



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2023 30 stp**  
Handelshøyskolen

# **Biosirkularitet gjennom utnyttelse av fiskeslam som gjødselvare: En undersøkelse av systemendringer og ressursutnyttelse**

Biocircularity through the utilization of fish sludge as  
fertilizer: An investigation of system changes and  
resource utilization

**Ingeborg Skrefsrud og Caroline Wangen**  
Bioøkonomi – Biobasert verdiskapning og forretningsutvikling

## Sammendrag

Denne masteroppgaven utforsker hvordan fiskeslam som biologisk ressurs kan utnyttes til å skape en biosirkulær verdikjede. Fiskeslam er en verdifull kilde til næringsstoffer, som nitrogen og fosfor, og disse kan føres tilbake til matsystemet gjennom gjødsel. Denne bruken av fiskeslam kan bidra til å løse problemer knyttet til begrenset tilgang på fosforressurser, redusere de negative utslippene fra både annen gjødselproduksjon og fiskeoppdrett, og dermed øke produktiviteten og bærekraften i norsk fiskeoppdrett og landbruk.

Masteroppgaven er en kvalitativ studie som bruker relevant litteratur, teori og intervjudata for å besvare forskningsspørsmålet: *Hvordan kan regenerative forsyninger og en høy grad av ressursutnyttelse fremmes gjennom samarbeid langs verdikjeden, for å skape en overgang til en biosirkulær økonomi?*

Litteraturen som er gjennomgått inkluderer studier av politiske insentiver og mål, fosforproblematikk, forurensningspotensial, næringsinnhold og behandlingsteknologi. Denne litteraturgjennomgangen etterfølges av en teoridiskusjon, som setter problemstillingen inn i et bredere akademisk perspektiv. Teorien belyser biosirkulær verdiskaping og forretningsutvikling. Gjennom et utforskende design, som bruker semistrukturerte intervjuer og en deduktiv tilnærming, har studien som mål å avdekke hvorfor informantene tar de valgene de gjør i dag. Intervjudataene ble generert gjennom et strategisk utvalg av aktører langs verdikjeden, inkludert representanter fra fiskefôrproduksjon, akvakulturnæringen, avfallshåndtering, gjødselprodusenter og bønder, samt informanter fra myndigheter og forskningsinstitusjoner.

Intervjudataene avdekket en rekke perspektiver på produktaksept, teknologiinvesteringer, næringsstoffsirkularitet, betalingsvillighet for innsamling av fiskeslam, regelverk, logistikkutfordringer, tørking og avvanning av fiskeslam, fôrtilpasninger, gjødseleffekt, betalingsvillighet for gjødselprodukter, forretningsmodeller, volum, fiskeslammets opprinnelse, biogassproduksjon og forurensningsspørsmål. En kritisk analyse av disse dataene fremhever at antagelser og misforståelser blant aktørene i verdikjeden kan skape betydelige hindringer for videre utvikling. Analysen tyder imidlertid også på at det kan opprettes et biosirkulært system som sikter mot regenerative forsyninger og bruk av sidestrømmen for å minimere miljøpåvirkning. En verdipyramide kan brukes til å kategorisere bruken av fiskeslam og bestemme den beste bruken av denne ressursen, det er et behov for å vurdere grad av ressursutnyttelse opp mot miljøfotavtrykk, og det er nødvendig å ta hensyn til sosioøkonomiske kostnader. Studien fremhever også behovet for bedre informasjonsflyt mellom aktørene i verdikjeden og foreslår en plattform for å øke kunnskapsformidling og tillit til gjødsel med fiskeslam som innsatsfaktor. Til slutt understreker studien behovet for samarbeid gjennom hele verdikjeden for å optimalisere overgangen til en biosirkulær økonomi.

## Abstract

This master's thesis explores how fish sludge as a biological resource can be utilized to create a biocircular value chain. Fish sludge is a valuable source of nutrients, such as nitrogen and phosphorus, and these can be returned to the food system through fertiliser. This use of fish sludge can help solve problems related to limited access to phosphorus resources, reduce the negative emissions from both other fertilizer production and fish farming, and thereby increasing productivity and sustainability in Norwegian fish farming and agriculture.

The master's thesis is a qualitative study using relevant literature, theory, and interview data to answer the research question: *How can regenerative supplies and a high degree of resource utilization be promoted through collaboration along the value chain to transition into a biocircular economy?*

The literature reviewed includes studies of political incentives and goals, challenges related to phosphorus, pollution potential, nutrient content and treatment technology. This literature review is followed by a discussion of theory, which places the problem in a broader academic perspective. The theory sheds light on biocircular value creation and business development. Through an exploratory design and a deductive approach, using semi-structured interviews, the study aims to uncover why informants make the choices they do today. The interview data was generated with a strategic sample of actors along the value chain, including representatives from fish feed and aquaculture industries, waste management, fertilizer producers and farmers, as well as informants from government and research institutions.

The interview data revealed a range of perspectives on product acceptance, technology investments, nutrient circularity, willingness to pay for fish sludge collection, regulations, logistics challenges, drying and dewatering of fish sludge, feed adaptations, fertilization efficiency, willingness to pay for fertilizer products, business models, volume, origin of fish sludge, biogas production and pollution issues. A critical analysis of this data highlights that assumptions and misunderstandings among actors in the value chain can create significant obstacles for further development. However, the analysis also suggests that that a biocircular system can be created to regenerate supplies, and therefore that the byproduct of fish sludge can be used to minimize environmental impact. A value pyramid can be used to categorize the use of fish sludge and determine the best use of this resource, there is a need to assess the degree of resource utilization against the environmental footprint, and it is necessary to take socio-economic costs into account. The study also highlights the need for better information flow between actors in the value chain and proposes a platform to increase knowledge transfer and trust in fertilizer with fish sludge as an input factor. Finally, the study emphasizes the need for collaboration throughout the value chain to optimise the transition to a biocircular economy.

## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som et selvstendig arbeid og markerer avslutningen på vår tverrfaglige utdanning, med en bachelorgrad i økologi og naturforvaltning kombinert med en mastergrad i bioøkonomi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng innenfor spesialiseringen mat og akvakultur.

Emnene vi har fullført gjennom våre fem år på NMBU har økt vårt engasjement for de komplekse problemstillingene verden står overfor. Problemstillinger som strekker seg over bærekraftige systemendringer, sirkulær bioøkonomi og god forvaltning av naturressurser har motivert oss gjennom studiet. Med dette som bakgrunn fant vi det dermed svært samfunnsaktuelt og fremtidsrettet å undersøke verdiskapningen av fiskeslam.

Først vil vi rette en stor takk til vår veileder Thore Larsgård for et stort engasjement for bioøkonomi og fremtidsrettet forretningsutvikling. Thore har vært en stor støtte og gitt god motivasjon gjennom hele prosessen, samtidig som han har oppmuntret til selvstendig arbeid.

Under mastergraden har vi hatt hvert vårt internship i Rethink food og ReSourcer hvor vi fikk delta i flere spennende diskusjoner som ga oss stor læring. Tusen takk til dere for all god hjelp, innspill og engasjement rundt vår masteroppgave.

Vi ønsker også å rette en stor takk til informantene som har stilt til intervju. Vi har latt oss inspirere av deres sterke engasjement, og vi gleder oss til å følge med på utviklingen av fiskeslam som gjødselvara i årene fremover.

Til slutt vil vi takke familie, venner og våre kjære medstudenter som har støttet og motivert oss gjennom studiene.

Ås, mai 2023

Ingeborg Skrefsrud og Caroline Wangen

*Ingeborg Skrefsrud*

*Caroline Wangen*

*Come gather 'round people  
Wherever you roam  
And admit that the waters  
Around you have grown  
And accept it that soon  
You'll be drenched to the bone  
If your time to you is worth savin'  
And you better start swimmin'  
Or you'll sink like a stone  
For the times they are a-changin'*

*Come writers and critics  
Who prophesize with your pen  
And keep your eyes wide  
The chance won't come again  
And don't speak too soon  
For the wheel's still in spin  
And there's no tellin' who  
That it's namin'  
For the loser now  
Will be later to win  
For the times they are a-changin'*

*Come senators, congressmen  
Please heed the call  
Don't stand in the doorway  
Don't block up the hall  
For he that gets hurt  
Will be he who has stalled  
The battle outside ragin'  
Will soon shake your windows  
And rattle your walls  
For the times they are a-changin'*

The Times They Are A-Changin'

Sangtekst av Bob Dylan

# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>FORORD</b> .....	<b>III</b>
<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>V</b>
<b>KAPITTEL 1: INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 INTRODUKSJON .....	1
1.2 HVORFOR FISKESLAM? .....	4
1.3 MOTIVASJON OG MÅL.....	6
1.4 AVGRENSNINGER .....	8
<b>KAPITTEL 2: KUNNSKAPSGRUNNLAG</b> .....	<b>9</b>
2.1 LITTERATURGJENNOMGANG .....	9
2.1.1 Politiske initiativer.....	9
2.1.2 Fosforproblematikk.....	11
2.1.3 Fiskeslammets miljøpåvirkning .....	12
2.1.4 Næringsinnhold og gjødseleffekt .....	15
2.2 TEORI .....	17
2.2.1 Den sirkulære økonomien systemdiagram.....	18
2.2.2 PESTEL-analyse .....	19
2.2.3 Næringsklynger og verdiskapning .....	20
2.2.4 Innovation sweet-spot .....	23
2.2.5 Four lenses.....	23
2.2.6 System-, verdikjede og tverrfaglig design.....	24
2.2.7 Endringsdesign for bioøkonomi.....	25
2.2.8 Verdipyramide .....	27
2.2.9 Avfallshierarkiet.....	29
2.2.10 Analyser av miljøfotavtrykk .....	30
<b>KAPITTEL 3: METODE OG DATAINNSAMLING</b> .....	<b>33</b>
3.1 VALG AV FORSKNINGSDESIGN.....	33
3.2 UTVALG .....	34
3.3 INTERVJU .....	35
3.4 ANALYSE.....	36
3.5 VALIDITET OG RELABILITET .....	37
3.6 FORMIDLING OG RELEVANS.....	38
<b>KAPITTEL 4: INNSIKT OG FAKTASJEKK</b> .....	<b>39</b>
4.1 FUNN PÅ TVERS AV INTERVJUER .....	39
4.1.1 Produktaksept og betalingsvilje for organisk gjødsel.....	39
4.1.2 Teknologiinvesteringer .....	42
4.1.3 Næringsstoffenes sirkularitet .....	43
4.1.4 Betalingsvilje for oppsamling .....	44
4.1.5 Logistikk.....	45
4.1.6 Fôroptimalisering .....	47
4.1.7 Gjødseleffekt .....	48
4.1.8 Forretningsmodell .....	50

4.1.9 Volum .....	51
4.2 MOTSIGELSER .....	52
4.2.1 Fiskeslam fra sjø eller land? .....	53
4.2.2 Direkte eller indirekte bruk?.....	55
4.2.3 Gjødselevarens bruksområde .....	55
4.2.4 Når blir det forurensning?.....	56
4.2.5 Volum .....	59
4.2.6 Lovverkets begrensning for innovasjon.....	60
<b>KAPITTEL 5: DISKUSJON AV NØKKELINNSIKTER.....</b>	<b>63</b>
5.1 NÆRINGSOMGIVELSER .....	63
5.1.1 «Licens to operate» .....	63
5.1.2 «Volum er det kritiske» .....	65
5.1.3 «Fra avfall til ressurs» .....	67
5.1.4 «Ærlige konkurrenter med lik arena» .....	68
5.1.5 «Jordhelse» .....	70
5.2 OPPGRADERINGSMEKANISMER .....	71
5.2.1 «Ressursen blir brukt så høyt opp i verdihierarkiet som mulig».....	72
5.2.2 «Behov for bedre informasjonsflyt» .....	77
5.2.3 «Kan ikke være en dumpingplass» .....	80
5.2.4 «Fra avfall til ressurs» .....	82
5.2.5 «Verdikjeden må være på plass».....	85
<b>KAPITTEL 6: AVSLUTNING.....</b>	<b>90</b>
6.1 KONKLUSJON .....	90
6.2 AVGRENSINGER OG VIDERE FORSKNING.....	91
6.2.1 Avgrensninger.....	91
6.2.2 Videre forskning.....	92
<b>REFERANSER .....</b>	<b>94</b>
<b>VEDLEGG.....</b>	<b>104</b>
VEDLEGG 1: BEGREPSLISTE .....	104
VEDLEGG 2+3: FIGURER .....	105
VEDLEGG 4: INTERVJUGUIDE .....	106
VEDLEGG 5: AFFINITETSANALYSE .....	108

# Kapittel 1: Innledning

## 1.1 Introduksjon

Klimarapporten fra FNs klimapanel (IPCC) advarer om de alvorlige konsekvensene av klimaendringene som vil inntreffe ved lavere temperaturer enn tidligere anslått, og true mennesker, økosystemer og natur. Rapporten fremhever det pressende behovet for å undersøke hvilke dype systemendringer som inkluderer mer enn kun individuelle teknologier, sektorer og aktører, for å snu kursen og nå bærekraftsmålene (Masson-Delmotte et al., 2021).

Det eksisterer samtidig et internasjonalt mål om å redusere dagens klimagassutslipp med 55 prosent innen 2030. Strategien “The Green Deal” vil gjøre EU til en moderne, ressurseffektiv og konkurransedyktig økonomi, og sikre ingen netto klimagassutslipp innen 2050 med økonomisk vekst frikoblet fra ressursbruk (European Commission, 2019). Det er også lansert en internasjonal matstrategi, kalt «Farm to Fork» som tar sikte på å gjøre det fremtidige matsystemet rettferdig, sunt og miljøvennlig, i tillegg til å øke konkurranseevnen til europeiske matprodusenter. Her legges det opp til at 25 prosent av alt landbruksareal skal legges om til økologisk. Det vil i denne sammenheng kreves et massivt system for å levere plantenæringsstoff fra biobaserte kilder til en slik satsning (European Commission, 2020a). Selv om overgangen til bærekraftige matsystemer har startet på mange områder, er matsystemer fortsatt en av nøkkeldriverne for klimaendringer og miljøforringelse. Det er et pressende behov for blant annet å redusere overgjødsling, øke økologisk jordbruk og reversere tap av biologisk mangfold. Det vektlegges at den sirkulære biobaserte økonomien har stort potensiale for bondens fremtid, ved for eksempel å benytte seg av organisk gjødsel (European Commission, 2020a).

Matsystemene er som sagt en viktig drivkraft for klimaendringer og miljøforringelse, og det haster med tiltak for å fremme bærekraftig praksis. Samtidig øker overforbruket av ressurser hvert år, som pusher planetens tålegrenser. Da organisasjonen Global Footprint Network sist regnet ut Norges overforbruksdag, fremgikk det at Norge er på verdenstoppen i forbruk, og overforbruksdagen havnet allerede på 12.april. Det er et faktum at kun 2,4 prosent av forbruket i Norge er sirkulært (Wit et al., 2020). I denne sammenheng kan det være lett å tenke hovedsakelig på den tekniske syklusen i den sirkulære økonomien systemdiagram, da dette er hva som kanskje har fått mest oppmerksomhet tidligere (The Ellen MacArthur



Foundation, u.å.-a). Denne masteroppgaven vil imidlertid sette søkelyset på hvordan oppnå en biosirkulær økonomi. For å etablere en definisjon på hva biosirkulær økonomi egentlig er, har vi i denne oppgaven foreslått det som en sammenslåing av sirkulærøkonomi og bioøkonomi. Bioøkonomi har vi definert som en bærekraftig, effektiv og lønnsom produksjon, uttak og bruk av betinget fornybare ressurser. «Betinget fornybare» betyr altså at produksjonen/uttaket/bruken gjøres fornybart gjennom *sirkularitet*. I definisjonen av sirkulær økonomi mener vi at vi må bevege oss fra lineære prosesser med enkeltorganisasjoner, til transaksjoner og relasjoner som legger til rette for sirkularitet. En biosirkulær økonomi vil med andre ord innebære systemiske tilnærminger på tvers av sektorer, med innovasjonspolitiske tiltak, som sikrer optimalisering av bioøkonomiske verdinettverk, og som minimerer avfall og tap (Lewandowski, 2018, s. 26). For å oppnå biosirkularitet vil det være avgjørende å finne nye måter å utnytte og gjenbruke biologiske ressurser. Det eksisterer et stort potensial for å øke utnyttelsen av biologiske sidestrømmer, for at de potensielt kan bringes tilbake til matkjeden ([BioDigSirk, 2022](#)).

Nasjonalt foreligger det et mål om å fremme økt verdiskapning, redusere klimagassutslipp og samtidig oppnå en mer effektiv og bærekraftig utnyttelse av fornybare biologiske ressurser. For å oppnå dette er vi avhengige av å fange opp sidestrømmer fra produksjon/uttak/bruk av biologiske ressurser, for å skape sirkularitet og besvare betingelsen om fornybarhet. En helhetlig og koordinert tilnærming, på tvers av sektorer og ledd i verdikjeden vil være avgjørende for å skaffe en oversikt over potensiale for utnyttelse av sidestrømmer fra, og synergier mellom, jord- og havbruk, og hvilke initiativ som er/ har blitt gjort mellom hav og land (*Regjeringens bioøkonomistrategi*, 2016, s. 9). Disse målene dekker med andre ord mye av tiltakene som må til for å oppnå vår definisjon av en biosirkulær økonomi. På denne måten kan Norge ha store muligheter for å være med på utviklingen til en mer bærekraftig og biosirkulær økonomi.

En mer ressurseffektiv og biosirkulær økonomi er helt nødvendig dersom klima, miljø- og bærekraftsmålene skal nås. I dag bruker vi naturressursene våre i et langt større tempo enn det naturen selv klarer å produsere (*Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*, 2021, s. 4). Dette tilfredsstillter ikke betingelsen om hvordan de biologiske ressursene kun er fornybare med en riktig utnyttelse. Det foreligger også et nasjonalt overordnet mål om omstilling til mer sirkulær økonomi som blant annet bidrar til verdiskapning med langsiktig konkurransevne,

og samtidig doble bruken av restråstoff i løpet av de neste ti årene (*Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*, 2021, s. 15).

Det er nylig blitt reist anbefalinger til norske myndigheter om å øke nasjonal ressurseffektivisering, hvor det foreslås å ikke bare måle sirkularitet, men også grad av ressursutnyttelse (*Brønnøysundregistrene: BioDigSirk*, 2022). I denne masteroppgaven undersøker vi hvordan biosirkulariet kan skapes med den konkrete sidestrømmen fiskeslam, og videre diskuterer grad av ressursutnyttelse som oppnås ved å utnytte denne biologiske ressursen som gjødselvarer. Ved å utnytte fiskeslam i gjødselvarer ser vi for oss at avfall som ellers går til deponi, forbrenning eller forurensende utslipp kan reduseres. Gjennom økt oppsamling og gjenvinning av næringsstoffer som inngår i fiskeslam kan et forurensende avfall i sjø omgjøres til en sårt trengt ressurs i landbruket.

I dag er produksjonen av mineralgjødsel ikke bærekraftig. Verdens matvareproduksjon er helt avhengig av næringsstoffene som finnes i mineralgjødsel, da den vil halveres uten ekstra tilførsel av næringsstoffer til plantevekst (*The Story of Phosphorus*, 2020). Den økende befolkningsveksten, klimaendringer og arealendringer vil komme til å sette verdens matvareproduksjon under et stort press. Den siste tiden har det eksistert en kraftig økning i matvarepriser, som kan knyttes til mangel på gjødsel og høye energipriser (Hansson et al., 2023). Særlig kritisk er mineralsk fosfor som er en ikke-fornybar ressurs, og gjenværende mengder ansees å være svært begrenset (Gulden, 2015). Dette betyr at det haster å finne alternative måter å resirkulere næringsstoffene som inngår i gjødsel. Økt oppsamling og gjenvinning av næringsstoffer, særlig fosfor, er identifisert som en prioritert næringsmulighet, og har et sikkerhetspolitisk aspekt (Deloitte, 2020, s. 12; Hansson et al., 2023). Med bedre gjenvinning av fosfor kan man med andre ord redusere presset på verdens matsystemer, og samtidig bidra med å sikre en langsiktig matforsyning (Hansson et al., 2023).

Kunstgjødsel krever mye energi i fremstillingsprosessen (Vik, 2019). Biobaserte gjødselvarerprodukter kan derfor redusere ressursutvinning, forurensning og klimagassutslipp dersom det erstatter kunstgjødsel (*SEA2LAND*, u.å.). Ved å bruke fiskeslam i organisk gjødsel vil det dermed kuttes i energibruken fra kunstgjødselproduksjon, og næringsstoffene fra oppdrettsnæringen vil sirkuleres tilbake til jordsmonnet. På denne måten fremmes løsninger

som i større grad spiller på lag med naturen og økosystemtjenester. Oppsamling og trygg utnyttelse av fiskeslam kan derfor bidra til vekst i næringene, og være et godt eksempel på hvordan den grønne og den blå næringen kan spille hverandre gode i tiden fremover. Vi mener at det akkurat nå er mange grunner til å akselerere denne utviklingen, da globale råvarepriser øker, det eksiterer et økende fokus på bærekraftige materialer, samt økende kostnader knyttet til utslipp av CO<sub>2</sub>.

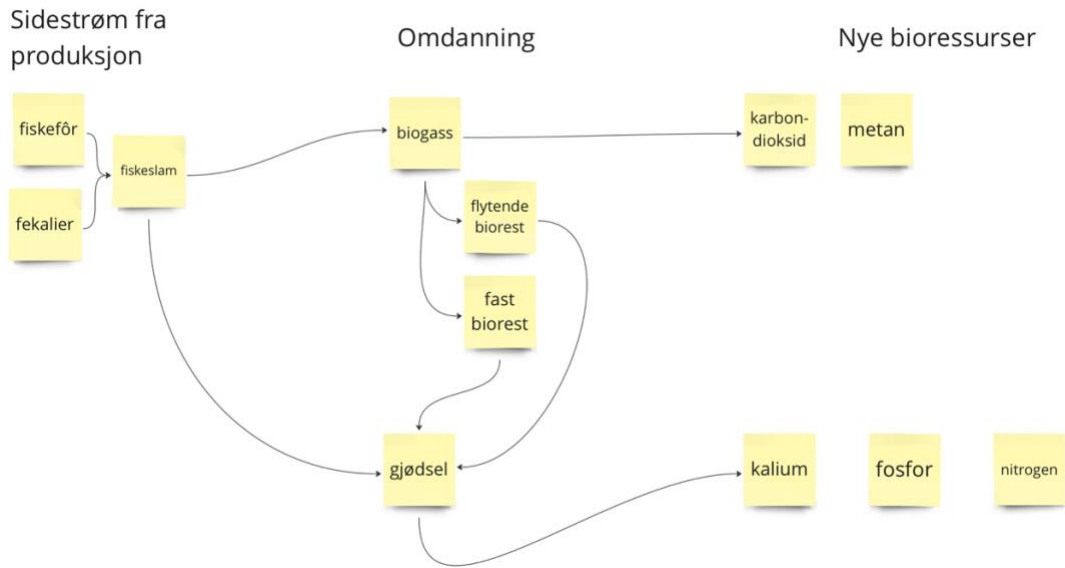
## 1.2 Hvorfor fiskeslam?

I 2021 økte salget av norsk oppdrettsfisk med 10,2 prosent fra året før, noe som resulterte i et totalt salg på 1640,5 tusen tonn (Fiskeridirektoratet, 2022), med en verdi på over 81 milliarder kroner (Misund, 2023). Mens oppdrettsnæringen er en viktig næring langs kysten, representerer den også en trussel mot økosystemene i fjordene våre (Naturvernforbundet, 2020). Den stadig økende næringen vil forsterke disse miljøutfordringene, hvor utslipp av store mengder fiskeslam er en av dem (Jacobsen & Hvattum, 2013, s. 9). Fiskeslam er en sammensatt materie bestående av fôrspill og avføring fra fisken. Denne ressursen er rik på næringsstoffer som kalium, nitrogen og spesielt fosfor (NIBIO, 2021), hvor forskning viser at tørket fiskeslam kan gi god gjødseffekt (Gulden, 2017). På tross av dette benytter vi oss kun av en prosent av fiskeslammet fra oppdrettsnæringen (BioDigSirk, 2022a, s. 93).

Fiskefôrproduksjon bruker en betydelig andel av planteprodukter i fôret, og disse plantene har vokst på næringsstoffer fra jordsmonnet (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020, s. 56–57). Når fisken i merdene mates med dette fôret, produseres fiskeslam som kan brukes som gjødsel og tilbakeføres til dyrkingsjord. Dette skaper et kretsløp, et samspill og en biosirkulær økonomi.

For å gi en mer omfattende oversikt over den potensielle bruken av fiskeslam som gjødsel, har vi laget et flytskjema (*Figur 1*) og to verdisirkler (*Figur 2 og 3*). Flytskjemaet viser prosessen fra dannelsen av fiskeslam til det omdannes til gjødsel gjennom to ulike alternativer.

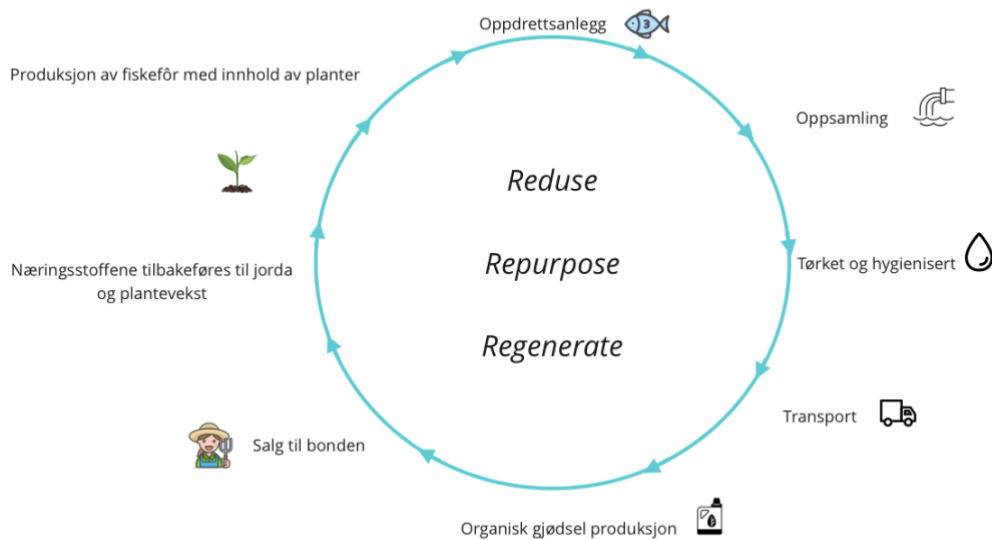
Fiskeslam kan enten brukes direkte som gjødsel eller indirekte gjennom biogassproduksjon, der en flytende eller fast bioest går til gjødselproduksjon. Flytskjemaet viser også bioressursene som genereres gjennom disse alternativene.



Figur 1: Flytskjema for fiskeslammet

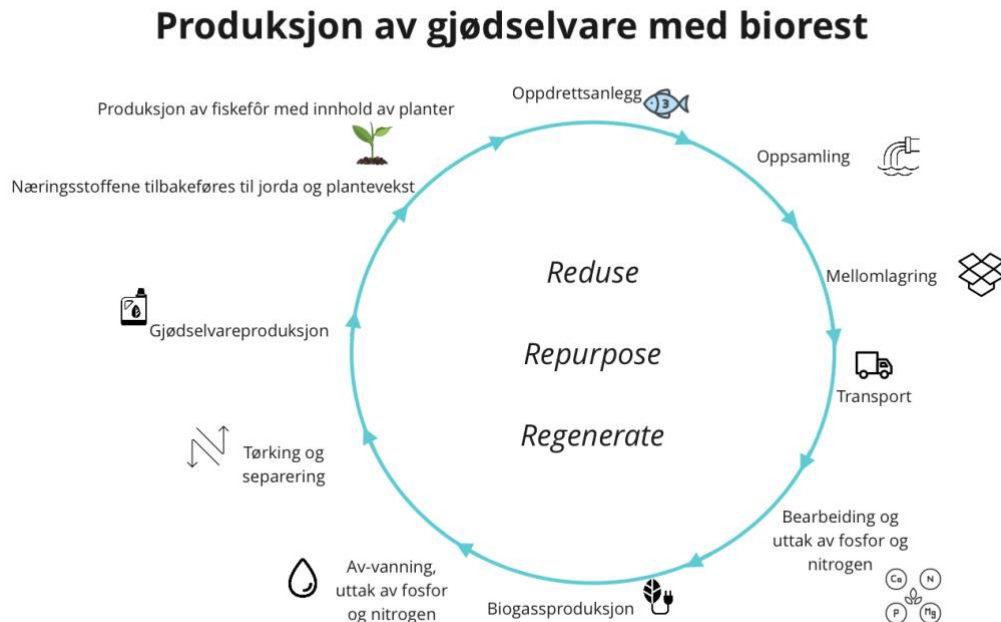
Vi har videre analysert disse to alternativene, og utformet verdisirkler som illustrerer deres potensielle bidrag til sirkulariteten til bioressursen fiskeslam. Den første verdisirkelen (Figur 2) gjelder direkte bruk av fiskeslam som gjødsel, der sirkularitet oppnås ved å tilbakeføre næringsstoffene til jorda, som igjen kan støtte plantevekst og brukes som nytt fiskefôr.

## Produksjon av gjødselvare med fiskeslam



Figur 2: Verdisirkelen til fiskeslammet direkte anvendelse i gjødselvaren.

Den andre verdisirkelen (*Figur 3*) tar for seg indirekte bruk av fiskeslam som gjødsel, via biogassproduksjon. Denne prosessen gir samme sirkularitet som det forrige alternativet, men innebærer ytterligere behandlingstrinn på grunn av biogassprosessen.



*Figur 3: Verdisirkelen til fiskeslammet anvendelse i biogassproduksjon, og biorestens anvendelse i gjødselvaren.*

Verdisirkelene viser hvordan vi kan oppnå en biosirkulær økonomi hvor sidestrømmen fiskeslam fanges opp. Dette resulterer i sirkularitet gjennom å se sammenhenger på tvers av sektorer og ledd i verdikjeden, som videre skaper synergier mellom jord- og havbruk. Dette vil være et bidrag til å øke ressurseffektiviteten nasjonalt, samt en løsning for å resirkulere fosfor som er en kritisk ressurs. Til slutt kan dette bidra til å erstatte lite bærekraftige produkter som mineral- og kunstgjødsel.

### 1.3 Motivasjon og mål

Det er allerede utført en del kvantitative studier på fiskeslammets potensial som gjødselvareprodukt. Gjennom denne masteroppgaven ønsker vi derimot å undersøke systemendringer som må til for å omgjøre fiskeslam fra et avfall til produkt. Som studenter i det nye masterprogrammet «Bioøkonomi- innovasjon og forretningsutvikling» ved NMBU, er vår spisskompetanse nemlig breddekompetanse. Vi vil derfor ikke grave dypt og teknisk ned i detaljer, men heller undersøke hva som skal til for å skru om på verdikjeder og avdekke

systemfeil som legger barrierer for biosirkularitet. Vi mener at dype systemendringer som snur kursen mot mer bærekraftige matsystemer ikke bare er en god idé, men et helt nødvendig tiltak for å redusere klimaendringer og miljøforringelse som foregår i dag. For å være i stand til å resirkulere næringsstoffene er det nødvendig å fange opp sidestrømmene fra biologisk produksjon i mye større grad, og samtidig utnytte de biologiske ressursene for at de skal holde seg fornybare ([BioDigSirk, 2022](#)). Når man så klarer å samle opp sidestrømmene av høyere kvalitet og større volum, må en nedstrøms verdikjede være etablert. I en klok forvaltning av de biologiske ressursene, må det samtidig etter vårt syn, unngås en ensrettet fokusering på ressurseffektivisering, men heller også inkludere graden av ressursutnyttelse. Slik kan prioriteringen av bruken av de biologiske ressursene tilrettelegge for en sortering i forhold til hvor behovet er størst og anvendelsen viktigst. Målet bør være et biosirkulært system som styrker seg selv, med et målrettet samspill mellom ulike aktører. Det vil derfor være nødvendig å se verdikjedene i en sammenheng, før aktørene samles til en felles biosirkulær verdikjede. Dette vil være en flokete problemstilling, og kan oppleves som å legge et avansert puslespill.

*I denne masteroppgaven tas det derfor utgangspunkt i en konkret biologisk ressurs, for å undersøke hvordan biosirkulær verdikjede kan skapes i praksis.*

Som tidligere nevnt trenger landbruket sårt tilgang på nye kilder til næringsstoffer, samtidig som det næringsrike fiskeslammet forurenses. Som skrevet i en artikkel med kompetansemiljøet «Rethink Food», bør ikke fiskeslam lenger være et problem, men heller en blågrønn kindereggløsning, så «la oss få fiskeslammet opp av havbunnen og ned i jorda» (Rethink Food, 2022).

Vi oppfatter det som at havbruksnæringen, som er en relativt ung industri, har kommet til dreining fra å ha fokus på økonomi og produksjonsvekst, til å nå måtte prioritere dyrevelferd og bærekraft i større grad. Samtidig skjer det en snuoperasjon innen gjødselvarerproduksjon hvor det letes etter nye måter å produsere gjødselvarer. Dette er to av flere eksempler på hvorfor det er gode tider for denne type prosjekter, som ønsker å gjøre noe transformativt innen bærekraft. Masteroppgaven vil kartlegge barrierene i dagens næringsomgivelser, og mulige oppgraderingsmekanismer som må til for å skape en katalysator for endringene som trengs for bedre utnyttelse av den biologiske ressursen. På denne måten vil de mest sentrale

endringsdriverne for å danne et godt beslutningsgrunnlag for fremtiden avdekkes. Målet i denne masteroppgaven vil derfor være å besvare forskningsspørsmålet;

*Hvordan kan regenerative forsyninger og en høy grad av ressursutnyttelse, fremmes gjennom samarbeid langs verdikjeden for å skape en overgang til en biosirkulær økonomi?*

#### 1.4 Avgrensninger

Ut ifra vår problemstilling har vi i denne studien gjort noen avgrensninger, for å begrense omfanget av undersøkelsen. Vi ser derfor hovedsakelig på bruken av fiskeslam i gjødsel fremfor andre potensielle bruksområder. Dette resulterer videre i avgrensningen til fiskeslammets verdikjede, som i denne studien er fra fôrprodusent til bonde. Når det kommer til resirkulering av næringsstoffer, har vi satt søkelyset på fosfor. Studien har fokuset på Norge, og ser derfor på norsk produksjon av fiskeslam og næringsmulighetene dette gir norske aktører. Dette er en studie som ser på systemendringer og innovasjon fremfor å være en økonomisk analyse. For en mer utfyllende forklaring av våre avgrensninger sett opp mot videre forskning se kapittel 6.

## Kapittel 2: Kunnskapsgrunnlag

I dette kapitlet utforsker vi eksisterende teori og bakgrunns litteratur som er relevant for masteroppgavens hovedmål og forskningsspørsmål. Litteraturgjennomgangen vil spesielt legge grunnlaget for kapittel 4 «Innsikt og faktasjekk», mens teorien har spilt en vesentlig rolle for masteroppgavens oppsett, metodiske tilnærming og kapittel 5 «Diskusjon av nøkkelinnsikter».

### 2.1 Litteraturgjennomgang

Fokuset i dette delkapitlet vil være å presentere relevant litteratur tematisk, hvor vi først ser på de politiske insentivene og målsetningene som er relevante for oppgaven, etterfulgt av artikler som omhandler dagens fosforproblematikk. Deretter presenterer vi artikler som undersøker fiskeslammets forurensningspotensial, og til slutt artikler som tar for seg næringsinnhold og behandlingsteknologier som legger grunnlaget for hvordan fiskeslammet kan anvendes som en ressurs.

