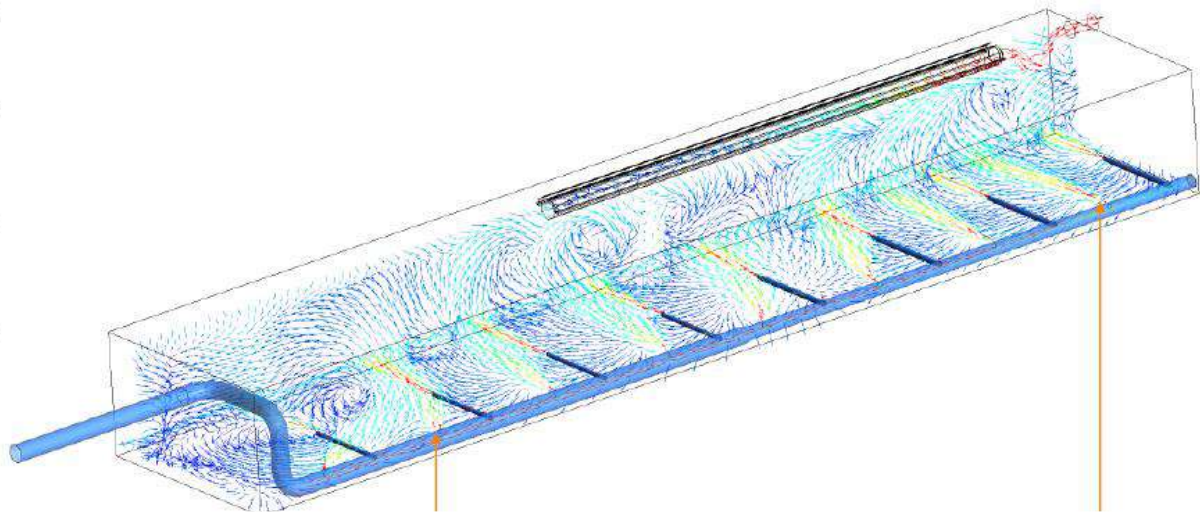
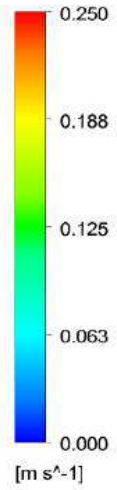
2x Воздуходувки: 40 м³/h

