



# Arbeidsdokument

**Sommerprosjekt 2020 – Energi**

*Datasenter på Kalberg*

Gard Severin Kvamme Braut | Sølvi Herabakka | Vetle Lennartson Noem

Marius Bakken Støle | Ella Gardner Øxnevad

## Teamet

Gard Severin Kvamme Braut	Samfunnsøkonomi <i>Universitetet i Bergen</i>	<a href="mailto:gard.severin@live.no">gard.severin@live.no</a> 95830515
Sølvi Herabakka	Industriell økonomi og teknologiledelse <i>NTNU i Trondheim</i>	<a href="mailto:solviher@hotmail.com">solviher@hotmail.com</a> 95991308
Vetle Lennartson Noem	Økonomi og administrasjon <i>Norges Handelshøyskole</i>	<a href="mailto:vetle.lennartson.noem@gmail.com">vetle.lennartson.noem@gmail.com</a> 41091472
Marius Bakken Støle	Sustainable Innovation <i>Eindhoven University of Technology</i>	<a href="mailto:marius.stole@yahoo.no">marius.stole@yahoo.no</a> 48069107
Ella Gardner Øxnevad	Energi og miljø <i>NTNU i Trondheim</i>	<a href="mailto:ella.oxnevad@outlook.com">ella.oxnevad@outlook.com</a> 90535014

# Innholdsfortegnelse

<b>1. Bakgrunn og prosjektbeskrivelse.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Sommerprosjektet 2020 - Energi.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Hva er et datasenter .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Vår avgrensning til begrepet datasenter .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Norge som datasenternasjon.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5. Kalberg – en godt egnet lokasjon for datasenter .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6. Interessenter.....</b>	<b>3</b>
1. Lyse sine eierkommuner.....	4
2. Lokalbefolkning .....	5
3. Grunneiere og bønder .....	5
4. Kunder (internasjonale teknologiselskaper) .....	5
<b>1.7. Vår prosjektbeskrivelse .....</b>	<b>6</b>
<b>1.8. Vår problemstilling .....</b>	<b>6</b>
<b>1.9. Begreper .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Evalueringsmetode.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Idémyldring.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. Evalueringskriterier .....</b>	<b>10</b>
1. Teknologisk modenhet .....	10
2. Bidrag til symbiose.....	10
3. Bærekraftsmål.....	10
4. Økonomi.....	11
5. Samfunnsmessige ringvirkninger .....	11
<b>2.3. Vekting av evalueringskriterier og poengscore .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4. Helhetsvurdering og fokusområder .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Arbeidsmetode .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Avgrensinger og forutsetninger.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1. Avgrensinger .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. Forutsetninger.....</b>	<b>12</b>
<b>5. Fokusområder - settes sammen i en industriell symbiose .....</b>	<b>13</b>

<b>5.1. Biogassanlegg .....</b>	<b>14</b>
1. Beskrivelse av fokusområdet .....	14
2. Datainnhenting .....	18
3. Beregninger .....	18
4. Potensial .....	20
5. utfordringer .....	22
<b>5.2. Insektoppdrrett.....</b>	<b>22</b>
1. Beskrivelse av fokusområdet.....	22
2. Datainnhenting .....	24
3. Beregninger .....	24
4. Potensial .....	26
5. utfordringer.....	28
<b>5.3. Landbasert fiskeoppdrrett.....</b>	<b>28</b>
1. Beskrivelse av fokusområdet.....	28
2. Datainnhenting .....	30
3. Beregninger .....	30
4. Potensial .....	31
5. utfordringer.....	32
<b>5.4. Algefabrikk .....</b>	<b>32</b>
1. Beskrivelse av fokusområdet.....	32
2. Datainnhenting .....	33
3. Beregninger .....	33
4. Potensial .....	34
5. utfordringer.....	35
<b>5.5. Veksthus .....</b>	<b>35</b>
1. Beskrivelse av fokusområdet.....	35
2. Datainnhenting .....	37
3. Beregninger .....	37
4. Potensial .....	38
5. utfordringer.....	44
<b>6. Massebalanse .....</b>	<b>45</b>
<b>6.1. Datasenter (inkludert varmeveksler).....</b>	<b>45</b>
<b>6.2. Biogassanlegg .....</b>	<b>45</b>
<b>6.3. Landbasert oppdrettsanlegg for smoltproduksjon.....</b>	<b>48</b>
<b>6.4. Landbasert oppdrettsanlegg for matfiskproduksjon .....</b>	<b>49</b>

6.5.	Algefabrikk .....	50
6.6.	Insektoppdrett.....	51
6.7.	Horisontale veksthus .....	54
6.8.	Klimaregnskap.....	55
6.9.	Utregningsmetode.....	55
6.10.	Utgangspunkt.....	56
6.11.	Begrensninger .....	56
6.12.	Resultater/diskusjon.....	57
6.13.	Konklusjon .....	57
7.	<i>Positive effekter av en industriell symbiose på Kalberg</i> .....	58
7.1.	Samfunnsmessige ringvirkninger.....	58
7.2.	Klima- og miljøavtrykk.....	59
8.	<i>Veien videre</i> .....	59
9.	<i>Bibliografi</i> .....	60

# 1. Bakgrunn og prosjektbeskrivelse

## 1.1. Sommerprosjektet 2020 - Energi

Sommerprosjektet 2020 – Energi i regi av Lyse er et 6-ukers teamarbeid for fem studenter. Årets studenter har bakgrunn innenfor ingeniør- og økonomifag fra NTNU, NHH, UiB og Eindhoven University of Technology. Energiprojektet er et av Lyse sine to sommerprosjekter som ble utlyst for første gang i år.

Lyse presenterte prosjektoppgaven til energiteamet med følgende fire hovedpunkter:

- **Forutsetninger**  
Kartlegge dagens forutsetning for realisering av ulike typer datasenter.
- **Bærekraftskriterier**  
Etablere bærekraftskriterier for datasentertyper, energibehov og teknologier.
- **Vurdere bærekraft**  
Vurdere bærekraft til datasentre på Kalberg sett opp mot god utnyttelse av spillenergi til annen bærekraftig industri som trenger varme, som vertikale veksthus, fiskefarmer og biogassproduksjon.
- **Vurderingskriterier**  
Vurdere standard datasentre opp mot kriteriene.

Audun Aspelund og Esben Tønning Otterlei i Lyse Neo har vært prosjekteiere, mens graduate Sondre Nordbotn har vært prosjektleder. Studentene har fått relativt frie tøyler til å definere sin egen problemstilling og velge vinkling av oppgaven. Sammen med prosjekteiere og –leder, avgrenset studentene oppgaven til å se på hvordan spillvarme fra et datasenter på Kalberg kan utnyttes.

## 1.2. Hva er et datasenter

Et datasenter er et fysisk bygg med datamaskiner/servere, nettverksutstyr og kommunikasjonsforbindelser som lagrer og/eller prosesserer data. Vi skiller i hovedsak mellom tre ulike typer datasenter:

- **Enterprise**  
Eies og drives av selskapet det gir datakapasitet til (f.eks. Volkswagen).

- **Co-Location**

Datasenter som tilbyr datasenter som en tjeneste og selger plass til ulike aktører (f.eks. Green Mountain).

- **Hyperscale**

Eies og drives i stor skala av svære internasjonale selskaper (f.eks Microsoft) og gir datakapasitet til dette selskapet.

### **1.3. Vår avgrensing til begrepet datasenter**

For arbeidet med prosjektet har vi har sett på datasenteret som en “black-box”, og ikke gått noe videre inn på teknologier eller løsninger for selve datasenteret. Vi har sett på datasenteret som en komponent som krever svært store energimengder, samt kjøling for å holde temperaturen på maskinene stabil. Store mengder spillvarme slippes ut, og det er nettopp denne spillvarmen vi ønsker å se på hvordan kan utnyttes til å gi ”gratis” varme til andre industrier. Eksisterende datasenter utnytter i dag ikke spillvarmen. Videre har vi antatt at ett eller flere hyperscale datasenter vil bli etablert på Kalberg. Avsnittene under forklarer hvorfor det er sannsynlig at en datasenterutbygging vil skje i Norge og på Kalberg.

### **1.4. Norge som datasenternasjon**

Det er stor interesse for utbygging av datasenter i Norge. Dette er uttrykt av både Regjeringen<sup>1</sup> og blant store internasjonale teknologiselskaper. Norge har et fortrinn ettersom vi kan levere fornybar og billig elektrisitet, i tillegg til at vi har et stabilt kjølig klima. For øvrig er Norge politisk stabilt og lite utsatt for naturkatastrofer, som medfører at det er både trygt og gunstig å planlegge utbyggingen av et datasenter.

---

<sup>1</sup> <https://www.regjeringen.no/contentassets/6f1eda83c8f941418a5482b138466ea3/strategi-nfd-nett.pdf>

## 1.5. Kalberg – en godt egnet lokasjon for datasenter

På Kalberg/Kvernaland i Time kommune foregår det for tiden en reguleringsprosess hvor i alt 1881 dekar vurderes regulert til areal for kraftkrevende industri.

Rogaland, og mer konkret Kalberg, peker seg ut som en godt egnet lokasjon som dekker minimumskravene de internasjonale teknologiselskapene setter. Disse innebærer blant annet nærhet til internasjonal flyplass, universitet og kort avstand til større by (Stavanger og Sandnes). Stedet er i tillegg lokalisert nær Fagrafjell Transformatorstasjonen hvor tre linjer møtes, som sikrer god krafttilgang<sup>2</sup>. Ellers har Kalberg gode fiber-forbindelser både gjennom kabelen NO-UK som er under utbygging, men også via eksisterende kabler<sup>3</sup>.

Datasenterets utstyr genererer store mengder varme, og krever mye kjøling. På Kalberg var det i 2019 en gjennomsnittstemperatur på 8.2°C og maksimal temperatur på 15°C og sikrer dermed kravet om kjølige omgivelser. Samtidig er det tilgang på frikjøling i form av kaldt vann fra Gandsfjorden, en teknologi som allerede er i bruk hos Green Mountain Data Center på Rennesøy<sup>4</sup>.

Etablering av et datasenter er likevel komplekst og vil berøre mange interessenter, hvor motargumenter for utbygging i hovedsak er nedbygging av landbruksareal, som er viktig for matproduksjon og sysselsetting i regionen.

## 1.6. Interessenter

I startfasen av prosjektet brukte vi tid på å definere en problemstilling, og en viktig del av denne prosessen var å kartlegge interessentene i prosjektet. Vi vurderer Time kommune (og øvrige eierkommuner i Lyse), internasjonale teknologiselskaper (kunder for datasenteret), lokalbefolkningen, grunneiere og bønder som de viktigste interessentene.

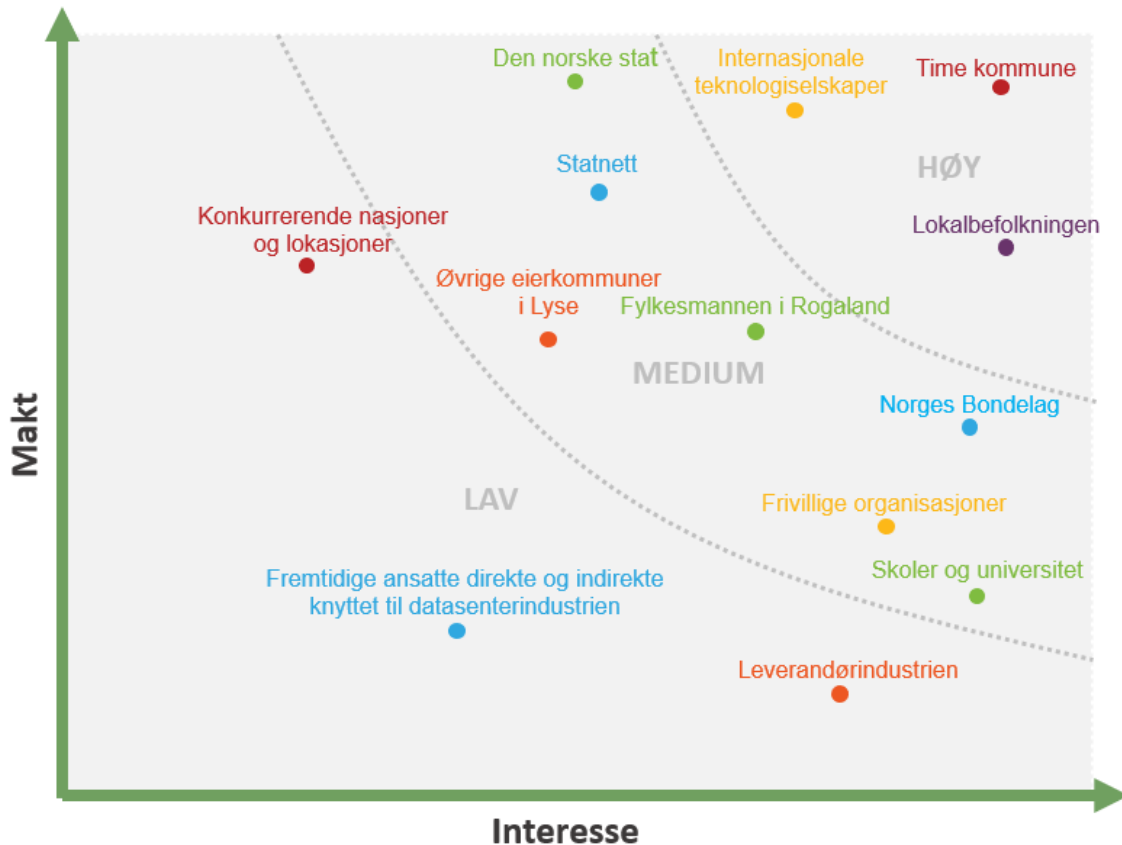
---

<sup>2</sup> <https://www.statnett.no/vare-prosjekter/region-sor/lyse-fagrafjell/>

<sup>3</sup> <https://www.lysekonsern.no/datasenter/category1185.html>

<sup>4</sup> <https://greenmountain.no/dc1-stavanger/>





### 1. Lyse sine eierkommuner

For å skape engasjement for løsningen i Lyse sine eierkommuner, må først og fremst de positive ringvirkningene av en datautbygging løftes frem. Utbyggingen kan skape et betydelig antall nye arbeidsplasser, både direkte og indirekte knyttet til utbyggingen. Høyt utdannede arbeidere i oljenæringen kan bli verdifulle i datasenterindustrien, da de besitter mye kunnskap som kan bidra til en glidende overgang fra en oljebasert region til å bli en region med flere bein å stå på. Med en glidende overgang vil kompetansen i regionen bli værende i stedet for å flyttes til andre regioner, som vil være avgjørende for at framtidige bedrifter ønsker å satse i området. Videre vil eierkommunene oppleve økte skatteinntekter som en konsekvens av utbyggingen. Flere av eierkommunene har ambisiøse mål om å redusere klimagassutslippene sine. En effektiv og bærekraftig utnyttelse av spillvarmen fra datasenteret, kan bidra til å nå målene kommunene har satt seg.

## 2. Lokalbefolkning

Det er viktig å at lokalbefolkningen inkluderes og informeres om muligheter og eventuelle utbyggingsplaner, for eksempel gjennom workshops eller informasjonsmøter. Her ønsker vi å gi muligheten til å påvirke innenfor rimelighetens grenser. Lokalbefolkningen må både bli hørt og sett. En viktig del av dette innebærer å adressere bekymringer som datasenteret kan medføre, spesielt i en tidlig utbyggelsesfase. For eksempel skape en dialog om utbyggelsestid, estetikk, støy med mer.

Videre er det ønskelig å fokusere på positive ringvirkninger, ergo nettoeffekten ved utviklingen av datasenteret. Det vil si at lokalbefolkningen skal være klar over at de skal få ta del i verdiskapningen som skjer lokalt, og på den måten være klar over at prosjektet potensielt kan medføre forbedret infrastruktur, arbeidsplasser og velferd for øvrig. I sum er målet å overbevise lokalbefolkningen om at utviklingen er noe å være stolt av - et initiativ som kan bidra til et nytt industrieventyr regionalt.

## 3. Grunneiere og bønder

Utbygging av datasenter på Kalberg vil kunne medføre store konsekvenser for grunneiere og bønder i regionen. Vi ønsker å finne en løsning for å utnytte spillvarmen fra datasenteret, som skal komme grunneiere og bønder til gode i stedet for å "utkonkurrere" denne sektoren.

## 4. Kunder (internasjonale teknologiselskaper)

Kunden i denne sammenheng er hyperscale-aktører, herunder Microsoft, Google, Apple e.l. Disse stiller en rekke minimumskrav, som tilgang på areal, sikker og stabil energiforsyning, stabile politiske forhold, nærhet til by, flyplass og universitet. Kalberg oppfyller alle disse kravene og dette må tydelig kommuniseres, da det finnes flere konkurrerende lokasjoner i Norden som besitter de samme egenskapene. Lyse har i denne sammenheng tatt rollen som foregangskjemper for å gjøre regionen mer attraktiv.

