



# Høgskulen på Vestlandet

## Bacheloroppgave HMS

ING3038

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	30-04-2019 16:02	<b>Termin:</b>	2019 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	08-05-2019 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Bacheloroppgave med muntlig presentasjon/eksaminasjon		
<b>SIS-kode:</b>	203 ING3038 1 PRO-1 2019 VÅR Haugesund		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

**Kandidatnr.:** 100

### Informasjon fra deltaker

**Tittel \*:** Fiskeslam - Fra aufall til ressurs  
**Engelsk tittel \*:** Fish sludge - From waste to resource  
**Egenerklæring \*:** Ja **Inneholder besvarelsen Nei**  
**konfidensiell materiale?:**

**Jeg bekrefter at jeg har Ja**  
**registrert oppgavetittelen**  
**på norsk og engelsk i**  
**StudentWeb og vet at**  
**denne vil stå på**  
**vitnemålet mitt \*:**

### Gruppe

**Gruppenavn:** (Anonymisert)  
**Gruppenummer:** 2  
**Andre medlemmer i gruppen:** 102

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja

Våren  
2019



# Fiskeslam

## - Fra avfall til ressurs



Bachelorprosjekt utført ved

Høgskulen på Vestlandet – Avd. Haugesund – Studie for ingeniørfag

ING 3038 – *Kvalitet og HMS*

Av:

Cathrine J. Rantaniitty

*Kand.nr.*

100

Ragnhild Opsal Skaar

*Kand.nr.*

102

# BACHELORPROSJEKT

**Studentenes navn:** Cathrine Rantaniitty, Ragnhild Opsal Skaar

---

**Linje & studieretning:** Kvalitets- og HMS ingeniør

**Oppgavens tittel:** Fiskeslam — Fra avfall til ressurs

## Oppgavetekst:

Den største kilden til forurensning fra fiskeoppdrett er slam. Fiskeslam er et avfallsprodukt fra oppdrettsnæringen som består av ekskrementer og overflødig fiskefor. Fiskeslam inneholder blant annet viktige næringsstoffer som kan brukes som en ressurs. Ved hjelp av sirkulær bioøkonomi kan en utnytte de biologiske ressursene, der avfall minimeres og rest-råstoffer utnyttes optimalt.

Hovedfokuset i denne oppgaven er å løse følgende problemstillinger:

- A) Hvordan kan sirkulærøkonomi bidra til verdiskapning for landbasert fiskeoppdrett i Norge?
- B) Er regelverket i Norge tilrettelagt for bruk av fiskeslam som en ressurs?

**Endelig oppgave gitt:** Fredag 1. mars 2019

**Innleveringsfrist:** Onsdag 8. mai 2019 kl. 14:00

**Intern veileder:** Ingunn Alne Hoell

**Ekstern veileder:** Hans Henriksen Marki

**E-postadresse  
ekstern veileder:** hanshenriksenmarki@gmail.com

**Godkjent av studieansvarlig:**



**Dato:** 6/5-19

Høgskolen på Vestlandet  
Campus Haugesund  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND

Oppgavens tittel Fiskeslam — Fra avfall til ressurs		Rapportnummer  (Fylles ikke ut)
Utført av Cathrine Rantaniitty, Ragnhild Opsal Skaar		
Linje Ingeniør	Studieretning Kvalitet og HMS ingeniør	
Gradering Åpen	Innlevert dato 8. mai 2019	Veiledere Ingunn Alne Hoell Hans Henriksen Marki

#### Ekstrakt

Endringsprosessen det grønne skiftet er her og setter fokus på å øke verdiskapning og redusere samlet mengde utslipp og negativ påvirkning på miljøet. Gjennom sirkulærøkonomi blir avfall omgjort til ressurs, og forblir i kretsløpet ved hjelp av ombruk og gjenvinning. På denne måten blir det ikke bare fokus på bærekraft i miljøperspektiv, men også bærekraftig i en økonomisk kontekst. For å oppnå dette i Norge er det hensiktsmessig å finne nye ressurser innen avfallsstrømmer som ikke blir utnyttet til sitt fulle i dag. Her er fiskeslam et spennende område for utvikling innen sirkulærøkonomi. Hovedfokuset i dette dokumentet er å se på hvordan fiskeslam kan bli anvendt som en ressurs i et sirkulærøkonomiskperspektiv, samt hvordan det norske regelverket er tilrettelagt. Det er utarbeidet en modell for verdiskapning i sirkulærøkonomi. Ressurser fra fiskeslam kan bli ført videre i næringskretsløpet gjennom – biogass – bioest – algedyrking – fiskefôr. Regelverket kan per i dag by på utfordringer i forhold til grenseverdier for tungmetaller, men nytt regelverk som er mer tilrettelagt for sirkulærøkonomi er under behandling. Et samarbeid mellom forskning, myndighet og næring, samt innovasjon og ny teknologi vil være viktig for å kunne realisere et verdiskapnings potensial.

## Forord

Denne bacheloroppgaven markerer avslutningen på vår bachelorgrad i kvalitet- og HMS ingeniør ved Høgskulen på Vestlandet, avdeling Haugesund. Det har vært tre lærerike og morsomme år, hvor vi har fylt opp sekkene våre med økt faglige kompetanse og nye nettverk.

I vårsemesteret 2018 fikk vi gjesteundervisning av vår nåværende eksterne veileder Hans Henriksen Marki, hvor det ble undervist i økotoksikologi, miljørisiko og avfallshåndtering. Dette vekket stor interesse hos oss og vi var begge enige om at vi ville fordype oss innen dette emnet.

Vi er begge opptatt av bærekraft og håper at vi i fremtiden skal kunne leve i en verden hvor vi i større grad enn i dag evner å nyttiggjøre oss av naturens ressurser, på en smartere og mer bærekraftig måte.

I denne anledningen vil vi rekke en stor takk til vår interne veileder Ingunn Alne Hoell. Tusen takk for meget gode og konkrete innspill, konstruktive tilbakemeldinger og positivt engasjement. Du har virkelig satt deg godt inn i arbeidet vårt og ført oss i riktig retning gjennom oppgaven. En stor takk til vår eksterne veileder Hans Henriksen Marki. Tusen takk for godt samarbeid, gode ideer og konstruktive tilbakemeldinger. Du har disponert mye av tiden din til oss og gitt oss tillit.

Til sist vil vi rekke en stor takk til familie og venner som har støttet oss gjennom hele studiet.

### Sted, dato og underskrifter:

Cathrine Rantaniitty

---

Cathrine Rantaniitty

Høgskulen på Vestlandet

08.05.2019

Ragnhild O. Skaar

---

Ragnhild Opsal Skaar

Høgskulen på Vestlandet

08.05.2019

## Sammendrag

Endringsprosessen det grønne skiftet er her og setter fokus på å øke verdiskapning og redusere samlet mengde utslipp og negativ påvirkning på miljøet. Bak det grønne skiftet ligger EU's bærekraftsmål til grunn. Målene handler om å ta vare på menneskene som lever i dag og deres behov, uten å ødelegge for kommende generasjoner (FN-sambandet, 2019). For å skape en levelig verden for fremtidige generasjoner har samfunnet satt seg mål, som skal nås både for klimagassutslipp og ressursbruk. Utfordringen er at tiltakene ofte har fokus på miljø fra et ideologisk ståsted. I årene som kommer bør det derfor arbeides for at det grønne skiftet også blir et økonomisk skifte. Gjennom sirkulærøkonomi blir avfall omgjort til ressurs og forblir i kretsløpet ved hjelp av ombruk og gjenvinning. På denne måten blir det ikke bare fokus på bærekraft i miljøperspektiv, men også bærekraftig i en økonomisk kontekst. For å oppnå dette i Norge er det hensiktsmessig å finne nye ressurser innen avfallsstrømmer som ikke blir utnyttet til sitt fulle i dag. Her er fiskeslam et spennende område for utvikling innen sirkulærøkonomi. Regjeringen har som mål å legge til rette for vekst i oppdrettsnæringen (Olafsen, Winther, Olsen, & Skjermo, 2012). I kombinasjon med krav om oppsamling av slammet ved utbygging og nye landbasert anlegg vil mengden fiskeslam også øke de neste årene. Hovedfokuset i denne oppgaven er å løse en todelt problemstilling:

- A) Hvordan kan sirkulærøkonomi bidra til verdiskapning i landbasert fiskeoppdrett i Norge?
- B) Er regelverket i Norge tilrettelagt for bruk av fiskeslam som en ressurs?

Ved å behandle fiskeslammet i et biogassanlegg kan bio-resten fra behandlingen bli brukt som et vekstmedium for mikroalger, som igjen kan inngå i fôr til fisk. På denne måten får vi et kretsløp som bidrar til verdiskapning ved å minimere avfall og utnytte rest-råstoffet optimalt. Forurensninger og miljøgifter som inkluderer tungmetaller i sluttproduktet kan by på utfordringer i den sirkulære kretssløyfa. Gjødselforskriften setter grenseverdier for tungmetaller for de forskjellige kvalitetsklassene som inngår i forskriften.

Biogassbehandlingen øker konsentrasjonen av næringsstoffer, men også tungmetaller per tørrstoff, det betyr at bio-rest av fiskeslam kan havne i kvalitetsklasse 3 (*Tabell 2*). Det er lite sannsynlig at en kan bruke organisk avfall i kvalitetsklasse 3 som vekstmedium til alger. Det er lagt frem ett forslag om nytt gjødselregelverk som er under behandling. I forslaget er det tatt hensyn til den sirkulære bioøkonomien hvor ressursene i avfall skal utnyttes mest mulig, og derfor foreslås endringer i tungmetallbegrensningene som kan gjøre det enklere å omsette bio-

rest i fremtiden (Landbruksdirektoratet, 2018). Forskning og samarbeid mellom myndighet og næring gir muligheter for innovasjon og tilrettelegging for sirkulærøkonomi. Videre utvikling av, og satsing på en kunnskapsbasert forskning vil være viktig for å kunne realisere et verdiskapnings potensial.



## Summary

The green shift is here, with a main focus on economic growth, but concurrently to reduce emissions and negative impact on the environment. The UN's sustainable development goals form the basis in this process of change. The core value of these goals is to manage the needs of people living on earth today, but without destroying for future generations (FN-Sambandet 2019). To ensure this, society must reduce greenhouse gas emissions and manage natural resources better. However, the challenge is that the focus on the environment often has an ideologically point of view. This is why in the coming years we should work for the green shift to also become an economic shift. Through circular economy, waste will be an important resource by reusing and recycling. In doing so, the focus on sustainability will also have an economic context, in addition to the environmental aspect. For Norway to achieve this, it would be a great benefit to identify new resources within waste streams that are not fully utilized today. An exciting and developing area for new circular economy resources is fish sludge. The Norwegian government will facilitate an increase of the aquaculture industry (Olafsen, Winther, Olsen & Skjermo, 2012). Requirements for collecting the sludge during production in new, land-based aquaculture farms, ensures an increase in the amount of fish sludge will in the coming years. The main focus in this thesis is therefore to answer two important questions:

- A) How can circular economy contribute to increased values from land-based fish farms in Norway?
- B) Are the regulations in Norway today useful for the utilization of fish sludge as a resource?

By treating the fish sludge in biogas plants, the organic residue can be used as a growth media for microalgae, which subsequently can be used as fish feed. In this way we will get economic growth by minimizing the waste and fully utilize the residual raw material. Pollutions and greenhouse gases that include heavy metals as the end product, can offer challenges. For fertilizers, regulations define different quality classes based on the heavy metal content. This can be a problem, since biogas treatment increases the concentration of nutrients, but also heavy metals per dry material. Therefore, the organic residues from fish sludge can end up in quality class 3 (table 1). It is very unlikely that it will be permitted to use organic residue in quality class 3 as a growth media for microalgae. However, a new regulation for fertilizers are under consideration. There, the circulatory bio-economy and waste reuse will be taken into account, and therefore changes in current quality classes and heavy metal content is proposed

(Landbruksdirektoratet, 2018). Research and collaboration between authorities and industry gives opportunity for innovation and facilitation for circular economy. Further development of, and commitment to a knowledge-based research will be important to realize its potential.