#### 2.1.1 Politiske initiativer

I mars 2020 vedtok EU-kommisjonen sin andre handlingsplan for sirkulær økonomi (CEAP), som utgjør en sentral del av «The Green Deal». Hovedmålet med denne strategien er å redusere presset på naturressursene, og fremme bærekraftig vekst og sysselsetting. CEAP presenterer initiativer på tvers av hele produktlivssyklusen, inkludert produktdesign, fremme sirkulærøkonomiske prosesser, oppmuntre til bærekraftig forbruk og redusere avfall ved å holde ressursene i økonomien så lenge som mulig. Planen har som mål å legge til rette for et renere og mer konkurransedyktig Europa, bidra til å nå EUs mål om klimanøytralitet innen 2050, og stanse tapet av biologisk mangfold (European Commission, 2019).

I 2012 innførte EU en bioøkonomistrategi for å støtte sine politiske prioriteringer, inkludert CEAP, nasjonale strategier, tidslinjer og dokumenter. Strategien har fem hovedmål; å sikre mat- og ernæringsikkerhet, bærekraftig forvaltning av naturressurser, redusere avhengigheten av ikke-fornybare ressurser, tilpasse seg og redusere klimaendringene og styrke europeisk konkurransevne og sysselsetting. Denne strategien er nært knyttet til «The Green Deal», og de 14 konkrete tiltakene faller inn under tre temaer; (1) styrke og oppskalere de biobaserte sektorene ved å åpne nye markeder og investeringer, (2) raskt distribuere lokale bioøkonomier



over hele Europa og (3) forstå bioøkonomiens økologiske grenser (European Commission, 2020b). Disse målene vil fremme betydningen av en bærekraftig, sirkulær bioøkonomi.

Seks år etter at EU vedtok sin første handlingsplan for sirkulær økonomi, lanserte Norge sin første nasjonale strategi for en grønn, sirkulær økonomi. Denne strategien har som mål å gjøre Norge ledende i utviklingen av en grønn, sirkulær økonomi med bedre ressursutnyttelse. Den norske regjeringen vil aktivt utvikle politikk og tiltak både nasjonalt og i samarbeid med EU for å sikre verdiskaping og norsk konkurransekraft. Strategien er i tråd med EUs politikk for sirkulær økonomi, og bredere mål for bærekraftig utvikling (*Nasjonal strategi for en grønn, sirkulær økonomi*, 2021). Det er samtidig utviklet en nasjonal strategi for bioøkonomi av regjeringen med formål om å fremme økt verdiskaping, redusere klimagassutslipp, og samtidig oppnå mer effektiv og bærekraftig utnyttelse av fornybare biologiske ressurser. Det fremlegges en sektorovergripende tilnærming med fire innsatsområder; (1) fremvekst av komplementære samarbeid på tvers av sektorer, næringer og fagområder, (2) etablering av markeder for fornybare biobaserte produkter, (3) effektiv utnyttelse og foredling av potensiale for næringsstoffer, energiprodukter og verdifulle bestanddeler fra fornybare biologiske ressurser, og (4) bærekraftig produksjon og uttak av disse fornybare biologiske ressursene. I arbeidet med disse fire satsningsområdene legges det frem følgende prinsipper; befolkningens grunnleggende behov for mat skal komme først, ressursene skal brukes og gjenbrukes mest mulig effektivt, og ressursene skal brukes på mest mulig lønnsom måte. De fire satsningsområdene med tilhørende prinsipper skal bidra til en mer sirkulær og miljøvennlig lavutslippøkonomi (*Regjeringens bioøkonomistrategi*, 2016, s. 9).

Oppsummert tar EUs politikk og initiativer for sirkulær økonomi sikte på å fremme bærekraftig vekst og sysselsetting, samtidig redusere presset på naturressursene, og bidra til å oppnå klimanøytralitet innen 2050, samt stanse tapet av biologisk mangfold. Denne politikken er nært knyttet til bredere mål for bærekraftig utvikling og utfylles av EUs bioøkonomistrategi. Norges nasjonale strategier har også som mål å fremme bærekraftig utvikling, og er i tråd med EUs politikk for sirkulær økonomi.

### 2.1.2 Fosforproblematikk

For å svare til de politiske insentivene og målsetningene knyttet til bærekraft og sirkulærøkonomi tydeliggjør følgende studier problematikken med dagens utnyttelse av fosfor, og hvorfor det er viktig å finne løsninger for å øke biosirkulariteten av fosfor. Artikkelen «Investigating Cross-Sectoral Synergies through Integrated Aquaculture, Fisheries, and Agriculture Phosphorus Assessments: A Case Study of Norway» skrevet i 2016 tar for seg systemomfattende fosforvurderinger som for første gang inkluderer akvakultur og fiskerisektorene. Studien utførte en substansstrømanalyse (SFA) på det norske fosforsystemet. Systemet ble definert for Norges økonomiske sone, inkludert kystområder der akvakulturproduksjon befinner seg og havområder der norske fiskerier opererer. For å unngå årlige variasjoner ble det brukt gjennomsnittsdata fra 2009 til 2011. Videre blir forklaring av nøkkelprosessene og definisjonene presentert innen landbruk, fiskeri og akvakulturen. Scenarioreultatene tyder på at det vil skapes fremtidige miljøutfordringer, men også muligheter for fosforresirkulering som bør øke interessen for å utnytte mer fiskeslam. Langsiktig innsats bør fokusere på å forbedre teknologi og miljøsystemanalysemeter for å muliggjøre fosforutvinning fra akvakultur og gjødseldistribusjon (Hamilton et al., 2016).

Behovet for fosforresirkulering støttes av artikkelen «The story of phosphorus: Global food security and food for thought» skrevet i 2009. Her presenteres argumenter for å inkludere langsiktig fosforknapphet på den prioriterte agendaen for global matsikkerhet. Artikkelen legger frem institusjonelle utfordringer samt muligheter for å gjenvinne fosfor og redusere etterspørselen. Det er blitt samlet inn data for å få en oversikt over fosfor brukt i gjødsel globalt gjennom historien, og hvordan bruken har økt betraktelig etter 1950. Videre ser artikkelen på dagens situasjon; etterspørsel etter mat og gjødsel, global matsikkerhet og ressursknapphet, global fosfatbergartreserver og geopolitikk, kvantifisering av dagens fosforstrømmer gjennom matsystemet og fosfatbergindustriens miljøkostnader. Her har de samlet inn data fra tidligere forskning fra ulike deler av verden for å få et oversiktlig bilde av dagens status. Ved hjelp av denne dataen sees det på alternativer for bærekraftig fosforbruk og -forvaltning, og påfølgende institusjonelle og holdningsmessige barrierer/muligheter (Cordell et al., 2009).

For at det skal bli mulig å resirkulere fosfor fra fiskeslam er artikkelen «Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany» skrevet i 2016 verdt å være oppmerksom på. I denne studien ble det analysert 68 bergfosfater

og 162 fosforholdige organisk- og mineralgjødelse solgt i Tyskland. Gjennom analysene ble det sett på innhold av sporstoffer i mineralgjødelsen. Produktene som ble analysert viste ulike konsentrasjoner av sporstoffer, hvor noen var under grenseverdiene, mens andre viste svært høye konsentrasjoner og overskred den lovlige grensen. Studien understreket, på bakgrunn av disse resultatene, nødvendigheten av å fortsette forskningen på reduksjon av tungmetaller fra resirkulerte restråstoff, og utvikling av miljøvennlig og landbrukseffektive gjødselprodukter (Kratz et al., 2016).

### 2.1.3 Fiskeslammets miljøpåvirkning

Foruten om behovet for resirkulering av fosfor, bør også fiskeslammets forurensningspotensial undersøkes for å avklare behovet for oppsamling av fiskeslammet. Ved produksjon av fisk i sjø vil fiskeslammet som forlater merdene kunne forstyrre lokale økosystemer. Etter bestilling fra World Wildlife Fund for Nature (WWF) publiserte selskapet «Accenture» i 2013 en rapport på muligheter og utfordringer for bærekraftig produksjon av laks i lukkede sjøanlegg i Norge. Etter at norske myndigheter har uttalt at videreutvikling av den blå næringen er et klart politisk mål, må det stadig undersøkes hvordan produksjonen kan skje på en mer bærekraftig måte i fremtiden. Det vil nemlig ikke tildeles nye konsesjoner for produksjon av laks i sjøvann før næringen har funnet bedre løsninger på miljøutfordringene. I denne rapporten legges det frem tre nye teknologier som mulige løsninger; (1) «Recirculating Aquaculture System» (RAS), (2) «Open containment system with offshore net pens», og (3) «Closed containment system with coastal cages». Videre fremgår det i rapporten at produksjonsmetodene for laks i fremtiden bør bli mer diversifiserte, og at teknologien i større grad bør variere avhengig av lokalitet og produksjonsfase. Det vises samtidig til at lukkede systemer har et stort potensial for å bedre bærekraften da de blant annet reduserer utslippet av næringssalter og organisk materiale (Jacobsen & Hvattum, 2013, s. 9).

I 2011 ble det publisert en rapport fra Havforskningsinstituttet som isolert undersøkte utslipp fra oppdrettsanlegg, og dets påvirkning på dype og grunne hardbunnslokaliteter. Rapporten var et resultat av tildeling av ekstra midler til å starte opp arbeid med å bestemme noen bærekraftindikatorer for regional påvirkning fra fiskeoppdrett. Bakgrunnen for rapporten var en utvikling av et norsk standard for miljøovervåking av marine oppdrettsanlegg som ble utviklet i 2000, som var videre utviklet fra et forvaltningssystem (Modellering-Overvåking Matfiskanlegg) som skulle sikre at lokaliteter og områder rundt norsk fiskeoppdrett ikke ble overbelastet. Standarden for miljøovervåking av marine oppdrettsanlegg beskriver

overvåkningsmetoder og -hyppighet for bunnpåvirkning fra fiskeoppdrett på bløtbunn. Det var i midlertidig ikke undersøkt hvor sensitive organismene er, eller hvordan påvirkningen er på andre bunntyper som hardbunn (Hansen et al., 2011, s. 6). Denne rapporten undersøkte for første gang påvirkning på hardbunn, og ble utført i Hardangerfjorden. Grunn hardbunn ble her definert som bunn på 0-25 meters dyp, og dyp bunn ble definert som alt over 25 meters dybde. Effektene av utslipp på grunn hardbunn ble undersøkt ved ni forskjellige oppdrettsanlegg og syv forskjellige referansestasjoner gjennom videotransekter. Her fremgikk det ingen signifikante forskjeller i artsrikdom mellom anleggene og referansestasjonene. Dyp hardbunn ble undersøkt med undervannsvideo ved tre fiskeoppdrettsanlegg og tre referansestasjoner. Referansestasjonene lå en km fra anleggene og her bestod faunaen av både fastsittende og mobile arter. Av artene ved referansestasjonene ble det påvist flere svamper som vokser langsomt og lever lenge, hvilket indikerer på stabile forhold. Ved de tre fiskeoppdrettsanleggene var bunnen dekket av mye organisk materiale og børstemark. Artsdiversiteten rundt disse anleggene viste seg å være lav (Hansen et al., 2011, s. 5). Denne rapporten fra 2011 la det videre grunnlaget for Havforskningsinstituttets arbeid med å vurdere påvirkningen fra næringssalter og organisk materiale på grunn og dyp hardbunn (Hansen et al., 2011, s. 3).

Konsekvensene av fiskeslammets forurensing i sjø blir nå årlig undersøkt som en del av en risikovurderingene som gjøres av havforskningsinstituttet knyttet til norsk fiskeoppdrett. I disse risikovurderingene kartlegges og analyseres usikkerheten knyttet til fremtidige konsekvenser av fiskeoppdrett langs norskekysten. Dette legger det videre beslutningsgrunnlaget for å sikre en bærekraftig utvikling av norsk fiskeoppdrett. Målet med havforskningsinstituttets risikovurderinger er å skape en risikoforståelse og – erkjennelse, og det finnes ingen korrekte risikotall eller fasit knyttet til fremtidig usikkerhet. Med risikobegrepet menes «konsekvenser» av aktiviteter med tilhørende kunnskapsbasert «usikkerhet», og de årlige risikovurderingene måler og beskriver usikkerhet knyttet til mulige konsekvenser av oppdrettsnæringen ved hjelp av sannsynligheter og kunnskapsstyrke (Grefsrud et al., 2022, s. 18). I disse vurderingene av fiskeslammets risiko for miljøbelastning er det hovedsakelig vektlagt hvordan partikulært organisk materiale og løste næringssalter påvirker biomangfold og faunaforholdene i sjø.

Fra 2013 til 2014 ble utslippenes effekter på svamp undersøkt gjennom en studie utført ved Havforskningsinstituttet på oppdrag fra Fiskeridirektoratet. Svamp ble spesielt undersøkt i

denne sammenheng da den er sårbar overfor menneskeskapt påvirkning når den livnærer seg av å filtrere vannmassene. Den kan dermed brukes til å studere effektene av endring i vannets partikkelmengder, og utslipp av organisk materiale fra fiskeoppdrett. Studien avdekket en gradvis overgang på hardbunn fra svamp og pigghuder til en mer monokulturfauna med noen få arter av børstemark når man nærmet seg fiskeanlegget (Kutt et al., 2016, s. 1).

Ved siden av havforskningsinstituttet sine studier, rapporter og risikovurderinger, har også Norsk institutt for vannforskning (NIVA) undersøkt og publisert en overvåkingsrapport på kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2020. Her fremlegges resultater fra de årlige beregningene av nitrogen og fosfor til definerte områder av norskekysten fra 1990 til 2020. Kildene som blir vurdert og sammenlignet med hverandre i rapporten er utslipp fra kommunal avløpssektor, industri, akvakultur, jordbruk og bakgrunnsavrenning. I beregningene av akvakulturens utslipp ble kun produksjon av Atlantisk laks (*Salmo salar*) og regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) i sjø inkludert. Settefiskoppdrett på land ble altså ikke inkludert i «akvakultur» i denne sammenheng (Guerrero & Sample, 2022, s. 6). I beregningene av kildefordelingen ble det brukt en TEOTIL-modell med inngangsdata fra norske kilder. For å følge opp Norges internasjonale forpliktelser knyttet til reduksjon av næringsalter til Skagerrakområdet, ble modellen for første gang etablert på 90-tallet. Senere er modellen videreutviklet til å dekke hele landet. Ved å bruke denne modellen kobles utslipp til de minste nedbørsfeltene og tar hensyn til en bestemt tilbakeholdelse av næringssaltene, og det etableres en oversikt over størrelsesorden av tilførsler og en grov kildefordeling. Videre bruker modellen data fra norske databaser over årlige utslipp av næringsalter til vann (Guerrero & Sample, 2022, s. 9).

I 2011 ble en artikkel om konsekvensene fra utslippene av fiskeslam, ved oppdrettsanlegg i Taiwan, har på subtropiske korallsamfunn blitt undersøkt i studien «*Nutrient enrichment caused by marine cage culture and its influence on subtropical coral communities in turbid waters*». Her ble miljøparametere og sammensetning av bunndyrssamfunn studert.

Miljøparameterne avslørte blant annet forhøyede nivåer av ammonium og nitritt som ble sluppet ut fra merdene som de viktigste forurensingsindikatorer, og at dekningsgraden av makroalger, svamper og zoanthider var sterkt korrelert med utslippene (Huang et al., 2011). Selv om klima i Taiwan er vesentlig annerledes enn her i Norge, vil denne studien likevel være interessant da den sier noe om hvordan de samme næringssaltene som slippes ut ved

norske oppdrettsanlegg, påvirker arter av samme orden/familie/slekt som artene som finnes i den norske faunaen rundt anleggene.

På samme måten kan studien «*Intensive fish farming in the Philippines is detrimental to the reef-building coral *Pocillopora damicornis**» være interessant da den også undersøker effektene av avløpsvann fra oppdrettsanlegg ved Filipinene. Spesielt vektlegger denne studien helsen til korallrev i møte med økende menneskeskapt påvirkning av miljøet, og hvordan den fremvoksende kystnære oppdrettsaktiviteten i økende grad ansees som en trussel mot helsen til korallrevene på lokalt nivå. Her beskrives sedimentering og eutrofiering fra intensivt fiskeoppdrett som den største miljøbelastningen på marine økosystemer (Villanueva et al., 2006).

#### 2.1.4 Næringsinnhold og gjødseleffekt

For at det oppsamlede fiskeslammet skal kunne anvendes som gjødselvarerprodukt har følgende studier undersøkt fiskeslammets næringsinnhold, og hvordan ulik behandling påvirker gjødseleffekten.

Dette ble undersøkt av NIBIO, og presenteres i en rapport om hvordan ulik behandling av fiskeslam påvirker gjødselkvaliteten gjennom FishBash prosjektet. Fiskeslam som et betydelig og kostbart avfallsproblem var inngangen for FishBash prosjektet med hovedsakelig tre hovedformål. Prosjektet skulle kartlegge konsentrasjonen av næringsstoffer og tungmetaller i fiskeslam, kartlegge kvaliteten til fiskeslam som nitrogengjødning, og beskrive nitrogengjødningseffekten til fiskeslam. Det ble analysert fiskeslam fra fem settefiskanlegg for smolt gjennom en flytende biorest, en tørket biorest og fire produkter som var tørket med ulik teknologi. Resultatene viste varierende gjødningseffekt. Variasjonen fremgikk også for fiskeslam fra samme settefiskanlegg. Tørkingen av bioresten reduserte nitrogenkvaliteten, selv om den i utgangspunktet hadde en god nitrogengjødningseffekt.

Næringsstoffsammensetning i fiskeslammet var ubalansert med et lavt nitrogen/fosfor forhold, og lavt kaliuminnhold. Nitrogenet i det tørkede fiskeslammet viste seg å være tungt tilgjengelig. Studien beskriver likevel hvordan fosfor i fiskeslammet vil bli utnyttet på en bærekraftig måte dersom det kombineres med mineralsk nitrogen- og kaliumgjødning.

Resultatene viste også at fiskefôrprodusenter bør etterstrebe og optimalisere fiskefôrets kvalitet, slik at man kan redusere tungmetallinnholdet i fiskeslammet. Studien konkluderer også med at gjeldende maksimumsgrenser for tungmetaller i Forskrift om gjødselvarer mv. av

organisk opphav (heretter; Gjødselforeforskriften) setter barrierer for effektiv utnyttelse av næringsstoffene (Brod, 2021).

NIBIO har også publisert en rapport fra 2019 gjennom Fish2Farm prosjektet, som tar for seg bruk av tørket fiskeslam fra settefiskanlegg som gjødsel i norsk landbruk. Målet med Fish2Farm prosjektet var å se på potensialet for resirkulering av næringsstoffer fra fiskeoppdrett. Metoden som ble brukt for å samle inn data var å undersøke næringsstoffinnhold, og effekten av behandlingsmetoden av fiskeslammet som ble brukt fra fire ulike anlegg. Disse prøvene ble så videre brukt som gjødselmidler til vekstforsøk. Det ble totalt testet fire ulike gjødseltyper av fiskeslam, biorest, fullgjødsel, halm, Calcinit (kalksalpeter) og ulike kombinasjoner av disse i vekstforsøket. Gjennom resultatene konkluderte rapporten med at fiskeslam er godt egnet som nitrogengjødsel. Det fremgikk likevel at det ville vært en fordel å benytte seg av en behandlingsmetode som hindrer tap av mineralsk nitrogen. I fiskeslammets markedsvurdering konkluderes det med at et større fremtidig fokus på resirkulering av fosfor vil kunne bidra til reduksjon av bruk av kunst- og mineralgjødsel til fordel for organisk gjødsel (Cabell et al., 2019).

«Closing global P cycles: The effect of dewatered fish sludge and manure solids as P fertiliser» er enda en studie som undersøker hvordan fiskeslam bør behandles for å bidra til å lukke kretsløpet av essensielle næringsstoffer, slik at de kan gjenvinnes videre. Studien forklarer effekten av fiskeslam som fosforgjødsel. Fosforkvaliteten i 14 filtrerte og/eller tørkede, komposterte, separerte eller pyrolyserte produkter basert på fiskeslam eller storfe- og svinestjødsel ble studert i to toårige vekstforsøk. Vekstforsøkene ble utført på bygg (*Hordeum vulgare*) og vårhvete (*Triticum aestivum*). Resultatene viste et behov for innsats for å optimalisere fosforeffektene dersom fiskeslam skal omdannes fra avfall til verdifull gjødsel. Biokull basert på fiskeslam eller gjødsel hadde lave konsentrasjoner av løselig fosfor, og lav fosforgjødslingseffekt, noe som bekrefter at andre behandlingsprosesser enn pyrolyse bør velges for fosforrike avfallsressurser for å tillate effektiv fosforresirkulering (Brod & Øgaard, 2021).

En rapport fra Nofima fra 2016 «Karakterisering av slam fra tre kommersielle settefiskanlegg gjennom ett produksjonsår» karakteriserte videre innholdet av næringsstoffer (fett, protein, mineraler), og energi i ulike fiskeslamprøver. Prosjektet samlet inn prøver hver måned gjennom et helt år fra tre settefiskanlegg. Resultatene som fremgikk viste at fiskeslammet inneholdt relativt mye energi og fett, men sammensetningen av næringsstoffer og mineraler

varierte. De konkluderte med at en årsak kunne være variasjonen i mengde fôrspill. Innholdet av tungmetaller ble også undersøkt. Prøvene resulterte i at fiskeslammet kunne fint brukes til jordforbedringsmiddel, men at innholdet av sink og delvis kadmium satt begrensninger for bruk som gjødselprodukt til matproduksjon (Ytrestøyl et al., 2016).

Bioforsk kom i 2014 ut med rapporten «Fiskeslam fra oppdrettsanlegg» som så på to løsninger til bruk av fiskeslam fra sjø; gjødsel til planter og råstoff til biogass. Formålet med prosjektet var å finne fiskeslammets verdi som gjødsel og/eller biogass, og kartlegge mulige partnere og videreutvikling av fiskeslambehandling. Analysene som ble gjennomført på fiskeslam og tørket fiskeslam resulterte i lite funn av tungmetaller, som vil være positivt ved bruk som gjødsel. Dataene som ble samlet inn ga ikke en sammenhengende analyseserie gjennom prøveåret på grunn av forstyrrende elementer som slakting midt i prosjektperioden på den ene lokaliteten, og utsetting av ny fisk på den andre lokaliteten. Det ble benyttet ubehandlet, fortynnet, tørket fiskeslam og fiskeslam blandet med torv i dyrkingsforsøk på jordbær, plommer og graseng. Resultatene fra disse vekstforsøkene viste at fiskeslammet inneholder plantetilgjengelige næringsstoffer som blant annet nitrogen. Videre ble det gjort vurdering av fiskeslam til bruk i biogass, og det ble konkludert med at fiskeslam er godt egnet.

Utfordringer som kan oppstå er salt- og vanninnholdet, men på den positive siden vil næringsinnholdet i fiskeslammet forbli det samme i bioresten og ha tilsvarende gjødseleffekt som husdyrgjødsel. Til slutt kommer rapporten med en anbefaling om å vurdere mulighetene ved fiskeslambehandling tilknyttet avfallsfraksjoner. Dette for å redusere etablerings- og driftskostnader, samt oppnå bedre energiutbytte som følger med et biogassanlegg (Vangdal et al., 2014).

## 2.2 Teori

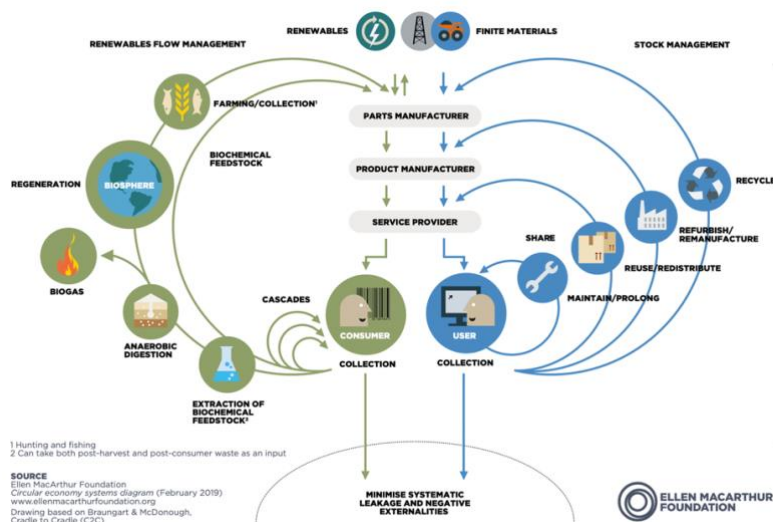
Gjennomgangen av eksisterende litteratur, i delkapittel 2.1, la grunnlaget for teorien som blir presentert i dette delkapittelet. Ved å systematisk presentere relevant teori for videre diskusjon og metodisk tilnærming, vil masteroppgaven kunne sees i en større sammenheng og sette problemstillingen inn i et bredere akademisk perspektiv. Rekkefølgen av teorien nedenfor er sortert fra et bredt omfang som legger grunnlag for flere elementer i denne masteroppgaven, til mer spesifikke modeller og teorier som anvendes konkrete steder i oppgaven.



## 2.2.1 Den sirkulære økonomien systemdiagram

Den sirkulære økonomiens systemdiagram, også kalt sommerfuglmodellen, utarbeidet av Ellen MacArthur illustrer den kontinuerlige flyten av materialer i en sirkulær økonomi. Modellen består av to hovedsykluser, den tekniske syklusen og den biologiske syklusen (Figur 4) (The Ellen MacArthur Foundation, u.å.-a).

I denne masteroppgaven vil vårt hovedfokus rettes mot den biologiske syklusen, til venstre i modellen, som beskriver prosesser som tilbakefører næringsstoffene til jorda og bidrar til å regenerere naturen. Her fokuseres det på materialer som kan brytes ned, dette er hovedsakelig produkter som konsumeres, for eksempel mat. Enkelte biologiske nedbrytbare materialer kan starte i den tekniske syklusen og bevege seg over i den biologiske syklusen etter produktet har nådd et punkt hvor det ikke lenger kan benyttes til gjenvinning av nye produkter. Hovedfokuset i den biologiske syklusen er regenerering. I en lineær økonomi har vi kontinuerlig forringelse av naturen. Ved å gå over til en sirkulær økonomi vil vi bygge naturkapital. Dette kan gjøres gjennom å benytte seg av jordbruksmetoder for at naturen gjenoppbygger jordsmonnet, og øker det biologiske mangfoldet. Et sirkulært matsystem returnerer dermed biologisk materialet tilbake til jorda i stedet for å sløse med ressursene. Fokuset bør ikke lenger være på å gjøre mindre skade på miljøet, men heller hvordan vi aktivt kan forbedre det. Ved å forvalte næringer som har tilgang til biologiske ressurser, for eksempel havbruksnæringen, på gode måter kan dette skape positive utfall for naturen. Disse positive utfallene kan innebære forbedret lokalt biologisk mangfold, luft- og vannkvalitet og karbonlagring i jorda (The Ellen MacArthur Foundation, u.å.-b).



Figur 4: Illustrasjon av Ellen MacArthur sin sommerfuglmodell som presenterer den sirkulære økonomiens systemdiagram (The Ellen MacArthur Foundation, u.å.-a)

### 2.2.2 PESTEL-analyse

For å analysere makroomgivelser kan PESTEL-analyse anvendes som et nøkkelverktøy ved identifisering av mekanismene som vil påvirke bransjene på samfunnsnivå. Analysen inkluderer et marked-aspekt hvor prising og innovasjon er viktige nøkkelstrategier. PESTEL inkluderer også et «ikke-marked»- aspekt, som relaterer til politiske, juridiske og økologiske faktorer, hvor lobbyvirksomhet, PR, nettverk og samarbeid er de viktigste nøkkelstrategiene (Whittington et al., 2020, s. 37). PESTEL kategoriserer makroomgivelsene i følgende seks hovedkategorier; politikk/styringsregime, økonomiske forhold, sosiale forhold, teknisk utvikling, miljø og lovgivning (Whittington et al., 2020, s. 36).

Politikk/styringsregime fremhever rollen til stat eller andre politiske faktorer i makromiljøet. Tiltak fra myndigheter og offentlige institusjoner vil kunne gripe inn i markedet og økonomien. Hva politikere velger å subsidiere er dermed viktig for økonomien i næringene. Dette vil dessuten være viktig for aktørens eksponering i det sivile samfunn. Det sivile samfunnet består av en rekke organisasjoner med mulighet for å reise politiske spørsmål, inkludert politiske lobbyister, kampanjegrupper eller medier (Whittington et al., 2020, s. 37). Politiske spørsmål som kan reises i denne sammenheng kan være tilknyttet innsatsen som legges i å øke andelen av resirkulerte bioressurser. Det sivile samfunnet uttrykker en politisk vilje til å kutte nedbygging av natur og erstatte fossilintensive energiformer og råstoffer. Det kreves fortsatt politiske lobbyister, kampanjegrupper eller press fra medier i styrkingen av virkemiddelapparatet som støtter opp om bruk av restråstoffer, som for eksempel fiskeslam.

Økonomiske forhold omfatter trender som påvirker renter, skatt, inflasjon, valutakurs, og som har direkte eller indirekte betydning for økonomien (Whittington et al., 2020, s. 40). Som nevnt i introduksjon øker etterspørselen etter nye kilder til næringsstoffene som inngår i gjødselvarer. I dag er likevel markedet for restråstoffer underutviklet, og det kan være uklart om det er mulig å skape profitt ved bruk av restråstoff da det heller ikke eksisterer noen prisregulerende mekanismer enda.

Sosiale forhold beskriver demografiske endringer som kan påvirke den spesifikke etterspørsel og tilbud innenfor den samlede økonomiske vekstraten. Dette kan forme innovasjonsevnen, samt kraften og effektiviteten hos aktørene. Med organisasjonsfelt må ledere analysere

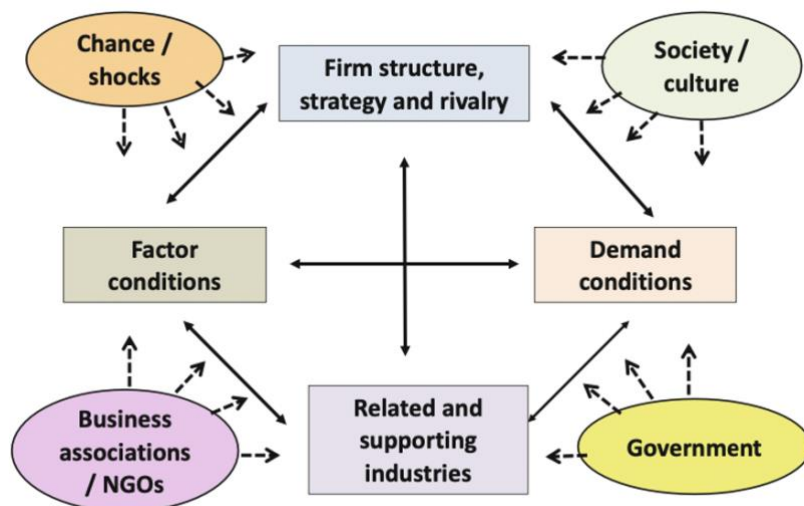
innflytelsen fra et bredt spekter av organisatoriske feltmedlemmer, og ikke bare medarbeidere, forbrukere eller leverandører. For å øke aktørenes innovasjonsevne kan et stort antall sammenkoblinger, tverrfaglighet eller et sentralt knutepunkt for samling av ideer og informasjon være verdifullt (Whittington et al., 2020, s. 41). Dette understreker hvorfor det blir nødvendig å jobbe på tvers av verdikjeder for å etablere et nytt system. Når markeder for restråstoff ende er umodent, vil det medføre en sosial og økonomisk risiko for individer og selskaper å «gå først» med en stor investering/satsning.

Teknisk utvikling viser til nye produkter og prosesser, og hvordan forskning og utvikling har ført til nye og bedre produkter eller tjenester. Indikatorer for teknisk utvikling kan være investeringer som gjøres i FoU-er, patenter og patentanalyse, eller produktlanseringer. Offentlige utgifter til forskning, innovasjon og fokus på insentiver til forskning kan også gjenspeiles i den teknologiske utviklingen (Whittington et al., 2020, s. 43). Det kan tenkes at det er vanskelig å starte en ny produksjon med ny type innsatsfaktor, og det vil trenge dramatiske investeringer til produksjonskapasitet. Disse barrierene kan likevel senkes ved offentlig insentiver, mer forskning, produktutvikling, økt etterspørsel, og gode business case.

Lovgivning kan være sterkt knyttet til, og sette rammene for etterspørselen og tilbudet i markedet. Dette kan inkludere nye standarder innen kvalitet, distribusjonsmåter, salg og restriksjoner (Whittington et al., 2020, s. 47).

### 2.2.3 Næringsklynger og verdiskapning

Porters diamantmodell (1990) er et utviklet rammeverk som kan brukes som et verktøy til å kartlegge et lands konkurransefortrinn. Det er fire elementer som er grunnleggende i modellen; (1) faktorforhold, (2) etterspørselsforhold, (3) fast struktur, strategi og rivalisering og (4) relaterte og støttende industrier. *Figur 5* viser en versjon av Porters diamantmodell som er tilpasset bioøkonomien. Indikatorene er ikke spesifikke for bioøkonomi, men er likevel nyttig for å utvikle landets bioøkonomi (Lewandowski, 2018, s. 30).



Figur 5: En tilpasset versjon av Porters diamantmodell (Lewandowski, 2018, s. 30)

Etterspørselen etter bioøkonomiske produkter kan styrkes ved at regjeringen fremmer merker for biobaserte produkter som gjør det lettere for forbrukerne å ta valg gjennom informasjonskampanjer og fremme sosial dialog. Ved å implementere regler for offentlige anskaffelser vil myndighetene styrke offentlig etterspørsel etter biobaserte produkter (Lewandowski, 2018, s. 32). Tilstedeværelsen av etterspørselsbetingelser presser selskaper til å vokse, innovere og forbedre kvaliteten. Ved å tilfredsstille et krevende nasjonalt marked vil selskaper bli motivert til å oppskalere, og se muligheter på tvers av landegrenser. Nasjoner får konkurransefortrinn i bransjer der de lokale kundene gir selskaper et klarere eller tidligere bilde av nye kjøperbehov, og hvor krevende kunder legger press på selskaper til å innovere raskere, og oppnå mer bærekraftige konkurransefortrinn enn sine utenlandske konkurrenter (Bruin, 2018).

Gjennom Porters analyse kommer det frem en viktig innsikt om at en sterk konkurranse blant selskaper i et land kan styrke deres internasjonale konkurransefortrinn fordi konkurranse motiverer selskaper til å være innovative og strategiske. Et viktig element i en bioøkonomistrategi er å fremme konkurranse blant bedrifter som engasjerer seg for bioøkonomi, og begrense markedsdominansen mellom dem (Lewandowski, 2018, s. 32).

En stor del av bioøkonomistrategier er å utvikle klynger. Bioøkonomien krever et sterkt og regionalt integrert nettverk av næringer som er relatert og støtter hverandre langs hele verdikjeden (Lewandowski, 2018, s. 32). Selskaper er avhengige av allianser og partnerskap med andre selskaper for å kunne skape merverdi for kundene, og bli mer konkurransedyktige.

Spesielt leverandører er en avgjørende faktor for å styrke innovasjonen gjennom å effektivisere, kontinuerlig tilbakemeldinger og korte kommunikasjonslinjer (Bruin, 2018).

