



BEZPIECZEŃSTWO ŚRODOWISKOWE BIOODPADÓW  
W GOSPODARCE OBIEGU ZAMKNIĘTEGO

RAPORT Z WIZYTY STUDYJNEJ  
U PARTNERA W NORWEGII

02-16.06.2019 r.



Norwegian University  
of Life Sciences

NORWEGIA

WYJAZD NR 3



NARODOWA AGENCJA  
WYMIANY AKADEMICKIEJ

nr umowy PPI/APM/2018/1/00029/U/001

# Wyjazd 3

**N**a początku czerwca mieliśmy przyjemność gościć u kolejnego naszego Partnera w ramach projektu „Bezpieczeństwo środowiskowe bioodpadów w gospodarce obiegu zamkniętego”. Tym razem celem naszej podróży był Uniwersytet Przyrodniczy w Aas - NMBU a dokładniej, Wydział Nauk o Środowisku i Gospodarki Zasobami Naturalnymi (MINA), który zajmuje się przyrodą i środowiskiem, zrównoważonym wykorzystaniem zasobów naturalnych, procesami biologicznymi i geologicznymi.

Sam Uniwersytet jak i Wydział prowadzi liczne programy badawcze i naukowe, które umożliwiają ludziom na całym świecie zmierzenie się z dużymi, globalnymi wyzwaniami dotyczącymi środowiska, zrównoważonego rozwoju, poprawy zdrowia ludzi i zwierząt, odnawialnych źródeł energii, produkcji żywności oraz zarządzania ziemią i zasobami.



03.06.2019 r.

# Dzień 1

## Spotkanie z przedstawicielami Wydziału i omawianie prac nad realizacją wspólnego projektu

Naszymi Norweskimi przedstawicielami partnera są:

- Prof. Bal Ram Singh – profesor na stanowisku emerytowanego badacza.
- Prof. Åsgeir R. Almås - profesor na stanowisku badacza

Spotkanie miało na celu prowadzenie prac nad dalszą realizacją wspólnych działań w projekcie oraz omówienie możliwości składania wspólnych wniosków grantowych oraz zarysów dalszych działań w realizacji wspólnych publikacji naukowych.





**FOR ACADEMIC EXCHANGE**

NAWA is a new institution that was established on October 1st, 2017. It is set up to coordinate state activities driving the process of internationalization of Polish academic and research institutions. The mission of NAWA is to foster the development of Poland in the area of science and higher education.

**NAWA goals:**

- Support international mobility of students, academics and researchers
- Support the process of internationalization of Polish HEIs and research institutions
- Promote Polish science and higher education



04.06.2019 r.

# Dzień 2

Wizyta studyjna w Zakładzie przeróbki odpadów  
zwanej „Magiczną fabryką”  
Lindum AS w Tønsberg



Realizując projekt EnviSafeBioC odwiedziliśmy zakłady w Lindum (Norwegia), gdzie przetwarza się odpady biodegradowalne na biogaz, bionawozy, komposty, uprawia pomidory i pieczarki, sekwestruje węgiel i podejmuje wiele działań R&D na rzecz gospodarki obiegu zamkniętego. Firma z małej lokalnej biogazowni w ciągu 10 lat stała się potentatem działającym w połowie kraju. Magia.





PowerPoint-lysbildframvisning - [Gospodarka obiegowa - Kopi] - PowerPoint

## Kamień milowy

1.07.2009r wprowadzony zakaz składowania odpadów biologicznie degradowalnych.

- 10% TOC lub 20% VS

W porównaniu z rokiem 2008 na składowiska trafiło 22% mniej ( 81 000 tonn) odpadów organicznych.

Lindum - for miljøets skyld

PowerPoint-lysbildframvisning - [Gospodarka obiegowa - Kopi] - PowerPoint

## Gospodarka cyrkularna

Katarzyna Krajewska  
Inżynier projektowy  
Dział naukowo - badawczy

Lindum - for miljøets skyld

PowerPoint-lysbildframvisning - [Gospodarka obiegowa - Kopi] - PowerPoint

## Odpady organiczne zagospodarowane w kompostowniach i biogazowniach

→ Organisk avfall som ble kompostert eller biogassbehandlet fra 2004 til 2010

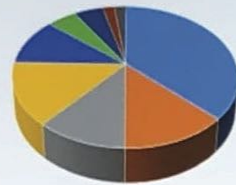
Year	Biogassbehandling (1000 tons)	Kompostering (1000 tons)
2004	~350	~300
2005	~300	~250
2006	31000	~250
2007	~350	~300
2008	~350	~350
2009	~350	~350
2010	87000	~350

2017 rok : 35% (147 000 tonn) odpadów kuchennych

KILDE: Statistisk sentralbyrå, 2012 / miljøstatus.no

Lindum - for miljøets skyld

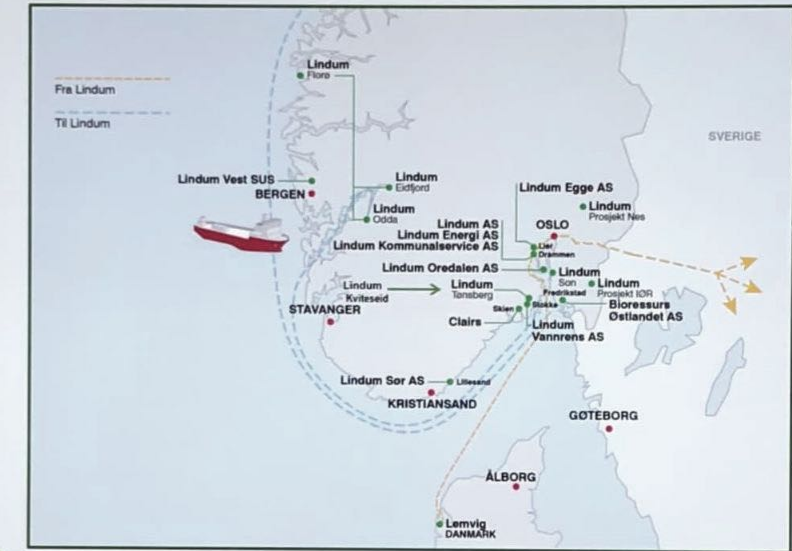
## Procentowy udział frakcji odpadów zagospodarowanych biologicznie w 2017 r



- odpady kuchenne 37%
- odchody zwierzęce 11%
- osady ściekowe 11%
- struktura wykorzystana w procesie 5%
- tluszcze 2%
- odpady zielone 13%
- inne organiczne 14%
- inne osady 5%
- struktura (drewno) wykorzystana w procesie 2%
- odpady z rybołówstwa

Lindum - for miljeets skuld

## Działalność Lindum



Lindum - for miljeets skuld

## Ambitne plany

Najnowsza dyrektywa Unii Europejskiej w zakresie gospodarki odpadami

- obowiązkowa selektywna zbiórka odpadów organicznych do 2023 roku.
- obowiązkowa zbiórka odpadów niebezpiecznych i tekstylii do 2025 roku

Cele recyklingu odpadów komunalnych

Do 2025 roku	Do 2030 roku	Do roku 2035
55%	60%	65%

Jedynie 10% z wyżej wymienionej objętości będzie można stabilizować na składowiskach odpadów.

Odpady mokre organiczne były jedną z nielicznych frakcji odpadów o nieregulowanej prawnie odpowiedzialności zagospodarowania przez zakłady przemysłowe. Nowa dyrektywa Komisji Europejskiej wprowadza zmianę. Producenci obciążeni są odpowiedzialnością za zagospodarowanie wytwarzanych w produkcji odpadów.

## Kierunki działalności Lindum



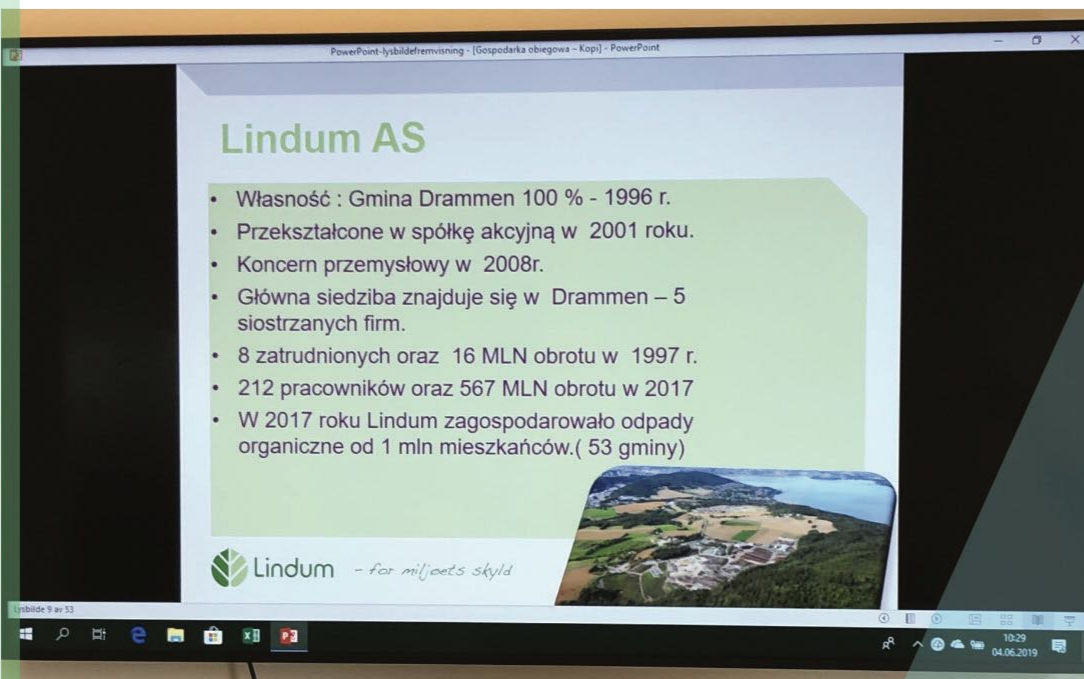
## Zagospodarowanie odpadów organicznych