## Definisjoner og forklaringer

Bærekraftig utvikling	Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov.
NIBIO	Norsk institutt for bioøkonomi.
SINTEF	Selskapet for industriell og teknisk forskning.
Plantenæringsstoffer	Hovednæringsstoffene nitrogen (N), fosfor (P) og kalium (K), de sekundære næringsstoffene kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na) og svovel (S), og mikronæringsstoffene bor (B), kobolt (Co), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), molybden (Mo) og sink (Zn).
Tungmetaller	Fellesbetegnelse for metaller med større tetthet enn 5 g/cm <sup>3</sup> . Noen av tungmetallene fungerer som mikronæringsstoffer, men kan være giftige i høye konsentrasjoner. Noen tungmetaller er miljøgifter og har negative effekter på både helse og miljø.
Anaerob	Utilstrekkelig tilgang på oksygen.
Patogen	Sykdomsfremkallende.
Prioner	Proteinholdig infeksjøs partikkel
Bio-gass	Gass fra utråtning av organisk materiale.
EPA	Eikosapentaensyre – langkjedede fettsyrer
DHA	Docosahexaensyre – langkjedede fettsyrer
Inhibere	Hemme (i kjemisk prosess)
Eutrofiering	Prosess i innsjøer og annet overflatevann i innlandet, eller i havet der planteproduksjonen øker på grunn av økt tilførsel av næringsstoffer.
Polyklorerte bifenyler	Gruppe syntetisk fremstilte organiske forbindelser som består av to sammenkoblede benzenringer der mange av hydrogenatomer er erstattet av kloratomer

## Innholdsfortegnelse

<b>1. Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Problemstilling .....	2
1.3 Avgrensninger.....	2
1.4 Greentech Innovators AS.....	3
1.5 Avfallspolitikk.....	4
1.6 FNs bærekrafts mål.....	4
1.6.1 Mål 12 - Ansvarlig forbruk og produksjon .....	5
1.6.2 Mål 14 - Liv under vann.....	5
1.7 Sirkulærøkonomi.....	6
1.7.1 Sirkulær bioøkonomi.....	7
1.8 Fiskeoppdrett og fiskeslam.....	8
1.8.1 Fosforkretsløp.....	8
1.8.2 Nitrogenkretsløp.....	10
1.9 Mikroalger.....	11
<b>2. Metode</b> .....	<b>11</b>
2.1 Forskningsmodell .....	11
2.2 Litteratursøk og litteraturstudie.....	13
2.3 Intervju .....	16
<b>3. Resultater</b> .....	<b>17</b>
3.1 Modell for verdiskapning ved sirkulærøkonomi.....	17
3.2 Regelverk.....	19
3.2.1 Regelverk for bruk av fiskeslam som vekstmedium for alger .....	19
3.2.2 Regelverk som omfatter mikroalger som fôr til fisk .....	21
<b>4. Drøfting</b> .....	<b>26</b>
4.1 Avfall til ressurs.....	26
<b>5. Konklusjon</b> .....	<b>28</b>
<b>6. Bibliografi</b> .....	<b>29</b>
<b>Vedlegg 1 Intervju – Mette Kristin Lorentzen (Mattilsynet)</b> .....	<b>II</b>

## Figurliste

Figur 1. FN's bærekraftsmål.....	4
Figur 2. FN's bærekraftsmål 12. Forsvarlig forbruk og produksjon.....	5
Figur 3. FN's bærekraftsmål 14 Liv under vann.....	5
Figur 4. Illustrasjon av sirkulærøkonomi.....	6
Figur 5. Sirkulær bioøkonomi syklus .....	7
Figur 6. Fosfor kretsløp .....	9
Figur 7. Nitrogenets kretsløp .....	10
Figur 8. Forskningsmodell hentet fra Hage, 2016.....	12
Figur 9. Tilpasset forskningsmodell. ....	13
Figur 10. Snøballprosedyre.....	14
Figur 11. Sirkulærøkonomi for fiskeslam.....	17

## Tabelliste

Tabell 1 Litteratur søk, med utvalgte dokumenter for videre litteraturstudie.....	15
Tabell 2. Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller i gjødselvarer. Krav er delt inn i kvalitetsklasse 0, I, II og III. ....	20
Tabell 3. Grenseverdier for uønskede, forurensede stoffer og nitrogenforbindelser i fôrvarer til fisk.....	22
Tabell 4. Grenseverdier for mykotoksiner i forvarer til fisk.....	23
Tabell 5. Grenseverdier for naturlige plantegifter i fôrvarer til fisk .....	23
Tabell 6. Grenseverdier for organiske klorholdige forbindelser (med unntak av dioksiner og PCB) i fôrvarer til fisk. ....	24
Tabell 7. Grenseverdier for dioksiner og pcb i forvarer til fisk .....	24
Tabell 8. Tiltaksgrenser for dioksiner og pcb i fôr til fisk.....	25

## 1. Innledning

I følgende kapittel vil det bli presentert bakgrunn for oppgaven, problemstilling, avgrensninger, presentasjon av bedriften samt relevant teori.

### 1.1 Bakgrunn

De globale miljø- og klimautfordringene krever en omstilling i dagens samfunn. Det blir henvist til det grønne skiftet som står for en overgang til ett samfunn hvor vekst og utvikling må skje innen naturens tålegrenser. Videre må det bli satt fokus på tjenester og produkter som vil gi mindre negative konsekvenser for klima og miljø (Regjeringen, 2014).

Mye av det som i dag blir sett på som avfall vil i framtiden bli gjort om til verdifulle ressurser. Det er viktig at omdanningen skjer på en bærekraftig måte slik at det ikke skaper problemer for framtidens generasjoner. For eksempel alger fra havet er i dag ikke utnyttet i stor nok grad, men det har derimot mye potensiale til å få en stor verdi (Tjomsland, 2016). Mikroalger kan brukes som ressurs i form av mat, fôr, energi, gjødsel, kosmetikk, kosttilskudd, samt i legemiddelindustri.

En av de største utfordringene i norsk fiskeoppdrett er å finne en god erstatning for fiskeolje. Fiskeolje er en begrenset ressurs, og dersom en skal øke fiskeproduksjonen må en erstatte fiskeolje i fôret. Her kan mikroalger med sine lange flerumettede Omega-3-fettsyrer være en viktig kilde (Sørensen, 2018).

En annen viktig faktor er at verden begynner å gå tom for fosfor (White, 2008). Både for planter, dyr og mennesker er fosfor et livsviktig mineral for å kunne vokse. Fosfor er ikke en fornybar ressurs, og derfor må en utnytte de naturlige fosfor-ressursene en har, som blant annet avføring (White, 2008). I landbasert fiskeoppdrett kan en i dag samle opp fiskeslam, som inneholder mye av de viktige næringsstoffene fosfor og nitrogen. Fiskeslammet kan bli til god plantegjødsel og videre brukes til å produsere biogass (Tjomsland, 2016).

## 1.2 Problemstilling

Den største kilden til forurensning fra fiskeoppdrett er slam. Fiskeslam er et avfallsprodukt fra oppdrettsnæringen som består av ekskrementer og overflødig fiskefôr. Fiskeslam inneholder blant annet viktige næringsstoffer som kan brukes som en ressurs. Ved hjelp av sirkulær bioøkonomi kan en utnytte de biologiske ressursene, der avfall minimeres og rest-råstoffer utnyttes optimalt.

Hovedfokuset i denne oppgaven er å løse følgende problemstillinger:

- A) Hvordan kan sirkulærøkonomi bidra til verdiskaping i landbasert fiskeoppdrett i Norge?
- B) Er regelverket i Norge tilrettelagt for bruk av fiskeslam som en ressurs?

## 1.3 Avgrensninger

På grunn av tids- og kapasitetsbegrensninger i gjennomføringen av denne bacheloroppgaven, er det valgt å foreta noen avgrensninger.

Det er valgt å avgrense lovverk til kun norsk regelverk. Dette for å kartlegge hvilke krav som gjelder for å etablere sirkulær bioøkonomi for bedrifter i Norge ved bruk av fiskeslam som en ressurs. Det er også kun fokus på fiskeoppdrett på land, ettersom det er satt krav til oppsamling av fiskeslam, samt at det er utfordringer med distribuering.

#### 1.4 Greentech Innovators AS

Greentech Innovators AS, videre kalt GTI, ble etablert i 2018. Gründerne bak selskapet holder til på Vestlandet (Greentech Innovators AS, 2019). GTI arbeider aktivt med innovasjon og kommersialisering i det grønne skiftet. GTI består av et faglig forretningsutviklingsmiljø som kartlegger behov i markeder og samarbeider med forskningsmiljøer og ny-skapere for å utvikle bærekraftige løsninger. Hovedarbeidet til foretaket består av lansering og etablering av nye løsninger innen bio- og sirkulærøkonomi. GTI er også deltaker og leder i forskings- og utviklingsprosjekter nasjonalt og internasjonalt. En viktig læresetning innen GTI's tankegang (Greentech Innovators AS, 2019) :

*«Den enes avfall den andres ressurs»*

GTI opprettet i 2018 AlgaePro, videre kalt AP, som er ett datterselskap med fokusområde innen utvikling, produksjon og drift av mikroalgeanlegg (Greentech Innovators AS, 2019). AP har siden oppstart jobbet med utvikling av nye løsninger innen bioøkonomi, og et av hovedprosjektene ser på samhandling mellom oppdrettsanlegg på land (RAS, rensefisk, smolt, og post-smolt) og mikroalgeproduksjon gjennom bruken av slam som et råstoff i produksjonen. For AP er det verdi i bioavfall med næringsstoffer som nitrogen, fosfor, og karbon.



## 1.5 Avfallspolitikk

Situasjonen i dag er at Norge har satt seg mål å øke materialgjenvinning med 55% innen 2025 og hele 65% innen 2035 (Wilsgaard, 2018). Disse målsettingene springer ut fra EUs rammeverk innen Europas overgang til sirkulærøkonomi (Wilsgaard, 2018). Det betyr i praksis at Norge må omstille seg og gjennomføre endringer som støtter oppunder sirkulærøkonomisk tankegang (kap. 1.7), slik at ressurser blir utnyttet optimalt og de negative miljøkonsekvensene blir begrenset.

Med tanke på at jordoverflaten inneholder over 70% vann, er det særlig store muligheter for utvikling innen sirkulærøkonomi blant de maritime ressursene, som ikke utnyttes godt nok i dag.

## 1.6 FNs bærekrafts mål

FNs bærekrafts mål handler om å ta vare på menneskene som lever i dag og deres behov, uten å ødelegge for kommende generasjoner. Bærekraft målene er basert på de tre dimensjonene i bærekraftig utvikling; miljø, sosiale forhold og økonomi. FNs bærekrafts mål består av 17 mål og 169 delmål (Figur 1). Tanken er at målene skal være en felles global retning for land, næringsliv og samfunn (FN-sambandet, 2019).

Problemstillingen i denne oppgaven gir grunnlag for å se nærmere på FNs bærekrafts mål 12 og 14, som omhandler hhv. ansvarlig forbruk og produksjon og liv under vann. Disse blir omtalt nøyere i kapittel 1.6.1 og 1.6.2.



Figur 1. FN's bærekraftsmål: Målene består av 17 hovedmål og 169 delmål. Målene skal fungere som en felles global retning for land, næringsliv og sivilsamfunn. Målene ble utformet demokratisk gjennom innspill fra land over hele verden. Omtrent ti millioner mennesker fikk sagt sin mening gjennom en spørreundersøkelse (FN-sambandet, 2019).



Figur 2. FN's  
bærekraftsmål 12.  
Forsvarlig forbruk og  
produksjon.

### 1.6.1 Mål 12 - Ansvarlig forbruk og produksjon

"Sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre"

Vi forbruker i dag mer enn hva som er bærekraftig miljømessig. Bærekraftig produksjon og forbruk handler om å utnytte ressurser bedre med fokus på å minske ressursbruk, miljøødeleggelse og klimautslipp når en produserer en vare. På sikt kommer dette til å føre til økonomisk vekst, begrense klimaendringer og sikre en bedre livskvalitet for mennesker på jorden. For å sikre bedre levevilkår for nåværende og fremtidige generasjoner må bedrifter produsere varer bærekraftig og investere i miljøvennlig teknologi, samt hver enkel forbruker må endre livsstil (FN-sambandet, 2019). Aktuelle delmål til bærekraftsmål 12:

Delmål 12.5 - Innen 2030 betydelig redusere avfallsmengden gjennom forbud, reduksjon, gjenvinning og ombruk (FN-sambandet, 2019).



Figur 3. FN's  
bærekraftsmål 14  
Liv under vann

### 1.6.2 Mål 14 - Liv under vann

"Bevare og bruke hav og marine ressurser på en måte som fremmer bærekraftig utvikling"

Marine næringer er nyttige for å dekke menneskers økende etterspørsel etter mat, energi og medisin i fremtiden. På denne måten byr havet også på nye muligheter for økonomisk vekst og arbeidsplasser. Det er verdenshavene som driver de globale systemene som gjør det mulig å leve på jorden. Vær, regn, drikkevann, mye av maten vår og ikke minst luften vi puster i er til syvende og sist regulert av havet ved hjelp av mikro og makro alger som omdanner CO<sup>2</sup> til O<sub>2</sub>. (FN-sambandet, 2019).

Aktuelle delmål til bærekraftsmål 14:

14.1 - Innen 2025 forhindre og i betydelig grad redusere alle former for havforurensning, særlig fra landbasert virksomhet, herunder forurensning forårsaket av flytende vrakrester og næringsstoffer (FN-sambandet, 2019).

14.2 - Innen 2020 forvalte og verne økosystemene i havet og langs kysten på en bærekraftig måte for å unngå omfattende skadevirkninger, blant annet ved å styrke systemenes motstandsevne og iverksette gjenopprettende tiltak for å gjøre havene sunne og produktive (FN-sambandet, 2019).

14.3 - Mest mulig begrense og håndtere konsekvensene av havforsuring, blant annet gjennom økt vitenskapelig samarbeid på alle nivåer (FN-sambandet, 2019).

## 1.7 Sirkulærøkonomi

Sirkulærøkonomi handler om å minimere avfallet og gjør det om til en ressurs, utvide synet på hva som er ressurser og hvordan de mest effektivt kan utnyttes. Som bakgrunn for denne tankegangen ligger FN's bærekraftsmål (1.6) som legger grunnlag for den grønne økonomien, sirkulær-tenkning samt avfallspolitikken (1.5).