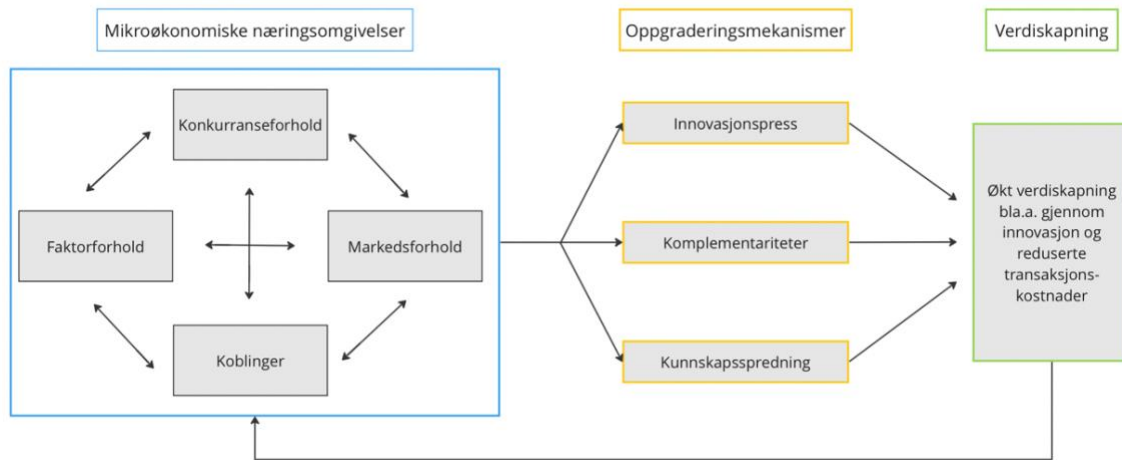
Faktorer som er utenfor politiske og økonomiske aktørers kontroll, kan spille en viktig rolle i å bestemme konkurransefortrinnet til en industri. Dette er enten positive faktorer, sjanser, som gir uventede muligheter for bioøkonomien, eller negative, sjokk, som naturkatastrofer eller plutselige prisendringer. Her er det viktig at mulighetene som oppstår fra sjanser eller sjokk blir utnyttet og brukt som en mulighet til å utvikle bioøkonomi (Lewandowski, 2018, s. 32–33).

Sosiokulturelle faktorer er i likhet med sjanser og sjokk utenfor politiske eller økonomiske aktørers kontroll. Disse faktorene kan påvirke innovasjon og utviklingen av bioøkonomien på ulikt vis. Utvikling av teknologi som kan være til fordel for bioøkonomien, kan i noen tilfeller ikke bli akseptert av forbrukere. Dette vil fremme innsatsen for å utvikle alternative teknologier som kan gi landet et konkurransefortrinn (Lewandowski, 2018, s. 33).

Styresett av bioøkonomien vil innebære institusjoner, prosesser og aktører som er relevante for utviklingen av bioøkonomi (Lewandowski, 2018, s. 33).

*Figur 6* viser hvordan Reve og Jakobsen (2000) har videreutviklet Porters diamantmodell for å tilpasse den enda mer mot næringsklynger og innovasjon. Verdiskapning og innovasjon oppstår best gjennom sterke næringsklynger som driver internasjonal konkurranse. Næringsklynger kjennetegnes av sterk konkurranse og tette samarbeidsrelasjoner. Det er rask kunnskapsspredning innad i næringsklynger, og det er et sterkt innovasjons- og omstillingstempo. Teorien rundt næringsklynger som Reve og Jakobsen har utviklet og koblet sammen med Porters diamantmodell ser på sammenhengen mellom de mikroøkonomiske næringsomgivelsene, oppgraderingsmekanismene og verdiskapning. De tre oppgraderingsmekanismer som blir presentert er; (1) innovasjonspress som oppstår ved nærhet til krevende kunder, et sterkt kunnskapsmiljø og ledende leverandører, (2) komplementaritet som er knyttet til synergier mellom aktører som forsterker og utfyller hverandre, og (3) kunnskapseksternaliteter som oppstår ved industriell kompetansekonsentrasjon og kunnskapsspredning (Finansdepartementet, 2000; Reve & Jakobsen, 2001, s. 45).

## Næringsklynger og verdiskapning



Figur 6: Illustrasjonsmodell for næringsklynger og verdiskapning (Reve & Jakobsen, 2001, s. 29)

### 2.2.4 Innovation sweet-spot

Innovation sweet-spot som omhandler grensesnittet mellom mennesker, business, teknologi og innvirkning, ble tatt med i betraktning da vi skulle bestemme fremgangsmåte for vår datainnsamling og utvikling av intervjuguide. Ved det menneskelige aspektet i innovation sweet-spot er det viktig å ta i betraktning forskjellen på hva folk sier de gjør, og hva de faktisk gjør. Business-aspektet minner oss i midlertidig på at den opplevde verdien av endringen/løsningen må være høyere en kostnaden vi betaler for den. Teknologien må sørge for at løsningen må virke, hver gang. Det siste aspektet; innvirkning, forteller at et problem for planeten er ikke alltid et problem i folks hverdag (Board of Innovation, u.å.).

### 2.2.5 Four lenses

Vi ønsker å kartlegge hvordan våre funn kunne plasseres i forhold til de fire linsene i “Four lenses”-modellen. Dette vil kunne gjøre det enklere for oss å avklare påstandens betydning for videre utvikling i næringene, samtidig som det kunne bidra til å danne et bilde av næringsomgivelsene. I dette arbeidet vil ikke målet være å finne *det* riktige svaret på hvordan næringene kan bli mer bærekraftige, men heller å finne bedre svar på hvilke oppgraderingsmekanismer som kreves. *Det rette* svaret vil alltid være i endring når det er snakk om bærekraft, både fordi næringsomgivelsene er i stadig endring, men også fordi vi stadig lærer mer om bærekraft (Gibson, 2015).

De 4 linsene inkluderer følgende; (1) etablerte sannheter, (2) kjernekompetanse, (3) trendbrudd/diskontinuitet og (4) brukerbehov.

Etablerte sannheter kan innebære antagelser som ikke nødvendigvis stemmer overens med virkeligheten. Vi vil utarbeide den beste løsningen for bærekraft i de involverte næringene, og utfordre ortodoksi hvor vi gjennom intervjuene stilte spørsmål ved dypt forankret tro og antagelser for å utforske nye og ukonvensjonelle svar (Gibson, 2015).

Kjernekompetansen, den andre linsen, vil være relevant for hvert enkelt aktørnivå, hvor den unike kapabiliteten til hver aktør kartlegges, og ved å forstå kapasiteten til å omdistribuere ferdigheter og eiendeler på nye måter. I denne sammenhengen er det relevant å kartlegge hvem vi vil skape en verdi for, noe som kan være utfordrende i vårt tilfelle. Vi undersøker nemlig et helt økosystem av aktører, hvor den vi vil skape verdi for kanskje er bioressursen i seg selv (Gibson, 2015).

Med trendbrudd/diskontinuiteter kan endringene undersøkes på samfunnsnivå, og hvordan aktørene må omstille sin praksis. Ved å kartlegge disse trendbruddene kan vi nettopp utnytte trendene ved å erkjenne det fremtidige potensiale til nye utviklinger, og bruke disse trendene til å åpne opp for nye muligheter (Gibson, 2015).

Den siste “linsen” som omhandler brukerbehov gjør oss i stand til å nå ut til menneskene som sitter i de aktuelle selskapene, men også hvordan tillit og kommunikasjon vil være vesentlig for å få til en god løsning. Vi må forstå behovet ved å ta hensyn til problemer og frustrasjoner som andre tidligere har ignorert, og eksperimentere med nye løsninger på problemet (Gibson, 2015).

#### 2.2.6 System-, verdikjede og tverrfaglig design

Som nevnt i de fire linsene vil vi undersøke et helt økosystem av aktører, hvor målet ikke er å skape verdi for en enkelt aktør, men heller øke verdien til en bioressurs ved å forsøke å omgjøre et avfall til en høyverdig ressurs. Systemdesign er en relativt nyutviklet tilnærming, og en videreutvikling fra «design thinking»-metoden. Her har vi med andre ord hele verdikjeder som «scope», fremfor en enkelt tjeneste, produkt eller aktør.

Systemdesign passer godt med det vi ønsker å undersøke da det er en praktisk orientert designdisiplin, som handler om å forstå helhetlige sammenhenger for å kartlegge de reelle problemene, og på den måten finne bedre løsninger (Digdir, u.å.). Elementene i et system kobles sammen med spesifikke relasjoner eller interaksjoner, og kan være både direkte eller indirekte (Lewandowski, 2018, s. 51). Systemets koblinger har vi dermed forsøkt å kartlegge gjennom en verdikjedetilnærming. Denne verdikjedetilnærmingen knyttes til systemdesignet ved at den skildrer virkningen av et produkt, og den gjensidige avhengigheten av produksjonssystemene (Lewandowski, 2018, s. 89). Systemdesignet hjelper oss i å flytte verdikjedetilnærmingen fra en lineær metodisk tilnærming, til å heller være i stand til å modellere kompleksitet (Lewandowski, 2018, s. 50).

Med en tverrfaglig tilnærming vil «myter og sannheter» fra hvert ledd i verdikjeden bli kritisk vurdert i lys av «fakta», slik kan man forsøke å integrere disiplinspesifikk kunnskap til en større helhet (Lewandowski, 2018, s. 45). Dette kan sees i sammenheng med «etablerte sannheter» i de fire linsene. I beskrivelsen av «tverrdisiplinaritet» pekes det på vanskelighetene ved at begreper i noen vitenskapelige miljøer er uklare (Lewandowski, 2018, s. 47). Samtidig legger systemdesign det nødvendige grunnlaget for å koble ulik kunnskap og samtidig generere begreper som kan bidra i å reflektere tverrfaglig (Lewandowski, 2018, s. 50). Med dette som bakteppe har vi derfor inkludert en begrepsliste (*Vedlegg 1*) som ble utarbeidet og anvendt under intervjuene, og sikrer at alle ledd har en felles forståelse på tross av ulik kompetanse og bakgrunner. Tverrfaglige publikasjoner kjennetegnes gjerne ved tre kjernetrekk; (1) komplekse problemer i den virkelige verden, (2) samarbeid, og (3) utvikling av metodikk (Lewandowski, 2018, s. 47). Hyppigheten av etablerte sannheter og forskjellene i disiplinspesifikk kunnskap vil kunne utfordre (2) samarbeid mellom aktørene i verdikjeden, og vi vil dedikere første del av diskusjonen til en gjennomgang av våre funn i lys av en helhetlig forståelse av virkeligheten. (3) utvikling av metodikk velger vi å sette i sammenheng med «oppgraderingsmekanismene» i modellen for næringsklynger og verdiskapning.

### 2.2.7 Endringsdesign for bioøkonomi

Systemdesignet vårt burde samtidig settes i sammenheng med endringsdesign som undersøker endringer og hvordan det kan legges til rette for paradigmeskifter, som videre kan kobles tilbake til «trendbrudd» i de fire linsene.

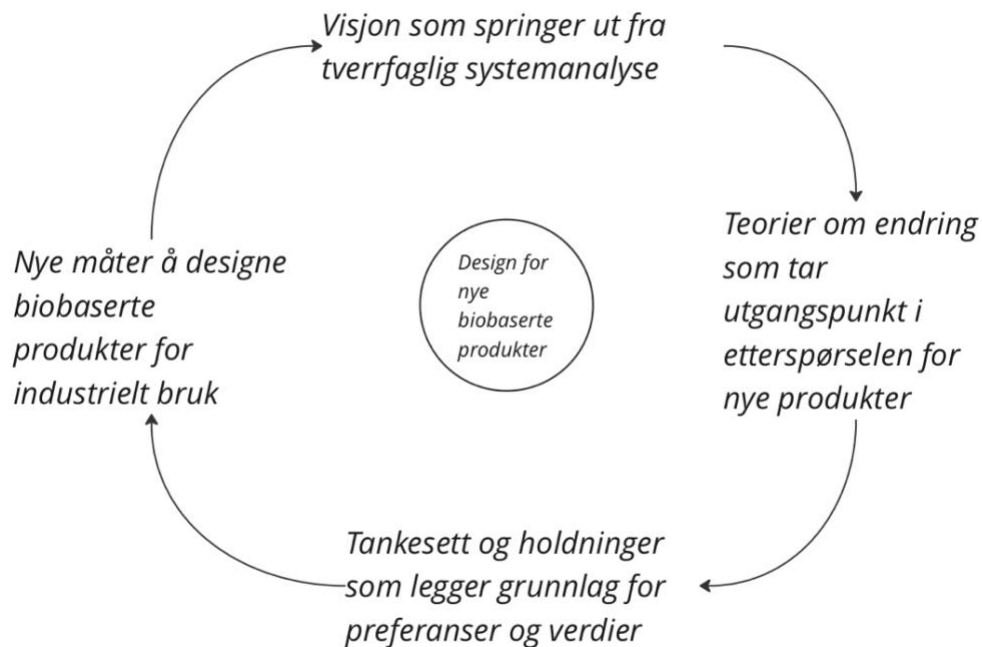


Tidligere har tilbudssiden av bioøkonomien vært mest vektlagt, men de siste årene har det likevel vokst frem et større søkelys på etablering av etterspørselssiden av bioøkonomien, og bioøkonomiens rolle i samfunnet. For å etablere en solid etterspørsel har det blitt utviklet en helhetlig modell hos masterprogrammet i bioøkonomi ved Universitet i Hohenheim (*Vedlegg 2*). Denne modellen tar utgangspunkt i «Great Societal Transformation», men tar også forbrukernes preferanser og krav til biobaserte produkter i betraktning. På denne måten kan også bioøkonomien vurderes som et element i en prosess av en samfunnsmessig transformasjon, som transformerer dagens økonomiske system til et økonomisk-, miljømessig- og sosialt bærekraftig system. For å skape en slik samfunnsmessig transformasjon trengs det dyptgripende endringer i infrastruktur, produksjonssystemer, reguleringssystemer og livsstil, som sammen skaper interaksjoner mellom politikk, samfunn, vitenskap og økonomi. Dette helhetlige synet på bioøkonomi krever en tverrfaglig systemanalyse som vi beskriver i «System-, verdi- og tverrfaglig design» ovenfor (Lewandowski, 2018, s. 28).

Endringsdesign ser på sammenhengen mellom sosiale, økonomiske og naturlige systemer, og er basert på langsiktige visjoner og erkjennelse av behovet for løsninger forankret i nye, mer bærekraftige sosioøkonomiske og politiske paradigmer. Endringsdesign er også en prosess og metodikk for å kunne se sammenhenger (Irwin, 2015, s. 230). Endringsdesign-rammeverket viser til fire viktige områder innenfor kunnskap, handling og selvrefleksjon som er visjon, teorier om endring, tankesett/holdning og nye måter å designe på (*Vedlegg 3*). Disse fire områdene forsterker hverandre og utvikler seg sammen ved at nye visjoner stimulerer til nytenkning og tilegnelse av ny kunnskap som igjen fører til endringer i tankesett og holdninger (Irwin, 2015, s. 237).

- (1) Visjon: Det er behov for mer overbevisende fremtidsorienterte visjoner for å informere og inspirere prosjekter i dag. Fremtidsrettete visjoner er i konstant endring og utvikler seg basert på kunnskap tilegnet gjennom lærdom fra dagens prosjekter (Irwin, 2015, s. 233).
- (2) Teorier om endring: Overgangen til en mer bærekraftig fremtid vil kreve omfattende endringer på alle nivåer i samfunnet. Tilnærminger til design og problemløsning må være basert på en dyp forståelse av endringsdynamikken innenfor komplekse sosiale og naturlige systemer (Irwin, 2015, s. 234).

- (3) Tankesett/holdninger: I overgangstider kreves det selvrefleksjon og nye måter å være å tenke på. Denne endringen må basere seg på nytt tankesett eller verdenssyn og holdninger som igjen fører til ulike måter å samhandle med andre på (Irwin, 2015, s. 235).
- (4) Nye måter å designe på: Overgangen til et mer bærekraftig samfunn krever nye designtilnærminger som baserer seg på ulike verdsett og kunnskap. Visjoner om en mer bærekraftig fremtid skaper behov for å inkludere sosiale og miljømessige hensyn i design metodikk, og se dette opp mot lange tidshorisonter. Endringsdesign er forskjellig fra tidligere metodikk ved sin dype forankring i fremtidsorienterte visjoner, tverrfaglighet og vektlegging av midlertidigheten til løsninger (Irwin, 2015, s. 236–237).



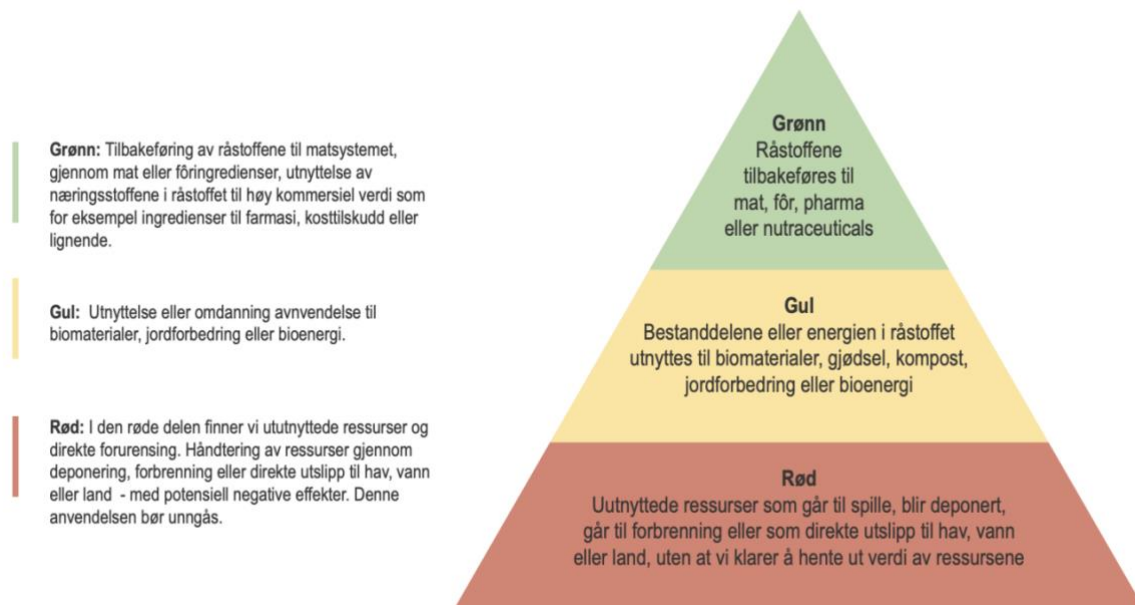
Figur 7: En kombinasjonsmodell for endringsdesign tilpasset bioøkonomien som tar utgangspunkt i «The transition design framework» (Vedlegg 3) og «Holistic concept of the bioeconomy» (Vedlegg 2) (Irwin, 2015, fig. 2.; Lewandowski, 2018, fig. 3.6)

### 2.2.8 Verdipyramide

Norges bioøkonomistrategi og strategien for en grønn, sirkulær økonomi la utgangspunktet for BioDigSirk-prosjektet. BioDigSirk var et oppdrag fra Klima- og miljødepartementet (KLD), Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) og Landbruks- og matdepartementet (LMD), som beskriver anbefalinger til myndighetenes rolle og oppgaver for å øke

ressurseffektiviseringen (*Brønnøysundregistrene: BioDigSirk, 2022*). Relatert til FNs bærekraftsmål; «ingen skal sulte» påpeker BioDigSirk hvordan det kan foreligge en potensiell konflikt mellom bioøkonomiens prinsipp om at befolkningens grunnleggende behov for mat skal komme først, og økonomisk verdiskapning. I denne sammenheng foreslås det et felles og forpliktende verdihierarki som kategoriserer anvendelsen av biologiske restråstoff. Dette skal være et hjelpemiddel for å ta stilling til om det i enkelte tilfeller vil være rett å støtte «Food first prinsippet», eller maksimere den økonomiske verdiskapningen (BioDigSirk, 2022a, s. 27). Dette illustreres gjennom en pyramide basert på et trafikklyssystem hvor den grønne delen av pyramiden viser det beste utfallet (*Figur 8*). De fleste bioressurser kan brukes til flere ulike formål i biosirkulære verdikjeder, og formålet med verdipyramiden er å sikre at ressursutnyttelse, og fullstendig utnyttelse av bioressursens verdi. Den grønne delen av pyramiden viser til oppsirkulering av de biologiske restråstoffene til anvendelse av mat, fôringredienser, kosttilskudd og farmasi. Den gule delen representerer en kontrollert omdanning av næringsstoffene til biomaterialer, jordforbedring eller bioenergi. Den røde delen viser det «verste» utfallet hvor uutnyttede bioressurser går til deponering, forbrenning eller direkte utslipp til hav, vann eller land uten at man klarer å hente verdi ut av bioressursene, med potensiell negative effekter (BioDigSirk, 2022a, s. 44).

For å oppnå så høy ressursutnyttelse som mulig er det viktig at politiske målkonflikter og eksisterende støtteordninger ikke medfører markedsforstyrrelser som tilrettelegger for at store sidestrømmer av biologisk restråstoff ikke utnyttes ideelt. BioDigSirk sin verdipyramide bør derimot legge grunnlaget for de politiske prioriteringene i forhold til reguleringer og økonomiske insentiver. Slik kan verdipyramiden fungere som en politisk forpliktende prioriteringsmodell som sikrer høyest mulig samfunnsnytte, og verdiskapning ved anvendelse av biologisk restråstoff (BioDigSirk, 2022a, s. 45).



Figur 8: BioDigSirk sin verdipyramide som skal fungere som en prioriteringsmodell ved anvendelse av biologiske restråstoffer (BioDigSirk, 2022a, s. 44)

### 2.2.9 Avfallshierarkiet

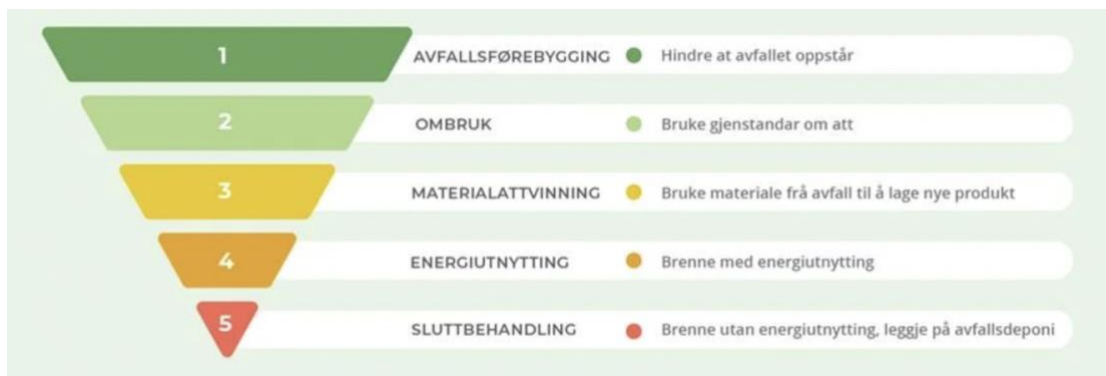
EUs rammedirektiv for avfall gir en forklaring på når et avfall går fra å være et avfall og blir et restråstoff, altså hvordan vi kan skille mellom avfall og restråstoff. EUs avfallsdirektiv la grunnlaget for avfallshåndtering gjennom et femtrinns «avfallshierarki». Avfallshierarkiet viser en preferanserekkefølge for håndtering og deponering av avfall. Forebygging av avfall kommer høyest opp i hierarkiet og er det foretrukne alternativet, nederst finner vi deponi som bør være siste utvei (*Waste Framework Directive*, u.å.).

For å kunne gå over til et mer sirkulært samfunn må avfall ansees som en ressurs, og her kan avfallshierarkiet brukes som et verktøy. Avfallshierarkiet synliggjør hvor avfallet kan brukes som en ressurs på ulike måter, og viser hvordan det finnes ulike stadier av avfallshåndtering, der målet er å behandle avfallet så høyt opp i pyramiden som mulig (*Figur 9*). Det øverste stadiet er å redusere avfallsmengden, ved å forbruke mindre. Blant de neste stadiene vil gjenbruk være det mest ressurseffektive, så gjenvinning, videre energiutnyttelse og til slutt deponering (*Hva er avfall?*, u.å.)

Avfallshierarkiet henger sammen med 3R-prinsippet, reduce, reuse og recycle, som fremhever de tre øverste stadiene i avfallshierarkiet. Målet er å oppnå «nullavfall» som tilsier null deponering og null oppvarming fra avfall. Viktigheten med 3R-prinsippet er å endre vår tankegang og lede oss mot en bærekraftig livsstil. Redusere, gjenbruke og resirkulere bidrar til

å redusere vårt overforbruk av naturressurser. I tillegg, ettersom mer avfall reduseres, gjenbrukes og resirkuleres, vil dette medføre reduksjon i avfallsmengden som går til deponi eller forbrenningsanlegg. På denne måten kan vi spare kostnader til deponi og forbrenning, samt arealbruk for deponi. 3R-prinsippet vil skape flere jobbmuligheter, redusere luftforurensning og klimagassutslipp, spare energibruk og redusere vannforurensning og vannforbruk (Samiha, 2013).

Avfallshierarkiet er utarbeidet for industrielt avfall for å få de ikke-fornybare ressursene i omløp. Den sirkulære økonomiens systemdiagram (*Figur 4*), inkluderer imidlertid også de biologiske fornybare ressursene. Derfor bør disse teoriene sees i sammenheng med hverandre, og brukes som et verktøy for å utnytte avfall og restråstoffer på best mulig måte.



Figur 9: pyramiden som illustrerer avfallshierarkiet (Klima- og miljødepartementet, 2021)

#### 2.2.10 Analyser av miljøfotavtrykk

Miljørapportering er noe som vanligvis inngår i selskapers bærekraftrapportering og samfunnsansvar. I dag er det blitt en naturlig rutine for de fleste aktører å fremlegge sitt samfunnsansvar gjennom blant annet miljørapporter, og det er få som evaluerer aktørens status kun på finansielle tall (Thornam & Higham, 2016).

Konsumenter og investorer etterspør, i stadig større grad «grønne» produkter og investeringsmuligheter, men det finnes imidlertid ikke noen enhetlig modell for klassifisering av produkter eller investeringer som kan ansees som «grønne» eller ikke (Meld. St. 31 (2020 – 2021). EUs «Green Deal» har likevel fremlagt konkrete regelverkinitiativ, herunder en taksonomiforordning som fastsetter at det skal utarbeides et klassifiseringssystem for bærekraftige investeringer (European Commission, 2019). Det er lett for at det som måles blir

styrt, mens det som ikke kan måles fort blir neglisjert, og for at aktørens miljøpåvirkning skal kunne rapporteres må det først eksistere gode metoder for å måle og analysere miljøpåvirkningen (Hauschild et al., 2018, s. 5).

Livsløpsanalyse (LCA) er et verktøy utviklet nettopp for å måle og analysere denne påvirkningen. For å nå FNs bærekraftsmål må bærekraft få en fremtredende plass i beslutningsstøtten for aktørene som er ansvarlige for å skape løsninger for fremtiden. Hver enkelt aktør trenger svar og informasjon basert på omfattende og solide verktøy, og for å unngå den ofte forekommende problemforskyvningen må beslutningsstøtten utarbeides fra et systemperspektiv. LCA er et verktøy som kan gi dette systemperspektivet, men det avhenger av fagpersoner som forstår og behersker verktøyet med kritisk blikk på informasjonen den gir (Hauschild et al., 2018, s. 22).

Gjennom LCA-analyser kan man kvantifisere miljøpåvirkningen av en vare eller tjeneste gjennom hele dens livssyklus, fra produksjon til avfallshåndtering. Det finnes imidlertid to hovedtyper av LCA-utregninger; «vugge til port» og «vugge til vugge» (Hauschild et al., 2018). «Vugge til port» utregning vurderer miljøpåvirkningen fra råvareutvinning, materialproduksjon, produksjonsprosessen og transport frem til produktet er klart til å forlate det bestemte leddet i verdikjeden. Denne utregningen gir et bilde av miljøpåvirkningen av produksjonsprosessen, og kan brukes til identifiserte potensielle forbedringer hos dette leddet (Jiménez-González et al., 2000). «Vugge til vugge» utregning tar derimot hensyn til miljøpåvirkningen gjennom hele produktets totale miljøpåvirkning, og gir mulighet for å evaluere de totale miljøkostnadene ved et produkt og mulighetene for å forbedre det (Hauschild et al., 2018, s. 77).

MFCA (Material Flow Cost Accounting) er en annen måte å analysere miljøkostnader på enn LCA, og mange omtaler MFCA som en videreutvikling fra LCA. Dette er en metode for å identifisere og redusere miljøkostnader i produksjon, og gir grunnlag for å identifisere potensielle forbedringer i produksjonssyklusen. MFCA-metoden består i hovedsak av fire hovedtrinn; (1) kartlegge materialstrømmene i produksjonsprosessen, (2) identifisere og kvantifisere miljøkostnader knyttet til hver materialstrøm, (3) analysere kostnadsstruktur og identifisering av kostnadsdrivere og (4) utvikle forbedringsalternativer og implementering av

forbedringsplaner. Gjennom disse fire hovedtrinnene kan altså en MFCA-analyse bidra til å identifisere ineffektiv bruk av ressurser, unødvendig avfall og utslipp av farlige stoffer, som igjen kan redusere miljøpåvirkningen og bedre lønnsomheten for bedriften (Ludwig, 2013).

Både MFCA og LCA kan altså bidra til å sammenligne og motivere aktører langs en verdikjede til å ta mer bærekraftige valg. Gjennom en LCA-analyse kan en bedrift få innsikt i miljøpåvirkningen fra hele verdikjeden fra råvareuttak til avhending av produktet. Dette kan inkludere miljøpåvirkning knyttet til produksjonsprosessen, materialbruk, energibruk, transport og avfallshåndtering. LCA kan dermed gi bedriften en oversikt over de største miljøpåvirkningene, og bidra til å identifisere områder hvor det kan gjøres forbedringer (Ludwig, 2015). Gjennom å inkludere MFCA i analysen, kan bedriften samtidig få en oversikt over kostnadene knyttet til miljøpåvirkningene. Dette kan hjelpe bedriften med å identifisere kostnadsdrivere og motivere til forbedringer i produksjonsprosessen som kan redusere miljøkostnadene (Walz & Guenther, 2021).

LCA og MFCA kan også brukes til å sammenligne miljøpåvirkningene og kostnadene mellom ulike aktører langs verdikjeden. Dette kan gi insentiver for samarbeid og forbedringer i hele verdikjeden. Ved å dele informasjon om miljøpåvirkninger og kostnader, kan aktørene sammen identifisere områder hvor det kan gjøres forbedringer, og samarbeide om å finne løsninger som er bærekraftige og lønnsomme for alle parter (Ludwig, 2015).

## Kapittel 3: Metode og datainnsamling

I dette kapitlet vil vi gå igjennom vår metodiske tilnærming i innsamlingen av dataen, kalt «Innsikt», som fremgår i kapittel 4 og 5. Dette vil presenteres i delkapitlene; 3.1 Valg av forskningsdesign, 3.2 Utvalg, 3.3 Intervju og 3.4 Analyse. Delkapittel 3.4 vil henvise til *vedlegg 5* som grundigere illustrerer hvordan vi valgte å utføre analysen.

Delkapitlene 3.5 Validitet og reliabilitet og 3.6 Formidling og relevans åpner opp for selvrefleksjon for hvor godt vår metodiske tilnærming kan hjelpe oss i å besvare masteroppgavens forskningsspørsmål.

### 3.1 Valg av forskningsdesign

I valget av forskningsdesign, er det viktig å ha klart for seg hva man ønsker å oppnå med undersøkelsen (Creswell & Poth, 2018, s. 51). I dette delkapitlet vil vi besvare hvordan designet skal gi fokus og struktur til undersøkelsen, ved å klargjøre de tilhørende begrepene. På denne måten vurderes hvilken forskningsmetode som best egner seg for å besvare vårt forskningsspørsmål, om hvordan regenerative forsyninger og en høy grad av ressursutnyttelse kan fremmes gjennom samarbeid langs verdikjeden for å skape en overgang til en biosirkulær økonomi.

I dette tilfellet vil kvalitativ metode bli benyttet for å forstå spørsmålene om hvorfor de aktuelle næringene tar de valgene de gjør. Med et eksplorativt design søker vi innsikt i noe ukjent, og åpne noen lukkede dører. Dette designet tillater informanten å utforske og oppdage designet på egenhånd. Det ble lagt vekt på å skape en åpen og fleksibel opplevelse som tillater informanten å interagere med designet på en fri og ustrukturert måte (Creswell & Poth, 2018, s. 51). Kvantitativ metode ble vurdert som et dårligere utgangspunkt for innovasjon, da den stiller spørsmål om hva som har skjedd i fortiden med målbare enheter, mens innovasjon handler om hva som skal skje i fremtiden (Dalland, 2017, s. 54). For å hente kunnskap om et område vi i utgangspunktet hadde lite kunnskap om, ble det benyttet intervjuer for å se på ulike oppfatninger rundt problemstillingen. Ved å bruke kvalitative metoder og et eksplorativt design ønsket vi å få en dypere forståelse av de valgene som tas i de aktuelle næringene, og dermed bidra til innovasjon i fremtiden.



## 3.2 Utvalg

I kvalitativ forskning er utvalgelse og utvalgsriterier avhengig av problemstillingens utforming og tidligere valg i designsyklusen. Det ble derfor viktig å stille spørsmål om hvem vi søker etter i undersøkelsen for å lettere kunne velge riktig utvelgelsesstrategi. Med kvalitativt orientert metode henvendte vi oss til grupper eller personer som vi på forhånd mente hadde noe spesielt å bidra med i undersøkelsen, dette kalles strategisk utvalg (Dalland, 2017, s. 59).

Vi begrenset vår undersøkelse til en liten andel av Norges totale befolkning hvor informantene i denne studien ble valgt ut fra et strategisk utvalg etter egnethet (Johannessen et al., 2020, s. 58–59). Vi valgte derfor å starte datainnsamling tidlig ved å kontakte aktører som oppfyller spesifikasjonskravene definert av problemstillingen. En slik utvalgsprosess vil bidra til å skape et nettverk av aktører som kan kontakte oss dersom de har tips til ny utvikling innen tema. Dette ville øke sjansene for å nå aktuelle forskningsobjekter og sikre at dataene vi samlet inn er tidsaktuelle og ikke forurenset av tid. Gjennom intervjuer av personer med ulike roller i verdikjeden til fiskeslam ble det kartlagt noen nøkkelinformanter med erfaring og kunnskap om ressursen. Utdfordringen med dette designet er at vi blir mer sårbare for skjevheter i utvalget. Hver aktør i verdikjeden vil ha ulike perspektiver ut ifra deres interesser og forretningsmodeller (Johannessen et al., 2020, s. 69). I dag er det få aktører som håndterer, samler opp eller utnytter fiskeslammet. Det er enda lav konkurranse mellom aktørene i hvert ledd, samtidig som det er et vertikalt samarbeid mellom de aktuelle aktørene, og noen aktører vil også utfylle flere roller i verdikjeden. Aktørens kjennskap til hverandre og klyngeeffekten førte dessuten til et snøballutvalg, utover våre første nøkkelinformanter (Johannessen et al., 2020, s. 64).

Tabell 1: oversikt over hvilket ledd i verdikjeden til fiskeslam informantene våre representerte, antall representanter fra hvert ledd og samlet tidsbruk for hvert ledd i verdikjeden.

