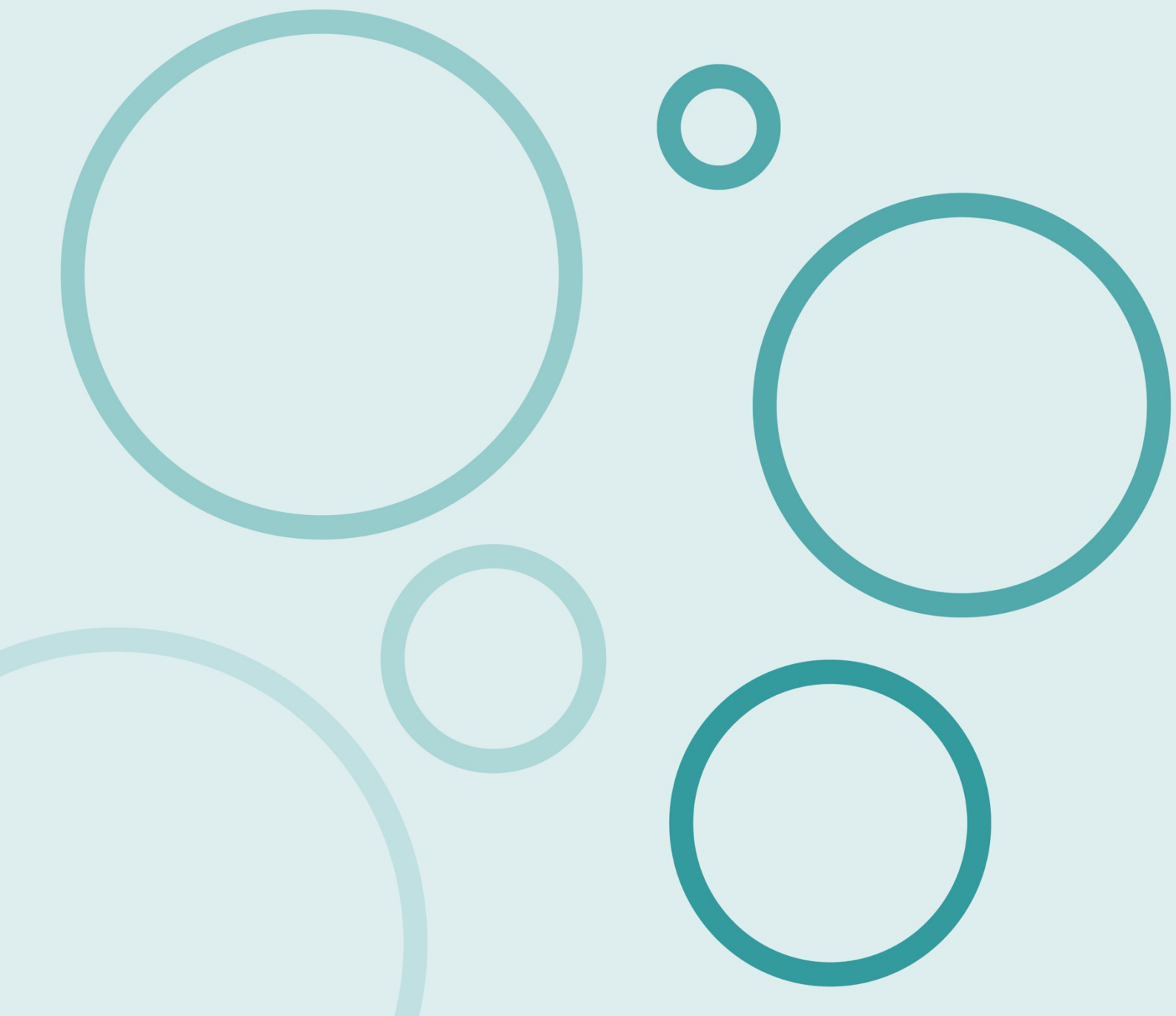




Klimatiltak: Slam fra smolt- og oppdrettsanlegg til biogass

Mer landbasert smolt kan øke biogassproduksjonen



Kort sammendrag

Biogass Oslofjord ønsker å legge til rette for mer biogass. Det beste tiltaket er mer bruk av biogass som drivstoff til tungtransport, kollektivtrafikk og skip. Mer bruk vil motivere mer produksjon. De beste kildene for biogassproduksjon er "fanget metan", bruk av metan som ellers vil gi høye klimagassutslipp. Her er husdyrgjødsel og matavfall gode eksempler.

Slam og avfall fra fiskeoppdrett kan unngå å bli et avfallsproblem ved å benyttes til biogassproduksjon, og det samme kan selvdød fisk fra oppdrett. Selv om det meste av fiskeoppdrett i Norge foregår i sjø, er det en økning av landbaserte oppdrettsanlegg, særlig for smolt (opp til 0,5 kg) og post-smolt (0,5-1 kg). Dette gjør det enklere å samle avfall og slam, og det kan muliggjøre etablering av flere anlegg som har en mer passende beliggenhet for transport til biogassanlegg.

I dette forprosjektet har vi fått to underlagsrapporter til kunnskapsinnhenting:

- Nofima har levert en rapport om smolt aktivitet i dag og indikasjoner om fremtidig vekst.
- G2R har levert en rapport om prosessen med innsamling av avfall, logistikk og leveranser.

Våre analyser viser at i tillegg til en betydelig vekst i oppdrettsnæringen generelt, vil andelen smolt på land øke. Dermed øker potensialet for bruk av slam fra smolt til biogassproduksjon mye, og kan gi mer enn 300 MWh biogass, som igjen vil kunne kutte CO₂-utslipp fra tungtransport i Norge med ca 170 000 t.

Biogass Oslofjord

Biogass Oslofjord samler og koordinerer biogassaktiviteter i 6 fylker: Telemark, Vestfold, Buskerud, Akershus, Oslo og Østfold (fra 2020 vil disse bli samlet i tre fylker: Vestfold&Telemark, Viken og Oslo). Vi bidrar med kompetanse, informasjon og koordinering av oppgaver. Videre tar vi del i nasjonale prosesser og dialog knyttet til biogass i Norge.

*Dette forprosjektet er delfinansiert av
Miljødirektoratet med Klimasatsmidler.*

Ordliste

Anaerob nedbrytning	mikrobiell nedbrytning av organisk materiale uten tilgang på oksygen
Antropogen CO₂	menneskeskapte CO ₂ utslipp
Matfisk	fisk produsert med sikte på slakting og konsum som ikke faller inn under definisjon av settefisk, det vil si fisk >1000g.
Mesofil anaerob nedbrytning	anaerob nedbrytning ved ca. 37 °C
Post-smolt	større smolt som har gjennomgått smoltifisering. Størrelsesdefinisjon varierer, men i denne rapporten anser vi smolt med vekt 200g-1000g som postsmolt
Recirculating Aquatic System (RAS)	landbaserte anlegg for fiskeoppdrett med høy grad av vannresirkulering
Rågass	ubehandlet biogass fra biogassanlegget som består av ca. 60% metan og 40% CO ₂
Råstoff/substrat	det organiske materiale som brytes ned i biogassreaktoren for biogassproduksjon
Settefisk	Akvakulturregelverket definerer det som rogn og fisk som produseres med sikte på overføring til andre lokaliteter eller annen type produksjon ¹
Smolt	settefisk med vekt opptil 200g. Settefisk kalles smolt fra det tidspunktet de gjennomgår en fysiologisk tilpasning til saltvann (smoltifisering).
TS	Tørrstoff – andelen av totalmengden slam som ikke er væske
Volatile Fatty Acids (VFA)	flyktige fettsyrer som eddiksyre og andre kortkjedete fettsyrer som dannes i biogassprosessen

¹ <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommersielle-tillatelser/Laks-oerret-og-regnbueoerret/Settefisk> (Hentet: 09.10.2019)

Innholdsfortegnelse

Kort sammendrag	2
Biogass Oslofjord	2
Ordliste.....	3
Innholdsfortegnelse	4
1. Introduksjon.....	5
1.1. Organisk avfall gir metanutslipp – kan bli til biogass	5
1.2. Biogass kan erstatte fossil energi – stort potensial	5
1.3. Flere kilder til biogass kan redusere metanutslipp	6
1.4. Noen avfallsstrømmer inneholder mer energi – som fra fisk	7
2. Oppdrettsnæringen forventer sterk vekst	8
2.1. Lokalisering av dagens settefiskanlegg	8
2.1. Smoltanlegg kan legges på land, og andelen øker	9
2.2. Mest oppdrett i sjø i dag – vanskeligere å fange avfall der	9
2.3. Fisken blir større enn før, så mer tid på land og mer slam	10
2.4. Plassering av smoltanlegg har større fleksibilitet – kan samlokaliseres med biogassanlegg	11
2.5. Avfallsbehandling, krav og praksis, kostnader og alternativer.....	14
2.5.1. Dagens regelverk og krav tilknyttet slamhåndtering.....	14
2.5.2. Teknologi og løsninger for oppsamling og rensing av slam fra settefiskanlegg	15
2.5.3. Kommersielle løsninger for biologisk behandling av slam fra settefiskanlegg	17
2.6. Investeringskostnader tilknyttet slambehandling	17
2.7. Utvikling av norsk oppdrettsnæring	18
3. For lite biogass i dag – smolt kan bidra betydelig	19
3.1. Biogasspotensial fra fiskeslam	19
3.2. Sambehandling med fiskeslam – økt biogassutbytte	23
3.3. Hvem skal betale for miljøgevinst og økt ressursutnyttelse?.....	23
3.4. Utnyttelse av biogjødsel- sirkulærøkonomi i praksis	25
3.4.1. Forslag til endring av gjødselforskriften – betydning for bruk av biogjødsel.....	25
4. Anbefalinger	26
4.1. Anbefalinger til fylkesmenn.....	26
4.2. Anbefalinger til videre arbeid	27
5. Konklusjon.....	27
6. Litteraturliste	28

1. Introduksjon

1.1. Organisk avfall gir metanutslipp – kan bli til biogass

Avfallssektoren er ansvarlig for hele 4% av Norges totale utslipp av klimagasser. Den største andelen av avfallssektoren utslipp skyldes metanutslipp fra avfallsdeponier og CO₂ utslipp fra avfallsforbrenning. I 2009 innførte Norge et forbud mot deponering av organisk avfall som et tiltak for å redusere metan og CO₂ utslipp fra avfallsdeponier. Innføringen av deponeringsforbudet har ført til at en større andel av det organiske avfallet som tidligere ble deponert, nå heller blir biologisk behandlet ved biogassanlegg².

Alle typer organisk materiale vil over tid brytes ned til mindre bestanddeler og bidra til utslipp av blant annet CO₂, metan (CH₄) og lystgass (N₂O). Dette er tilfellet ved avfallsdeponier hvor det kontinuerlig slippes ut klimagasser som et resultat av biologisk nedbrytning. Halvparten av avfallssektorens klimagassutslipp kommer fra avfallsdeponier. En annen konsekvens av deponering av organisk avfall er avrenning av næringssalter til omgivelsene som bidrar til lokal forurensing.

Utslipp tilknyttet nedbrytning av organisk materiale foregår ikke bare på avfallsdeponier, men over alt i naturen. Det er spesielt når nedbrytningen skjer under oksygenfattige forhold at det dannes store mengder metan. Dette er tilfellet ved nedbrytning av organisk materiale på bunnen av innsjø eller myr, men også i magen til drøvtyggere som storfe og sau.

Gassene som dannes ved oksygenfattig nedbrytning av organisk materiale enten ved avfallsdeponier, i naturen eller i magen på en ku er også kalt biogass. Biogass (rågass) inneholder hovedsakelig CH₄ og CO₂, og noe hydrogensulfid (H₂S). Ved å behandle organisk avfall i biogassreaktorer skjer nedbrytningen under kontrollerte, anaerobe forhold hvor man får samlet gassene og forhindret direkte utslipp til luft. Normalt vil denne oppgraderes til biometan ved å ta ut CO₂ og urenheter, og kan blandes inn og brukes som naturgass.