## Lindum AS

- Własność : Gmina Drammen 100 % - 1996 r.
- Przekształcone w spółkę akcyjną w 2001 roku.
- Koncern przemysłowy w 2008r.
- Główna siedziba znajduje się w Drammen – 5 siostrzanych firm.
- 8 zatrudnionych oraz 16 MLN obrotu w 1997 r.
- 212 pracowników oraz 567 MLN obrotu w 2017
- W 2017 roku Lindum zagospodarowało odpady organiczne od 1 mln mieszkańców. ( 53 gminy)

Lindum - for miljeets skuld



## Zagospodarowanie odpadów organicznych



## Zalety i wady różnych metod kompostowania

Metoda	odory	Warunki klimatyczne	ekonomia
Reaktor	B dobra kontrola	wyeliminowane	B słaba
Pryzmy	Duży problem	Duży wpływ	B dobra
Materace	Duży problem	ok	B dobra
AgBag	Wyeliminowany	Wyeliminowane	B słaba

AgBag

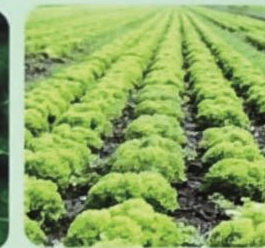
## Produkty instalacji:

- 115 000 m<sup>3</sup> bionawozu
- 7000 ton kompostu z odpadów zielonych
- 30000 ton mieszanki glebowej
- 1000 ton kompostu z odpadów kuchennych



## Wzrost popytu

- Lindum poświęca dużo uwagi w przygotowanie wysokiej klasy kompostu oraz bionawozu.
- Obserwujemy wysoki popyt na produkty kompostowe oraz bionawóz do celów rolniczych oraz ogrodniczych
- Kilka lat temu Lindum dopłacało rolnikom zachęcając do odbierania kompostu i bionawozu. Obecnie uzyskujemy profit

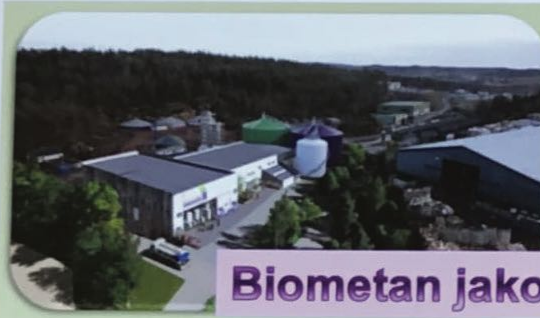


## Odpady ogrodowe

- Dużo ligniny oraz celulozy
- Wysoki C/N faktor
- Można przyspieszyć proces kompostowania dodając urea, azot amonowy lub digestat ( pochodzący z organicznych odpadów z gospodarstw domowych/ przemysłu spożywczego)



## Instalacje biogazowe



"Magiczna fabryka" Tønsberg (Greve Biogas): instalacja biogazowa bazująca na odpadach kuchennych oraz odchodach z hodowli zwierzęcej:

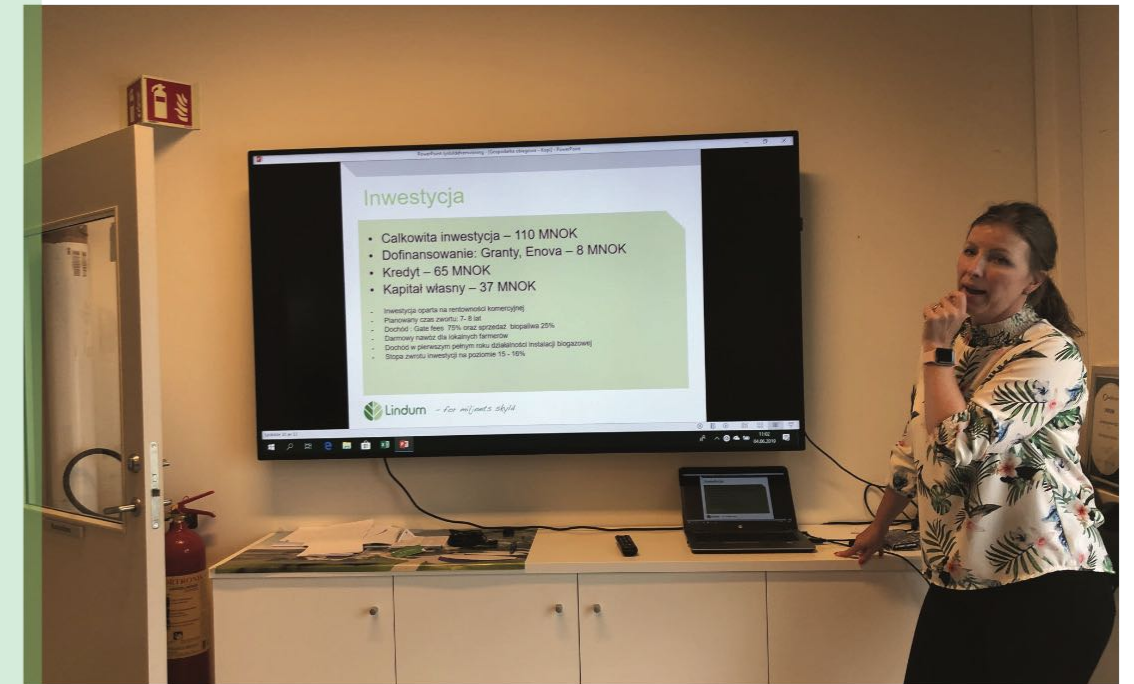
### Biometan jako biopaliwo

Biogazownia Lindum Drammen: osady ściekowe, ścieki z gospodarstw (szamba) oraz odpady kuchenne



**Biogazownia w Drammen**

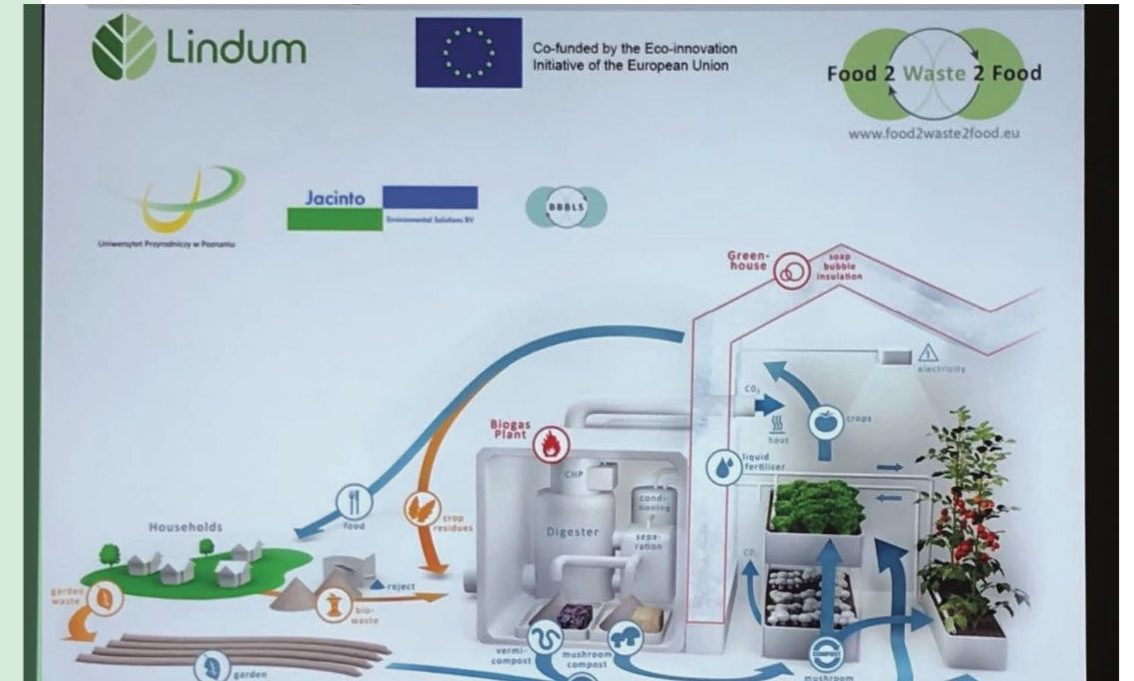
- Wład:**
  - 22 000 ton osadów pościelowych
  - 4600 ton tłuszczu
  - 2800 ton płynnych odpadów kuchennych
  - 5 000 ton sępek (płynna frakcja z szamba)
- Produkcja:**
  - 2 500 000 m<sup>3</sup> biogazu (1,2 mln m<sup>3</sup> uziarnionego biogazu)
  - 1000 ton gazu (1,2 mln m<sup>3</sup> uziarnionego biogazu)
  - 12 000 ton biomasy (34% sucha masa)
  - 1000 ton odpadów z produkcji (34% sucha masa)
  - 45000 m<sup>3</sup> ścieku rozpuszczonego do wrotki oczyszczalni ścieków