Nærmere bestemt omfatter dette arbeidet at Lyse er i prosessen med å øke konkurransekraften i Rogaland med en ny underhavskabel med fiber som er vedtatt utbygd mellom Stavanger og Newcastle (Storbritannia). Kabelen NO-UK skal etter planen stå klar i

fjerde kvartal 2021. En slik utbyggelse vil øke fiberhastigheten, ved at fiberen slipper å gå via Sverige, og er et viktig salgspunkt for store internasjonale aktører.

Videre er det god tilgang på frikjøling i form av kaldt vann fra Gandsfjorden, en teknologi som allerede er i bruk hos Green Mountain Data Center på Rennesøy. Bruken av frikjøling danner grunnlaget for å etablere ytterligere konkurransefortrinn for Kalberg som datasenterlokasjon. Dermed blir prosjektet en viktig del i å utarbeide potensialet for en sirkulær industripark med høye krav til bærekraft. Dette kan da også bli et viktig konkurransefortrinn som må fokuseres på i kommunikasjonsstrategien. Fokuset i kommunikasjonen bør med andre ord differensiere Kalberg som et sirkulært og bærekraftig alternativ, nettopp for å tiltrekke seg store datasenteraktører med ønske om å bli klimapositive.

### **1.7. Vår prosjektbeskrivelse**

Etter en kartlegging av dagens situasjon, forutsetninger og avgrensinger, kom prosjektgruppen frem til følgende prosjektbeskrivelse:

*Vi ønsker å se på hvordan etableringen av et hyperscale datasenter på Kalberg kan være utgangspunktet for å skape ny næring i regionen. Prosjektet skal se på muligheten til å utnytte datasenterets spillvarme til å skape en industriell symbiose, hvor avfall fra en industri kan bli en verdifull ressurs i en annen. Formålet med prosjektet er til syvende og sist at det skal gi et klimapositivt avtrykk og føre verdi tilbake til regionen.*

### **1.8. Vår problemstilling**

*Hvordan kan spillvarmen fra et datasenter på Kalberg brukes til bærekraftig næringsutvikling?*

## 1.9. Begreper

Black solider fly	Svart soldatflue. Insektstype.
Biorest	Fast fase som gjenstår etter biogassproduksjon.
CO <sub>2</sub> -ekvivalent (CO <sub>2</sub> -eq.)	En enhet som sammenveier utslipp av forskjellige klimagasser til den globale oppvarmingseffekten som utslipp av 1 tonn CO <sub>2</sub> vil ha i løpet av 100 år. For eksempel har metan mye sterkere oppvarmingseffekt enn CO <sub>2</sub> . 1 tonn metan gir samme klimaeffekt som 25 tonn CO <sub>2</sub> , og tilsvarer derfor 25 tonn CO <sub>2</sub> -ekvivalenter.
Fokusområder	Gjennom en evalueringsprosess gjorde vi en helhetsvurdering på hvilke industrier som vi mener passer best sammen i en symbiose på Kalberg. Følgende fem industrier ble utvalgt, og blir omtalt som fokusområder: <ul style="list-style-type: none"><li>• Biogassanlegg</li><li>• Insektoppdrett</li><li>• Algefabrikk</li><li>• Veksthus</li><li>• Landbasert fiskeoppdrett</li></ul>
Hub	Navn for å samle og prosessere gjødsel fra mange gårder i sentralisert prosess.
Husdyrgjødsel (bløtgjødsel)	Husdyrenes faste ekskrementer og urin lagret sammen, ofte også med større eller mindre mengder strø og vann fra husdyr og fjøsdrift.
Industriell symbiose	Industriell symbiose er en strategi for å oppnå en sirkulær økonomi gjennom at bedrifter/virksomheter innenfor et geografisk avgrenset området samarbeider om bruk av ressurser som eksempelvis materialer, energi, vann og/eller biprodukter. Avfall fra en industri kan være ressurs i en annen industri.
Karbonnegativt (vi bruker også begrepet klimapositivt)	Definisjonen på karbonnegativt er ifølge Sintef, at produksjonsprosessen fjerner CO <sub>2</sub> fra atmosfæren, gjennom for eksempel stortilt skogplanting eller bioenergi kombinert med CO <sub>2</sub> -håndtering.

Matfisk	Her: Ferdig oppdrettet laks (rundt 4 kg) som blir solgt til slakteri og som ender opp i fryse- eller ferskvaredisken.
Separasjon	Separerer gjødsel i en tørr og en våt fraksjon.
Smolt	Her: Smolt (500 gram) er betegnelsen på ungfisk av laks som er klare for utvandring fra ferskvann til saltvann.
TS	Tørrstoff. Stoff som blir igjen etter fjerning av vann eller andre væsker.
Tørrfraksjon	Del av husdyrgjødsel etter separering. 30% TS.
Upcycling (oppsirkulering)	Oppsirkulering er å bruke et materiale eller en gjenstand på nytt, men til et annet formål eller på en annen måte enn den opprinnelige.
Våtfraksjon	Del av husdyrgjødsel etter separering. Inneholder mindre enn 3% TS.

## 2. Evalueringemetode

Etter fasen med å definere en prosjektbeskrivelse og problemstilling, gikk vi i gang med en idémyldringsfase for å se på hvilke industrier som først og fremst kan utnytte spillvarmen fra datasenteret. Vi hentet inn informasjon gjennom litteratursøk og hadde jevnlig diskusjoner i gruppen rundt de ulike industriene. Videre formulerte vi noen evalueringskriterier, som skulle være et verktøy i utvelgelsen av de industriene som passer best i en industriell symbiose med datasenteret som utgangspunkt. Til tross for at vi hadde noen evalueringskriterier, vil vurderingen på mange måter være subjektiv. Løsningen vi endte opp med gjenspeiler derfor hva vi har mest tro på at vil kunne fungere i en symbiose på Kalberg.

## 2.1. Idémyldring

Ordskyen viser hvilke industrier/områder som ble foreslått under idémyldringsfasen.



Punktlisten viser hvilke av industriene/områdene fra ordskyen som ble evaluert. Evalueringen av hver av disse ligger som vedlegg.

- Hydrogenproduksjon
- Utvinning av thorium til kjernekraftverk
- Bryggeri
- Meieri
- Legemiddelproduksjon
- AirCarbon plast
- Soppproduksjon (MycoComposite, et alternativ til isopor)
- Tørring av fiskeslam/bløtgjødsel
- Fjernvarme
- Insektproduksjon
- Silisiumproduksjon
- Bioplast – Polyactic Acid (PLA)
- Produksjon av garn – Sandnes Garn
- Batteriproduksjon til elbilmarkedet
- Badeland/svømmeanlegg
- Hotell, restauranter og kontorbygg
- Tungtransport på land
- Fartøy og eksport
- Gipsproduksjon
- Slakteriavfall (uten protein)
- Fosforutvinning av fiskeslam i biorest
- Landbasert dyrking av tang og tare
- Kombinert kraft- og varmeproduksjon (CHP)

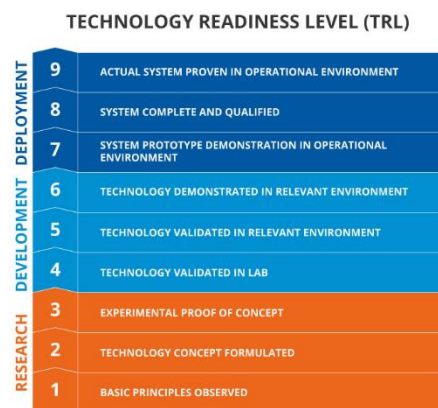
- Akvaponi
- Tørking av flis
- Algeproduksjon
- Karbonfangst
- Vertikale veksthus
- Veksthus
- Enzymproduksjon til insulin
- Biogassanlegg

## 2.2. Evalueringskriterier

Alle industriene i punktlisten over ble evaluert etter følgende fem kriterier.

### 1. Teknologisk modenhet

Industrien krever en viss modenhet for at det skal være mulig å vurdere kriteriene nedenfor og videre foreta en grundig analyse av den. Vi ønsker å kategorisere industriene ved bruk av “technological readiness level” (TRL), som blir brukt av blant annet Enova. Dersom teknologien er på nivå 6 eller høyere, oppnår den kriteriet for tilstrekkelig teknologisk modenhet.<sup>5</sup>



### 2. Bidrag til symbiose

Under dette evalueringskriteriet ønsker vi å vurdere om industrien kan bruke avfall fra en industri i symbiosen som ressurs, samtidig som dens avfall kan nyttiggjøres et annet sted. Samtidig blir en symbiose mellom den aktuelle industrien og datasenteret ansett som viktigst.

### 3. Bærekraftsmål

Bidrar industrien til å oppfylle noen av FNs bærekraftsmål, og er det relevant for prosjektbeskrivelsen?

<sup>5</sup> <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/technology-readiness-levels>

#### 4. Økonomi

Vi ønsker å lete etter data fra lignende konsept, for å se på blant annet lønnsomhet, støtte, kostnadsstruktur og forretningsmodell.

#### 5. Samfunnsmessige ringvirkninger

Her er det hensiktsmessig å se på antall årsverk lignende industrier genererer, samt andre ringvirkninger regionalt.

### 2.3. Vekting av evalueringskriterier og poengscore

For hver industri og for hver av de fem evalueringskriteriene, ble det gitt en score fra 1 til 10. De fem evalueringskriteriene ble vektet basert på viktighet, og den gjennomsnittlige scoren ble beregnet for hver industri. Tabellen viser industriene som scoret høyest.

	Vekt	TRL	Bidrag til symbiose	Klimamål	Økonomi	Samf.ringvirkninger	SUM
		10%	35%	23%	10%	23%	
Vertikale veksthus		9	10	10	9	9	9,575
Oppdrett (sjø)		9	10	8	9	10	9,35
Oppdrett (fersk)		9	10	8	9	10	9,35
Biogassanlegg		10	10	9	9	8	9,225
Veksthus		10	10	9	8	8	9,125
Akvaponi		7	10	10	5	8	8,75
Algefabrikk		7	10	10	8	6	8,6
Karbonfangst		10	10	10	5	6	8,6
Tørrking av slam		7	8	9	7	9	8,25
Fiskefôr		10	8	7	10	6	7,725
Insekter		9	8	7	8	7	7,65
Gjødselabrikk		7	7	8	6	9	7,575
AirCarbon		9	6	9	6	5	6,75
PLA		10	7	6	6	5	6,525
Legemiddel		8	6	5	3	5	5,45

### 2.4. Helhetsvurdering og fokusområder

Med utgangspunkt i tabellen over, gjorde vi en helhetsvurdering for å velge ut hvilke industrier som vi mener passer best sammen i en symbiose på Kalberg. Følgende fem industrier ble utvalgt, og vi vil heretter omtale de som *fokusområder*:

- Biogassanlegg
- Insektoppdrett
- Algefabrikk
- Veksthus
- Landbasert fiskeoppdrett



### 3. Arbeidsmetode

Arbeidet videre gikk ut på å sette sammen en symbiose av fokusområdene og se på hvilke regionale samfunnsøkonomiske ringvirkninger symbiosen vil skape. Vi valgte oss noen data vi ville finne for hvert fokusområde, som var mulige å finne og enkle å sammenligne:

- Massebalanser: input og output for fokusområdene for å dimensjonere symbiosen
- Arealbehov
- Arbeidsplasser: graden av verdiskapning
- Investering: graden av verdiskapning

Denne dataen ble hentet inn fra vitenskapelig litteratur, grå litteratur, samt intervjuer av relevante bedrifter/organisasjoner.

### 4. Avgrensinger og forutsetninger

#### 4.1. Avgrensinger

- Vi ser på hvert fokusområde som en “black box”. På grunn av tidsbegrensinger går vi ikke i dybden på tekniske detaljer, men forstår industrien godt nok til å kunne si hvilke input som kreves og hvor mye output som genereres.
- Vi antar lineære forhold for å kunne skalere størrelser ut ifra lignende eksisterende anlegg.
- Systemgrensen inneholder kun den industrielle symbiosen bestående av datasenteret og de aktuelle fokusområdene. Vi ser dermed bort ifra all input/output som ikke er direkte tilknyttet symbiosen, som for eksempel elektrisitetsbehov (Fagrafjell) og transport.

#### 4.2. Forutsetninger

- Fokusområdene vi har valgt ut skal kunne utnytte spillvarme fra datasenteret direkte. Det finnes andre industrier som kan kobles til symbiosen, uten at spillvarmen er en innsatsfaktor, men disse har vi ikke sett på.
- Spillvarme blir sett på som lavverdig energi, men utgjør en ubegrenset ressurs som er hensiktsmessig å utnytte.
- Spillvarme fra datasenteret (lukket ferskvannssystem) vil ha varierende temperatur, men kan reguleres uten store ekstra kostnader vha. pumper. Vi antar at temperaturen ligger på 40-60 grader før regulering.

- Datasenteret kan kjøles vha. frikjøling fra Gandsfjorden. Sjøvann på 8 grader pumpes opp fra 100 meters dyp, og kjøler ned vannet i et lukket ferskvannssystem. Vi antar at returtemperaturen på sjøvannet er 20-25 grader.
- Pumper, varmevekslere og infrastruktur for et lukket fjernvarmesystem vil være nødvendig for både frikjøling og god utnyttelse av spillvarme. Dette er teknologier Lyse kan og som vi dermed ikke har fokusert på.
- Eieren av datasenteret vil betale for infrastruktur for frikjøling og til spillvarme. Dette ser vi på som rimelig, ettersom frikjøling er essensielt for datasenteret og utnyttelse av spillvarme gir et klimapositivt bidrag (se klimaregnskap).
- Det vil være økt etterspørsel etter bærekraftige løsninger i fremtiden på grunn av stadig økt fokus på miljø. Denne forutsetningen ligger til grunn når vi har vurdert muligheten for økonomisk støtte og potensialet for fokusområdene.

## 5. Fokusområder - settes sammen i en industriell symbiose

For de fem fokusområdene vil vi gjennomgå følgende:

- *Beskrivelse av fokusområdet*  
Det vil her bli gitt en kort beskrivelse av fokusområdet sin teknologi, hvilken løsning vi ser for oss på Kalberg og hvorfor fokusområdet passer inn i den industrielle symbiosen.
- *Datainnhenting*  
Grove estimat på massebalanse (per år), arealbehov, direkte arbeidsplasser knyttet til fokusområdet, investeringskostnad og mulighet for økonomisk støtte.
- *Beregninger*  
Beskrivelse av hvordan vi har kommet fram til tallene oppgitt under datainnhenting.
- *Potensial*  
Fremtidige muligheter og potensial basert på ny forskning diskuteres.
- *Utfordringer*  
Usikkerhetsmomenter med løsningen vi foreslår, som for eksempel datainnhenting, ny teknologi, økonomisk lønnsomhet og om løsningen er realiserbar.

## 5.1. Biogassanlegg

### 1. *Beskrivelse av fokusområdet*

#### **Hva er et biogassanlegg?**

<sup>6</sup>Biogass dannes når organisk materiale brytes ned av mikroorganismer uten tilgang på oksygen. Gassen oppstår i naturen, men kan også produseres ved en kontrollert nedbrytningsprosess (utråtning) av organisk avfall i et biogassanlegg. I prinsippet kan alle typer organisk avfall utråttes i en biogassreaktor, men noen typer avfall (som inneholder mye fett, proteiner og karbohydrater) avgir mer gass. For eksempel vil nedbrytning av fiskeslam avgir mer gass enn husdyrgjødsel. Det er også mulig å blande ulike organiske avfallsfraksjoner og samråtne disse for å få et høyere biogassutbytte. Råtnetankene krever en temperatur på enten 37°C (mesofil prosess) eller 55° C (termofil prosess) (Personlig kommunikasjon, Leif Ydstebø, fagansvarlig IVAR, 02.07.2020., e-post). Prosessen går raskere jo høyere temperatur man har.

Biogassen som oppstår i råtningstanken samles i toppen av tanken, og tappes av etter hvert. Gassen vil da ha et metaninnhold på omtrent 60%, og det er dette vi kaller for ubehandlet biogass. Gjennom en oppgradering av biogassen, vil blant annet CO<sub>2</sub> fjernes fra gassen. Ferdigforedlet biogass vil ha et metaninnhold på omtrent 90%, og er da klart til å distribueres ut på et gassnett.

#### **Hva kan biogass og bioest brukes til?**

<sup>7</sup>Biogass er en fleksibel energibærer som kan brukes til oppvarming, el-produksjon, kuldeproduksjon og matlaging. Bruker man biogassen som drivstoff, erstatter man tilsvarende mengde fossilt brensel, og får således en klimagevinst, i tillegg til at man kun får utslipp av vanndamp og CO<sub>2</sub>. Biogassen kan erstatte fossil naturgass, ettersom metan er hovedbestanddelen i begge gassene.