*Metan er en energirik gass
som kan omdannes til varme-, el- eller drivstoff.*

Biogass kan produseres fra alle typer organisk materiale, likevel er enkelte grupper lett nedbrytbart organisk materiale bedre egnet til biogassproduksjon enn andre. For eksempel, fraksjoner av organisk avfall som avløpsslam. Alt våtorganisk avfall (matavfall og andre lett nedbrytbare organiske avfallskilder), er godt egnet til biogassproduksjon.

1.2. Biogass kan erstatte fossil energi – stort potensial

Ved anaerob nedbrytning av organisk materiale under kontrollerte forhold, som i en biogassreaktor, dannes det biogass som består av ca. 60% metan, 40% CO₂² og litt H₂S og vann³. Metan fra biogassproduksjon kan omdannes til el-, varme- eller drivstoffenergi. Hvordan

² Statistisk Sentralbyrå, 2018. (<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/mest-biologisk-avfall-blir-til-biogass>)

³ Avfall Norge, 2017. (<https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/biogass-verdifullt-effektivt-og-kliman%C3%B8ytralt>)

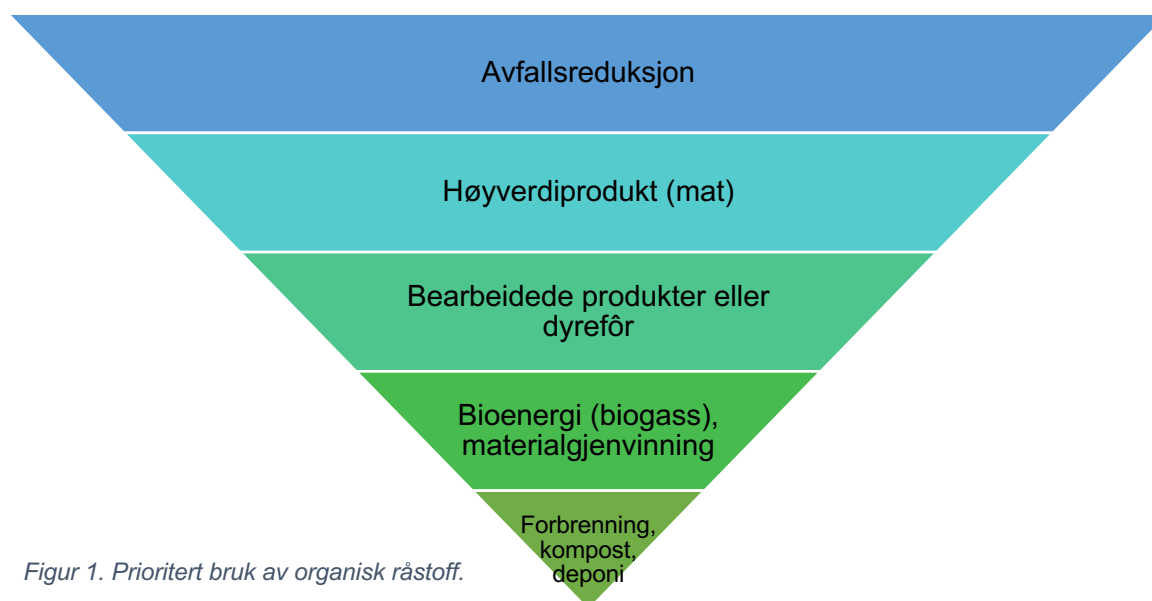
hvert enkelt biogassanlegg velger å bruke energien avhenger av størrelsen og produksjon til biogassanlegget. Ved mindre anlegg blir energien ofte brukt til å dekke internt varmebehov mens ved større anlegg velger mange å oppgradere gassen til drivstoffkvalitet. For å oppnå drivstoffkvalitet på biogassen, må den oppgraderes fra ca. 60% til >97% metan ved å rense gassen for CO₂ og andre sporgasser⁴.

Både rågass (direkte fra anlegget) og oppgradert gass fra biogassproduksjon har et høyt energiinnhold og kan erstatte fossile energibærere. Energiinnholdet i 1 m³ med oppgradert biogass (>97% metan) er ca. 10,1 kWh som tilsvarer energiinnholdet i 1,1 liter bensin (1 liter diesel).

Ved å erstatte fossile energikilder med energi fra biogass bidrar man både med å kutte utslipp tilknyttet behandling av organisk avfall og med å kutte CO₂ utslipp fra forbrenning av fossilt drivstoff.

1.3. Flere kilder til biogass kan redusere metanutslipp

I teorien kan alle typer organisk materiale brukes til biogassproduksjon, men det er spesielt noen typer som er mer egnet enn andre. I motsetning til praksis i andre europeiske land, konkurrerer ikke produksjon av råstoff til biodrivstoff med produksjon av mat på norsk landbruksjord. I Norge produseres biogass kun fra organiske avfallskilder som matavfall, avløpsslam, avfall fra matindustri og slakteri, fiskeavfall og prosessavfall fra skog for å nevne noen. Bruk av tilgjengelig råstoff blir ofte prioritert ut ifra råstoffpyramiden (Figur 1).



Figur 1. Prioritert bruk av organisk råstoff.

Den største fordelen med biogassproduksjon fra organisk avfall er at man får utnyttet energien i råstoffet og samtidig resirkulert viktige næringsstoffer.

De mest brukte råstoffene for biogassproduksjon i Norge i dag er avløpsslam og matavfall, men for å utnytte det fulle potensiale for norsk biogassproduksjon er man nødt til å ta i bruk flere råstoffkilder, som for eksempel husdyrgjødsel og fiskeavfall.

⁴ Morken et al., 2017

Husdyrgjødsel er godt egnet som råstoff til biogassproduksjon til tross for at dette ikke blir betegnet som et avfallsprodukt. Husdyrgjødsel, spesielt fra storfe, er lett nedbrytbart og inneholder en bakteriekultur som virker stabiliserende i en biogassreaktor og kan dermed øke det totale biogasspotensialet. Innblanding av storfejødsel som råstoff gir en såkalt synergisk effekt.

Lagring av husdyrgjødsel foregår som regel på gården, enten i gjødselkjeller eller gjødsel-tank. Hvert år bidrar lagring av husdyrgjødsel til betydelige utslipp av ammoniakk og metan. Ammoniakkutslipp til luften fra gjødsellager og ved spredning av husdyrgjødsel er ansett som indirekte lystgassutslipp.

Ved å bruke husdyrgjødsel til biogassproduksjon reduseres lagringstiden på gården og dermed reduseres også metan- og ammoniakkutslipp fra gjødsellageret. Samtidig vil husdyrgjødsel bidra til økt biogassproduksjon som reduserer CO₂ utslipp tilknyttet bruk av fossile energikilder. På denne måten reduserer man direkte metanutslipp fra landbrukssektoren og CO₂ utslipp transportsektoren ved å erstatte fossilt drivstoff med biogass.

I St. mld. 39 (2008-2009) presenterte regjeringen et mål om at 30% av all husdyrgjødsel skal behandles gjennom en biogassreaktor innen 2020. Dette målet ble lagt fram som et tiltak for å redusere klimagassutslipp fra landbrukssektoren og øke norsk biogassproduksjon. Nå, ti år senere går kun 1-2 % av all husdyrgjødsel til biogassproduksjon. Her er det et stort uutnyttet potensial og lang vei igjen til målet.

1.4. Noen avfallsstrømmer inneholder mer energi – som fra fisk

Biogassutbyttet til ulike råstoff varierer avhengig av råstoffets tørrstoffinnhold og andel av karbohydrater, fett og proteiner. Noen råstoff har høyere teoretisk biogasspotensiale enn andre, for eksempel er substrater med et høyt tørrstoff- og fettinnhold godt egnet til biogassproduksjon.

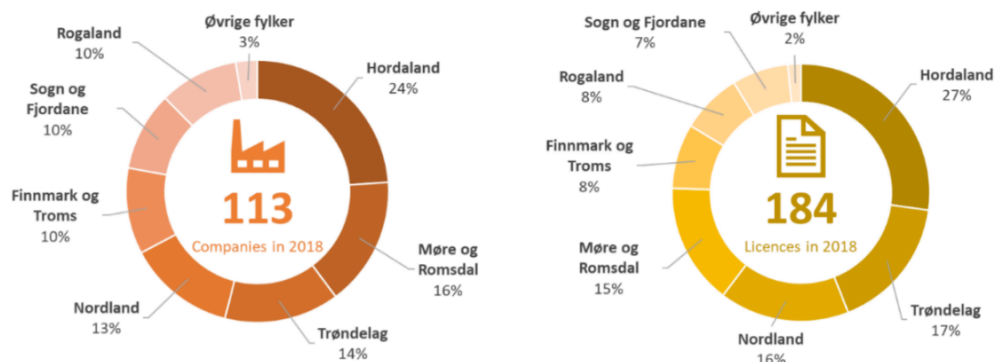
Avfall fra fiske- og oppdrettsnæringen inneholder mye fett og protein og er godt egnede, og tilgjengelige, substrater for biogassproduksjon. For eksempel har fiskeensilasje og slam fra settefiskproduksjon høyt biogasspotensiale. Fiskeensilasje er samlebetegnelsen på selvdød fisk og deler av fisk som ofte syrebehandles for å stabilisere massen og redusere mikrobiell aktivitet. Slam fra smoltoppdrett består av en blanding av fôrrester og avføring fra oppdrettsmolten. I motsetning til slam fra sjøbaserte merder som avsettes på havbunnen og hvor teknologien for oppsamling er umoden, er det enklere å samle opp og rense slam fra lukka, landbaserte oppdrettsanlegg.

Forsøk har vist at innblanding av fiskeavfall i biogassreaktoren kan øke biogassproduksjonen betydelig, og interessen for å ta i bruk organisk avfall fra oppdrettsnæringen til er stigende. I dette forstudiet har vi undersøkt potensialet for bruk av slam fra landbasert smoltproduksjon til biogass.

2. Oppdrettsnæringen forventer sterk vekst

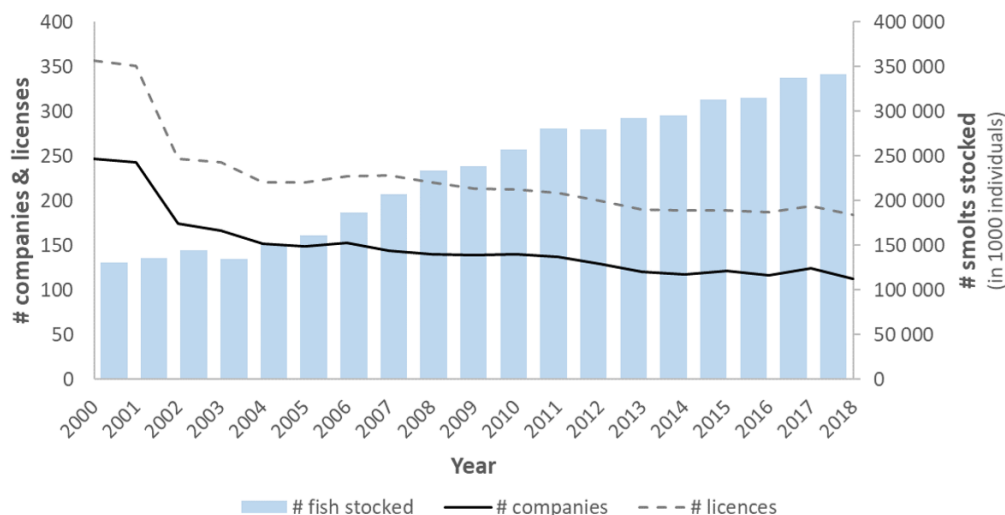
2.1. Lokalisering av dagens settefiskanlegg

Nofima har på vegne av Biogass Oslofjord⁵ utført en kartleggingsstudie av lokaliseringen til settefiskanlegg i Norge. I 2018 var det totalt 113 bedrifter og 184 lisenser for settefiskproduksjon i Norge og hele 24% av bedriftene, samt 27% av lisensene, var lokalisert i Hordaland fylke (Figur 2).



Figur 2. Antall bedrifter og lisenser for smoltproduksjon prosentfordelt (%) på ulike fylker. Kilde: Nofima⁶

Fra 2000 frem til 2018 var det en nedgang på 50% i antall bedrifter og lisenser for settefiskoppdrett. En reduksjon i antall produksjonsanlegg, til tross for stigende interesse og etterspørsel etter smolt, indikerer en konsolidering av markedet slik at størrelsen på eksisterende og nye anlegg øker (Figur 3).