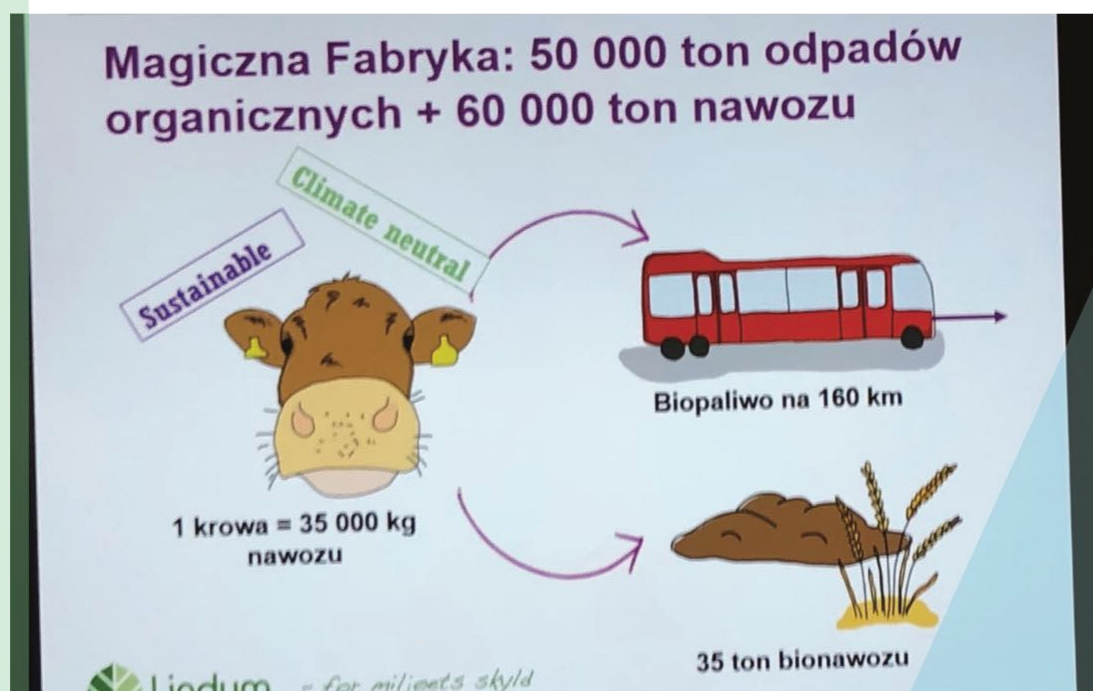
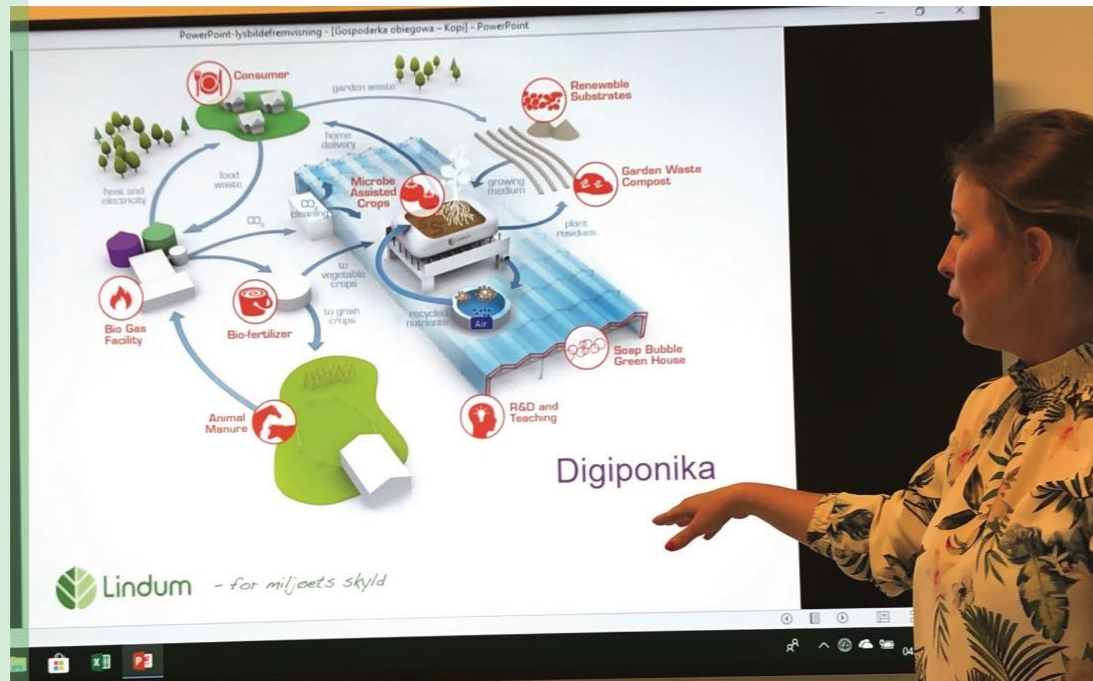
**Inwestycja**

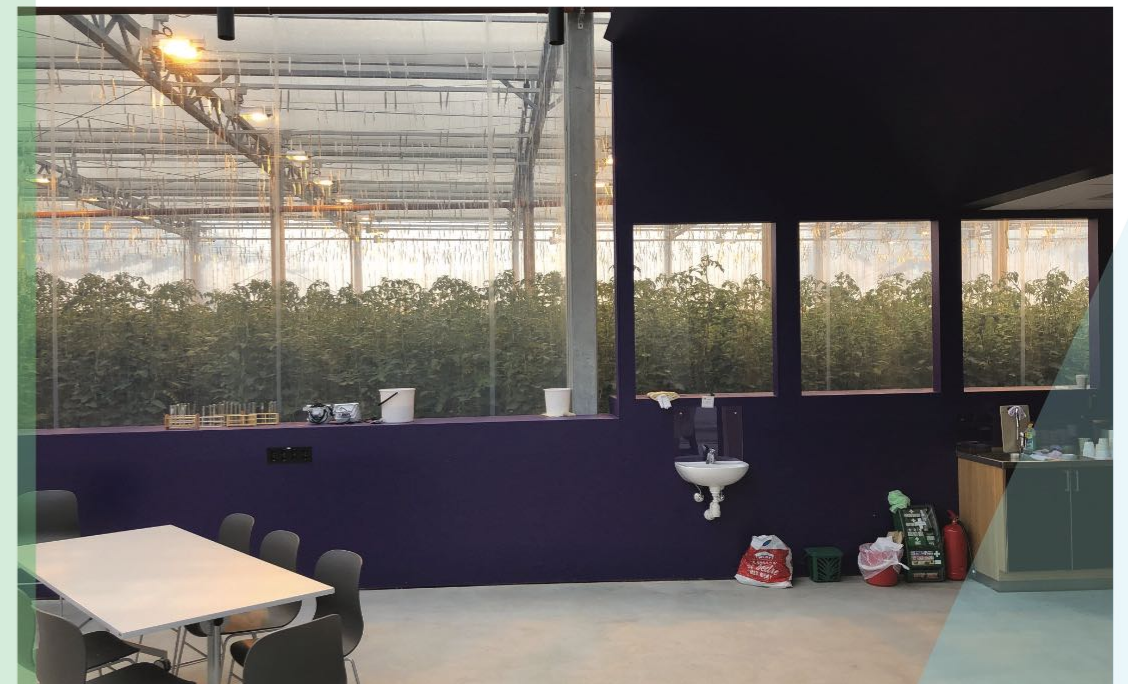
- Całkowita inwestycja – 110 MNOK
- Dofinansowanie: Granty, Enova – 8 MNOK
- Kredyt – 65 MNOK
- Kapitał własny – 37 MNOK

Inwestycja oparta na rentowności komercyjnej  
 Planowany czas zwrotu: 7-8 lat  
 Dochód: Gasa fees: 70% oraz sprzedaż biogazu 25%  
 Dochód z wywrotki dla lokalnych farmerów  
 Dochód z przetworzonego piętym roku działalności instalacji biogazowej  
 Stopa zwrotu inwestycji na poziomie 15-16%