Dersom man sammenligner den nåværende lineære produksjonen, hvor en tar ut ressurser, lager noe for så å kaste det, er fokuset i den sirkulære økonomien at man stegvis går bort i fra dette. Figur 4 illustrerer prinsippet i den sirkulære økonomien: fokus er rettet mot designet av produkter med tanke på gjenbruk, samt minst mulig miljøpåvirkning under produksjon og i transport. Det er også et mål at økonomien skal bli bedre og mer langsiktig, samtidig som en sparer miljøet. Den sirkulære økonomiske tenkningen kan deles inn i teknologiske og biologiske sykluser. (International Solid Waste Association, 2015).

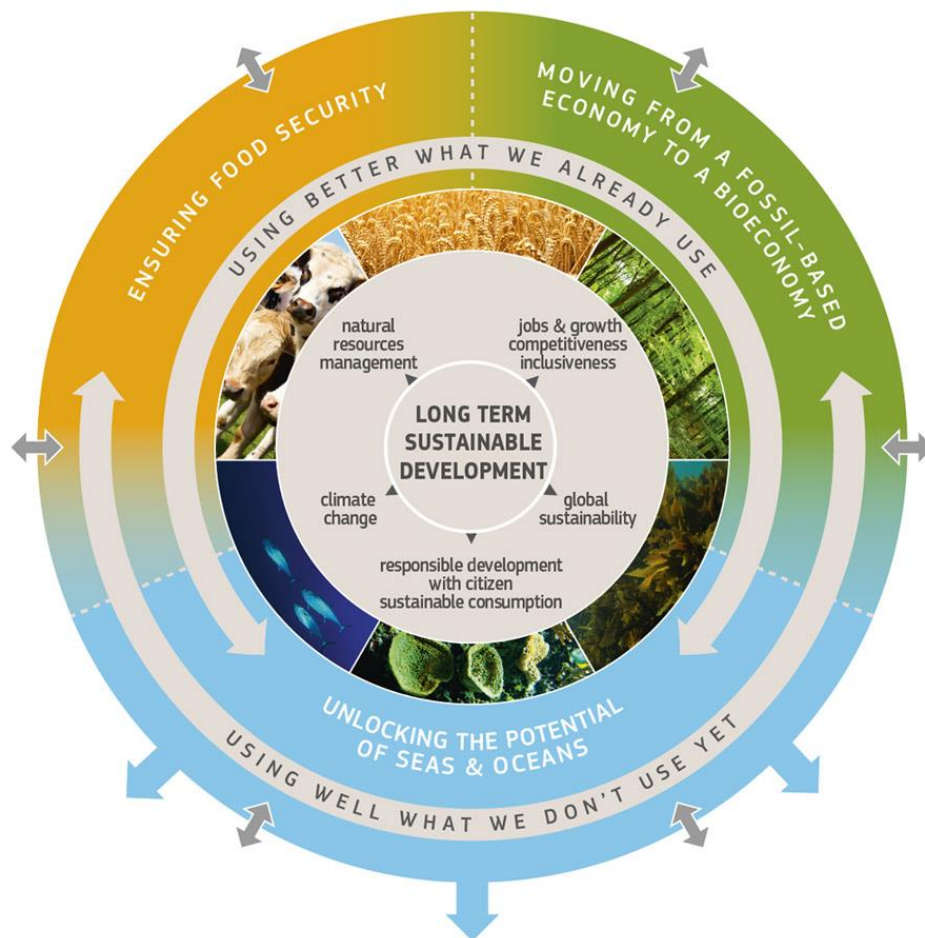


Figur 4. Illustrasjon av sirkulærøkonomi som handler om å holde ressurser i bruk så lenge som mulig. Materialer og produkter er designet med tanke på å redusere den samlede avfallsmengden. Dette vil si større grad av gjenbruk, materialgjenvinning og reparasjon. Videre må avfallet bli sortert og samlet inn, slik at det er godt egnet til materialgjenvinning. Deretter må avfallet bli tatt hånd om slik at ressurser ikke går til spille, men brukt i nye produkter igjen (International Solid Waste Association, 2015).

Det er mangel på råvarer i verdenssamfunnet, og av hensyn til miljø og bærekraft er en nødt til å finne nye metoder og verktøy for å utnytte råvarer optimalt. Det handler om å skape lukkede sløyfer i industrielle systemer som kan forlenge levetiden på en råvare (European Commission, 2014).

### 1.7.1 Sirkulær bioøkonomi

Sirkulær bioøkonomi er både i medvind og en del av den altomfattende grønne økonomien. Den dekker alle sektorer og systemer som er avhengige av biologiske ressurser, som vist i Figur 5. Sekundære bio-ressurser som fiskeslam, husdyrgjødsel, avløpsslam eller biorest fra biogassproduksjonen går fra å være avfall til gjenbruk eller resirkulering. Disse bio-ressursene bidrar til store muligheter innen produksjon av blant annet proteiner og fettsyrer som fôr, vekstmedier, gjødsel og bioenergi (Eggen, 2019). For å lykkes er en nødt til å ha bærekraft og sirkulasjon i fokus. Dette vil føre til fornyelse av næring, modernisering av primære produksjonssystemer, vern av miljøet og øke biologisk mangfold (European Commission, 2018).



Figur 5. Den sirkulære bioøkonomien dekker alle sektorer og systemer som er avhengig av biologisk ressurser, deres funksjoner og prinsipper. Den omfatter både land- og marine-økosystemer. I sentrum er det satt fokus på bærekraft og sirkularitet for å lykkes. En ser på hvilke ressurser en bruker, som en kan utnytte bedre, og hvilke ressurser en kan bruke, som ikke er i bruk enda. Dette vil føre til fornyelse av næring, modernisering av primære produksjonssystemer, miljøvern og økt biologisk mangfold (European Commission, 2018).

## 1.8 Fiskeoppdrett og fiskeslam

Ifølge NIBIO kommer oppdrett av fisk til å være en av hovedaktørene i den norske fremtidige bioøkonomien. Hvert år blir ca. 27.000 tonn nitrogen og 9000 tonn fosfor sluppet ut i sjøen i form av fiskeslam (NIBIO, 2017). Fiskeslammet består av fiskeekskremer og overflødig fôr. Tap av fosfor i denne størrelsesordenen er et problem med tanke på at fosfatstein er en ikke-fornybar kilde og dermed en begrenset ressurs (Gulden T. K., 2015).

Regjeringen har satt seg som mål å legge til rette for en forutsigbar vekst i oppdrettsnæringen. I rapporten «Verdiskapning og produktive hav i 2050» er visjonen for oppdrettsnæringen store, det estimeres et potensial for en femdobling av produksjonen innen 2050 sammenlignet med 2010 (Olafsen, Winther, Olsen, & Skjermo, 2012). Denne utviklingen tilsier mengden fiskeslam også vil øke tilsvarende. Dette forutsetter en bærekraftig vekst med forutsetninger som løsning på sykdoms utfordringer og at en lykkes med innovasjonen innen fôr, fiskehelse, avl og teknologi. I dag er det kun landbasert settefiskanlegg som møter krav om å fange opp fiskeslammet. Utviklingen av semi-lukkede anlegg i sjø, samt økt individvekt på smolt- og settefiskanlegg vil øke den totale mengden fiskeslam som blir mulig å fange opp (NIBIO, 2017). Fiskeslammet utgjør derfor en stor potensiell ressurs, og det er muligheter for å anvende slammet på en mer bærekraftig måte gjennom sirkulær bioøkonomi.

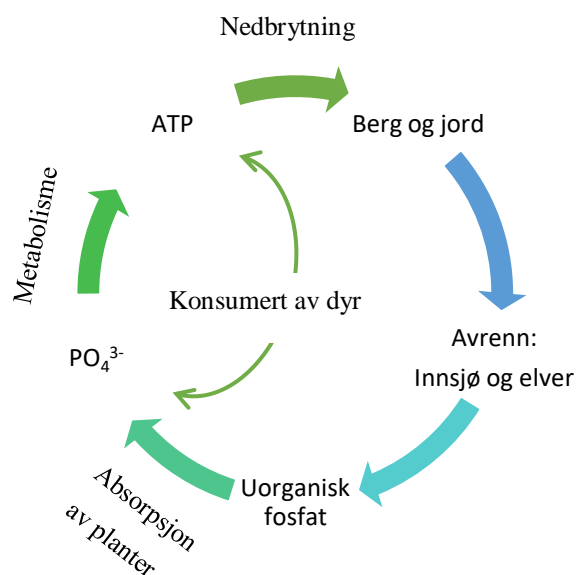
### 1.8.1 Fosforkretsløp

Fosfor som brukes i gjødsel og som tilsetningsstoff i fôr blir utvunnet fra råfosfat (Schärer, 2010). Det finnes ikke sikre tall for verdens ressurser av råfosfat, men anslagene for hvor lang tid det tar før de er brukt opp ligger mellom 80 til 130 år. Dette er avhengig av befolkningsvekst og hvor stor andelen av animalske produkter kommer til å være i fremtiden (Schärer, 2010). Fosfor er ett grunnstoff, med andre ord kan det ikke fremstilles kunstig (Braskerud, 2010). I dag utvinnes fosfor ved hjelp av gruvedrift, men mulighetene for gjenvinning kan utnyttes om det legges til rette for det. Fosfor blir aldri borte, men kan inaktiveres, eller forsvinne ut av næringskjeden (Braskerud, 2010). Fosfor er rangert som nummer 12 av grunnstoffene rangert etter forekomst i jordskorpen og er fordelt noenlunde jevnt i jord, vann og biomasse. Til tross for dette er innholdet av fosfor i naturlig jordsmonn så lav at det er en vekstbegrensende faktor for jordbruksvekster (Schärer, 2010).

I jordbruket er det derfor nødvendig å tilføre fosfor som gjødsel, for å oppnå en tilfredsstillende avling og for å kompensere for det fosforet som fjernes fra jorda gjennom avlingen. I norsk landbruk var det tidligere en sannhet at fosfor i jorda var som å sette penger i banken. Nå vet man at for mye gjødsling med fosfor betyr at det bygges opp et høyt innhold av fosfor i jorden, som igjen øker

risikoen for fosfortap og avrenning til hav, elver og innsjøer. Avrenningene kan føre til økt forurensing i form av eutrofiering, og påfølgende oksygen mangel ved bunnen der biomassen brytes ned. I innsjøer med liten bufferkapasitet vil eutrofieringen også ha store konsekvenser for surhetsgraden (pH) i sommerhalvåret. Dette kan føre til utryddelse av naturlige planktonsamfunn og heller legge til rette for mindre gunstige mikroorganismer som blågrønnbakterier (Hongve & Kjensmo, 2018).

Fosfor som renner ut i havet anses i dag som en tapt ressurs på grunn av manglende teknologi for å gjenvinne fosforet fra havet. Konsentrasjonen av lett løselig fosfor i jorden er lav siden fosfor danner tungt løselige forbindelser sammen med aluminium og jern ved sur og nøytral pH. Ved basisk pH dannes forbindelser sammen med kalsium og magnesium (Aarnes, 2013). Fosfor i organisk form må brytes ned til enkle uorganiske forbindelser for å komme planter og organismer til gode (Bjørnå, 2017). Fosfor er tilgjengelig for opptak av planter og mikroorganismer som uorganisk fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) (Institutt for biovitenskap, 2019). Når planter blir spist av dyr, kan fosfat brukes til å bygge organiske molekyler. Adenosintrifosfat (ATP) er det viktigste energioverføringsmolekylet i kjemiske reaksjoner som finner sted innenfor organismer. Når planter eller dyr dør, eller et dyr produserer ekskrementer returneres organisk fosfat til jorda. Illustrasjon av fosforkretsløp kan sees i *Figur 6*.

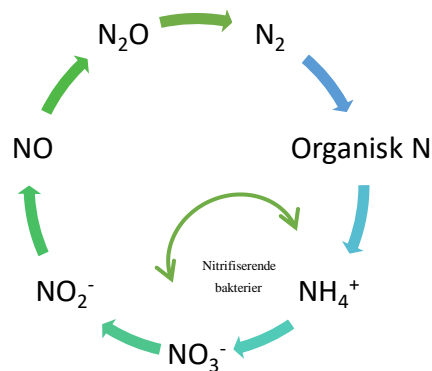


Figur 6. Fosfor kretsløp: Viser bevegelsen av fosfor når det sirkulerer gjennom levende og ikke levende deler av biosfæren. Den sirkulerer gjennom berg, jord og akvatiske systemer som elver og innsjøer, med de tilhørende organismer som bor i disse økosystemene. Fosfor ligger hovedsakelig i bergarter. Fosforbelastende bergarter frigjør fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) i økosystemet som følge av forvitring og erosjon. Planter absorberer fosfater gjennom deres rothår. Fosfor passerer deretter gjennom matkjeden når plantene blir konsumert av andre organismer. Når planter blir spist av dyr, kan fosfat brukes til å bygge organiske molekyler. Adenosintrifosfat (ATP) er det viktigste energioverføringsmolekylet i kjemiske reaksjoner som finner sted innenfor organismer. Når planter eller dyr dør, eller et dyr produserer ekskrementer returneres organisk fosfat til jorda.