Figur 3. Forholdet mellom utvikling av antall bedrifter og utgitte lisenser for smoltproduksjon mot utvikling av antall smolt i oppdrettsanlegget fra 2000 til 2018. Kilde: Nofima⁶

⁵ Rapport distribueres på forespørsel

2.1. Smoltanlegg kan legges på land, og andelen øker

I løpet av de siste 5-10 årene har det vært økt interesse for landbaserte anlegg for produksjon av smolt og post-smolt, noe som bekreftes ved en sterk økning i investeringer og store utbygginger av landbaserte anlegg⁶. Disse investeringene og utbygningene omfatter både utbedring av eksisterende anlegg og bygging av nye.

Stadig mer av dagens oppdrett av settefisk (smolt og post-smolt) foregår i lukka og/eller landbaserte oppdrettssystemer. De siste årene har interessen for resirkuleringsanlegg, også kalt RAS-anlegg (Recirculating Aquaculture System), økt betydelig, og majoriteten av nye anlegg implementerer dette systemet. I Nofimas⁷ rapport viser de til en økning av antall settefisk-anlegg som anvender RAS-teknologi fra 1-2% i 2006 til ca. 20% i 2018. Eldre, landbaserte oppdrettsanlegg er oftest av typen gjennomstrømningsanlegg.

Etter vår viten finnes det ingen oversikt over størrelsen/produksjonskapasitet på operative settefiskanlegg hverken av typen RAS eller gjennomstrømning. Men størrelsen på settefisk-anlegg er økende, og tall fra Fiskeridirektoratet viser at rundt 53% av alle norske settefisk-anlegg har en årlig smoltproduksjon som overstiger 2,5 millioner settefisk⁸. Teknologisk utvikling innen landbasert fiskeoppdrett har ført til at nyere landbaserte anlegg har mye høyere produksjonskapasitet enn tidligere. Dette viser Sintef¹⁰ i sin rapport, hvor gjennomsnittlig produksjonskapasitet ved ni tilfeldig utvalgte settefiskanlegg (bygget etter 2015) oversteg 9 millioner settefisk årlig, med et spenn fra 3 til 15 millioner settefisk. Fem av disse ni settefiskanleggene drev de med produksjon av post-smolt à 250g.

2.2. Mest oppdrett i sjø i dag – vanskeligere å fange avfall der

De aller fleste av dagens oppdrettsanlegg er i dag lokalisert langs norskekysten, hvor den dominerende produksjonsmetoden er fiskeoppdrett i åpne merder. Med dagens praksis slippes alt fiskeslam fra åpne merder ut i sjøen og bidrar til lokal forurensing og marin ubalanse. De negative miljøpåvirkningene fra fiskeoppdrett har fått mer oppmerksomhet, og interessen for en mer bærekraftig oppdrettsnæring er økende.

På bestilling fra Biogass Oslofjord, leverte G2R¹¹ en rapport som kartlegger dagens teknologiske løsninger for rensing av slam fra oppdrettsanlegg både i sjø og på land. Fiskeoppdrett fører til produksjon av store mengder fiskeslam. G2R-rapporten konkluderer med at det er få gode løsninger for oppsamling og rensing av fiskeslam fra åpne sjøbaserte merder i dag, men at interessen for teknologiutvikling er tilstede.

Det er per dags dato ingen krav til hverken oppsamling eller rensing av slam fra åpne merder. Mangel på slike krav til rensing av slam fra åpne sjøbaserte anlegg begrunnes med at slamkonsentrasjonen fortynnes i havet, men det forventes at avsetning av slam fra oppdrettsanlegg bidrar til lokal overgjødning av havbunnen på grunn av kontinuerlig tilførsel av næringssalter. Slik overgjødning har flere negative innvirkninger på lokalt marint miljø og

⁶ Bjørndal et al., 2018; Aquateam COWI, 2019

⁷ Iversen et al., 2018

⁸ Foreløpig rapport presentert på Nasjonalt Kontaktforum for Biogass 2019, 23. september

⁹ Fiskeridirektoratet, 2019

¹⁰ Hilmarsen et al., 2018

¹¹ Rapport distribueres på forespørsel

økosystem. Det kan for eksempel føre til algeoppblomstring, tilgroing og nedslamming av havbunnen. Alt dette er med på å forstyrre balansen i økosystemet.

I motsetning til åpne merder er teknologien for oppsamling av slam fra lukka oppdretts-systemer mer moden. Vi vil gå nærmere inn på ulike løsninger for oppsamling og rensing av slam fra landbaserte oppdrettsanlegg i avsnitt 2.6.

2.3. Fisken blir større enn før, så mer tid på land og mer slam

Med en forventet femdobling av norsk oppdrettslaks innen 2050 settes det krav til økt produktivitet ved eksisterende og nye anlegg. I tillegg til økt produktivitet ved settefisk-anleggene har det over det siste tiåret vært en stabil økning i gjennomsnittsvekten på oppdrettssmolt ved sjøsetting. Gjennomsnittsstørrelsen på smolt ved utsett har gradvis økt fra rundt 80g til nærmere 130g (Figur 4), dette tilsvarer en gjennomsnittlig vektøkning på over 60%. Oppdrettsnæringen har også vist en økende interesse for produksjon av post-smolt som er større smolt med en vekt fra 200g til 1000g. Dette gir oss grunnlag til å tro at gjennomsnittlig smoltvekt ved utsett trolig vil fortsette å øke i årene som kommer.

I Nofimas rapport¹² viser de til at vekt på smolt ved utsett har økt betydelig siden 2000 (Figur 4). Denne trenden bekreftes av Fiskeridirektoratet, som også har registrert en 50% økning på smolt størrelse ved utsett over de siste 10 årene. Større smolt betyr at smolten tilbringer lenger tid på land, noe som også betyr at mengden slam produsert også øker.



Figur 4. Utvikling av gjennomsnittsvekt (kg) på laksesmolt ved utsett fra år 2000 til 2018. (Iversen et al., 2018).

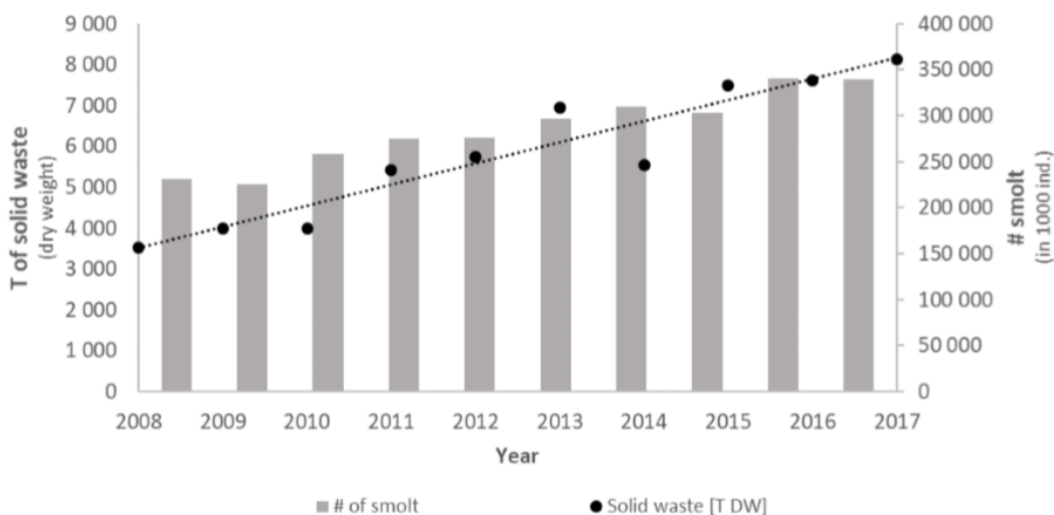
En økende interesse for produksjon av større smolt og post-smolt på land kan direkte knyttes til fordeler ved redusert tid i sjø. Disse fordelene inkluderer blant annet redusert lusepress og rømningsfare, raskere vekst og bedre fiskevelferd¹³. I tillegg vil dette føre til mindre avsetning av fiskeslam på sjøbunnen ved merdene og dermed mindre risiko for lokal forurensning. Teknologi for oppsamling og rensing av slam fra landbaserte oppdrettsanlegg er mer moden enn for sjøbaserte anlegg. I tillegg er det stor usikkerhet rundt rensekraft til slam fra

¹² Rapport skrevet på vegne av Biogass Oslofjord. Rapport kan distribueres på forespørsel.

¹³ Bjørndal et al., 2018

oppdrettsnæringen i dag og i årene som kommer, men vi har god grunn til å tro at kravene vil bli strengere (se 2.6).

En økning i antall smolt produsert kombinert med at smolten gjennomsnittlig tilbringer lenger tid på land vil bidra til en økning i slam volum ved settefiskanleggene (Figur 5).



Figur 5. Estimert mengde slam produsert fra norske settefiskanlegg i perioden 2008 til 2017 målt i tonn tørrstoffvekt. Kilde: Nofima (rapport for Biogass Oslofjord).

Det er forventet en økning i landbasert smoltproduksjon som innen 2030 vil overstige produksjon av hele 500 millioner smolt årlig¹⁴. Til sammenligning var årlig smoltproduksjon i 2018 på ca. 375 millioner smolt¹⁵. Ved utgangen av august 2019 var det totalt satt ut 256 millioner smolt, noe som tilsvarer en 17% økning i forhold til utsett på samme tid i 2018¹⁶. Slamproduksjonen er mer enn doblet siden 2008 og det er forventet at denne økningen vil øke parallelt med bransjens satsning på økt smoltoppdrett innen 2050.

Tidligere bestod fiskefôret hovedsakelig av råstoff fra havet, men på grunn av økt oppdrett består over 70% av fiskefôret i dag av ingredienser fra landbasert planteproduksjon. Dette bidrar også til å øke slammengden fra oppdrettsnæringen siden dette fôret er tungt fordøyelig for fisken¹⁷.

2.4. Plassering av smoltanlegg har større fleksibilitet – kan samlokaliseres med biogassanlegg

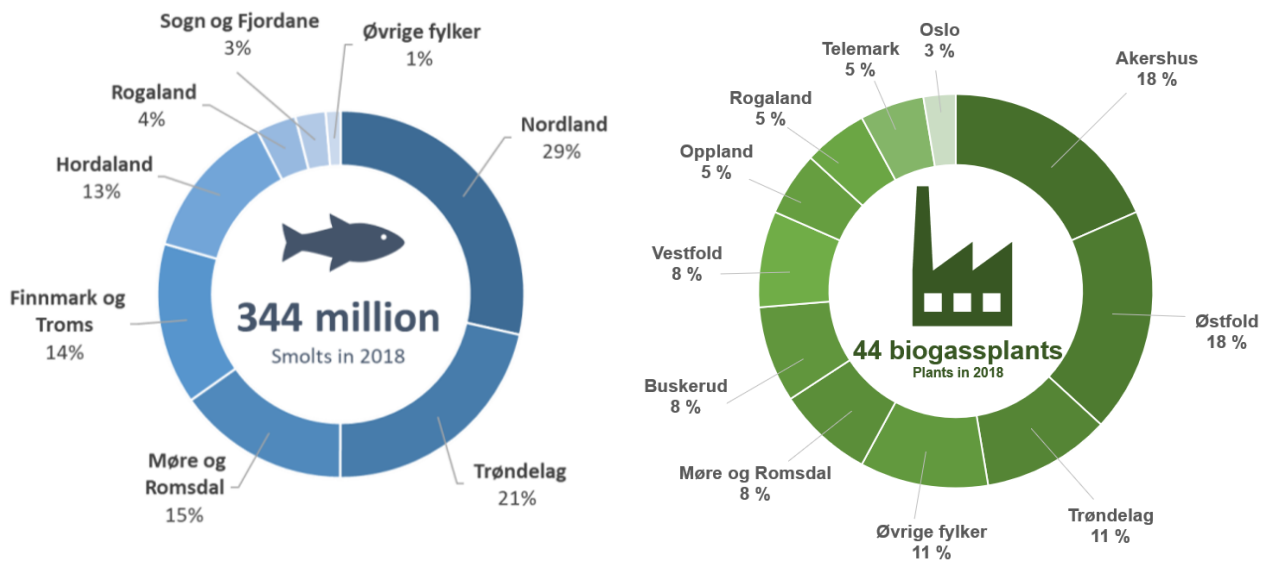
Majoriteten av norsk smoltproduksjon i 2018 var lokalisert i Nordland, etterfulgt av Trøndelag, med henholdsvis 29% og 21% av all norsk smoltproduksjon (Figur 6).