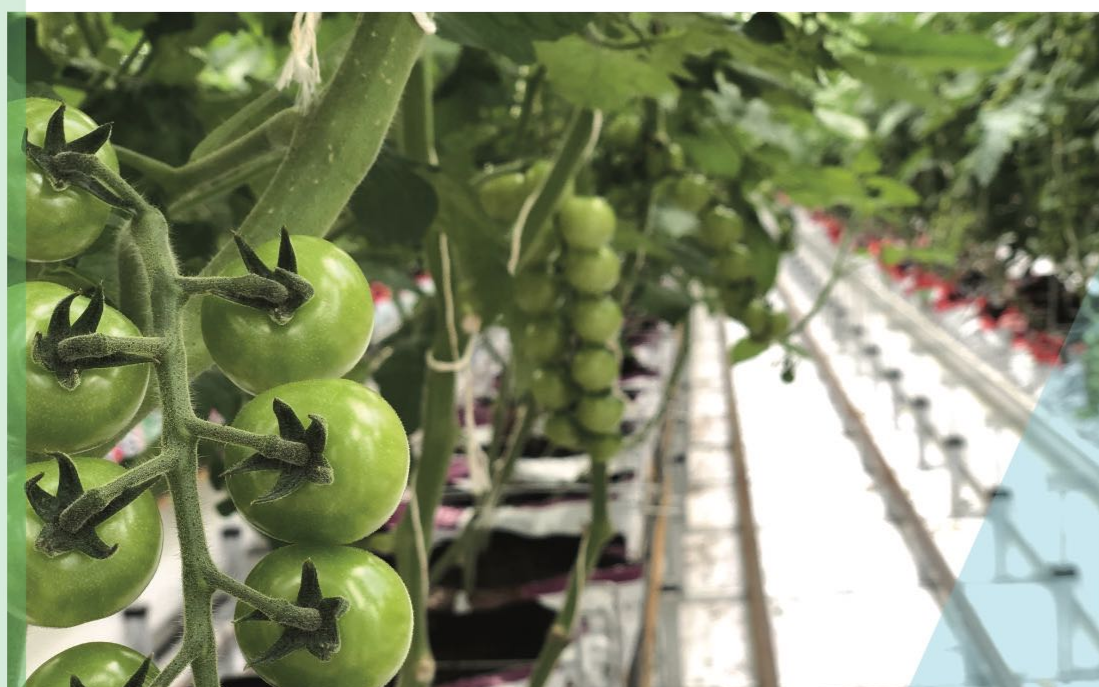












07.06.2019 r.

# Dzień 3

## Wizyta w Biogazowni - Bergen Vann KF

Biogazownia w Bergen zbudowana została jako centralny zakład przetwarzania osadu ściekowego pochodzącego z pięciu oczyszczalni ścieków znajdujących się w Bergen.

Osad ściekowy z oczyszczalni jest transportowany do Biogazowni w kontenerach, odwodniony do 15-25% substancji suchej. W biogazowni osad jest rozcieńczany do ok. 6% suchej masy oraz mieszany z innymi substratami w zbiorniku na substraty. Poza osadem ściekowym, biogazownia przyjmuje również zawartość z prywatnych szamb w Bergen oraz tłuszcz z tłuszczowników z oczyszczalni ścieków. Biogazownia jest również dostosowana do przyjmowania odpadków spożywczych i glikolu (na chwilę obecna nie są przyjmowane).

Zmieszane substraty są pompowane do zbiorników pasteryzujących, gdzie masa poddawana jest godzinnej obróbce termicznej w 70°C. Biogazownia posiada 3 zbiorniki higienizujące (pasteryzujące): w jednym odbywa się proces pasteryzacji, drugi się napełnia, trzeci się opróżnia. Pasteryzacja/higienizacja jest wymagana w celu pozbycia się bakterii szkodliwych dla środowiska i człowieka, takich jak *E. coli* czy *Salmonella*.

Mieszanie po pasteryzacji przepompowuje się do zbiorników fermentacyjnych, w których materia organiczna przechodzi przez szereg procesów organicznych utrzymywanych bez dostępu powietrza w około 57 °C (proces termofilny). Efektem końcowym jest przeistoczenie się części organicznej szlamu w biogaz.

Biogaz jest mieszaniną biometanu, dwutlenku węgla i siarkowodoru. W celu uzyskania paliwa dla autobusów, mieszaninę gazów pompuje się do jednostki uzdatniania gazu gdzie za pomocą procesu absorpcji oddziela się biometan od dwutlenku węgla. Siarkowódor jest usuwany za pomocą filtrów z węglem aktywnym. Końcowa mieszanina zawierająca około 66,1% biometanu, mieszana jest z gazem ziemnym i używana jako paliwo do autobusów w Bergen. Na chwilę obecna w Bergen znajduje się 40 autobusów używających biometanu jako paliwo. Docelowo miasto planuje podwoić tę liczbę. Biogazownia na chwilę obecna używa jedynie 60% swojej pojemności i toczą się dyskusje na temat dalszego przeznaczenia zakładu: ograniczenie do przyjmowania jedynie osadów ściekowych, szamba i tłuszczu, czy należy rozszerzyć działalność na przyjęcie odpadków spożywczych i glikolu.

Odpad pofermentacyjny/poferment czyli mieszanina substratów, która w zbiornikach fermentacyjnych nie została przemieniona w biogaz (około 60%) transportowana jest do wirówek. Końcowy produkt ma zawartość masy suchej 28% i przypomina wyglądem mokrą ziemię. Poferment z Biogazowni używany jest w 25% jako nawóz do obszarów zielonych i w 75% polepszacz ziemi pod uprawy zboża we wschodniej części Norwegii. W tym celu 75% pofermentu transportowana jest pociągami z zachodniej do wschodniej części Norwegii (około 500 km). To wynika z faktu, że w zachodniej części Norwegii jedynie 200 hektarów ziemi oddanych jest pod uprawę zboża. Poferment, substraty oraz proces tworzenia pofermentu i biogazu są pod ścisłą kontrolą higieniczną i laboratoryjną. Prawo jest regulowane poprzez Gjødelsvareforskriften - Przepisy regulujące produkcję, przechowywanie i używanie nawozów w Norwegii. Przepisy te opierają się na przepisach Unii Europejskiej, ale są znacznie zaostrzone

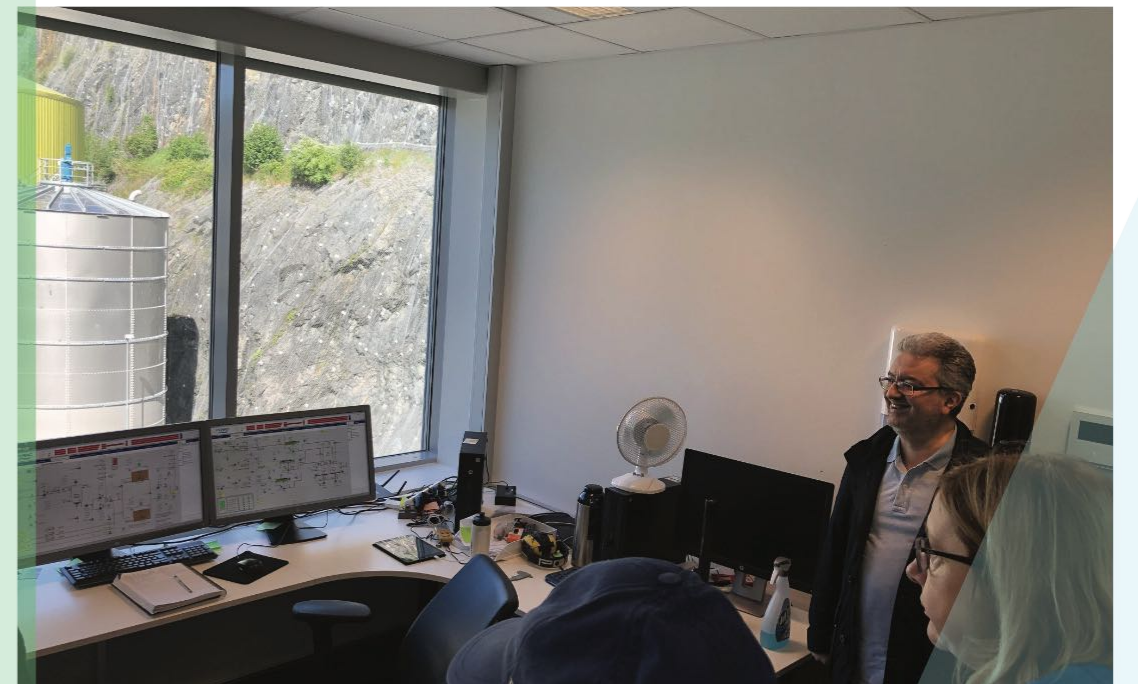
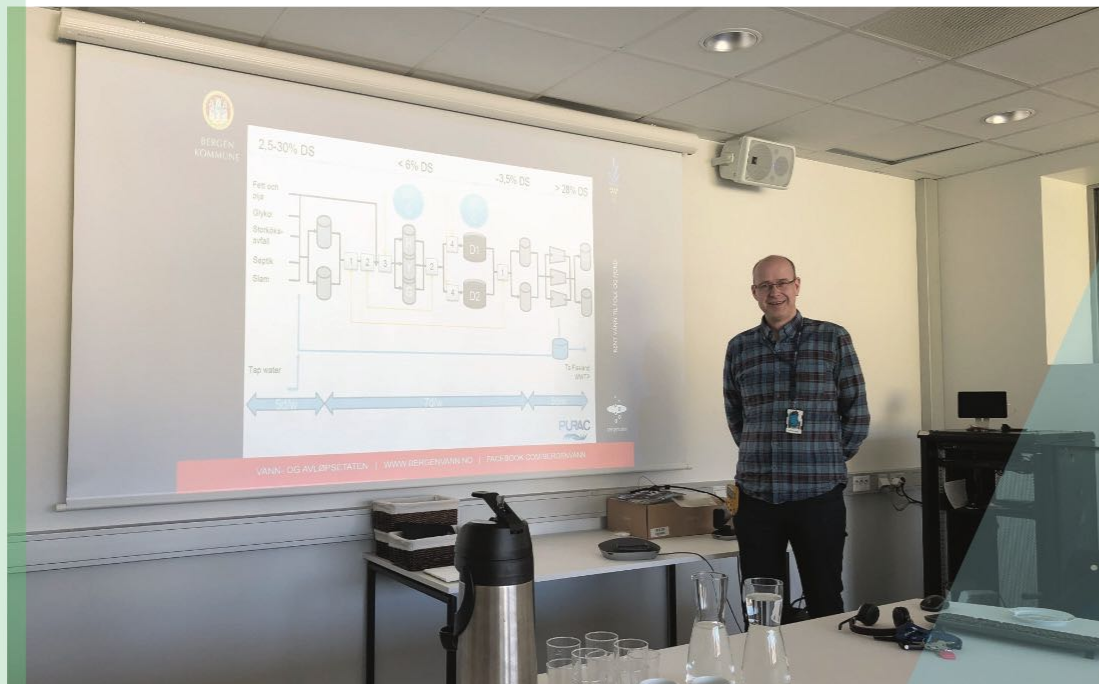
Wyprodukowany biometan: 1 720 000 m<sup>3</sup> (66,1% biometanu w mieszaninie)