1x Подающий насос: 300 м³/d

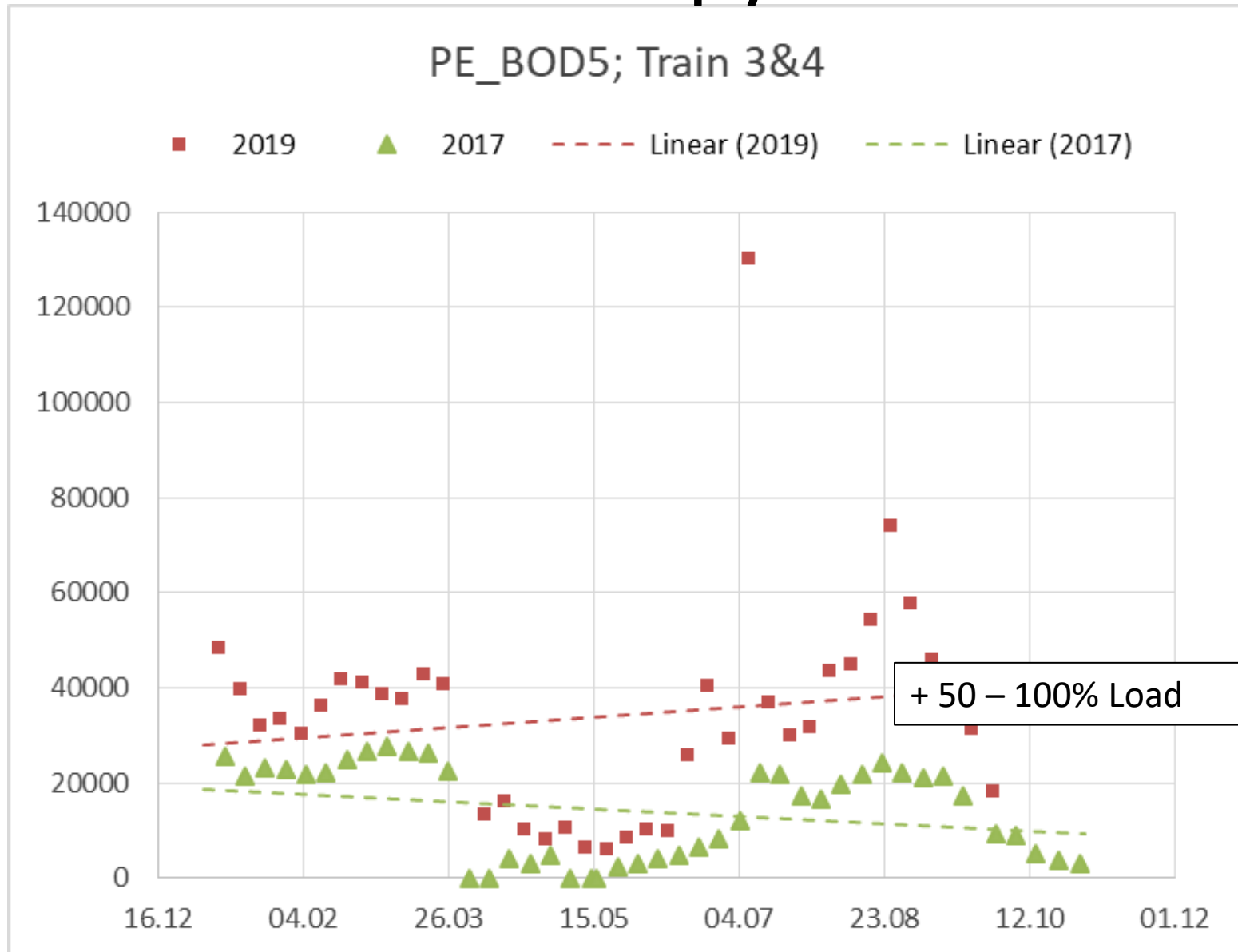
2x Насос ила: 3 м³/h

Датчики: ОВВ, О₂

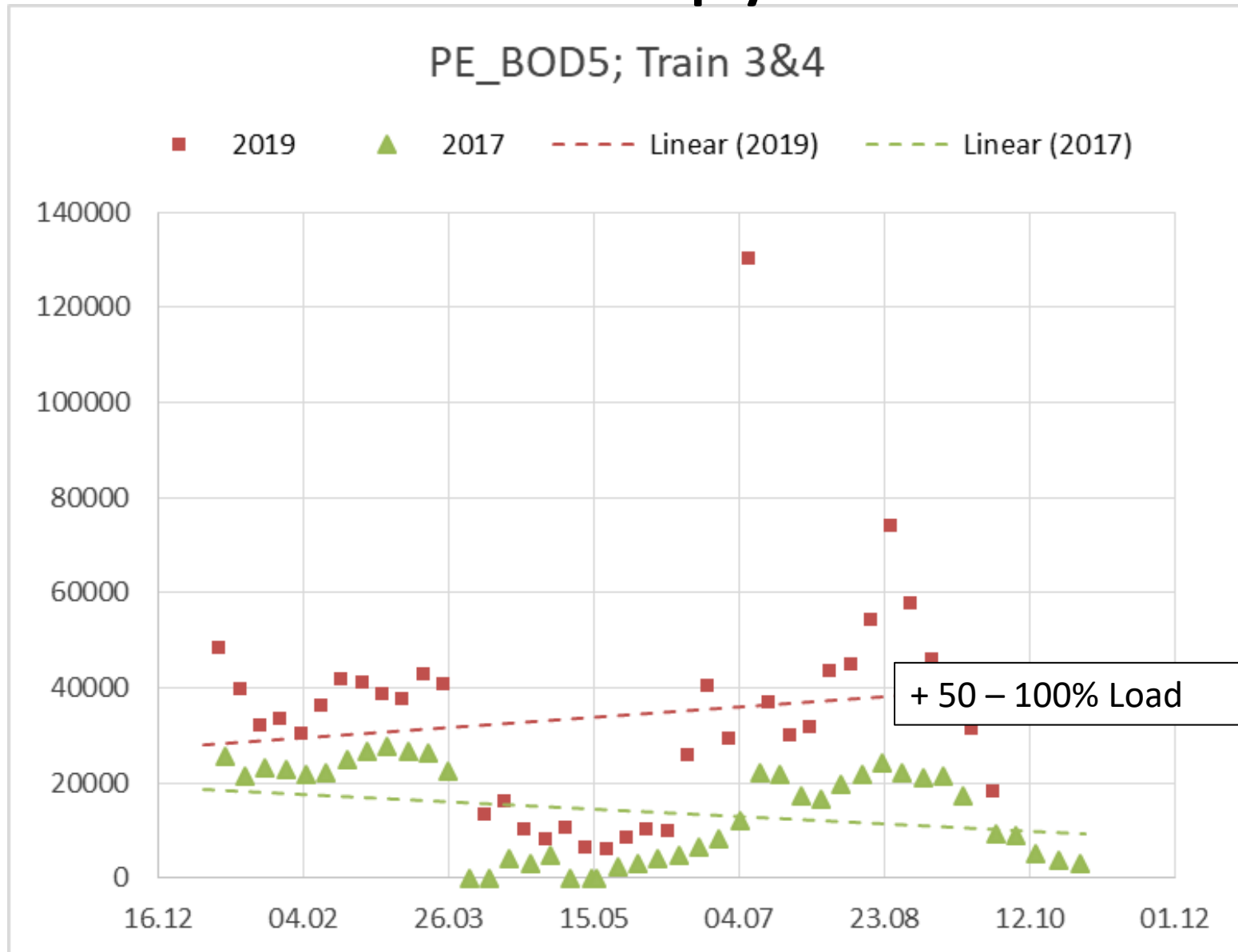




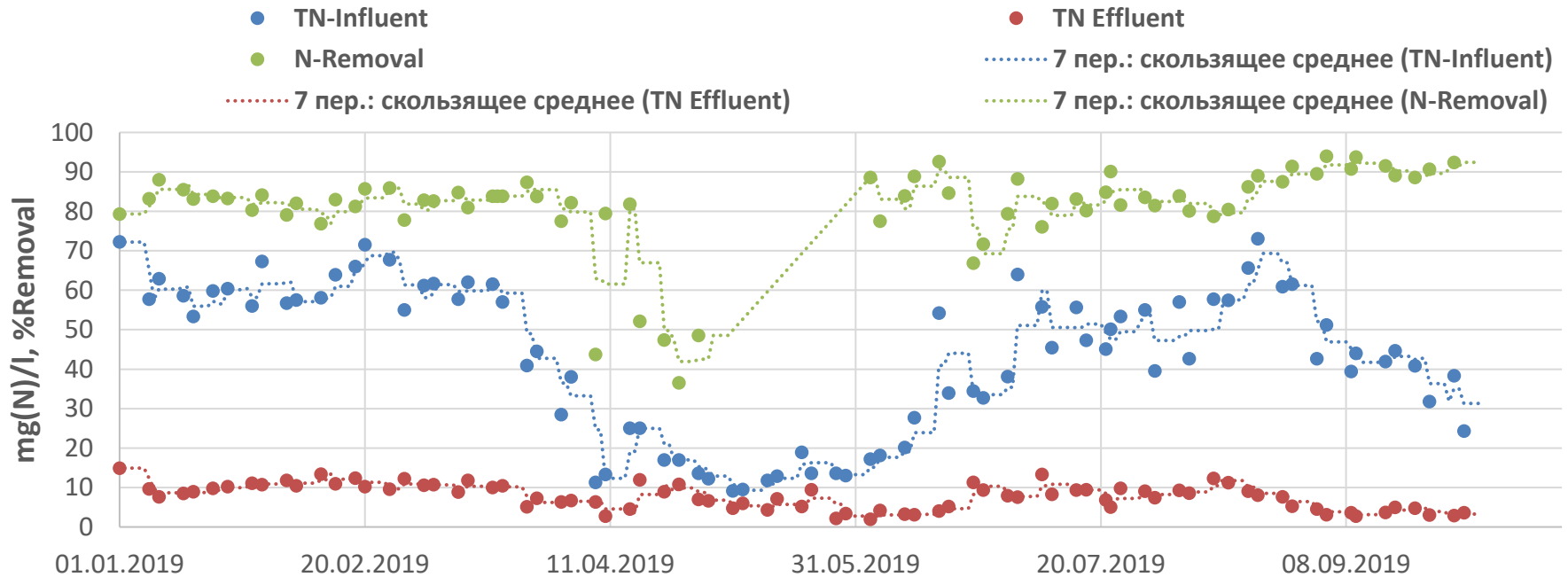
Влияние нагрузки на БПК



Влияние нагрузки на БПК



Удаление TN

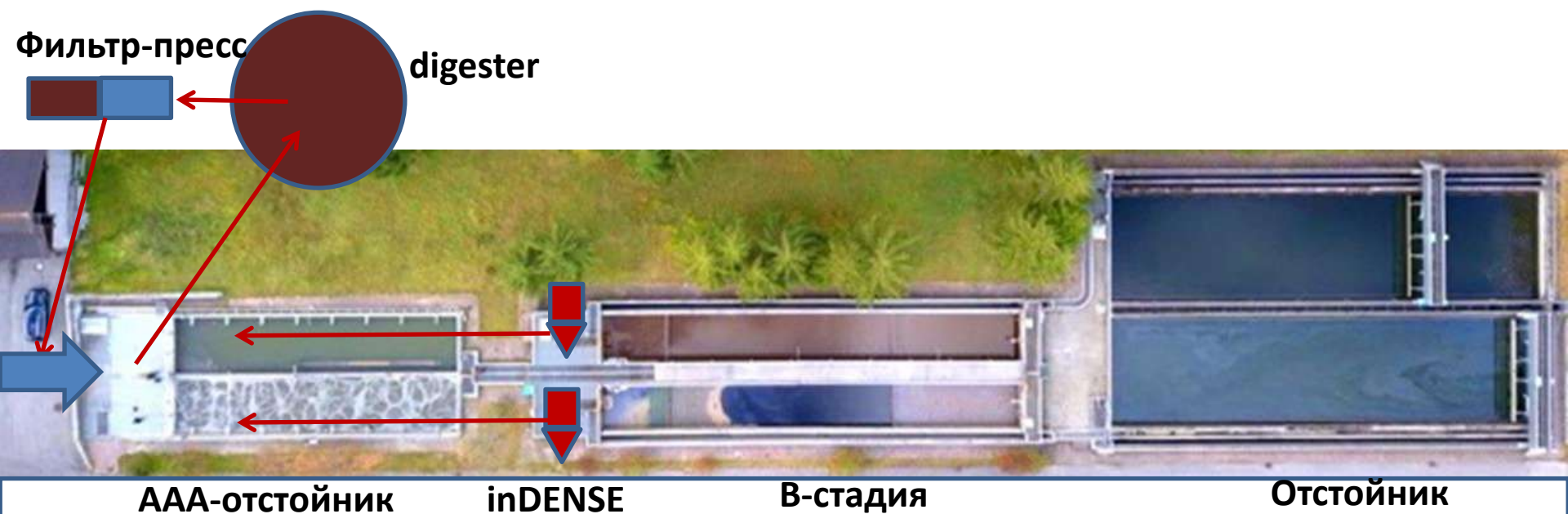


Цели

SVI-улучшение путем отбора ила
Увеличение мощности для В-стадии
Совместное сгущение шлама А + В в
загустителе ААА

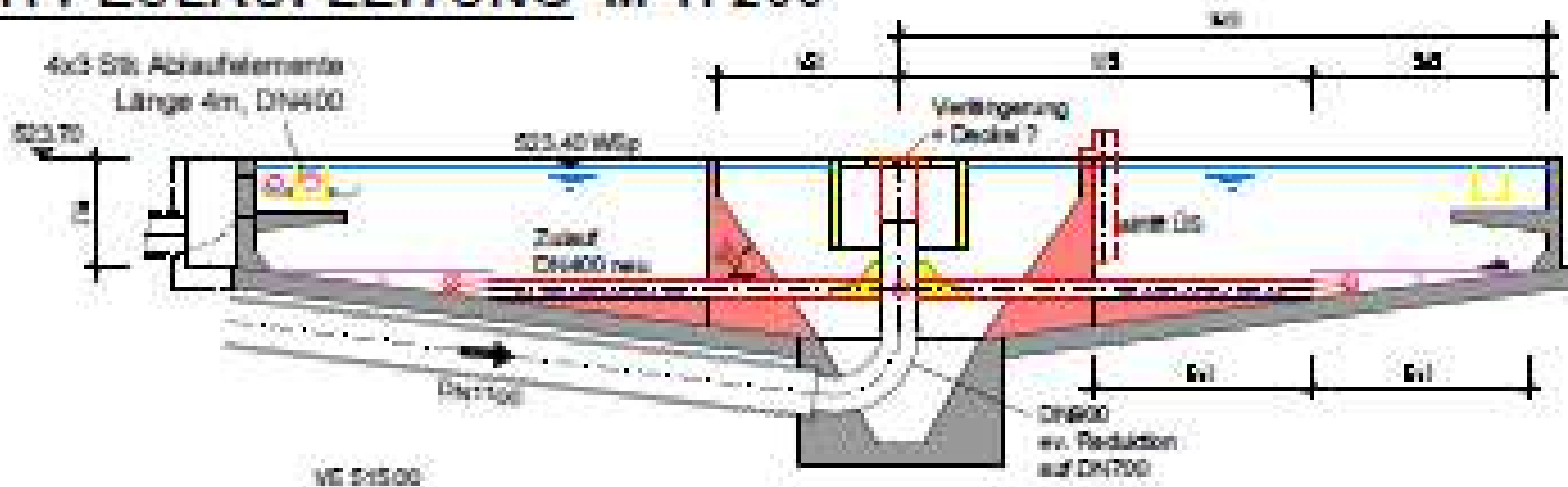


inDENSE - SVI-улучшение- для более высокого MLSS (6-7 gTSS / л) на стадии В - совместного сгущения шлама А и В в ААА реакторе