<b>Aktør</b>	<b>Antall</b>	<b>Tid</b>
Produksjon av fiskefôr	1	32min
Produksjon av fisk	1	1t 8min
Avfallshåndtering	2	1t 52min
Offentlig forvaltning	1	1t 12min
Akademia/forskningsinstitutt	2	2t 23min
Gjødselvareprodusent	2	2t 2min
Bonde	1	43min

### 3.3 Intervju

Valg av forskningsmetode er en avgjørende faktor for å sikre kvalitet og pålitelighet i ethvert forskningsprosjekt. I denne sammenhengen kan kvalitative intervjuer anses som en passende metode for å oppnå forståelse av et tema sett fra informantenes synspunkt, og for å generere ny innsikt og kunnskap. Både oss som intervjuere og informanten spiller en viktig rolle i å skape denne kunnskapen under forskningsintervjuet. Våre intervjuerne til å stille relevante spørsmål, oppfatte svarene og tolke dem nøyaktig vil være avgjørende for å sikre påliteligheten til våre intervjudata (Dalland, 2017, s. 65).

I denne studien valgte vi en deduktiv tilnærming basert på semistrukturerte intervjuer som var forankret i tidligere forskning på temaet (Johannessen et al., 2020, s. 30 og 108). Vi forberedte et semistrukturert intervju som ble stilt til alle informantene med samme formulering og intervjustil (Johannessen et al., 2020, s. 108). For å sikre at etiske hensyn ble ivaretatt, fulgte vi klare retningslinjer for anonymitet og personvern. Vi tok notater underveis og spilte inn intervjuene for å kunne gå tilbake til spesifikke svar under analysen. Før vi gjennomførte intervjuene, innhentet vi samtykke fra informantene og informerte dem om at navnene deres ikke ville bli brukt i masteroppgaven (Johannessen et al., 2020, s. 47).

For å kontakte informantene sendte vi e-poster med en kort beskrivelse av studien, og informerte dem om hvorfor vi mente de kunne gi verdifull innsikt i forskningsspørsmålet vårt. På grunn av den geografiske spredningen av informantene og deres travle timeplaner bestemte vi oss for å gjennomføre de fleste intervjuene digitalt. En ulempe med digitale intervjuer er imidlertid mangelen på kroppsspråk, noe som kan føre til at vi går glipp av underliggende informasjon (Johannessen et al., 2020, s. 125–127).

Gjennom forberedelser til intervjuene utviklet vi en intervjuguide (*Vedlegg 4*) som oppsummerte forskningstemaet og målene, klargjorde bakgrunnen for studien og forklarte dens betydning. Vi ønsket samtidig å etablere en god relasjon mellom oss som moderator og informanten, slik at det ville være en åpen og god interaksjon. Vår intervjuguide var basert på våre teoretiske antagelser og oppgavens hovedstruktur. Vi var også nøye med å ikke lage ledende spørsmål, samtidig som vi sørget for en god flyt i samtalen. Intervjuguiden var strukturert fra det generelle til det spesifikke (Askheim & Grenness, 2008, s. 123). Vi

undersøkte i den generelle delen motivasjonen til de ulike aktørene i verdikjeden, og hvordan de implementerte sine forretningsmodeller. Motivasjonsspørsmålene var like i hvert intervju for å unngå å lede informantene i en bestemt retning. Videre gikk vi over til det spesifikke ved å skreddersy spørsmålene om hver enkelt informants nåværende rolle i verdikjeden. Dette gjorde vi for at intervjuet skulle sikre at vi inkluderte alle emner og detaljene som vi ønsket å diskutere (Askheim & Grenness, 2008, s. 123).

Siden bærekraft er et grunnleggende tema i studien vår, og ikke alle ser på bærekraft som et dagligdags problem, måtte vi bruke spørsmålene våre til å avdekke hva som kan fungere bedre både for informantene og planeten. For å utvikle effektive spørsmål som leder oss til de bedre løsningene, brukte vi «innovation sweet-spot»-metoden (2.2.4).

Vi var samtidig nødt til å være observant på tverrdisiplinaritet (2.2.6) som fremgikk i intervjuene med de ulike informantene og deres respektive bakgrunner, og utfordringer som følger ved dette (Lewandowski, 2018, s. 47). Det ble derfor viktig å avklare at vi hadde en felles forståelse for begrepene som ble brukt, og det ble i denne sammenheng utarbeidet en begrepsliste (*Vedlegg 1*).

### 3.4 Analyse

I dette delkapittelet beskrives hvordan vi analyserte dataen som inngikk i intervjuene og hvordan vi i denne prosessen utnyttet en affinitetsanalyse som innfallsvinkel. Dette ble gjort for å finne ut hva som ligger bak informantenes svar, og hvordan systematikken i informasjonen ble hentet ut. Underveis i intervjufasen gikk vi tematisk gjennom notatene fra intervjuene. Dette gjorde vi ved å dra ut sitater og påstander i en tematisk inndeling. Videre delte vi temaene inn i «funn på tvers av intervjuer» og «motstridende funn». Gjennom denne affinitetsanalysen hvor vi kategoriserte notatene i flere underkategorier, kunne vi kartlegge systematikken som videre førte oss til overgangen fra intervjudata til resultat (Johannessen et al., 2020, s. 156–160). *Vedlegg 5* illustrerer hvordan vi utførte affinitetsanalysen. Denne analysen bidro til å avdekke det menneskelige aspektet i «innovation sweet-spot» (2.2.4) hvor folk ofte ikke tar rasjonelle valg uten nok informasjon, som kan føre til «bias» og «automatikk». Ved å stille spørsmålene på flere forskjellige måter med flere innfallsvinkler ønsket vi å finne ut hva som ligger bak informantens svar, og på den måten avdekke et

«mønster» etter flere intervjuer. Systematikken i informasjonen vi hentet fra intervjuene kan kartlegge hvilke funn som sammen kan bli noe større når de møter hverandre. Disse mulighetene videreførtes til «Nøkkelinnsikter» i kapittel 5 (Johannessen et al., 2020, s. 156–160).

### 3.5 Validitet og reliabilitet

I dette delkapittelet besvarer vi hvordan våre innsikter kan ansees som pålitelige og konsistente i undersøkelsen av vårt forskningsspørsmål, samt hvor godt vår metodiske tilnærming sikrer at dataen måler det den faktisk skal måle.

Reliabilitet kan gi målestøy som blant annet kan skyldes vage spørsmål. Validitet handler om hvorvidt vi måler det vi faktisk ønsker å måle. Egner for eksempel spørsmålene seg godt nok til det vi ønsker å undersøke? Hvis de ikke gjør det betyr det at vi har lav begrepsvaliditet (Dalland, 2017, s. 245). I de første intervjuene hadde vi en mer begrenset kunnskap om tema, og informantene ville inneha både mer kunnskap og/eller andre begreper på det vi ønsker å kartlegge. Vår manglende kunnskap på det relativt tekniske tema ville kunne føre til at spørsmålene våre kom i fare for å bli for vage. Etter flere intervjuer tilegnet vi oss gradvis mer kunnskap, og kom bedre i stand til å stille spørsmål som er mer spisset opp mot hva vi faktisk lurte på.

Ekstern validitet handler om hvorvidt vår studie som er satt i en bestemt setting kan trekke resultater fra vårt utvalg over til en annen gruppe (Johannessen et al., 2020, s. 251). Gjennom snøballutvalg kom vi i kontakt med aktører som allerede er i samarbeid med aktørene som vi tidligere hadde intervjuet. Dette risikerte at utvalget ble begrenset til en «klynge» med informanter som allerede er engasjerte og motiverte for å øke utnyttelsen av fiskeslam. Vi ønsket derimot å komme i kontakt med aktører med potensial for økt oppsamling og utnyttelse av fiskeslam, for at vi får kartlagt barrierene som hindrer dem fra å utnytte restråstoffet. Aktørene som ikke er inkludert i allerede etablert samarbeid vil kunne kjenne på andre barrierer enn våre informanter.

I henhold til Dalland (2017, s. 62), stiller objektivitet i kvalitative orienterte metoder andre krav enn kvantitative metoder, ettersom vi er i direkte kontakt med informantene. Oppgaven

vår er å undersøke samarbeidet mellom to næringer, blå og grønn, som har forskjellige kulturer og interesser som kan utfordre samarbeidet. I denne situasjonen kan næringene peke på hverandre som et hinder for det ønskede målet. Derfor er det viktig at vår oppgave ikke tar parti med noen av næringene, men holder oss objektive og samler informasjonen på en rettferdig måte.

### 3.6 Formidling og relevans

Her presenterer vi hvordan vår datainnsamling svarer til det grunnleggende kravet om å være relevant for å belyse problemstillingen og forskningsspørsmålet (Dalland, 2017, s. 63). For å engasjere næringene til å utnytte mer av restråstoffet, vil det være avgjørende med god og målrettet historiefortelling som tydeliggjør hvorfor vi ønsker å oppnå vårt overordnede mål om økt biosirkularitet. Med andre ord er vi nødt til å formidle hvilken verdi den biosirkulære løsningen skal gi samfunnet, og de involverte aktørene (Dalland, 2017, s. 234). Det er et mål at studien bidrar til å kartlegge hvordan de enkelte aktørene kan utnytte mer av fiskeslammet, samtidig som oppgraderingsmekanismene i kapittel 5.2 har en verdi som står sterkere enn den økonomiske kostnaden.

Denne masteroppgaven vil forhåpentligvis være av interesse for alle som er opptatt av økt biosirkularitet, og hvilke systemendringer som må til for å endre retningskursen i norsk matproduksjon. Våre resultater vil likevel være av størst interesse for aktører som allerede er i gang med forretningsmodeller for fiskeslammet. Vi håper dessuten at resultatene kan være en katalysator for nye samarbeid mellom fremoverlente aktører, og at oppgaven kan bidra i utviklingen til å synliggjøre informasjon som aktørene mangler i dag.

## Kapittel 4: Innsikt og faktasjekk

I denne delen av oppgaven har vi presentert våre hovedobservasjoner basert på innsikter fra informantene våre. Vi har strukturert innsiktene i tematisk rekkefølge, som vil følge inndelingen av nøkkelinnsiktene i kapittel 5. Videre er innsiktene kategorisert i to hovedgrupper; (1) funn på tvers av intervjuer og (2) motsigelser. Under hver innsikt presenteres kun våre informanternes påstander, og de vil nødvendigvis ikke alltid stemme med virkeligheten. Innsiktene vil derfor bli analysert og kritisk vurdert i henhold til tidligere forskning, undersøkelser eller gjeldende lovverk. I henhold til linsen om «etablerte sannheter» i delkapittel 2.2.5, vil vi forsøke å avdekke hvorvidt våre informanter som informasjonskilder er basert på falske antagelser eller sannheter. Vi vil derfor oppsummere hver innsikt som enten en myte eller en sannhet etter gjennomgang av relevant fakta.

### 4.1 Funn på tvers av intervjuer

I dette delkapittelet vil innsiktene hvor alle våre informanter var enige presenteres. Det bør likevel presiseres at de ulike temaene ble diskutert mer i dybden i noen intervjuer enn andre, grunnet vårt valg av semistrukturerte intervjuer og ulik kompetanse hos informantene.

#### 4.1.1 Produktaksept og betalingsvilje for organisk gjødsel

##### Innsikt

Intervjuene som ble gjennomført i denne studien ga innsikt i betalingsviljen for organisk gjødsel gjennom gjødselvareprodusentenes erfaringer. Disse funnene viste at forskjellige land har ulike preferanser for gjødsleegenskapene til organisk gjødsel, med en høyere etterspørsel etter organisk gjødsel i andre land enn i Norge. Gjødselprodusentene mente at norske bønder er mer opptatt av gjødselens næringsinnhold enn av kun andelen organisk materiale. Samtidig ble det hevdet at det organiske materialet kunne ha en positiv innvirkning på jordhelsen, noe som kunne brukes som et salgsargument for det spesifikke gjødslet. Det fremgikk i intervjuene at det finnes en villighet hos gjødselvareprodusenter til å betale mer for et alternativt restråstoff som innsatsfaktor i gjødsel, men de ønsker seg kunnskap om hva de faktisk betaler ekstra for.

Bøndene uttrykker bekymring for risiko knyttet til å gå over til organisk gjødsel hvis konsekvensene knyttet til innhold i tilført materiale er usikkert. Det som tilføres jorda er av stor betydning for både produksjonen og levebrødet til bøndene.

### Fakta

God jordhelse er positivt for både bonden og klimaet. For å oppnå en bærekraftig matproduksjon må gode forhold ligge til rette for at naturens prosesser skal fungere optimalt, og da er jordhelsen en avgjørende faktor. Jord som legger til rette for mat og biomasseproduksjon er rik på biologisk aktivitet. Biologisk aktivitet i jorda består av store mengder ulike mikroorganismer som blant annet bakterier, virus, sopp, encellede dyr og insekter. Disse organismene påvirkes av tilgangen på vann, luft, og mat i form av organisk materiale. Å tilføre organisk materialet til jorda er en av mange faktorer som forbedrer jordhelsen som igjen styrker økosystemtjenester, som for eksempel rensing av vann, karbonlagring og styrker motstandsdyktigheten for tørke og erosjon (*Jord og jordhelse*, u.å.).

I diskusjonene om bondens betalingsvillighet for det endelige gjødselvareproduktet, vil det være relevant å vurdere fortjenesten gjødselvareprodusenten skal sitte igjen med per solgte enhet. Med knappe fosforreserver i kombinasjon med et behov for stadig mer effektiv matproduksjon, har kostnadene for mineralsk fosfor økt betraktelig den siste tiden (Råheim, 2022). Samtidig rettes det økt oppmerksomhet til problematikk med overgjødning og bruk av kunst- og mineralgjødsel (European Commission, 2020a).

Det vil være essensielt for både gjødselvareprodusenten og bonden å ha et godt kunnskapsgrunnlag om gjødseffekten til det alternative gjødslet, dersom man skal lykkes i å omgjøre organisk avfall til et ettertraktet gjødselvareprodukt (NIBIO, 2021).

Resirkulerte næringsstoffer er som regel kun konkurransedyktige i tider hvor råvareprisene er høye eller ekstremt høye, og prissettingen av jomfruelige materialer, som i mineralgjødsel, reflekterer ikke de eksterne kostnadene eller deres knapphet. Håndteringen og behandlingen av et komplekst restråstoff, som fiskeslam, er ofte dyrere enn ved lineær prosessering av et mindre komplekst og jomfruelig råstoff i den lineære økonomien. Uten lovkrav er det i dag mangel på insentiv for produsenter til å bruke dyrere restråstoff (EasyMining, 2021).

Når det kommer til bondens bekymring for risiko ved overgang til organisk gjødsel, vil det alltid knyttes usikkerhet til fremtidig lovverk, justeringer og scenarioer.

Gjødselvereforskriften med formål om å redusere denne usikkerheten, handler §15 om varedeklarasjon til organisk gjødsel. Paragrafen innebærer åtte punkter som må dokumenteres. Punktene som er spesielt viktig i sammenheng med fiskeslam er næringsinnhold, fysiske egenskaper som prosent tørrstoff og prosentandel organisk innhold, hygieniserings- og stabiliseringsmetode og produktets kvalitetsklasse (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). Det er også et krav om å oppgi totalinnholdet av fosfor og fosforets ammoniumløslighet, som skal kunne si noe om plantetilgjengeligheten i gjødslet (NIBIO, 2017). Ifølge §10 i Gjødselvereforskriften skal produsenter eller de som omsetter gjødselvereprodukter vise aktsomhet og treffe rimelige tiltak for å begrense og forebygge innhold av blant annet organiske miljøgifter, eller andre miljøfremmende organiske stoffer i mengder som kan medføre skade på helse eller miljø ved bruk (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). §11 og 12 i Gjødselvereforskriften tar for seg registrering og rapporteringsplikt. Alle produkter skal registreres hos Mattilsynet hvor opplysninger som er nødvendig for å vurdere produktets nyttevirkning, samt eventuelle helsemessige og hygieniske risikoer og uheldige miljøeffekter knyttet til produktet skal legges frem. Her vil også informasjon om produktet, inklusive opplysninger om sammensetning/opphavsmateriale og bruk dokumenteres (Forskrift om organisk gjødsel, 2003).

### Myte eller sannhet?

At innhold av organisk materiale i gjødslet bør øke betalingsvillighet anser vi som en sannhet da viktige mikroorganismer i jorda er viktig for jordhelsen. Mikroorganismene avhenger nemlig av de organiske materiale, og er viktig for å styrke jordas økosystemtjenester og motstandsdyktighet.

Usikkerheten knyttet til hva det organiske gjødslet inneholder kan betraktes som en myte. Dette skyldes at det finnes en Gjødselvereforskrift som krever dokumentasjon av innholdet i gjødselen. Derimot er det likevel en sannhet i at det kan knyttes risiko til spesielt langtidseffekter ved bruk av gjødslet. Dette skyldes at dagens krav til tiltak og rapportering av miljøeffekter kun tar hensyn til dagens forhold, og det finnes manglende dokumentasjon på fremtidige konsekvenser.



Det er også verdt å merke seg at fremtidige regelverk eller konsekvenser ikke kan forutses. Selv om det er krav til dokumentasjon og rapportering i dag, kan det hende at det i fremtiden vil bli strengere krav eller andre konsekvenser ved bruk av organisk gjødsel.

Dette vil bli diskutert videre og knyttes opp mot nøkkelinnsiktene “*Jordhelse*” i kapittel 5.1, og “*Behov for bedre informasjonsflyt*” og “*Kan ikke være en dumpingplass*” i kapittel 5.2.

#### 4.1.2 Teknologiinvesteringer

##### Innsikt

Videre i våre undersøkelser ble det enighet om at teknologien for oppsamling av fiskeslam ikke er fullt utviklet og må derfor videreutvikles. For tiden anses teknologien som en handelsvare, og det ble påpekt at det må bli lønnsomt å investere i teknologien ved å finne gode løsninger for bruken av fiskeslam. Dette vil bidra til å unngå en situasjon der teknologien kun flytter avfallet videre opp på land uten å være en ytterligere ressurs.

I intervjuer med aktører innen den blå næringen ble det påpekt at det er store forskjeller mellom hver oppdretter når det gjelder størrelse og kapital. Det ble i denne sammenheng fremhevet at det kan være enklere å ta tak i bærekraftsproblemer for større aktører med mye kapital. Disse aktørene kan investere i og teste ut ulike teknologier, og deretter rulle ut teknologiene til resten av markedet. Dette er en lignende tilnærming til teknologiutvikling som har fungert tidligere i næringen, og det er antatt at det også vil være tilfellet med teknologi for oppsamling og behandling av fiskeslam. På denne måten kan den blå næringen lære av hverandre om hva som fungerer, og bygge utviklingen videre derfra.

##### Myte eller sannhet?

Denne innsikten kan ikke undersøkes som en myte eller sannhet, men vil bli ytterligere diskutert i nøkkelinnsiktene “*Licens to operate*” i kapittel 5.1 og “*Fra avfall til ressurs*” i kapittel 5.2, hvor det vil knyttes opp mot relevant teori fra kapittel 2.2.

### 4.1.3 Næringsstoffenes sirkularitet

#### Innsikt

Informantene bemerket at fiskeslam i dag anses som et avfallsprodukt som akvakulturprodusentene må kvitte seg med. Selv om det er en mulighet for å resirkulere den verdifulle fosforressursen ved å samle inn fiskeslam, stilte noen av informantene spørsmål ved om det faktisk er mangel på fosfor, eller om formen til fosfor som brukes, må vurderes nærmere.

#### Fakta

Tap av store mengder fosfor vil være problematisk hvis vi ikke finner alternative måter å utvinne eller resirkulere fosfor. Fosfatstein, hvor fosfor utvinnes fra, er en ikke-fornybar ressurs og er svært begrenset. Etterspørselen etter fosfor vil fortsette å øke i årene fremover, samtidig som vi henter mer og mer ut av den ikke-fornybare ressursen (Gulden, 2015). Det er anslått at dagens fosforreserver vil være tømt innen de neste 50-100 årene (Cordell et al., 2009). Dette skyldes at fosfor er et høyt reaktivt grunnstoff som sjelden finnes i fri form (Gulden, 2015). Fosfor utvunnet fra gruver med fosfatstein vil derfor etterspørres i stor grad til gjødselvareproduksjon, da annet fosfor typisk er bundet til kalsium eller jern og aluminium som skaper kalsiumfosfater eller jern-/aluminiumforbindelser med ulik løselighet (NIBIO, 2017). Samtidig vil kvaliteten til fosfor utvunnet fra gruvene med fosfatstein gå ned da flere av de resterende kildene er forurenset med både kadmium og radioaktive stoffer (Kratz et al., 2016).

Det er derfor viktig å finne alternative måter å utvinne fosfor på, som å hente ut fosfor fra organiske avfallsprodukter. Fosfor i organiske avfallsprodukter er som regel uorganisk bundet, selv om noe av det er i organisk form. Hvor lett nedbrytbare fosforforbindelsene er vil avgjøre plantetilgjengeligheten hos organisk bundet fosfor, og nedbrytningshastigheten hos organisk materiale som allerede har vært gjennom en nedbrytningsprosess vil foregå langsomt sammenlignet med nedbrytningshastigheten til forbindelser i produkter som ikke har gått gjennom noen tidligere nedbrytningsprosess (NIBIO, 2017).

#### Myte eller sannhet?

Det er sannhet i at fosfor i fri form er en mangelvare, men dersom det blir mulig å finne flere måter å løse jern- og ammonium fra fosfor, kan dette bidra til å redusere dagens fosformangel.

At fiskeslam er et avfall anser vi derfor som en myte, da fiskeslam kan spille en vesentlig rolle i resirkuleringen av fosfor og kan dermed anses som en verdifull ressurs.

Dette vil bli diskutert videre under nøkkelinnsiktene “*Fra avfall til ressurs*” i kapittel 5.1 og “*Ressursen blir brukt så høyt opp i verdihierarkiet som mulig*” i kapittel 5.2.

#### 4.1.4 Betalingsvilje for oppsamling

##### Innsikt

Når det gjelder betalingsviljen for oppsamling av fiskeslam, indikerte intervjuene at det for tiden er lav betalingsvilje, fordi oppsamlingen er frivillig. Det ble påpekt at avfallshåndtering er en kostnad for oppdrettsanlegget, noe som gjør det lite lønnsomt å samle opp fiskeslammet i sjø. Det ble sagt at grenseverdiene for bunnpåvirkning under og rundt anleggene er imidlertid de eneste markedsdriverne for oppsamling av fiskeslam. Flere informanter mener derfor at det er behov for strengere regler for oppsamling av fiskeslammet i sjø, for å gjøre det mulig å resirkulere næringsstoffer ved å gjøre mer fiskeslam tilgjengelig på markedet.

Våre informanter fra oppdrettsnæringen erkjenner behovet for å ta tak i problemet med organisk avfall, særlig i forbindelse med opphopning av sedimenter på enkelte lokaliteter. I verste fall kan dette føre til tilbakekalling av utslippstillatelser, ble det sagt. Det ble uttrykt interesse for tilpasning til bærekraftig praksis gjennom initiativer som «License to Operate». Det eksisterer, i denne sammenheng, et mål om å arbeide i harmoni med bærekraftig praksis i stedet for stadig å være i konflikt med den, hos våre informanter. Aktørene forventer samtidig at det kan komme nye krav, og at det derfor er best å være proaktiv. Situasjonen ble beskrevet som en snøball som nå begynner å rulle, og informantene uttrykte vilje til å delta i denne utviklingen.

Til slutt ble det foreslått at oppsamling av fiskeslam kan kombineres med en proaktiv strategi for bekjempelse av lakselus. Teknologi som utvikles for dette formålet kan også gjøre det enklere å samle opp fiskeslam. Det bør bemerkes at informantenes primære motivasjon for lusekontroll er fiskevelferd og redusert dødelighet, men økt oppsamling av fiskeslam ble presentert som en positiv effekt av det samme systemet.

## Fakta

Med dagens regelverk er det ingen krav om oppsamling av fiskeslam fra sjøbaserte oppdrettsanlegg. Ved etablering av et oppdrettsanlegg blir det sendt inn en søknad til statsforvalteren som vurderer søknaden etter forurensningsloven. Statsforvalteren skal legge vekt på de forurensningsmessige ulempene opp mot andre fordeler og ulemper oppdrettsanlegget vil medføre. Hvis det blir gitt tillatelse medfører det en rekke vilkår om hvordan oppdrettsanlegget skal innrettes og driftes for å redusere miljøpåvirkningen, så langt det lar seg gjøre (*Akvakultur - Miljødirektoratet*, u.å.). Akvakulturloven §11 om miljøovervåking gir krav om å dokumentere miljøtilstanden innenfor lokalitetens influensområde. Ut ifra denne dokumentasjonen vil §9 gi statsforvalteren myndighet til å tilbaketrekke tillatelsen i en tidsperiode til bestemte forhold utbedres eller endres (Akvakulturloven, 2005).

For landbaserte anlegg er regelverket imidlertid annerledes. Ifølge Forskrift om begrenning av forurensning (heretter: forurensningsforskriften) §26-3 må prosessavløpsvann passere et renseanlegg før det slippes ut i sjø (Forurensningsforskriften, 2004).

## Myte eller sannhet?

Lønnsomheten i oppsamling av fiskeslam i sjø kan diskuteres da regelverket kan sette barrierer for produksjon ved store miljøpåvirkninger av utslipp, men i utgangspunktet er det en valgfri kostnad. Så i det store og hele er det en sannhet i at det per i dag er lite lønnsomt for oppdretteren å samle opp fiskeslam i sjø. Denne potensielle kostnaden ved å stanse produksjonen kan øke betalingsviljen for oppsamling av fiskeslam.

Dette vil bli diskutert videre, og knyttes opp mot nøkkelinnsikten kalt “*Licens to operate*” i kapittel 5.1.

### 4.1.5 Logistikk

#### Innsikt

Basert på intervjuene ble logistikk nevnt som den utfordringen for oppskalering av bruken av fiskeslam. Det ble i denne sammenheng poengtert at den geografiske plasseringen av

oppdrettsanlegg medfører ofte lange avstander og utfordrende transport til områder for håndtering og bruk av fiskeslammet. Det argumenteres samtidig med at det eksisterer en lavere etterspørsel etter gjødselprodukter langs kysten sammenlignet med Østlandet, der det er en høyere andel produktivt land og færre husdyr. Følgelig tar de lange avstandene bort mye av lønnsomheten på grunn av høye transportkostnader, ble det sagt.

Det ble hevdet at avvanning eller tørking av fiskeslam før transport kan redusere transportkostnadene. Videre ble det understreket at tørking av fiskeslammet ville være hensiktsmessig for å forhindre forråtnelse under lagring. Det ble imidlertid uttrykt bekymring for at kalium og ammonium kan gå tapt under avvanning eller tørking.

### Fakta

Fiskeslam kan transporteres i tre forskjellige former; flytende form, avvannet eller tørket. Ubehandlet fiskeslam har vanligvis et tørrstoffinnhold på mindre enn 10 prosent (Kristiansen & Hetland, 2021, s. 5). For å avvanne og tørke fiskeslammet gjennomgås det en serie med steg. Første steg i prosessen er å rense fiskeslammet med trommelfilter, etterfulgt av båndfilter eller sedimentering for å avvanne det. Kjemiske polymerer kan også brukes for å binde fiskeslammet i større partikler før det går videre til sentrifugering eller skruetresse til en tørrstoffprosent på 30 er oppnådd. Dette resulterer i avvannet fiskeslam. For å produsere tørket fiskeslam med en tørrstoffprosent på rundt 90, må fiskeslammet igjennom en termisk prosess. Hovedmålet med behandlingsteknologiene har så langt vært å redusere rense- og transportkostnadene (NIBIO, 2021).

Ved transport av fiskeslam er det høye vanninnholdet en utfordring, og volumet av vann kan reduseres gjennom behandling, noe som igjen reduserer transportkostnadene. Tørket fiskeslam er den dyreste behandlingsformen, men har likevel konkurransefordeler ved blant annet reduserte transportkostnader. Transportkostnader ved ulike avstander kan være en faktor som påvirker etterspørselen etter de ulike formene av fiskeslam; ubehandlet, avvannet eller tørket. Tørket fiskeslam kan ha fordelen av lavere transportkostnader og muligheten for å transporteres over lengre strekninger sammenlignet med de to andre formene (Lånke et al., 2016, s. 19). Det skal bemerkes at behandlingsprosessene har høyt energiforbruk, og det pågår

et omfattende forskningsarbeid på dette området for å redusere energiforbruket (Erlandsen et al., 2019, s. 29).

### Myte eller sannhet?

Det er en sannhet at transport og logistikk er en stor utfordring for økt utnyttelse av fiskeslam, men at kostnadene knyttet til dette kan justeres med tørking og avvanning av fiskeslammet.

Dette vil bli diskutert videre, og knyttes opp mot nøkkelinnsikten “*Behov for bedre informasjonsflyt*” i kapittel 5.2.

#### 4.1.6 Fôroptimalisering

##### Innsikt

Etter å ha gjennomført intervjuer med representanter fra den blå næringen ble det poengtert at regulatoriske hindringer oppstår på grunn av tilstedeværelsen av tungmetaller i fiskeslam, noe som begrenser bruken som gjødselprodukt. For å løse dette problemet ble det foreslått av noen aktører å optimalisere innholdet i fiskefôr i henhold til Gjødselvereforskriften.

Fôrprodusentene forklarte at deres første prioritet er å gi fisken de næringsstoffene den trenger, men det er også utfordrende å unngå for høye nivåer av visse stoffer som er skadelige for mennesker. Fôrprodusentene arbeider derfor kontinuerlig med å optimalisere nivåene av tungmetaller.

Et av de essensielle tungmetallene som laksen trenger er sink (Zn), og det kan derfor ikke fjernes fra fôret. Det ser imidlertid ut til å være mulig å redusere mengden sink i fôret.

Oppdretteren vi intervjuet uttalte at ligningen for optimalisering av fôret fortsatt er under utvikling. Ifølge en massebalansmodell er hvete, som oppgis å utgjøre 9-10 prosent av fôret, noe fisken ikke kan nyttiggjøre seg. I tillegg ble det uttalt at jo mer vegetabilsk basert fôr som brukes, jo mer karbohydrater vil være til stede. Oppdretteren henviste til forsøk som er blitt gjort der de observerte at det kunne gjøres små justeringer for å regulere nivåene av sink og kadmium i fiskeslam. Resultatene varierte imidlertid fra batch til batch, og det var behov for mer kunnskap om hvorfor næringsinnholdet i fiskeslam varierer så mye. Den eneste nåværende forklaringen var at forholdet mellom fôrrest og fekalier kan påvirkes av fiskens ulike vekststadier.

## Fakta

Resultatene fra FishBash-projektet viste at fiskefôrprodusenter bør etterstrebe en reduksjon av tungmetallinnholdet i fôret slik at fiskefôrets kvalitet kan optimaliseres i henhold til gjødselbruk (Brod, 2021, s. 36). I det samme prosjektet kom det også frem at det var en lineær og signifikant korrelasjon mellom konsentrasjonen av fosfor og tungmetallene sink eller kadmium i fiskeslammet. Da fosfor i fiskefôret er tungt fordøyelig kan det dermed brukes til å si noe om fôrutnyttelsen. Det vil si at fiskeslam med høye konsentrasjoner av fosfor, og dermed også sink eller kadmium, vil bestå av en lavere andel med fôrrester i forhold til fekalier (Brod, 2021, s. 19).

Planter trenger en viss konsentrasjon av sink for å vokse, og det er dessuten et nødvendig næringsstoff i fiskefôret som skal sikre fiskens helse og erstatte antibiotika, selv om for høye konsentrasjoner er uønsket da det er et tungmetall (Silva et al., 2019).

## Myte eller sannhet?

At problematikken med tungmetaller i fiskeslammet kan løses ved å optimalisere innholdet i fiskefôr i henhold til Gjødselvereforskriften kan anses som en delvis sannhet da det fremgår i litteraturen at dette bør etterstrebes av fôrprodusentene, men problemet er likevel komplekst. Dette vil bli diskutert videre i nøkkelinnsikten "*Verdikjeden må være på plass*" i kapittel 5.2.

### 4.1.7 Gjødseffekt

#### Innsikt

Flere av informantene uttrykte at dersom fiskeslam som benyttes til gjødselproduksjon har en høy gjødseffekt, kan det være aktuelt å øke grenseverdien for tungmetaller. Imidlertid påpekte flere av informantene at bønder vil unngå overgjødsling, og en økning i grenseverdien for tungmetaller må veies opp mot dette hensynet. En effektiv gjødsling kan redusere den totale mengden gjødsel som benyttes, og begrense spredningen av tungmetaller på jorden.

## Fakta

Gjødselvereforskriften regulerer bruken av fiskeslam i Norge (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). Dagens Gjødselvereforskrift har som formål §1 å sikre tilfredsstillende kvalitet på gjødselvarer av organisk opphav og forebygge forurensningsmessige, helsemessige og hygieniske ulemper ved tilvirkning, lagring og bruk (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). §10 i forskriften tar for seg kvalitetskravene for spesifikke produkter basert på råvarer blant annet fiskeslam. Et av de viktige punktene i paragrafen for fiskeslam er maksimumsgrenser for tungmetaller (Forskrift om organisk gjødsel, 2003). De relevante tungmetallene er spesielt kadmium og sink (*Tabell 2*). Analyse av fiskeslamproduktene i FishBash-prosjektet viste at sink- og/eller kadmium-konsentrasjonene begrenser gjødselvereproduktene til kvalitetsklasse II. Det medfører at tilførselen av gjødselvereproduktet begrenses til 200 kg tørrstoff/daa/år. Med denne begrensningen vil det vanligvis være nødvendig med tilførsel av ekstra nitrogen av betydelig mengde for å sikre en tilstrekkelig nitrogentilførsel. Dette vil likevel avhenge av nitrogenkvalitet og avlingspotensiale for arealet til en viss grad (Brod, 2021, s. 36).

*Tabell 2: Oversikt over maksimalgrenser av de aktuelle tungmetallene oppgitt i mg/kg tørrstoff for de ulike kvalitetsklassene (Forskrift om organisk gjødsel, 2003, paragr. 10).*

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
Kadmium (Cd):	0,4	0,8	2	5
Sink (Zn):	150	400	800	1500

Det etterlyses mer kunnskap for å kunne legge til rette for bruken av fiskeslam til gjødselformål (*Fiskeslam kan bli bondens nye gull*, 2020). Både kvalitet, jordfysiske og -kjemiske prosesser og faktorer vil kunne styre næringsstofftilgjengeligheten i organiske gjødselvarer. Mineraliserings- og nedbrytningsdynamikken til fiskeslammet må undersøkes for å kunne optimalisere gjødslingsdoseringen (Cayuela et al., 2008).

## Myte eller sannhet?

Det kan være vanskelig å besvare om det er en myte eller sannhet hvorvidt grenseverdiene for tungmetaller kan økes dersom det foreligger en god gjødsleffekt, da det fortsatt etterlyses mer kunnskap. Tidligere forskning viser likevel til at det med dagens grenseverdier vil gjøre det nødvendig med ekstra tilførsel av nitrogen.



Dette vil bli diskutert videre, og knyttes opp mot nøkkelinnsikten “*Kan ikke være en dumpingplass*” i kapittel 5.2.

#### 4.1.8 Forretningsmodell

##### Innsikt

Da vi skulle undersøke muligheter for å utvikle en god forretningsmodell for fiskeslam, ble samtidig gode eksisterende løsningene på området adressert. Våre funn viser at avfallsbransjen kan bidra til å redusere kostnadene knyttet til oppsamling av fiskeslam ved å investere i teknologi og logistikk for å samle inn og behandle fiskeslammet. Dette vil imidlertid kreve at avfallshåndteringsselskapene eier fiskeslammet, og blir betalt en fast sum fra oppdrettsanlegget. Med denne løsningen kan oppdretteren fokusere på det de er gode på; produksjon av fisk, fremfor avfallshåndtering.