Przyjęty osad ściekowy: 5 880 ton 100% suchej materii,

Przyjęty tłuszcz: 145 ton 100% suchej materii,

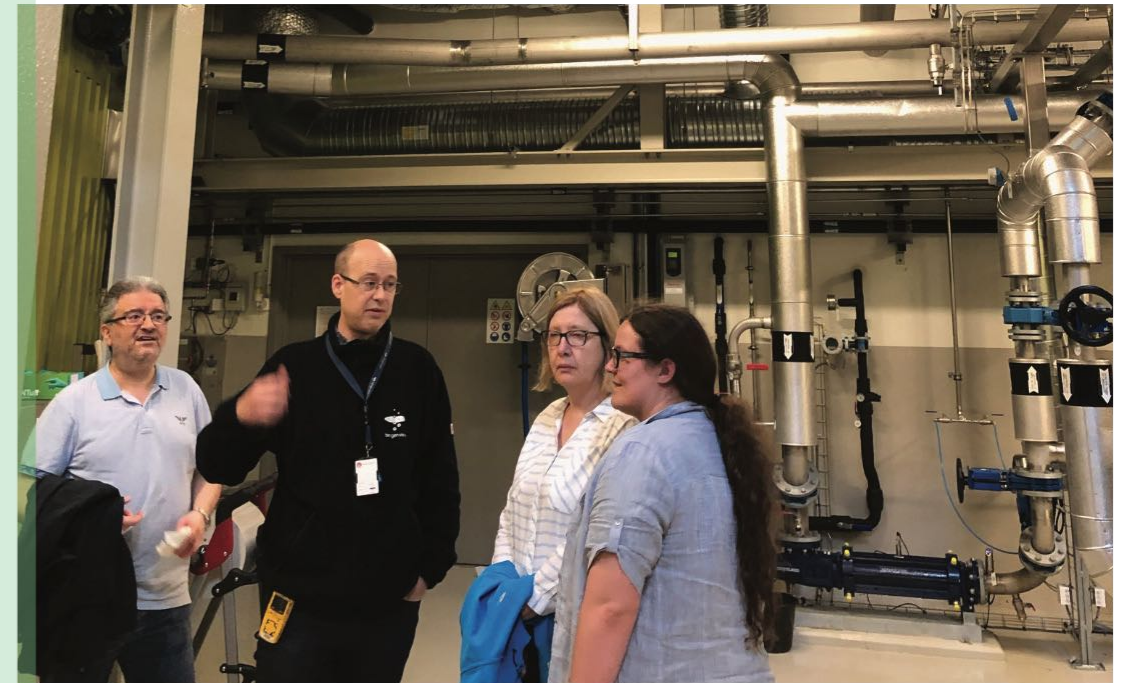
Przyjęte szambo: 6305 m<sup>3</sup>.













11.06.2019 r.

# Dzień 4

## Wizyta studyjna na Oczyszczalni ścieków Flesland, Bergen

Nowa oczyszczalnia ścieków na Flesland jest ostatnim z czterech zakładów, które zostały zmodernizowane i otwarte w gminie Bergen w ostatnich latach. Przed modernizacją oczyszczalni zaledwie około 20 procent ścieków w Bergen zostało poddanych czyszczeniu, przed wypuszczeniem do fiordów wokół miasta. Po modernizacji zakładów w Ytre Sandvika, Flesland, Kvernevik i Holen liczba oczyszczonych ścieków wzrosła do 75 procent.

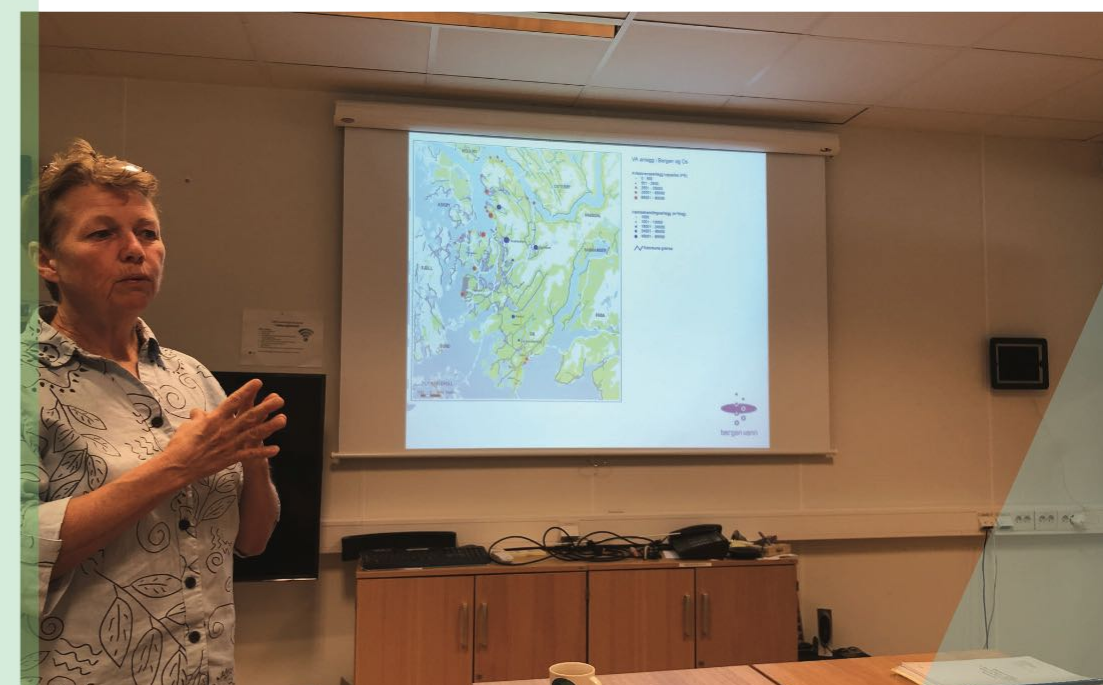
Oczyszczalnia ta jest największą z pięciu oczyszczalni istniejących w Bergen. Aktualizacja rozpoczęła się w 2012 roku i kosztowała ogółem 1,75 miliarda NOK. Oczyszczalnia przyjmuje ścieki z Fana i Ytrebygda. Sam obiekt znajduje się pod ziemią, tuż pod lotniskiem Bergen Flesland. Ponad 180 000 metrów sześciennych kamienia zostało usuniętych w celu uzyskania miejsca na budowę oczyszczalni w skale. Do budowy oczyszczalni użyto około 10 000 metrów sześciennych gotowego betonu i 2200 ton zbrojenia. Wykorzystano w sumie 40 000 metrów kwadratowych szalunku. Wszystkie konstrukcje mające kontakt ze ściekami są wodoodporne. Posadzki betonowe pokryte są żywicą epoksydową i poliuretanem.