### 1.8.2 Nitrogenkretsløp

Nitrogen er naturlig tilstede i store mengder i naturen, men mesteparten forekommer i form av nitrogengass ( $N_2$ ) i luften som de fleste levende organismer ikke kan nyttiggjøre seg av. Det finnes også i biologiske reaktive former som planter kan ta næring av. Dette er livsnødvendige forbindelser, men på avveie kan det gi store forurensingsproblemer. Det nitrogenet som ikke bindes inn i organismer i jorden mistes til vann og luft. Dette kan forårsake ukontrollert algeoppblomstring, skader på organismer og bidra til global oppvarming (Serikstad, 2011). Nitrogenstrømmene må derfor kontrolleres bedre for å unngå at utfordringene ikke forverrer seg i fremtiden. Nitrogen er en begrensende faktor for plantevekst, plantene kan kun nyttiggjøre seg av næringsstoffet om det er i mineralisert form, ammonium ( $NH_4^+$ ) eller nitrat ( $NO_3^-$ ) (Gulden K. T., 2017).

Nitrogen forekommer hovedsakelig i kjemiske forbindelser som nitrater i naturen. Nitrogenets kretsløp er noe komplisert, spesielt i jord, men kan forenklet beskrives som fremstilt ved Figur 7 .



Figur 7. Nitrogenets kretsløp: N tilføres i jord fra atmosfærens  $N_2$  ved hjelp av nitrogenfikserendeplanter (belgvekster som kløver, erter, bønner) eller med gjødsel. Organisk N brytes ned til ammonium ( $NH_4^+$ ) som planter og organismer kan ta opp. En del ammonium omdannes av nitrifiserende bakterier til nitrat ( $NO_3^-$ ) som er lett tilgjengelig for planter, men også lett å vaske ut. Ved oksygenfrie forhold, for eksempel våt jord omdannes det videre av denitrifiserende bakterier til nitritt ( $NO_2^-$ ) og videre til nitrogenoksider som  $NO$  og  $N_2O$  (dinitrogenoksid, som også kalles for lystgass og er en sterk klimagass), som så omdannes videre til  $N_2$  som returnerer tilbake til atmosfæren (NIBIO, 2017).

## 1.9 Mikroalger

Lengst nede i næringskjeden utgjør mikroalger havets «regnskog». Mikroalger er encellede organismer som trenger sollys, vann og næring for å leve. Man antar at det finnes mellom 200 000 og 800 000 ulike arter mikroalger, med over 40 000 arter som er beskrevet (Han, Jin, Tu, & Wu, 2015). Størrelsen varierer fra noen få mikrometer til noen hundre mikrometer (Gonzalez-Fernandez & Munoz, 2017). Mikroalger i sjøen er ofte dominert av kiselalger (slekten *Chaetoceros* med børster) og dinoflagellater (arten *Dinophysis norvegica*) (Thronsen & Skarstad, 2018). Mikroalger er foreløpig begrenset anvendt kommersielt, men enkelte arter brukes i forskning og ved medisinsk terapi. Utvalgte blågrønnbakterier (*Spirulina*) brukes som kosttilskudd, mens dyrkede mikroalger brukes som fôr til østers (Thronsen & Skarstad, 2018). Ved hjelp av fotosyntese blir CO<sub>2</sub> fra atmosfæren omdannet til verdifull biomasse og oksygen. Mikroalgene omtales også som planteplankton, og vokser om lag 50 ganger raskere enn planter på land. Forsøk har vist at ett gram mikroalger kan vokse til flere tonn i løpet av ti dager (Kleivdal, 2013). Med en slik produktivitet ligger det et stort potensial for intensiv produksjon av mat eller fôr i tiden som kommer. Mikroalger kan dyrkes overalt så lenge det er tilgang på lys, vann og næring, produksjonen er miljøvennlig og det er en fornybar ressurs. Det høye innholdet av protein, mineraler, vitaminer, antioksidanter og flerumettede fettsyrer gjør det til en råvarekilde som bør utnyttes bedre (NIBIO, 2018).

## 2. Metode

I dette kapitlet blir det presentert metodene som er anvendt i denne oppgaven. Det er blitt utført litteratursøk og litteraturstudie, samt intervju med representanter fra Mattilsynet.

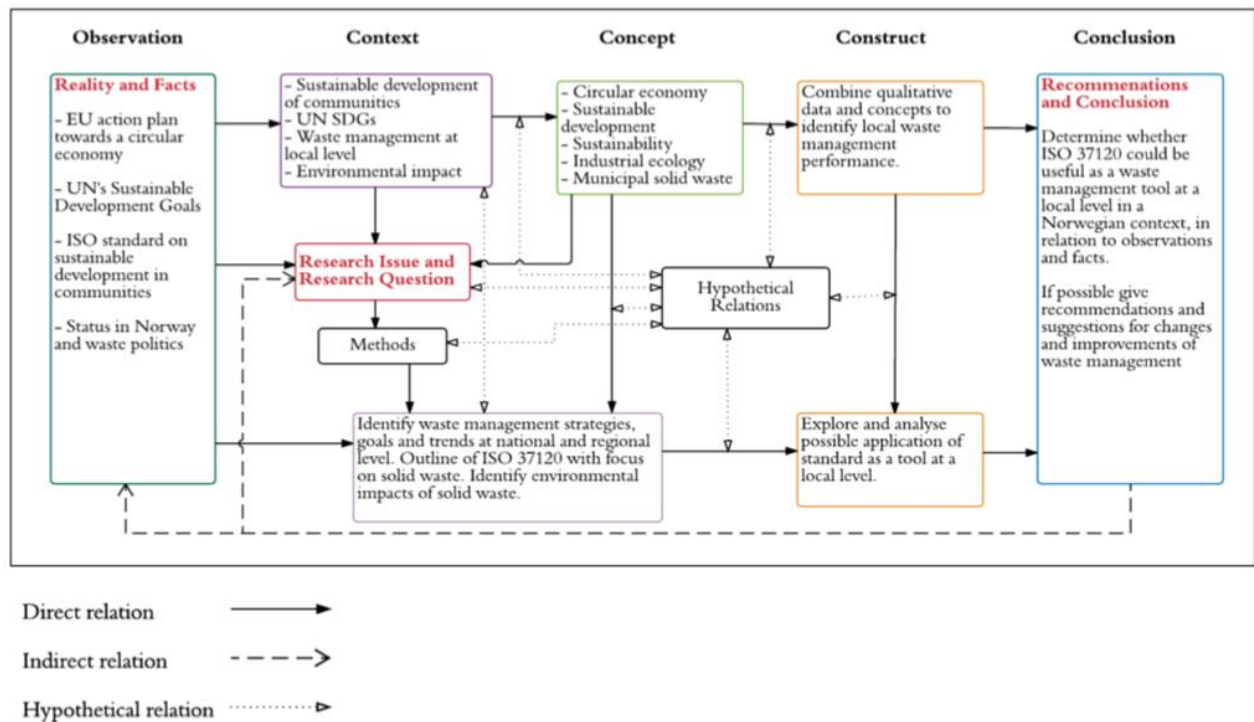
### 2.1 Forskningsmodell

I denne oppgaven er det utarbeidet en forskningsmodell basert på Hage's modell fra 2016 (Hage, 2016), dette for å gjøre et systematisk og gjennomtenkt prosjektarbeid. Den opprinnelige modellen (Figur 8) går gjennom fem faser med tilhørende sammenheng mellom fasene, enten direkte, hypotetisk eller indirekte sammenhenger.

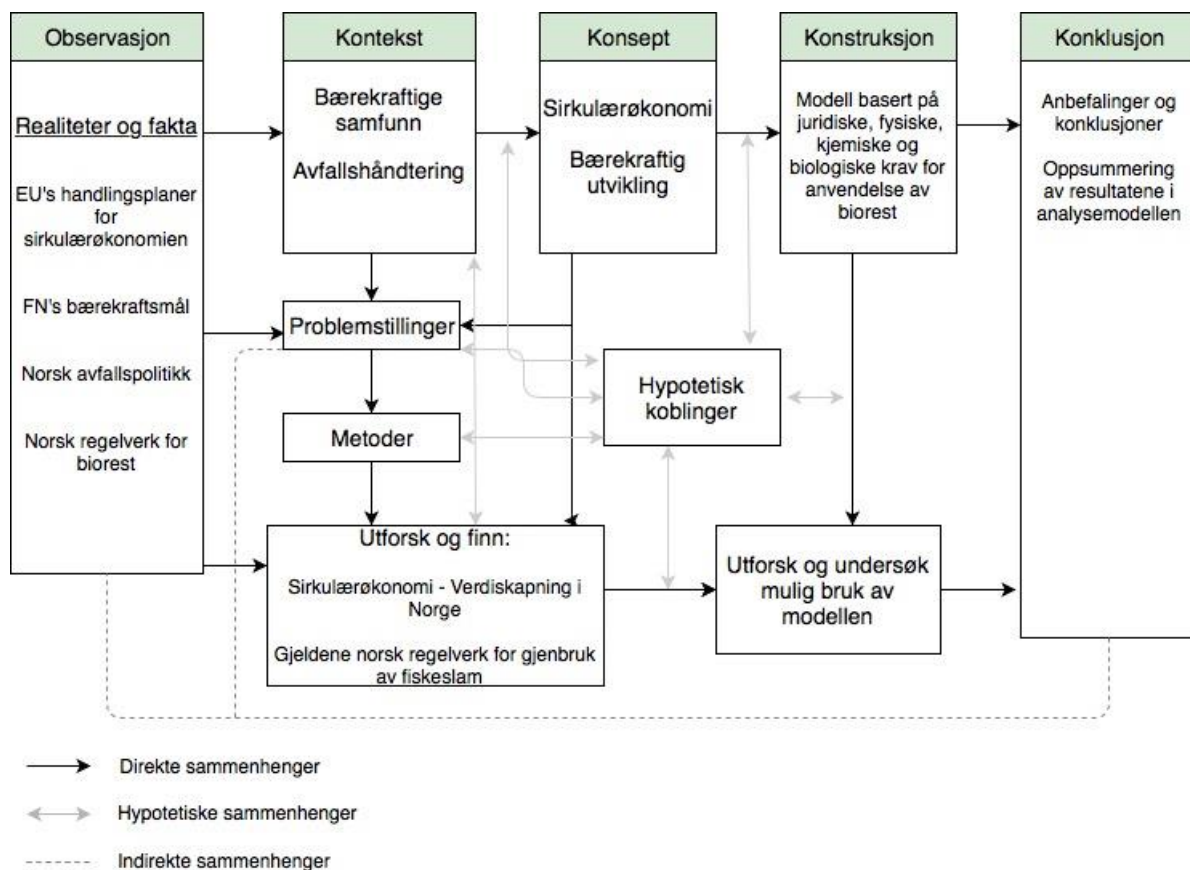
Modellen starter med en observasjonsfase, hvor det registreres realiteter og fakta fra virkeligheten. Denne fasen legger grunnmuren for de andre fasene. Realitetene og faktaene kan direkte knyttes til konteksten for oppgaven, samt at de legger grunnlag for bakgrunn og problemstilling. I denne oppgaven er faktaene utredet nærmere i kapittel 1. Konseptfasen blir brukt til å svare på problemstillingene. Denne fasen har direkte sammenheng med kontekstfasen og er et resultat av



denne. Både kontekst- og konseptfasen er sammenkoblet til problemstillingene. Konstruksjonsfasen er direkte knyttet til konseptfasen, og er basert på utfall av dataene. Resultatene fra overnevnte faser er konklusjonen, disse blir presentert og vurdert, samt t de har direkte sammenheng til observasjonene og problemstillinger. Figur 8 viser undersøkelsesmodellen som det er tatt utgangspunkt i, den videre utviklingen og tilpassing av modellen til denne oppgaven vises i Figur 9.



Figur 8. Forskningsmodell hentet fra Hage, 2016. Forskningsmodellen er bygget opp av fem faser: observasjon, kontekst, konsept, konstruksjon og konklusjon. Alle fasene har forskjellige sammenhenger, enten direkte, indirekte eller hypotetisk.