¹⁴ Nofima, 2019. Rapport distribueres på forespørsel

¹⁵ Tall fra Fiskeridirektoratet, salg av smolt/settefisk (1994-2018)

¹⁶ <https://akvafakta.no/wp-content/uploads/Maned/siste.pdf> (Hentet: 24.09.2019)

¹⁷ <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/overgjodsling/utslipp-av-naringssalter-fra-fiskeoppdrett/> (Hentet: 17. 09.2019)



Figur 6. Prosentvis fordeling av Norges smoltproduksjon (fra Nofima) og plassering av eksisterende biogassanlegg per fylke

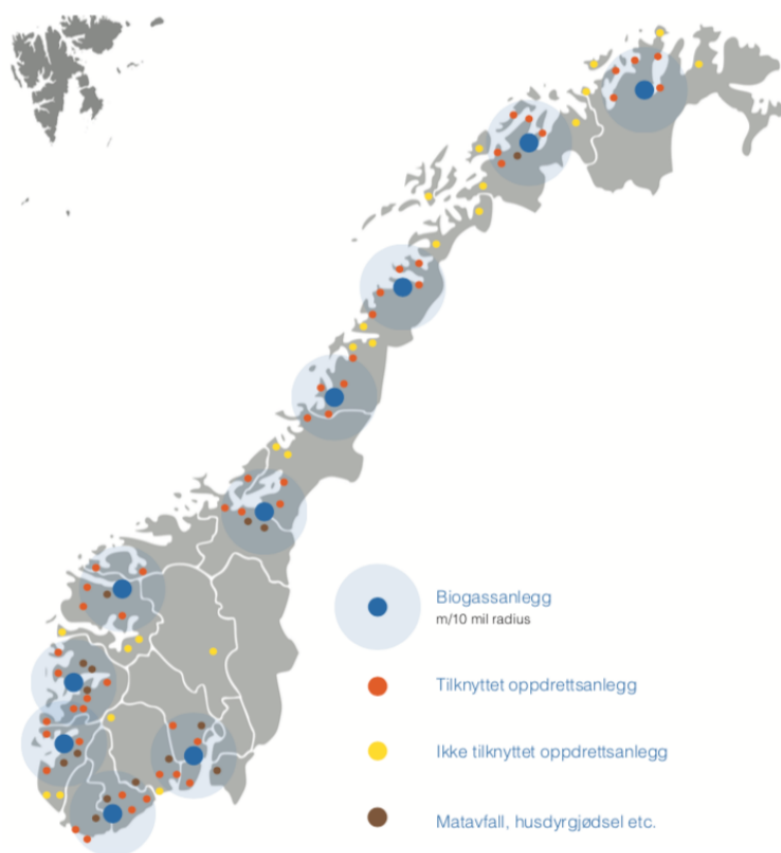
De aller fleste settefiskanlegg er lokalisert på Vestlandet og i Nord-Norge hvor det er god tilgang på både salt- og ferskvann. Til sammenligning er det svært få settefiskanlegg på Østlandet. I motsetning til plasseringen av settefiskanlegg ligger majoriteten av operative biogassanlegg på Østlandet, hovedsakelig i Akershus og Østfold. Det er foreløpig ingen biogassanlegg i drift nord for Trøndelag (Figur 6). Dette betyr at den geografiske plasseringen av biogassanlegg og settefiskanlegg er svært forskjellig.

Det produseres store mengder fiskeslam fra settefiskanlegg, noe som i stor grad har blitt ansett som et avfallsproblem. Bruk av fiskeslam som et co-substrat for biogassproduksjon har vist seg å ha en synergisk effekt på biogassproduksjon¹⁸. Og tilførsel av fiskeslam, som et co-substrat, vil i tillegg til å øke biogasspotensialet og produksjon, og tilføre mer næringssalter i form av nitrogen og fosfor til biogjødselen.

«Å realisere en effektiv og økonomisk bærekraftig bruk av denne ressursen er derfor en viktig forutsetning for landbasert lakseoppdrett.¹⁹»

¹⁸ Aquateam COWI, 2019; Lyng et al., 2019

¹⁹ <https://nordnorskdebatt.no/article/alt-lakseoppdrett-pa-land-i> (Hentet: 15.10.2019)



Figur 7. Eksempel på mulige strategisk plasserte biogassanlegg tilknyttet klynger av oppdrettsanlegg der fraktbelastning er lav og energi fra slammet kan anvendes til oppvarming og energi til nærområdet. Kilde: <https://bioretur.no/greengas-tesla/> (Hentet: 26.08.2019)

Flere eksisterende og planlagte biogassanlegg ser på muligheten til å ta inn en større andel husdyrgjødsel som råstoff for sin produksjon²⁰. Dette henger sammen med regjeringens mål om 30% behandling av all husdyrgjødsel i biogassanlegg som et tiltak for å redusere metanutslipp fra landbruket og øke nasjonal biogassproduksjon.

Ved planlegging av nye settefiskanlegg er en av fordelene større fleksibilitet i forhold til plassering. Det vil si at settefiskanlegg i større grad kan plasseres i nærheten av eksisterende biogassanlegg og landbruksområder. Således legger man mer til rette for behandling av fiskeslam i biogassanlegg, avsetning av biogjødsel til lokale bønder og bidrar til lokal verdiskapning. Kartet laget av Bioretur (Figur 7) viser et eksempel på strategisk plassering av biogassanlegg i nærhet til både oppdrettsanlegg og landbruksarealer.

²⁰ Lyng et al., 2019

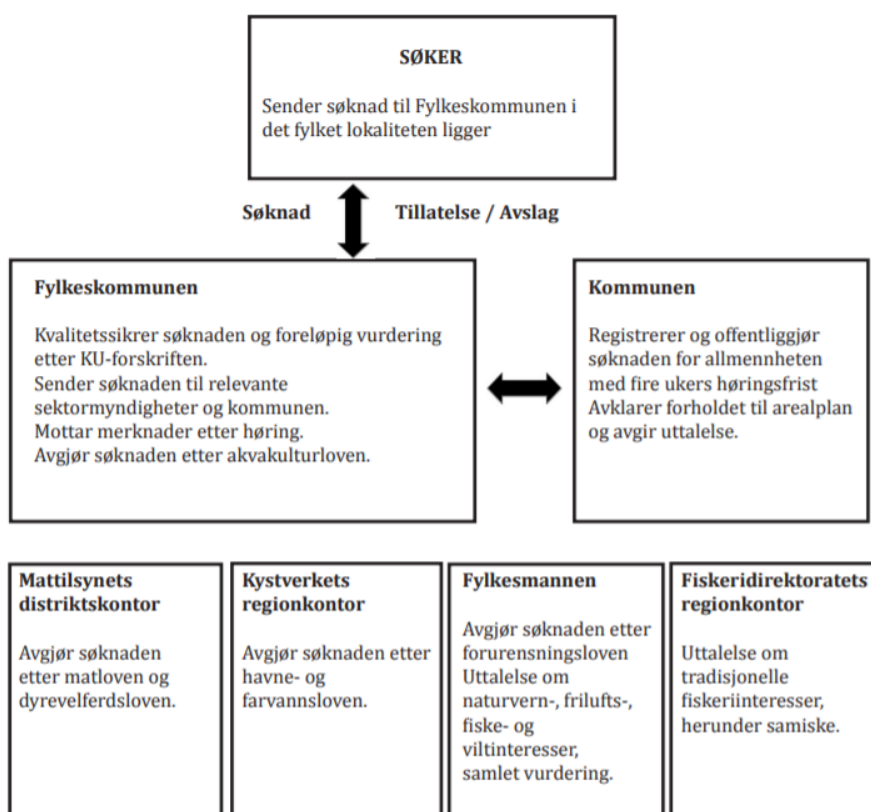
2.5. Avfallsbehandling, krav og praksis, kostnader og alternativer

2.5.1. Dagens regelverk og krav tilknyttet slamhåndtering

Regelverket tilknyttet rensing av slam fra oppdrettsnæringen i dag er ufullstendig. For sjøbaserte- og eldre oppdrettsanlegg er det ingen krav til oppsamling eller rensing av fiskeslam. Hvert år slippes det dermed ut store mengder fiskeslam som bidrar til lokal forurensing.

*«Årlige utslipp av slam fra norsk oppdrettsnæring
tilsvarer mengden kloakk fra 14 millioner mennesker»²¹.*

Krav til håndtering av slam fra fiskeoppdrett reguleres under forurensingsloven og forurensingsforskriften, i tillegg til akvakulturloven. Fylkeskommunen har koordineringsansvar for akvakultursøknader, og er delegert myndighet til å gi driftstillatelse i medhold av gjeldende lovverk. Søknaden sendes også til godkjenning hos statlige sektormyndigheter som sørger for at søknaden er i henhold til gjeldende regelverk (Figur 8). Dersom akvakultursøknaden godkjennes av sektormyndighetene, og fylkesmannen gir utslippstillatelse, har fylkeskommunen myndighet til å ta en samlet beslutning om å gi driftstillatelse.



Figur 8. Behandling av akvakultursøknader. Kilde: Mattilsynet

²¹ <https://www.nibio.no/nyheter/vil-omdanne-restprodukt-fra-fiskeoppdrett-og-osteproduksjon-til-biogass>

Dagens lovverk pålegger ikke rensing av slam fra oppdrettsanlegg, dette gjelder også anlegg på land:

«Avløp fra settefisk skal gå direkte til sjø. Mattilsynet kan tillate avløp til ferskvann og sette nødvendige vilkår for slik tillatelse²².»

Det forventes økte renskrav fremover, og at mer slam kan brukes til gjødsel. Da skal det hygieniseres, noe som kan være en del av en biogassprosess²³. Økt kompetanse rundt miljøpåvirkning og forurensing fra fiskeoppdrett, kombinert med en økning i antall anlegg siden 2000-tallet, har ført til at myndighetene i mindre grad aksepterer direkte utslipp av avløpsvann fra landbaserte oppdrettsanlegg. For nye anlegg, eller ved utvidelse av eksisterende landbaserte oppdrettsanlegg, stilles det nå krav til rensing av utslippsvannet på lik linje med de kravene som settes til rensing av kommunalt avløpsvann, som er i henhold til forurensingsloven²⁴. Det vil si at for nye og moderniserte landbaserte oppdrettsanlegg stilles det krav til at avløpsvannet renses gjennom et primærrenseanlegg hvor mengden suspendert stoff (partikler > 45µm) reduseres med minst 70%.

I mars 2019 ble det lansert et nytt EU-direktiv for avfallshåndtering hvor målet er økt ressursutnyttelse og en omlegging til en sirkulær avfallshåndtering. Gjennom EØS-avtalen stiller Norge seg pliktig til å følge EUs intensjoner. Dette avfallsdirektivet vil sette strengere krav til håndtering av biologisk næringsavfall, inkludert organisk avfall fra oppdrettsnæringen. Dette, i tillegg til økt fokus og kunnskap rundt marin forsøpling, gir grunn til å forvente en innstramming av dagens renskrav til landbaserte oppdrettsanlegg.

Siden teknologien for rensing av slam fra landbaserte oppdrettsanlegg, sammenlignet med sjøbaserte anlegg, er mer moden og allerede tilgjengelig er det grunn til å forvente en innstramming av renskravene til landbaserte anlegg først.

2.5.2. Teknologi og løsninger for oppsamling og rensing av slam fra settefiskanlegg

Ved landbaserte oppdrettsanlegg produseres fisk og smolt kontinuerlig, noe som også betyr kontinuerlig produksjon av slam. Det vil derfor være et konstant behov for rensing av akkumulert slam fra smoltanlegg. Samtidig som det er ventet stor vekst i oppdrettsnæringen, også på land, så stilles det stadig strengere krav til rensing av slam fra landbasert fiskeoppdrett. Strengere krav til rensing av slam fra oppdrettsnæringen setter også mer press på teknologiutvikling for å ta hånd om de store mengdene med slam fra anleggene.