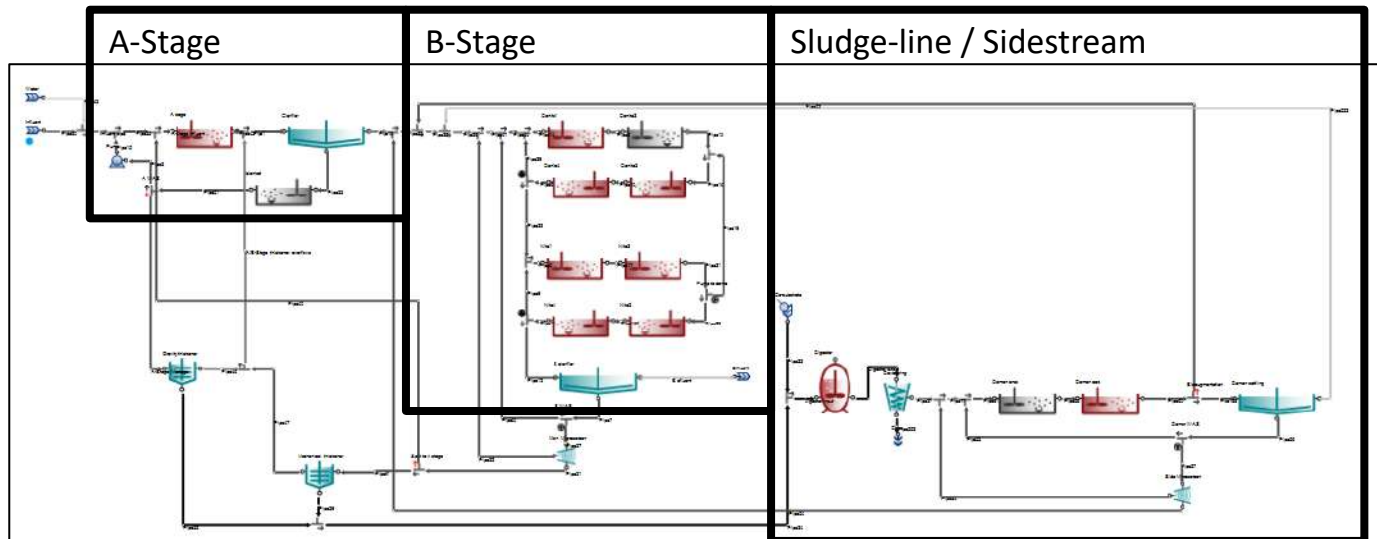


Triple A – Инсталляция Strass

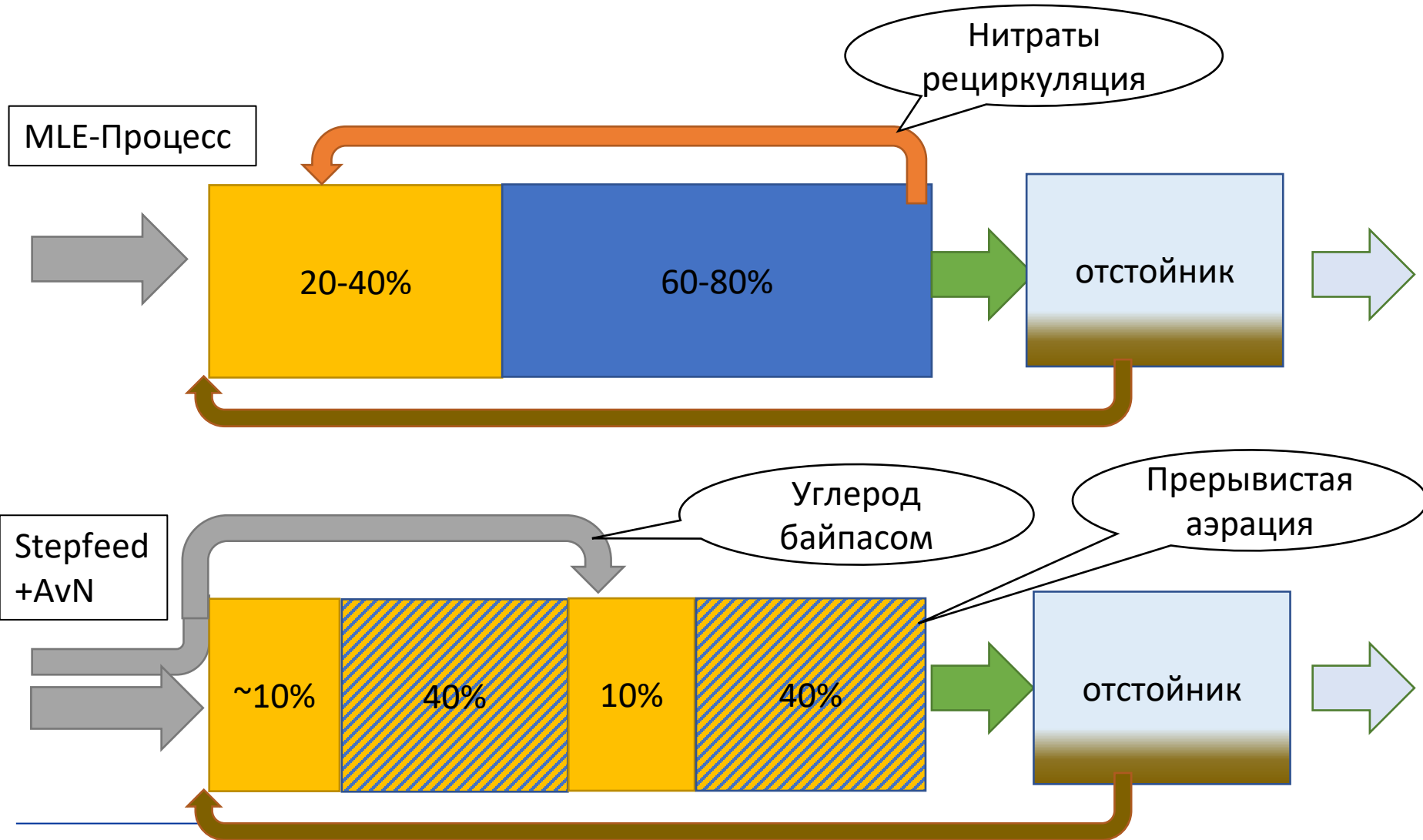
SCHNITT ZULAUFLEITUNG M 1:200



Моделирование-исследование для изучения взаимосвязи стадий А и В и оптимизации управления выбросами углерода



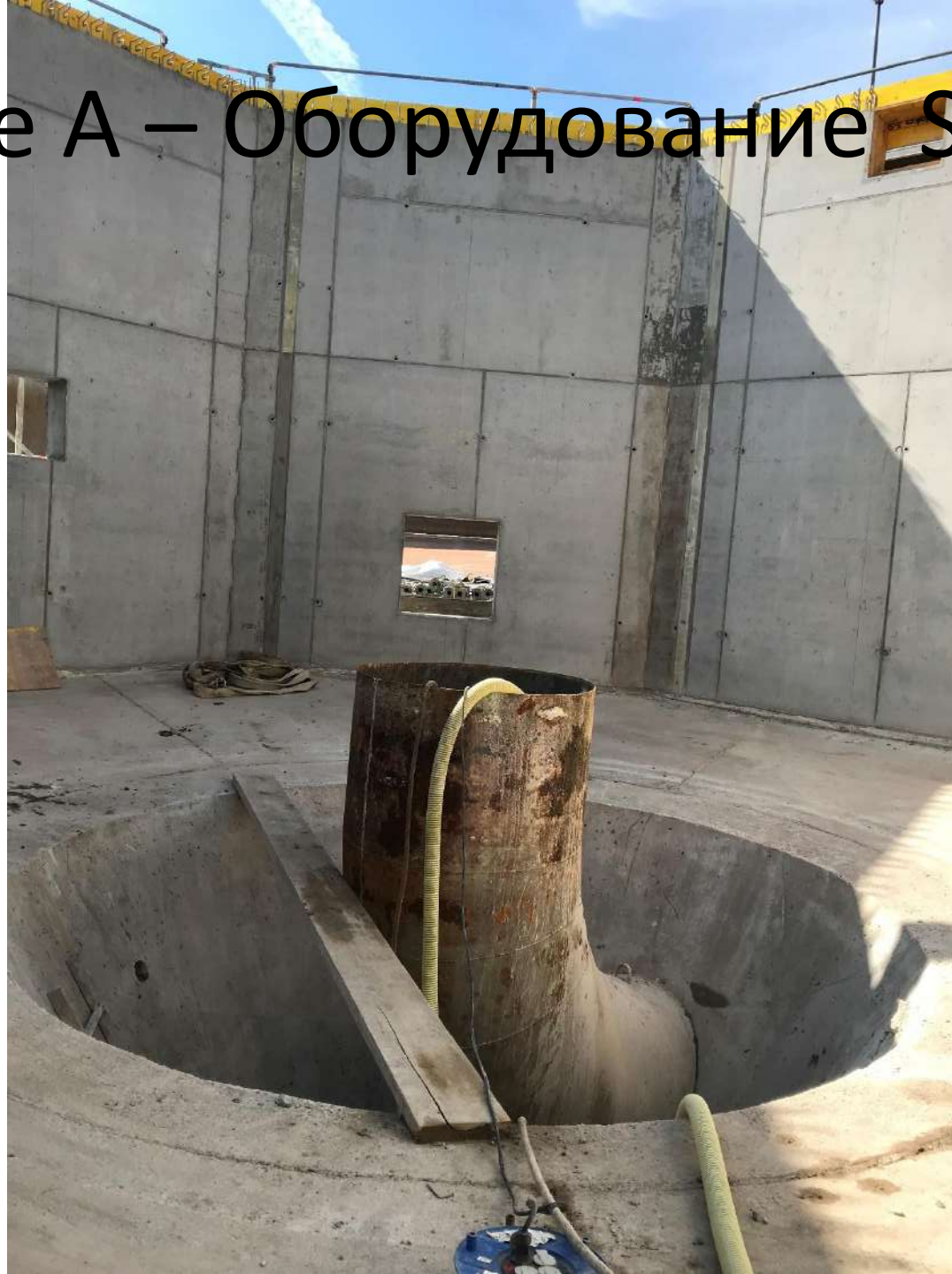
Сравнение предварительной денитрификации и каскадной денитрификации