I tillegg til biogass, får man et restprodukt etter utråtning. Restproduktet (bioest, også kalt biogjødsel) er rikt på næringsstoffer og kan føres tilbake til landbruket, slik at

---

<sup>6</sup> <http://biogassoslofjord.no/om-biogass/>

<sup>7</sup> <http://biogassoslofjord.no/om-biogass/>

næringsstoffene holdes i kretsløpet. Ved å erstatte kunstgjødsel (som er energikrevende å produsere) med biorest, kan man få en klimagevinst.

### **Hvilken løsning er tenkt?**

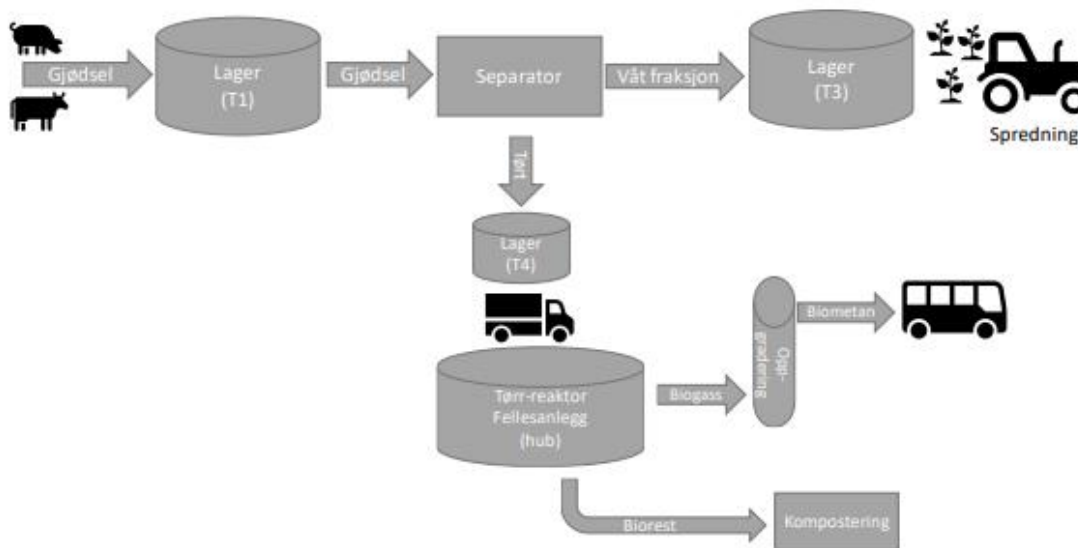
I en symbiose på Kalberg ser vi for oss at et biogassanlegg kan være en sentral komponent. Kort forklart kan spillvarme fra datasenteret varme opp råtnetanken, hvor husdyrgjødsel fra gårder på Jæren og fiskeslam fra et landbasert oppdrettsanlegg (på Kalberg, mer om dette senere) blir samlet inn og brukt til å produsere biogass. Ferdigforedlet biogass kan gå ut på det allerede eksisterende gassnett og erstatte fossil naturgass, mens bioresten kan bli til gjødsel for bøndene. CO<sub>2</sub> som skilles ut fra den ubehandlede biogassen kan brukes i en algefabrikk og et veksthus, som er andre fokusområder i symbiosen vår.

I mai 2020 gikk Lyse, IVAR og Felleskjøpet sammen og etablerte Jæren Biopark AS – et selskap som skal arbeide for å realisere biogassproduksjon fra jordbruket. Selskapet er enda helt i startfasen, men vi ser for oss at disse kunne ha vært interesserte i å etablere et biogassanlegg på Kalberg.

Når det gjelder løsninger for innsamling av husdyrgjødsel som råstoff til et biogassanlegg, har NORCE gjort en utredning for ulike alternativer i rapporten *Biogass/biorestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren*<sup>8</sup>. Rapporten ser på potensialet for innsamling av husdyrgjødsel fra gris og storfe fra gårder i Hå, Time og Klepp. For vår symbiose, har vi tatt utgangspunkt i det som blir kalt scenario 1 i rapporten. Her blir følgende løsning foreslått: All husdyrgjødsel fra gårdene blir først separert i en tørr og våt fraksjon på gårdene. Dette krever at hver gård har en egen separator, samt lager for både ubehandlet husdyrgjødsel og våtfraksjon. Våtfraksjonen kan brukes som gjødsel på jordene uten videre behandling, mens tørrfraksjonen blir transportert til en sentralisert hub for behandling i en tørr-reaktor for biogassproduksjon. Vi ser for oss at denne tørr-reaktoren er plassert på Kalberg. Det antas også at biogassanlegget på Kalberg vil oppgradere biogassen, slik at den kan gå ut på det eksisterende gassnett og erstatte fossil naturgass.

---

<sup>8</sup> <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2630988/Rapport%20NORCE%20Milj%c3%b8%205-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



**Figur 3.5:** Scenario 1: behandling av separert gjødsel i sentral biogasshub. I økonomianalysene er det inkludert to ulike alternativer for separering: a) hver gård investerer en fast separator og b) en separator som går på rundgang og leies av hver gård på behov. Kilde: Østfoldforskning.

For å utnytte og behandle tørrfraksjonen av husdyrgjødslet fra gårdene, trengs flere komponenter på Kalberg. Tørrfraksjonen blir først lagret i lagertanker, før den må vannes ut og gjøres flytende til ca. 8-10 % tørrstoff (TS). Videre mates massen inn i rånetanker. Fordelen med å samlokalisere biogassanlegget og datasenteret, er at datasenterets spillvarme kan gi “gratis” oppvarming til råtningsstanken. Ettersom vi har antatt at vi har tilgang på store mengder energi i form av varme, velger vi en termofil råtningsprosess (55°C), som er mest effektiv. Da vil husdyrgjødslet ha en oppholdstid på 20-30 døgn før det råtner og blir biogass.

Etter at prosessen i rånetanken er ferdig, får man både biogass og biorest. Man vil da trenge et lager for bioresten til kompostering, samt et anlegg som kan oppgradere biogassen. Vi antar at CO<sub>2</sub> som skilles fra gassen, samles opp og kan brukes i algeproduksjon og veksthus på Kalberg.

I tillegg til råne- og lagertanker, må man også ha et prosessbygg for utstyr som hører til blant annet pumper, varmesystem, gasshåndtering, eventuell avvanning/fortykning av ferdig slam, verksted, administrasjon o.l.

## **Dobling av biogassproduksjon ved å blande inn fiskeslam**

For biogassanlegget på Kalberg ser vi ikke bare for oss å bruke husdyrgjødsel som råstoff, men også fiskeslam fra et landbasert oppdrettsanlegg i området. Fiskeslammet bør ha en tørrstoffandel på 10-15 % (vi har brukt 15 %) når det mates inn i råtnetanken. Forskning fra Nibio<sup>9</sup> viser at en ved å blande inn 20 % fiskeslam med husdyrgjødsel i en råtnetank kan doble biogassproduksjonen! På denne måten vil det være svært hensiktsmessig å samlokalisere biogassanlegget og et landbasert fiskeoppdrett.

Fiskeslam har generelt mye bedre biogasspotensiale sammenlignet med husdyrgjødsel, på grunn av næringsstoffene i slammet. Derfor ser vi også for oss at noen av råtningstankene på Kalberg bare vil behandle fiskeslam alene. I dag finnes det teknologi for oppsamling og tørking av slam for landbaserte oppdrettsanlegg. Et eksempel er Bioretur AS (personlig kommunikasjon, Jan Knudsen, prosjektingeniør Bioretur AS, 30.06.2020, telefonsamtale). Tørking av slam gjør det mulig, og ikke minst mer økonomisk lønnsomt, å transportere fiskeslam fra et oppdrettsanlegg til et biogassanlegg.

## **Oppsummert: grunner til at et biogassanlegg egner seg godt i en symbiose på Kalberg**

- Spillvarme fra datasenteret egner seg godt til å varme opp råtnetanken, som krever en temperatur på 55 °C (evt. 37°C).
- De store landbrukskommunene på Jæren har i dag utfordringer med mangel på spredningsareal for husdyrgjødsel<sup>10</sup>. Nedbrytning av husdyrgjødsel i et biogassanlegg kan løse dagens utfordring, men også bidra med å imøtekomme eventuelle strengere restriksjoner for spredningsareal i fremtiden. I tillegg kan bioresten fra biogassanlegget brukes som gjødsel i stedet for kunstgjødsel.
- Jæren Biopark AS kan være høyst interessert i å få til et biogassanlegg på Kalberg, ettersom de har som formål å *“Etablere et anlegg som utnytter lokalt råstoff i form av gjødsel og annet biologisk restavfall til effektiv produksjon av miljø- og klimavennlige*

---

<sup>9</sup> <https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjdsel-fiskeslam--biogass>

<sup>10</sup> <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2630988/Rapport%20NORCE%20Milj%c3%b8%205-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

produkter i en sirkulær verdikjede, samt det som naturlig står i forbindelse med dette.”<sup>11</sup>

- EU ønsker å fase ut fossil naturgass innen 2030<sup>12</sup>. Biogass kan erstatte naturgass, da gassene har omtrent lik kjemisk sammensetning.
- 20% fiskeslam sammen med husdyrgjødsel i råtnetanken kan doble biogassutbyttet.<sup>13</sup>

## 2. Datainnhenting

Input	Husdyrgjødsel (120 000 tonn tørrfraksjon, 30 % TS) Fiskeslam fra smoltanlegg (2952 tonn, 15 % TS) Fiskeslam fra matfiskanlegg (13 200 tonn, 15 % TS) Spillvarme (55 °C i råtningstank)
Output	Biogass (77 GWh, 90% metan) CO <sub>2</sub> (5 846 tonn)
Arealbehov	~ 100 mål
Direkte arbeidsplasser	~ 10
Investeringskostnad	443 millioner NOK
Økonomisk støtte	25 % av investeringskostnad, Enova og Innovasjon Norge

\*Beregninger for input og output begrunnes lenger nede i dette arbeidsdokumentet.

## 3. Beregninger

### Arealbehov

Leif Ydstebø i IVAR har hjulpet oss med å gjøre et grovt estimat for volum og areal for ulike typer bygg ved et biogassanlegg på Kalberg. Med input-massene gitt i tabellen over, ser han for seg at anlegget vil kreve omtrent 8 råtningstanker (4000 m<sup>3</sup> per tank), 6 lagertanker (1000-2500 m<sup>3</sup> per tank) og et prosessbygg. Hele området på Grødaland, hvor IVAR har et biogassanlegg, ligger er på ca. 90 mål (målt i Google Maps) hvor det i dag er plass til enda flere anleggsbygg. Vårt biogassanlegg vil være noe større enn anlegget på Grødaland, og vi anser det som rimelig at 100 mål vil være tilstrekkelig for et biogassanlegg på Kalberg.

### Direkte arbeidsplasser

<sup>11</sup> <https://www.purehelp.no/m/company/details/jaerenbioparkas/925182540>

<sup>12</sup> <https://enerwe.no/eu-gass-ntb/eu-bereder-grunnen-for-utfasing-av-gass/354557>

<sup>13</sup> <https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjodsel-fiskeslam--biogass>

Når det gjelder estimatet av direkte arbeidsplasser knyttet til et biogassanlegg på Kalberg, har vi vært i kontakt med Leif Ydstebø (i IVAR) og Bjørn Myrvold (driftssjef i Lindum AS på biogassanlegget, Den Magiske Fabrikken, i Tønsberg). Leif skriver i en e-post at “*Antall arbeidsplasser avhenger av graden av automatisering man legger opp til, men man må ha personell til drift, vedlikehold, kundekontakt og administrasjon. En person kan dekke flere roller, men 5-6 personer bør man ha.*”. Videre skriver Bjørn at det på Den Magiske Fabrikken “*(...) er 10 personer på anlegget. Driftsleder og HMS ansvarlig er 2 personer. Utover det så er det 8 operatører med litt forskjellig kompetanse.*”. På grunnlag av dette, estimerer vi at biogassanlegget vil kunne gi **10 direkte arbeidsplasser** når det er i drift.

### **Investeringskostnad**

Beregnet investeringskostnad er basert på tall hentet fra rapporten, *Følgforskning Greve Biogass -masse- og energibalanser, økonomi og klimanytte*<sup>14</sup>. Rapporten ser på Den Magiske Fabrikken (biogassanlegg) sitt energiutbytte i en periode over 120 dager. Fabrikken behandler både matavfall, husdyrgjødsel og en del flytende fraksjoner fra næringsmiddelindustri. I rapporten finner vi et forholdstall mellom investeringskostnad og energiutbytte, som er på 5,408 millioner NOK/GWh produsert per år. For vårt biogassanlegg får vi da en investeringskostnad på:

5,408 millioner NOK/GWh \* 77 GWh ≈ **416 millioner NOK**

### **Økonomisk støtte**

Den Magiske Fabrikken mottok investerings- og utviklingsstøtte tilsvarende **ca. 25 % av investeringskostnadene fra Enova og Innovasjon Norge**<sup>15</sup>. Vi antar derfor at et biogassanlegg på Kalberg også kan få økonomisk støtte blant annet fra disse aktørene. (I tillegg til investerings- og utviklingsstøtten mottar bøndene tilskudd for levering av husdyrgjødsel til Den Magiske Fabrikken, som bidrar til å dekke utgifter knyttet til lagerleie hos bøndene.)

---

<sup>14</sup> <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2600092/Rapport%2057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>15</sup> <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2600092/Rapport%2057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



#### 4. *Potensial*

##### **Organisk avfall til råtnetanken**

For vårt biogassanlegg har vi tatt sikte på å bruke husdyrgjødsel fra storfe og gris i Hå, Time og Klepp, i tillegg til fiskeslam fra et smolt- og et matfiskanlegg på land. Listen viser andre kilder til organisk avfall i regionen, og om det potensielt kan brukes i et biogassanlegg på Kalberg:

- *Fiskeslam fra sjøbaserte fiskeoppdrett*

Fra oppdrettsanlegg i Rogaland alene er det tilgang på 120 000 tonn fiskeslam per år<sup>16</sup>. Slammet blir i dag tømt direkte ut i sjøen, noe som påvirker livet i havet negativt. Det er ikke utenkelig at det vil komme oppsamlingskrav fra myndighetene i fremtiden. Anleggene blir dermed nødt til å fjerne slammet og vil trolig være villige til å dekke kostnader knyttet til både tørking og borttransportering. Som konsekvens vil fiskeslammet kunne bli en ”gratis“ ressurs for et biogassanlegg. Fiskeslam har mye høyere biogasspotensial enn for eksempel husdyrgjødsel, på grunn av næringsstoffsammensetningen.

- *Organisk avfall fra veksthus*

Lite egnet for biogassproduksjon, da dette avfallet brukes som kompost i veksthuset.

- *Organisk avfall fra meieri*

Nibio har forsket på produksjon av biogass fra marint fiskeslam sambehandlet med husdyrgjødsel og myse<sup>17</sup>. Det viser seg at myse (fra osteproduksjon) har god effekt i biogassproduksjon, ettersom det

- bidrar med mye karbon (fiskeslam har ofte høyt nitrogeninnhold i forhold til karbon)
- har høyt innhold av lett tilgjengelig sukker

---

<sup>16</sup> Rapport: ”Utnyttelse av avfall fra marin matproduksjon til regional fornybar energi“ skrevet av Aquateam og Cowi. Tilsendt på e-post fra Leif Ydstebø.

Oppsummering av rapporten: <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2018/04/2-maria-m-estevezaquateam-cowi.pdf>

<sup>17</sup> <https://www.nibio.no/nyheter/vil-omdanne-restprodukt-fra-fiskeoppdrett-og-osteproduksjon-til-biogass>

- har høyt innhold av vann (kan hjelpe til å vanne ut saltinnholdet i fiskeslammet)
- ser ut til å ha stabiliserende effekt på prosessen
- krever lite forbehandling før det føres inn i råtningsstanken

Q-meieriet har produksjon i regionen, og kan potensielt være leverandør av myse til et biogassanlegg på Kalberg.

- *Slakteriavfall*

Alt slakteriavfall i regionen blir i dag samlet inn og brukt av Biosirk Norge til å produsere bl.a. fôr til dyr (personlig kommunikasjon, Lars Aashammer, adm. dir. Biosirk Norge, 30.06.2020, telefonsamtale). Dette blir sett på som et “bedre formål” sammenlignet med å bruke slakteriavfallet til å produsere biogass. Vi antar at potensialet for å bruke slakteriavfall til biogassproduksjon i fremtiden er lite.

- *Matavfall fra private husholdninger*

Alt matavfall i regionen samles i dag inn av IVAR og blir brukt i biogassanlegget på Grødaland. Matavfall krever omfattende forbehandling (fjerning av plast, metall og større partikler) før det kan brukes som substrat i et biogassanlegg. Vi antar at det ikke vil være noe matavfall fra private husholdninger “til overs” til et anlegg på Kalberg.