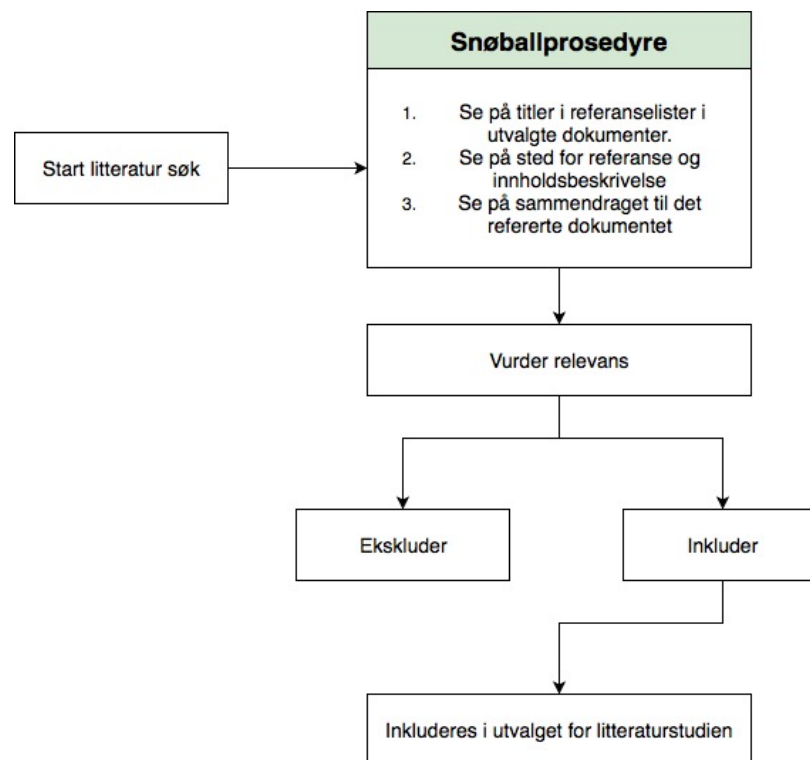
Figur 9. Tilpasset forskningsmodell. Modellen går gjennom fem faser med tilhørende sammenhenger mellom fasene, enten direkte, hypotetisk eller indirekte sammenheng. Modellen starter med en observasjonsfase som legger grunnmuren for de andre fasene gjennom realiteter og fakta. Disse kan direkte knyttes til konteksten for oppgaven, samt at de legger grunnlag for problemstillingen. Konseptfasen blir brukt til å svare på problemstillingen. Denne fasen har direkte sammenheng med kontekstfasen og er et resultat av denne. Begge kontekst- og konseptfasen er sammenkoblet til problemstillingene. Konstruksjonsfasen er direkte knyttet til konseptfasen, og er en modell basert på utfall av dataene. Resultatene fra overnevnte faser er konklusjonen, disse blir presentert og vurdert, samt at de har direkte sammenheng til observasjonene og problemstillinger.

## 2.2 Litteratursøk og litteraturstudie

Det er foretatt litteratursøk og påfølgende litteraturstudie av utvalgte dokumenter, artikler og bøker. Søkedatabaser som er benyttet for å finne relevant litteratur er Web of Science, Oria og Google Scholar. Søkeord er blitt utført både på norsk og engelsk for å øke treff. Det er også blitt gjort samme ordsøk i flere databaser for å undersøke ulike resultater.

Innledningsvis ble det gjort litteratursøk innen temaene sirkulærøkonomi, avfallspolitikk og tematikk innen fiskeoppdrett og fiskeslam. En oversikt over treff i databasene ved bruk av ulike søkeord er gitt i Tabell 1. For å dekke forskningsemnet og identifisere dokumenter som er av relevans ble det utført en grundig gjennomgang av litteratur. Etter å ha startet med et utvalg av relevante dokumenter med pålitelige referanser, ble dette fulgt opp med en semi-strukturert tilnærming til

snøball-metoden (se Figur 10) beskrevet av Wholin (Wohlin, 2014). Etter å ha studert referanselistene i de utvalgte dokumenter, sted for referanse, innholdsfortegnelse og sammendraget til det refererte dokumentet, ble det tatt en avgjørelse om dokumentet skulle bli inkludert i det videre utvalget for litteraturstudien, eller ekskludert. Avgjørelsen som ble tatt baserte seg på om de enkelte dokumenter kunne bidra til å svare på problemstillingen i denne oppgaven.



Figur 10. Snøballprosedyre for litteraturstudie starter med et litteratursøk med utvalgte søkeord. Videre ser en gjennom titler i referanselister, sted for referanse, innholdsfortegnelsen, samt sammendraget i de utvalgte dokumentene. Ut ifra innholdet blir det tatt en vurdering av relevans, dokumentene blir enten ekskludert eller inkludert i utvalget for litteraturstudien.

Tabell 1 Litteratur søk, med utvalgte dokumenter for videre litteraturstudie.

Søkeord	Antall treff			Utvalgte dokumenter
	Web of Science	Oria	Google Scholar	
Sirkulærøkonomi	-	56	4090	«Hvordan kan avfallsbransjen bidra mer i den sirkulære økonomien?» Av: William Puntervold, Runar Hanssen. «NIBIO konferansen 2018» Av: Norsk institutt for bioøkonomi.
Circular economy	2405	69 991	1,28·10 <sup>6</sup>	«Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions» Av: Julian Kirchherr, Denise Reike, Marko Hekkert. «Circular economy» Av: Walter Stahel.
Fiskeslam	-	9	67	«Fiskeslam frå oppdrettsanlegg. Gjødning til planter eller råstoff for biogass» Av: Eivind Vangdal, Kristin Kvamm-Lichtenfeld, Roald Sørheim, Øystein Svalheim. «Fiskeslam som nitrogengjødning. Effekt av ulike behandlingsteknologier» Av: Eva Brod, Trond Haraldsen, Tore Krogstad. «Utnyttelse av fiskeslam fra oppdrettsnæringen i agronomisk planteproduksjon» Av: Tina Fattnes Eltervåg.
Fish sludge	1862	27 061	2,18·10 <sup>5</sup>	«Anaerobic digestion of sludge from intensive recirculating aquaculture systems: Review» Av: Natella Mirzoyan, Yossi Tal, Amit Gross.
Bioest	1	81	678	«Grønn kunnskap» «NIBIO årsmelding 2017» Av: Norsk institutt for bioøkonomi. «Mulighetsstudie biogassanlegg Helgeland. Biogass Helgeland basert på regionale koblinger mellom blå-grønn sektor» Av: Vibeke Lind, Aina Elstad Stensgård, Kari-Anne Kallerud Lyng, Annette Bär, Inger Hansen.
Mikroalger	-	71	2580	«Nye marine ressurser: Kan vi bruke mikroalger i fiskefôr?» Av: Matilde Skogen Chaouton, Kjell Inge Reitan, Olav Vadstein
Microalgae	21 952	73 768	4,7·10 <sup>5</sup>	«Food waste biorefinery: Sustainable strategy for circular bioeconomy» Av: Shika Dahiya, Naresh AN Kumar, Shanthi Stravan, Sulogna Chatterjee, Omprakash Sarkar, Venkata S Mohan.
Akvakultur	-	1261	3870	«Utnyttelse av slam fra akvakultur i blandingsanlegg for biogassproduksjon: teknologi og muligheter» Av: Trine Ytrestøyl, Anne-Kristin Løes, Ingvar Kvande, Svein Martinsen, Gerd-Marit Berge.
Aquaculture	30 552	2,1·10 <sup>5</sup>	2,43·10 <sup>6</sup>	«Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production» Av: Stephan Bleakley, Maria Hayes.

### 2.3 Intervju

For å innhente informasjon fra andre mennesker er samtalen ett viktig redskap. Den profesjonelle samtalen er ikke så langt ifra et forskningsintervju. Kvale og Brinkman (S & Kvale, 2015) sier at i forskningsintervjuet kommer enda en faktor inn, den som blir intervjuet og intervjueren skaper kunnskap. Ved forskningsintervjuet er det intervjueren som er instrumentet. Det er på grunnlag av spørsmål som blir stilt en får svar. Det er ens egen evne til å oppfatte svarene, ta vare på dem og tolke dem er avgjørende om det en får ut av intervjuet er til å stole på (Dalland, 2017).

Ved intervju med fagfolk innenfor et bestemt felt er det viktig å forberede gode spørsmål en vil ha svar på før intervjuet. Det å sette seg godt inn i feltområdet en vil undersøke er viktig for å kunne stille oppfølgingsspørsmål underveis. Ved denne oppgaven ble det valgt å utføre metoden semistrukturert intervju, her er spørsmålene formulert i form av stikkord eller forslag som intervjueren kan ta utgangspunkt i under intervjuet (Store Norske Leksikon, 2015).

Fordelen med denne metoden er at en kan tilpasse spørsmålene til intervjuobjektet. På denne måten kan en komme i dybden på temaer ved å stille oppfølgingsspørsmål.

Ulemper med denne intervjumetoden er at ved intervju av flere personer er det vanskelig å sammenligne svar når spørsmålene er formulert forskjellig. Det krever også litt ekstra av intervjueren å ikke ha ett fast manus å forholde seg til under intervjuet. Det ble utformet en intervjuguide på forhånd av intervjuet som dekket de temaer som var aktuelle for oppgaven, med stikkord og forslag til spørsmål. Det ble også notert fakta rundt de ulike temaene tilfelle behov for å bygge oppunder spørsmålene som ble stilt.

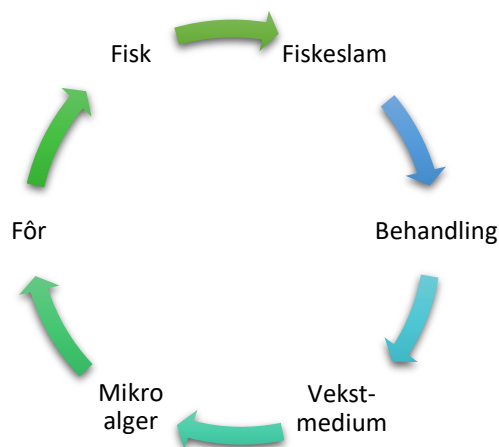
I forbindelse med denne oppgaven er det blitt utført ett intervju med Mette Kristin Lorentzen som arbeider i Mattilsynet, avdeling Fisk og sjømat. Hun har i de siste arbeidet med fôr og fôrressurser, og er nå involvert i resirkulering av organiske materiale

### 3. Resultater

I følgende kapittel vil det bli presentert resultater fra problemstillingen beskrevet i kapittel 1.2. Første halvdel vil svare på hvordan sirkulærøkonomi kan bidra til verdiskapning i landbasert fiskeoppdrett i Norge (kapittel 3.1). Deretter vises hvordan regelverket i Norge er tilrettelagt for bruk av fiskeslam som en ressurs (kapittel 3.2).

#### 3.1 Modell for verdiskapning ved sirkulærøkonomi

For å bidra til verdiskapning ved sirkulærøkonomi kan en omgjøre fiskeslam til en verdifull ressurs innen landbasert fiskeoppdrett, ved å gjenvinne energi og næringsstoffer som finnes i slammet, som i dag ikke er utnyttet. Figur 11 er utarbeidet og fremstiller skjematisk et forslag for hvordan veien fra fiskeslam kan gå til fiskefôr.



Figur 11. Sirkulærøkonomi for fiskeslam kan skapes ved at fiskeslam fra landbasert fiskeoppdrett blir behandlet i et biogassanlegg. Bioresten fra behandlingen kan bli brukt som et vekstmedium for mikroalger, som igjen kan inngå i fôr til fisk. På denne måten får vi et kretsløp som minimerer avfall og utnytter rest-råstoffet optimalt.

Fiskeslammet kan brukes som råstoff for biogassproduksjon. Fiskeslam som består av fiskeavføring og overflødig fôr regnes i dag som ett avfallsprodukt i oppdrettsnæringen. Ubehandlet fiskeslam inneholder ca. 1% tørrstoff (TS), hvor 6-8% av dette er nitrogen og 2-3% er fosfor (NIBIO, 2017). I dag blir noe av fiskeslammet spredd på nærliggende jordbruksareal blandet med husdyrgjødsel. En mindre del blir tørket eller behandlet i biogassanlegg (NIBIO, 2017). Sistnevnte er en anaerob behandling, hvor en kan gjenvinne energi og næringsalter. Metan (CH<sub>4</sub>) utgjør over halvparten av denne biogassen, og resten er hovedsakelig karbondioksid (CO<sub>2</sub>). CH<sub>4</sub> er en klimagass

med 20 ganger så stor klimaeffekt enn CO<sub>2</sub>, men den inneholder derimot mye energi som kan brukes til nyttige formål. Ved å samle opp biogassen blir miljøet spart, både ved at drivhusgassen CH<sub>4</sub> ikke slippes ut i atmosfæren og ved at en erstatter fossil-energi (Holen & Furuseth, 2017).

Maksimal metanproduksjon vil variere med innhold av TS i fiskeslammet, organisk tørrstoff (VS) i slammet, energiinnhold og omsettelighet av VS. Dersom en har lav organisk belastning, (et lavt innhold av stoffer som reduserer oksygenkonsentrasjonen i sediment) (Ranneklev, Haande, Walday, & Grung, 2018), er det mulig å utnytte fiskeslammets potensial til biogassproduksjon. Da kan man oppnå en høy og stabil metanproduksjon sammen med stabil drift med lave konsentrasjon av flyktige fettsyre i bioresten. Fiskeslam kan blandes inn med husdyrgjødsel eller andre typer substrater for å redusere nitrogenkonsentrasjonen, og dermed ammoniumkonsentrasjonen i bioresten, ettersom ammonium kan hemme spiring. Tilleggssubstratet bør ha et høyere karbon/nitrogen forhold enn fiskeslam, slik at dette forholdet blir økt i blandingen. På denne måten kan man unngå at det oppstår ammoniuminhibering ved å bruke fiskeslam som et verdifullt tilleggs-substrat for å øke metanproduksjonen i et biogassanlegg (Gebauer, Cabell, & Ween, 2016). Målt per volumenhet kan fiskeslam gi betydelig mer biogass enn husdyrgjødsel. Forsøk med fiskeslam viser at det både er næringsrikt og kan utnyttes som plantenæring, men at det trengs mer kunnskap dersom det skal erstatte husdyrgjødsel (Ytrestøyl, Løes, Kvande, Martinsen, & Berge, 2013).