For at denne modellen skal fungere, må fiskeslammet kunne selges videre til en realistisk og rettferdig pris til gjødselvareprodusenter. Videre må prisen gjenspeile bondens betalingsvillighet for det endelige gjødselproduktet. Våre informanter understrekte at tilgjengeligheten av fiskeslam vil være avgjørende, og at logistikken og verdien av fiskeslammet må være attraktivt nok til å rettferdiggjøre investeringene.

Vi fant også en bekymring for at avfallshåndteringsselskapene kan få monopol, og dermed øke prisene. For å unngå dette foreslår flere av våre informanter at en miljømodell som fungerer på tvers av verdikjeden, bør inkluderes i forretningsmodellen. Dette vil kunne stimulere til økt oppsamling og utnyttelse av fiskeslammet, redusere kostnadene og samtidig gi miljøgevinster. Det er enighet mellom informantene at samarbeid på tvers av verdikjeden kan være avgjørende for en bærekraftig forretningsmodell for fiskeslam.

##### Myte eller sannhet?

Denne innsikten kan ikke undersøkes om er en myte eller sannhet, men vil bli ytterligere diskutert under nøkkelinnsikten “*Ærlige konkurrenter med lik arena*” i kapittel 5.1 hvor teori fra kapittel 2.2 blir benyttet som diskusjonsgrunnlag.

#### 4.1.9 Volum

##### Innsikt

Gjødselvareprodusenter som vurderer fiskeslammet som en innsatsfaktor ønsket seg en tydeligere oversikt over totalt kvantum som potensielt kan tilgjengeliggjøres på markedet. Ifølge våre informanter, pågår det for tiden arbeid med å utføre beregninger på potensialet for mulig volum som kan samles opp. Til tross for dette uttrykkes det frustrasjon rundt manglende kunnskapsgrunnlag for å gjøre slike beregninger. Det ble også sagt at det ville vært lettere å beregne hvor mye som kan samles opp ved en enkelt lokasjon, hvor mye fosfor som kan utvinnes, og hvor mye fôrspill som eksisterer hvis markedet var mer modent.

Knyttet til beregninger på potensielt tilgjengelig volum ble det presentert en utregning som tar utgangspunkt i en antatt 10 prosent fôrspill, hvor det ble beregnet at 35 prosent av utslippene kan samles opp ved en filtereffektivitet på 30 prosent. Det ble imidlertid presisert at fôrspillet var svært varierende, og det ble uttrykt et ønske om å kartlegge og øke forståelsen rundt en massebalanseligning, for å kunne si noe mer sikkert om mulig volum.

##### Fakta

Det er vanskelig å beregne den faktiske årlige mengden produsert fiskeslam. Det finnes varierende tall på den faktiske mengden (*Tabell 3*), dette fordi det brukes ulike metoder for å beregne mengde utlipp. En annen faktor er at fiskeslam ikke kan måles direkte, men ut ifra forholdet mellom omsatt fisk og fôrutnyttelse (Cabell et al., 2019, s. 46). Total mengde fiskeslam kan altså beregnes ut fra massebalansebudsjetter eller fiskefysiologiske modeller (Grefsrud et al., 2022, s. 9). Det er derfor vanskelig å finne et troverdig tall på mengde årlig produsert fiskeslam, som igjen resulterer i varierende tall på mengde utlipp av nitrogen og fosfor.

Tabell 3: En oversikt over ulike tall på årlig mengde produsert fiskeslam vi har kommet over.

Hvem har beregnet	Årlig mengde produsert	Kilde
Biodigsirk	300 000 tonn	(BioDigSirk, 2022a, s. 93)
Avfall Norge	Over 1 million tonn	(Korneliussen, 2021)
Bellona, Sintef Ocean	217 894 tonn	(BioDigSirk, 2022a)
Havforskningsinstituttet	292 000 tonn	(Svåsand et al., 2016, s. 110)
Sintef	535 142 tonn tørrstoff	(NorskFisk, 2022)
NIBIO	644 000 tonn 100 % tørrstoff	Workshop, Sea2land, 21.03.2023

### Myte eller sannhet?

Det er en delvis sannhet i at det er manglende data på tilgjengelig volum med fiskeslam, da ulike beregningsmetoder gir ulike utslag. Videre er det en sannhet i at tilgjengelig volum som er mulig å samle opp vil variere mellom lokasjonene.

Dette vil vi diskutere videre i nøkkelinnsiktene “*Volum er det kritiske*” og “*Fra avfall til ressurs*” i kapittel 5.1, og “*Behov for bedre informasjonsflyt*” i kapittel 5.2.

## 4.2 Motsigelser

Dette delkapittelet presenterer innsikter hvor informantene var uenige, eller presenterte ulike innfallsvinkler og perspektiver. Dette bør betraktes i sammenheng med teoriene om «etablerte sannheter» og «system-, verdikjede- og tverrfaglig design» i delkapittel 2.2. Forskjellene i disiplinspesifikk kunnskap (2.2.6) i kombinasjon med hyppighet av «etablerte sannheter» (2.2.5) kan utfordre samarbeidet mellom aktørene i verdikjeden. Gjennom en tverrfaglig tilnærming blir myter og sannheter kritisk vurdert for å integrere tverrfaglig kunnskap til en større helhet (Lewandowski, 2018, s. 45). Disse avvikene vil dessuten hjelpe oss med å identifisere områder hvor det kan være behov for ytterligere undersøkelser.

#### 4.2.1 Fiskeslam fra sjø eller land?

##### Innsikt

Resultatene av intervjuene tyder på at informantene antar at fiskeslam generert fra landbaserte oppdrettsanlegg (dvs. settefiskanlegg) er renere, har bedre fosfortilgjengelighet og er mer sannsynlig å oppfylle gjeldende forskriftskrav for videre bruk, enn fiskeslam fra marine lokaliteter. I tillegg mente informantene at det kan være lettere å håndtere/prosessere fiskeslam fra landbaserte anlegg enn fra anlegg i sjø. Videre er forbrukerne skeptiske til saltinnholdet i fiskeslam når det brukes som gjødsel. Problematikken rundt saltinnholdet i fiskeslam har vært et gjennomgående tema under intervjuene. Det ble vist til vekstforsøk utført med fiskeslam fra oppdrettsanlegg, der saltinnholdet ikke så ut til å være noe stort problem. Det ble likevel hevdet at forbrukernes aksept av fiskeslam kunne forbedres ved å bruke teknologi som fjerner saltet fra fiskeslammet.

Det ble også poengtert at utviklingen av ny oppsamlingsteknologi kan gjøre det enklere å samle opp fiskeslam fra landbaserte oppdrettsanlegg, mens det på den andre siden er fiskeslam i sjø som utgjør det største volumet og har størst skaleringspotensial.

##### Fakta

Det er vist at næringsinnholdet kan variere fra anlegg til anlegg, og mellom ulike stadier i produksjonssyklusen grunnet forskjeller i sammensetning av fôr og mengde fôrspill (Gebauer, 2004; Gebauer & Eikebrokk, 2006). Med «renheten i fiskeslam» antar vi at det refereres til fiskeslam med ønskede næringsstoffer uten store mengder tungmetaller eller salt. I henhold til «renheten» til innholdet av næringsstoffene vil det i så tilfelle ikke ha noe å si om fiskeslammet kommer fra sjø eller land (Ytrestøy et al., 2016, s. 2). Antagelsen om at fiskeslam fra land er renere, og lettere å få godkjent, har muligens oppstått ved at det meste av forskning har skjedd på fiskeslam fra settefiskanlegg. Saltinnhold er samtidig en barriere som kan bidra til å tro at fiskeslam fra land er «renere», da fiskeslam fra sjø tilføres salt fra saltvannet mens ferskvann benyttes i settefiskanlegg.

Det er så langt gjort få forsøk på hvorvidt saltinnholdet i fiskeslammet setter stopper for gjødselvarerproduksjon, og dersom fiskeslam fra sjø skal kunne utnyttes i større grad bør det gjennomføres flere vekstforsøk som undersøker saltproblematikken for mer solid

dokumentasjon. Restråstoff med høyt innhold av salt egner seg generelt sett dårlig som gjødsel, selv om det i områder med mye nedbør kan tolereres i noe høyere grad da nedbør kan bidra til utvasking av saltet. I tørrere områder vil derimot saltinnholdet gi større negative konsekvenser for planteproduksjon da avdamping fører til opphopning/økt konsentrasjon av saltene (Vangdal et al., 2014, s. 26). Tidligere vekstforsøk har vist at fiskeslam fra sjø ikke gir synlige skader fra salt, og det konkluderes med at saltverdiene i gjødselvarerproduktet ikke vil ødelegge jordsmonnet. Det ble imidlertid kun vurdert korttidseffekter og negative langtidseffekter kan derfor ikke utelukkes (Vangdal et al., 2014, s. 29).

Når det kommer til oppsamling av fiskeslam fra land eller sjø, vil det være relevant å undersøke mulighetene for oppsamling ved de ulike teknologiene som anvendes i norsk lakseoppdrett. Her er det i dag hovedsakelig seks forskjellige teknologier som anvendes, hvor to av dem anvendes i anlegg på land mens resten er teknologier som anvendes i anlegg i sjø. For landbaserte anlegg er det vanlig å benytte seg av et Recirculating Aquaculture System (RAS) eller av et gjennomstrømningssystem. Ved RAS blir vannet behandlet i tanker, filtrert, oksygenert og gjenbrukt. Et gjennomstrømningssystem pumper vannet gjennom tankene, men det gjenbrukes derimot ikke videre. I anleggene i sjø benyttes åpne sikringsanlegg hvor sjøvannet renner igjennom merdene, eller lukkede inneslutningssystemer med en stor tank som isolerer merden fra omgivelsene (Jacobsen & Hvattum, 2013, s. 17). Disse lukkede anleggene i sjø, kalles også for semilukkede anlegg da overskuddsfôr og fekalier holdes tilbake i det lukkede systemet, mens mindre avfallsstoffer fortsatt vil slippes ut (Havforskningsinstituttet, 2023).

### Myte eller sannhet?

Det fremgår som en myte at fiskeslam fra land er «renere» eller har bedre fosfortilgjengelighet. At det kan være lettere å håndtere/prosessere fiskeslam fra land kan være en sannhet da saltinnholdet i fiskeslammet fra sjø er høyere. Her er det behov for videre undersøkelser på saltinnholdets konsekvenser for gjødselvarerproduksjon for å kunne besvare i hvilken grad fiskeslammet fra sjø må prosesseres for å redusere saltinnhold.

Hvorvidt det er enklere å samle opp fiskeslammet fra sjø eller land, er det en sannhet at det vil være enklere å samle opp fra land da RAS-teknologien som anvendes her allerede filtrerer ut fiskeslammet.

Dette vil bli videre diskutert i nøkkelinnsikten “*Volum er det kritiske*” i kapittel 5.1

#### 4.2.2 Direkte eller indirekte bruk?

##### Innsikt

Våre intervjuer viser at det er ulike synspunkter på hva som er den beste løsningen for bruk av fiskeslam i gjødselvareproduksjon. Noen informanter mener at bruk i biogassproduksjon før gjødselvareproduksjon er en bedre løsning, da bioresten fra biogassanlegg kan ha høyere kvalitet som et gjødselvareprodukt.

Det er også verdt å merke seg at noen informanter påpekte at tungmetaller kan bli en faktor ved bruk av bioest fra biogassanlegg, da disse kan inneholde en relativ økning av tungmetaller. Det ble også argumentert med at en bioest med ulike substrater kan skape en uoversiktlig miks.

##### Myte eller sannhet?

Denne innsikten er vanskelig å besvare grunnet manglende dokumentasjon. Det er derfor behov for å undersøke de to alternativenes kvalitet som gjødselvare. Dette vil likevel bli diskutert ytterligere i nøkkelinnsikten “*Ressursen blir brukt så høyt opp i verdihierarkiet som mulig*” i kapittel 5.2, hvor det vil knyttes opp mot relevant teori fra kapittel 2.2.

#### 4.2.3 Gjødselvarens bruksområde

##### Innsikt

Informantene ga ulike synspunkter på gjødseleffekten på fosforkrevende vekster. Her fremgikk det uenighet i om det foreligger noen begrensninger for bruken av gjødslet i fosforkrevende vekster eller ikke.

##### Fakta

Fosforet er ikke direkte tilgjengelig for plantene uten behandling av fiskeslammet. I NIBIO sine forsøk viste fosforgjødseleffekten til tørket fiskeslam seg å være lavere enn fosforgjødseleffekten til husdyrgjødsel (NIBIO, 2021). Fosfor i fiskeslam kan også ha en betydelig dårligere gjødseleffekt enn fosfor i mineralgjødsel, da fosforet kan i flere typer

organisk avfall være sterkt bundet til enten kalsium eller til jern og aluminium. Vurderingen av fosforgjødslingseffekten er dessuten komplisert da løseligheten av fosforet avhenger av både fosforets bindingsform og jordas pH (NIBIO, 2017).

Det er gjort få vekstforsøk med fiskeslam som gjødselprodukt på fosforkrevende vekster som for eksempel grønnsaker, da de fleste forsøk er gjort på korn. Prosjektet «SEA2LAND» har som formål å undersøke gjødselverdien og sikkerheten ved tørket fiskeslam som gjødselvareprodukter, og vil i nær fremtid teste gjødselvaren på fosforkrevende vekster (*Producing Advanced Bio-Based Fertilizers from Fisheries Wastes - SEA2LAND - Nibio*, u.å.).

Fra tidligere vet vi fra et toårig vekstforsøk, utført på bygg og vårhvete, at fosforkvaliteten har et behov for optimalisering av fosforeffektene. I dette forsøket ble det undersøkt biokull basert på fiskeslam som ga lave konsentrasjoner av løselig fosfor, hvilket vil si at andre behandlingsprosesser enn pyrolyse bør benyttes hvis målet er å unytte fiskeslammet som gjødselvare på fosforkrevende vekster (Brod & Øgaard, 2021).

### Myte eller sannhet?

Det er en sannhet i at fosforgjødsleffekten til fiskeslam har behov for optimalisering for at gjødslet skal kunne anvendes på fosforkrevende vekster.

Dette vil bli diskutert ytterligere i nøkkelinnsikten “*Kan ikke være en dumpingplass*” i kapittel 5.2.

#### 4.2.4 Når blir det forurensning?

##### Innsikt

Det fremgikk ulike oppfatninger om når biologisk materiale skal betraktes som forurensning. Noen av våre informanter fra den blå næringen mener at avføring fra fisk kategoriseres som forurensning når inneslutningsenheten til et landbasert anlegg lekker, mens avføring fra husdyr ikke er underlagt samme klassifisering. I tillegg mener den grønne næringen at den blå næringen skal ta ansvar for avfallet sitt, inkludert fekalier, og sammenligner deres unnlattelse av å gjøre dette med et hypotetisk scenario der en bonde kaster avfallet sitt i en elv som renner ut i havet.

## Fakta

For landbaserte anlegg sier Forurensningsforskriften §26-3, som tidligere nevnt, at prosessavløpsvann må passere et renseanlegg før det slippes ut i sjø (Forurensningsforskriften, 2004). Til sammenligning setter Gjødselforeforskriften §20 spesifikke krav til lager for husdyrgjødsel, hvor det blant annet presiseres at lageret må ha kapasitet til å oppbevare gjødsla frem til spredning (Forskrift om organisk gjødsel, 2003).

Avrenning av gjødsel fra jord til vann og vassdrag er i dag et av de største forurensningsproblemene i landbruket (*Avrenning og vannmiljø*, u.å.). En oversikt over fosforbruken i norsk landbruk viser for eksempel til et problem med overgjødsling av fosfor, og hvordan det kan føre til negativ påvirkning av nærliggende vassdrag. Landbruksdirektoratet har også påpekt denne overgjødslingen av fosfor i sitt oversendelsesbrev til gjødselregelverket (Cabell et al., 2019, s. 48).

Forurensning kan defineres som «ressurser på feil plass», og utslipp av fiskeslam i sjø er etter denne definisjon å regne som forurensning (Hansson et al., 2023). Fiskeslammets miljøbelastning skyldes utslipp av næringssalter, og oppløste og partikulære organiske forbindelser. Belastningen vil kunne føre til overgjødsling i fjorder, og forstyrre lokale økosystemer gjennom økt algevekst og sedimentering av organisk materiale fra planteplankton. Den ekstra tilførselen av organisk materiale vil videre kunne resultere i økt mengde bunndyr, og påvirkning på villfisk som beiter (*Fiskeoppdrett*, u.å.; Svåsand et al., 2016, s. 110).

Det er likevel viktig å påpeke at forurensningspotensiale til fiskeslam vil avhenge av områdets hydrografi og topografi, og innelukkede fjordområder med grunne terskler vil være spesielt sårbare (Svåsand et al., 2016, s. 111). Organisk sedimentasjon på havbunn som følge av utslippene vil også avhenge av produksjonens størrelse, fôrsammensetning, fôrregime, fiskestørrelse og temperatur i vannet (Grefsrud et al., 2022, s. 127). Utslippmengdene av fiskeslammet vil samtidig være proporsjonale med produksjonen av fisk (Grefsrud et al., 2022, s. 109). Man skal derfor være oppmerksom på at produksjonen av fisk vil være ujevnt geografisk fordelt. Det vil medføre at noen områder vil ha et høyere utslipp enn andre (Svåsand et al., 2016, s. 111).



Fôrpellets og fekalier med ulike fysiske egenskaper vil variere i synkehastighet. Fekaliene er som regel skjøre og går lettere i oppløsning enn fôrpelletsen, som vil resultere i at svevepartikler fra fekalier kan holde seg i vannsøylen over lengre tid og spres over større områder. Spredning av partikler fra fôrpellets og fekalier vil imidlertid variere med dyp og vannstrøm. Intakte fekalier og fôrpellets vil kunne ha en relativ høy synkehastighet, og ved vann med lav strømhastighet vil dermed få deponert det meste av fiskeslammet under og i umiddelbar nærhet til merdene. Ved lokaliteter med høyere strømhastighet vil partiklene spres i større grad, hvilket resulterer i mindre bunnfelling (Svåsand et al., 2016, s. 112).

Lokalitetens bæreevne av partikulært organisk materiale vil også avhenge av andre naturgitte forhold som topografi, bunntype, faunasamfunn og mengde fisk produsert. Risikovurderingen av norsk fiskeoppdrett for 2022 konkluderte likevel med at utslippene av partikulært organisk materiale er høye, og at fjordlokaliteter er generelt sett mer sårbare enn kystlokaliteter (Grefsrud et al., 2022, s. 131).

Nitrogen og fosfor i fiskeslam fra åpne merdanlegg vil slippes direkte ut til miljøet i form av løste uorganiske forbindelser (Svåsand et al., 2016, s. 111). Gjennom stadig arbeid med optimalisering av fiskefôret har mengden på utslipp av fosfor og nitrogen per tonn fisk produsert blitt halvert de siste årene. Dette har likevel ikke vært nok til å kompensere for økningen i produksjonen av fisk (*Fiskeoppdrett*, u.å.). I NIVA sin beregning av kildefordelte utslipp av nitrogen og fosfor til norske kystområder for 2020, fremgikk det at akvakulturen sto for utslipp av 11 836 tonn fosfor. Hvilket er betydelig mer enn fosforet som slippes ut fra jordbruk, avløp, industri eller naturlig bakgrunnsavrenning (Guerrero & Sample, 2022, s. 6). Det ble samtidig sluppet ut 68 643 tonn nitrogen fra akvakultur, som også overgår utslippene av nitrogen fra jordbruk, avløp, industri, mens naturlig bakgrunnsavrenning står for cirka 1000 tonn mer. Risikovurderingen av norsk fiskeoppdrett for 2022 konkluderte med at regionale miljøeffekter som følge av næringssalttilførsel fra fiskeoppdrett vurderes som lav, men at det mangler kunnskap for å kunne gjøre slike beregninger nøyaktig. Det bør dermed etableres flere overvåkningsstasjoner i områder med høy oppdrettsintensitet (Grefsrud et al., 2022, s. 122).

Utslipp av fiskeslam vil kunne påvirke sårbare naturtyper med viktige økologiske funksjoner som korallrev, korallskog, svampområder, ålegressenger og kalkalgeforekomster (Svåsand et al., 2016, s. 117). Et korttidseksperiment har vist at utslippene har påvirket vekstraten til

Øyekorall (*Lophelia pertusa*) negativt gjennom redusert overlevelse og reproduksjon (Huang et al., 2011; Villanueva et al., 2006). Det er også blitt oppdaget at forhøyede nivåer av små partikler fra fôrpelletsen kan gi fysiologisk og cellulært stress hos svampen *Geodia barretti*, og på sikt kan det ha potensiale til å utrydde svampbestander under og nær oppdrettsanleggene (Grefsrud et al., 2022, s. 131). Kalkalger (*Corallinales*) er sensitive for finkornet sediment, da gassutveksling i cellene forhindres ved økt sedimentering. Sediment fra oppdrettsanlegg kan føre til 100 prosent dødelighet hos denne algen, som videre vil kunne påvirke arter med habitater som avhenger av kalkalgeforekomster som for eksempel krepsdyr. Ved siden av økt sedimentering vil også utslipp av næringssalter kunne medføre at kalkalgene blir overgrodd av hurtigvoksende algearter. Ålegras (*Zostera marina*) kan også tenkes å bli truet ved utslipp av næringssalter og finpartikulært materiale fra fiskeslammet, da påvekstalg på ålegresset kan skygge for lys og forstyrre plantens fotosyntese (Svåsand et al., 2016, s. 118). Generelt sett kan man si at sårbare habitater som korallrev, korallskog, svampområder, kalkalgeforekomster og ålegressenger kan påvirkes av utslippene fordi de enten tåler mindre påvirkning eller bruker svært lang tid på å reetablere seg (Grefsrud et al., 2022, s. 131).

### Myte eller sannhet?

Vi anser det i denne oppgaven som en sannhet at biologisk materiale er å anse som forurensning dersom det kan betraktes som «ressurs på feil plass», og desto mer om det påvirker miljøet i en negativ grad. Disse observasjonene understreker behovet for klare retningslinjer og regelverk for klassifisering av biologisk materiale som forurensning og riktig håndtering av avfall fra den blå næringen. Å ta tak i disse spørsmålene vil ikke bare gagne miljøet, men også forbedre bærekraften og omdømmet til de blå og grønne næringene.

Dette vil bli diskutert ytterligere i nøkkelinnsikten “*Fra avfall til ressurs*” i kapittel 5.2.

### 4.2.5 Volum

#### Innsikt

Under intervjuene fremgikk det at tilgjengelig fiskeslam vil være et kritisk punkt for gjødselvareprodusenten, og at det i dag etterspørres mer fiskeslam enn kvantumet som tilbys i markedet. Når det gjelder synspunkter angående tilgjengeligheten av organisk materiale på markedet, kom det frem at gjødselvareprodusentene anser dagens tilbud av organisk materiale

som utilstrekkelig for å dekke etterspørselen. Andre ledd i verdikjeden mener imidlertid at økningen av tilgjengelig fiskeslam i fremtiden vil kunne møte gjødselprodusentenes behov.

### Fakta

Fremtidens kvantum på tilgjengelig fiskeslam vil avhenge av villigheten og mulighetene til å samle opp fiskeslammet i sjø, fordelingen av hva slags anlegg fisken oppholder seg i gjennom ulike produksjon og livsløp, og økningen av totalt produsert fisk. Regjeringen har satt som mål å øke produksjonen av laks og ørret til 5 millioner tonn innen 2050, som i teorien vil si at vi får nærmere fem ganger så mye fiskeslam potensielt tilgjengelig på markedet (Almås et al., 2012, s. 21). Det skjer en utvikling for å øke antall landbaserte anlegg og smoltens oppholdstid på land vil forlenges, slik at mulighetene for oppskalering øker (Winther et al., 2020, s. 82).

### Myte eller sannhet?

Det er en sannhet i at det per i dag er behov for økt tilgang på organisk materiale for å møte gjødselvareprodusentenes etterspørsel. Bedre kommunikasjon og samarbeid mellom aktørene i verdikjeden kan sikre en mer effektiv og bærekraftig tilførsel av organisk materiale til markedet. Det fremgår også en sannhet i at utviklingen i produksjon av fisk vil kunne øke fremtidig tilgjengelig volum av fiskeslam.

Dette vil bli diskutert videre i nøkkelinnsiktene “*Volum er det kritiske*” i kapittel 5.1, og “*Behov for bedre informasjonsflyt*” og “*Fra avfall til ressurs*” i kapittel 5.2.

## 4.2.6 Lovverkets begrensning for innovasjon

### Innsikt

Det er en felles forståelse blant våre informanter om at det er nødvendig å få på plass et omfattende regelverk for å kunne utvikle gode løsninger fremover. Imidlertid eksisterer det ulike synspunkter om hvilke faktorer som bør prioriteres først i denne prosessen, som inkluderer muligheter, forretningsmodeller, løsninger, investeringer og regelverksendringer som legger til rette for disse faktorene. Informantene peker på at selv om det er viktig å ha et godt regelverk på plass for å utvikle gode løsninger, er det også nødvendig å ha en motivasjon og en grunn til å gjøre endringer i regelverket.

Gjødselprodusentene som ble intervjuet påpekte at dagens restriksjoner på bruk av fiskeslam fra landbaserte anlegg fører til at store mengder deponeres, og kun en liten del blir utnyttet som ressurs for biogass, gjødsel eller fôr.

Imidlertid ble det avdekket at det eksisterer en frustrasjon knyttet til det komplekse regelverket for bruk av fiskeslam, noe som fører til usikkerhet om hva fiskeslammet faktisk kan brukes til. Dette illustreres med metaforen om at det bare er «én dør inn», og at det er behov for regulatorisk sortering for å koordinere innovative løsninger.

Det ble også påpekt at overgangen til en mer biosirkulær økonomi i noen tilfeller krever at flere ulike regelverk ses i sammenheng, og at deler av det eksisterende regelverket bør endres. For å øke ressurstilgjengeligheten på markedet og oppmuntre til mer bærekraftig praksis, ble det påpekt at det er nødvendig å ta i bruk innovative løsninger og samarbeid på tvers av verdikjeden.

### Fakta

Fiskeslam er etter EUs nye gjødselregelverk (EU) 2019/1009 ikke å regne som en råvare som er tillatt til produksjon av gjødselvarer. Dette skyldes at det enda ikke er inkludert i EU's positivliste over produkter og substanser som bestemmer hva som er tillatt å benytte i gjødsel i økologisk landbruk (*Bruk av fiskeslam i gjødselvarer* / *Mattilsynet*, u.å.). EU-kommisjonen tar i nåværende tidspunkt imot forslag til endringer for den nye gjødselvarerforordningen. Om det åpnes opp for en inkludering av fiskeslam i gjødselvarerforordningen vil fiskeslam kunne brukes i økologisk landbruk i fremtiden. I dag kan likevel gjødselvarer med fiskeslam omsettes til EØS-land dersom mottakerlandet aksepterer det. Det er påkrevd å forholde seg til regelverket for produksjon av gjødselvarer i mottakerland, eller følge det norske gjødselvarerregelverket og benytte seg av prinsippet om gjensidig godkjenning av varer (*Bruk av fiskeslam i gjødselvarer* / *Mattilsynet*, u.å.).

Det utarbeides samtidig et forslag til nytt gjødselvarerregelverk i Norge, hvor de foreslåtte regelverksendringene innebærer strengere krav om smittefrie produkter og at produktene ikke skal gi unødige lukter ved bruk, samt et strengere spredningskrav av fosfor. Konsekvensene av disse forslagene vil gjøre det vanskeligere å bruke fiskeslam lokalt, og at fiskeslammet i større

grad må ansees som en råvare i gjødselprodukter istedenfor et gjødselprodukt i seg selv (*Bruk av fiskeslam i gjødselvarer / Mattilsynet, u.å.*).

### Myte eller sannhet?

Det fremgår som en sannhet at norsk regelverk og EUs regelverk sett barrierer for økt utnyttelse av fiskeslam i dag. Det er uheldig om nødvendig innovasjon stagnerer grunnet uenighet i fremgangsmåte, koordinering eller prioritering. Ved en tydeligere inkludering av fiskeslam i regelverket vil frustrasjon knyttet til et komplekst regelverk muligens reduseres. Dette vil bli diskutert ytterligere i nøkkelinnsiktene “*Fra avfall til ressurs*” i kapittel 5.1 og “*Kan ikke være en dumpingplass*” i kapittel 5.2.

## Kapittel 5: Diskusjon av nøkkelinnsikter

I dette kapitlet presenteres «nøkkelinnsikter» som vi anser som de viktigste funnene vi har samlet, gjennom affinitetsanalysen (*Vedlegg 5*), fra innsiktene i 4.1 Funn på tvers av intervjuer og 4.2 Motsigelser. Nøkkelinnsiktene vil være betydningsfulle poenger som vi anser relevante for videre diskusjon, og legger grunnlaget for en dypere analyse og forståelse av problemstillingen. Det presenteres derfor en systematisk sortering av våre nøkkelinnsikter i henhold til deres relevans for dagens næringsomgivelser for fiskeslam, og for videre oppgraderingsmekanismer (*Figur 6*). En viktig nøkkelinnsikt som vi har identifisert, er «*Fra avfall til ressurs*» (5.1.3 og 5.2.4), som vi mener har betydning både for dagens næringsomgivelser og for fremtidige oppgraderingsmekanismer. Derfor vil denne nøkkelinnsikten bli diskutert i begge sammenhenger.

Reve og Jacobsens modell om næringsomgivelser og verdiskapning (2.2.3), har lagt grunnlaget for denne delen av diskusjonen, men det har også blitt anvendt andre relevante teorier fra kapittel 2.2 for å analysere både næringsomgivelsene og oppgraderingsmekanismene. Videre er det viktig å presisere at kapittel 4 hvor vi avdekker «myter og sannheter» spiller en betydelig rolle i å belyse dagens næringsomgivelser.

### 5.1 Næringsomgivelser

I dette delkapitlet tas det utgangspunkt i de nøkkelinnsiktene som setter søkelyset på næringsomgivelsene i *figur 6*, og som også kan refereres til som Porters diamantmodell (*Figur 5*). Disse nøkkelinnsiktene er hentet ut ifra innsiktene; (4.1.1), (4.1.2), (4.1.3), (4.1.4), (4.1.8) og (4.1.9) fra «4.1 Funn på tvers av intervjuer», og (4.2.1), (4.2.4), (4.2.5), og (4.2.6) fra «4.2 Motsigelser».

#### 5.1.1 *«Licens to operate»*

##### Nøkkelinnsikt

Oppdrettsnæringen erkjenner behovet for å håndtere organisk avfall og tilpasse seg bærekraftig praksis. Næringen forventer nye krav fra myndighetene, og ønsker å være proaktive. Oppsamling av fiskeslam kan kombineres med en strategi for bekjempelse av

lakselus, og teknologi som utvikles for dette formålet kan også gjøre det enklere å samle opp fiskeslam.

## Diskusjon

Konseptet med trendbrudd eller diskontinuiteter i «Four Lenses» (2.2.5) viser til hvordan endringer på samfunnsnivå presser aktører til å justere sin praksis, og samtidig anerkjenne potensialet for ny utvikling i fremtiden (Gibson, 2015). Ved å være proaktive i utviklingen av fiskeslam som en ressurs kan oppdrettere utnytte makromiljøtrender ved å åpne opp for nye muligheter.

«License to operate» er en etablert grense for akseptabel atferd som selskapene må forholde seg til for å få anerkjennelse og støtte fra samfunnet. Dette konseptet innebærer ikke bare tillatelse til å drive forretningsvirksomhet underlagt regulering og tilsyn fra myndighetene, men omfatter også sosiale aspekter som etikk, bærekraft og samfunnsansvar. Bedrifter må opprettholde et godt omdømme og bygge tillit blant sine kunder, samfunnet og interessenter for å unngå betydelige utfordringer, og risiko for å miste støtte fra samfunnet (Nielsen, 2013).

Oppdrettsnæringens «License to operate» kan i stor grad knyttes til teorien om endringsdesign (2.2.7) med sammenkoblingen mellom sosiale, økonomiske og naturlige systemer i utformingen av bioøkonomien. Dette er basert på langsiktige visjoner som anerkjenner behovet for løsninger forankret i nye og mer bærekraftige sosioøkonomiske og politiske paradigmer (Irwin, 2015, s. 230). Selv om fiskeoppdretternes primære motivasjon for lusebekjempelse er fiskevelferd og dødelighet, er det ikke urimelig å anta at fremtidsrettede visjoner er i konstant endring, og utvikles gjennom erfaringene fra pågående prosjekter. For å møte oppdretternes fokus på «License to operate», krever endringsdesignet også selvrefleksjon og nye måter å tenke på i overgangstider (Irwin, 2015, s. 237). Med en sterk grad av selvrefleksjon og nye måter å tenke på, kan oppdrettere være proaktive når det gjelder å løse problemet med forurensning av fiskeslam, og oppfylle makromiljømessige bærekraftsforpliktelser og innovasjonspress før forskrifter eller myndighetskrav trer i kraft. I tillegg bør designtilnærminger for teknologiutvikling være basert på ulike verdisett og kunnskap, i tråd med bioøkonomiens endringsdesign (Irwin, 2015, s. 236–237). Det betyr at

kunnskapen og verdiene om produksjonsvekst gjennom kontroll av lakselus kan kombineres med kunnskapen og verdien av økt bærekraftsansvar gjennom oppsamling av fiskeslam.

I PESTEL-analysen, som omfatter politikk og styringsregimer, kan sivilsamfunnet reise politiske spørsmål om bransjens praksis (Whittington et al., 2020, s. 37). Med fokus på det grønne skiftet i makromiljøet kan myndighetene fremme reguleringer som kan føre til ekstra kostnader gjennom forurensningskontroll (Whittington et al., 2020, s. 46). Oppdrettsnæringen har uttrykt et ønske om å være proaktiv og oppfylle slike krav i fremtiden.

Når det gjelder teknologiinvesteringer, vil det innebære en sosial og økonomisk risiko for selskaper som er «først ute» med store investeringer/forpliktelser (Lewandowski, 2018, s. 31). Det kan likevel foreligge en gevinst i å utnytte trenden med raske teknologiske endringer i henhold til teorien om trendbrudd eller diskontinuiteter (2.2.5). I tillegg viser teori om teknisk utvikling (2.2.2) at denne trenden kan føre til nye og bedre produkter. Derfor er det viktig at oppdrettsaktører med mest kapitaltilgang setter seg i «førersetet», og leder an i å investere og teste ulike teknologier før den beste teknologien rulles ut til mindre oppdrettsselskaper, som ble foreslått under intervjuene.

De sosiokulturelle faktorene i Porters diamant (2.2.3) viser at utviklingen av teknologier som fremmer bioøkonomien, ikke alltid aksepteres av brukerne (Lewandowski, 2018, s. 33). For eksempel kan teknologi som utelukkende fokuserer på bekjempelse av lakselus uten å ta hensyn til oppsamling av fiskeslam, føre til økte utfordringer med brukernes «Licens to operate». Dette kan løses gjennom større engasjement med interessenter og bedre kommunikasjon om fordelene med slike teknologier.

### 5.1.2

#### *«Volum er det kritiske»*

##### Nøkkelinnsikt

Som med flere andre potensielle muligheter innen bioøkonomien, er oppskalering av tilgjengelig råstoff et kritisk punkt. I første omgang vil det være ønskelig med en oversikt over totalt kvantum med fiskeslam som potensielt kan tilgjengeliggjøres nå og i fremtiden.