- *Matavfall fra private bedrifter*

Leif Ydstebø (i IVAR) mener at det finnes matavfall fra hoteller, restauranter, institusjoner, matbutikker, næringsmiddelindustri o.l. i regionen som ikke utnyttes i dag. Det kan tenkes at det her er et potensiale som kan utnyttes til biogassproduksjon på Kalberg.

### **Biogass kan erstatte fossil naturgass**

EU, og dermed også Klima- og miljødepartementet, ønsker å gradvis fase ut fossil naturgass<sup>18</sup>. Biogass er en lavutslippsgass som kan erstatte naturgass, da gassene har omtrent lik kjemisk sammensetning. I Rogaland er det allerede utbygd et gassnett som transporterer naturgass (og biogass). Dermed ser vi at det finnes både infrastruktur og et marked for ferdigforedlet biogass.

---

<sup>18</sup> <https://enerwe.no/eu-gass-ntb/eu-bereder-grunnen-for-utfasing-av-gass/354557>

## 5. *Utfordringer*

Et av hovedargumentene for å ha et biogassanlegg på Kalberg er nærhet til jordbruket og dermed store mengder husdyrgjødsel. Likevel er innsamlingsløsninger, som hvor separeringen skal foregå eller hvordan transportkostnadene skal dekkes, usikre. Generelt er det vanskelig å si om dette anlegget vil være økonomisk lønnsomt.

Ifølge Nibio vil en biomasse-blanding bestående av 20% fiskeslam og 80% husdyrgjødsel kunne doble biogassproduksjonen<sup>19</sup>. Et biogassanlegg som baserer seg på en slik blanding har likevel flere utfordringer knyttet til fiskeslammet: Hvordan skal transporten av fiskeslammet foregå for å bli lønnsom? Hvordan skal salt håndteres? Hvem skal dekke kostnader knyttet til tørkeprosessen?

Forskning på fiskeslam i biogassanlegg har til nå bare basert seg på slam fra settefiskanlegg. Dette er landbaserte oppdrettsanlegg med ferskvann. I prosjektet vårt har vi derimot sett på biogassproduksjon basert på slam fra både land- og sjøbaserte oppdrettsanlegg. Utvikling av teknologi for oppsamling av slam og håndtering av salt er nødvendig for at fiskeslammet fra sjøanlegg skal kunne utnyttes<sup>20</sup>. Vi antar at denne teknologien vil komme i fremtiden, ettersom det er svært sannsynlig at Regjeringen vil komme med oppsamlingskrav.

### **5.2. Insektoppdrrett**

#### *1. Beskrivelse av fokusområdet*

I enkelte kulturer har insekter blitt brukt som mat til mennesker og dyr i flere tusen år, men det er først nå nylig at vi i denne delen av verden virkelig har fått opp øynene for bruk av insekter som en kilde til protein og omega-3-fettsyrer. Insekter er naturenes beste 'upcyclere' og kan resirkulere store mengder av næringen i organisk materiale slik som matavfall og gjødsel (kommer an på insektarten).

Det finnes utallige typer insekter som er spiselige for både dyr og mennesker, som f.eks. melbillelarve, svart soldatflue, sirisser, gresshopper, osv. To av de mest populære

---

<sup>19</sup> <https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjdsel-fiskeslam--biogass>

<sup>20</sup> <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2018/04/2-joshua-fenton-cabellnibio.pdf>

insektartene er melbillelarven og larven til svart soldatflue ettersom larver er lettere å håndtere enn insekter som kan bevege seg raskt (fly, hoppe, etc.). I denne sammenheng ser vi først og fremst på oppdrett av melbillelarver ettersom de er godt egnet som fôr til f.eks. laks og kylling.

Nedenfor følger en kort beskrivelse av teknologier/metoder for å drive insektoppdrett (av melbillelarver) på industriell skala. Kort forklart så baserer det seg på hele produksjonssyklusen fra larveegg helt opp til ferdigstilling av produkter som insektprotein og insektolje.

Det finnes forskjellige metoder å gjøre det på, men oppdrett av melbillelarver (og andre insekter) på industriell skala er generelt en høyteknologisk industri med et høyt automasjonsnivå. Anleggene kan være vertikale (sammenlignbart med vertikale veksthus) og bruker systemer for automatisk fôring og sortering av insektene. I tillegg brukes sensorer til å samle data om f.eks. luftfuktighet og temperatur for å kunne optimalisere levekårene og vekst for insektene<sup>[OBJ]21</sup>. Kort forklart om oppdrettsprosessen:

- Oppdrett av melbillelarver fra egg og opp til det stadiet hvor larvene er klar til å bli melbiller, er en prosess som tar rundt 70 dager. 5 % av larvene utvikles til melbiller som igjen blir brukt til å produsere nye larveegg, mens de resterende 95 % av larvene går til produksjon av protein og olje (omega-3-fettsyrer).<sup>22</sup>
- De resterende 95 % går gjennom en steriliseringsprosess hvor larvene blir avlivet på en rask og human måte.<sup>23</sup>
- Etter steriliseringsprosessen blir protein og olje skilt i en mekanisk sentrifuge.
- Resultatet fra prosessen er insektprotein (insektmel), insektolje, samt biprodukter som kitin fra insektene sitt hudskjelett og gjødsel fra avfall.

## **Grunner til at insektoppdrett passer godt inn i en symbiose på Kalberg**

---

<sup>21</sup> <https://www.ynsect.com/en/>

<sup>22</sup> <https://www.ynsect.com/en/>

<sup>23</sup> <https://www.ynsect.com/en/>

- Spillvarme kan brukes til å holde en konstant optimal vekst-temperatur på 28 °C for insektene. For eksempel så har EntoCube i Finland satt opp insektoppdrett i en gammel gruve 1436 meter under bakken, hvor de kan få konstant 28 °C geotermisk varme som siver ut fra grunnfjellet.<sup>24</sup> Dette er med på å gjøre insektoppdrett billigere ettersom du eliminerer kostnader knyttet til å holde en temperatur på 28 °C året rundt.
- Et insektoppdrettsanlegg på Kalberg ligger strategisk til for innhenting av organisk avfall fra nærliggende gårder, veksthus (inkl. veksthuset i symbiosen), bryggerier, osv.
- Vi har produsenter av fiskefôr og dyrefôr i regionen (f.eks. Skretting og Felleskjøpet), som vil kunne være interessert i produktene (protein og olje) fra insektoppdrett på Kalberg. Skretting har blant annet signert en avtale med Protix i Nederland for leveranse av insektprotein tilsvarende 5,5 millioner serveringer med laks i året.<sup>25</sup>

## 2. Datainnhenting

Input	Organisk avfall fra f.eks. landbruk og veksthus (45 000 tonn), vann og spillvarme (28 grader)
Output	Protein (2500 tonn), gjødsel (12 500 tonn), kitin (246 tonn)
Arealbehov	~ 5,6 mål
Direkte arbeidsplasser	~ 30
Investeringskostnad	~107 millioner kroner
Økonomisk støtte	Enova, Innovasjon Norge og EU

## 3. Beregninger

### Arealbehov

<sup>24</sup> <https://sifted.eu/articles/entocube-insect-farm-mine/>

<sup>25</sup> <https://www.skretting.com/en/settings/news/general-news/skretting-commits-to-insect-meal-volume-from-protix-at-grand-opening-event/#:~:text=Skretting%20has%20signed%20a%20deal,meal%20incorporated%20into%20the%20feed.&text=%E2%80%9CThis%20opening%20marks%20a%20real,says%20Protix%20CEO%20Kees%20Aarts.>

Grunnet variasjoner i teknologi som brukes, samt mangel på data for insektoppdrrett på industriell skala så er det vanskelig å estimere nøyaktig hvor mye areal som trengs. På lik linje som ved et vertikalt veksthus, så kan insektoppdrrett bygges i høyden og vi kan dermed spare mye areal. AgriProtein i Cape Town (Sør-Afrika) har et anlegg på ca. 9 000 m<sup>2</sup> som produserer omtrent 4 000 tonn protein per år (i tillegg til 3 500 tonn olje og 16 500 tonn med gjødsel).<sup>26</sup> Med et forhold på 9 000 m<sup>2</sup> / 4 000 tonn protein så trenger vi et areal på 2,25 m<sup>2</sup> per tonn med protein vi produserer. Derfor anslår vi at et anlegg med produksjon på 2 500 tonn protein i året vil trenge omtrent 5 600 m<sup>2</sup>. Det er nok mulig å bruke enda mindre areal hvis det bygges mer i høyden enn det AgriProtein har gjort med sitt anlegg.

### **Direkte arbeidsplasser**

Grunnet mangelfull data når det gjelder antall arbeidsplasser for et insektoppdrrettsanlegg, så gir vi et grovt estimat på antall direkte arbeidsplasser man kan regne med ved et anlegg som produserer 2500 tonn protein per år. Vårt estimat er basert på antall forventede direkte arbeidsplasser ved et planlagt anlegg i Nesle, Frankrike. Der er estimatet på ca. 110 nye direkte arbeidsplasser i et anlegg som kan produsere 10 000 tonn protein per år.<sup>27</sup> Vårt anlegg vil derfor mest sannsynlig bidra til ca. 30 nye direkte arbeidsplasser. Et annet anlegg under planlegging i Frankrike er Ynsect sitt nye anlegg i Poulainville. Her er forventet produksjon på 20 000 tonn protein per år, noe som vil skape omtrent 1 200 direkte og indirekte arbeidsplasser.<sup>28</sup> Derfor er det naturlig å anta at vårt insektoppdrrettsanlegg vil skape betydelig mer (direkte og indirekte) arbeidsplasser enn de 30 arbeidsplassene vi opererer med.

### **Investeringskostnad**

---

<sup>26</sup> <https://www.agriprotein.com/about-us/> & <http://www.aquafeed.com/af-article/9191/Agriprotein-plans-global-expansion/>

<sup>27</sup> <https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/la-relance-eco-l-entreprise-innovafeed-ouvre-un-nouveau-site-de-production-a-nesles-1592245979> & <http://www.aquafeed.com/af-article/8374/InnovaFeed-secures-additional-E2%82%AC40M-to-scale-up-production/>

<sup>28</sup> <https://www.fishfarmermagazine.com/news/new-french-factory-will-scale-up-insect-meal/#:~:text=Ynsect%2C%20one%20of%20the%20early,to%20produce%20premium%20insect%20protein.>

Investeringskostnaden for et anlegg på 2 500 tonn protein per år er basert på investeringskostnadene til InnovaFeeds nye anlegg i Nesle, Frankrike. De planlegger å bygge opp til 5 identiske anlegg (ved siden av hverandre) med en årlig kapasitet på 10 000 tonn protein per anlegg.<sup>29</sup> InnovaFeed estimerer en total kostnad på €200 millioner,<sup>30</sup> som tilsvarer €40 millioner per anlegg. Som tidligere nevnt så ser vi for oss et lineært forhold, så investeringskostnaden for et anlegg med kapasitet på 2 500 tonn protein vil da være på €10 millioner (~107 millioner kroner etter dagens kurs).

### **Økonomisk støtte**

Det er for øyeblikket store investeringer innen insektsektoren, og vi ser stor villighet fra for eksempel EU til å gi økonomisk støtte til insektoppdrett på industriell skala. Ynsect mottok i 2019 støtte på €20 millioner fra EU for byggingen av et anlegg som kan produsere 20 000 tonn protein per år. Derfor kan vi regne med å få betydelig støtte for byggingen av et anlegg på Kalberg. Vi kan også regne med å kunne få støtte fra Innovasjon Norge og/eller Enova. Innovasjon Norge gir eksempelvis ut mellom 100 000-3 000 000 NOK i støtte til bioøkonomiprojekter.<sup>31</sup>

#### *4. Potensial*

Sammenlignet med produksjon av storfe, kylling og svin har insekter flere konkurransefortrinn som 30-65% lavere energibehov og 85-95% mindre klimagassutslipp<sup>32</sup>.

Det er også et stort potensial i reduksjon av arealbehov for produksjon av insektprotein kontra protein fra kjøtt. For eksempel så trenger vi mellom 5-15 m<sup>2</sup> for å produsere 1 kg med

---

<sup>29</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/InnovaFeed#:~:text=Industrial%20deployment,-In%20June%202016&text=On%2027%20September%202018%2C%20InnovaFeed.of%20insect%20protein%20per%20year>.

<sup>30</sup> <https://marketing.feedinfo.com/interview-innovafeed-seeks-first-mover-advantage-on-the-aquafeed-market-with-speedy-scale-up-of-insect-production/>

<sup>31</sup> <https://www.innovasjonnorge.no/no/tjenester/innovasjon-og-utvikling/finansiering-for-innovasjon-og-utvikling/tilskudd-til-bioekonomiprojekter/>

<sup>32</sup> <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/zero-emission-energy-efficient-protein-production>

protein fra insekter, mens vi trenger mellom 50-200 m<sup>2</sup> for å produsere 1 kg med protein fra storfe.<sup>33</sup>

Det franske selskapet nextProtein, som produserer protein fra larven til “black soldier fly”, påstår at de kan produsere like mye protein fra 100 m<sup>2</sup> som det vi kan få fra 100 hektar med soya.<sup>34</sup> Verdens tre største produsenter av soya er USA, Brasil og Argentina. I følge salmonbusiness.com importerte Norge 670 000 tonn soyaprotein til bruk i fiskefôr i 2015, hvor 94% kom fra Brasil.<sup>35</sup> Over halvparten av all avskoging av regnskogen i Brasil skyldes landbruk knyttet til palmeolje, soya og kjøtt.<sup>36</sup> I tillegg til avskoging, så bidrar også soyaproduksjon til klimagassutslipp, blodige konflikter, miljøforurensing og tap av uerstattelige arter.<sup>37</sup> Fra et klima- og miljøperspektiv er derfor potensialet ved å erstatte soyaprotein med insektprotein enormt stort, siden vi kan eliminere mer eller mindre alle disse problemene.

Ved larveproduksjon vil kitin dannes når larvene skifter hud. Dette stoffet finnes også i skjelettet til insekter<sup>38</sup>. Kitin styrker immunforsvaret til både planter, dyr og mennesker og kan dermed være en ekstra inntektskilde i tillegg til proteinet og insektoljen. Kitin kan omgjøres til kitosan via en prosess kalt deacetylering. Kitosan har flere bruksområder, slik som vannrensing, fotografiske emulsjoner, ved fargetrykking på tekstilfibrer og innen medisin brukes kitosan til heling av sår.<sup>39</sup> Avfallet fra insektoppdrett kan brukes som gjødsel (med naturlig innhold av kitin). Larveriet på Voss selger gjødsel under navnet BLØME.<sup>40</sup>

---

<sup>33</sup> <https://www.next-food.net/the-breeding-of-edible-insects-compared-to-the-production-of-meat/>

<sup>34</sup> <http://nextprotein.co/#mission>

<sup>35</sup> <https://salmonbusiness.com/brazil-soybean-suppliers-linked-to-deforestation-and-slavery-finds-its-way-to-norwegian-salmon-supply-chain/#:~:text=Norway%20imported%20SPC%20extracted%20from%20670%2C000%20tons%20of%20soy%20in,this%20soy%20came%20from%20Brazil.&text=All%20these%20problems%20are%20directly,Brazil%20to%20the%20Norwegian%20market.>

<sup>36</sup> <https://www.regnskog.no/no/om-regnskogen/derfor-forsvinner-regnskogen>

<sup>37</sup> <https://www.regnskog.no/no/om-regnskogfondet/dette-mener-regnskogfondet/problemet-med-soya>

<sup>38</sup> <https://snl.no/kitin>

<sup>39</sup> <https://snl.no/kitosan>

<sup>40</sup> <https://www.larveriet.no/blome>



## 5. *Utfordringer*

Insektoppdrett på industriell skala er nytt for Norge, derfor er det noe usikkerhet om vi har nok kompetanse innenfor dette feltet her til lands. Derfor vil et samarbeid mellom norske og utenlandske aktører kunne være viktig for å få dette til.

Det er også usikkert hvor mye av det organiske avfallet i regionen som faktisk kan brukes som fôr til insektene.

### **5.3. Landbasert fiskeoppdrett**

#### *1. Beskrivelse av fokusområdet*

#### **Oppdrettsanlegg for smolt**

Smoltproduksjon er oppdrett av fisk inntil de blir satt ut i åpne merder i havet. Smolten har vanligvis en vekt på 100 gram når de blir satt ut og har gjennomgått en fysiologisk endring for å kunne gå fra å leve i ferskvann til å leve i saltvann. Industrien har i senere tid ventet lenger med å sette ut fisken (inntil 1 kg) pga. et ønske om å minimere mengden lakselus som fiskene kan få i havet. Oppdrettsanlegg for smolt er i dag landbaserte.