Frem til i dag har en mye brukt løsning for avhending av slam fra smoltanlegg, foruten direkte utslipp til sjø, vært å transportere fiskeslammet til lokale bønder for spredning på deres jordbruksarealer. Men strenge kvalitetskrav til produkter av organisk opprinnelse i gjødselvareforskriften begrenser bruk og spredning av ubehandlet fiskeslam på jordbruksarealer. Derfor vil behovet for gode og effektive løsninger for behandling av fiskeslam fra landbaserte anlegg øke parallelt med strengere renskrav.

²² Akvakulturdriftsforskriften, § 59.

²³ Mattilsynet på avfallskonferanse 18.10.2019

²⁴ Gebauer et al. 2016

Andre metoder for disponering av fiskeslam er forbrenning og videre deponering av asken, eller direkte deponering av fiskeslammet i avfallsdeponier. Disse to alternativene er ansett som lite aktuelle og krever spesielle tillatelser fra fylkesmannen²⁵.

Uavhengig av hvilken metode som brukes for disponering av fiskeslammet vil avvanning av slam fra oppdrettsanlegget, til minimum 10% TS, ved bruk av gravitasjonssetteler og trommelfilter være nødvendig teknologi for alle landbaserte oppdrettsanlegg²⁶.

Tørrstoffprosenten i slammet kan deretter økes fra 10 til 30% ved bruk av beltefilter eller skrue, og videre opptil 90-100% TS ved tørking. Ved å avvanne eller tørke fiskeslammet vil transport til videre behandling eller disponering bli mer økonomisk bærekraftig.

Det finnes flere ulike leverandører av løsninger for avvanning av fiskeslam fra landbaserte oppdrettsanlegg²⁷. Dette er løsninger som klargjør slammet til transport og/eller videre behandling i biogassanlegg. Eksempler på leverandører av slike løsninger er:

Blue Ocean Technology AS som tar i bruk innblanding av mose/torv for å heve tørrstoffinnholdet i slammet. Denne løsningen øker tørrstoffprosenten til 40-45% og torv bidrar til å stabilisere slammet og hindrer luktutvikling. Denne typen slam har ikke blitt testet for biologisk behandling i en bioreaktor og dette er noe selskapet jobber med.

Krüger Kaldnes AS har utviklet en egen løsning for behandling av fiskeslam som kan implementeres på alle typer oppdrettsanlegg, også RAS. Dette systemet avvanner slammet ved flere runder med sentrifugering (25-30% TS) som videre tørkes til 80-90% TS.

G2R Norway AS tilbyr en løsning som avvanner slammet til 30% TS før det tilsettes brent kalk for å stabilisere slammet og redusere volumet på slammet med opptil 60% (hygienisering).

Scanship AS tilbyr et system som avvanner slammet før videre tørking til rundt 85% TS. Vannet blir rensert og returnert tilbake til anlegget.

Sterner AS har utviklet et energieffektivt system med lavt vedlikeholdsbehov som avvanner og tørker slammet fra oppdrettsanlegg til 95% TS. Dette systemet er utviklet for å tolerere vekslende innløpsbelastning.

Bioretur AS tilbyr et kompakt, helautomatisk og driftssikkert rensesystem som behandler fiskeslam med en tørrstoffprosent fra 0,1% og gir et stabilt sluttprodukt på rundt 95% TS i en sammenhengende prosess uten bruk av kjemikalier. Dette systemet renser også utslippsvannet.

En annen løsning på behandling av fiskeslam er biologisk behandling ved biogassproduksjon. Her kan slam med tørrstoffinnhold fra 10 til 100% behandles. Ved biologisk behandling av slam fra smoltproduksjon vil man både utnytte energien i slammet og samtidig resirkulere viktige næringsstoffer.

²⁵ Blytt et al., 2011

²⁶ Oterhals og Oppen, 2016

²⁷ G2R rapport skrevet på vegne av Biogass Oslofjord. Rapport distribueres på forespørsel.

2.5.3. Kommersielle løsninger for biologisk behandling av slam fra settefiskanlegg

Det finnes ulike aktører på markedet som tilbyr løsninger for lokal biologisk behandling av slam fra smoltanlegg. Disse anleggene kan plasseres ved allerede operative smoltanlegg hvor energien fra biogassproduksjonen kan omsettes internt på anlegget og redusere anleggets nåværende energikostnader.

Her nevnes noen av løsningene tilgjengelig på markedet i dag:

Antec Biogass leverer biogassanlegg som kan tilpasses det spesifikke smoltanleggets slamproduksjon. Disse anleggene er effektive og krever normalt en 5-7 dagers utråkning/ oppholdstid i motsetning til tradisjonelle biogassanlegg som har 15-30 dagers oppholdstid.

Sterner AS leverer biogassanlegg basert på ABS-prinsippet (Anaerobic Baffled Reactor), hvor det produserer biogass samtidig som de fjerner suspenderte stoffer fra smoltanleggets avløpsvann.

Waterment AS er en annen leverandør av mindre biogassanlegg som også er basert på ABS-prinsippet. Disse anleggene var først designet for å håndtere avfall og gjødsel fra landbruket, men er siden blitt videreutviklet for også å behandle fiskeslam.

Alle disse tre er norske leverandører av biogassanlegg. Det finnes også andre godt etablerte leverandører av biogassanlegg på det europeiske markedet og det er verdt å nevne Goodtech, Green Gas AS, Gråskjær og Ductor. Ut ifra vår kunnskap har ingen av disse aktørene levert anlegg som behandler fiskeslam, men Ductor leverer en løsning for forbehandling av substrat som skiller ut nitrogen. En slik løsning kan være interessant å undersøke for behandling av fiskeslam med tanke på det høye nitrogeninnholdet som kan hemme biogassprosessen.

2.6. Investeringskostnader tilknyttet slambehandling

Ved Smøla klekkeri og settefiskanlegg i Møre og Romsdal har de bygget et pilotanlegg for biogassproduksjon fra slam fra egen smoltproduksjon. I Tabell 1 presenteres estimerte investeringskostnader tilknyttet biologisk behandling av slam.

Tabell 1. Estimerte investeringskostnader for teknologi tilknyttet biologisk behandling av slam fra settefiskanlegg.
 *anlegg som behandler 2,5 millioner smolt

Teknologi	Investeringskostnad		
	<i>Holmstrøm et al. 2018</i>	<i>Kvande et al. 2018</i>	G2R
Biologisk behandling (Biogassreaktor)	Ca. 3,5 mill. NOK	Total investeringskostnad Ca. 5 mill. NOK*	15-25 mill. NOK

Det er stor variasjon mellom den estimerte investeringskostnaden for biologisk behandling av fiskeslammet mellom de tre (Tabell 1). Ut ifra rapportene anser vi at en investeringskostnad rundt 5 mill. NOK er mest realistisk for implementering av mellomstore biogassanlegg ved

settefiskanlegg. Vårt estimat baseres på investeringskostnadene ved Smøla klekkeri og settefiskanlegg AS²⁸ og de estimerte kostnadene for bygging av biogassanlegg på Utsira²⁹.

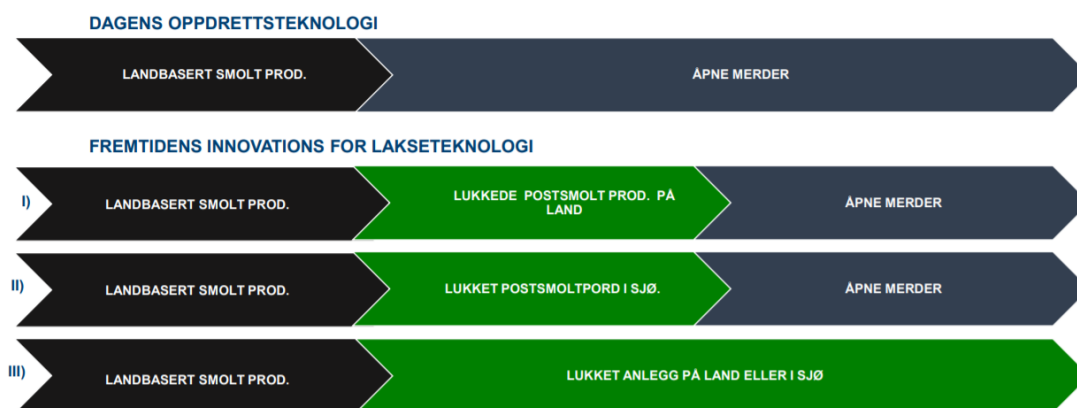
Rapportene som ser på investeringskostnadene på Smøla og Utsira viser at investering og drift av biogassanlegg ved settefiskanlegg har stordriftsfordeler. Videre viser rapportene at biogassproduksjon fra fiskeslam ikke er økonomisk gunstig med mindre man får omsatt biogjødsel til landbruk.

2.7. Utvikling av norsk oppdrettsnæring

Det er forventet en stor vekst i den norske oppdrettsnæringen som vil få en enda viktigere rolle for norsk økonomi enn den har i dag. Det er viktig at denne utviklingen retter fokus mot bærekraftig utvikling og ikke legger et ytterligere press på natur og miljø.

Norsk sjømatnæring har satt et mål om å produsere hele 5 millioner tonn fisk innen 2050. Dette tilsvarer en femdobling av dagens produksjonsnivå³⁰. En slik femdobling av årlig produksjon forutsetter at næringen løser problemer knyttet til genetisk påvirkning og rømming, sykdom og parasittangrep, forurensing og utslipp, fôrressurser og arealbruk³¹. Både næringen og forskningsmiljøene har hatt økt fokus på disse problemstillingene, noe som har bidratt til teknologiske fremskritt og utvikling.

Det er forventet en økning i antall landbaserte oppdrettsanlegg både for produksjon av smolt, post-smolt og matfisk. Dagens oppdrettsteknologi er basert på direkte sjøsetting av smolt i åpne merder (Figur 9). Over de siste tiårene har interessen for større smolt som tilbringer lenger tid på land vært økende, noe som er med på å forme fremtidens oppdrettsnæring. Det er forventet at en større andel av fremtidens oppdrettsnæring vil gå over til lukka eller semi-lukka anlegg. Det vil si at fisken tilbringer mindre tid i åpne merder og er dermed mindre utsatt for sykdom og luseangrep og det vil legges mer til rette for oppsamling og rensing av fiskeslam (Figur 9).



Figur 9. Dagens versus fremtidens oppdrettsteknologi/metoder. Kilde: Terjesen, 2017

²⁸ Kvande et al. 2018

²⁹ Holmstrøm et al. 2018

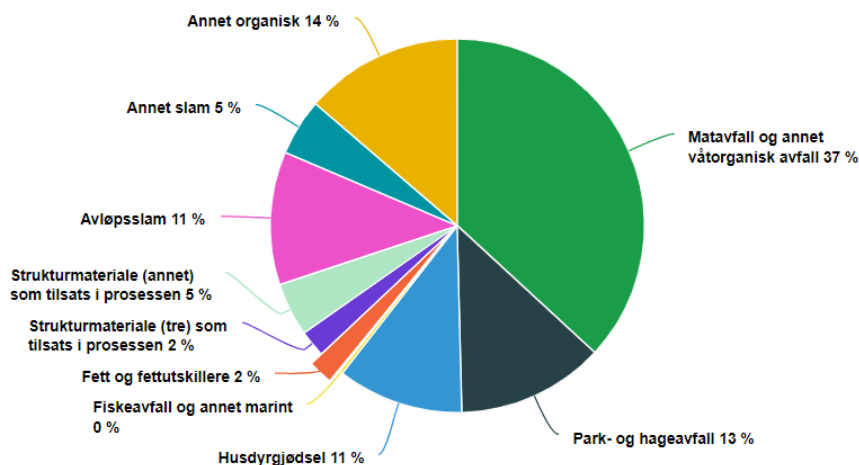
³⁰ Nofima rapport skrevet på vegne av Biogass Oslofjord. Distribueres på forespørsel

³¹ Olafsen et al. 2012.