## Diskusjon

Porter beskriver hvordan karakteren på hjemmemarkedet er mer signifikant enn størrelsen på hjemmemarkedet, og at mer kravstore konsumenter i hjemmemarkedet gir større internasjonal konkurranseevne (Porter, 1990). Som nevnt i 4.2.1 er det behov for å undersøke saltproblematikken ytterligere for bedre produktaksepten. Dette vil være et mindre problem for hjemmemarkedet med mer nedbør, enn i markeder med tørrere jordsmonn hvor saltet akkumuleres i større grad. Dersom saltinnholdet gir store utfordringer for gjødselvarens formål, vil fiskeslam fra sjø og anlegg på land hvor salt anvendes måtte gå gjennom en renseprosess som vil kunne øke kostnadene for gjødselvareprodusenten. Dette vil kunne dekke bondens brukerbehov i henhold til teori i 2.2.5. Videre kan det medføre at gjødselvareprodusenten vil etterspørre fiskeslam fra settefiskanlegg med ferskvann, fremfor fiskeslam fra sjø eller landbaserte anlegg med saltvann. Laksen oppholder seg i sjø i store deler av sitt liv, i tillegg til et større fôringsbehov som dermed resulterer i en større mengde fiskeslam i sjø (Havforskningsinstituttet, 2021). Dette betyr at dersom det kun etterspørres fiskeslam fra settefiskanlegg vil potensielt tilgjengelig volum med fiskeslam reduseres betraktelig. «Kravstore» konsumenter, som i dette tilfelle, både trenger større volum, men samtidig akseptable innholds nivåer av salt, vil ifølge Porters teori (2.2.3) kunne bidra til å presse verdikjeden til kontinuerlig innovasjon (Porter, 1990).

Porters diamantmodell understreker at omgivelsesfaktorer og strukturelle egenskaper bidrar til konkurransefortrinn (Porter, 1990). Konkurransefortrinnet gjennom faktorforhold til norsk oppdrettsnæring vil reduseres i stor grad hvis fiskeslammet fra landbaserte anlegg egner seg bedre til gjødselvareproduksjon. Ressursvilkåret ved Norges lange kystlinje med store muligheter for anlegg i sjø vil få mindre betydning. Konkurransen fra andre land med omgivelsesfaktorer som for eksempel bedre tilgang til landareal og billigere energi vil i dette tilfellet kunne øke i henhold til teorien om faktorforhold i 2.2.3.

### Nøkkelinnsikt

I dag ansees fiskeslam som et avfallsprodukt hos oppdretterne, som de i verste fall må betale for å kvitte seg med. Det trengs gode løsninger for bruk av fiskeslam før det investeres i teknologi som kun samler opp et avfall uten videre brukspotensiale.

### Diskusjon

Norge importerer årlig rundt 40 000 tonn av fosfat som er av fossilt opphav (Cabell et al., 2019, s. 49). I diskusjonen av denne importen bør det tas stilling til teori om politikk og styringsregime i 2.2.2, da det foreligger et sikkerhetspolitisk aspekt i vurderingen av hvilke politiske områder norske myndigheter skal ha næringsvirksomhet med. Dette skyldes at noen av de største fosfatsteinprodusentene i verden er Kina, Marokko, Russland og Jordan. I tillegg til dette, ligger de største fosfatreservene i det ulovlige okkuperte Vest-Sahara (Hansson et al., 2023).

I henhold til etterspørselsforhold (2.2.3) bør det bemerkes at en analyse av norsk landbruks fosforbruk avdekker et betydelig overskudd av fosfor, til tross for eksisterende forformangel. Dette overskuddet har en negativ påvirkning på vassdragene. Landbruksdirektoratet har uttalt at det finnes allerede en langt større tilførsel av fosfor til jorda, enn hva som faktisk blir nyttiggjort av avlingene. Teoretisk sett ville landbruket klart seg uten fosfor i gjødsel, men utfordringen ligger i at mye av fosforet er utilgjengelig for plantene på grunn av dets form. Fosforoverskuddet er spesielt stort på Vestlandet, hvor det tilføres mer enn hva som er nødvendig. På Østlandet, spesielt i Viken, er det imidlertid et fosforunderskudd fordi fosfornivåene i jorda har blitt tatt hensyn til (Cabell et al., 2019, s. 48–49).

Spørsmålet om nøyaktig beregning av den potensielle mengden fosfor som kan resirkuleres fra fiskeslam (4.1.9), kompliseres av varierende estimater av den faktiske mengden fiskeslam som produseres. Hvis vi resirkulerer det fosforet vi har, og får en bedre forståelse av mengden som er tilgjengelig, reduserer dette likevel ikke bare importen av fossilt fosfor, men bidrar også til regjeringens fokus på en biosirkulær økonomi. Ifølge Porter kan konkurransefortrinn (2.2.3) styrkes av lokale ressursforhold og unike trekk ved etterspørselen. For eksempel gir ressursforhold som lakseeksport et konkurransefortrinn i internasjonale markeder

(Whittington et al., 2020). Det samme gjelder hvis vi resirkulerer fosforet i fiskeslammet, siden så mye fosfor går til spille, har vi en unik ressurs som Norge bør utnytte. På grunn av dagens gjødselvereforskrift vil det imidlertid være utfordrende å selge gjødselprodukter som inneholder fiskeslam som innsatsfaktor i Norge. Dagens regelverk er et hinder for mer lønnsom og effektiv bruk av fiskeslam. Forbedringer i teknologien for oppsamling av fiskeslam gir Norge muligheten til å begynne å resirkulere fiskeslam, etablere nye verdikjeder og markeder, og ytterligere etablere en posisjon i det internasjonale markedet, som har et betydelig potensial for eksport. Dette avhenger av at fiskeslammet får nye anvendelsesområder (Mæland, u.å.).

#### 5.1.4

#### «Ærlige konkurrenter med lik arena»

##### Nøkkelinnsikt

Det fremgår et ønske om at forretningsmodellen for fiskeslammet inkluderer et miljøregnskap. Hensikten med dette er å bruke en transparent og ensartet beregningsmetode for å dokumentere miljøpåvirkningen fra produksjonen. Dette ville gjøre det enklere for aktørene å redusere sitt miljøavtrykk, samtidig som det ville gi et bedre grunnlag for sammenligning og benchmarking.

##### Diskusjon

Lukkede næringsløyper med resirkulering av næringsstoffer kan bidra til å redusere klimagassutslipp (Winther et al., 2020, s. 74). Selskaper kan oppnå konkurransefortrinn ved å markedsføre seg som bærekraftige, da økt bevissthet i samfunnet innebærer at selskapers produkter og tjenester etterspørres i større grad. Det er ønskelig med en utvikling hvor produsenter og konsumenter tar bærekraftshensyn. Det er derimot uheldig dersom virksomheter markedsfører seg selv som bærekraftige uten at det dokumenteres noe reelt bidrag. Dette kalles for grønnvasking. Dette kan forekomme da det vil lønne seg for selskapet å fremstå som bærekraftige, mens det samtidig er vanskelig å velte kostnaden ved å oppnå lavere miljøfotavtrykk over på kunder, hvilket medfører svake insentiver til å hensynta miljøfotavtrykk i produksjonen (BioDigSirk, 2022a, s. 96). For å unngå grønnvasking skal selskapene unngå å underkommunisere virksomhetens miljøfotavtrykk eller effektiv utslippsreduksjon, for at virksomheten ikke driver misledende markedsføring (Grønnvaskingsplakaten, 2023).

EUs «Green Deal» har satt digitalisering som et viktig satsningsområde i EUs handlingsplan for sirkulærøkonomi. Gjennom digitalisering og datadeling kan produsentene dokumentere bærekraft ovenfor samarbeidspartnere og kundene sine. Regjeringen skriver at Norge er kommet godt i gang gjennom offentlige-private samarbeid for landbruk og sjømat (*Nasjonal strategi for ein grønn, sirkulær økonomi*, 2021, s. 94). EU-kommisjonen har samtidig styrket prioriteringen av standardisering av miljøregnskap for å bergene miljøfotavtrykk. Metoden som EU-kommisjonen foreslår brukes på alle produkter som skal markedsføres i EØS, er basert på LCA med fokus på klimagassutslipp og annen miljøpåvirkning, som for nærings saltutslipp (2.1.3). Ett av målene med miljøregnskapet skal være å implementere standardiserte regler som skaper et felles sammenlikningsgrunnlag innenfor samme varegrupper. Så langt er for eksempel dokumentasjonstilstanden i norsk sjømatnæring i stor grad fremkommet gjennom offentlig prøvetaking og rapporteringsplikt (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021, s. 32–33). Med et godt miljøregnskap med solid kvalitetsdata kan for eksempel ulike fiskeoppdrettere sammenligne sine miljøfotavtrykk med hverandre. Det vil imidlertid være vanskelig å sammenligne ulike varegrupper, eller ulike aktører i verdikjeden fra forskjellige næringer. Det vil for eksempel være vanskelig å sammenligne en bonde og et fiskeoppdrett, da LCA-metoden ikke legger til rette for det (Hauschild et al., 2018).

Selv om det vil være vanskelig å sammenligne ulike næringer langs verdikjeden til fiskeslam, ble det hevdet av flere aktører at en miljømodell (2.2.10) som fungerer på tvers av leddene i verdikjeden bør inkluderes i fiskeslammets forretningsmodell. Det ble begrunnet med at en inkludering vil kunne stimulere til økt oppsamling og utnyttelse, som videre kan øke verdien til ressursen. BioDigSirk-prosjektet (2.2.8) støtter opp under denne påstanden da det legges frem at miljøfotavtrykkdata som følger restråstoffet kan muliggjøre beregninger av substitusjonseffekter (som blir videre beskrevet i 5.2.1) (BioDigSirk, 2022a, s. 48).

I vurderingen av miljømodellens egnethet til å øke bioressursens verdi og beregne substitusjonseffekter, vil det være aktuelt å definere grensene på hva miljømodellen skal dekke. Miljømodellen kan for eksempel dekke; (1) analyse av enkelt prosess, (2) analyse av fabrikkproduksjonslinje eller (3) analyse av produktets forsyningskjede (Walz & Guenther, 2021). For at miljømodellen skal kunne fungere som aktørene ønsket, altså på tvers av ledd i verdikjeden, bør det forekomme en analyse av produktets hele forsyningskjede. Dette for å unngå en «vugge til port» utregning, men heller se miljømodellen i en større helhet. Fra dette

perspektivet kan det være hensiktsmessig å utnytte en MFCA-analyse som i denne sammenheng kan ansees som en videreutvikling av et LCA-verktøy. For å svare til substitusjonseffekten kan en MFCA-analyse koble det fysiske med det økonomiske, for å være i stand til å optimalisere ressurseffektiviteten samtidig som driftskostnader kuttes (Ludwig, 2015).

#### 5.1.5

#### «Jordhelse»

##### Nøkkelinnsikt

Det ble sagt at innholdet av organisk materiale i gjødselvaren bør være et salgsargument for å prioritere jordhelsen.

##### Diskusjon

Vi tilegner oss stadig ny kunnskap om hvordan vi kan forvalte jorden for å oppnå en motstandsdyktig jord som bevarer biologisk mangfold, jordhelse og miljø, samtidig som vi sikrer gode avlinger for fremtidige generasjoner. Økologisk og regenerativt landbruk har fått et stort fokus på agendaen, der bærekraft og jordhelse står sentralt i disse dyrkingsmetodene (Stange & Lundby, 2020). Med et økende fokus på jordhelse vil etterspørselen etter organisk gjødsel sannsynligvis øke, fordi organisk gjødsel bidrar til å bevare mikroorganismene i jorda, noe som kan skape god jordhelse (*Jord og jordhelse*, u.å.). Fiskeslam som gjødsel faller inn under organisk gjødsel, som kan brukes som et salgsargument for å forbedre jordhelsen.

For å øke bruken av fiskeslam i Norge må denne typen gjødsel få økt verdi og interesse, for å skape et godt marked nasjonalt (Cabell et al., 2019, s. 55–56). Selv om fiskeslam har vist seg å være et godt gjødselprodukt, er det foreløpig ikke godkjent som gjødselprodukt i EU og derfor ikke i økologisk landbruk. EU-prosjektet SEA2LAND ser på mulighetene for å få godkjent fiskeslam som gjødselprodukt i EU, også for bruk i økologisk landbruk (NIBIO, 2023). En godkjenning vil kunne øke verdien av fiskeslam som gjødselprodukt. Dette kan ytterligere øke interessen og aksepten blant bønder, ettersom fiskeslam har gått gjennom en grundig prosess og blitt godkjent som et fullverdig gjødselprodukt i økologisk landbruk. Dette

kan også bidra til økt betalingsvilje blant bøndene, ettersom det ligger en grundig evaluering og mer kunnskap bak det de betaler for.

Ifølge teori i delkapittel 2.2.2 vil lovgivning sette rammene for etterspørsel og tilbud i markedet (Whittington et al., 2020, s. 47). Hvis nye regler åpner for bruk av fiskeslam som gjødselprodukt i økologisk landbruk, kan dette føre til mange muligheter. Det kan bidra til å øke etterspørselen etter fiskeslam som gjødselprodukt i både konvensjonelle og økologiske gjødselmarkeder. I tillegg kan det føre til en positiv innvirkning på å redusere forurensningen i fjordene, redusere bruken av mineralgjødsel gjennom sterkere konkurranse i markedet for organisk gjødsel, og til å øke sirkulariteten av næringsstoffer.

Med de økende prisene på mineralgjødsel som følge av Ukrainakonflikten, og knapphet på mineraler, kan dette ifølge Porter (2.2.3) gi en uventet mulighet for bioøkonomien. Sjokk som i dette tilfellet, plutselige prisendringer, bør utnyttes og brukes som muligheter til å utvikle og fremme fiskeslam som gjødselprodukt (Lewandowski, 2018, s. 32–33). Med en mulig godkjenning av fiskeslam som gjødselprodukt i EU, kan dette styrke markedsposisjonen til fiskeslam. Ved å utnytte dette sjokket kan fiskeslam bli et konkurransedyktig gjødselprodukt, hvis det blir en prisreduksjon på mineralgjødsel i fremtiden.

## 5.2 Oppgraderingsmekanismer

I dette delkapittelet tas det utgangspunkt i «Oppgraderingsmekanismene» i *figur 6*.

Oppgraderingenes evne til å svare til kapittel 5.1 Næringsomgivelser, vil kunne avgjøre fremtidig verdiskapning. Med dette som en bakenforliggende forståelse benytter vi oss av relevant teori (2.2) som vil bidra til å løse masteroppgavens problemstilling.

Nøkkelinnsiktene er hentet ut ifra innsiktene; (4.1.1), (4.1.2), (4.1.3), (4.1.5), (4.1.6), (4.1.7), og (4.1.9) fra «Funn på tvers av intervjuer», og (4.2.2), (4.2.3), (4.2.4), (4.2.5) og (4.2.6) fra «Motsigelser».

### Nøkkelinnsikt

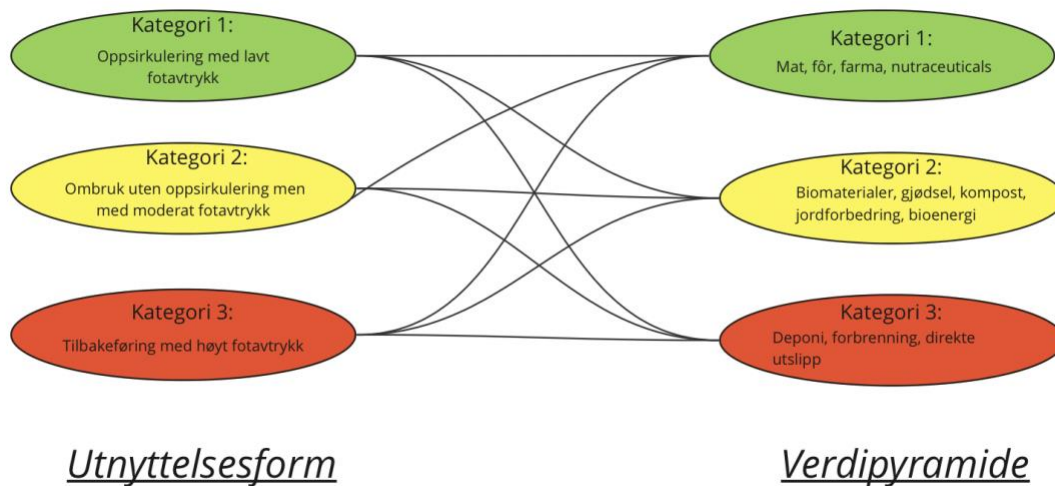
Fosfor er en viktig ressurs som bør resirkuleres. Det påstås at det er like ille å utvinne fossilt fosfor, som det er å ikke resirkulere fosforet som allerede er i omløp. I denne resirkuleringen er det samtidig ønskelig at fosforet utnyttes der behovet er størst, og kan gi størst videre verdi.

### Diskusjon

I henhold til et holistisk perspektiv bør det være et mål å forsyne hele menneskeheten med all nødvendig mat og produkter fra biosfæren med et minst mulig miljøfotavtrykk. I denne sammenhengen må faktorene som kan øke verdien til fiskeslam som en ressurs sees i sammenheng med miljøfotavtrykket, i henhold til teori i 2.2.8 og 2.2.10. Det er viktig å merke seg at restråstoffer kan ha høyere miljøfotavtrykk enn primærråstoffer i visse tilfeller. Dette kan for eksempel skyldes at primærråstoffene høstes direkte fra naturen mens restråstoffet avhenger av energikrevende prosessering eller transport som overstiger konsekvensene av direkte høsting. For å beregne miljøfotavtrykket finnes det allerede en rekke modeller og ISO-anbefalinger, som for eksempel LCA eller MFCA. Enda er det imidlertid ingen omforent eller optimale miljømodeller, for en god inkludering av biosirkularitet. Miljømodeller som LCA fokuserer hovedsakelig på å finne verktøy for å identifisere det mest miljøeffektive alternativet, fremfor å identifisere viktigheten av ressursen (BioDigSirk, 2022a, s. 96; Hauschild et al., 2018, s. 53). I et biosirkulært system bør det etterstrebes å skaffe regenerative forsyninger hvor uttaket av råvarene skjer så skånsomt som mulig. Dette vil sikre at produksjon av mat og materialer skjer innenfor planetens tålegrense, samt at alle sidestrømmer utnytter sitt fulle ressurspotensial frem til biomassen til slutt tilbakeføres til naturen. I *figur 10* nedenfor har vi forsøkt å illustrere hvordan miljøfotavtrykk kan sees i sammenheng med verdipyramiden som er foreslått i BioDigSirk-prosjektet. Ved det vi har kalt for «utnyttelsesform» tas det altså hensyn til hvordan restråstoffet må behandles, miljøfotavtrykket behandlingen vil medføre, og hvordan behandlingen posisjonerer restråstoffet i verdipyramiden i forhold til dets utgangspunkt.

Dersom behandlingen gir en oppsirkulering av restråstoffet, samtidig som miljøfotavtrykket holdes nede, vil dette være den mest hensiktsmessige utnyttelsesformen. Det vil være enda

bedre dersom restråstoffet kan anvendes til mat, fôr, farma eller nutraceuticals, da dette vil plassere restråstoffet i utnyttelsesform; kategori 1 og verdipyramide; kategori 1. Dette vil være et «best case scenario». I et «worst case scenario» vil restråstoffet plasseres i utnyttelsesform; kategori 3 og verdipyramide; kategori 3. Det vil bety at fiskeslammet ikke utnyttes videre, samtidig som deponeringen, forbrenningen eller det direkte utslippet medfører et høyt miljøfotavtrykk.



Figur 10: Illustrasjonsmodell for hvordan ressursutnyttelse kan sees i sammenheng med miljøfotavtrykk

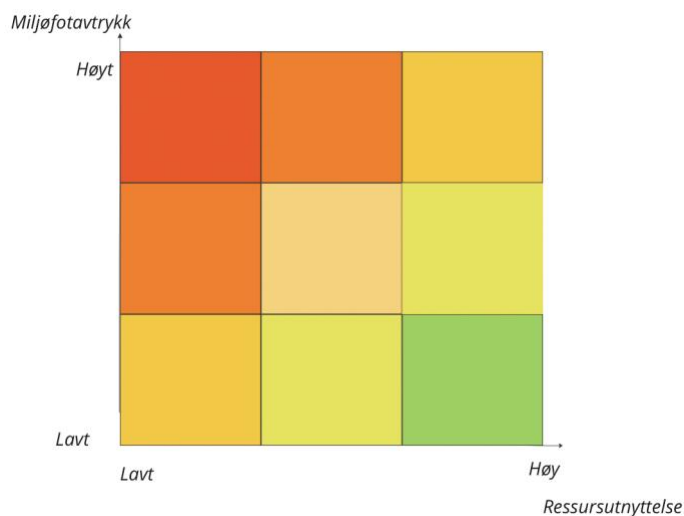
For å oppnå det best mulige scenariet i figur 10 er det viktig å starte med å anta at alle bioressurser har en videre anvendelse, og at det derfor ikke genereres noe avfall. Ressursutnyttelsen kan beregnes ved hjelp av faktorer som energi- eller volumtap, ved å vurdere andelen restmateriale som har videre verdi, eller andelen resirkulert materiale som inngår i sluttproduktet. Ressursutnyttelsen bør også ta hensyn til substitusjonseffekten, som angir kostnaden ved å velge et alternativt råstoff. Med en slik substitusjonseffekt kan verdien og/eller miljøfordelen økes ved å erstatte primære råvarer med restråstoffer (BioDigSirk, 2022a, s. 16).

De funksjonelle egenskapene til bioressursene bestemmer deres anvendelighet. En god evalueringanalyse for substitusjonseffekt avhenger av pålitelige miljøfotavtryksdata og verdikjedetransparens, der alle verdifulle bioressurser dokumenterer faktorer som analyse av kjemisk innhold, egenskaper for nye bruksområder og krav, og prosessering for konvertering (BioDigSirk, 2022a, s. 27). Hvis vi kan evaluere miljøfotavtrykket opp mot anvendelsen, kan det stimulere de involverte aktørene i verdikjeden til å inkludere en bekreftelse på



sluttbehandling i sitt produktansvar. Det er ikke alltid lett å trekke en klar konklusjon om hvor nøyaktig man kan beregne et produkts miljøfotavtrykk, selv om det er utviklet flere modeller for slike beregninger. Med BioDigSirks verdipyramide mener vi imidlertid at det vil etableres et mer eksplisitt beslutningsgrunnlag for å bestemme ressursutnyttelse i fremtiden.

I figur 11 nedenfor, forsøker vi å illustrere hvordan utnyttelse av et restråstoff som fiskeslam kan score i en todimensjonal modell som inkluderer både miljøfotavtrykk og ressursutnyttelse. Det grønne feltet representerer det beste resultatet, der miljøfotavtrykket er lavt og ressursutnyttelsen høy. Denne modellen kan også presenteres i tre dimensjoner, der økonomisk verdi er en tredje akse. Vi mener imidlertid at økonomisk verdi bør ses i sammenheng med ressursutnyttelse i et optimalt og fremtidsrettet system, fordi det i praksis ikke skal lønne seg å sløse med ressurser. På denne måten kan modellen fungere som et beslutningsgrunnlag som fører til regenerativ vekst blant aktørene. Ved å demonstrere oppnådd sirkularitet og utnyttelsesgrad, mener vi at aktøren kan spare penger, levere bedre produkter og oppnå fordeler gjennom produktansvarsordninger.



Figur 11: Scoringmodell for restråstoffets utnyttelse

Med dagens styringsmekanismer vil, fiskeslammet selges til de som betaler mest, ikke nødvendigvis til dem som unytter ressursene best (*Fiskeslam kan bli bondens nye gull*, 2020). Offentlig styring fokuserer i liten grad på hvordan gjenbrakte ressurser blir utnyttet for å skape verdikapringsgevinster. Sementproduksjon som ønsker å erstatte kull med tørket fiskeslam som brensel i sin produksjon, er et eksempel på en ressursutnyttelse som per i dag betaler bedre, men som likevel tilhører kategori 3 i verdipyramide (Figur 10), og scorer dermed lavt på ressursutnyttelse (Figur 11). I dette scenarioet går verdifullt fosfor tapt til

forbrenning. Ved å se på denne problematikken opp mot ressursutnyttelse for ulike type kategorier av biologisk restråstoff, kan innovasjonspresset øke ved en vurdering av den beste utnyttelsen av fiskeslam.

*Eksempel på bruk av figur 11 i vurdering av to ulike scenarier:*

Scenario 1: Fiskeslam utnyttes direkte til gjødselproduksjon (*Figur 2*).

Scenario 2: Fiskeslam utnyttes indirekte til gjødselproduksjon via biogassproduksjon (*Figur 3*).

I dette eksempelet vil vi gjøre noen antakelser ettersom poenget er å illustrere de overordnede hensynene som bør tas. Begge alternativer er plassert i kategori 2 i *figur 10*, da kategori 2 inkluderer både «gjødsel» og «bioenergi».

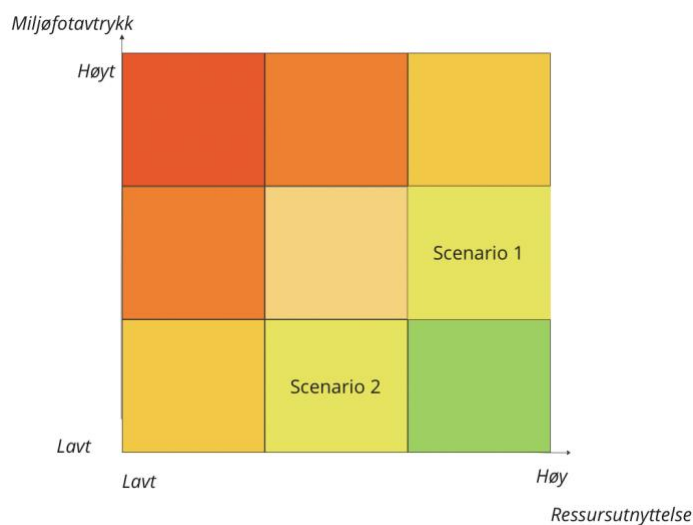
Gjødseffekten av direkte bruk av fiskeslam eller indirekte bruk via biogassproduksjon vil ha betydning for hvordan ressursen bør utnyttes. Ved fastsettelse av ressursutnyttelse av fiskeslam (*Figur 11*), inngår analyser av gjødseffekt ved direkte bruk versus indirekte bruk i vurderingen av «andel restmateriale definert som produkter». Dersom bioresten fra biogassproduksjon kan gi en bedre gjødseffekt, enn direkte bruk av fiskeslam i gjødselproduktet, kan dette være en bedre måte å utnytte ressursen på. Hvis gjødseffekten er like god for begge utfallene, må mengden restråstoff tas med i beregningen. Dersom mye restråstoff går tapt gjennom biogassproduksjon, vil det ikke være den beste løsningen hvis etterspørselen etter fiskeslam til gjødsel er høy. I dette tilfellet vil «andelen gjenvunnet materiale som inngår i sluttproduktet» være mindre.

Fiskeslam kategoriseres som energirikt grunnet høyt innhold av fett. Dette gjør fiskeslammet velegnet for produksjon av bioenergi. Fettinnholdet vil avhenge av mengden fôrspill. Et høyt innhold av NH<sub>4</sub> og omdanning av fett til flyktige fettsyrer, vil kunne være en utfordring (Cabell et al., 2019, s. 50). For å øke utnyttelsen av fiskeslam i et biogassanlegg kan det være hensiktsmessig å vurdere fordelingen av fiskeslammets kvalitet og hva som passer best til de ulike prosessene (biogass eller gjødsel). Det er også viktig å belyse spørsmålet om innovasjonspresset for gjødselvareproduksjon med fiskeslam vil reduseres, hvis fiskeslammet går til biogassanlegg. Dette skyldes at nye innovative løsninger vil ha problemer med å skaffe

seg restråstoffet de trenger på grunn av høy konkurranse blant relaterte næringer. Dermed er det en kompleks problemstilling når man skal vurdere utnyttelsen av fiskeslam i de to scenarioene. Vi har likevel kommet frem til at scenario 1 scorer relativt høyere for utnyttelse av ressurser enn scenario 2, under forutsetning av en forringelse av gjødselkvaliteten i scenario 2. Dette skyldes hovedsakelig vektlegging av substitusjonseffekten, da det er stort press på å finne nye måter å resirkulere fosfor på i dagens næringsomgivelser. Imidlertid må det påpekes at vår forutsetning krever økt kunnskap i fremtiden, da den for øyeblikket er svakt dokumentert (BioDigSirk, 2022a, s. 94).

Når det gjelder miljøfotavtrykk, er det relevant å vurdere substitusjonseffekten biogass har på andre drivstofftyper, og substitusjonseffekten gjødsel har til andre gjødseltyper. Her vil det kunne være en miljøgevinst ved å redusere utslipp fra fossilt drivstoff, og samtidig vil man kunne redusere utslippene produksjonen av kunstgjødsel medfører. I dette eksempelet antar vi at scenario 2 har det laveste miljøfotavtrykket.

Våre antagelser gir følgende resultat:



Figur 12: Eksempel på anvendelse av modell i Figur 11

Dersom scenarioene scorer likt som i dette eksempelet (Figur 12), bør avfallshierarkiet (Figur 9) anvendes. Her oversetter vi biogassproduksjon til «energiutbytte», og gjødselproduksjon til «materialgjenvinning» da man gjenvinner næringsstoffene i materialet (fiskeslammet). Dette medfører at scenario 1 bør prioriteres ovenfor scenario 2, da materialgjenvinning ligger over energiutbytte i avfallshierarkiet.

For å unngå at prioriteringen av scenarioene blir samfunnsøkonomisk lite lønnsomt er det viktig å ikke se bort i fra både bedrifts- og samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til muliggjøring av oppsirkulert restråstoff (BioDigSirk, 2022a, s. 94). Som tidligere nevnt er det imidlertid ikke alltid modellens positive score for et scenario, reflekterer den mest økonomisk lønnsomme løsningen, selv om modellen på sikt bør vise en sammenheng mellom miljøpåvirkning, ressursutnyttelse og lønnsomhet. I dagens situasjon krever ofte utnyttelse på høyest mulig nivå økonomiske insentiver. Det ville derfor være uheldig om statlig eide biogassanlegg tar i bruk restråstoff som kunne vært utnyttet på høyere nivåer i verdipyramiden, i stedet for å stimulere til den mest hensiktsmessige sorteringen og prioriteringen av restråstoffene. Nye næringer og innovasjoner, som produksjon av gjødselvarer med fiskeslam, kan kreve betydelige investeringer. Hvis fordelene i form av kunnskapsøkning eller miljøgevinster ikke er fordelaktige for markedet, er det ikke sikkert at markedet vil bære denne risikoen uten statlig støtte. BioDigSirk sitt foreslåtte program for biosirkularitet og industrisymbioser, er et tiltak som kan bidra til samfunnsmessig lønnsom innovasjon. Dette tiltaket kan også gi Norge en «first-mover» fordel på gjødselmarkedet, selv om det vil medføre offentlig ressursbruk og en skattefinansieringskostnad. Effekten av tiltaket avhenger også av nasjonal og internasjonal utvikling, og om gjødselvarereproduksjonen er lønnsom uten tiltaket (BioDigSirk, 2022a, s. 95).

Dette eksempelet kan sees i sammenheng med modellen utviklet ved Universitetet i Hohenheim (*Vedlegg 2*) som fokuserer på etterspørselssiden av bioøkonomien, og hvordan bioøkonomien kan vurderes som en del av en samfunnsmessig transformasjonsprosess med interaksjon mellom politikk, samfunn, vitenskap og økonomi (*Figur 7*).

## 5.2.2 *«Behov for bedre informasjonsflyt»*

### Nøkkelinnsikt

Det foreligger et ønske om å forbedre informasjonsflyten mellom leddene i verdikjeden. Et forslag er å implementere et verktøy som kan regne ut kostnadene ved forskjellig prosessering av fiskeslam. Det ble også påpekt et behov for bedre informasjonsflyt mellom etablerte og potensielle aktører. I tillegg til informasjonsflyt ble også logistikk identifisert som en utfordring for økt utnyttelse.

## Diskusjon

For best mulig utnyttelse av volumet som er tilgjengelig vil en god informasjonsflyt mellom aktørene kunne bidra til nye og/eller bedre løsninger, og på den måten møte nøkkelinnsikten 5.1.2 «*Volum er det kritiske*» som ble diskutert under næringsomgivelser. Porters diamantmodell (2.2.3) kan bidra med å identifisere hvordan aktørene kan bygge videre på hjemmebaserte fordeler for å skape internasjonalt konkurransefortrinn, ved å nøye utnytte omgivelsene og strukturelle attributter (Porter, 1990). Gjennom intervjuene fikk vi høre fra gjødselvareprodusentene at de etterspurte mer organisk materiale som fiskeslam, men at det var tilbudssiden som skortet. Samtidig leveres store mengder fiskeslam til deponi eller til bruksområder med lav ressursutnyttelse med antagelsen om at etterspørsel ikke er etablert. BioDigSirk-prosjektet (2.2.8) avdekket også at der det er høy gjenbruk av restråstoff, brukes det ofte på et lavt verdinivå, og at det er betydelig potensial for å løfte bruken av råstoff høyere i verdipyramiden (BioDigSirk, 2022a, s. 2). Dette kan knyttes opp mot teorien om endringsdesign (2.2.7) som tar utgangspunkt i etterspørsel av nye produkter, hvor det kreves endringer hos flere aktører i verdikjeden.

Et misforhold mellom tilbud og etterspørsel kan forklares med økte kostnader ved bruksområder med høyere ressursutnyttelse, i henhold til innsikt 4.2.5. En slik kostnad kan for eksempel være transportkostnadene. Lokale klynger av relaterte og støttende næringer kan være en viktig kilde til bedre informasjonsflyt hvor gunstige løsninger skapes (Porter, 1990). Et eksempel på dette, er løsningen hvor aktøren som transporterer fôret ut til anlegget bringer med seg fiskeslammet, fremfor å kjøre uten last tilbake. Dette kan ses i sammenheng med kjernekompetanse i «Four lenses»-teorien (2.2.5), da kjernekompetansen til hver enkelt aktør utnyttes ved kapasitetskartlegging av hvordan omdistribuerer av ferdigheter og eiendeler på nye måter.

Å øke utnyttelsen av restråstoffer i bionæringene kan være en visjon som springer ut fra en større systemanalyse (*Figur 7*). Denne systemanalysen er gjort i BioDigSirk-prosjektet, og det la grunnlaget for et videre behov for fremtidsorienterte visjoner for å informere og inspirere nye prosjekter. BioDigSirk-prosjektet presiserer at god flyt av informasjon er en forutsetning for presisjon og trygghet i forsøket med å øke utnyttelsen av restråstoffer i bionæringene. Samtidig må kvalitetsdata følge fiskeslammet gjennom hele livsløpet, på tvers av næringene og gjennom hele verdikjeden til dette restråstoffet (BioDigSirk, 2022a, s. 2).

Et behov for bedre informasjonsflyt mellom etablerte og potensielle aktører kan beskrives som et brukerbehov (2.2.5) for oppgraderingsmekanismer som komplementaritet og kunnskapsspredning i *figur 6*. Hvis fiskeslammet skal distribueres til gjødsel vil det være en viktig forutsetning at det er et godt samarbeid mellom blå og grønn næring, hvor vi unngår en situasjon hvor ansvar pekes over på hverandre. Mytene som vi avdekket i kapittel 4 vil kunne bremse dette samarbeidet. For å oppnå et godt samarbeid vil det være avgjørende med god informasjonsflyt og deling av dokumentasjon, samt at krav og forutsetninger ligger lett tilgjengelig. Komplementaritet som oppgraderingsmekanisme kan øke verdiskapningen blant aktørene i en næringsklynge, og synergier mellom ulike typer aktører kan utfylle og forsterke hverandre. Kunnskapsspredning som oppgraderingsmekanisme viser hvordan økonomisk vekst skapes ved å spre kunnskap mellom aktørene i klyngen (Finansdepartementet, 2000).