#### **Oppdrettsanlegg for matfiskanlegg**

Matfiskanlegg er oppdrett av smolt til de er store nok til å bli solgt som matfisk (4,5 kg). Matfisk er fisken du kjøper i butikken. Med matfisk har vi i hovedsak fokusert på laks, dette er i hovedsak knyttet til det finnes tilstrekkelig med data, samtidig som Norge har god kompetanse og en fremtredende rolle i markedet. Matfiskproduksjon har til nå foregått i åpne merder i havet, fordi det har vært mest lønnsomt. Det er likevel store fordeler med å ha anlegget på land, ved at en reduserer problematikken med sykdom og eliminere lakselus og rømming. I tillegg får en bedre kontroll på vannkvaliteten og har mulighet til å utnytte avfallet fra fiskene som ellers vil forurense miljøet rundt oppdrettsanleggene på sjøen.

#### **Vannsystemer**

Vi har sett på to ulike vannsystemer: RAS-anlegg og gjennomstrømningsanlegg. Et RAS-anlegg (resirkulerende akvakultursystem) er et lukket system som resirkulerer og gjenbraker vannet i oppdrettsanlegget. I dag finnes det RAS-anlegg som brukes kommersielt, men

teknologien er ennå ikke feilfri. Investeringskostnaden er høy, ettersom man for eksempel må ha flere tanker/merder slik at dersom resirkuleringen svikter så dør ikke hele avlinger. Denne resirkuleringen er et ledd som øker risikoen sammenlignet med sjøbaserte merder.

Et RAS-anlegg som brukes kommersielt er i hovedsak til oppdrett av smolt, men det finnes noen prosjekter for oppdrett av matfisk i RAS-anlegg. Vi tenker oss likevel et 100-mål stort matfiskanlegg siden den teknologien sannsynligvis vil komme om kort tid. Et slikt matfiskanlegg som vi tenker oss, vil så vidt vi vet bli et av verdens største, om ikke det største. Det er nok litt vågalt, men er dimensjonert etter mengde matfisk som vi estimerer at 3000 tonn smolt blir til (12 000 tonn matfisk). En økt risiko er for eksempel forbundet med at resirkuleringen av vannet kan svikte og kan gjøre at hele avlinger dør ut. Man har derfor flere tanker for å redusere risikoen. Dette er en av grunnene som gjør at investeringskostnaden er høy i forhold til sjøbaserte merder.

I et gjennomstrømningsanlegg derimot, henter man kontinuerlig nytt vann og pumper ut brukt vann. Hvor mye av vannet som blir rensert er usikkert, men avhenger av anlegget og om det finnes restriksjoner for hva som kan slippes ut ved anlegget. Vi har ikke sett videre på gjennomstrømningsteknologien, ettersom anlegget vårt vil ligge på Kalberg, som ikke er i umiddelbar nærhet til store vannkilder. Store vannkilder vil være helt nødvendig dersom en skal ha et gjennomstrømningsanlegg.

### **Hvilken løsning er tenkt?**

Vi ser for oss å ha både et smolt- og et matfiskanlegg i en industriell symbiose på Kalberg. Anleggene skal være landbaserte og benytte seg av RAS-teknologien.

### **Grunner til at landbasert fiskeoppdrett egner seg godt i en symbiose på Kalberg**

- Kan bruke spillvarmen fra datasenteret til å varme opp vannet i oppdrettsanleggene. Laks trenger for eksempel en temperatur på 13° C i vannet.
- Kan bruke fôr fra algefabrikken til å gi fisken protein og omega-3.
- Fiskeslammet vil kunne bli transportert til biogassanlegget.

## 2. Datainnhenting

	<b>Landbasert smoltanlegg</b>	<b>Landbasert matfiskanlegg</b>
Input	Vann, fôr (3450 tonn), yngel	Vann, fôr, smolt
Output	Smolt (3000 tonn), fiskeslam (2952 tonn, 15% TS), avvann	Matfisk (12 000 tonn), fiskeslam (13 200 tonn, 15% TS), avvann
Arealbehov	15 mål	108 mål
Direkte arbeidsplasser	20	56
Investeringskostnad	~500 millioner NOK	~1,2 milliarder NOK
Økonomisk støtte	Innovasjon Norge sitt utviklings- og miljøteknologitilskudd. EU-tilskudd for bærekraftig oppdrett.	Innovasjon Norge sitt utviklings- og miljøteknologitilskudd. EU-tilskudd for bærekraftig oppdrett.

## 3. Beregninger

### Arealbehov

Arealbehovet til begge anleggene har blitt hentet direkte fra rapporten, *Analyse av lukka oppdrett av laks – landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko* som er gjennomført av NTNU Ålesund i samarbeid med SINTEF Ocean og SNF <sup>41</sup>For matfiskanlegget vårt har vi doblet mengden matfisk produsert og har derfor antatt at arealbehovet også er blitt doblet (antagelsen om lineære forhold). 54 mål \* 2 = 108 mål. Arealbehovet til smoltanlegget har blitt hentet direkte fra rapporten.

### Direkte arbeidsplasser

Tallene på direkte arbeidsplasser knyttet til oppdrettsanleggene er hentet fra rapporten, *Analyse av lukka oppdrett av laks – landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko* som er gjennomført av NTNU Ålesund i samarbeid med SINTEF Ocean og SNF <sup>42</sup>. Tallet på

---

<sup>41</sup> <http://fisk.no/attachments/article/6572/landbasert-lakseoppdrett-analyse.pdf>

<sup>42</sup> <http://fisk.no/attachments/article/6572/landbasert-lakseoppdrett-analyse.pdf>

arbeidsplasser knyttet til et oppdrettsanlegg for matfisk var 28 på et 6000 tonn stort anlegg, men vi har doblet mengden og har antatt lineære forhold og endte på 56 arbeidsplasser. Tallet på arbeidsplassene knyttet til et oppdrettsanlegg for smolt er hentet direkte fra rapporten.

### **Investeringskostnad**

Investeringskostnadene til oppdrettsanleggene er også hentet fra samme NTNU Ålesund - rapport<sup>43</sup>. Her har også investeringskostnaden til matfiskanlegget blitt doblet pga. at vi antar lineære forhold:  $2 * 580 \text{ mill. NOK} = 1,16 \text{ mrd. NOK}$ .

### **Økonomisk støtte**

Det er mulig å få ulike typer utviklings- og miljøteknologitilskudd fra Innovasjon Norge.<sup>44</sup> I tillegg har EU en ambisjon om å øke produksjonen av oppdrettsfisk. 20% av tilskuddene går til prosjekt knyttet til utvikling av bærekraftig oppdrett, som landbaserte oppdrettsanlegg vil kunne bli regnet som.<sup>45</sup>

#### *4. Potensial*

Fiskeslam fra åpne merder som slippes ut i sjøen bidrar til lokal forurensing og marin ubalanse. Slamproduksjonen er mer enn doblet siden 2008 og det er forventet at denne økningen vil øke parallelt med bransjens satsning på økt smoltoppdrett frem mot 2050. Bransjen øker investeringene for å ha smolten lenger på land slik at tiden i sjøen blir mindre. I fremtiden vil det trolig komme krav fra myndighetene om å håndtere fiskeslam, og det kan tenkes at landbaserte oppdrettsanlegg vil bli vanligere, ettersom det er enklere å samle slammet fra slike anlegg.

Ved å bruke spillvarmen fra datasenteret kan en se for seg at en også kan drive landbasert oppdrett av andre typer sjødyr.<sup>46</sup> Tabellen viser noen eksempler.

---

<sup>43</sup> <http://fisk.no/attachments/article/6572/landbasert-lakseoppdrett-analyse.pdf>

<sup>44</sup> <https://fiskeribladet.no/teknisk/nyheter/?artikkel=70927>

<sup>45</sup> [https://ec.europa.eu/fisheries/cfp/aquaculture/funding\\_en](https://ec.europa.eu/fisheries/cfp/aquaculture/funding_en)

<sup>46</sup> Rapport: "Utnyttelse av avfall fra marin matproduksjon til regional fornybar energi" skrevet av Aquateam og Cowi. Tilsendt på e-post fra Leif Ydstebø.

Sjødyr	Hvordan
Ørret	
Barramundi	28° C i vannet.
Tilapia	25-32° C i vannet.
Skalldyr (hummer, kreps, reker)	Eksempel: Norwegian Lobster Farm på Finnøy driver landbasert oppdrett av porsjonshummer. Temperaturen i vannet er på 20° C. <sup>47</sup>

## 5. utfordringer

Data på landbasert oppdrett som bruker RAS har i stor grad basert seg på arter som tolerer variasjoner i forholdene, eksempler er tilapia, malle (catfish) eller lakse-smolt. Krav til planlegging, investering og stabile forhold blir strengere for jo mer sensitiv fisken er<sup>48</sup>. Når det kommer til landbasert produksjon av *fullvoksen* laks så er erfaringsgrunnlaget foreløpig spredt på få internasjonale produsenter med kort historikk<sup>49</sup>. Dette utsagnet er basert på SINTEF's kvalitative risikoanalyse av landbasert lakseoppdrett basert på RAS-teknologi, som i tillegg nevner risikoer som redusert tilvekst, dødelighet, akutt forgiftning og svinn<sup>50</sup>.

En annen utfordring er at investeringskostnadene er svært høye og det tar lang tid før man tjener det inn, sammenlignet med sjøbaserte anlegg<sup>51</sup>.

### 5.4. Algefabrikk

#### 1. Beskrivelse av fokusområdet

---

Oppsummering av rapporten: <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2018/04/2-maria-m-estevezaquateam-cowi.pdf>

<sup>47</sup> <https://www.norwegian-lobster-farm.com/porsjonshummerproduksjon/>

<sup>48</sup>

<sup>49</sup> <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=65595>

<sup>50</sup> <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/factsheets/aquanor/konsekvensanalyse---landbasert-oppdrett.pdf/>

<sup>51</sup> <https://e24.no/naeringsliv/i/9v0JKM/store-muligheter-for-fisk-paa-land>

For å gro alger trengs det fotobioreaktorer; et lukket loop-system, hvor sjøvann, næringsstoffer og CO<sub>2</sub> pumpes inn i gjennomsiktige plastrør hvor algene gror. Prosessen krever store areal, ettersom det er viktig med sollys på rørene for at algene skal gro. Fotobioreaktorene kan både ligge ute under åpen himmel, men også være inne i et drivhus.

### **Grunner til at en algefabrikk egner seg godt i en symbiose på Kalberg**

- Spillvarmen fra datasenteret kan brukes til å oppnå en temperatur i plastrørene på 23 °C, som er optimalt for å gro alger.
- Resirkulert sjøvann fra et landbasert fiskeoppdrett (inneholder ofte de nødvendige næringsstoffene for å gro alger) kan mates inn i plastrørene.
- Alger har høyt innhold av omega-3-fettsyrer og protein, som kan brukes enten i fiske- eller dyrefôr. Dermed kan algene både brukes direkte som fôr i et landbasert fiskeoppdrett, eller inngå som råstoff i produksjon av fôr (her kan det tenkes at f.eks. Skretting er en lokal aktør som kan være interessert i algene).
- Vi kan bruke CO<sub>2</sub> fra biogassanlegget.

### *2. Datainnhenting*

Input	Spillvarme (23° C), CO <sub>2</sub> (480 tonn), resirkulert vann
Output	Omega-3 (22 tonn), protein (120 tonn)
Arealbehov	80 mål
Direkte arbeidsplasser	170-190
Investeringskostnad	~ 370 millioner NOK
Økonomisk støtte	Enova, Innovasjon Norge og EU.

### *3. Beregninger*

#### **Arealbehov**

CO2Bio er et selskap som har en småskala algefabrikk ved Mongstad på 200 m<sup>2</sup> (0,2 mål). Vi ble fortalt av Svein M. Nordvik (tidligere Managing Director i CO2Bio) at et anlegg helst bør være et par hektar i størrelse for at anlegget skal være lønnsomt, mens at de i CO2Bio ser på

anlegg i størrelsesorden 10-100 hektar.<sup>52</sup> Et anlegg på mellom 10-100 hektar på Kalberg vil ta for mye plass, derfor har vi valgt å redusere størrelsen på vårt anlegg til 8 hektar (80 mål).

### **Direkte arbeidsplasser**

Vi tar utgangspunkt i et anlegg på 80 mål, som vil bidra til å skape omtrent 170-190 direkte arbeidsplasser. Dette antallet er basert på et estimat gitt til oss fra Benjamin Dahle (Business Development Manager i MicroA).<sup>53</sup>

### **Investeringskostnad**

De estimerte investeringskostnadene er på cirka 370 millioner NOK og er basert på investeringskostnader (250 millioner NOK) for et referanseanlegg på 54 mål gitt til oss fra Benjamin Dahle i MicroA.<sup>54</sup>

### **Økonomisk støtte**

Det er vanskelig å si nøyaktig hvor mye et slikt anlegg kan forvente å få i støtte, men det bør være mulig å få noe støtte fra for eksempel Innovasjon Norge og Enova. Det bør også være mulig å motta støtte fra EU gjennom et av deres utviklingsprogrammer for bioøkonomi (f.eks. Horizon 2020), ettersom EU allerede støtter flere prosjekter innen mikro- og makroalger.<sup>55</sup>

## *4. Potensial*

Regjeringen har en ambisjon om at Norge skal bli en verdensledende sjømatnasjon. For å nå dette målet, må vi firedoble produksjonen vår innen 2050.<sup>56</sup> Dette vil føre til et betydelig økt behov for fiskefôr og omega-3, som i dag tas fra villfisk. Med en økt produksjon vil ikke

---

<sup>52</sup> Svein M. Nordvik, var Managing Director i CO2Bio

<sup>53</sup> Email fra Benjamin Dahle, Business Development Manager i MicroA

<sup>54</sup> Email nr.2 fra Benjamin Dahle i MicroA

<sup>55</sup> <https://www.etipbioenergy.eu/value-chains/feedstocks/algae-and-aquatic-biomass/algae-funded-projects>

<sup>56</sup> <https://www.pwc.no/no/publikasjoner/pwc-seafood-barometer-2017.pdf>

dette være bærekraftig. Vi er nødt til å finne nye alternative råvarer til akvakulturfôr, og alger kan være en løsning på dette. I dag mater for eksempel Veramaris oppdrettsfisken sin med algeolje fra fabrikk. De har vist at 1 tonn algeolje kan erstatte 60 tonn villfisk!<sup>57</sup> Restråstoffet fra algeproduksjonen brukes til å lage fôr til storfe. Med andre ord vil det høyst sannsynlig være et stort fremtidig marked for algeolje til blant annet oppdrettsnæringen.

I tillegg til villfisk, er også proteinrik soya vanlig i norsk fiskefôr i dag. Mesteparten av soyaen i norsk fôr blir importert fra Brasil. Soyaimporten er ikke bærekraftig, og blir ofte kritisert for at den indirekte fører til arealbeslag og konflikter i Brasil.<sup>58</sup> Ved å erstatte protein fra soya med protein fra alger, kan vi være med på å løse dette problemet.

## 5. *Utfordringer*

For øyeblikket er det knyttet stor usikkerhet til hvorvidt algeproduksjon er økonomisk levedyktig, ettersom produksjonskostnadene er veldig høye (omtrent €5 per kg med tørrmasse).<sup>59</sup> Vi regner med at noe av kostnadene kan reduseres ved å være en del av symbiosen på Kalberg. Vi har derimot ikke utført en økonomisk analyse og har derfor ikke noen konkrete tall å vise til her.

### 5.5. **Veksthus**

#### 1. *Beskrivelse av fokusområdet*

#### **Hva er et veksthus?**

SNL<sup>60</sup> forklarer det godt og enkelt:

“Veksthus er en bygning hvor en dyrker planter i regulert klima. I veksthus søker en å styre tilgangen til lys, temperatur, luftfuktighet og CO<sub>2</sub>-innhold og optimalisere disse for dyrking av planter. Dermed oppnår en hurtig plantevekst, utvidet dyrkingssesong (i noen tilfeller året rundt) og produksjon av planter som er for varmekrevende for vårt uteklima.”

---

<sup>57</sup> <https://www.pwc.no/no/pwc-aktuelt/mulig-losning-pa-omega-3-mangelen-i-verden.html>

<sup>58</sup> <https://www.framtiden.no/aktuelle-rapporter/852-soya-i-norsk-for-forbruk-og-arealbeslag/file.html>

<sup>59</sup> <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Algae-as-a-source-of-energy-the-price-is-still-too-high.htm>

<sup>60</sup> <https://snl.no/veksthus>



### **Hvilken løsning er tenkt?**

I dag finnes det både ulike typer veksthus og dyrkningsmetoder. I hovedsak kan man skille mellom to typer veksthus: tradisjonelle og lukkede veksthus. I tradisjonelle veksthus tilføres som oftest CO<sub>2</sub> i forbindelse med oppvarmingen. Styring av fuktighet og temperatur skjer ved åpning av luker, som fører til at 80% av CO<sub>2</sub>-tilførselen går til utslipp<sup>61</sup>. Lukkede veksthus er ofte automatstyrte, der luftfuktighet, temperatur og CO<sub>2</sub>-konsentrasjon kontinuerlig måles og holdes på et optimalt nivå.<sup>62</sup>

For symbiosen på Kalberg ser vi for oss at et lukket veksthus er mest hensiktsmessig. Veksthuset kan da utnytte både spillvarmen fra datasenteret og CO<sub>2</sub> -utslippet fra annen industri, og er dermed et åpenbart ledd i en symbiose som skal skape et klimapositivt avtrykk. Videre har vi antatt at både vertikale og horisontale veksthus kan etableres, og har sett på potensialet til begge typer isolert.