Etter biogassprosessen, og produksjon av metan, blir det gjenværende en væske som kalles biorest. Bioresten vil ha en høyere konsentrasjon av mineraliserte næringsalter enn hva substratet hadde i utgangspunktet, da de organiske fraksjonene i råstoffet er omdannet til CH<sub>4</sub>- og CO<sub>2</sub>-gass (NIBIO, 2017).

Næringssaltene fra bioresten kan brukes som vekstmedium i algeproduksjon (Vangdal, Kvamm-Lichtenfeld, Sørheim, & Svalheim, 2014). Nitrogen som er utvunnet fra fiskeslam ser ut til å raskere bli tatt opp av eukaryote organismer, mens det organiske nitrogenet ikke mineraliserer raskt nok til å dekke organismens nitrogenbehov. Fosforgjødseffekten til behandlet fiskeslam er lik effekten til husdyrgjødsel (NIBIO, 2017).

Alger som omdanner CO<sub>2</sub> og sollys til organisk karbon, kan utnyttes som råstoff til fiskefôr. Flere institusjoner som SINTEF Ocean, NTNU og NIBIO arbeider sammen for å utnytte avfallsstrømmer, deriblant fiskeslam til produksjon av mikroalger. Et av målene er å trekke ut proteiner som kan inngå i produksjon for fiskefôr. Mikroalgene har de essensielle aminosyrer for å bygge protein og marine Omega-3-fettsyre som f. eks soya mangler. Mikroalger kan derfor bli et verdifullt fôrråstoff for havbruksnæringen (Norsk industri, 2017). I den marine næringskjeden er mikroalger en naturlig kilde til eikosapentaensyre (EPA) og dokosaheksaensyre (DHA), de har høy produktivitet, samt at

produksjonen er bærekraftig. På grunn av at mikroalger ligger helt nederst i næringskjeden, har en størst utbytte da det ikke er brukt energi på vekst og fordøyning gjennom andre arter (NoFima, 2018).

### 3.2 Regelverk

I dette delkapittelet vil regelverk som omfatter bruken av fiskeslam som en ressurs bli omtalt, med fokus på regelverk som omfatter vekstmedium til mikroalger, og mikroalger i fôr til fisk.

I Norge har vi både lover og forskrifter. En forskrift er en rettslig bindende regulering som springer ut fra lovverket, det vil si den må ha hjemmel i en lov. Dette legger grunnlag for rammer og krav en må oppfylle for å være innenfor lovverket (Jusleksikon, 2017). For å få innsikt i hvilket regelverk som gjelder for problemstillingen i denne oppgaven, er det opprettet dialog med mattilsynet. Det er foretatt intervju med Mette Kristin Lorentzen, avdeling Fisk og sjømat. Intervjuet er transkribert og ligger i. Regelverk med tilhørende tabeller er utformet med veiledning av mattilsynet, avdeling Haugesund.

#### 3.2.1 Regelverk for bruk av fiskeslam som vekstmedium for alger

Bruken av fiskeslam som vekstmedium for alger er et uregulert område. Det kan derfor være hensiktsmessig å se nærmere på hvilket regelverk som gjelder for vekstmedium og gjødsel for planter. Fiskeslam er definert ut av biproduktforordningen ifølge EU's nye biproduktforordning. Det betyr at det er «Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav» (kap.3.2.1.1) som gjelder dersom slam/avføring fra fiskeanlegg brukes som gjødsel eller jordforbedringsmiddel (Mattilsynet, 2017). Unntaket er dersom slammet inneholder død fisk, da skal man forholde seg til biproduktforordningen. Vitenskapskomiteen for mat og miljø konkluderer med at det er svært liten sannsynlighet for spredning av smittestoffer i form av virus, bakterier og parasitter til mennesker ved bruk av fiskeslam som jordforbedringsmiddel uten foregående hygienisering (Mattilsynet, 2017).

##### 3.2.1.1 Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav

Det er ulike kvalitetskrav som gjelder innenfor forskriften om gjødselvarer. Om fiskeslam skal brukes til dyrkingsmedium og gjødsel må det tilfredsstille krav innen kvalitetsklasser og miljøgifter. Ved omsetting av produktet stilles det også strenge krav til merking og sporing. Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller angitt i mg/kg tørrstoff (totalinnhold) er oppgitt i *Tabell 2*. Mattilsynet har myndighet til å sette strengere krav til kvalitetsklassene.



Tabell 2. Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller i gjødselvarer. Krav er delt inn i kvalitetsklasse 0, I, II og III.

<b>Kvalitetsklasser:</b>	<b>0<sup>1</sup></b>	<b>I<sup>2</sup></b>	<b>II<sup>3</sup></b>	<b>III<sup>4</sup></b>
	<b>mg/kg tørrstoff</b>			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

<sup>1</sup> **Kvalitetsklasse 0 kan brukes på** jordbruksarealer, private hager, parker, grøntarealer og lignende. Tilført mengde bør ikke overskride plantens behov for næringsstoffer.

<sup>2</sup> **Kvalitetsklasse I kan brukes på følgende måter:**

- På jordbruksarealer, i private hager og i parker kan produktet brukes med inntil fire tonn tørrstoff per dekar i løpet av en tiårsperiode.
- På grøntarealer og lignende der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster kan produktet legges ut i lag på maksimalt fem centimeters tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

<sup>3</sup> **Kvalitetsklasse II kan brukes på følgende måter:**

- På jordbruksarealer, i private hager og i parker kan produktet brukes med inntil to tonn tørrstoff per dekar i løpet av en tiårsperiode.
- På grøntarealer og lignende arealer der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster kan produktet legges ut i lag på maksimalt fem centimeters tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

<sup>4</sup> **Kvalitetsklasse III kan brukes på følgende måter:**

- På grøntarealer og lignende arealer der det ikke skal dyrkes mat eller fôrvekster kan produktet legges ut i lag på maksimalt fem centimeters tykkelse i løpet av en tiårsperiode og blandes inn i jorda på bruksstedet.
- Som toppdekke på avfallsfyllinger kan deksjiktet være maksimalt 15 centimeter.

### 3.2.2 Regelverk som omfatter mikroalger som fôr til fisk

Regelverket som er knyttet til fôrvarer til fisk i Norge er omfattende, men om man ser på regelverk som kun er knyttet opp mot mikroalger og fisk, kan man se bort fra animaliebiproduktforskriften og forskrift om TSE<sup>5</sup>. I stedet skal man forholde seg til Matloven (se kap.3.2.2.1) og Forskrift om fôrvarer (se kap.3.2.2.2)

#### 3.2.2.1 Matloven

Det er særlig to paragrafer i Matloven som er relevante i denne sammenhengen:

Matloven §16: «*Det er forbudt å omsette næringsmiddel som ikke er trygt. Et næringsmiddel skal anses for ikke å være trygt dersom det betraktes som helseskadelig eller uegnet for konsum.*» (Lovdata, 2004).

2) Matloven § 17: «*Det er forbudt å omsette fôr eller å gi dette til dyr som kan bli til næringsmidler, dersom fôret ikke er trygt. Fôr skal anses for ikke å være trygt dersom det betraktes å være helseskadelig for mennesker eller dyr, eller gjør næringsmidler fra dyr uegnet for konsum*» (Lovdata, 2004).

#### 3.2.2.2 Forskrift om fôrvarer

Formålet med denne forskriften er å sikre at fôret er trygt og ikke helseskadelig for dyr eller mennesker, eller gjør næringsmidler fra dyr ikke egnet for konsum. Fôret skal heller ikke ha skadevirkninger på miljøet (Lovdata, 2015). Forskriften gir tydelige grenseverdier på uønskede stoffer i fôr, ut av dette er det utarbeidet en oversikt for grenseverdier for mikroalger som fôr til fisk (ses i tabeller: *Tabell 3, Tabell 4, Tabell 5, Tabell 6 og Tabell 7*). Det er fremstilt en oversikt over tiltaksgrenser for dioksiner og PCB<sup>6</sup> i fôr til fisk i Tabell 8.

---

<sup>5</sup> Forskrift om forebygging av, kontroll med og utryddelse av overførbare spongiforme encefalopatii

<sup>6</sup> Polyklorerte bifenyl

Tabell 3. Grenseverdier for uønskede, forurensede stoffer og nitrogenforbindelser i fôrvarer til fisk

Uønsket stoff	Produkter beregnet til fôrvarer		Grenseverdi i mg/kg (ppm) i fôr med et vanninnhold på 12 %
Arsen <sup>7</sup>	Fôrmidler		40
	Tilskuddsfôr		4
	Fullfôr		10 <sup>8</sup>
Kadmium	Fôrmidler		1
	Tilskuddsfôr		0,5
	Fullfôr		1
Fluor <sup>9</sup>	Fôrmidler		150
	Tilskuddsfôr:	som inneholder ≤ 4 % fosfor	500
		som inneholder > 4 % fosfor	125 per 1 % fosfor
	Fullfôr		350
Bly	Fôrmidler		10
	Fosfater og kalkholdige havalger		15
	Tilskuddsfôr		10
	Fullfôr		5
Kvikksølv <sup>10</sup>	Fôrmidler		0,1
	Tilskuddsfôr		0,2
	Fullfôr		-
Nitritt <sup>11</sup>	Fôrmidler		15
	Tilskuddsfôr		-
	Fullfôr		15
Melamin <sup>12</sup>	Fôr		2,5

<sup>7</sup> Grenseverdiene viser til samlet arseninnhold.

<sup>8</sup> På anmodning fra vedkommende myndighet, skal ansvarlig driftsleder utføre en analyse for å vise at innholdet av uorganisk arsen er lavere enn 2 ppm. Denne analysen er særlig viktig for algearten *Hizikia fusiforme*.

<sup>9</sup> Grenseverdiene gjelder en analytisk bestemmelse av fluor, der ekstraksjon utføres med saltsyre 1 N i 20 minutter ved omgivelsestemperatur. Likeverdige ekstraksjonsmetoder kan anvendes dersom det kan dokumenteres at den anvendte ekstraksjonsmetoden har likeverdig ekstraksjonseffektivitet.

<sup>10</sup> Grenseverdiene viser til samlet kvikksølvinnhold.

<sup>11</sup> Grenseverdiene er uttrykt som natriumnitritt

<sup>12</sup> Grenseverdien gjelder bare melamin. Det vil på et senere tidspunkt bli vurdert å la de strukturelt beslektede forbindelsene cyanursyre, ammelin og ammelinid inngå i grenseverdien.

Tabell 4. Grenseverdier for mykotoksiner i fôrvarer til fisk

Uønsket stoff	Produkter beregnet til fôrvarer	Grenseverdi i mg/kg (ppm) i fôr med et vanninnhold på 12 %
Aflatoksin B1	Fôrmidler	0,02
	Tilskuddsfôr og fullfôr	0,01

Tabell 5. Grenseverdier for naturlige plantegifter i fôrvarer til fisk

Uønsket stoff	Produkter beregnet til fôrvarer	Grenseverdi i mg/kg (ppm) i fôr med et vanninnhold på 12 %
Fri gossypol	Fôrmidler og fullfôr	20
Blåsyre	Fôrmidler og fullfôr	50
Teobromin	Fullfôr	300
Flyktig sennepsolje <sup>13</sup>	Fôrmidler	100
	Fullfôr	150

---

<sup>13</sup> Grenseverdiene er uttrykt som allylisotiocyanat.

Tabell 6. Grenseverdier for organiske klorholdige forbindelser (med unntak av dioksiner og PCB) i fôrvarer til fisk.

Uønsket stoff		Produkter beregnet til fôrvarer	Grenseverdi i mg/kg (ppm) i fôr med et vanninnhold på 12 %
Aldrin		Fôrmidler og fôrblandinger	0,01
Dieldrin		Fôrblanding	0,02
Kamfeklor		Fullfôr	0,05
Klordan		Fôrmidler og fôrblandinger	0,02
Diklordifenyltrikloretan		Fôrmidler og fôrblandinger	0,05
Endosulfan		Fullfôr til fisk, med unntak av laksefisk	0,005
		Fullfôr til laksefisk	0,05
Endrin		Fôrmidler og fôrblandinger	0,01
Heptaklor		Fôrmidler og fôrblandinger	0,01
Heksaklorbenzen		Fôrmidler og fôrblandinger	0,01
Heksaklorsyκλοheksan	Alfa-isomerer	Fôrmidler og fôrblandinger	0,02
	Beta-isomerer	Fôrmidler og fôrblandinger	0,01
	Gamma-isomerer	Fôrmidler og fôrblandinger	0,02

Tabell 7. Grenseverdier for dioksiner og pcb i fôrvarer til fisk

Uønsket stoff	Produkter beregnet til fôrvarer	Grenseverdi i mg/kg (ppm) i fôr med et vanninnhold på 12 %
Dioksiner	Fôrmidler og fôrblandinger	0,75
Summen av dioksiner og dioksinlignende PCB-er	Fôrmidler	1,25
	Fôrblandinger	1,50
Ikke-dioksinlignende PCB-er	Fôrmidler og fôrblandinger	10

Tabell 8. Tiltaksgrenser for dioksiner og pcb i fôr til fisk.