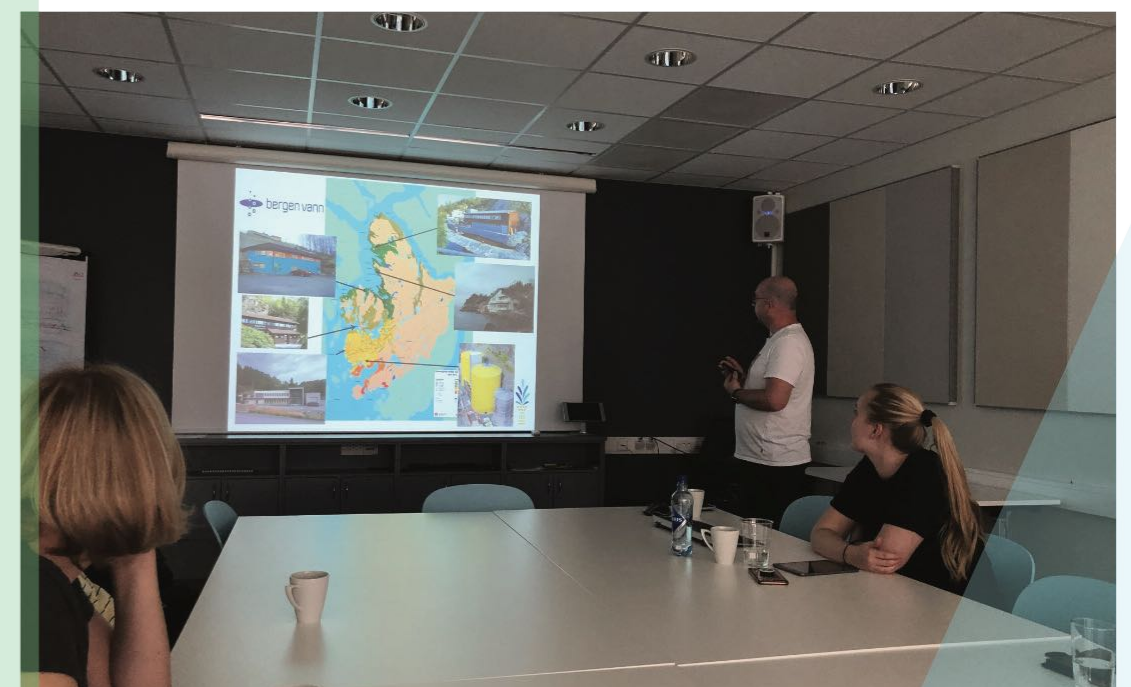
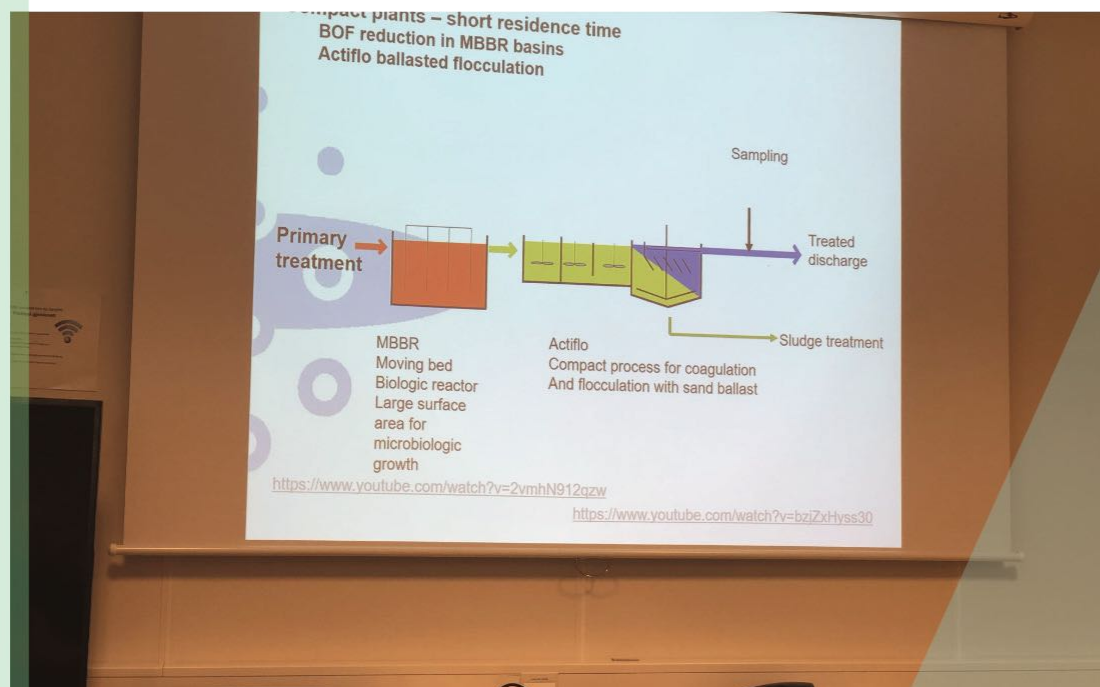
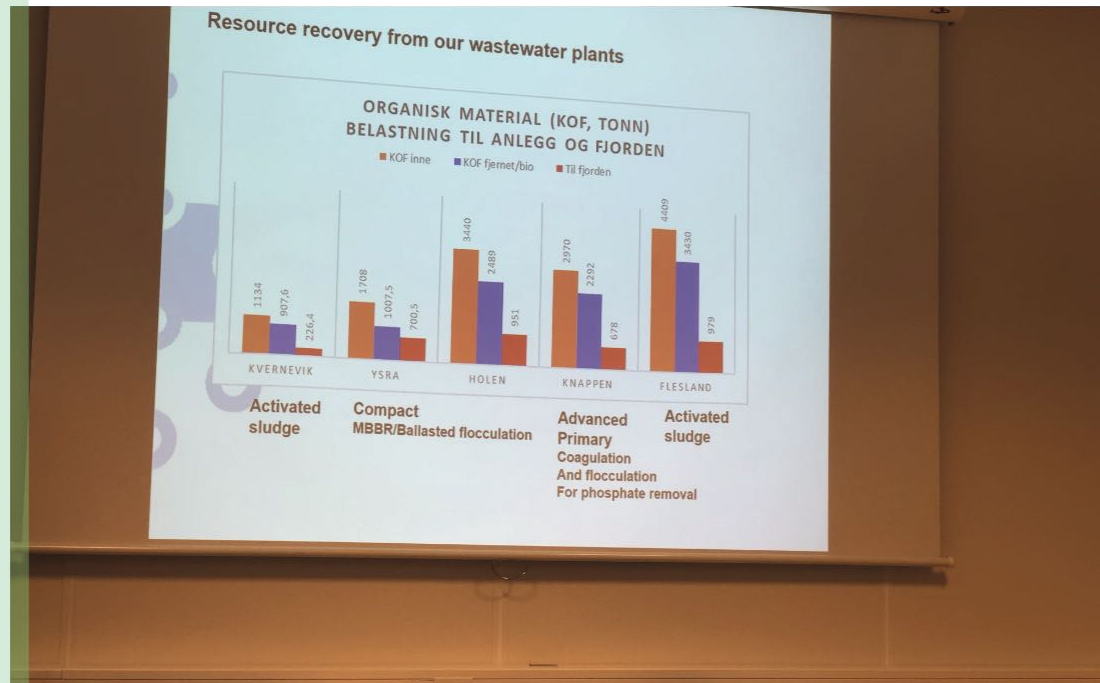
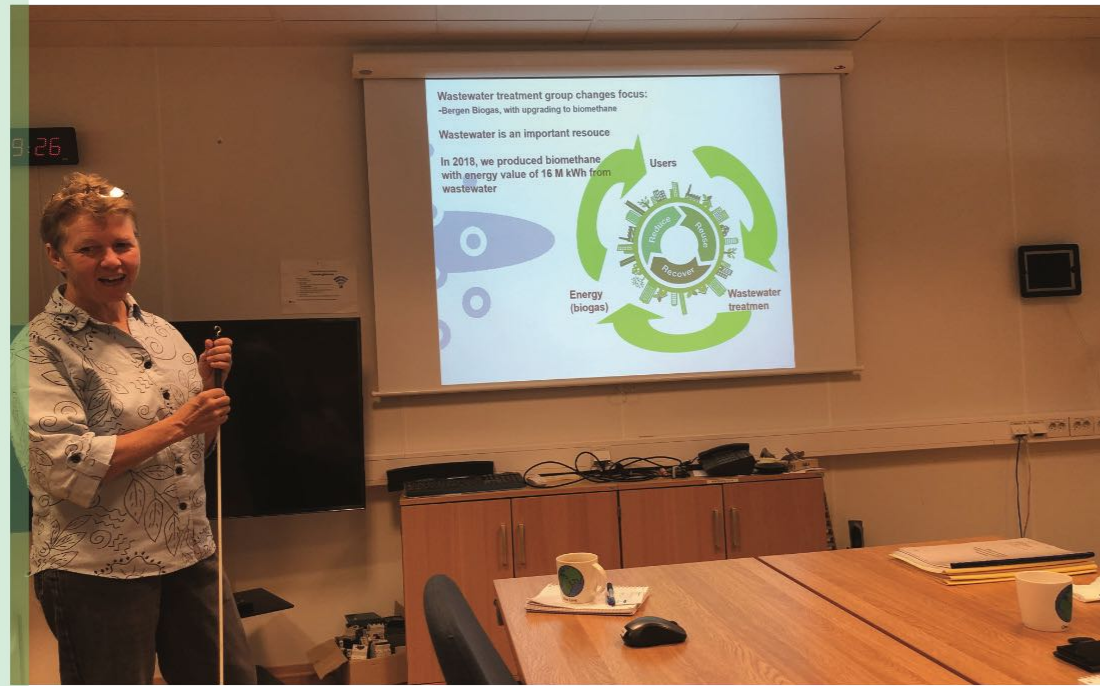
Zakład ma 8 000 metrów kwadratowych powłoki epoksydowej. Z Midtun duży tunel odwadniający biegnie łącznie przez jedenaście kilometrów do Flesland. Oczyszczone ścieki są odprowadzane do fiordu Raunefjord. Powodem, dla którego oczyszczalnia potrzebuje tak dużo miejsca, jest fakt, że do oczyszczalni wykorzystuje się tylko i wyłącznie procesy biologiczne, bez użycia chemikaliów. Procesy biologiczne wymagają dłuższego czasu sedimentacji w basenach czyszczących.