3. For lite biogass i dag – smolt kan bidra betydelig

Norge har et mål om å bli et lavutslippssamfunn innen 2050 (klimaloven, § 4), og for å nå dette målet må nasjonale utslipp reduseres mellom 80 og 95% i forhold til utslippsnivået i referanseåret 1990³². Ett av de viktigste tiltakene for å redusere nasjonale utslipp er å fase ut bruken av fossile energikilder og erstatte disse med fornybar og grønn energi.

3.1. Biogasspotensial fra fiskeslam



Figur 10. Prosentvis fordeling av biogassproduksjon fra ulike avfallsfraksjoner i 2017. Kilde: Statistisk sentralbyrå³³

Mange av avfallskildene med høyt teoretisk og realistisk biogasspotensiale, som for eksempel husdyrgjødsel og fiskeavfall, blir i mindre grad utnyttet til biogassproduksjon i dag. Ifølge SSB ble 0% av fiskeavfall og annet marint avfall behandlet i biogassanlegg i 2017, det til tross for høyt biogasspotensiale (Figur 10).

Avfall fra oppdrettsnæringen er godt egnet for biogassproduksjon, og kan øke produksjonen ved anleggene betraktelig ved innblanding³⁴. Med strengere krav til rensing av avløpssvann fra landbaserte settefiskanlegg kan biogassproduksjon være en av løsningene.

Biogass er en fornybar energikilde som i tillegg til å redusere utslipp av klimagasser ved å erstatte fossile energibærere, også resirkulerer næringsstoffer. Å kombinere oppdrettsnæringen med biogassproduksjon vil bidra til en sirkulær omstilling av oppdrettsnæringen.

Maritimt organisk avfall som fiskeslam er godt egnet for biogassproduksjon, og ved bruk av fiskeslam fra landbaserte smoltanlegg vil ikke saltinnhold være en begrensende faktor slik det er ved bruk av slam fra sjøbaserte oppdrettsanlegg.

³² <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60> (Hentet: 01.10.2019)

³³ <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/mest-biologisk-avfall-blir-til-biogass> (Hentet: 14.08.2019)

³⁴ <https://fiskeribladet.no/teknisk/nyheter/?artikkel=68433> (Hentet: 01.10.2019)

Frem til i dag har de fleste studier tatt for seg biogasspotensialet til fiskeensilasje, og i mindre grad potensialet til fiskeslam. Fiskeensilasje har et høyt fett- og proteininnhold og har derfor høyt biogass- og metanpotensiale. Samtidig vil nedbryting av fiskeensilasje føre til lav pH inne i råtnetanken (ca. pH 4), blant annet på grunn av akkumulering av ammonium, noe som kan hemme biogassreaksjonen. På grunn av lav pH og høy ammoniumkonsentrasjon er bruk av fiskeensilasje til biogassproduksjon mest egnet ved sambehandling med for eksempel storfe gjødsel (Morken et al. 2017).

I en rapport fra 2017 estimerte Nofima³⁵ at energiinnholdet i fiskeslam fra landbaserte oppdrettsanlegg var hele 242 880 GJ (tilsvarer ca. 67,5 GWh), dette tilsvarer strømforbruket til 3300 norske husstander. De estimerte også fosforinnholdet i dette slammet til 225 tonn. Disse estimatene illustrerer verdien av fiskeslam og hvor viktig det er å utnytte disse ressursene. Dette vil bare bli viktigere i årene som kommer med tanke på den forventede veksten i norsk oppdrettsnæring både på land og i sjø.

På bakgrunn av utviklingen innen smoltoppdrett over de siste ti årene med en markant økning i smoltens vekt ved utsett fra drøye 80g til dagens 130-200g, er det grunn til å forvente at fiskeslam vil bli et viktig substrat for framtidens biogassproduksjon.

Når vi skal estimere framtidig biogasspotensial fra fiskeslam fra landbaserte oppdrettsanlegg er det viktig å ta i betraktning de endringene som skjer innenfor oppdrettsnæringen. Bransjen har satt seg som mål å femdoble produksjonen av matfisk innen 2050 og dette betyr en sterk økning i etterspørsel og produksjon av smolt. Det er også forventet store endringer innen produksjonsmetoder for norsk fiskeoppdrett. Dette innebærer for eksempel strengere krav til fiskevelferd og oppsamling og rensing av slam fra fiskeoppdrett.

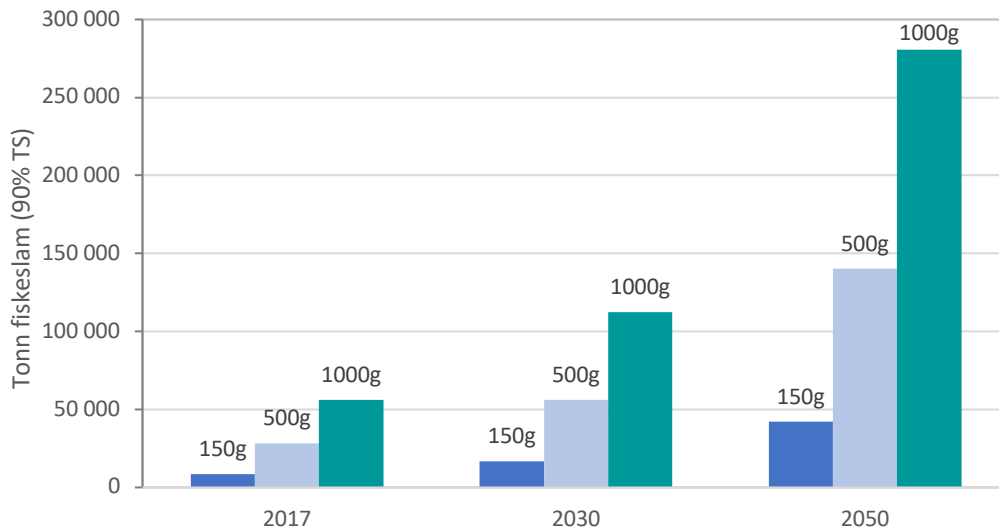
Et godt eksempel på dette er vedtaket kommunestyret i Tromsø fastslo i 2018 som sier at alt fiskeoppdrett skal foregå i lukka oppdrettssystemer³⁶. Det vil si at Tromsø ikke lenger vil tildele konsesjoner for fiskeoppdrett i åpne merdsystemer, og heller ikke vil fornye tillatelser. Dette var en «game-changer» for oppdrettsnæringen.

I 2018 gjennomførte Sintef³⁷ en nasjonal analyse av landbasert oppdrett av laks med fokus på produksjon, økonomi og risiko. I denne rapporten estimerte de blant annet konsekvenser tilknyttet landbasert oppdrett av både mat- og settefisk. De tok hensyn til den økende vekten ved utsett av smolt og post-smolt (500-1000g) og tilsvarende slamproduksjon (Figur 11). Deres beregninger av slamproduksjon er basert på en førfaktor på 1,1 og en spesifikk slamproduksjon på 1,5 kg slam per kg fôr (10% TS).

³⁵ Aas og Åsgård, 2017

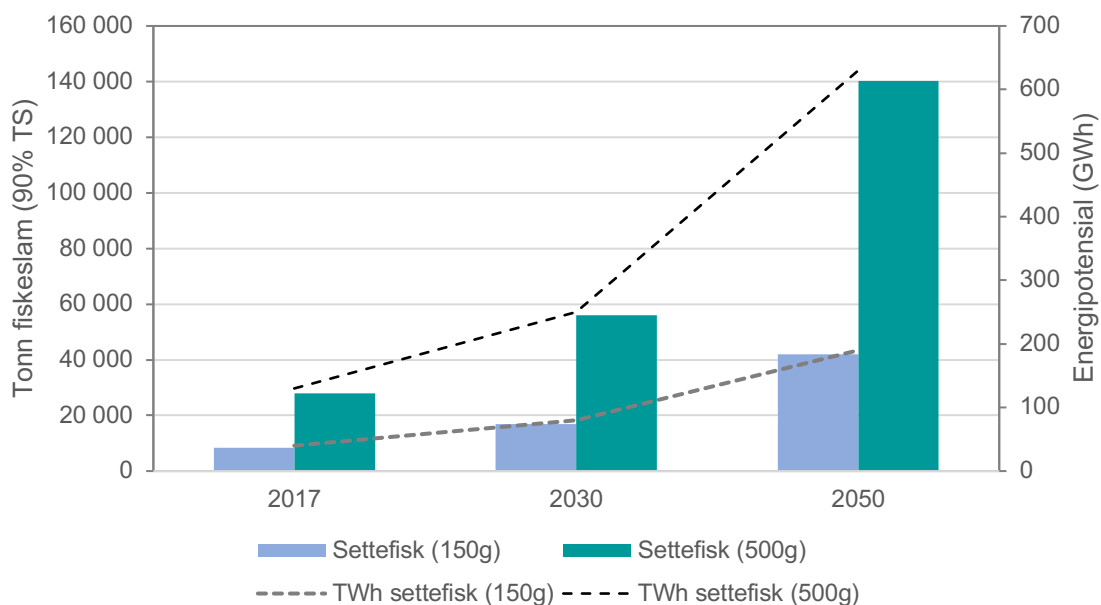
³⁶ <https://ilaks.no/ma-all-vekst-i-norsk-oppdrett-tas-pa-land/> (Hentet: 08.10.2019)

³⁷ Bjørndal et al., 2018



Figur 11. Teoretisk mengde fiskeslam (tonn 90%TS) fra settefiskanlegg i 2017, 2030 og 2050, med fisk av ulik vekt ved utsett (150g, 500g og 1000g).

Det er betydelig forskjell på slamproduksjon fra smolt med ulik vekt. Dersom man estimerer en 5% årlig vekstfaktor og smoltvekt på 500g i 2050 tilsvarer dette en årlig produksjon av over 140.000 tonn slam (90% TS). Med et biogasspotensial på 4,46 MWh/tonn TS fiskeslam³⁸ tilsvarer det et teoretisk biogasspotensial tilsvarende 630 GWh (Figur 12).

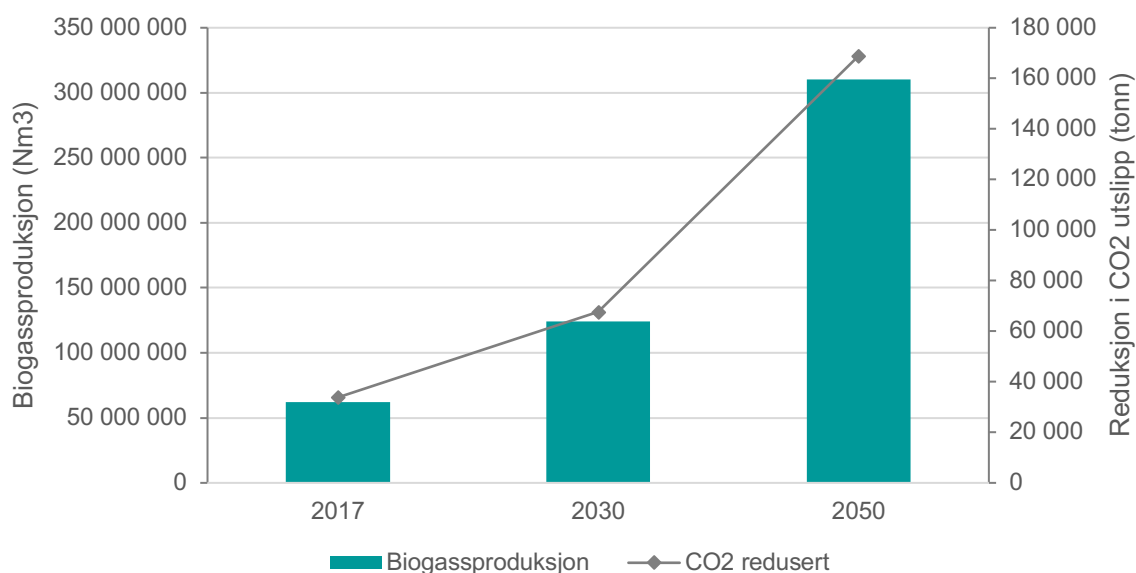


Figur 12. Årlig produksjon av fiskeslam fra settefisk med vekt 150g og 500g og tilsvarende biogasspotensial gitt i GWh.