Uønskede stoffer	Produkter beregnet til fôrvarer	Tiltaksgrense i ng WHO-PCDD/FTEQ/kg (ppt) <sup>2</sup> i fôr med et vanninnhold på 12 %	Merknader og tilleggsopplysninger
Dioksiner (summen av polyklorete dibenzo-para-dioksiner (PCDD) og polyklorete dibenzofuraner (PCDF), uttrykt i toksisitetsekvivalenter i henhold til Verdens helseorganisasjon (WHO), ved bruk av WHO-TEF (toksisitetsekvivalensfaktor, 2005)	Fôrmidler og fôrblandinger	0,5	Identifisering av forurensningskilden. Så snart kilden er identifisert, treffes egnede tiltak der det er mulig, for å redusere eller fjerne forurensningskilden.
Dioksinlignende PCB-er (summen av polyklorete bifenyler (PCB), uttrykt i toksisitetsekvivalenter i henhold til Verdens helseorganisasjon (WHO), ved bruk av WHO-TEF (toksisitetsekvivalensfaktor, 2005)	Fôrmidler	0,35	Identifisering av forurensningskilden. Så snart kilden er identifisert, treffes egnede tiltak der det er mulig, for å redusere eller fjerne forurensningskilden.
	Fôrblandinger	0,5	

## 4. Drøfting

I dette kapittelet vil empiri bli drøftet og satt opp mot utvalgt teori. Drøftingen vil se på hvordan sirkulærøkonomi kan bidra til verdiskapning i landbasert fiskeoppdrett i Norge, samt hvordan regelverket er tilrettelagt.

### 4.1 Avfall til ressurs

For at Norge skal nå sine mål innen avfallspolitikken og bidra til å nå FN's bærekraftsmål må man ta i bruk ressurser som ikke blir fullt utnyttet i dag. Bærekraftig produksjon står i sentrum for det grønne skiftet, og retter fokus mot en overgang til en mer miljøvennlig tankegang.

Her er fiskeslam ett godt utgangspunkt for avfall til ressurs, da en av de viktigste avfallsstrømmene i Norge er fiskeslam (NIBIO, 17). Det høye innholdet av næringsstoffer, som blant annet fosfor og nitrogen, kan utnyttes på en bedre måte. I dag blir fiskeslam for det meste spredd på landbruksarealer og deponering, mens en mindre del blir behandlet i biogass anlegg. Fosfor som er en begrenset og ikke-fornybar ressurs, bør anvendes på en bærekraftig måte, slik at den blir fanget opp og tatt med videre i næringskretsløpet. Løsninger for håndtering av fiskeslam har i stor grad vært kostnadsmotivert og hatt fokus på å minske problemer med lukt. Det har derimot vært lite fokus på å utvikle høy-kvalitets sluttprodukter innen blant annet gjødsel (NIBIO, 2017). Ved spredning av fiskeslam på jord uten forbehandling kan det tilføres for mye fosfor og nitrogen i organisk form som ikke blir tatt opp av organismer. Dette kan medføre avrenning til hav, elver og innsjøer - som igjen fører til forurensinger i form av ukontrollert algeoppblomstring. Store algeoppblomstringer kan føre til forgiftet drikkevann og forårsake massedød av fisk (Miljødirektoratet, 2017).

Ved å innføre sirkulærøkonomi kan en bidra til å nå målene som er satt innen bærekraft. For å få fiskeslam inn i ett sirkulærøkonomisk kretsløp er det blitt utarbeidet en modell i resultatene (3.1) hvor en bruker slammet som ett vekstmedium for mikroalger, som igjen inngår i fôr til fisk.

Fiskeslam har et stort innhold av energi, i form av fett og proteiner, dermed har det et generelt høyt biogasspotensial. Ved å behandle fiskeslam i en biogass prosess utvinnes det en konsentrert bio-rest som kan benyttes som vekstmedium for mikroalger. Ifølge dagens regelverk for gjødsel (se kap 3.2.1.1) blir bruken av fiskeslam som gjødsel begrenset av relativt høye verdier av tungmetallene Sink (Zn) og Kadmium (Cd) (Brod, Haraldsen, & Krogstad, 2016). Biogassbehandlingen øker konsentrasjonen av næringsstoffer, men også av tungmetaller per tørrstoff. Dette betyr at bio-rest av fiskeslam kan havne i kvalitetsklasse 3 (Tabell 2). Det er lite sannsynlig at en kan bruke organisk

avfall i kvalitetsklasse 3 som vekstmedium til alger, da det ikke er lov å bruke det som gjødsel i landbruk.

Det er blitt fremmet ett forslag om nytt gjødselregelverk utarbeidet av Mattilsynet, sammen med Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet (Mattilsynet, 2019). I forslaget er det tatt hensyn til den sirkulære bioøkonomien hvor ressursene i avfall skal utnyttes mest mulig. Det er derfor gjort noen endringer i tungmetallbegrensningene som kan gjøre det enklere å omsette biorest i fremtiden (Landbruksdirektoratet, 2018).

Forurensninger som patogener, prioner og miljøgifter som inkluderer tungmetaller, forskjellige organiske kjemikalier, samt andre uorganiske elementer i sluttproduktet kan by på utfordringer i den sirkulære kretssløyfa. En annen utfordring kan være spredning av antibiotika-resistens. For å kunne oppnå bærekraftig gjenbruk av sekundære bio-ressurser kreves det derfor kunnskap som kan vurdere, samt redusere risikoen for spredning av uønskede forurensninger (Eggen, 2019). Vitenskapskomiteen for mat og miljø har konkludert med at bruk av uhygienisert fiskeslam som gjødselvarer kan føre til spredning av fiskesykdommer (Mattilsynet, 2019). Foreslått regelverksendring krever strengere krav om hygienisering, det vil si at gjødslet ikke skal utgjøre en risiko for smitte (Mattilsynet, 2019). Dette er en positiv utvikling som betyr bedre utnyttelse av slammet.

I dag brukes plantekilder som råstoff til fiskefôr, disse mangler de flerumettede fettsyrene EPA og DHA. Her kommer mikroalger inn som en lovende kilde, da de har et høyt innhold av disse essensielle, flerumettede fettsyrene (SINTEF, 2009). Når mikroalgebiomasse skal brukes industrielt er det helt avgjørende å velge arter som har rask vekst og høyt innhold av proteiner, mineraler, vitaminer, antioksidanter og flerumettede fettsyrer. Ved å regulere dyrkningsbetingelser kan en stimulere veksthastigheten, biomasseproduksjonen og innhold av bioaktive molekyler. Mikroalger/kiselalger omdanner effektivt lys, CO<sub>2</sub> og uorganiske næringssalter som nitrogen og fosfor til energirik organisk biomasse (Norges Arktiske Universitet, 2016). Forskning viser at mikroalger delvis kan erstatte fiskemel og fiskeolje i fôr til blant annet laks, torsk og flekksteinbit. En innblanding opptil 6-12% av mikroalger i fôr til laks og torsk viste tilsvarende eller bedre vekst enn kontrollfôr (SINTEF, 2009). Hos flekksteinbit viste en innblanding av 15% mikroalger i føret en positiv effekt både på fettsyresammensetningen av fisken, muskelvekst og fiskens helse (Knutsen, 2019). Hvert år blir det importert rundt 360 000 tonn soya til Norge, hvor store deler av dette går til oppdrettsfôr (Borgvang, 2018). I stedet for å bruke mel og oljer fra soya-, raps- eller palmeolje bør fôr ta et steg ned i næringskjeden. Mikroalger som blir produsert i et kontrollert miljø har potensiale til å bli en del av løsningen for å erstatte soya i oppdrettsfôr. Avskoging av soya- og rapsdyrking har sine kostnader i de landene det blir importert fra. Ved å bruke hjemme-dyrkede mikroalger kan en oppnå en stor gevinst, da produsentene får kontroll på større deler av verdikjeden. I stedet for å slippe ut CO<sub>2</sub>



ved frakt og produksjon av fôr, vil mikroalgene forbruke CO<sub>2</sub> (Fuglseth, 2018). Gjennom godt samarbeid mellom forskning, myndigheter og næring, blir det tilrettelagt for forskning som både kan sikre Norge en bærekraftig industri, og bidra til å begrense klima- og miljøutfordringer i storskala matproduksjonen (Borgvang, 2018).

For å anvende mikroalger i fôr til fisk må en imøte komme krav som er satt til i Matloven (3.2.2.1) og Forskrift om forvarer (3.2.2.2). Det skal være trygt for fisken å konsumere fôret, og for menneskene som skal spise fisken. En må holde seg innenfor de grenseverdiene som er gitt for å imøtekomme kravet om trygge fôr -og matvarer.

## 5. Konklusjon

Fiskeslam kan bidra til verdiskapning i et sirkulærøkonomiskperspektiv både ved å resirkulere næringsstoffer, redusere klimagassutslipp og skape bærekraftige produkter som vist i Figur 11. Hvor en utnytter ressursene fra fiskeslam gjennom – biogass – bioest – algedyrking – fiskefôr. Regelverket kan per i dag by på utfordringer i forhold til grenseverdier for tungmetaller gitt i forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (*Tabell 2*). Nytt regelverk som vil være mer tilrettelagt for sirkulærøkonomien er under utarbeidelse. Endringene i gjødselvarerforskriften legger opp til økt utnyttelsesgrad av næringsstoffer, deriblant fosfor og nitrogen i organisk avfall, som muliggjør behandlingsprosesser for å utvikle bioenergi. Et samarbeid mellom forskning, myndigheter og næring, samt innovasjon og ny teknologi vil utgjøre nøkkelen til fremtidig suksess.

## 6. Bibliografi

- Aarnes, H. (2013, mars 9). Hentet fra Plantefysiologi: [https://snl.no/fosfor\\_-\\_plantefysiologi](https://snl.no/fosfor_-_plantefysiologi)
- Bjørnå, F. (2017, Desember 22). Hentet fra Fosforgjødsel: <https://snl.no/fosforgjødsel>
- Borgvang, S. A. (2018, 11 26). Hentet fra Økt satsing på mikroalger: <https://www.nibio.no/nyheter/okt-satsing-pa-mikroalger>
- Braskerud, B. C. (2010, Mars 8). *Vannforeningen*. Hentet fra Rent vann og mat til alle? Verdens fosforressurser minker; en utfordring for matvaresikkerheten: [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2010\\_801651.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2010_801651.pdf)
- Brod, E., Haraldsen, T. K., & Krogstad, T. (2016, november 1). *Nibio*. Hentet fra Fiskeslam som nitrogengjødsel. Effekt av ulike behandlingsteknologier: [https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2473684/NIBIO-RAPPORT\\_2\\_2016\\_118.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2473684/NIBIO-RAPPORT_2_2016_118.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Eggen, T. (2019). Hentet fra Forurensing i restprodukter: kilde, miljø, mennesker og dyr: [https://www.nibio.no/om-nibio/nibio-konferansen/program-2019/programvedlegg/\\_/attachment/inline/6b27ce62-6bdc-43f9-a549-b05d9cc28c7f:ef856693d5f2a1debc28f5be0e8daf7ccf1e8354/NIBIO%20bok%205-x\\_40.pdf](https://www.nibio.no/om-nibio/nibio-konferansen/program-2019/programvedlegg/_/attachment/inline/6b27ce62-6bdc-43f9-a549-b05d9cc28c7f:ef856693d5f2a1debc28f5be0e8daf7ccf1e8354/NIBIO%20bok%205-x_40.pdf)
- European Commission. (2014, 7 2). Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. Brussel: European Commission.
- European Commission. (2018). *A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment*. Brussels: European Commission.
- FN-sambandet. (2019, 2 5). Hentet fra FNs-bærekraftsmål: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal>
- Fuglseth, K. (2018, 06 08). Hentet fra Alger kan bli storindustri: <http://nofima.no/nyhet/2018/06/alger-kan-bli-storindustri/>
- Gebauer, R., Cabell, J. F., & Ween, O. (2016). *Biogassproduksjon fra settefiskslam i sentraliserte og desentraliserte biogassanlegg*. Tingvold: NIBIO.
- Gonzalez-Fernandez, C., & Munoz, R. (2017). *Microalgae-Based Biofuel and Bioproducts*. United Kingdom: Woodhead publishing.