### **Grunner til at lukkede veksthus egner seg godt i en symbiose på Kalberg**

- Veksthus kan dra nytte av spillvarme fra datasenteret.
- Ved behov for nedkjøling kan veksthuset bruke samme løsning som datasenteret: frikjøling fra Gandsfjorden.
- Veksthus kan ta opp store mengder CO<sub>2</sub> fra andre industrier i symbiosen.
- Det finnes allerede flere veksthus i regionen, og vi antar at det finnes mye kompetanse på dette området.
- Kalberg ligger i nærhet til flere store transportterminaler. Dette gjør det enkelt å distribuere ferdige produkter fra veksthus.

---

<sup>61</sup> <http://www.kore.no/wp-content/uploads/2018/12/Livs1%C3%B8psvurdering-av-tomatproduksjon-i-Norge.pdf>

Og

<https://landbruksnytt.no/digitalisering-i-landbruket/article/ny-teknologi-for-landbruket>

<sup>62</sup> <https://www.landbruk.no/baerekraft/norske-gronnsaker-produsert-i-veksthus-kan-bli-klimanoytral/>

## 2. Datainnhenting

For horisontale lukkede veksthus er all data i hovedsak hentet fra to veksthus:

*Den Magiske Fabrikken (DMF)*<sup>63</sup> og *Miljøgartneriet (MG)*<sup>64 65</sup>.

Innsatsfaktorer som elektrisitet, spillvarme og CO<sub>2</sub> er beregnet ved utgangspunkt i data fra DMF. Arbeidsplasser og investeringsstøtte er derimot hentet fra MG, da dette er det eneste veksthuset i tilsvarende størrelse (77 mål). Også i dette tilfellet er det antatt lineære forhold og størrelsen for vårt veksthus er dermed skalert i forhold til størrelsen på lignende veksthus.

Horisontalt, lukket veksthus	
Input	Vann, elektrisitet (33,8 GWh), spillvarme (8,5 GWh oppvarmingsbehov), CO <sub>2</sub> (5 366 tonn)
Output	Tomat (12 306 tonn) Banan (4365 tonn), avokado (858 560stk.)
Arealbehov	107 mål
Direkte arbeidsplasser	107 (høysesong)
Investeringskostnad	208 millioner NOK
Økonomisk støtte	Enova: Miljøgartneriet på Jæren fikk 10 millioner NOK i støtte for sin løsning med Tine.  Innovasjon Norge.

## 3. Beregninger

### Arealbehov

---

<sup>63</sup> <http://www.kore.no/wp-content/uploads/2018/12/Livsl%C3%B8psvurdering-av-tomatproduksjon-i-Norge.pdf>

<sup>64</sup> [https://www.enova.no/upload\\_images/BFC5050F9C1C481FA930A4D2828B4C03.pdf](https://www.enova.no/upload_images/BFC5050F9C1C481FA930A4D2828B4C03.pdf)

<sup>65</sup> <http://miljogartneriet.no/om-oss>

Arealbehovet er estimert ut ifra hvor stor mengde CO<sub>2</sub> det er ønskelig at veksthuset skal ta opp, med grunnlag i dette ble det optimale arealet på 107 mål.

### **Direkte arbeidsplasser**

Miljøgartneriet på Jæren sier at de har 70-85 arbeidere i høysesongen. Estimering av arbeidsplasser til et tenkt veksthus på Kalberg er basert på antallet arbeidsplasser hos Miljøgartneriet.

Gjennomsnittet:  $(70+85)/2 = 77,5$ , som gir ca. 1 arbeider per mål ettersom Miljøgartneriet er 77 000 kvadratmeter stort<sup>66</sup>. Med et veksthus på 107 mål har vi dermed 107 arbeidsplasser. Det ble antatt at antall arbeidsplasser er konstant hele året da vi har en helårsproduksjon (dvs. høysesong hele året).

### **Investeringskostnad**

Investeringskostnaden er i likhet med antall arbeidsplasser skalert opp i forhold til arealet, MG har et areal på 77 mål og oppgir en investeringskostnad på 150 millioner<sup>67</sup>. Ved antakelsen om lineære forhold får vi dermed at investeringskostnaden er på 208 millioner.

### **Økonomisk støtte**

Miljøgartneriet på Jæren fikk 10 millioner i støtte fra Enova for sin løsning med utnyttelsen av både Tine meieri sitt CO<sub>2</sub>-utslipp og spillvarme<sup>68</sup>.

#### *4. Potensial*

Vi har studert mulighetene for å etablere både vertikale og horisontale lukkede veksthus, samt potensialet i ulike dyrkingsmetoder som akvaponi og hydroponi kontra tradisjonell dyrking i jord.

### **Horisontale veksthus**

Det er stort potensial for dyrking av eksotisk frukt og grønt, gjerne ved bruk av hydroponisk eller akvaponisk dyrking. Det er ønskelig at veksthusets produkter ikke er i konkurranse med allerede eksisterende bedrifter, samtidig kan produksjonen erstatte importvarer noe som

---

<sup>66</sup> <http://miljogartneriet.no/om-oss>

<sup>67</sup> <https://renas.no/gartneri-med-norges-beste-miljoregnskap/>

<sup>68</sup> [https://www.enova.no/upload\\_images/BFC5050F9C1C481FA930A4D2828B4C03.pdf](https://www.enova.no/upload_images/BFC5050F9C1C481FA930A4D2828B4C03.pdf)

bidrar med å nå bærekraftsmål nr.11. Dermed er grønnsaksproduksjon (særlig tomat, agurk, paprika, etc.) mindre interessant.

Nibio har testet dyrking av eksotiske grønnsaker og krydderplanter i veksthus i Norge. Grønnsakene og krydderplantene som er testet er av særlig interesse for Rogalands innvandrerbutikker og det indiske miljøet. Konklusjonen etter forsøket var positiv og viste at det er for de fleste matvarene fullt mulig å dyrke i norske veksthus. Kvaliteten på grønnsakene og krydderplantene var tilnærmet lik den man fikk i opprinnelseslandene med tanke på smak, lukt og utseende. Se rapporten *Muligheter til dyrking av eksotiske veksthusgrønnsaker i Norge* (2017).

Nordmenn har et høyt forbruk av flere ulike eksotiske matvarer, det er dermed interessant å studere mulighetene for produksjon av disse.

Avokadoer vokser i varme områder (20-25°C) og har et vannbehov på 70 liter. På Kalberg er det tilgang på nok vann og varmen kan fås fra et datasenter. På 107 mål er det plass til 4 293 avokadotrær som høyst kan gro 200 avokadoer hver, det vil si 107 mål kan høyst gi 858 560 avokadoer. Likevel tar det 3 år for et avokadotre å gro den første avokadoen, og full produksjon får man først etter 6-8 år<sup>69</sup>.

En annen populær importvare er bananer. Bananer av typen Cavendish (dessert-banan) blir allerede produsert i veksthus i Stockholm i Sverige<sup>70</sup>, i Wageningen, Nederland<sup>71</sup> og. Ut ifra et bilde av det svenske veksthuset ser det ut som det har blitt plantet 3 bananplanter i en boks på 1.5 m<sup>2</sup>:



Bjorn Oliviusson, eieren av drivhuset, oppgir at han benytter en form for akvaponisk dyrking samtidig som at forholdene er preget av høy luftfuktighet og temperatur. Som resultat har han oppnådd en produksjon på 122 kg bananer etter ett år.

---

<sup>69</sup> <https://industry.nzavocado.co.nz/grow/becoming-an-avocado-grower/#:~:text=Trees%20are%20normally%20grown%20in,to%20maximise%20yield%20per%20hectare.>

<sup>70</sup> <https://growingpaces.com/bjorn-oliviusson-growing-bananas-at-60-degrees-north/>

<sup>71</sup> <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Sustainable-bananas-in-greenhouses-first-Dutch-bananas-harvested.htm>

Skalerer vi denne produksjonen opp til veksthuset vårt får vi en produksjon på 4364 tonn i året. Ifølge Haifa<sup>72</sup> kan man derimot håpe på en produksjon på rundt 900 tonn dersom vi klarer å holde optimale forhold (27°C, mye lys) gjennom hele produksjonstiden.

I masteroppgaven *Helårsproduksjon av jordbær i veksthus* skrevet av Staffan Henrik Bengtsson (2010) diskuteres det hvordan man kan drive helårsproduksjon av jordbær<sup>73</sup>. Blant flere metoder nevnes det en som er utredet i Norge av Verheul og Grimstad (1999), se side 23 i dokumentet. Dyrkingsmetoden gir 4.4 kg jordbær per m<sup>2</sup> hver 15. uke. For et veksthus på 100 mål tilsvarer dette 440 tonn jordbær hver 15. uke, som totalt gir 1500 tonn i året. Med et årlig konsum på 2.83 kg jordbær, vil dette veksthuset dekke behovet til 540 000 nordmenn<sup>74</sup>

Det blir stadig viktigere å finne nye proteinkilder for å dekke behovet til en stadig økende befolkning, en mulighet er dyrking av Andemat (Duck weed). Dette er linse-lignende mat som vokser i vann, altså krever hydroponisk dyrking. Andemat har tidligere blitt brukt som fôr til både dyr og fisk, men forskere ser nå på mulighet for at mennesker kan spise det. Proteinverdien (PDCAAS) ligger på 0,93 som er høyere enn tilsvarende for storfe på 0.92 og mye høyere enn den for kikerter som ligger på 0,73.<sup>75</sup> Årlig kan et veksthus på 107 mål produsere høyst 400 tonn tørrstoff andemat (består av 92-94 % vann)<sup>76</sup>.

## **Vertikale veksthus**

Per dags dato finnes de fleste vertikale veksthus i storbyer der plass er en mangelvare og hvor en er tett på markedet. Likevel har ikke denne typen veksthus tatt av pga. høyt investeringsnivå og driftskostnader (elektrisitet til LED-pærer og nedkjøling, og lønn til

---

<sup>72</sup> <https://www.haifa-group.com/banana-fertilizer/crop-guide-growing-banana>

<sup>73</sup> [https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/189294/bengtsson\\_staffan.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/189294/bengtsson_staffan.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

<sup>74</sup> <https://www.frukt.no/globalassets/materiell/totaloversikten/totaloversikten-2018.pdf>

<sup>75</sup> <https://bramat.no/kosthold/3145-nytt-superprotein>

<sup>76</sup> <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd7/1/3.htm>  
<https://bramat.no/kosthold/3145-nytt-superprotein>

arbeiderne). Idag produserer de fleste vertikale veksthus salat ettersom det er enkelt å dyrke, samtidig som at etterspørselen er stabil<sup>77</sup>. Men, siden salat er en relativt billig vare så er det utfordrende å tjene inn de høye investerings- og driftskostnadene.

Vertikale veksthus krever mer energi til belysning da plantene ikke har tilgang på naturlig sollys. Belysningen dekkes i de fleste tilfeller av LED-lys. Selv om energitapet (varmeutviklingen, de ohmske tap) er lite sammenlignet med andre lamper, vil det totale tapet bli stort da det er mange LED-pærer som kreves i et vertikalt veksthus.

Vertikale veksthus er kun sett på som et potensial da det var mangel på nødvendig data. Det ble forsøkt å få kontakt med BySpire, det tilsynelatende eneste kommersielle vertikale veksthuset i Norge, men vi fikk ikke svar. Foreløpig genereres det mye varme som tap fra LED-pærene, dermed er det en usikkerhet knyttet til det vertikale veksthusets evne til å utnytte datasenterets spillvarme, men en mulighet er å forlenge frikjølingssystemet til datasenteret til et vertikalt veksthus i nærheten.

## **Fordeler**

- Så å si ingen sprøytemidler blir brukt ettersom produksjonen skjer i sterile omgivelser.<sup>78</sup>
- Lite vann er nødvendig<sup>79</sup>
- Helårsproduksjon siden det skjer innendørs, i et lukket system.
- Betydelig reduksjon i bruksareal ettersom man dyrker i høyden. Ettertraktet i storbyene der plass er en mangelvare.<sup>80</sup>
- I urbane strøk vil det være redusert transport og dermed mindre forurensning<sup>81</sup>, samtidig som ferskere varer, ettersom man er tett på kundene.

---

<sup>77</sup> <https://www.ft.com/content/f80ea9d0-21a8-11ea-b8a1-584213ee7b2b>

<sup>78</sup> <http://www.byspire.no/velkommen#fordeler>

<sup>79</sup> <http://www.byspire.no/velkommen#fordeler>

<sup>80</sup> <http://www.byspire.no/velkommen#fordeler>

<sup>81</sup> <http://www.byspire.no/velkommen#fordeler>

## Ulemper

- Høye investeringskostnader dersom en velger en mest mulig automatisert løsning. Det er dette som er mest realistisk med tanke på at ellers blir lønnskostnadene høye, spesielt i land som Norge.
- Høyt forbruk av elektrisitet til LED-lys og kjøling<sup>82</sup>. Selv om et enkelt LED-lys slipper ut lite varme så vil den samlede mengden LED-lys produsere nok til at det krever kjøling av veksthuset.
- Produksjonen av grønsaker er ofte lite variert og en starter ofte med salat siden det er enkelt å dyrke og har en stabil etterspørsel. Samtidig er prisen relativt lav som gjør marginene er liten og gjør at det er vanskelig å tjene in investeringskostnadene og driftskostnadene.<sup>83</sup>
- Høye lønnsutgifter siden det er behov for arbeidere med høy utdanning, selv med automatiserte løsninger.<sup>84</sup>

## Potensial

Teknologien av LED-lys går fort og strømbehovet for et LED-lys vil sannsynligvis bli mindre. Vi ser også at ved en høyere automatisering av veksthuset vil investeringskostnaden bli høyere, men driftskostnadene vil bli mindre med tanke lavere lønnskostnader. Denne investeringskostnaden vil sannsynligvis bli mindre med årene med bedre teknologi.

---

<sup>82</sup> <https://www.futurefarming.com/Smart-farmers/Articles/2020/4/Vertical-farming-sector-struggles-with-costs-569801E/>

<sup>83</sup> [https://books.google.no/books?hl=en&lr=&id=z-C7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vertical+farming&ots=zCslvHphdu&sig=qu1ILyNf5-MkBgu5DEjgTB1XXqE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=vertical%20farming&f=false](https://books.google.no/books?hl=en&lr=&id=z-C7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vertical+farming&ots=zCslvHphdu&sig=qu1ILyNf5-MkBgu5DEjgTB1XXqE&redir_esc=y#v=onepage&q=vertical%20farming&f=false)

<sup>84</sup>

[https://books.google.no/books?hl=en&lr=&id=z-C7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vertical+farming&ots=zCslvHphdu&sig=qu1ILyNf5-MkBgu5DEjgTB1XXqE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=vertical%20farming&f=false](https://books.google.no/books?hl=en&lr=&id=z-C7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vertical+farming&ots=zCslvHphdu&sig=qu1ILyNf5-MkBgu5DEjgTB1XXqE&redir_esc=y#v=onepage&q=vertical%20farming&f=false)

<https://www.futurefarming.com/Smart-farmers/Articles/2020/4/Vertical-farming-sector-struggles-with-costs-569801E/>



Med årene vil også annen type grønnsaker, urter/krydder og frukt bli mulig å dyrke i vertikale drivhus som gjør at man kan få en høyere margin (høyere inntekter sammenlignet med utgiftene) enn det som er tilfelle i dag.<sup>85</sup>

### 5. *Utfordringer*

Relevant data er blant annet hentet fra rapporter utgitt i 2010 og tidligere, en masteroppgave og dokumenter der eierne består av veksthus eiere, informasjonen er tidvis mangelfull og varierende fra kilde til kilde, samtidig kan det diskuteres om sistnevnte er troverdig.

Det er tidligere estimert at veksthuset vil bidra med 107 arbeidsplasser, dette er basert på MG sine tall på antall arbeidere (70-85) under høysesongen. Vi tok utgangspunkt i at det som dyrkes i veksthuset er slik at vi kan ha flere høysesonger i løpet av året slik at antallet arbeidsplasser forblir konstant. Argumentet er svakt, og en mer realistisk tilnærming ville vært å velge en kombinasjon av plantearter slik at innhøsting kan foregå flere ganger i løpet av året. Således kan det tenkes at man oppnår et antall faste arbeidsplasser. Dette antallet vil da være lavere enn 107 da det er færre som trengs til hver innhøsting. Konklusjonen falt likevel på å ikke endre antallet da vi ikke har studert hvor mange arbeidsplasser som i så fall må reduseres.