Obiekt składa się z pięciu równoległych hal (około 20 x 100 metrów), dwóch hal poprzecznych (20 x 200 metrów) i nowego tunelu (obwodowego?). Hale mają od 12 do 20 metrów wysokości. Całkowita powierzchnia wynosi około 14 000 metrów kwadratowych. Baseny mają głębokość do 10 metrów.

W zakładzie znajduje się 700 metrów rur o średnicy od 600 do 1500 mm i 200-metrowa rura prowadząca oczyszczone ścieki do morza o średnicy 800 mm. W projekcie wykorzystano 85 ton stali konstrukcyjnej. Najnowocześniejszy obiekt jest w dużej mierze zautomatyzowany i w ciągu dnia wymaga obecności zaledwie czterech pracowników. Oczyszczalnia jest dostosowana do przyjmowania ścieków od 152 000 mieszkańców i jej pojemność powinna wystarczyć na najbliższe 20-30 lat. Oczyszczalnia przyjmuje również ścieki z okolicznych zakładów przemysłowych.

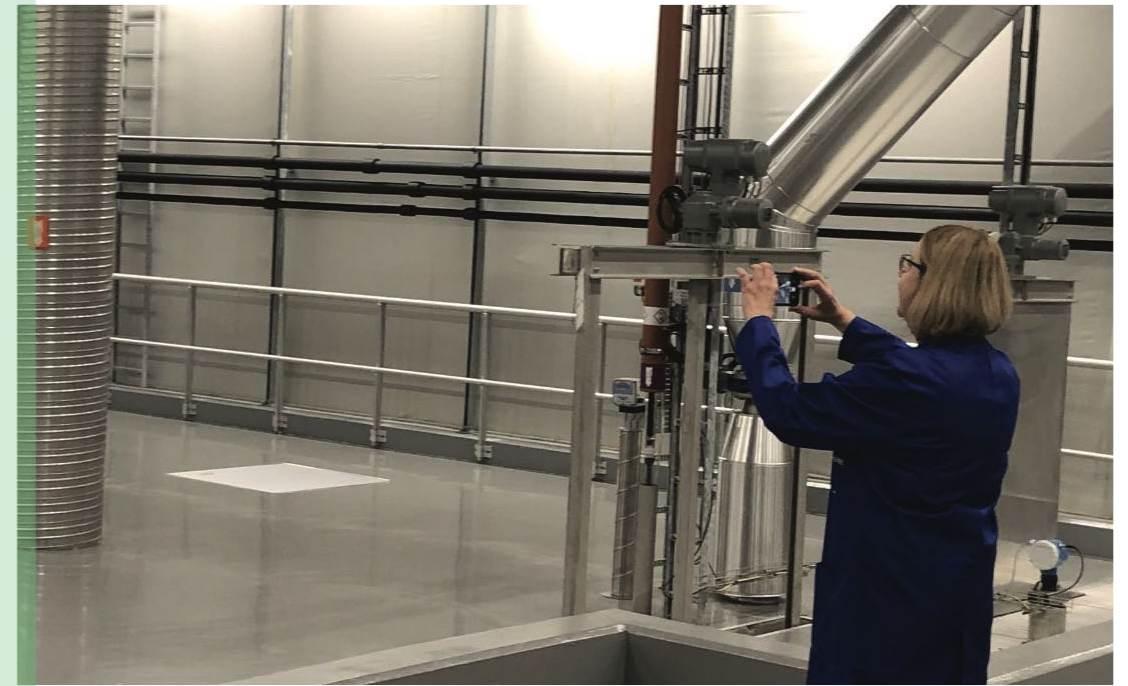
Szlam jest odwadniany za pomocą wirówki do około 15-20% masy stałej i transportowany do biogazowni w Rådalen.

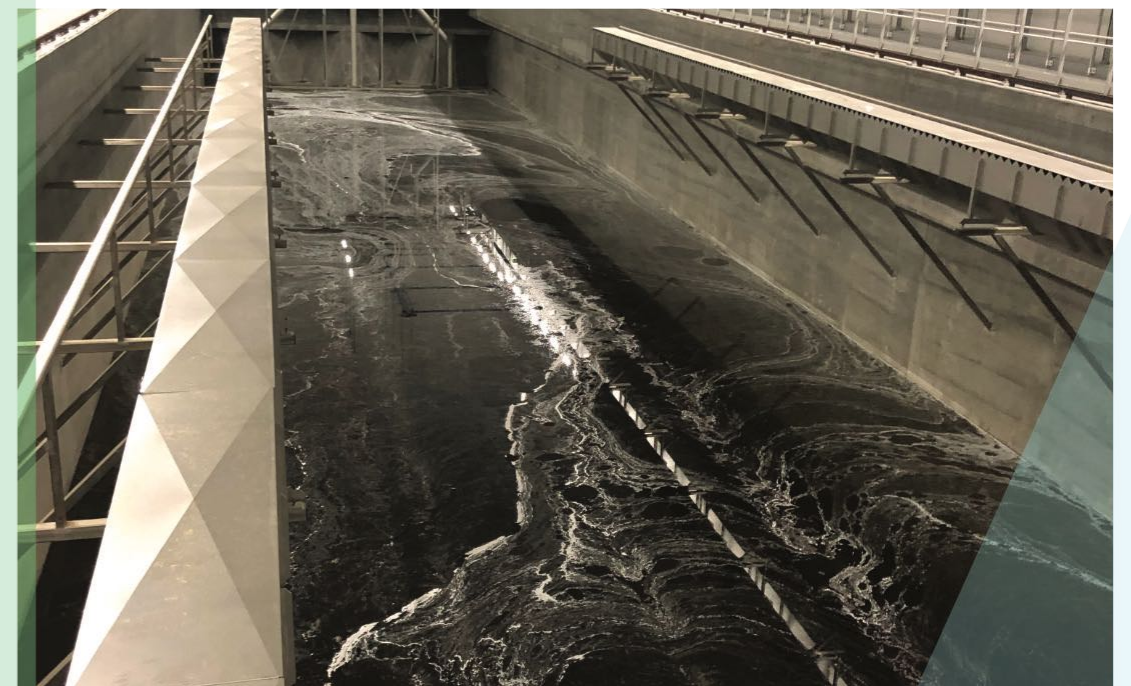
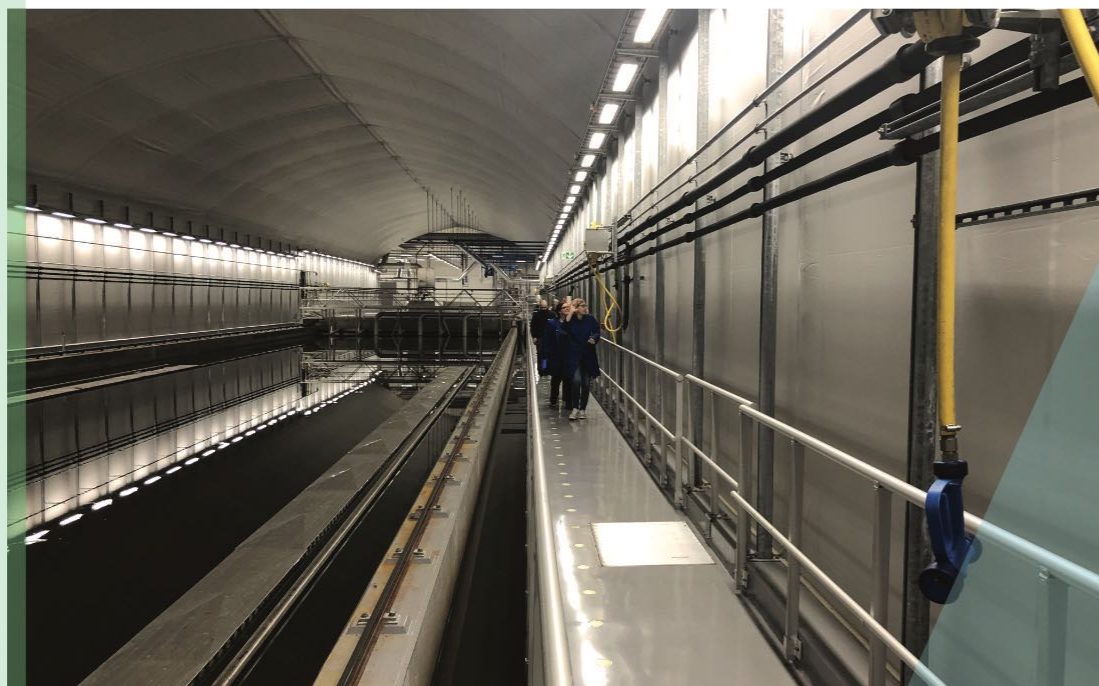