- Greentech Innovators AS. (2019, april 18). Hentet fra <https://www.greentechinnovators.no/>
- Gulden, K. T. (2017, september 9). *Nibio*. Hentet fra Tørket fiskebæsj gir god kornvekst: <https://nibio.no/nyheter/trket-fiskebsj-gir-god-kornvekst>
- Gulden, T. K. (2015, 10 19). Hentet fra Oppdrettsnæringen sløser med fosfor: <https://forskning.no/havforskning-oppdrett-forurensning/2015/10/oppdrettsnaeringen-sloer-med-fosfor>
- Hage, I. (2016). *Waste Management in Norway*. Norwegian University of Science and Technology.
- Han, S.-F., Jin, W.-B., Tu, R.-J., & Wu, W.-M. (2015, 04 03). Biofuel production from microalgae as feedstock: current status and potential. *Critical Reviews in Biotechnology*.
- Holen, A., & Furuseth, K. (2017, 04 27). Hentet fra «Når vi utnytter metan fra biogass, sparer vi miljøet to ganger»: <https://www.tu.no/artikler/nar-vi-utnytter-metan-fra-biogass-sparer-vi-miljoet-to-ganger/382120>
- Hongve, D., & Kjensmo, J. (2018, februar 20). *Store norske leksikon*. Hentet fra eutrofiering: <https://snl.no/eutrofiering>
- Institutt for biovitenskap. (2019, 02 09). Hentet fra Fosforsyklus: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/f/fosforsyklus.html>
- International Solid Waste Association. (2015). *Circular economy: Resources and opportunities*. Vienna: ISWA.
- Jusleksikon. (2017, mars 31). Hentet fra Forskrift: <https://jusleksikon.no/wiki/Forskrift>
- Kim, S.-K. (2015). *Handbook of marine microalgae*. Pukyong National University, Busan, South Korea: Elsevier.
- Kleivdal, H. (2013, 9 24). Hentet fra Mikroalger blir fremtidens mat: <https://uni.no/nb/news/2013/09/24/mikroalger-blir-fremtidens-mat/0>
- Knutsen, H. R. (2019, 04 12). Hentet fra Mikroalger kan trolig brukes i fôr til steinbit: <https://forskning.no/fisk-hav-og-fiske-nord-universitet/mikroalger-kan-trolig-brukes-i-fr-til-steinbit/1243706>
- Landbruksdirektoratet. (2018, oktober 8). *Forslag til nye forskrifter levert: Gjødning – større ressurs, mindre ulempe*. Hentet fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/gjodning/regelverk/forslag-til-nye-forskrifter-levert-gjodning-storre-ressurs-mindre-ulempe>
- Lovdata. (2004, 1 1). Hentet fra § 17. Innsatsvaretrygghet: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2003-12-19-124/KAPITTEL\\_3#§17](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2003-12-19-124/KAPITTEL_3#§17)
- Lovdata. (2015, 10 10). Hentet fra Forskrift om fôrvarer: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2002-11-07-1290?q=forforskriften>

- Mattilsynet. (2017, 11 29). Hentet fra Hvilke regelverk gjelder for bruk av fiskeslam som gjødsel:  
[https://www.mattilsynet.no/planter\\_og\\_dyrking/gjodsel\\_jord\\_og\\_dyrkingsmedier/hvilke\\_regelverk\\_gjelder\\_for\\_bruk\\_av\\_fiskeslam\\_som\\_gjodsel.5965](https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/hvilke_regelverk_gjelder_for_bruk_av_fiskeslam_som_gjodsel.5965)
- Mattilsynet. (2019, april 24). *NTBinfo*. Hentet fra Fiskeslam kan bli gode gjødsel produkter:  
<https://www.ntbinfo.no/pressemelding/fiskeslam-kan-bli-gode-gjodselprodukter?publisherId=10773547&releaseId=17863778>
- Miljødirektoratet. (2017, mai 22). *Overgjødsling*. Hentet fra Konsekvenser av overgjødsling:  
<https://www.miljostatus.no/tema/hav-og-kyst/overgjodsling/konsekvenser-av-overgjodsling/>
- NIBIO. (17, Oktober 23). *Organisk avfall som gjødsel*. Hentet fra Fosfor:  
<https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fosfor>
- NIBIO. (2017, 10 23). Hentet fra Biorest: <https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biorest>
- NIBIO. (2017, 10 23). Hentet fra Fiskeslam: <https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fiskeslam>
- NIBIO. (2017, Oktober 23). *Nitrogen*. Hentet fra Organisk avfall som gjødsel:  
<https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/nitrogen>
- NIBIO. (2018). *Grønn kunnskap - 36 smakebiter fra NIBIOs virksomhet i 2017*. NIBIO. Hentet fra  
[https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2486925/NIBIO\\_BOK\\_2018\\_4\\_2.pdf?sequence=2](https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2486925/NIBIO_BOK_2018_4_2.pdf?sequence=2)
- NoFima. (2018, 06 08). Hentet fra Alger kan bli storindustri: <http://nofima.no/nyhet/2018/06/alger-kan-bli-storindustri/>
- Norges Arktiske Universitet. (2016, 04 29). Hentet fra Fornybar energi og håndtering av klimagasser:  
<https://uit.no/Content/466946/Fornybar%20energi%20og%20håndtering%20av%20klimagasser%20-%20et%20forslag%20til%20satsing.pdf>
- Norsk industri. (2017). *Veikart for havbruksnæringen*. Oslo: Norsk industri.
- Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., & Skjermo, J. (2012). *Regjeringen*. Hentet fra Verdiskapning og produktive hav i 2050:  
<https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2012/verdiskapning-rapport-010812.pdf?id=2322968>
- Oterhals, O., & Oppen, J. (2016). *Logistikk og forretningsmodeller for behandling av fiskeslam (SLAM-BEP)*. Molde: Møreforskning Molde AS.
- Ranneklev, S., Haande, S., Walday, M., & Grung, M. (2018). *Eksempelsamling for tiltaksorientert overvåking*. Miljødirektoratet.

- Regjeringen. (2014, 12 1). Hentet fra Grønt skifte: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/gront-skifte/id2076832/>
- S, B., & Kvale. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal Akademisk 2. utgave.
- Schärer, J. (2010, April 26). *Forskning.no*. Hentet fra Bioforsk: <https://forskning.no/partner-bioforsk-forurensning/fortsatt-overskudd-av-fosfor/852864>
- Serikstad, G. L. (2011, Oktober 25). *Det store nitrogenkretsløpet*. Hentet fra agropub: <https://www.agropub.no/fagartikler/det-store-nitrogen-kretslopet>
- SINTEF. (2009). Hentet fra Ny marine fôr-råvarer: [https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri\\_og\\_havbruk/aquanor/2009/faktaark-mrt---mikroalger-i-fiskefr.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/aquanor/2009/faktaark-mrt---mikroalger-i-fiskefr.pdf)
- Store Norske Leksikon. (2015, Mai 12). *Forskningsområde*. Hentet fra Strukturert intervju: [https://snl.no/strukturert\\_intervju](https://snl.no/strukturert_intervju)
- Store norske leksikon. (2018, November 15). *Grunnstoffer*. Hentet fra Nitrogen: <https://snl.no/nitrogen>
- Sørensen, M. (2018, 09 13). Hentet fra Forsker på om alger kan brukes i fiskefôr: <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=62343>
- Thronsen, J., & Skarstad, E. E. (2018, Februar 20). *Store norske leksikon*. Hentet fra Alger: <https://snl.no/alger>
- Tjomsland, A. (2016, 10 4). Hentet fra Bioøkonomi i praksis: <https://www.nibio.no/nyheter/8-eksempler-p-biokonomi-i-praksis>
- Vangdal, E., Kvamm-Lichtenfeld, K., Sørheim, R., & Svalheim, Ø. (2014). *Fiskeslam frå oppdrettsanlegg. Gjødsele til planter eller råstoff for biogass?* Ullensvang: Bioforsk Report.
- White, S. (2008, 12 05). Hentet fra Fosforkrisen er her: <https://forskning.no/miljoteknologi-naturressursforvaltning-landbruk/fosforkrisen-er-her/948072>
- Wilsgaard, S. (2018, 5 25). Hentet fra Europa har fått nye avfallsdirektiv: <https://www.avfallnorge.no/bransjen/nyheter/europa-har-f%C3%A5tt-nye-avfallsdirektiv>
- Wohlin, C. (2014). *Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering*. London: EASE '14.
- Ytrestøyl, T., Løes, A.-K., Kvande, I., Martinsen, S., & Berge, G. (2013). *Utnyttelse av slam fra akvakultur i blandingsanlegg for biogassproduksjon: teknologi og muligheter*. Tromsø: Nofima.

Forsidebilde: Salmon School Underwater, av: Dave Alan, Stock photo ID:187046026, brukt med tillatelse fra iStockphoto.



# VEDLEGG

## Vedlegg 1 – Intervju Mattilsynet

## Vedlegg 1 Intervju – Mette Kristin Lorentzen (Mattilsynet)

### **1. Hvilken rolle har mattilsynet i forhold til regelverk knyttet opp mot fiskeoppdrettsnæringen?**

- Tilsyn
- Forvalter mye regelverk i forhold til oppdrett. Seksjon for fiskehelse og fiskevelferd. Informere om regelverk, og har tilsyn. Trygg mat, lager retningslinjer og tolkning av regelverk, følge opp slik at det blir likt og riktig.

### **2. Hvordan er utslipp fra landbasert fiskeoppdrett regulert i dag?**

- Utskilling av næringsstoffer og mineraler
- Forurensing
- Reguleres av forurensingsloven. Miljømyndigheter.

### **3. Opplever du at regelverket i Norge er tilrettelagt for bruk av fiskeslam som en ressurs?**

Burde stilt til en aktør. Fiskeslam er ikke regulert av vårt regelverk. Husdyrgjødsel er omfattet av animalebiproduktloven og kan spres på jord. Forskrift om organisk gjødsel, tillater også at gjødsel blir strødd på jord. Å bruke råstoff til gjødsel, har egentlig vært definert som avfall, i og med at fiskeslam er unntatt biprodukt-regelverket, så må en finne en annen vei inn mot organisk gjødsel. Seksjon planter er ansvarlig for organisk gjødsel. Fiskeslam er ikke et animalt biprodukt.

### **4. Hvordan kan sirkulærøkonomi bidra til verdiskapning ved landbasert fiskeoppdrett i Norge?**

Encellet protein, kan brukes i fôr, da vil regelverket definere det som formiddel, skal bidra til ernæring til det dyret som skal spise dette, krav til at det skal være trygt og at det ikke inneholder fremmedstoff og at det har rett merking.

### **Dyrking av alger (encellet protein):**

Ikke krav om godkjenning, men krav om at det skal være trygt.

Den første som tar inn i bruk må melde inn i register, så kommer det etter hvert over til formiddelkatalogen, vil være knyttet krav til merking, formålet med formiddelkatalogen er at kjøper og selger av et produkt skal være enige om hva det er. Forskrift om merking og omsetting av for.

Dyrking vil være en primær produksjon, systemet er lagt opp slik at alle som driver med mat eller fôr må virksomheten ha et system der de identifiserer farer, at det kan håndtere farer og at det er trygt. Mattilsynet vil ha en offentlig kontroll, bare lov å kjøpe av godkjente virksomheter som har disse systemene i orden. Da vil sluttproduktet være trygt. Dette er systemet for matforvaltning. I motsetning til legemiddel som ikke har dette i hvert ledd.

Alle ledd må ha egenkontroll og offentlig kontroll.

Plasserer ansvaret hos aktøren. Skal være sporbart, dersom det oppstår et problem skal det være lett å spore tilbake til kilden. Alle skal kunne vite hvor produktet er kjøpt og hvor det er levert.

### **5. Vi ønsker å se nærmere på mulighetene for å bruke fiskeslam fra smoltanlegg som vekstmedium for mikroalger, som igjen blir brukt som fôr til oppdrettsfisk.**

#### **Hva sier regelverket om dette? Hvilke prosesser må gjennomføres?**

Ingen regelverk som snakker om medium til encellet protein. Det er ikke konkretisert krav til medium, slik som konkretisert krav til fôr og planter. Er uregulert, men det må være trygt det produktet som kommer ut.

Grenseverdier i forhold til det som er i fiskeslam:

Masse grenseverdier for fôrmiddel, men er usikker på hvordan man skal klassifisere en alge. Det er ikke et animalt produkt. Vanskelig med regelverk for alger, fordi en vet ikke helt hvor de hører hjemme.



Regelverk:

- Forvareforskriften
- Animaliebiproduktforskriften
- Forskrift om forbud mot bruk av animalsk protein
- TSE Forskriften
- Matloven

**6. Hvilket regelverk må endres for at fiskeslam kan brukes som et vekstmedium for mikroalger?**

Grenseverdier på et formiddel; krav om at det skal være trygt. Usikker på hvordan en skal klassifisere alger. Encellet proteiner. Krav til bearbeiding av fiskeslammet, da er CO<sub>2</sub> vekke, det som er igjen er det uheldige,

- Tungmetaller og patogener
- Grenseverdier

**7. Hva er de største utfordringene forbundet med fiskefor ved oppdrettsnæringen i dag?**

Den største utfordringen i dag i fiskeoppdrett er lus, dersom en får kontroll på det, kan en jo øke produksjonen.

Ønsker å øke aquakultur, etisk, er kanskje ikke så bra at det lages fôr av noe man kunne spist til mat. Det er vanskelig å forsvare at en skal dyrke soya, veldig strengt regelverk i Norge ang GMO (genetisk modifisert organisme). Det er vanskelig å få tak i et materiale som ikke er forurenset med GMO, fordi det dyrkes mye genmodifiserte ting rundt om i verden. Derfor kan det være store utfordringer å få tak i planter og det er grunnen til at man i oppdrettsnæringen og spesielt forskningsnæringen prøver å vende seg mot alternativet fôrmiddel. Da ønsker man å gå tilbake til havet fordi at der finnes det ressurser som kan utnyttes bedre. Som sekkyr, fjærmark, krill og den slags dyr.

Regelverk i Norge er strengt pga. fare for smitte, for eksempel kan ikke fôre med avfall.

**8. Hvem bestemmer hva fiskeslam skal defineres som?**

Gjødselregelverk bestemmer hva som kan vær råstoff i gjødsel.

Biproduktregelverk, begrensingen der er smitte, men fiskeslam er unnlatt fra biproduktregelverket, men det er litt uforståelig.

**9. Hvordan er mulighetene for at mikroalger kan brukes som en erstatning for soya i fiskefor?**

Det er ikke begrensinger der.