Dersom fullt biogasspotensial fra fiskeslam fra settefiskanlegg blir utnyttet innen 2050 vil klimagevinsten i form av reduserte CO₂ utslipp være betydelig (Figur 13). Det vil si at det i

³⁸ Carbon Limits, 2019

2050 er mulig å redusere CO₂ utslipp fra transportsektoren med over 160 000 tonn dersom man erstatter bruken av diesel med biogass fra fiskeslam.



Figur 13. Potensiell CO₂ reduksjon ved å erstatte fossil diesel med biogass. Basert på biogasspotensial fra fiskeslam fra smolt (500 g).

Disse estimatene på biogasspotensiale fra fiskeslam er kun basert på slam fra settefisk-anlegg, det vil si at de ikke inkluderer slam fra landbaserte anlegg for produksjon av matfisk. I mai 2019 sto Norges første matfiskanlegg på Øra industriområde i Fredrikstad ferdig med et mål om å produsere 6000 tonn laks årlig³⁹. Oppdrettsbransjen viser stor interesse for landbasertproduksjon av matfisk og denne typen oppdrett et forventet å øke i årene som kommer.

«Landbasert lakseoppdrett kan ikke bli stoppet, sjøl om utfordringene er mange. [...] Jeg argumenterer ikke mot denne formen for produksjon, jeg bare konstaterer at landbasert vil komme, enten i morgen eller om 10 eller 15 år»- Trond Davidsen (Sjømat Norge)⁴⁰

Med en økning i landbasert matfiskoppdrett vil også mengden fiskeslam øke betydelig. Dette vil legge enda større press på utvikling av kostnadseffektive og bærekraftige løsninger for behandling og avhending av fiskeslam.

³⁹ <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=67715> (Hentet: 15.10.2019)

⁴⁰ <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=66817> (Hentet: 15.10.2019)

3.2. Sambehandling med fiskeslam – økt biogassutbytte

Slam fra oppdrettsnæringen inneholder mye fett og proteiner og har derfor et høyt teoretisk biogasspotensiale. Dette er et godt utgangspunkt for å utnytte energien i fiskeslam. Anaerob nedbrytning av fett og proteiner kan føre til en opphopning av flyktige fettsyrer (VFA) og ammoniakk, stoffer som kan hemme biogassproduksjon.

Siden fiskeslam, i forhold til andre substrater, har en såpass høy konsentrasjon av både fett og protein kan innblanding av store mengder fiskeslam by på problemer i konvensjonelle biogassanlegg som ikke er tilpasset denne typen råstoff.

Cermaqs biogassanlegg på Forsan er et av få operative biogassanlegget i Norge som utelukkende tar inn fiskeslam som råstoff. Det unike ved dette anlegget er at deres biokultur er spesialtilpasset behandling av fiskeslam og er tilpasset behandling av råstoff med lav pH og høye nitrogenverdier³⁵.

Ved andre biogassanlegg som ikke er spesialtilpasset behandling av fiskeavfall som fiskeensilasje og fiskeslam kan egenskapene til fiskeavfallet hemme eller negativt påvirke biogassproduksjonen. En løsning på dette er sambehandling med andre typer råstoff som matavfall eller husdyrgjødsel.

Majoriteten av dagens operative biogassanlegg i Norge behandler i all hovedsak avløpsslam (Figur 10).

Aquateam COWI (2019) har vist at en innblanding av ca. 25% vått fiskeslam som co-substrat til avløpsslam kan øke metanproduksjon med opptil 35% uten å hemme selve biogassprosessen. I tillegg tilfører fiskeslam betydelige mengder med fosfor og nitrogen til biogjødselen. De viser også at innblanding av ca. 20% avvannet fiskeslam kan gi en 30 til 52% økning i metanproduksjon.

Det er hovedsakelig slam fra settefiskproduksjon som er best egnet som substrat for biogassproduksjon fordi settefisk lever i ferskvann. Saltinnholdet i slam fra sjøbasert oppdrett kan hemme biogassprosessen⁴¹, i tillegg er teknologien for oppsamling av slam fra slike anlegg og teknologi for avsalting umoden.

3.3. Hvem skal betale for miljøgevinst og økt ressursutnyttelse?

En av de største barrierene for å etablere et velfungerende marked for nasjonal biogassproduksjon er hvem som skal ta kostnadene tilknyttet produksjonen. Dette spørsmålet er

Case-studie fra Møre og Romsdal settefisk og biogass (Kvande et al. 2018)

Ved Smøla klekkeri og settefisk AS produseres yngel og settefisk, og på grunn av vannmangel bygget de et av Norges første RAS-anlegg.

Allerede i 2011 startet de å se på biogassproduksjon fra fiskeslam. I 2013 inngikk de et samarbeid med Sterner for å bygge et biogassanlegg som utelukkende behandlet fiskeslam.

I 2014 fikk de støtte fra Innovasjon Norge gjennom miljøteknologiordningen til å bygge et pilotanlegg for biogassproduksjon fra fiskeslam. Anlegget stod ferdig i 2015, og i perioden frem til 2018 har anlegget vært gjennom mangfoldige ombygginger for å videreutvikle teknologien.

Anlegget på Smøla har vært vellykket, og på bakgrunn av dette har Sterner valgt å kommersialisere den utviklede teknologien for behandling av fiskeslam i biogassanlegg. I april 2018 sto Cermaq Norway AS' 7 ganger større anlegg for behandling av fiskeslam klart.

⁴¹ <https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjdsel-fiskeslam--biogass>

spesielt relevant med tanke på at biogassproduksjon løser avfallsproblemer samtidig som det bidrar til utslippskutt fra flere sektorer.

For å nå målet om et lavutslippssamfunn innen 2050 (klimaloven, § 4), må biogass være en del av løsningen.

Innenfor landbrukssektoren har regjeringen satt et mål om at 30% av all husdyrgjødsel skal behandles ved biogassanlegg innen 2020 (st. mld. 39). Det er fortsatt lang vei å gå for å nå dette målet og en av utfordringene er manglende risikokapital og driftsstøtte. Dette gjelder også for settefiskanlegg som ønsker å bygge egne/lokale biogassanlegg for å ta hånd om eget slam.

Det finnes i dag støtteordninger for pilotanlegg til biogass, dette inkluderer midler fra ENOVA og Innovasjon Norge. Innenfor landbruket finnes det tilskuddsordninger for levering av husdyrgjødsel til biogassanlegg som utbetales av Landbruksdirektoratet. Problemet med slike tilskuddsordninger er at de er midlertidige. Dette medfører usikkerhet knyttet til investering og fremtidige driftskostnader og virker som en viktig barriere for å utvikle en bærekraftig verdikjede mellom akvakultur-, landbruk- og biogassnæringen.

En annen flaskehals er omsetning av biorest/biogjødsel fra biogassproduksjon. Det er stor usikkerhet tilknyttet den nye gjødselforskriften og hvilken betydning den vil kunne få for omsetning av biogjødsel. Spesielt fra produkter av organisk opprinnelse utenfor landbruket, slik som fiskeensilasje og fiskeslam.

Alle disse utfordringene henger sammen med en manglende verdikjede for levering av råstoff, produksjon og omsetning av biogass og biprodukter som for eksempel biogjødsel og CO₂. For å etablere en bærekraftig verdikjede for biogassproduksjon fra fiskeavfall er det viktig å opprettholde alles interesser. Det vil si at verdikjeden ikke optimaliseres for kun ett ledd i verdikjeden. Et godt eksempel på dette er at majoriteten av biogassanlegg i dag velger råstoff på bakgrunn av metanpotensiale uten å tenke på egenskapene til biogjødsel. Dette kan for eksempel føre til høye tungmetallkonsentrasjoner som gjør biogjødsel lite aktuelt for spredning på jordbruksarealer.

Det ideelle for alle parter er å optimalisere biogassproduksjonen slik at man får behandlet mest mulig biologisk avfall på en forsvarlig måte, oppnår høyt metanutbytte og oppnår biogjødsel av høy kvalitet.

3.4. Utnyttelse av biogjødsel- sirkulærøkonomi i praksis

Som tidligere nevnt er bruk av slam fra smolt-produksjon som et gjødsel- eller jordforbedringsprodukt den mest brukte behandlingsmetoden for slamavfall i dag⁴².

Slam og fiskeensilasje fra oppdrettsnæringen er næringsrikt og inneholder flere viktige plantenæringsstoffer som nitrogen, fosfor og kalium. Fosforinnholdet i slam fra dagens oppdrettsnæring er estimert til nesten 5000 tonn. Gitt at landbruket i dag benytter mellom 8000 og 9000 tonn fosfor i form av mineralgjødsel kan fosfor fra oppdrettslam redusere behovet for mineralgjødsel betraktelig³⁶. Tatt i betraktning at fosfor er et begrenset og livsviktig grunnstoff er økt resirkulering av fosfor svært viktig.

Bruk av fiskeslam som et jordforbedring- eller gjødselprodukt faller i dag under gjødselvareforskriftens krav knyttet til gjødselvarer fra organisk opphav (gjødselvareforskriften, vedlegg 4). Bruk av fiskeensilasje og slam fra oppdrettsnæringen reguleres ut ifra ulike kvalitetskrav (jf. § 10) i gjødselvareforskriften. Disse kravene omfatter blant annet tungmetallinnhold, innhold av organiske miljøgifter, krav til hygienisering, stabilisering og innhold av plast, glass og andre fremmedlegemer.

Det er stort sett kvalitetskravene tilknyttet tungmetallinnhold som er den begrensende faktoren for bruk av biogjødsel basert på fiskeslam som råstoff. Dette gjelder spesielt for innhold av sink (Zn) og kadmium (Cd). En studie utført av forskere ved NIBIO i forbindelse med arbeidspakke 4 i SLAM-BEP prosjektet bekreftet høye verdier av både Zn og Cd i biorest basert på syv ulike sammensetninger av fiskeslam fra settefiskanlegg⁴³. Alle de syv sammensetningene av slam falt innenfor kvalitetsklasse II, mens én type falt innenfor klasse III. Dette begrenser bruken av biogjødsel til påføring av inntil 2 tonn tørrstoff per dekar hvert 10 år på landbruksjord (kvalitetsklasse II).

3.4.1. Forslag til endring av gjødselvareforskriften – betydning for bruk av biogjødsel

Forslag til endring av gjødselvareforskriften vil legge mer til rette for økt bruk og omsetning av biorest/biogjødsel ved å fjerne kravet til hygienisering av biogjødsel fra anlegg som tar imot husdyrgjødsel. Videre foreslås det å skjerpe krav til hygienisering av biogjødsel med innhold av blant annet fiskeslam og fiskeensilasje.

En av barrierene for bruk av biorest fra fiskeslam som et gjødselprodukt, som tidligere nevnt, innholdet av tungmetaller. Tungmetallinnholdet måles i form av mg kg⁻¹ TS, det vil si mengde tungmetaller per kg tørrstoff. Dette er på generell basis en barriere for å omsette biorest som

Verdikjedebygging og motstridende interesser

I biogjødsel fra fiskeensilasje og fiskeslam er sinkverdiene ofte høyere enn hva som er lovlig ut ifra kvalitetskravene satt i gjødselvareforskriften. Dette er fordi sink er et viktig førtilskudd for fisk som påvirker fiskens metabolisme og vekst. Redusert vekst er det første symptomet på sinkmangel hos fisk. Redusert mengde sink i fôret som et tiltak for å redusere sinknivåene i biogjødselen vil ha en negativ effekt på fiskens vekstpotensial, men en positiv effekt på biogjødselkvaliteten. Her vil det være lite aktuelt for oppdrettsnæringen å redusere sinktilskudd for å oppfylle kravene til spredning av biogjødsel.

⁴² Bjørndal et al. 2018

⁴³ Brod, Haraldsen og Krogstad, 2016

gjødsel fordi tørrstoffet brytes ned og danner gass i biogassprosessen, dermed vil mengden av tungmetaller og andre næringsstoffer økes på tørrstoffbasis²³.