Innsatsfaktorer som mengden spillvarme, elektrisitetsbehov og CO<sub>2</sub>-opptak avhenger av hvilke matvarer, dvs. planteart, man ønsker å produsere, all data er basert på veksthus som produserer tomater og det garanteres dermed ikke at størrelsene gjelder for produksjon av andre matvarer.

Når vi undersøkte potensialet for produksjon av eksotisk frukt og grønt var det veldig varierende informasjon. Det har dermed vært utfordrende å vite om innhentet data er realistisk.

---

<sup>85</sup> [https://books.google.no/books?hl=en&lr=&id=z-C7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vertical+farming&ots=zCslvHphdu&sig=qu1lLyNf5-MkBgu5DEjgTB1XXqE&redir\\_esc=y#v=onepage&q=vertical%20farming&f=false](https://books.google.no/books?hl=en&lr=&id=z-C7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vertical+farming&ots=zCslvHphdu&sig=qu1lLyNf5-MkBgu5DEjgTB1XXqE&redir_esc=y#v=onepage&q=vertical%20farming&f=false)

## 6. Massebalanse

Målet med dette kapittelet er å forklare hvordan vi kom frem til de ulike temperaturene og massebalansen mellom datasenteret og fokusområdene. Vi inkluderer bare de massebalansene som strømmer mellom fokusområdene. Derfor er for eksempel ikke strømbehov for hvert enkelt fokusområde (med unntak av datasenteret) inkludert i massebalansen.

### 6.1. Datasenter (inkludert varmeveksler)

Input

- *Frikjøling*

Sjøvann på rundt 8 °C pumpes opp fra 100 meters dyp i Gandsfjorden. Temperaturen på sjøvannet er tilnærmet konstant hele året. Sjøvannet går inn i en varmeveksler hvor det kjøler ned ferskvann som sirkulerer i et lukket system og kjøler ned serverne i datasenteret. Varmen veksles fra sjøvann til ferskvann for å unngå korrosjon. Eksakt mengde sjøvann som trengs er ukjent, men vi antar at vi kan få nok til å kunne kjøle ned 19 datasentre (high case scenario).

- *Elektrisitetsbehov*

Basert på tall fra Lyse og Green Mountain, så estimerer vi et årlig energibehov for 1 datasenter på 241 776 MWh, mens 19 datasentre vil kreve 4 593 744 MWh.

Output

- *Spillvarme*

Ferskvannet i det lukkede systemet vil holde en temperatur på mellom 40-60°C, mens sjøvannet som kommer ut fra varmeveksleren og slippes ut i sjøen vil ha en temperatur på rundt 20°C. Disse tallene er basert på informasjon vi har fått fra prosjekteiere, samt fra Green Mountain.

### 6.2. Biogassanlegg

Input

- *Husdyrgjødsel (120 000 tonn, 30 % TS)*

Vi har tatt utgangspunkt i NORCE sin rapport fra 2019, *Biogass/biorestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren*.<sup>86</sup> Som tidligere nevnt, tar vi utgangspunkt i scenario 1 fra rapporten, hvor husdyrgjødsel fra storfe og gris i Hå, Time og Klepp kommune blir brukt til biogassproduksjon. I rapporten kommer det frem at tørrfraksjon (fra husdyrgjødslet) er tilstrekkelig til å etablere en modulbasert biogasshub (som vi ser for oss skal være på Kalberg). Huben behandler 120 000 tonn tørrfraksjon (30 % TS), som kan produsere ca. 50 GWh biogass (realistisk utbytte). Biogasspotensialet gjelder for et anlegg som bare behandler husdyrgjødsel, og vil derfor avvike fra vår output på 82 GWh biogass (siden vi også tar inn fiskeslam).

- *Fiskeslam fra smoltanlegg (2 952 tonn, 15 % TS)*

Det landbaserte smoltanlegget vi ser for oss på Kalberg er dimensjonert til å produsere 3 000 tonn smolt. For å finne mengden fiskeslam fra et slikt anlegg, har vi tatt utgangspunkt i data hentet fra NTNU, Sintef og SMF sin rapport, *Analyse av lukka oppdrett av laks – landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko*.<sup>87</sup> Estimert for slam viser at landbaserte smoltanlegg, med snittvekt på 0,5 kg, vil produsere omtrent 492 tonn slam (90 % TS) per år. Ifølge Jan Knudsen (i Bioretur, som tørker fiskeslam) og Leif Ydstebø (i IVAR), bør fiskeslammet ha en tørrstoffprosent på 15 %, når den går inn i biogassanlegget. Vi får da:

$$492 \text{ tonn (90 \% TS)} / 15 \% * 90 \%$$

= 2 952 tonn slam (15 % TS) fra smolt som vil gå inn i biogassanlegget.

- *Fiskeslam fra matfiskanlegg (13 200 tonn, 15 % TS)*

Det landbaserte matfiskanlegget vi ser for oss på Kalberg er dimensjonert til å produsere 12 000 tonn matfisk. For å finne mengden fiskeslam fra et slikt anlegg, har vi tatt utgangspunkt i samme rapport som for smoltanlegget.<sup>88</sup> Rapporten skriver at 130 landbaserte matfiskanlegg på 10 000 tonn hver, vil gi 238 333 tonn slam (90 % TS). Vi får da:

---

<sup>86</sup> <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2630988/Rapport%20NORCE%20Milj%c3%b8%205-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>87</sup> [https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1702/1702022\\_analyse-av-lukka-oppdrett-av-laks-landbasert--2018.pdf](https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1702/1702022_analyse-av-lukka-oppdrett-av-laks-landbasert--2018.pdf)

<sup>88</sup> [https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1702/1702022\\_analyse-av-lukka-oppdrett-av-laks-landbasert--2018.pdf](https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1702/1702022_analyse-av-lukka-oppdrett-av-laks-landbasert--2018.pdf)

238 333 tonn slam (90 % TS) / (10 000 tonn per anlegg \* 130 anlegg)

\* 12 000 tonn (vårt anlegg) = 2 200 tonn slam (90 % TS)

2 200 tonn slam (90 % TS) / 15 % \* 90%

= 13 200 tonn (15 % TS) fra matfisk som vil gå inn i biogassanlegget.

- *Spillvarme* (35 °C eller 55 °C i råtningstanken)

Ifølge Leif Ydstebø i IVAR vil råtningstanken i et biogassanlegg holde enten 37 °C (mesofil prosess) eller 55 °C (termofil prosess). Vi ser for oss å ha en termofil prosess, ettersom den er mest effektiv. Spillvarmen fra datasenteret må da holde en temperatur på over 55 °C (termodynamikkens 2. hovedsetning). Vi har ikke fått gjort noen beregninger på hvilken temperatur som vil kreves på spillvarmen eller elektrisitetsforbruket til for eksempel en pumpe som skal heve temperaturen på spillvarmen.

#### Output

- *Biogass* (77 GWh)

Massene er oppgitt med 15 % TS for fiskeslam og 30 % TS for husdyrgjødsel.

Total mengde fiskeslam	16 152 tonn	<b>Realistisk energiinnhold</b>	<b>Energi</b>
Husdyrgjødsel (80% av total mengde fiskeslam)	16 152 / 20% * 80% = 64 608 tonn	0,00041667 * 2 GWh biogass / tonn husdyrgjødsel	0,00083334 * 64 608 = 54 GWh
Husdyrgjødsel (rest, behandles alene i biogassanlegg)	120 000 – 64 608 = 55 392 tonn	0,00041667 GWh biogass / tonn husdyrgjødsel	0,00041667 * 55 392 = 23 GWh
		<b>SUM</b>	<b>77 GWh</b>

Tall for realistisk energiinnhold hentet fra NORCE sin rapport, *Biogass/biorestproduksjon som bærekraftig gjødselhåndteringsstrategi på Jæren.*<sup>89</sup> Forskning fra Nibio viser at biogassproduksjonen kan dobles ved å blande inn 20 % fiskeslam.<sup>90</sup>

- *Biorest*

Vi har ikke gjort noen beregninger på mengder biorest, men antar at restproduktet kan utnyttes som et gjødselprodukt.<sup>91</sup>

- *CO<sub>2</sub> (5 846 tonn)*

Ved produksjon av 2,5 TWh biogass per år, der alt oppgraderes til drivstoff, kan det fanges 190 000 tonn CO<sub>2</sub> i prosessen.<sup>92</sup> Vi får da:

76 tonn CO<sub>2</sub> / GWh biogass \* 77 GWh biogass

= 5 846 tonn CO<sub>2</sub> (tallet er fra Excel, som er mer nøyaktig)

som kan fanges opp fra videreforedlingsprosessen av biogassen.

### 6.3. Landbasert oppdrettsanlegg for smoltproduksjon

Input

- *Sjøvann fra datasenterets frikjøling*

Selv om sjøvannet i oppdrettsanlegget blir resirkulert vil det fortsatt være noe behov for påfyll. Dette er fordi fiskeslammet inneholder mye vann.

- *Spillvarme (som kan varme opp vannet til 13°C)*

Den optimale temperatur for raskest mulig vekst har vist seg å være 13°C.<sup>93</sup>

---

<sup>89</sup> <https://norce-research.brage.unit.no/norce-research-xmlui/bitstream/handle/11250/2630988/Rapport%20NORCE%20Milj%c3%b8%205-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>90</sup> <https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjdsel-fiskeslam--biogass>

<sup>91</sup> <https://norce-research.brage.unit.no/norce-research-xmlui/bitstream/handle/11250/2630988/Rapport%20NORCE%20Milj%c3%b8%205-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>92</sup> <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1652/M1652-versjon2.pdf>

<sup>93</sup>

Temperaturen holdes konstant i anlegget ved at sjøvannet som resirkuleres i RAS-anlegget blir oppvarmet ved bruk av datasenterets spillvarme.

- *Yngel (småfisk)*

Yngelen er småfisken som senere blir til smolten.

- *Fiskefôr (5 tonn daglig)*

Fôringen er estimert ut ifra en presentasjon av Billund Akvakultur, *Design og dimensjonering av et anlegg for produksjon av 1 million 1kg postsmolt (2018)*<sup>94</sup>

## Output

- *Smolt (3000 tonn)*<sup>95</sup>

Produksjonskapasiteten er dimensjonert ut ifra eksisterende anlegg oppgitt i Sintefs rapport *analyse av lukket oppdrett av laks - landbasert og i sjø (2018)* som oppgir en kapasitet på 3000 tonn smolt i året.

Dette skal videre gå inn som input i oppdrettsanlegget for matfisk.

- *Fiskeslam (2952 tonn, 15 % TS)*

Fiskeslammet som oppstår i anlegget skal først tørkes til en tørrstoff-andel på 15 %, videre blir dette fiskeslammet ført inn i biogassanlegget.

- *Avvann*

Avvann kommer fra tørkingen av fiskeslammet og dette må håndteres. Siden slammet i utgangspunktet inneholder noe sjøvann vil det i tillegg være behov for påfylling av nytt sjøvann.

## 6.4. Landbasert oppdrettsanlegg for matfiskproduksjon

### Input

- *Smolt (3000 tonn)*

Smolten blir ført videre inn til oppdrettsanlegget.

---

<sup>94</sup> <http://www.smoltproduksjon.no/Bilder/TidlKonf%202012/15%20Bjarne%20Hald%20Olsen%20-%20Design%20og%20dimensjonering%20av%20anlegg.pdf>

<sup>95</sup> [https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1702/1702022\\_analyse-av-lukka-oppdrett-av-laks-landbasert--2018.pdf](https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1702/1702022_analyse-av-lukka-oppdrett-av-laks-landbasert--2018.pdf)

- *Fôr (13 800 tonn)*  
For 1 kg laks trengs det 1,15 kg fôr, dermed for å produsere 12 000 tonn matfisk trengs det 13 800 tonn fôr.
- *Spillvarme*  
Slik som for smoltproduksjonen vil datasenterets spillvarme brukes til å holde sjøtemperaturen konstant.
- *Sjøvann (13 °C)*  
På samme måte som for smoltproduksjonen vil sjøvannet føres videre fra datasenterets frikjøling til anlegget

#### Output

- *Matfisk (12 000 tonn)*  
Mengden matfisk som produseres er basert på samme rapport som ble benyttet ved estimering av mengden smolt produsert. Som resultat vil anlegget produsere 12000 tonn matfisk.
- *Fiskeslam (16 267 tonn, 15 % TS)*  
Mengden fiskeslam er også estimert med grunnlag i rapporten.
- *Avvann*

### 6.5. Algefabrikk

#### Input

- *Næringsstoffer og vann*  
Vannet fra smoltanlegget vil kunne gå direkte inn i algefabrikken ettersom det inneholder næringsstoffene som algene trenger for å vokse.
- *Spillvarme (23 °C)*  
Spillvarme fra datasenteret vil gjøre det mulig å holde en konstant temperatur på cirka 23 grader celsius i vannet som algen vokser i. Kan muligens være behov for en varmeveksler av ett eller annet slag.
- *CO<sub>2</sub>: 480 tonn*  
Med et forholdstall på 2 kg CO<sub>2</sub> per kg med alger, så vil et anlegg som produserer 240 tonn tørrmasse i året trenge 480 tonn med CO<sub>2</sub> fra biogassanlegget.

## Output

- *Omega-3 (22-36 tonn)*

Tall fra Wageningen University i Nederland anslår at vi kan få mellom 30 til 50 tonn tørrmasse per hektar i året.<sup>96</sup> For vårt anlegg på 8 hektar så tilsvarer det dermed rundt 240-400 tonn tørrmasse i året. Protein utgjør omtrent 50,1 % av tørrmasse.<sup>97</sup> Dermed vil vi få ut cirka 120-200 tonn med protein i året. EPA & DHA (Omega 3) utgjør omtrent på 9,1 % av tørrmasse.<sup>98</sup> Dermed vil vi få ut cirka 22-36 tonn med omega-3 i året.

- *Minimumsbehovet til 241 000 mennesker*

Et annet anslag basert på tall fra vårt intervju/e-post korrespondanse med CO2bio, gir en output på 400-800 kg med tørrmasse i året per 200m<sup>2</sup>. Vi tar til grunne 600kg i året per 200m<sup>2</sup>. Et anlegg på 8 hektar tilsvarer en output på 240 tonn tørrmasse i året, noe som gir 120 tonn protein og 22 tonn omega-3 (EPA & DHA) i året. Det daglige omega-3 (EPA & DHA) behovet for et voksent menneske er minimum 250 milligram,<sup>99</sup> noe som tilsvarer 91,25 gram i året. Derfor vil 22 tonn med ren omega-3 tilsvare det årlige minimumsbehovet til ~241 000 voksne mennesker.

## 6.6. Insektoppdrett

Vi regner med en output på 2 500 tonn protein per år. Proteininnholdet i melbillelarven varierer litt avhengig av hvilken litteratur som blir brukt. Vi regner med at proteininnholdet i melbillelarven er rundt 50 %. Hvis vi IKKE ønsker å dyrke grønnsaker øremerket som fôr til

---

<sup>96</sup> <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Algae-as-a-source-of-energy-the-price-is-still-too-high.htm>

<sup>97</sup> CO2Food. (September 2019). Production of phototrophic microalgae as a nutritious EPA and DHA ingredient in aquaculture feed.

<sup>98</sup> CO2Food. (September 2019). Production of phototrophic microalgae as a nutritious EPA and DHA ingredient in aquaculture feed.

<sup>99</sup> [https://www.lhl.no/et-sunnere-liv/ernaring-mat-og-helse/lhl-anbefaler-omega-3/#:~:text=Norske%20og%20nordiske%20helsemyndigheter%20anbefaler,0%2C%20gram\)%20DHA.](https://www.lhl.no/et-sunnere-liv/ernaring-mat-og-helse/lhl-anbefaler-omega-3/#:~:text=Norske%20og%20nordiske%20helsemyndigheter%20anbefaler,0%2C%20gram)%20DHA.)



insektene så avhenger mengden protein vi kan produsere på hvor mye bioavfall (grønnsaker, brød, osv.) vi kan få inn fra landbruket, husstander, butikker, restauranter, osv. For eksempel så tar AgriProtein og bearbeider 250 tonn organisk materiale hver dag (produserer 5 000 tonn protein i året).<sup>100</sup> Ser vi for oss et lineært forhold så tilsvarer det 125 tonn organisk avfall hver dag i vårt anlegg. Det tilsvarer i løpet av ett år mer enn 45 000 tonn organisk avfall.

#### Input

- *Organisk avfall (45 000 tonn)*

Vi regner med organisk avfall fra landbruk, veksthus og lignende.

- *Vann*

Ubestemt hvor mye, men det er veldig små mengder sammenlignet med protein fra andre kilder

- *Spillvarme (28 °C)*

Den optimale temperaturen for insekter er på 28 °C.