Сравнение предварительной денитрификации и каскадной денитрификации (пошагово)



Triple A – Оборудование Strass



Triple A – Оборудование Strass



Вид на ААА-реактор в Strass



Вид на ААА-реактор в Strass



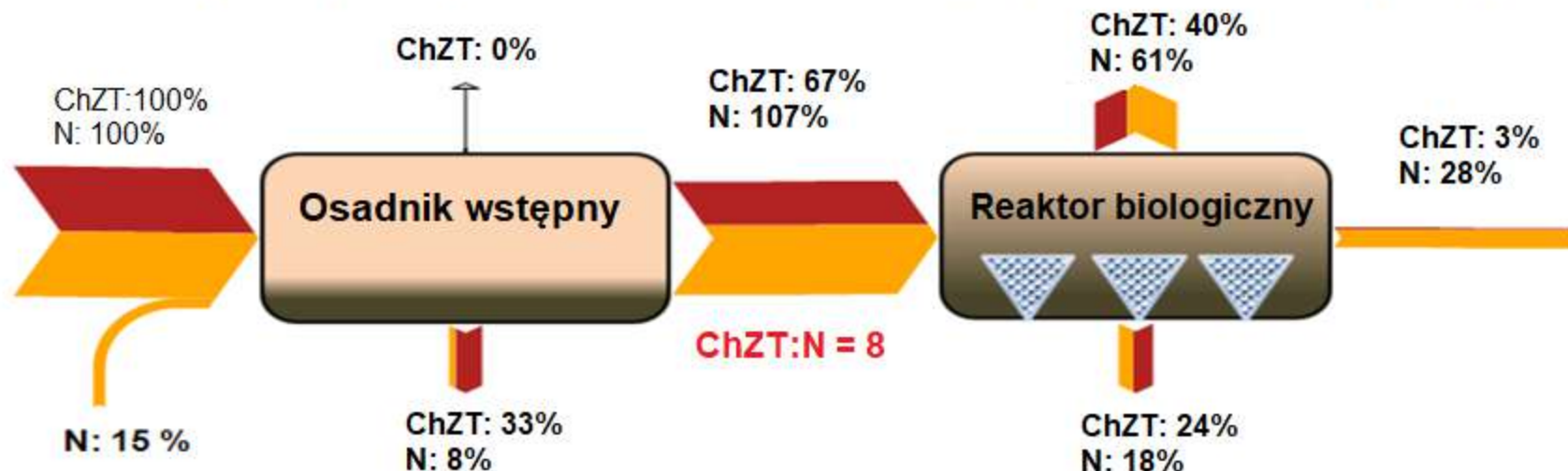


Referencje – zrealizowane i w trakcie projektowania

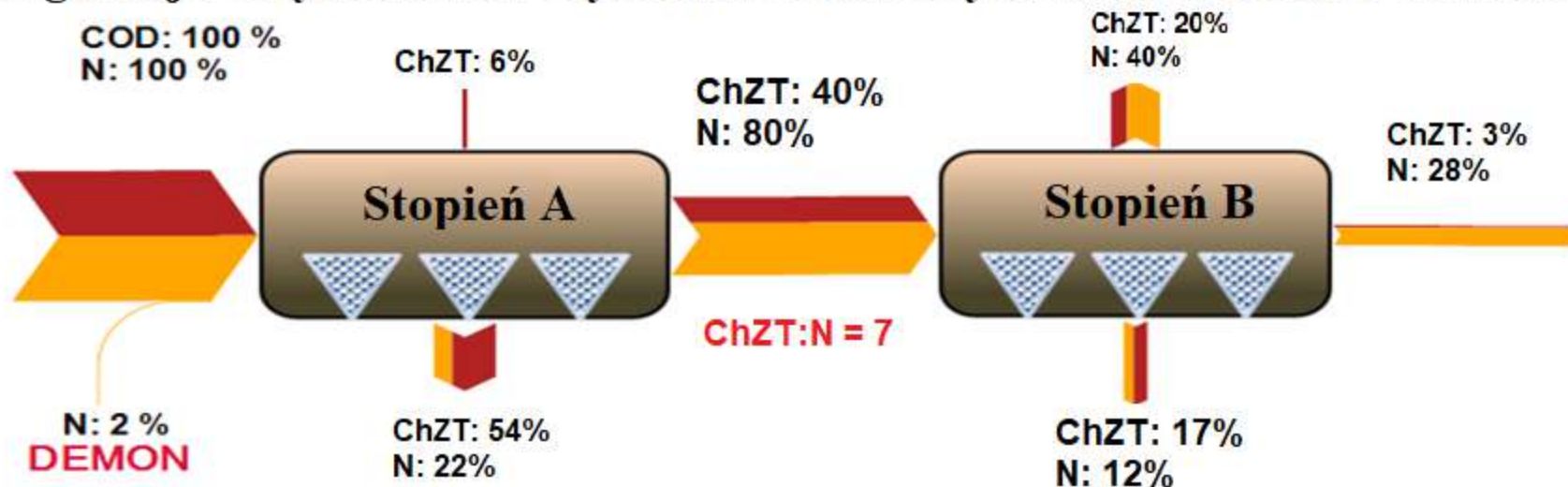
#	Проект		Кол-во жителей (RLM)	Расход (MLD)	размер	В проектировании		Выполнено Поставлено
	Место расположения	Страна				В проектировании	В реализации	
1	Rottenburg Sompunt/Alta	Germany	50 000	13	full			2017
2	Badia	Italy	60 000	7	full			2018
3	Tyrol	Austria	2000	0,3	container			2019
4	Zirl	Austria	90 000	17	full			Запуск 2020
5	Strass	Austria	300 000	50	full			Запуск 2020
6	Osaka	Japan	2 000	0,3	container			2020
7	Auckland	New Zealand	190 000	34	1 line			
8	Maroochydore	Australia	200 000	72	full			
9	Villach	Austria	250 000	28	full			
10	Going	Austria	50 000	12,5	full			
11	Tuchola	Poland	40 000	5	full			
12	Serres	Greece	160 000	24	full			
13	Glurns	Italy	40 000	8	full			
14	Tschars	Italy	60 000	10	full			
15	Goisern	Austria	30 000	5	full			

Jak zmieni się bilans masowy po wprowadzeniu Triple A?

Typowa konfiguracja oczyszczalni: osadnik wstępny + reaktor biologiczny

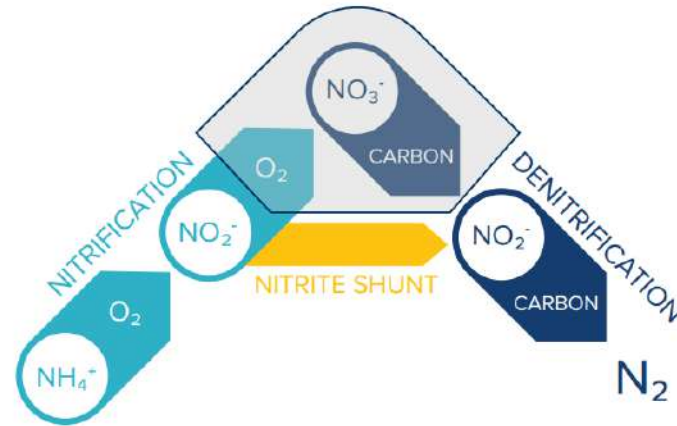


Konfiguracja oczyszczalni w trybie A/B oraz oczyszczanie odcieku z odwadniania



Kontrola napowietrzania AvN

AvNTM
Advanced Aeration Control



AvN предоставляет:

Более эффективное сокращение общего азота при минимальном потреблении энергии

Работа с более низкой щелочностью, углеродом и затратами энергии

Снижение потребности в кислороде на 25% и углероде на 40% по сравнению с традиционной нитрификацией и денитрификацией за счет остановки нитрификации на стадии нитрита

Увеличение производства биогаза благодаря возможности перенаправления углерода в ферментатор

Как оптимизировать работу очистных сооружений с пониженной концентрацией углерода?



Система управления аэрацией AvN - это алгоритм управления аэрацией для минимизации потребления электроэнергии, увеличения скорости снижения содержания азота и фосфора.