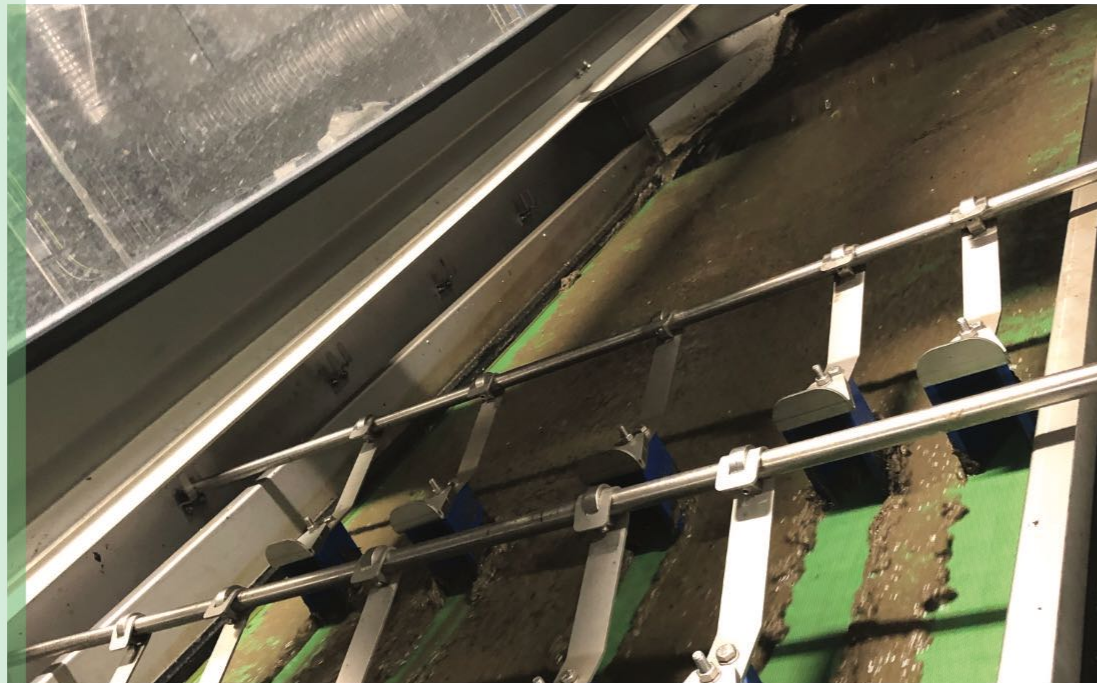
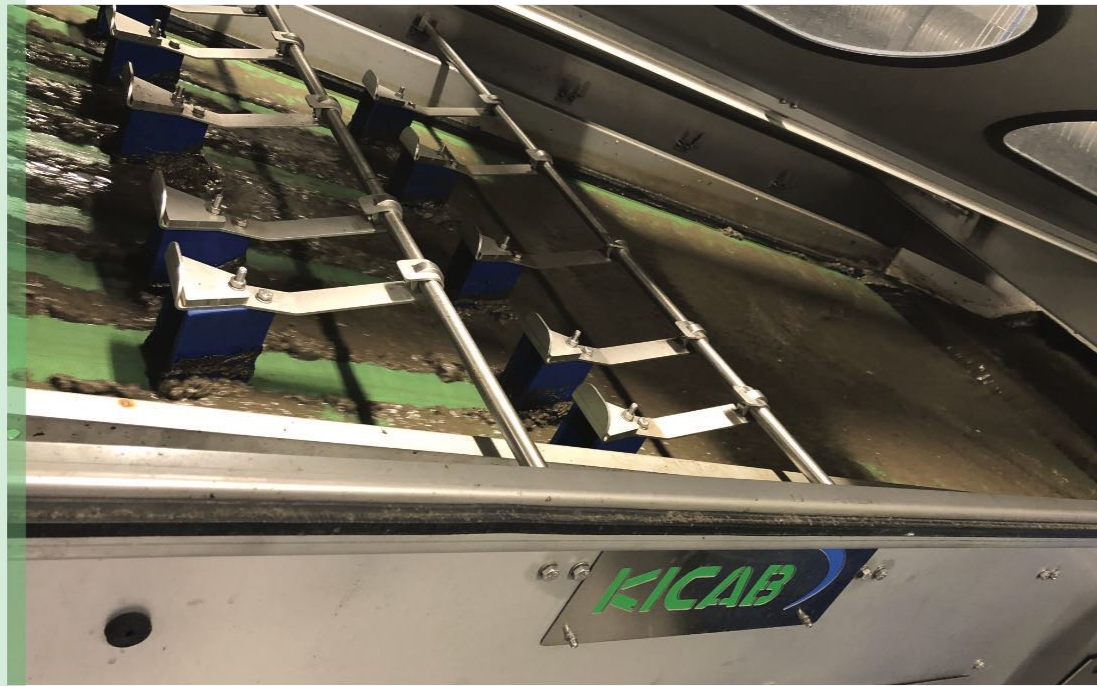












## Wizyta studyjna na Oczyszczalni Ścieków Ytre Sandviken, Bergen

Oczyszczalnia Ytre Sandviken została po raz pierwszy oddana do eksploatacji w 1999 r. Początkowo do czyszczenia ścieków wykorzystywana była krata schodowa/stopniowa (?) ze szczeliną 1 mm.

Oczyszczalnia była przedmiarowana (zaprojektowana) na 35 000 pe., pochodzących z okolic Vågen, Skuteviken, Sandviken, Breiviken, Biskopshavn i części Eidsvågneset / Eidsvåg.

Nowe hale czyszczące zostały dodane jako rozszerzenie istniejącego już zakładu. Ponadto zbudowano nowy tunel transportowy, aby móc odizolować transport szlamu i chemikaliów od innych aktywności na zakładzie.

Budowa rozpoczęła się w marcu 2012 r. Zakład znajduje się we wnętrzu góry, która najpierw trzeba było wydrążyć. W tym celu wywieziono łącznie około 35 000 metrów sześciennych kamienia.

Obecnie zakład ma wymiary 44 000 pe. Producentem procesu oczyszczania jest firma Krüger Kaldnes.

Sam proces składa się z zarówno biologicznego jak i chemicznego etapu oczyszczania.

W procesie obróbki wstępnej (czyszczenie mechaniczne) wymieniono na nowe kratki i myjki. Piaskowniki i tłuszczowniki zostały zmodernizowane i zakryte.

Szlam jest zagęszczany do około 20-25% suchej materii (dry solids) a następnie transportowany w zamkniętych kontenerach do biogazowni w Rådalen.

Podczas projektowania nowego zakładu duży nacisk był na ograniczenie zużycia energii poprzez zainstalowanie wymienników ciepła w całej wentylacji (powietrze wchodzące i wychodzące z zakładu).

Ciepło jest również odzyskiwane z oczyszczonych ścieków przed zrzutem do morza i odzysk ciepła z powietrza wdmuchiwanego wytwarzanego na etapie oczyszczania biologicznego.

Część oczyszczonych ścieków jest filtrowana i wykorzystywana jako woda procesowa w celu zmniejszenia zużycia wody pitnej. Woda ta jest używana do między innymi procesu mycia krat lub płukania basenów na etapie ich czyszczenia. Zakład musi spełniać wymóg czyszczenia wtórnego (secondary treatment?), którym jest usunięcie min 75% substancji organicznych (75% usunięcie substancji organicznych ChZT i 70% BZT).





14/15.06.2019

# Dzień 5/6

Spotkanie przedstawicielami partnera Norwegian University of Life Sciences NMBU w AS

Prowadzenie prac edytorskich nad wspólną publikacją w postaci anglojęzycznej monografii pt. „Biodegradable Waste management in the Circular Economy” która będzie wydana przez John Wiley & Sons Limited