#### Output

- *Protein (2 500 tonn).*

- *Olje (1 250 tonn)*

InnovaFeeds nye anlegg vil kunne produsere 10 000 tonn protein og 5 000 tonn olje i året. Derfor anslår vi at ved en produksjon på 2 500 tonn protein i året, så vil det være mulig å få omtrent *1 250 tonn* med olje.<sup>101</sup>

- *Gjødsel (12 500 tonn)*

Et anlegg som produserer 20 000 tonn med protein per år, vil også kunne produsere rundt 100 000 tonn med gjødsel per år.<sup>102</sup> Vi regner derfor med at et anlegg med kapasitet på 2 500 tonn protein per år vil kunne produsere opp til *12 500 tonn* med gjødsel.

---

<sup>100</sup> <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/saving-our-seas-one-factory-at-a-time>

<sup>101</sup> <https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/la-relance-eco-l-entreprise-innovafeed-ouvre-un-nouveau-site-de-production-a-nesles-1592245979> & <http://www.aquafeed.com/af-article/8374/InnovaFeed-secures-additional-E2%82%AC40M-to-scale-up-production/>

<sup>102</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=OInMm0f-WzI>

- Kitin (og kitosan)

Ifølge en sør-koreansk studie så vil den gjennomsnittlige mengden kitin fra en hel melbillelarve være rundt 4,92 % (av tørrvekten).<sup>103</sup> Basert på en vekt på 5 000 tonn melbillelarver (2 500 tonn protein), så gir det cirka 246 tonn med kitin i året. Fra kitin så er det mulig å lage kitosan, men det krever ekstra prosesser som vi ikke har sett på som den del av dette prosjektet. Den potensielle output-en av kitosan er cirka 3,65 % av tørrvekten til melbillelarven.<sup>104</sup> Det er verdt å merke at disse tallene er noe usikre.

---

<sup>103</sup> Song, Y., Kim, M., Moon, C., Seo, D., Han, Y. S., Jo, Y. H., . . . Jung, W. (2018). Extraction of chitin and chitosan from larval exuvium and whole body of edible mealworm, *Tenebrio molitor*. *Entomological Research*, 48(3), 227-233. doi:10.1111/1748-5967.12304

<sup>104</sup> Song, Y., Kim, M., Moon, C., Seo, D., Han, Y. S., Jo, Y. H., . . . Jung, W. (2018). Extraction of chitin and chitosan from larval exuvium and whole body of edible mealworm, *Tenebrio molitor*. *Entomological Research*, 48(3), 227-233. doi:10.1111/1748-5967.12304

## 6.7. Horisontale veksthus

Veksthuset ble dimensjonert ut ifra mengden CO<sub>2</sub> biogassanlegget vil produsere under oppgraderingen fra biogass til biometan. Siden algefabrikken tar opp 480 tonn CO<sub>2</sub> må veksthuset ta opp 5366 tonn.

Veksthusets CO<sub>2</sub>-opptak avhenger av hvor mange planter det er plass til i drivhuset og dette er igjen direkte tilknyttet størrelsen på drivhuset. I masteroppgaven *Livsløpsvurdering av tomatproduksjon i Norge (2018)* oppgis det at et tomat-veksthus med produktivitet på 115 kg/m<sup>2</sup> har et CO<sub>2</sub>-opptak på 50 kg/m<sup>2</sup>, i året. Som resultat får vi at arealet til veksthuset må være på 107 mål. Innsatsfaktorer som elektrisitets- og oppvarmingsbehov er beregnet ved bruk av forholdstall fra samme dokument og er på henholdsvis 316 kWh/m<sup>2</sup> og 79 kWh/m<sup>2</sup>.

### Input

- *Spillvarme (8,5 GWh)*
- *Strømbehov (33,8 GWh)*
- *Vann – mengden avhenger av plantetype.*
- *CO<sub>2</sub> (5366 tonn)*

### Output

- *Planterester og annet avfall*

Mengden vil være relativt liten da det aller meste vil gjenbrukes i veksthuset. Likevel kan det tenkes at noe går til insektsoppdrett.

Nedenfor er mengden beregnet ut ifra at hele veksthuset benyttes til dyrking av en matvare, beregningene kan finnes i Excel-dokumentet.

- *Banan (4 365 tonn)*
- *Avokado (858 560 tonn)*
- *Andemat (408 tonn, 100 % TS)*
- *Tomat (12 305 tonn)*

## 6.8. Klimaregnskap

I dette avsnittet vil vi forklare hvordan vi har regnet ut klimagassutslippene fra symbiosen og besparelsene i klimagassutslipp for et datasenter på Kalberg. Klimagassutslippene regnes i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>-eq.), et fellesbegrep som inkluderer alle klimagassene (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O).

## 6.9. Utrekningsmetode

Klimagassutslippene fra symbiosen regnes ut ved å bruke utslippsfaktorer, som er basert på en livsløpsanalyse (LCA), for hver enkelt industri. Disse utslippsfaktorene er funnet i forskjellig litteratur og er oppført (sammen med kilden) i et Excel-dokumentet for klimaregnskapet (se vedlegg). Mengden CO<sub>2</sub>-eq. som slippes ut / spares som en del av symbiosen presenteres i antall *tonn CO<sub>2</sub>-eq. per år*, og beregnes ved å bruke den følgende formelen:

$$\text{Antall tonn CO}_2\text{-eq. per år} = \text{LCA utslippsfaktor} * \text{mengde}$$

For eksempel så beregnes de totale årlige utslippene fra energibehovet til datasenteret på den følgende måten:

$$\text{Antall tonn CO}_2\text{-eq. per år} = \text{LCA utslippsfaktor norsk el-miks} * \text{energibehov 19 datasentre}$$

Klimagassutslippene fra de valgte industriene i symbiosen sammenlignes med klimagassutslippene fra tilsvarende eksisterende industrier. Differansen i klimagassutslipp fra eksisterende industrier og klimagassutslipp fra symbiosen er den besparelsen/økningen vi oppnår. Dette forutsetter at den mengden som blir produsert i symbiosen erstatter en tilsvarende mengde som blir produsert fra eksisterende industrier. For eksempel at protein fra insektoppdrett erstatter en tilsvarende mengde protein fra soya. Disse besparelsene fra symbiosen subtraheres fra klimagassutslippene fra energibruken til datasenteret. Det beløpet vi får er den totale mengden CO<sub>2</sub>-ekvivalenter som tilføres eller tas bort. I vårt tilfelle så er tallene negative, noe som betyr at symbiosen “fjerner” klimagassutslipp. Dermed kan man si at datasenteret sammen med symbiosen er karbonnegativ.

## 6.10. Utgangspunkt

De totale besparelsene i årlige klimagassutslipp sammenlignes med et potensielt tilsvarende datasenter i et EU-land, hvor elektrisiteten kommer fra en EU-miks, og som ikke er en del av en symbiose. Derfor føres klimagassutslippene fra et slikt datasenter i et EU-land som en besparelse i forhold til klimagassutslippene til datasenteret på Kalberg.

## 6.11. Begrensninger

Det er noen begrensninger ved vår utregning av klimagassutslippene. For det første så er ikke utslipp knyttet til selve byggingen av datasenteret tatt med i betraktningen, ettersom det er vanskelig å finne nøyaktige tall på disse utslippene. Klimagassutslipp fra bygg- og anleggssektoren i Norge var i 2017 estimert å utgjøre 15,3 % av Norges totale klimagassutslipp,<sup>105</sup> der majoriteten av utslippene kommer fra byggematerialer og energibehov under byggeprosessen.<sup>106</sup> Det bør derfor være et fokus på bruk av nullutslippsmaskiner og bærekraftige byggematerialer under design- og byggefasen av datasenteret. Dette vil med stor sannsynlighet bidra til et betydelig kutt i datasenteret sitt karbonfotavtrykk.

Andre begrensninger er mangel på data om utslippsfaktorer for enkelte industrier. For eksempel så ble det ikke funnet utslippsfaktorer som muliggjorde en sammenligning av produksjon av omega-3 fra alger og fra villfisk. To kilder for omega-3 som er ettertraktet i fiskefôr. Besparelsen på klimagassutslipp fra produksjon av omega-3 fra alger er derfor ikke inkludert i vårt klimaregnskap.

En annen begrensning er nøyaktigheten på utslippsfaktorene som er brukt. De er hentet fra diverse norsk og utenlandsk litteratur, og er derfor basert på ulike forutsetninger. For eksempel så vil en utslippsfaktor for produksjon av et energikrevende produkt være høyere i et EU-land enn det vil i Norge på grunn av høyere klimagassutslipp fra EUs el-miks. Vi kan

---

<sup>105</sup> Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp (14.05.2019)

[https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp\\_bae\\_2019.pdf](https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/klimautslipp_bae_2019.pdf)

<sup>106</sup> [http://ira.lib.polyu.edu.hk/bitstream/10397/36019/1/Hong\\_Jingke\\_2015.pdf](http://ira.lib.polyu.edu.hk/bitstream/10397/36019/1/Hong_Jingke_2015.pdf)

derfor anta at de reelle utslippsfaktorene for flere av industriene i symbiosen er lavere enn de vi har brukt og at de faktiske klimagassbesparelsene kan være høyere.

### **6.12. Resultater/diskusjon**

Utrekningene av klimaregnskapet ble gjort i et separat Excel-dokument (se vedlegg). Vi gjorde to utregninger, en for besparelsen av klimagassutslipp pga. symbiosen, og en hvor vi også inkluderte besparelsen ved å bruke en norsk el-miks versus en EU-miks. Resultatet er at symbiosen vil kunne bidra til et karbonnegativt fotavtrykk på over 59 000 tonn CO<sub>2</sub>-eq. per år, mens hvis vi inkluderer besparelsene av norsk el-miks versus EU-miks, så er resultatet et karbonnegativt fotavtrykk på om lag 2 100 000 tonn CO<sub>2</sub>-eq. per år, tilsvarende utslippene til 2,5 millioner biler.

Det er verdt å merke seg at de potensielle besparelsene fra symbiosen kan være vesentlig høyere hvis noe av produktene som produseres brukes til andre formål. Vi har for eksempel forutsatt at all proteinet fra insektoppdrett vil gå til produksjon av fiskefôr ettersom vi vet at det er et marked for insektprotein her. Hadde derimot dette proteinet erstattet protein fra for eksempel storfe og annet kjøtt så kunne klimagassbesparelsene vært vesentlig mye høyere (over 160 000 tonn CO<sub>2</sub>-eq per år mot nåværende 13 000 tonn CO<sub>2</sub>-eq. per år). Dette har vi ikke medregnet av to grunner.

1. Det eksisterer allerede flere bedrifter som baserer seg på kjøttproduksjon i området rundt Kalberg. Det ville dermed blitt konflikter dersom næringsparken sikter på å erstatte/utkonkurrere disse bedriftene.
2. En forutsetning for denne besparelsen er at folk må være villige til å erstatte kjøtt med insekter, noe som ikke er veldig sannsynlig per dags dato.

### **6.13. Konklusjon**

Som tidligere nevnt er ikke besparelsene fra omega-3 til fiskefôr inkludert i klimaregnskapet, noe som gjør at de totale besparelsene blir noe lavere. I tillegg så vil valg av byggematerialer og energi i byggeprosessen av datasenteret være en faktor med potensielt store utslipp. Selv om tallene fra omega-3 og byggeprosessen hadde vært inkludert så ser vi at symbiosen vil ha en betydelig mindre effekt på klimaregnskapet enn det el-miksen har.

## 7. Positive effekter av en industriell symbiose på Kalberg

### 7.1. Samfunnsmessige ringvirkninger

#### Arbeidsplasser: 393

Biogassanlegg	10
Insektoppdrett	30
Smoltproduksjon	20
Matfiskproduksjon	56
Algefabrikk	170
Horisontalt veksthus	107
<b>Sum</b>	<b>393</b>

393 nye arbeidsplasser er kanskje ikke så veldig mye, men dette er arbeidsplasser direkte knyttet til symbiosen, hvor arbeidsplasser knyttet til datasenteret og utbygging av infrastruktur er ekskludert. I tillegg kommer de indirekte arbeidsplassene som vi ikke har regnet på pga. kompleksiteten og tidsbruken et slikt regnestykke vil ta. Det vil sannsynligvis være mulig å utvide symbiosen og industrien rundt, men er noe som vi ikke har sett nærmere på.

#### Areal: 415,6 mål

Insektoppdrett	5,6 mål
Smoltproduksjon	15 mål
Matfiskproduksjon	108 mål
Algefabrikk	80 mål
Horisontalt veksthus	107 mål
<b>Sum</b>	<b>415,6 mål</b>

Anleggene er skalert opp/ned med en forutsetning om lineære forhold, og kan derfor være urealistisk med tanke på for eksempel stordriftsfordeler innenfor ulike industrier som kan senke produksjonsarealene. Arealene er basert på både tilsvarende anlegg som finnes i dag og estimat som vi har fått fra ulike eksperter innenfor de ulike fokusområdene

## Investering: 2,8 milliarder NOK

Biogassanlegg	443 millioner
Insektoppdrett	107 millioner
Smoltproduksjon	500 millioner
Matfiskproduksjon	1200 millioner
Algefabrikk	370 millioner
Horisontalt veksthus	208 millioner
Sum	2828 millioner = 2,8 milliarder

Investeringskostnadene er basert på tilsvarende anlegg som finnes i dag og estimat som vi har fått fra eksperter og rapporter innenfor fokusområdene.

### 7.2. Klima- og miljøavtrykk

CO<sub>2</sub>-ekvivalenter negativt tilsvarende ca. 2 490 000 millioner personbiler sitt årlige utslipp. Regnestykkene vil en finne i Excel-dokumentet vedlagt. Med vår løsning vil ca. 300 gårder i Time, Klepp og Hå få løst problemet med for lite spredningsareal og få redusert sine klimagassutslipp<sup>107</sup>. Ved å ta hånd om fiskeslammet i hele Norge sparer en fjordene for avfall som tilsvarer kloakken til 14 millioner mennesker.

## 8. Veien videre

Innen de to neste årene vil de store internasjonale datasenteraktørene ha bestemt seg for hvor de ønsker å etablere datasentrene sine. Hvis Rogaland ønsker et datasenter til regionen, kreves det handling nå. Arbeidet vårt med prosjektet er bare starten på dette. Ved å se på mulighetsrommet knyttet til å utnytte spillvarmen fra en datasenterklynge på Kalberg, kan det bidra til å skape oppmerksomhet rundt hvilke muligheter datasentre skaper.

Vi ser at datasenteret og næringsutvikling har sterk gjensidig avhengighet.

Datasenteraktørene kan ikke bygge ut datasenter før politikere godkjenner utbygging på Kalberg. Politikere ønsker ikke å godkjenne utbygging, før de vet at det vil skje

---

<sup>107</sup> <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2630988/Rapport%20NORCE%20Milj%c3%b8%205-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



næringsutvikling. Samtidig vil ikke lokale næringslivsaktører og investorer satse, før de vet at de kan få “gratis spillvarme” fra et datasenter.

Med dette i bakhodet, ser vi for oss at Lyse kan ha flere roller i veien videre for å få til et datasenter på Kalberg. Først og fremst kan Lyse engasjere lokale næringslivsaktører og investorer, for å være en pådriver til intensjonsavtaler. Dette vil sende sterke signaler til politikerne og gi lovnad om betinget næringslivsetablering - med forbehold om at datasenteret blir et faktum.

Denne prosessen kan for eksempel initieres gjennom webinar, hvor vi blant annet kunne ha presentert noen av våre resultater og idéer fra sommerprosjektet.

Når det kommer til hva **vi** har mest tro på, er det etableringen av et biogassanlegg på Kalberg. Dette mener vi er en av de viktigste (og mest realistiske) komponentene i en symbiose tilknyttet datasenteret, som kan tilfredsstille kravene til de viktigste interessentene. Her har Lyse en god mulighet til å påvirke Jæren Biopark til å etablere et anlegg på området.

Videre mener vi at etableringen av et biogassanlegg i seg selv ikke er formålstjenlig med mindre andre næringer i en symbiose kan koble seg på. Av den grunn har vi også sterk tro på et landbasert fiskeoppdrett, samt insektoppdrett. Her kan Lyse gå aktivt inn for å engasjere lokale næringslivsaktører som vil dra nytte av disse næringene. Eksempler er Skretting, AKVA-group og Kverneland Group.

En annen idè for Lyse kan være å ansette et team som jobber med prosjektet på fulltid. Dette for å holde hjulene i gang og fortsette å være “på”. Da kan man få mer nøyaktige beregninger og analyser, samt gjøre et dypdykk i lovverk og reguleringer som vi ikke har fokusert på.

**Når det er sagt, ønsker vi å takke for en utrolig spennende sommer i Lyse! Vi tror at en datasenteretablering på Kalberg vil gi uante muligheter for regionen. Å få lov til å være med på veien videre i dette prosjektet, er noe vi har utrolig lyst til!☺**

## 9. Bibliografi

Se fotnoter.