En måte å dekke brukerbehovet for komplementaritet og kunnskapsspredning kan skje ved etablering av en plattform som fungerer som et verktøy som enklere kobler aktører (potensielle og etablerte) langs verdikjeden. I utviklingen av denne plattformen vil det være relevant å avklare hvilken informasjon som vil være viktig i denne sammenheng. Det kan for eksempel være data på næringsinnhold, brukspotensial og biologisk stabilitet. I denne plattformen kan det også være en idé at aktørene legger frem sin etterspørsel for at potensielle leverandører får en oversikt over mulige kunder. På den måten vil bedre koordinasjon gjennom forsyningskjedestyringen bidra til mer effektiv ressursutnyttelse. Dette kan alternativt skje gjennom et kontraktrammeverk hvor plattformen vil fungere som en «matchmaker» mellom aktører som kan nytte seg av hverandres ressurser og kapabiliteter. En slik «matchmaking» kan for eksempel bidra til en kartlegging og optimalisering av logistikkutfordringene, og til å se verdikjeden i sammenheng. På denne måten kan det identifiseres aktører i verdikjeden som har interesse av å samarbeide om å utnytte fiskeslammet. Plattformen kan inkludere nettverk, akademia og/eller interesseorganisasjoner for å danne et forum for diskusjoner, utveksling av ideer og kunnskap. På den måten vil etablerte sannheter (2.2.5) og misforståelser på tvers av næringen avklares, og redusere samarbeidsbarrierer. Dette kan bidra til å bygge tillit og gjensidig forståelse mellom aktørene i verdikjeden. Denne inkludering vil forhåpentligvis kunne stimulere til næringsklynger som utvikler en felles målsetting om å redusere miljøbelastningen fra fiskeslam, og øke verdien av restråstoffet. På denne måten kan plattformen svare til innovation sweet-spot (2.2.4) ved å være et utgangspunkt for utvikling av innovative løsninger og samarbeid om

markedsføringsstrategier, som kan stimulere til økt salg og aksept for produkter med fiseslam som innsatsfaktor.

### 5.2.3

*«Kan ikke være en dumpingplass»*

#### Nøkkelinnsikt

Fiseslam må ha et verdifullt brukspotensial, og gjødselprodusentene er villige til å betale mer hvis de vet hva de betaler ekstra for. Betalingsviljen påvirkes av bruksmulighetene, og hva man får betalt for avlingene. Ved manglende dokumentasjon er bonden bekymret for å måtte ta risiko. Det ble stilt spørsmål ved hvor god dokumentasjonen er på innholdet i fiseslammet. For bonden er det viktig med informasjon om nitrogenets og fosforets form for å unngå avlingstap.

#### Diskusjon

Bonden tar en risiko ved å benytte seg av gjødselvarer som er lite dokumentert, og hvor en ikke vet konsekvensene eller langtidseffektene, i henhold til innsikt 4.1.1. Dagens regelverk for gjødselvarer kan være vanskelig å tyde når det kommer til fiseslam. Gjødselvarens varedeklarasjon vil gi en god dokumentasjon på hva gjødselvaren inneholder, behandlingsmåte og egenskapene, men det er ingen klare krav på dokumentasjon på for eksempel miljøgifter. Gjødselvareprodusenten skal kun treffe tiltak og forebygge innholdet av miljøgifter, men forskriften tar ikke for seg noen minsteverdi på miljøgifter. Kan dette medføre at gjødselvareprodusentene ikke gjennomfører tiltak for å redusere miljøgiftene, hvis dette fører til høye kostnader på grunn av manglende krav? I tillegg påløper det en kostnad ved å analysere innhold av miljøgifter. Videre vil dette medføre at bonden sitter på risikoen ved å tilføre miljøgifter til jorda. Hvilke langtidseffekter som oppstår ved tilføring av miljøgifter fra fiseslam til jorda, er det lite til ingen dokumentasjon på. Her må endringer av regelverket vurderes, og det er behov for økt kunnskap på effektene ved å bruke fiseslam i gjødselvareprodukter for å redusere risikoen for bonden. Den fjerde linsen som omhandler brukerbehov i “Four lenses” (2.2.5) tilsier at tillit og kommunikasjon er viktig. Aktørene i verdikjeden må forstå bondens behov, og ta hensyn til problemet og frustrasjonen rundt risikoen bonden tar, ved å ta i bruk et nytt gjødselvareprodukt. Aktørene må bygge et sterkt nettverk som støtter hverandre langs hele verdikjeden, for å skape merverdien for bonden og

bli konkurransedyktige i det etablerte gjødselvaremarkedet. Dette nettverket kan for eksempel bygges ved plattformen som nevnes i nøkkelinnsikten 5.2.2 «*Behov for bedre informasjonsflyt*». Det foregår arbeid for å bygge digitale markedsplasser for restråstoff, for videre å styrke dokumentasjonsgrunnlaget for bioressurser (BioDigSirk, 2022a, s. 93). Dette er en positiv utvikling for å heve kunnskapsspredningen, og videre øke tillitten bonden har til organiske gjødselvareprodukter. Dagens tilstand på datakvalitet er likevel varierende, datakildene er fragmenterte og kunnskap om anvendelse for store restråstoffmengder mangler (BioDigSirk, 2022a, s. 2). Plattformen med formål om å øke komplementaritet i verdikjeden, og stimulere til klyngevirksomhet, bør inkludere en tilgjengeliggjøring av regelverk, og krav på en enkel måte. Dette kan gjøres gjennom et dokumentasjonsverktøy som svarer til dokumentasjonskrav, satt av kjøper og myndigheter for bruksområdet. Denne løsningen bør kunne forenkle prosessen for å strukturere data fra eksisterende dokumentasjon, som kan komme fragmenterte i pdf-, word- eller excel-formater. Dette svarer til konkurranseforholdene som ble diskutert under nøkkelinnsikten 5.1.4 «*Ærlige konkurrenter med lik arena*», da dokumentasjonen gjør det sømløst å dele og sammenligne informasjon både internt i eget selskap, eller med kunder og leverandører.

Bonden har i lang tid benyttet seg av husdyrgjødsel, men andre organiske gjødselvarer er relativt nytt og det er mangel på erfaring. Ved å benytte seg av nye organiske gjødselvarer vil det være et behov for å dele erfaringer og forskning som er gjort på området. Denne delingen bør skje i plattformens forum som er diskutert tidligere i nøkkelinnsikten 5.2.2 «*Behov for bedre informasjonsflyt*». BioDigSirk-prosjektet (2.2.8) forslår at hver biologisk ressurs bør ha en dokumentasjonsstandard som inneholder parametere for bærekraft og miljøpåvirkning, med blant annet årlige statistikker, ressursstrømdiagram og målinger for biosirkularitet. Dokumentasjonsverktøyet som kan integreres i plattformen for fiskeslam bør svare til denne dokumentasjonsstandard, for at hele verdikjeden kan holdes ansvarlig for ressursens sluttbehandling. Det vil samtidig gjøre det enklere for hele verdikjeden å vurdere eller iverksette tiltak for å oppnå høyere verdiskapning (BioDigSirk, 2022a, s. 2). Ifølge endringsdesign (2.2.7) må hele verdikjeden endre tankesett og holdninger i en tid der vi må gå over til fornybare fosforressurser. Bonden må ha tillit til nye gjødselvarer, mens resten av verdikjeden må anerkjenne bondens bekymring, for eksempel for miljøgifter og ta sitt ansvar for å redusere miljøgiftene på alvor. Dokumentasjonsverktøyet bør dermed være i stand til å øke transparensen ved å levere nøyaktig og detaljert informasjon om opphav og kvalitet, som



videre kan bidra til økt tillit og samarbeid. For å få til dette bør det også legges til rette for sporbarhet av fiskeslammet gjennom hele verdikjeden, for at utregningen av restråstoffets miljøfotavtrykk unngår en «vugge til port» utregningen, men heller inkluderer og ansvarliggjør hele verdikjeden. Det kan stimulere til at aktører, som for eksempel bonden, kan demonstrere sitt engasjement for biosirkularitet. Et slikt engasjement kan videre aktivere nye forretningsmodeller, ved å gi nøyaktig informasjon om fiskeslammet og identifisere nye applikasjoner. På denne måten stimuleres det ytterligere til ny innovasjon i bioøkonomien. Disse mulighetene kan tiltrekke nye investorer.

#### 5.2.4

#### *«Fra avfall til ressurs»*

##### Nøkkelinnsikt

I dag ansees fiskeslam som et avfallsprodukt hos oppdretterne, som de i verste fall må betale for å kvitte seg med. Det trengs gode løsninger for bruk av fiskeslam før det investeres i teknologi som kun samler opp et avfall uten videre brukspotensiale.

##### Diskusjon

Overgangen til en mer biosirkulær økonomi krever, ifølge endringsdesign (2.2.7), en endring i tankesett og holdninger, noe som kan oppnås ved å anse «avfallet» som en ressurs. For å prioritere tiltak kan vi bruke avfallshierarkiet (2.2.9) som et verktøy, der avfall blir sett på som en ressurs. Samarbeid gjennom hele verdikjeden er avgjørende, inkludert fôrprodusenter og oppdrettsnæringen. De må optimalisere fôret og treffe bedre tiltak for å redusere fôrspill, da dette vil bidra til å redusere fiskeslam, som bør ha høyeste prioritet i henhold til avfallshierarkiet. Selv med en reduksjon vil det likevel produseres fiskeslam, og det må resirkuleres. Fiskeslam er et produkt som må behandles og omdannes til et nytt produkt, og kan derfor ikke gjenvinnes. Med ytterligere innovasjon og endringer i regelverket kan fiskeslam resirkuleres til fôr eller gjødsel, og ressursen kan sirkuleres tilbake i matsystemet. Energiutnyttelse er plassert lenger ned i avfallshierarkiet, der fiskeslam kan brukes i biogassanlegg for å utvinne energi, noe som resulterer i en biorest som kan brukes til gjødselproduksjon. Foreløpig bruker vi imidlertid disse løsningene i begrenset grad, og mye av fiskeslammet havner på deponi, eller som forurensning i havet.

Det meste av fiskeslammet fra oppdrettsanlegg i sjø blir til forurensning på grunn av manglende krav til oppsamling (4.1.4). Dette medfører at fiskeslam ikke engang når det laveste trinnet i avfallshierarkiet, som er deponering. Det er problematisk at fiskeslam ikke betraktes som avfall før det samles opp og føres til land. Som tidligere nevnt er oppdrettsnæringen forpliktet til å dokumentere miljøtilstanden i influensområdet. Med en stadig voksende næring vil de kumulative miljøpåvirkningene øke. For å øke kunnskapen om disse påvirkningene har myndighetene begynt å stille strengere krav til mer omfattende miljøovervåking. Miljødirektoratet legger spesielt vekt på å øke kunnskapen om hvordan næringsstoffer og organiske partikler påvirker miljøet i influensområdet. Målet med myndighetenes innsats for å øke kunnskapen er å iverksette tiltak før miljøet skades (Fiskeoppdrett, u.å.). Føre-var-prinsippet i naturmangfoldloven § 9 sier at «Når det treffes en beslutning uten at det foreligger tilstrekkelig kunnskap om hvilke virkninger den kan ha for naturmiljøet, skal det tas sikte på å unngå mulig vesentlig skade på mangfoldet av arter og økosystemer. Dersom det er fare for alvorlig eller irreversibel skade på naturmiljøet, skal mangel på full vitenskapelig sikkerhet ikke brukes som begrunnelse for å utsette eller unnlate å gjennomføre hensiktsmessige forvaltningstiltak» (Naturmangfoldloven - nml, 2009). På grunn av den nåværende mangelfulle kunnskapen om hvordan fiskeslam påvirker ulike områder, både innenfor og utenfor influensområdet, bør myndighetene følge føre-var-prinsippet ved å pålegge strengere tiltak.

Med dagens utvikling i oppdrettsnæringen ser det ut til at fisken vil få stadig lengre oppholdstid på land, og oppdrettsanleggene vil bli lukkede systemer (Winther et al., 2020, s. 82). Endringen i oppholdstiden på land vil føre til mer tilgjengelig fiskeslam fra settefiskanlegg, grunnet krav om oppsamling. For å gjøre det til en verdifull ressurs er det nødvendig å omdanne det til et produkt av høy kvalitet, ved å bruke avfallshierarkiet og anvende gjenbruks- og gjenvinningstrinnene (2.2.9).

I diskusjonen om hva som bør gjøres med fiskeslam, enten gjenvinning til gjødsel eller fôr, eller bruk som energikilde via biogass, er det mange faktorer å ta hensyn til som blir diskutert i flere av innsiktene. Transportkostnadene og den mest lønnsomme behandlingsmetoden er noen av disse faktorene. Hvis fiskeslammet skal brukes som gjødsel og fraktes over lange avstander, kan det tenkes at tørking av fiskeslammet være den beste løsningen. Hvis markedet er villig til å betale ekstra for organisk gjødsel med fiskeslam, kan dette også jevne ut

behandlingskostnadene. Biogassanlegget må imidlertid være i nærheten av kysten for å redusere transportkostnadene. Hvis et biogassanlegg tørker fiskeslam, må de utvanne fiskeslammet igjen for å kunne bruke det i produksjonen, noe vi anser som lite lønnsom bruk av energi.

Ifølge Reve og Jakobsens oppgraderingsmekanisme komplementaritet (2.2.3) må det eksistere en kritisk masse av bedrifter for at visse typer ressurser skal bli tilbudt (Reve & Jakobsen, 2001, s. 41). Hvis flere løsninger og flere bedrifter er interessert i å få tak i fiskeslam, vil dette sette press på oppdrettsnæringen og myndighetene for å tilgjengeliggjøre ressursen og imøtekomme etterspørselen. Det er tre kriterier som må være oppfylt for at verdiskapningen av fiskeslam oppnår selvforsterkende vekst gjennom komplementaritet; (1) fiskeslamressursen må være komplementær i markedet, (2) fiskeslam må ha en fallende enhetskostnad i bruk, så etterspørselen må være et visst omfang for at fiskeslam skal bli tilbudt, og (3) det må være konstant tilgang på fiskeslam, slik at bedriftene ikke endrer strategi og heller får tak i ressursen andre steder. Om disse tre kriteriene er oppnådd, vil næringens størrelse og verdiskapningsevne avhenge av i hvilken grad ressursen vil være tilgjengelig (Reve & Jakobsen, 2001, s. 42–43).

Myndighetene har en viktig rolle i å løse utfordringen med å gjøre fiskeslam til en ressurs, ettersom dagens regelverk ikke legger til rette for sirkularitet (2.2.2), noe som kan hemme innovasjon og næringsutvikling. BioDigSirk (2.2.8) har foreslått en løsning for å øke innovasjonen og utviklingen i bionæringene. Dette innebærer etablering av en sandkasse for piloter i bionæringene, hvor bedrifter kan søke om unntak fra regelverket for å teste nye produkter og tjenester. Konseptet kan bidra til effektivisering av regelverksendringer, som igjen kan åpne opp for videre innovasjon og næringsutvikling. Suksessfulle piloter kan også ha en indirekte virkning internasjonalt, ved at Norge blir et foregangsland hvor det vises til nye regelverksendringer som fungerer og bidrar til grønn vekst (BioDigSirk, 2022a, s. 94–95). Barrierer, for eksempel lave grenseverdier for tungmetaller, må også adresseres for å øke bruken av fiskeslam som gjødsel. Pilotanlegg kan gi muligheter for å eksperimentere med slike barrierer, og samle inn mer kunnskap for mulige regelverksendringer som vil legge til rette for flere bruksområder for fiskeslam, blant annet som gjødsel.

### Nøkkelinnsikt

Det vil ha liten merverdi å samle opp mer fiskeslam uten noen videre plan for utnyttelse av fiskeslammet, på samme måte som det vil være av liten hensikt å produsere store mengder gjødsel, uten å ha kunder som vil være villig til å betale for gjødseffekten.

### Diskusjon

Uten videre merverdi etter oppsamling av fiskeslammet vil det, med dagens regelverk og styringsmekanismer, være vanskelig å gjøre fiskeslam som nå ansees som et avfall, over til en høyverdig ressurs. Det vil, som aktørene sa under intervjuene, være av liten hensikt å produsere store mengder gjødsel uten kunder som er villig til å betale for gjødseffekten. Verdikjeden må samarbeide for at fiskeslam som restråstoff utnytter sitt fulle verdipotensial gjennom optimering i hvert ledd i verdikjeden. For å svare til innovation sweet-spot (2.2.4) må den opplevede verdien av produktet å være høyere enn kostnaden, og for å få til dette vil spesielt leverandørene spille en avgjørende rolle for å styrke innovasjon gjennom effektivisering, kontinuerlig tilbakemeldinger og korte kommunikasjonslinjer (Bruin, 2018). I denne sammenheng vil det være fire overordnede spørsmål som forekommer;

- Hvordan kan oppdrettsnæringen motiveres til å samle opp fiskeslam?
- Hva motiverer fôrproducentene til å etterstrebe optimalisering av fôrets sidestrømmer sin videre bruk i verdikjeden?
- Hvilke insentiver utnyttes for at fiskeslammet leveres til gjødselfareprodusenter?
- Hvordan motiveres gjødselfareprodusenten til å utnytte fiskeslam som innsatsfaktor?

I spørsmålet om oppdrettsnæringen sin motivasjon for oppsamling, vil bærekraft være et relevant aspekt, både knyttet til økt fokus på biosirkularitet og fiskeslammets forurensningspotensial. Det hevdes at drivere knyttet til miljø, bærekraft og tåleevne vil komme til å sette agenda for fremtidens oppdrettsnæring (Aadland, 2019). Det bør kartlegges insentiver for oppsamling. Det oppsamlede fiskeslammet kan aktivere nye forretningsmodeller gjennom sikring av nøyaktig datadeling, og dokumentasjon om blant annet kvaliteter og egenskaper. På denne måten kan et dokumentasjonsrammeverk bidra til å

identifisere nye applikasjoner og bruksområder, og svare til nøkkelinnsikten 5.2.3 «*Kan ikke være en dumpingplass*».

På samme grunnlag som oppdrettere bør også fôrprodusenter ansvarliggjøres, og drives av muligheter for innhenting av miljøgevinster. Fôrprodusenter bør etterstrebe produksjon av det beste fôret både for fisken, men også for sidestrømmenes videre bruk senere i verdikjeden. Ved å redusere tungmetallet kadmium, kan dette bidra til å øke verdien til fiskeslammet. Her kan et pilotanlegg, som diskutert i nøkkelinnsikten 5.2.4 «*Fra avfall til ressurs*», anvendes for å spesielt sikre kontinuerlige tilbakemeldinger og korte kommunikasjonslinjer i en utforskende fase. Dersom man lykkes i å motivere oppdretteren til å samle opp og utnytte fiskeslammets verdi, vil det dessuten tenkes at oppdretteren vil etterspørre det mest optimale fôret for denne type bruk. Fôrleverandører kan også hente ut en gevinst ved å fungere som en pantemaskin for fiskeslam, ved å tilby transport og logistikk løsninger.

For å besvare hva som kan stimulere levering av det oppsamlede fiskeslammet til en gjødselvareprodusent, fremfor annet bruk, bør det undersøkes hvilke miljøgevinster som kan oppnås ved tilrettelegging for økt biosirkularitet. Det kan for eksempel være å legge til rette for et miljøregnskap som inkluderer produsenten sitt slutt håndteringsansvar. For å oppnå dette bør det, som tidligere diskutert unngås «vugge til port» utregninger, men heller anvendes en MFCA-modell eller «fra vugge til vugge» utregninger i LCA, som analyserer hele produktets forsyningskjede. Dersom kunstgjødsel kunne blitt fullverdig erstattet med organisk gjødsel med fiskeslam som innsatsfaktor, kan det oppnås en miljøgevinst. Denne miljøgevinsten vil med gjeldende utregningsmetoder tilfalle bonden (Hauschild et al., 2018). I et optimalt system for biosirkularitet mener vi derimot at miljøgevinst oppnådd videre i verdikjeden også bør tilfalle oppdretteren, for å motivere til økt produktansvar fra «vugge til vugge». Deretter må det vurderes hvorvidt den oppnådde miljøgevinsten gjør opp for eventuelle økte kostnader.

Hvis verdien av fiskeslam skal heves til et gjødselvareprodukt avhenger det også av at gjødselvareprodusenten er villig til å benytte seg av fiskeslammet som innsatsfaktor. Fra intervjuene lærte vi at trendbrudd som økt bevissthet rundt bærekraft i kombinasjon med redusert tilgjengelig fosfor, fører til en kamp om råvarer og et ønske om en sirkulær snuoperasjon hos gjødselvareprodusentene. Muligheten til å ta en posisjon innenfor organisk

sirkulært landbruk vil kunne motivere gjødselvarerprodusenten. Det er likevel ikke til å komme unna at kostnadene ved utnyttelse av fiskeslam må dekkes for å oppnå en bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Det bør derfor legges en klar strategi for å oppnå lønnsomhet i denne gjødselvarerproduksjonen. Strategien bør inkludere en plan for hvordan øke produksjonsvolum (5.1.2), redusere kostnader og utvikle nye markeder. For å redusere kostnadene vil det være avgjørende å utvikle kostnadseffektive behandlingsmetoder, da det som nevnt i innsikt 4.1.1, vil være dyrere å resirkulere næringsstoffer enn å benytte jomfruelige næringsstoffer. Utvikling av nye behandlingsmetoder bør prioritere en effektiv og bærekraftig behandlingsprosess, hvor bevaring av nitrogen, fosfor og organisk materiale håndteres og ivaretas på en god måte, samtidig som kostnadene holdes nede. I denne behandlingsmetodeutviklingen bør det tas hensyn til at det behandlede produktet skal kunne brukes så høyt opp i verdipyramiden som mulig, som diskutert i 5.2.1. Et eksempel på dette er i tilfellet hvor behandlingsprosessen prioriterer biogassproduksjon fremfor gjødselproduksjon, som kan resultere i at biogassbehandlingen øker konsentrasjonen av næringsstoffer, men også av tungmetaller. Det vil bety at bioresten vil havne i en lavere kvalitetsklasse (*Tabell 2*). Som vi lærte fra våre informanter, er det flere nye prosesser og teknologier som er klare for skalering i dag, men det mangler fortsatt kapasitet i behandling- og prosesseringsleddet som kan begrunnes med manglende markedsinfrastruktur (BioDigSirk, 2022b). For å etablere denne markedsinfrastrukturen kan en felles plattform, som diskutert i nøkkelinnsikten 5.2.2 bidra. Det vil samtidig være ugunstig om det oppstår monopol hos leverandør av behandlingsteknologi, som presser prisene opp. Det vil heller være ønskelig å fremme sterk konkurranse mellom utviklere som engasjerer seg i å utvikle de optimale behandlingsmetodene for fiskeslam (Lewandowski, 2018, s. 32).

For å sikre lønnsomhet hos gjødselvarerprodusenten må det finnes markeder for gjødselvarerproduktet, hvilket inkluderer å utvikle en etterspørsel for organisk gjødsel. En god gjødsel-effekt, eller produktets evne til jordforbedring, vil i første omgang kunne heve bondens betalingsvillighet for gjødselvareren. Det kan videre bidra til å dekke gjødselvarerprodusentens utgifter. En sandkasse med testing av produktene og rutiner for kvalitetskontroll kan bidra til å sikre at gjødselvarerproduktet har tilstrekkelig kvalitet, og er egnet for bondens bruksområder. Samarbeid med akademia og forskningsinstitutter, gjennom pilotanlegg eller diskusjonsforum (5.2.2 og 5.2.4), kan bidra til at produktene produseres av høy kvalitet og dermed øker bondens betalingsvilje. Selv om vi i denne oppgaven har sett bort i fra det siste leddet,

matkonsumenter, vil bondens betalingsvilje økes dersom sluttforbruker er villige til å betale mer for mat som er produsert på en spesifikk måte. Dette krever imidlertid at forbrukere engasjerer seg. Sosial dialog eller informasjonskampanjer som styrker etterspørselen etter produkter gjennom å fremme biobaserte produkter, kan bidra til å øke engasjementet (Lewandowski, 2018, s. 32).

Som nevnt tidligere i oppgaven er det lett å ende opp i en situasjon hvor ansvar pekes over på hverandre for å oppnå økt bærekraft i samfunnet. I denne sammenheng har vi forsøkt å fremme løsninger som bidrar til at alle ledd i verdikjeden kan bidra og samtidig dra nytte av utviklingen. Spørsmålet om hvem som skal ansvarliggjøres vil likevel kunne forekomme, og det vil kreves investeringer og villighet for å oppnå en endringsprosess. For å dekke eventuelle lønnsomhetshull bør offentlige insentiver og målrettet virkemiddelbruk komme på banen, da regjeringens bioøkonomistrategi nevnte bruken av fiskeslam som gjødselvarerprodukt for å oppnå bedre utnyttelse og resirkulering av fosfor, allerede i 2016 (*Regjeringens bioøkonomistrategi*, 2016, s. 9–10). I sammenheng med offentlige insentiver og virkemidler bør man likevel være oppmerksom på å unngå å havne i en fallgrube der oppsamling av fiskeslam blir så lønnsomt at det lønner seg med økt fôrspill og dårlig ressursutnyttelse for å produsere mer fiskeslam. Eksempler på politiske styringsmekanismer som kan bidra til å øke verdien av fiskeslam kan være økte avgifter på mineralgjødsel, eller subsidier til bønder som benytter organisk gjødsel. For å motivere den blå næringen til å levere fiskeslam til gjødselvarerproduksjon kan myndighetene vurdere en miljøavgift dersom det leveres til bruk lenger ned i verdikjeden, eventuelt også vurdere subsidier dersom de kan prestere godt i henhold til verdipyramiden og/eller avfallshierarkiet. På denne måten vil alternativkostnaden økes ved at det ikke lenger lønner seg å levere fiskeslam til de som betaler mest, men ikke utnytter ressursen best. Det er nylig reist et politisk representantforslag om et omsetningskrav for resirkulert fosfor. Her fremmes følgende forslag; (1) en utredning og innføring av en ordning som sikrer at fiskeslam samles opp, resirkuleres og blir brukt som en ressurs for næringsutvikling og produksjon innen 2024, (2) en utredning og innføring av et omsetningskrav for resirkulert fosfor i gjødsel, og (3) en utredning og etablering av en ordning som premierer bønder som utnytter gjødsel basert på resirkulerte restråstoff (Hansson et al., 2023).

De tre forslagene som reises i stortinget kan i stor grad bidra i besvarelsen av våre fire overordnede spørsmål for å oppnå innovation sweet-spot (2.2.4). Videre mener vi at det likevel bør etableres markedsplasser for biologisk materiale for å samle verdikjeden, og svare til utsagnet om at «*hele verdikjeden må være på plass*». Som nevnt på ved nøkkelinnsikten 5.2.3 finnes det allerede markedsplasser for biologisk materiale, men det trengs videre vilje og investeringer for å iverksette og utvikle pilotanlegg, dokumentasjonsverktøy og en felles plattform for fiskeslammet. Regjeringen kan utnytte denne muligheten til å ta en aktiv posisjon i den biosirkulære utviklingen. Ulike selskaper kan også være med å vise engasjement ved å bidra i et «network-community» som spiller ut et ønske om systemforandring. Start-up-bedrifter med forretningsmodeller rundt markedsplass/plattform/dokumentasjonsverktøy vil avhenge av såkalte «impact-investorer» med langsiktige målsetninger, da ønsket om systemforandring kan være tidkrevende. Investorer som ønsker seg kortsiktig gevinst vil dermed egne seg dårlig i denne sammenheng. «Impact-investorene» må med andre ord sette seg inn i systemproblemene og de regulatoriske endringene som kan skifte systemet (Chen, 2022).



## Kapittel 6: Avslutning

I dette kapitlet vil forskningsspørsmålet bli besvart ved å presentere en helhetlig forståelse av nøkkelinnsiktene. Det blir lagt frem en mer utfyllende forklaring av avgrensningene som er blitt gjort, som legger grunnlaget for videre forskning.

### 6.1 Konklusjon

For å besvare vårt forskningsspørsmål om hvordan regenerative forsyninger og en høy grad av ressursutnyttelse, kan fremmes gjennom samarbeid langs verdikjeden for å skape en overgang til en biosirkulær økonomi, avdekket denne studien at antagelser og misforståelser langs verdikjeden kan skape barrierer for samarbeid.

Dagens næringsomgivelser viser samtidig at den norske oppdrettsnæringen blir nødt til å legge om til en mer bærekraftig praksis for å imøtekomme makroomgivelsens krav til miljøforpliktelser og innovasjonspress. Oppdrettsnæringen bør proaktivt ta tak i problemet med fiskeslammets forurensning ved å investere i teknologier for oppsamling av fiskeslam. Her foreslår denne studien at oppdrettere med størst kapitaltilgang bør være en «first-mover», og myndighetene bør vurdere å innføre strengere tiltak for oppsamling av fiskeslam.

Et sentralt element for å oppnå lønnsom produksjon av gjødselvarer med fiskeslam som innsatsfaktor, vil være bondens tillit. For å øke bondens tillit til ny gjødselvarer, må det legges til rette for kunnskapsformidling og dokumentasjon av ressursen. En annen faktor som kan øke tilliten til bonden vil være en godkjenning i EUs regelverk for gjødselvarer.

For å bedre samarbeidet og øke transparensen langs verdikjeden foreslår denne studien en bedre informasjonsflyt gjennom en felles plattform for etablerte og potensielle aktører, samt andre påvirkere som for eksempel akademia. Hensikten med denne plattformen er hovedsakelig å legge til rette for kunnskapsspredning og komplementaritet, samt øke tilliten mellom aktørene.

For å oppnå en biosirkulær økonomi må sidestrømmer som fiskeslam fanges opp. Gjennom økt oppsamling av fiskeslammet vil oppskalering av tilgjengelig fiskeslam økes, hvilket er avgjørende for ressursens potensial i gjødselvarerproduksjon. Det eksisterer et ønske om en

tydeligere oversikt over totalt kvantum av tilgjengelig fiskeslam. Vi vet at mengden fiskeslam vil avhenge av ulike produksjons- og livssykluser, viljen til å samle opp fiskeslam i sjø og økning i den totale fiskeproduksjon, samt at varierende beregningsmetoder på totalt kvantum skaper usikkerhet. For at fiskeslam skal kunne tilbys i markedet må ressursen være komplementær, ha en fallende enhetskostnad og det må være en kontinuerlig tilgang på fiskeslam. Næringens størrelse og verdiskapning vil avhenge av tilgangen på ressursen.

Denne studien fremhever at regenerative forsyninger avhenger av grad av ressursutnyttelse, og at fiskeslam i dette tilfellet, må utnyttes som et høyverdig restråstoff. Selv om fiskeslam har vist seg å være et godt gjødselvareprodukt, setter dagens regelverk klare barrierer for økt utnyttelse. Fremtidig regelverk bør, ifølge denne studien, både ta hensyn til mattrygghet, men også vurdere risikoen opp mot behovet for resirkulering av viktige næringsstoffer.

Fôrprodusentene bør samtidig etterstrebe produksjon av det beste fôret for fisken, og videre bruk av sidestrømmene fra produksjon. For å motivere til disse endringsdriverne bør graden av ressursutnyttelse sidestilles med graden av miljøfotavtrykk langs verdikjeden i fremtidig beslutningstaking. I et helhetlig perspektiv bør faktorer heve fiskeslam som ressurs i en verdipyramide eller et avfallshierarki, og ses i sammenheng med miljøfotavtrykket. Det påpekes at alle restråstoff bør utnytte sitt fulle ressurspotensial for så å resirkuleres tilbake til jorda. Med styringsmekanismer som støtter opp under dette prinsippet, bør økt utnyttelse av ressursen på høyest mulig nivå ideelt sett resultere i en tilsvarende økonomisk lønnsomhet. Nye næringer og innovasjon kan kreve store investeringer, og hvis fordelene i form av kunnskap eller miljøgevinster ikke tilfaller markedet, kan det kreves statlig støtte. Det bør, med andre ord, søkes etter regenerative forsyninger der utvinning av råvarer skjer så skånsomt som mulig så produksjonen av mat og materialer skjer innenfor planetens tålegrenser.

## 6.2 Avgrensinger og videre forskning

### 6.2.1 Avgrensninger

I denne masteroppgaven har vi tatt sikte på å undersøke hvordan ulike bruksområder kan øke ressursutnyttelsen av fiskeslam. På grunn av tidsbegrensninger ville det imidlertid vært upraktisk å utforske alle potensielle verdikjeder for fiskeslam. Derfor fokuserte vi på å undersøke bruken av fiskeslam som gjødsel i stedet for å utforske den potensielle bruken i for eksempel fôrproduksjon eller biogassproduksjon.

Intervjuene våre ble gjennomført med aktører tilknyttet lakseproduksjon, som dannet grunnlaget for våre videre diskusjoner om fiskeslam. Videre har vi fokusert på «produksjon» av fiskeslam i Norge, og næringsmulighetene dette gir for norske aktører.

Vi har avgrenset fiskeslammets verdikjede fra fôrprodusent som første ledd, til bonden som det siste ledd. Dette skyldes våre tidsbegrensninger, som hindret oss i å undersøke sluttforbrukerens preferanser i matvalg.

Når det kommer til næringsstoffenes sirkularitet har vi hovedsakelig valgt å sette søkelys på fosfor, da dette var det næringsstoffet som våre informanter var mest opptatt av å resirkulere.

Gjennom disse avgrensningene hadde vi som mål å begrense omfanget av undersøkelsen, for å kunne gi en mer inngående analyse av bruken av fiskeslam som gjødsel i forbindelse med lakseproduksjon.

#### 6.2.2 Videre forskning

Videre vil det være relevant å gjennomføre ytterligere vekstforsøk for å avdekke gjødseffekten fiskeslammet har på flere ulike type vekster. Dette vil ha videre betydning for hva bonden kan dyrke med gjødselvaren, og dermed hva bonden kan få betalt for avlingen. Disse undersøkelsene vil være avgjørende for bondens betalingsvillighet, og legge grunnlaget for en økonomisk analyse av fiskeslammets markedsverdi. Når dette er avklart nærmere vil det være gunstig med en kvantitativ studie som undersøker betalingsvilligheten hos et større antall bønder. Dette bør samtidig sees i sammenheng med en kvantitativ studie på sluttforbrukers preferanser etter matvarer produsert med restråstoff. Det vil i denne sammenheng også være ønskelig med flere vekstforsøk som undersøker fiskeslam fra sjø, for å avklare både korttids- og langtids effektene av ulik mengde saltinnhold i fiskeslammet. Disse resultatene vil påvirke produktaksepten for fiskeslam som gjødselvare.

For å kunne besvare informantenes påstand om hvorvidt en god gjødseffekt bør øke grenseverdiene for tungmetaller, trengs det mer kunnskap om mineraliserings- og nedbrytningsdynamikken til fiskeslam i jord. Denne kunnskapen vil bidra til å optimalisere gjødslingsdoseringen.

For å svare til vurderingene som bør gjøres i forhold til ressursutnyttelse og miljøfotavtrykk, trengs det klare svar på hvorvidt fiskeslam i biorest fra biogassproduksjon reduserer kvaliteten/øker barrieren for utnyttelse av fiskeslam i gjødselproduksjon. Det kan også være relevant å undersøke hvorvidt det er nødvendig å implementere overvåkning av kvaliteten på biorest med fiskeslam, for å minimere risikoen for negative konsekvenser i miljøet og i produksjonsprosessen.