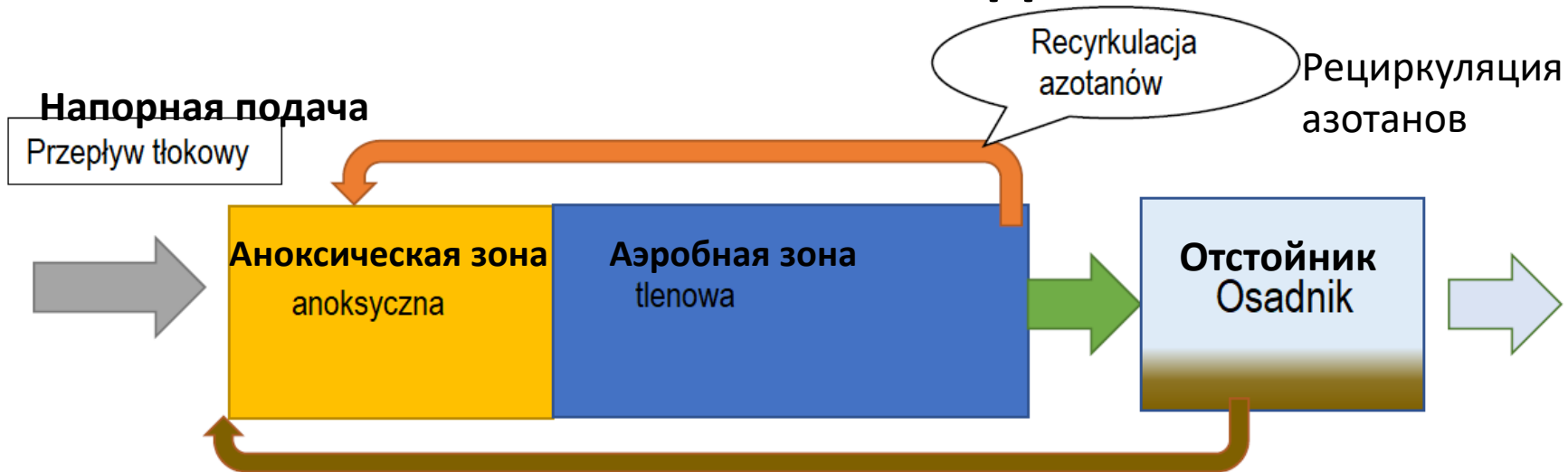
Использование системы AvN также оказывает влияние на осаждение ила благодаря улучшению рабочего режима в анаэробных и аноксических условиях, что приводит к повышению степени биологической дефосфатации. Накапливающие фосфор бактерии имеют тенденцию образовывать более плотную биомассу, которая удерживается гидроциклонами Indense.

Сама система управления AvN представляет собой алгоритм прерывистой аэрации. В результате потребление электроэнергии сводится к минимуму, а сокращение содержания азота увеличивается. Это достигается за счет улучшения нитрификации / денитрификации за счет интеллектуального и динамического аэробного / бескислородного фазового разложения. Онлайн-измерения как аммиачного азота, так и нитратов связаны с соотношением AvN ($\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$).

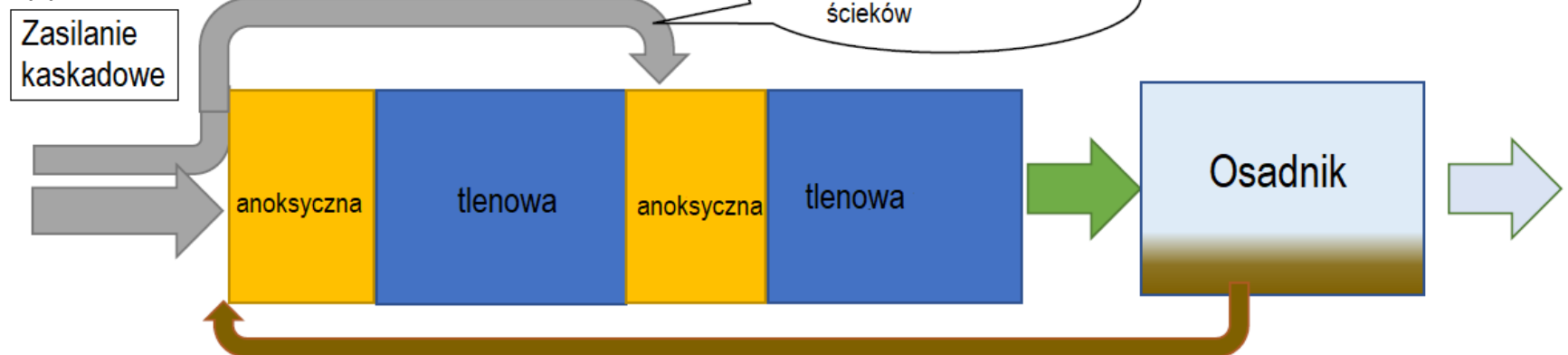
Увеличение производительности ОСК

Zasilanie kaskadowe

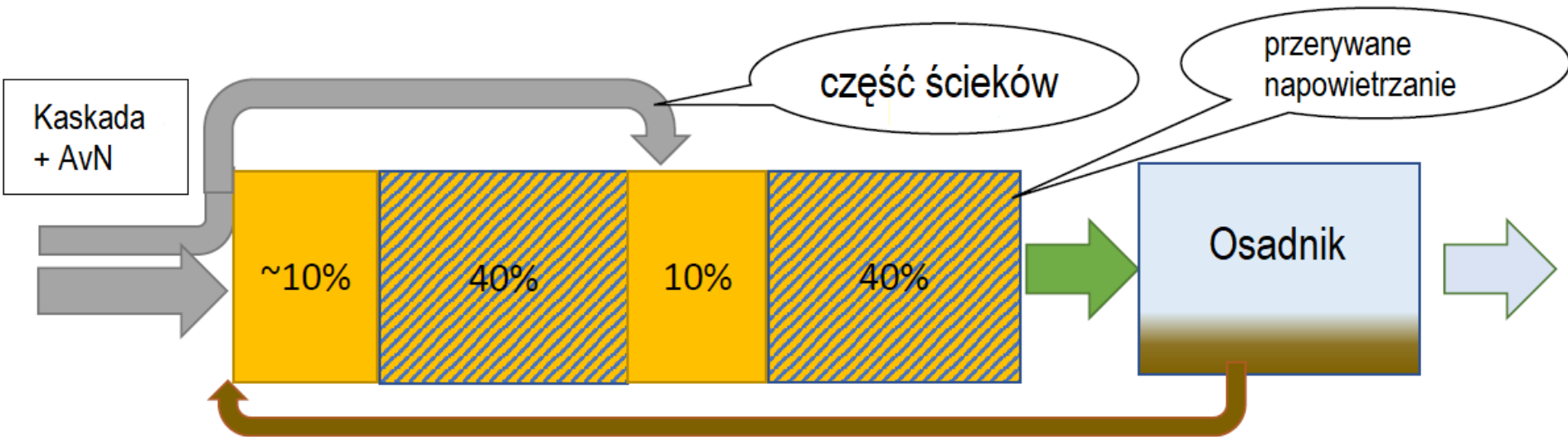
Каскадное питание



Каскадная подача



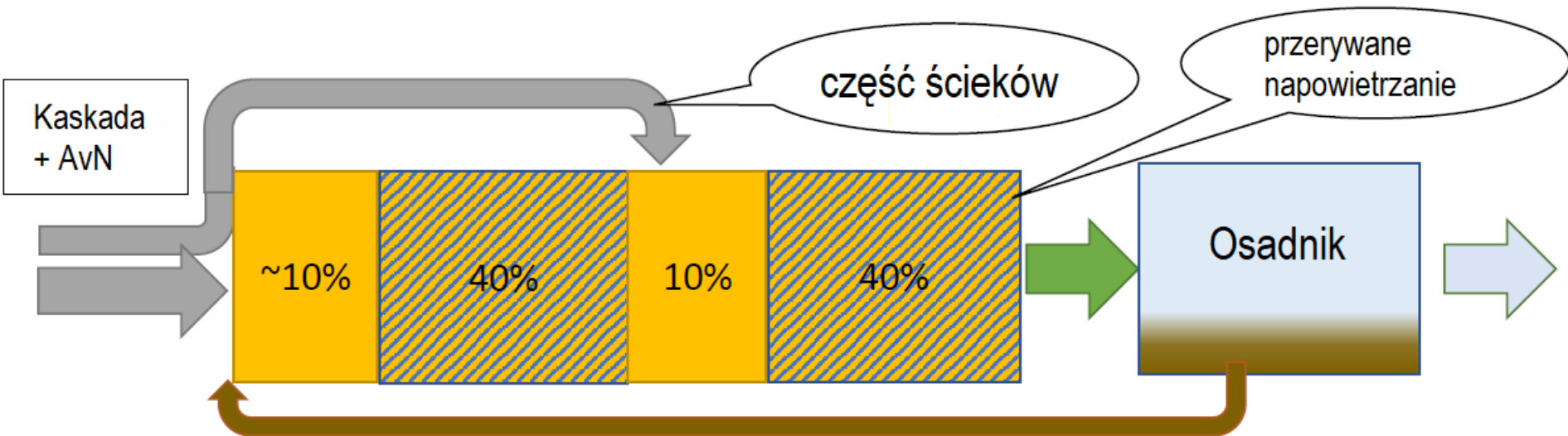
Zwiększenie przepustowości oczyszczalni



Zalety zasilania kaskadowego:

- większa wydajność o 20-30% w porównaniu do konwencjonalnego systemu
- możliwość pracy przy większym stężeniu osadu bez obciążania osadnika wtórnego
- odporność na ładunki szokowe
- razem z elastycznym napowietrzaniem oszczędność energii i węgla (brak recyrkulacji $\text{NO}_3\text{-N}$)

Zwiększenie przepustowości oczyszczalni



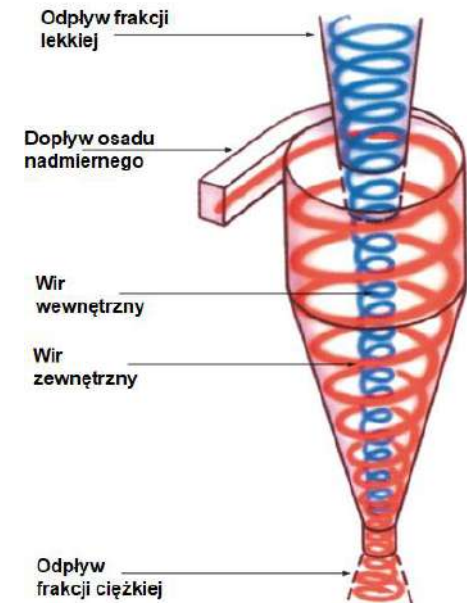
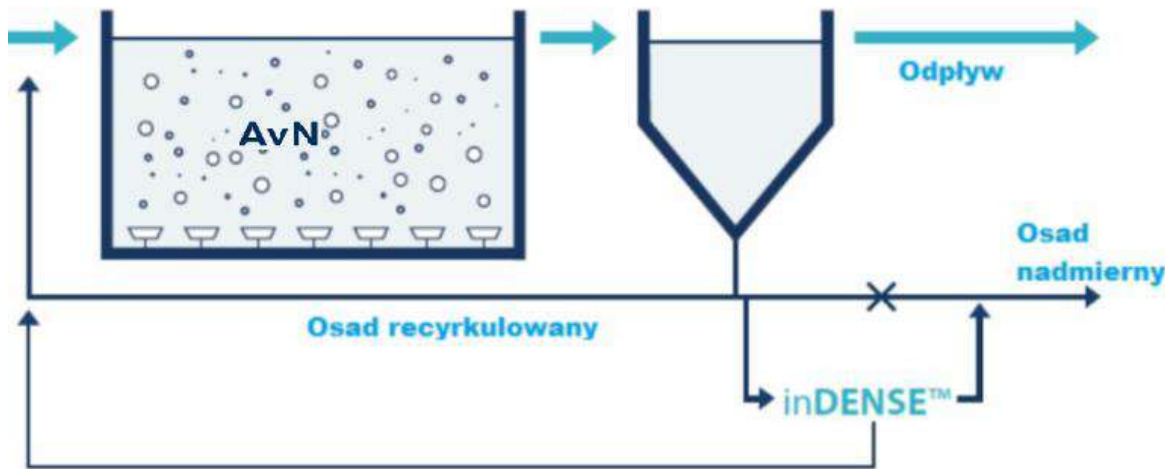
Zalety zasilania kaskadowego:

- większa wydajność o 20-30% w porównaniu do konwencjonalnego systemu
- możliwość pracy przy większym stężeniu osadu bez obciążania osadnika wtórnego
- odporność na ładunki szokowe
- razem z elastycznym napowietrzaniem oszczędność energii (brak recyrkulacji $\text{NO}_3\text{-N}$)

Zwiększenie przepustowości hydraulicznej oczyszczalni



System Indense® to zastosowanie hydrocyklonów do separacji cięższej frakcji osadu czynnego od frakcji lżejszej w celu poprawy opadalności osadu. Lepsza opadalność osadu pozwala na pracę przy większym stężeniu osadu oraz zapobiega wymywaniu osadu z osadników wtórnych. Frakcja lekka osadu to głównie bakterie heterotroficzne oraz denitryfikanty. Zawrócone cięższe kłaczki i małe granulki to bakterie fosforowe, nitryfikanty.



Zwiększenie przepustowości hydraulicznej oczyszczalni

inDENSE

process intensification with densified biomass

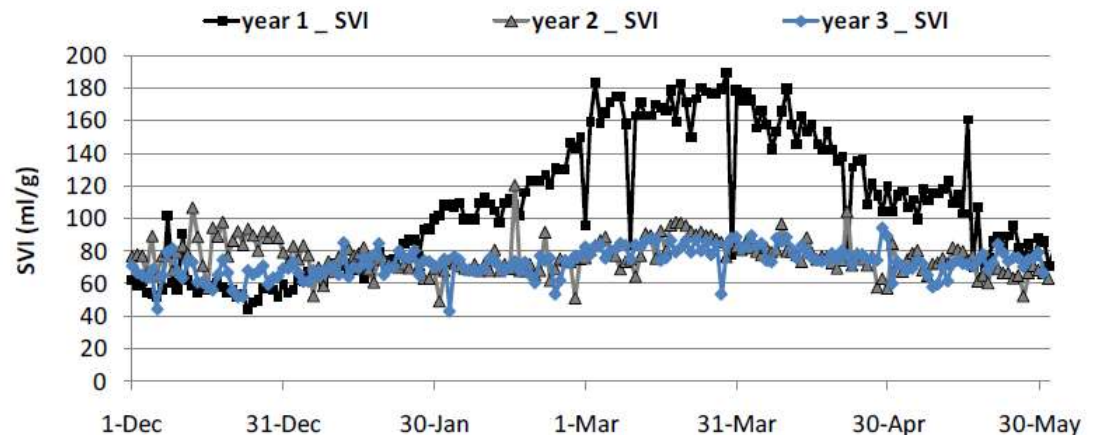


Na zdjęciu powyżej widoczny zestaw hydrocyklonów 2 x 10m³/h

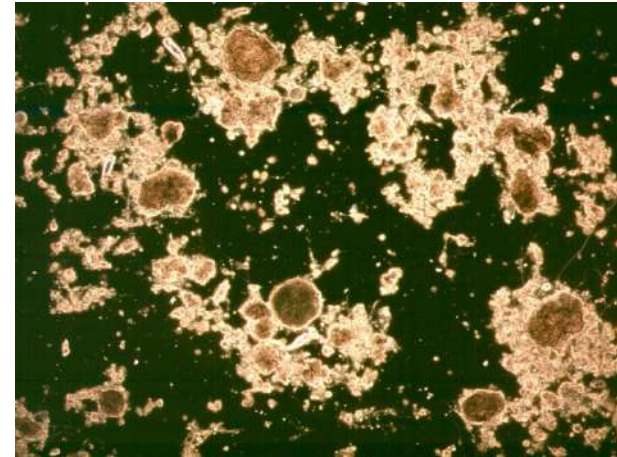
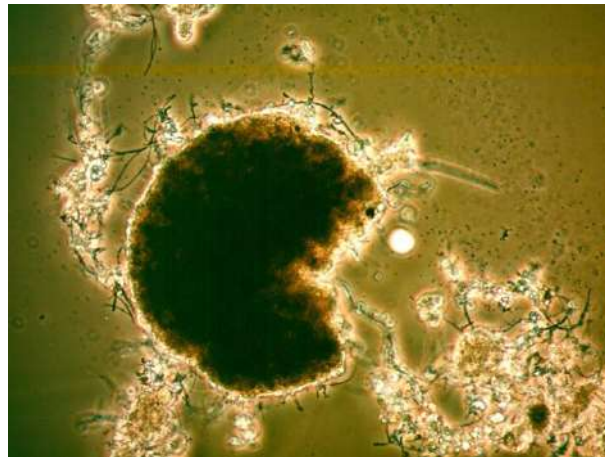
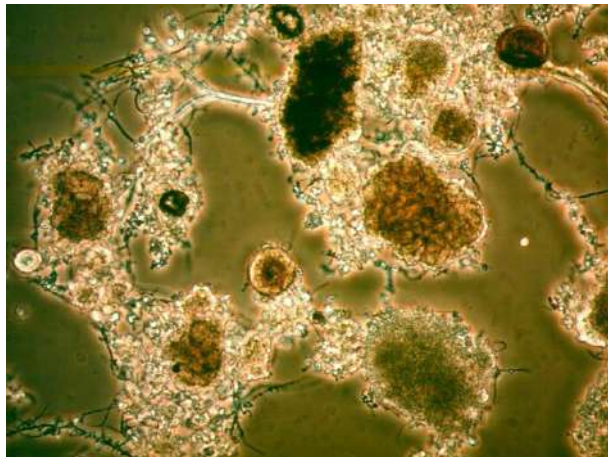
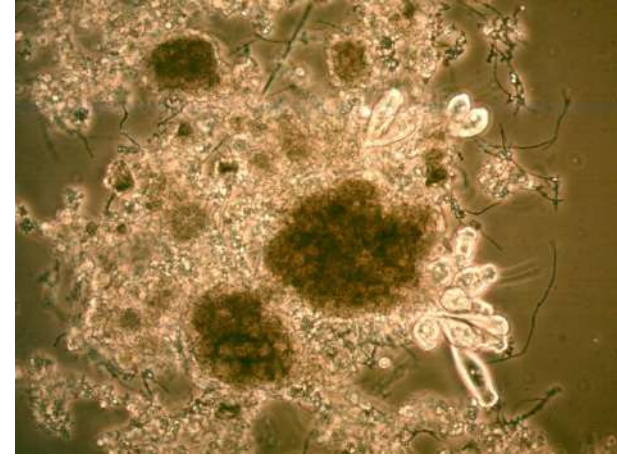
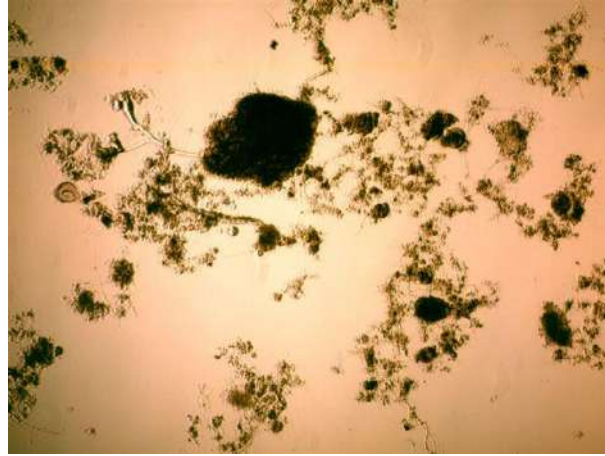
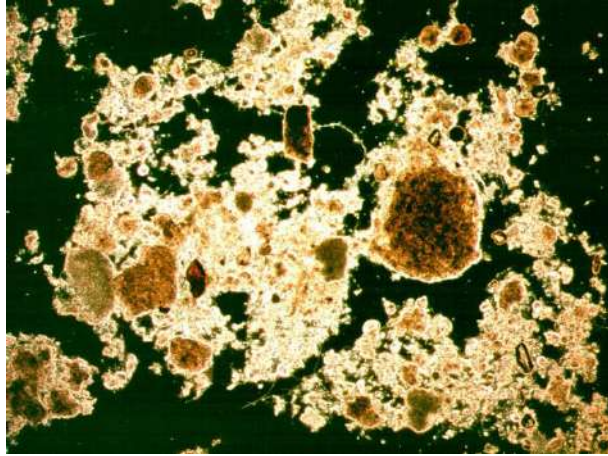