Forslagene til endring av gjødselvereforskriften, samt kvalitetskrav tilknyttet tungmetallinnhold, vil gjøre det vanskeligere å sende ubehandlet fiskeslam til lokale bønder for spredning på jordbruksarealer. På en annen side vil disse innstrammingene gjøre det mer attraktivt og legge mer til rette for behandling av biologisk avfall i biogassanlegg.

4. Anbefalinger

4.1. Anbefalinger til fylkesmenn

Krav til håndtering av organisk avfall fra fiskeri- og oppdrettsnæringen reguleres under forurensingsloven, og fylkesmannen har myndighet til å pålegge rensekrav til hvert enkelt settefiskanlegg på bakgrunn av utslippstillatelse. Det er ingen krav til rensing eller oppsamling av slam fra sjøbaserte oppdrettsanlegg i dag, noe som gjenspeiles i lite tilgjengelig og umoden renseteknologi for slam fra slike anlegg. Derimot er teknologien for oppsamling og rensing av slam fra landbaserte oppdrettsanlegg mer moden og tilgjengelig. Den teknologiske utviklingen henger sammen med at det stilles minimumskrav til primærrensing av avløpsvannet fra nye, og ombygde, landbaserte oppdrettsanlegg.

Norge har satt seg mål om å implementere EUs nye avfallsdirektiv som skal fremme økt materialgjenvinning og sirkulær utvikling innenfor avfallssegmentet. Dette betyr at fylkesmannen kan innføre krav om biologisk behandling av slam fra oppdrettsnæringen for å tilrettelegge for økt gjenbrukt av viktige næringsstoffer.

Slam- og fôrrester fra oppdrettsanlegg både på land og i sjø inneholder store mengder med viktige næringsstoffer, inkludert fosfor som er en livsviktig men begrenset ressurs.

Ved behandling av slam fra fiskeoppdrett, for eksempel ved anaerob nedbrytning, vil man kunne utnytte disse næringsstoffene i gjødsel til landbruket, og dermed føre næringsstoffene inn i et sirkulært kretsløp.

Fylkesmannen har råderett til å innføre krav til behandling av organiske avfallsstoffer fra oppdrettsnæringen. Dette vil først og fremst være aktuelt for landbaserte anlegg hvor oppsamling og rensing av fiskeslam allerede er pålagt. Fylkeskommunen har myndighet til å påvirke plasseringen av nye landbaserte oppdrettsanlegg, og kan på den måten legge til rette for lokal verdiskaping og sysselsetting ved å strategisk gi driftstillatelse for akvakultur i nærhet til for eksempel biogassanlegg og jordbruk.

I st. meld. 45 (2016-2017)⁴⁴ står det at «Norsk avfallspolitikk skal legge til rette for høy utnyttelse av ressursene i avfallet og trygg håndtering av farlig avfall. Det overordnede nasjonale målet er at avfall skal gjøre minst mulig skade på mennesker og naturmiljø. [...] Det er videre et mål om at 80 prosent av avfallet skal sikres god ressursutnyttelse gjennom materialgjenvinning og energiutnyttelse.» Biogassproduksjon fra fiskeslam faller innenfor dette målet om ressurs- og energiutnyttelse, og bør prioriteres fremfor andre metoder for

⁴⁴ St. meld 45 (2016-2017). Avfall som ressurs- avfallspolitikk og sirkulær økonomi. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-45-20162017/id2558274/sec3> (Hentet: 07.10.2019)

avhending av fiskeslam (2.6.2). I tillegg vil økt nasjonal biogassproduksjon bidra til å nå målet om et lavutslippssamfunn innen 2050.

4.2. Anbefalinger til videre arbeid

Denne rapporten er en forstudie som hovedsakelig fokuserer på settefiskanlegg, hvilke teknologiske løsninger som i dag finnes for rensing og oppsamling av fiskeslam fra landbaserte oppdrettsanlegg og biogasspotensiale fra fiskeslam.

En anbefaling for videre arbeid er å se nærmere på hva som skal til for å bygge opp en verdikjede for bruk av fiskeslam til biogass- og biogjødselproduksjon. Hva skal til for å etablere en økonomisk bærekraftig verdikjede for alle involverte parter?

Dagens situasjon med plassering av settefiskanlegg på Vestlandet og i Nordland, mens de fleste biogassanleggene ligger på Østlandet, legger opp til flere ubesvarte og viktige spørsmål. For eksempel er det viktig å spørre seg om det er lønnsomt å frakte fiskeslam fra settefiskanlegg til sentrale biogassanlegg? Eller er det mer lønnsomt med lokal biogassproduksjon? Er det i så fall mulig å plassere et lokalt biogassanlegg i nærhet til skipsfartsnæringen? Er det mest lønnsomt med store sentrale biogassanlegg eller mindre lokale anlegg? Og sist men ikke minst, hva er mest bærekraftig?

5. Konklusjon

Interessen for landbaserte oppdrettsanlegg er økende, og det er forventet at denne interessen vil fortsette å øke i takt med økende fiskeproduksjon. Lukka og semi-lukka oppdrettsanlegg er spådd å være fremtiden innfor norsk oppdrettsnæring. De har fordeler som økt fiskevelferd, redusert lusepress og rømningsfare, og enklere oppsamling/rensing av slam hvilket også gir en lavere miljøbelastning.

Over de siste årene har vekten på smolt ved utsett økt fra rundt 60g til 130g, i tillegg til at interessen for produksjon av post-smolt (fra 200g til 1000g) er økende. Dette betyr at fisken tilbringer lenger tid på land og slamvolumet fra settefiskanleggene øker. For landbaserte oppdrettsanlegg settes det nå strengere krav til rensing av avløpsvannet, noe som setter større press på utvikling av gode og effektive teknologiske løsninger for oppsamling og rensing av fiskeslammet.

En vesentlig barriere for økt bruk av fiskeslam til biogassproduksjon er ulik geografisk plassering av biogassanlegg og settefiskanlegg. Majoriteten av norske settefiskanlegg ligger på Vestlandet, mens de fleste biogassanlegg ligger på Østlandet. For å skape en verdikjede optimalisert for ressursutnyttelse, biogassproduksjon og bruk av biogjødsel er det viktig med strategisk plassering av fremtidens settefisk- og biogassanlegg.

Med en forventet femdobling av norsk fiskeproduksjon innen 2050 er det viktig at denne utviklingen ikke går på bekostning av klima og miljø. Denne produksjonsutviklingen skal skje parallelt med omstillingen til lavutslippssamfunnet, og her er biogass en del av løsningen for å oppfylle begge disse målene.

Fiskeslam inneholder store mengder energi og næringsstoffer som bør bli sett på som en ressurs heller enn et avfallsproblem. En metode for rensing av fiskeslam er via biogassproduksjon, en løsning som både utnytter energien fiskeslammet og tar vare på næringsstoffene i form av biogjødsel. Her er det store muligheter for både lokal og nasjonal verdiskapning på tvers av sektorer.

6. Litteraturliste

- Aas, T. S., & Åsgård, T. E. (2017). Estimert innhold av næringsstoff og energi i fôrspill og faeces fra norsk lakseoppdrett. *Nofima rapportserie*.
- Aquateam COWI, 2019, Utnyttelse av avfall fra marin matproduksjon til regional fornybar energi. Oppsamling av resultater RenEner-Mar Rapport 2. 55 s.
- Bjørndal, T., Holte, E. A., Hilmarsen, Ø. og Tusvik, A., 2018. Analyse av lukka oppdrett av laks-landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko. Sintef. Tilgjengelig fra: https://swemarc.gu.se/digitalAssets/1702/1702022_analyse-av-lukka-oppdrett-av-laks-landbasert--2018.pdf (Hentet: 03.08.2019)
- Blytt, L. D., Haraldsen, T. K., Helness, H., Paulsrud, B., & Ulgenes, Y. (2011). Håndtering av slam fra rensing av avløp i settefiskanlegg: Forprosjektrapport. *SINTEF rapport SBF2011F0081. SINTEF Byggforsk, Trondheim*, 37.
- Brod, E., Haraldsen, T. K., og Krogstad, T. 2016. Fiskeslam som nitrogengjødsel. Effekt av ulike behandlingsteknologier. *Nibio rapport*, Vol. 2, Nr. 118.
- Fiskeridirektoratet. (2019). A.03.006 Akvakultur. Settefisk/Yngel. Antall tillatelser i drift, etter fylke, type og år. Tilgjengelig: <https://www.fiskeridir.no/Tall-og-analyse/Statistikbanken>
- Gebauer, R., Cabell, J. F., & Ween, O. (2016). Biogassproduksjon fra settefiskslam i sentraliserte og desentraliserte biogassanlegg.
- Hilmarsen, Ø., Holte, E. A., Brendeløkken, H., Høyli, R., & Hognes, E. S. (2018). OC2018 A-033-Konsekvensanalyse av landbasert oppdrett av laks-matfisk og post-smolt.
- Hjeltnes B., Bang Jensen B., Bornø G., Haukaas A., (2018), Walde C. S. (red) Fiskehelserapporten 2017, Veterinærinstituttet 2018.
- Holmstrøm, K. M. H., Styve, F., og Nesse, A. (2018). Forprosjekt for utredning av potensiell biogassproduksjon basert på slam fra landbasert settefiskproduksjon på Utsira. <https://www.miljokommune.no/Documents/Klima/Klimasats-erfaringer%202016/Rapport%20forprosjekt%20Utsira%202017.pdf>
- Iversen, A. et al. (2018) Kostnadsdrivere i oppdrett 2018, fokus på smolt og kapitalbinding.
- Lyng, K. A., Callewaert, P., Stabbetorp, E. M., og Prestrud, K. 2019. Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for husdyrgjødsel til biogassproduksjon. Del 1: Råstoffgrunnlag, gjødselbehov og synergier mellom sektorer. Rapportnr.: OR. 25. 19, 20 s. <https://www.ostfoldforskning.no/media/2207/or-2519-kunnskapsgrunnlag-for-nasjonal-strategi-for-husdyrgjoedse-til-biogassproduksjon-del-1.pdf>
- Kvande, I., Cabell, J., Stengård, A. E., Saxegård, S., og Morken, J. (2018). Følgeforskning Sterner sitt anlegg på Smøla settefisk- masse- og energibalanser, økonomi og klimanytte. REALTEK rapport 60
- Lyng, K. A., Callewaert, P., Stabbetorp, E. M., Prestrud, K. (2019) *Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for husdyrgjødsel til biogassproduksjon. Del 1: Råstoffgrunnlag, gjødselbehov og synergier mellom sektorer*. Østfoldforskning. Tilgjengelig fra: <https://www.ostfoldforskning.no/media/2207/or-2519-kunnskapsgrunnlag-for-nasjonal-strategi-for-husdyrgjoedse-til-biogassproduksjon-del-1.pdf> (Hentet: 08.10.2019)
- Morken, J., Briseid, T., Hovland, J., Lyng, K.A. og Kvande, I. 2017. Veileder for biogassanlegg - mulighetsstudie, planlegging og drift - REALTEK Rapport versjon 091017, 53 s.
- Nofima, 2010. Utilization of sludge from recirculation aquaculture systems. Tilgjengelig: <https://www.nofima.no/filearchive/Rapport%2009-2010.pdf>



BIOGASS

OSLOFJORD

Norges Bondelag. 2011. Fakta om biogass. Norsk kulturlandskap- det nye gassfeltet. ISSN 978-82-7712-085-0. <https://www.bondelaget.no/getfile.php/13123523-1372659898/MMA/Nettbutikk/Kunnskapsmateriell/Biogass%20fakta.pdf>

Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., Skjermo, J., (2012), Verdiskaping basert på produktive hav i 2050, Rapport fra en arbeidsgruppe oppnevnt av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA)

Oterhals, O. og Oppen, J. 2016. Logistikk og forretningsmodeller for behandling av fiskeslam, Molde

SINTEF, 2016. Analyse marint restråstoff. Tilgjengelig:
<https://sintef.brage.unit.no/sintefxmlui/handle/11250/2446152>

Sjømat Norge. 2018. Sjømat 2030. Et blått taktskifte. https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2018/03/SJOMAT2030_endelig.pdf

Terjesen, B.F., (2017), 30 år med settefisk, 1986 til 2016 – hva nå?, TEKSET 2017, Trondheim