Na zdjęciu po lewej stronie widoczny zestaw hydrocyklonów na rynek USA

Wykres poniżej przedstawia indeks osadu w oczyszczalni Strass (300.000 RLM) w przeciągu 3 lat eksploatacji. Pierwszy rok bez hydrocyklonów, kolejne 2 lata indeks po zastosowaniu systemu Indense



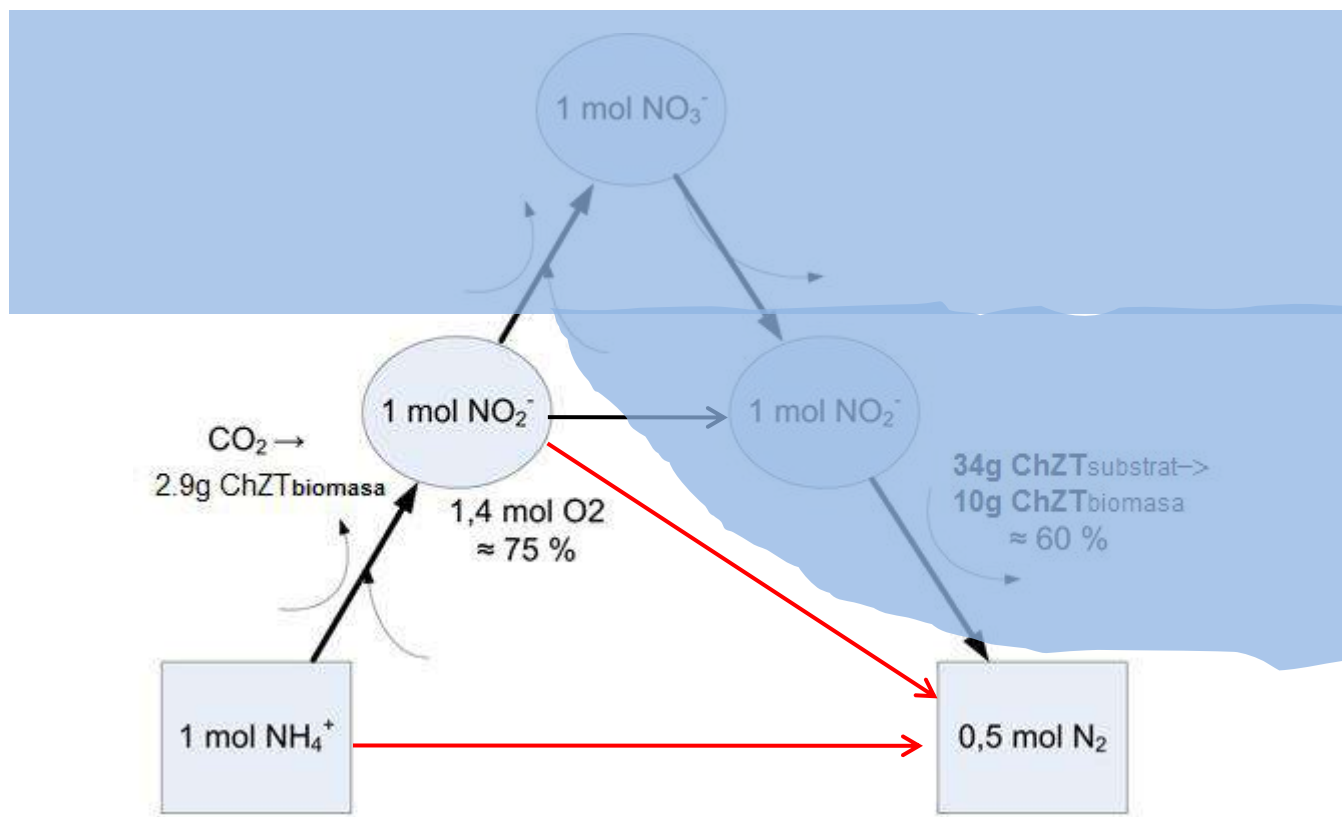
Zwiększenie przepustowości hydraulicznej oczyszczalni



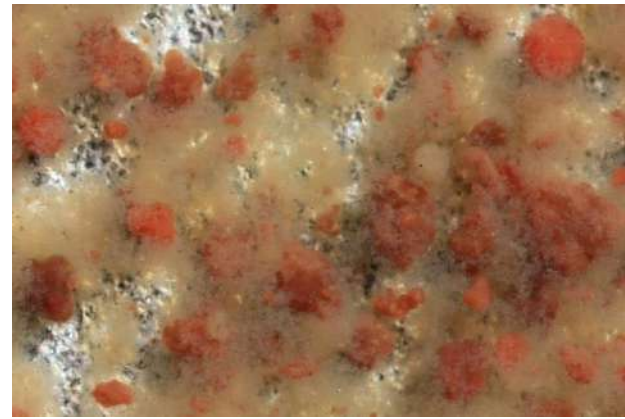
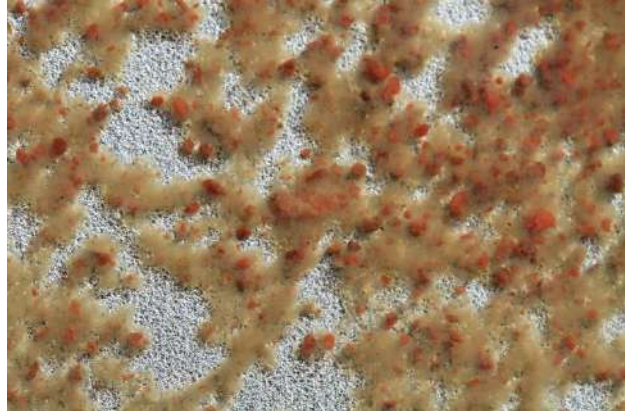
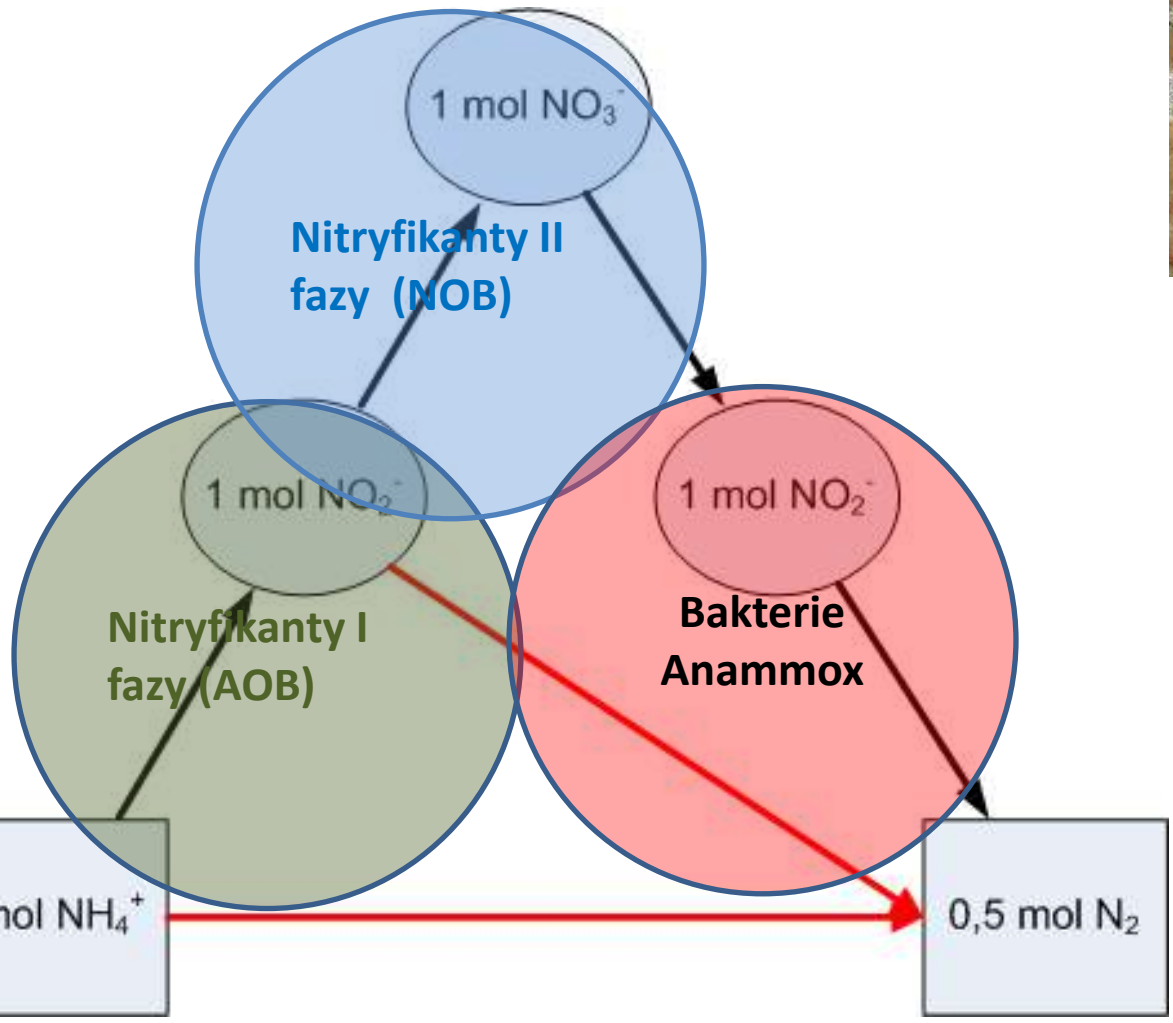
Zdjęcia mikroskopowe osadu czynnego – widoczne bardzo gęste kłaczk/granulki osadu poprawiające opadalność

Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu prefermentowanego

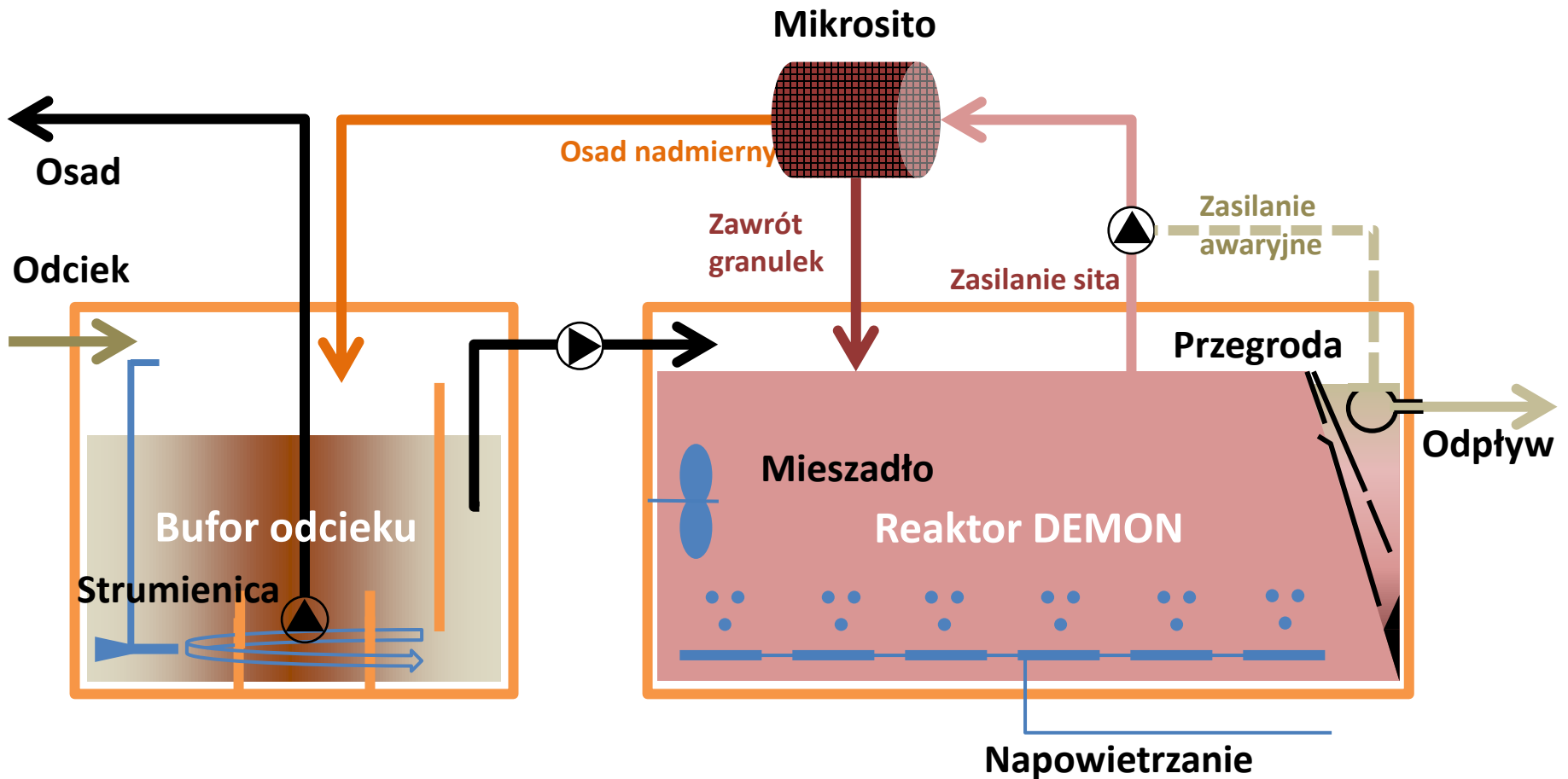
Deamonifikacja – usunięcie azotu przy wykorzystaniu bakterii deamonifikujących bez konieczności dozowania węgla. Tylko połowa azotu amonowego jest utleniona przy niskim stężeniu tlenu do azotynów (60% mniej energii na napowietrzanie). Bakterie deamonifikujące wykorzystują tlen zawarty w azotynach do beztlenowego utlenienia azotu amonowego do azotu gazowego



Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu przefermentowanego

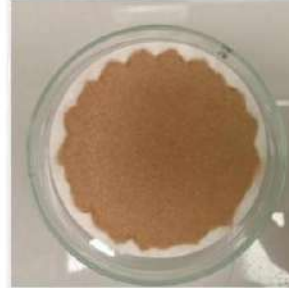
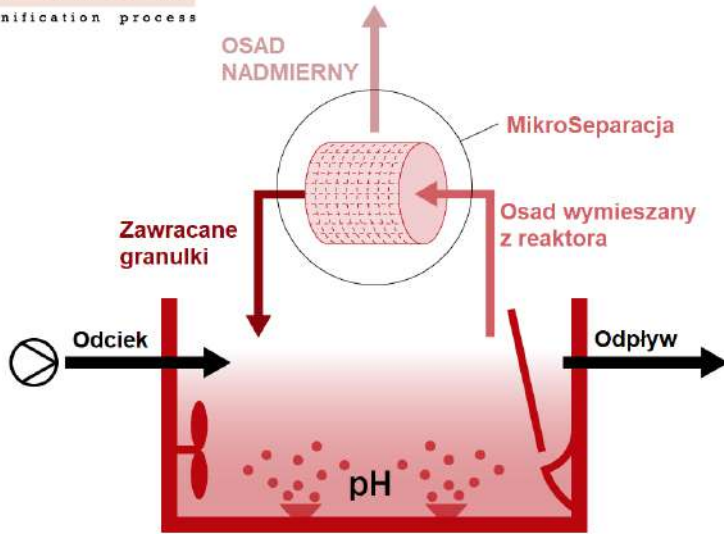


Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu prefermentowanego



W przypadku wymagana pojemność reaktora DEMON wynosi ok. 60 m³, większa pojemność może zapewnić rezerwę procesową w przypadku przyjmowania substratów do kofermentacji

Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu prefermentowanego



Osad nadmierny bez granulek



Odseparowane i zawrócone do reaktora granulki deamonifikujące



Osad w reaktorze (mieszanka bakterii deamonifikujących oraz nityfikantów)



Zwiększenie przepustowości oczyszczalni – usunięcie azotu z odcieku z odwadniania osadu prefermentowanego



Mikrosito do separacji osadu



Kontakt

Robert Zarzycki

Tel. 608 033 331

rz@wawatech.com.pl

www.wawa-tech.com