Det vil være hensiktsmessig å utvikle bedre metoder for overvåkning av miljøbelastningen fiskeslammet har i sjø, og samtidig undersøke hvilke politiske og økonomiske insentiver som kan besvare følgende spørsmål;

- Hvordan kan oppdrettsnæringen motiveres til å samle opp fiskeslam?
- Hva motiverer fôrproducentene til å etterstrebe optimalisering av fôrets sidestrømmer sin videre bruk i verdikjeden?
- Hvilke insentiver utnyttes for at fiskeslammet leveres til gjødselvareprodusenter?
- Hvordan motiveres gjødselvareprodusenten til å utnytte fiskeslam som innsatsfaktor?

Til slutt bør videre forskning og analyse være nødvendig for å undersøke og identifisere de mest hensiktsmessige tiltakene for å sikre en bærekraftig tilførsel av organisk materiale til gjødselmarkedet.

## Referanser

- Akvakulturloven. (2005). *Lov om akvakultur* (LOV-2005-06-17-79). Lovdata.  
<https://lovdata.no/lov/2005-06-17-79>
- Akvakultur—Miljødirektoratet*. (u.å.). Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Hentet 13. februar 2023, fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/Akvakultur-fiskeoppdrett/>
- Almås, K. A., Abildgaard, C., Elvevoll, E., Krog, J., Nordhammer, L. I., Sørensen, A. J., & Overskaug, K. (2012). *Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*. Norske Videnskabers Selskab (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA).  
<https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2012/verdiskaping-rapport-010812.pdf?id=2322968>
- Askheim, O. G. A., & Grenness, T. (2008). *Kvalitative metoder for markedsføring og organisasjonsfag*. Universitetsforlaget.
- Avrenning og vannmiljø*. (u.å.). Landbruksdirektoratet. Hentet 17. februar 2023, fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/miljo-og-klima/avrenning-og-vannmiljo>
- BioDigSirk. (2022a, september 27). *BioDigSirk- Oversendelse av oppsummering av anbefalinger og sluttrapport versjon 1.1 fra koseptfasen*.  
[https://www.regjeringen.no/contentassets/d06fba2bb0064910b12e75f5b4a387d2/22\\_01836-2biodigsirk-oversendelse-av-oppsummering-og-sluttrapport.pdf?fbclid=IwAR2FGsJomdd-u7vJ77dvS9LYAxoW6MMbKRv0GSBr1e-mx5vu2NZeODK-1vI](https://www.regjeringen.no/contentassets/d06fba2bb0064910b12e75f5b4a387d2/22_01836-2biodigsirk-oversendelse-av-oppsummering-og-sluttrapport.pdf?fbclid=IwAR2FGsJomdd-u7vJ77dvS9LYAxoW6MMbKRv0GSBr1e-mx5vu2NZeODK-1vI)
- BioDigSirk. (2022b, april 28). *Måling av ressursutnyttelse i bionæringene og hvorfor det er viktig*.  
<https://ops-sjomat.no/wp-content/uploads/2022/04/BigDigSirk-presentasjon.pdf>
- Board of Innovation. (u.å.). *How to hit the innovation sweet spot and why it's not all that straightforward*. <https://www.boardofinnovation.com/blog/how-to-hit-the-innovation-sweet-spot/>
- Brod, E. (2021). *Fiskeslam som nitrogengjødsel til korn- Resultater fra FishBash prosjektet* (NIBIO rapport Nr. 7/137/2021). NIBIO. <https://nibio.brage.unit.no/nibio->

xmlui/bitstream/handle/11250/2763347/NIBIO\_RAPPORT\_2021\_7\_137.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Brod, E., & Øgaard, A. F. (2021). Closing global P cycles: The effect of dewatered fish sludge and manure solids as P fertiliser. *Waste Management*, 135, 190–198.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.041>

Bruin, L. de. (2018, juni 18). *Porter's Diamond Model: Why Some Nations Are Competitive And Others Are Not*. <https://www.business-to-you.com/porter-diamond-model/>

*Bruk av fiskeslam i gjødselvarer / Mattilsynet*. (u.å.). Hentet 13. februar 2023, fra

[https://www.mattilsynet.no/planter\\_og\\_dyrking/gjodsel\\_jord\\_og\\_dyrkingsmedier/organisk\\_gjodsel\\_jordforbedringsmidler\\_og\\_dyrkningsmedier/bruk\\_av\\_fiskeslam\\_i\\_gjodselvarer.46766](https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/organisk_gjodsel_jordforbedringsmidler_og_dyrkningsmedier/bruk_av_fiskeslam_i_gjodselvarer.46766)

*Brønnøysundregistrene: BioDigSirk*. (2022).

<https://www.digdir.no/digitaliseringsradet/brønnoysundregistrene-biodigsirk/3650>

Cabell, J., Brod, E., Ellingsen, J., Løes, A.-K., Solli, L., Standal, I. B., Toldnes, B., & Vivestad, H.

(2019). *Bruk av tørket slam fra settefiskanlegg som gjødsel i norsk landbruk* (NIBIO rapport Nr. 146). <http://hdl.handle.net/11250/2630914>

Cayuela, M. L., Sinicco, T., Fornasier, F., Sanchez-Monedero, M. A., & Mondini, C. (2008). Carbon mineralization dynamics in soils amended with meat meals under laboratory conditions. *Waste Management*, 28(4), 707–715. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.028>

Chen, J. (2022, juli 20). *Impact Investing Explained: Definition, Types, and Examples*. Investopedia.

<https://www.investopedia.com/terms/i/impact-investing.asp>

Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19(2), 292–305.

<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry Research Design* (4.). SAGE Publications.

Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving* (6.). Gyldendal Norsk Forlag.

Deloitte. (2020). *Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi*.

<https://mkto.deloitte.com/rs/712-CNF-326/images/Kunnskapsgrunnlag-sirkulaer-okonomi-Oppsummerende-rapport.pdf>

Digdir. (u.å.). *Design*. Hentet 22. februar 2023, fra <https://www.digdir.no/innovasjon/design/3075>

EasyMining. (2021, mai 5). *Barriers to chemical recycling*. <https://www.easymining.se/news/articles-inspiration/chemical-recycling/>

Erlandsen, A. M., Haavardsholm, O., Rosnes, O., Skjelvik, J. M., & Skøien, S. (2019). *Samfunnsøkonomisk analyse av økt bruk av bioest som klimatilak* (Nr. 2019/41). Landbruksdirektoratet. [https://vista-analyse.no/site/assets/files/6748/va-rapport\\_2019-41\\_samfunnsokonomisk\\_analyse\\_av\\_okt\\_bruk\\_av\\_biorest\\_som\\_klimatiltak-1.pdf](https://vista-analyse.no/site/assets/files/6748/va-rapport_2019-41_samfunnsokonomisk_analyse_av_okt_bruk_av_biorest_som_klimatiltak-1.pdf)

European Commission. (2020a). *Farm to Fork Strategy*. [https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f\\_action-plan\\_2020\\_strategy-info\\_en.pdf](https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf)

European Commission. (2020b, oktober 16). *Bioeconomy strategy*. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/bioeconomy/bioeconomy-strategy\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/bioeconomy/bioeconomy-strategy_en)

European Commission. (2019). *The European Green Deal*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

Finansdepartementet. (2000, juni 30). *En strategi for sysselsetting og verdiskaping*. Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2000-21/id117571/>

*Fiskeoppdrett*. (u.å.). Miljøstatus. Hentet 13. februar 2023, fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/fiskeoppdrett/>

Fiskeridirektoratet. (2022, mai 25). *Økt salg av oppdrettsfisk i 2021*. Fiskeridirektoratet. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2022/okt-salg-av-oppdrettsfisk-i-2021>

*Fiskeslam kan bli bondens nye gull*. (2020, juli 12). Bellona.no. <https://bellona.no/nyheter/havbruk/2020-07-fiskeslam-kan-bli-bondens-nye-gull>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. <https://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf>

Forskrift om organisk gjødsel. (2003). *Forskrift om gjødselvarer mv. Av organisk opphav* (FOR-2003-07-04-951). Lovdata. <https://lovdata.no/forskrift/2003-07-04-951>

Forurensningsforskriften. (2004). *Forskrift om begrenning av forurensning (forurensningsforskriften)* (FOR-2004-06-01-931). Lovdata. <https://lovdata.no/forskrift/2004-06-01-931>

- Gebauer, R. (2004). Mesophilic anaerobic treatment of sludge from saline fish farm effluents with biogas production. *Bioresource Technology*, 93(2), 155–167.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.024>
- Gebauer, R., & Eikebrokk, B. (2006). Mesophilic anaerobic treatment of sludge from salmon smolt hatching. *Bioresource Technology*, 97(18), 2389–2401.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.008>
- Gibson, R. (2015). *The four lenses of innovation—A power tool for creative thinking* (1. utg.). Wiley.
- Grefsrud, E. S., Andersen, L. B., Bjørn, P. A., Grøsvik, B. E., Hansen, P. K., Husa, V., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Samuelsen, O., Sandlund, N., Solberg, M. F., & Stien, L. H. (2022). *Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2022* (Nr. 2022–12). Havforskningsinstituttet.  
<https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=56843&92732727>
- Grønnvaskingsplakaten*. (2023, mars 6). <https://gronnvasking.no>
- Guerrero, J.-L., & Sample, J. E. (2022). *Kildefordelte tilførsler av nitrogen og fosfor til norske kystområder i 2020: Tabeller, figurer og kart* (Nr. 7729–2022). NIVA.  
<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/mars/kildefordelte-tilforsler-av-nitrogen-og-fosfor-til-norske-kystomrader-i-2020-tabeller-figurer-og-kart/>
- Gulden, K. T. (2015, oktober 19). *Oppdrettsnæringen sløser med fosfor*. <https://forskning.no/oppdrett-partner-forurensning/oppdrettsnaeringen-sloser-med-fosfor/464367>
- Gulden, K. T. (2017, januar 9). *Tørket fiskebæsj gir god kornvekst*. NIBIO.  
<https://www.nibio.no/nyheter/trket-fiskebsj-gir-god-kornvekst>
- Hamilton, H. A., Brod, E., Hanserud, O. S., Gracey, E. O., Vestrum, M. I., Bøen, A., Steinhoff, F. S., Müller, D. B., & Brattebø, H. (2016). Investigating Cross-Sectoral Synergies through Integrated Aquaculture, Fisheries, and Agriculture Phosphorus Assessments: A Case Study of Norway: Cross-Sectoral Synergies in P Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 20(4), 867–881. <https://doi.org/10.1111/jiec.12324>
- Hansen, P. K., Bannister, R., & Husa, V. (2011). *Utslipp fra matfiskanlegg- Påvirkning på grunne og dype hardbunnslokaliteter* (Nr. 21-2011; Rapport fra havforskningen).



- Havforskningsinstituttet. [https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2011/hi-rapp\\_21-2011\\_til\\_web.pdf](https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2011/hi-rapp_21-2011_til_web.pdf)
- Hansson, R., Haug, K. R., & Berg, L. M. N. (2023). *Representantforslag om et omsetningskrav for resirkulert fosfor*. [https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Representantforslag/2022-2023/dok8-202223-189s/?fbclid=IwAR3-8R8Bm0\\_1RDTgqomDh\\_-ojE1XQKOG0wGyvYvYTzMHApAh\\_VT1YhETrLE](https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Representantforslag/2022-2023/dok8-202223-189s/?fbclid=IwAR3-8R8Bm0_1RDTgqomDh_-ojE1XQKOG0wGyvYvYTzMHApAh_VT1YhETrLE)
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life Cycle Assessment- Theory and Practice*. Springer International Publishing.
- Havforskningsinstituttet. (2021, april 7). *Laks i oppdrett*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/laks/laks-i-oppdrett>
- Havforskningsinstituttet. (2023, januar 2). *Landbaserte oppdrettsanlegg/lukkede anlegg*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/landbaserte-oppdrettsanlegg-lukkede-anlegg>
- Huang, Y.-C. A., Hsieh, H. J., Huang, S.-C., Meng, P.-J., Chen, Y.-S., Keshavmurthy, S., Nozawa, Y., & Chen, C. A. (2011). Nutrient enrichment caused by marine cage culture and its influence on subtropical coral communities in turbid waters. *Marine Ecology Progress Series*, 423, 83–93. <https://doi.org/10.3354/meps08944>
- Hva er avfall?* (u.å.). ndla.no. Hentet 22. mars 2023, fra <https://ndla.no/subject:1:fdefda2a-7d3a-4749-92cf-24ad466a20db/topic:1:59a528c4-1260-4004-8dfa-bb31f94aaf9f/topic:1:b487fbdd-a621-4b04-b34e-3a5fbd0e43b8/resource:e7bb1ce8-69c1-46af-a7dd-2ef61e61bf62>
- Irwin, T. (2015). Transition Design: A Proposal for a New Area of Design Practice, Study, and Research. *Design and Culture*, 7(2), 229–246. <https://doi.org/10.1080/17547075.2015.1051829>
- Jacobsen, A. K., & Hvattum, F. (2013). *Opportunities and challenges for sustainable farming of salmon in closed systems and offshore in Norway* [Pre-study]. Accenture. [https://media.wwf.no/assets/attachments/83-accenture\\_prestudy\\_offshore\\_and\\_closed\\_systems\\_2013.pdf](https://media.wwf.no/assets/attachments/83-accenture_prestudy_offshore_and_closed_systems_2013.pdf)

- Jiménez-González, C., Kim, S., & Overcash, M. R. (2000). Methodology for developing gate-to-gate Life cycle inventory information. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(3), 153–159. <https://doi.org/10.1007/BF02978615>
- Johannessen, A., Christoffersen, L., & Tufte, P. A. (2020). *Forskningsmetode for økonomiskadministrative fag* (4.utgave). abstrakt forlag.
- Jord og jordhelse*. (u.å.). Landbruksdirektoratet. Hentet 13. februar 2023, fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/miljo-og-klima/jord-og-jordhelse>
- Kjente ressurser-uante muligheter*. (2016). Nærings- og fiskeridepartementet. [https://www.regjeringen.no/contentassets/32160cf211df4d3c8f3ab794f885d5be/nfd\\_biokononomi\\_strategi\\_uu.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/32160cf211df4d3c8f3ab794f885d5be/nfd_biokononomi_strategi_uu.pdf)
- Korneliussen, O. K. (2021, august 10). *Utnytter slam fra oppdrettsindustrien*. Avfall Norge. <https://avfallnorge.no/bransjen/nyheter/utnytter-slam-fra-oppdrettsindustrien>
- Kratz, S., Schick, J., & Schnug, E. (2016). Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany. *Science of The Total Environment*, 542, 1013–1019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.046>
- Kristiansen, T. K., & Hetland, T. (2021). *Undersøkelse av økende mengde fiskeavfall til biogassproduksjon*. <https://biogassoslofjord.no/wp-content/uploads/2021/12/Rapport-fiskeavfall-i-biogass.pdf>
- Kutt, T., Krogness, C., & Husa, V. (2016). *Effekter av utslipp av oppdrettsfôr på svamp* (Nr. 1–2016; Rapport fra havforskningen). Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2016/effekteroppdrettgeodia.pdf>
- Lewandowski, I. (Red.). (2018). *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8>
- Ludwig, E. (2013, mai 1). *ISO 14051-Based Material Flow Cost Accounting in a Nutshell*. iPoint. <https://go.ipoint-systems.com/blog/iso-14051-based-material-flow-cost-accounting-in-a-nutshell>

- Ludwig, E. (2015, august 6). *Material Flow Cost Accounting: Resource Efficiency Made Simple*.  
<https://go.ipoint-systems.com/blog/material-flow-cost-accounting-resource-efficiency-made-simple>
- Lånke, A. F., Ø.Berg, H., Melbye, A. M., Helland, L., & Solberg, F. E. (2016). *Markedsrapport biogass i Oslofjord—Regionen*. <https://biogassoslofjord.no/wp-content/uploads/2021/12/Markedsrapport-biogass-Oslofjordregionen-Ramboll-Endelig-003.pdf>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, Ö., Yu, R., & Zhou, B. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Meld. St. 31 (2020 – 2021). *Finansmarkedsmeldingen*. Finansdepartementet.  
<https://www.regjeringen.no/contentassets/01932e015f9d4a7792e19fab6ca901b9/no/pdfs/stm202020210031000dddpdfs.pdf>
- Klima- og miljødepartementet. (2021, august 10). *Noregs plaststrategi* [Plan]. Regjeringa.no.  
<https://www.regjeringen.no/nn/dokumenter/noregs-plaststrategi/id2867004/>
- Misund, B. (2023). Fiskeoppdrett. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/fiskeoppdrett>
- Mæland, M. (u.å.). *Innspill til regjeringens stormøte om sirkulærøkonomi*. Hentet 11. april 2023, fra  
<https://www.regjeringen.no/contentassets/ad6de6e5ddef41f6949ea1472f9d5464/bergen-naringsrad.pdf%20>
- Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*. (2021). Klima- og miljødepartementet.  
<https://www.regjeringen.no/contentassets/f6c799ac7c474e5b8f561d1e72d474da/t-1573n.pdf>
- Naturvernforbundet. (2020, februar 24). Oppdrett. *Naturvernforbundet*.  
<https://naturvernforbundet.no/laer-mer/hav-og-strand/oppdrett/>
- NIBIO. (2017, oktober 23). *Fosfor*. Nibio. <https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fosfor>

- NIBIO. (2021, november 2). *Fiskeslam*. Nibio. <https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fiskeslam>
- NIBIO. (2023, mars 28). *Fiskeslam for eksport og i økologisk jordbruk?* Nibio. <https://www.nibio.no/prosjekter/fiskeslam-for-eksport-og-i-okologisk-jordbruk>
- Nielsen, A. E. (2013). License to Operate. I S. O. Idowu, N. Capaldi, L. Zu, & A. D. Gupta (Red.), *Encyclopedia of Corporate Social Responsibility* (s. 1585–1591). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8\\_502](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8_502)
- NorskFisk. (2022). *Dyr dritt eller Guds slam?* NorskFisk.no. <https://norskfisk.no/2022/02/08/dyr-dritt-eller-guds-slam/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021). *Et hav av muligheter—Regjeringens havbruksstrategi*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/e430ad7a314e4039a90829fcd84c012a/no/pdfs/et-hav-av-muligheter.pdf>
- Porter, M. E. (1990). The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations>
- Producing advanced bio-based fertilizers from fisheries wastes—SEA2LAND - Nibio*. (u.å.). Hentet 13. februar 2023, fra <https://www.nibio.no/en/projects/producing-advanced-bio-based-fertilizers-from-fisheries-wastes>
- Rethink Food. (2022, november 1). *Fiskeslam er ikke et problem, men en blågrønn kindereggløsning*. Rethink Food. <https://rethinkfood.no/fiskeslam-er-ikke-et-problem-men-en-blagronn-kinderegglosning/>
- Reve, T., & Jakobsen, E. W. (2001). *Et verdiskapende Norge*. Universitetsforlaget.
- Råheim, A. (2022, august 17). «Fosforkrisen», kan den løses? Geo365. <https://geo365.no/fosforkrisen-kan-den-loses/>
- Samiha, B. (2013). The Importance of the 3R Principle of Municipal Solid Waste Management for Achieving Sustainable Development. *Mediterranean Journal of Social Science*, 4. <https://doi.org/10.5901/mjss.2013.v4n3p129>
- SEA2LAND. (u.å.). Hentet 22. mars 2023, fra <https://sea2landproject.eu/>

- Silva, M. S., Kröckel, S., Jesu Prabhu, P. A., Koppe, W., Ørnsrud, R., Waagbø, R., Araujo, P., & Amlund, H. (2019). Apparent availability of zinc, selenium and manganese as inorganic metal salts or organic forms in plant-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 503, 562–570. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.005>
- Stange, K., & Lundby, M. (2020, august 24). *La oss feire jorda og maten*. Økologisk Norge. <https://okologisknorge.no/aktuelt/la-oss-feire-jorda-og-maten/>
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Stien, L. H., Taranger, G. L., & Boxaspen, K. K. (2016). *Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2016* (Fisken og havet Nr. 2–2016). Havforskningsinstituttet. Hentet 13. februar 2023, fra <https://core.ac.uk/reader/225963660>
- The Ellen MacArthur Foundation. (u.å.-a). *The butterfly diagram: Visualising the circular economy*. Hentet 22. mars 2023, fra <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>
- The Ellen MacArthur Foundation. (u.å.-b). *The biological cycle of the butterfly diagram*. Hentet 28. mars 2022, fra <https://ellenmacarthurfoundation.org/articles/the-biological-cycle-of-the-butterfly-diagram>
- The story of phosphorus*. (2020, januar 28). <https://www.easymining.se/news/articles-inspiration/facts-phosphorus/>
- Thornam, H., & Higham, J. (2016). Revisjon av «ikke-finansielle» tall bør være en selvfølge for et fremtidsrettet selskap. *Praktisk økonomi & finans*, 32(4), 357–365. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-2871-2016-04-05>
- Vangdal, E., Kvamm-Lichtenfeld, K., Sørheim, R., & Svalheim, Ø. (2014). *Fiskeslam frå oppdrettsanlegg Gjødseil til planter eller råstoff for biogass?* (Bioforsk Report 27 2014). Bioforsk. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2449026/Bioforsk-Rapport-2014-09-27.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vik, I. (2019, april 10). *Kunstgjødseil og naturgjødseil*. <http://www.okologisk.no/no/tema/hva-er-oekologisk-mat/kunstgjoedsel-og-naturgjoedsel>
- Villanueva, R. D., Yap, H. T., & Montaña, M. N. E. (2006). Intensive fish farming in the Philippines is detrimental to the reef-building coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Ecology Progress Series*, 316, 165–174. <https://doi.org/10.3354/meps316165>

- Walz, M., & Guenther, E. (2021). What effects does material flow cost accounting have for companies?: Evidence from a case studies analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 25(3), 593–613. <https://doi.org/10.1111/jiec.13064>
- Waste Framework Directive*. (u.å.). Hentet 22. mars 2023, fra [https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en)
- Whittington, R., Regner, P., Angwin, D., Johnson, G., & Scholes, K. (2020). *Exploring Strategy* (12.utgave). Pearson Education Limited.
- Winther, U., Hognes, E. S., Jafarzadeh, S., & Ziegler, F. (2020). *Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017* (2019:01505). SINTEF Ocean AS. [https://www.sintef.no/contentassets/0ec2594f7dea45b8b1dec0c44a0133b4/report-carbon-footprint-norwegian-seafood-products-2017\\_final\\_040620.pdf](https://www.sintef.no/contentassets/0ec2594f7dea45b8b1dec0c44a0133b4/report-carbon-footprint-norwegian-seafood-products-2017_final_040620.pdf)
- Wit, M. de, Haigh, L., Daniels, C. von, & Christiansen, A. F. (2020). *The Circularity Gap Report* (1.1). The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE). [https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3\\_4878d746a9fc40f0a9aacd113e090abc.pdf](https://de312f73-4ba4-4a83-b0e6-01dc20f54c34.filesusr.com/ugd/8853d3_4878d746a9fc40f0a9aacd113e090abc.pdf)
- Ytrestøyl, T., Aas, T. S., Nerda, K. S., & Berge, G. M. (2016). *Karakterisering av slam fra tre kommersielle settefiskanlegg gjennom ett produksjonsår* (Nr. 33/2016). Nofima. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2419235/Rapport%2B33-2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Aadland, N. (2019, februar 26). *Norsk oppdrettsnæring blir stadig grønnere*. IntraFish.no | De siste nyhetene om oppdrettsnæringen. <https://www.intrafish.no/kommentarer/norsk-oppdrettsnaring-blir-stadig-gronnere/2-1-552089>

# Vedlegg

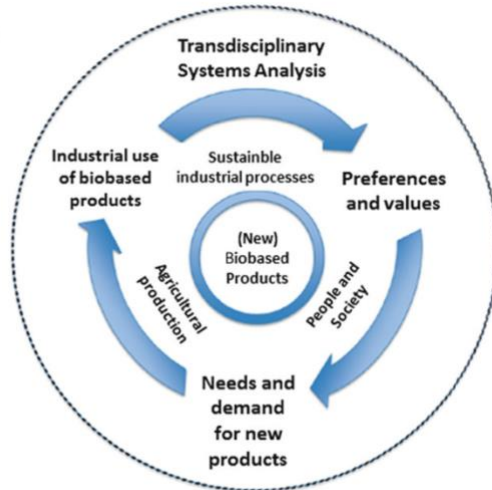
## Vedlegg 1: Begrepsliste

<b>Begrep</b>	<b>Forklaring</b>
Bioressurser	Ressurser av biologisk materiale som kan stamme fra planter eller dyr
Biorest	Restråstoff eller sidestrøm fra biogassproduksjon, som består av organisk materiale og næringsstoffer
Biosirkularitet	En bærekraftig, effektiv og lønnsom produksjon, uttak og bruk av betinget fornybare ressurser som også inkluderer sirkularitet gjennom resirkulering og gjenbruk av ressursene.
Blå næring	Fiskeforprodusent og havbruksnæring
Grønn næring	Landbruksnæringen
Havbruksnæringen	All næring som foregår i havet
Miljøfotavtrykk	Mål på påvirkning på miljøet, og beregning av mengde av land, vann og andre ressurser som trengs for å produsere de ressursene vi bruker og absorbere avfallet vi genererer
Oppdrettsnæringen	Næring tilknyttet produsent av fisk, hovedsakelig laks
Primære råstoff	Materiale som er utvinnet direkte fra naturen eller ikke brukt i tidligere produksjonsprosesser
Regenerative forsyninger	En tilnærming som tar sikte på å utnytte og forvalte biologiske ressurser på en måte som støtter og forbedrer økosystemenes helse og bærekraft, i stedet for å uttømme eller ødelegge dem
Ressurseffektivisering	Effektiv produksjon, uttak og bruk av ressurser
Ressursutnyttelse	Viser til mål på bruken av ressursen
Restråstoff	De ressursene man sitter igjen med etter en produksjonsprosess, og som gjenvinnes eller brukes på nytt i produksjon av nye produkter.
Sidestrømmer	Stoff eller gjenstander som er fremstilt som en integrert del av en produksjonsprosess som primært tar sikte på å fremstille noe annet. Kan ses i sammenheng med "restråstoff" men sidestrømmer brukes nødvendigvis ikke i produksjon av nye produkter
Verdisirkel	En sirkulær verdikjede

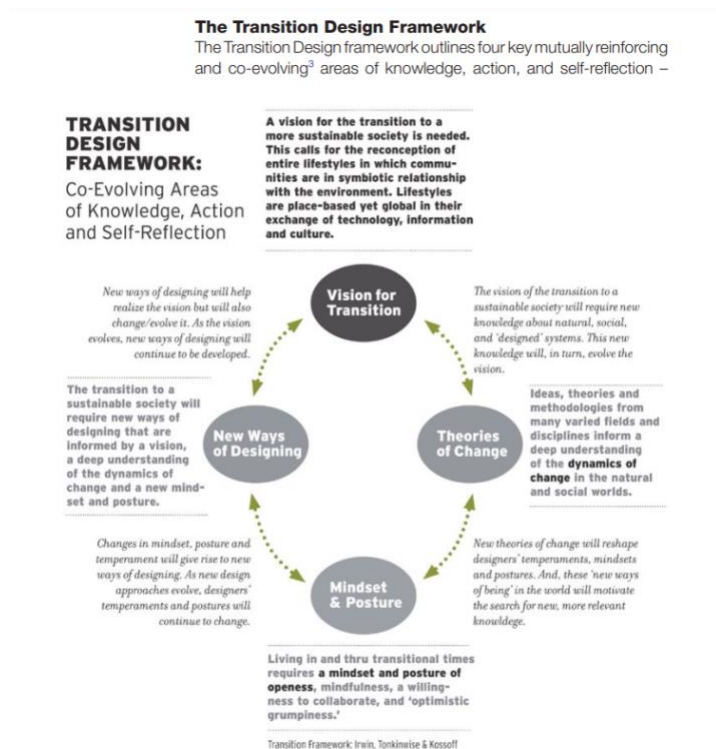
*Vedlegg 1: Begrepsliste med forklaring av sentrale uttrykk som anvendes i denne masteroppgaven. Forklaringene er våre egne, men inspirert av våre informanternes forståelse av begrepene.*

## Vedlegg 2+3: Figurer

Fig. 3.6 Holistic concept of the bioeconomy. Source: University of Hohenheim (2013)



Vedlegg 2: Holistic concept of the bioeconomy (Lewandowski, 2018, s. 28)



Vedlegg 3: The Transition Design Framework (Irwin, 2015)



## Vedlegg 4: Intervjuguide

Denne intervjuguiden viser utgangspunktet for våre intervjuer. Det bør likevel presiseres at intervjuguiden måtte tilpasses hver enkelt informant, for å sikre inkludering av alle emner og detaljer som var disiplinspesifikk for hver informant.

Fiskeslam – fra miljøbelastning til bærekraftig gjødsel ressurs

Utarbeidet av Caroline Wangen og Ingeborg Skrefsrud  
September 2022

### **Bakgrunnsinformasjon:**

Takk for at du tok deg tid.

- Om prosjektet: Vi er to masterstudenter i bioøkonomi ved NMBU som skal skrive en masteroppgave om ressurseffektivisering i bionæringer
- Mål for samtalen: Vi snakker nå med flere aktører for å få en oversikt over barrierer for økt utnyttelse av fiskeslam

Vi ønsker ærlige tilbakemeldinger. Målet vårt er å lære noe nytt- på godt og vondt. Om det er ok for dere tar vi opp samtalen for å gjøre en god oppsummering, sitater vil kun bli delt etter avklaring med dere. Tid ca 1 time.

### **Innledende spørsmål (ca.10 min)**

#### Innenfra og ut:

Kan du fortelle litt om deres organisasjon/selskap og din stilling?

- Probe: Hvor lenge har dere eksistert? (her vil vi undersøke erfaring)
- Probe: Hvorfor ble dere til? (bestemme nivå for å kartlegge ambisjon)

Hvilken rolle har dere i samfunnet (samfunnsansvar)?

- Probe: Hva er deres ambisjon i dag, og 5,10 år frem i tid?
- Probe: Hvor viktig opplever du at rollen deres er i samfunnet?

#### Utenfra og inn:

Hva tenker du vil påvirke dere i fremtiden (teknologi, regelverk, miljø etc.)

- Probe: Hvordan blir dere påvirket av andres/samfunnets holdninger til bærekraft?

Har dere opplevd en intern holdningsendring ift. bærekraft?

- Probe: Hvordan jobber dere med bærekraft?
- Probe: Hva motiverer dere til å jobbe med bærekraft?

### **Motivasjon (ca. 15 min):**

*Sirkulær bioøkonomi maksimerer bruken av sidestrømmer og restprodukter fra landbruk, havbruk, skogbruk, matproduksjon og andre biobaserte industrier. På den måten reduseres avfallet som går til deponi, forbrenning eller forurensende utslipp.*

*Økt oppsamling og gjenvinning av næringsstoffer, særlig fosfor, er identifisert som en prioritert næringsmulighet. Gjennom økt utnyttelse av fiskeslam kan vi omgjøre et avfall med forurensningspotensiale i sjø til en sårt trengt ressurs i landbruket. I dag slippes det ut mer*

*fosfor fra oppdrettsmerder enn den årlige mengden fosfor som blir brukt i mineralgjødning i landbruket.*

*I vår masteroppgave ønsker vi å finne ut av hva som skal til for å øke utnyttelsen av fiskeslam- hvordan tilrettelegges det for økt sirkularitet og ressursutnyttelse av fiskeslam?*

Hvilke ansvar har dere for restråstoffer og hvor det ender opp i dag? (biorest)

Hvilket ansvar føler dere ovenfor avfallsstrømmene i deres verdikjede?

Jobber dere for å øke utnyttelsen av restråstoff?

- Probe: Hvilke tiltak mener dere må til for å utnytte restråstoffet bedre

### **Informasjon (ca. 15 min):**

Hvilke barrierer har dere møtt på?

- Oppfølgingsspørsmål: Hvordan har dere løst disse barrierene så langt?
- Probe: Er det noe informasjon dere kunne ønske dere hadde?

Hvordan dokumenterer dere sidestrømmene?

- Probe: Hvilke dokumentasjonskrav har dere/myndigheter/mottaker til sidestrømmene? (angående mengde og konsekvensene av disse avfallsstrømmene, hvor det ender opp)
- Probe hvis svak dokumentasjon: Hva må på plass for å styrke dokumentasjon av fiskeslam?

### **Økonomiske og regelverk (ca 15 min):**

Har dere sett noen eksempler på løsninger for bedre utnyttelse av fiskeslam?

- Probe: hva er deres forretningsmodell, og hva er fordeler/ulempene ved denne?
- Probe: Kan du nevne kort hva du mener er nødvendig å ha med i en fremtidig forretningsmodell for fiskeslam?

Hvilke løsninger trenger vi/ser du for deg at vi må implementere i fremtiden (eks.: 5-10-15 år) for at næringen/bransjen overlever/styrkes?

- Oppfølgingsspørsmål: Hva er risikoen ved å etablere nye løsninger og hvem skal stå for investeringskostnadene?
- Probe: Er det noen regulatoriske endringer som kan åpne opp for nye markedsmuligheter?

### **Avslutning (ca. 5 min):**

Er det noe du vil legge til eller du føler vi har glemt å spørre om?

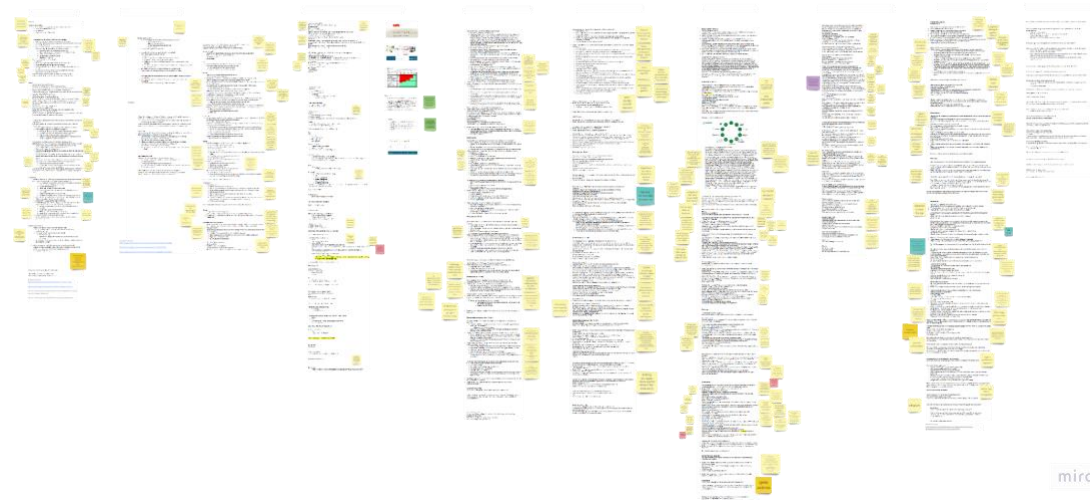
Takk for at du tok deg tiden til å snakke med oss. Vi kommer til å benytte oss av informasjonen fra dette intervjuet med i vår analyse og kan være vi ønsker et oppfølgingsintervju.

# Vedlegg 5: Affinitetsanalyse

## Steg 1: Gjennomgang av rånotater

Vi gikk gjennom alle intervjunotatene nøye og trakk ut de viktigste innsiktene fra hvert intervju.

Del 1: rånotater under intervju



## Steg 2: Tematisk inndeling

De viktigste innsiktene fra intervjunotatene ble sortert og delt inn i «funn på tvers av intervjuene» og «motsigelser».

### Del 2: Funn på tvers av intervjuer

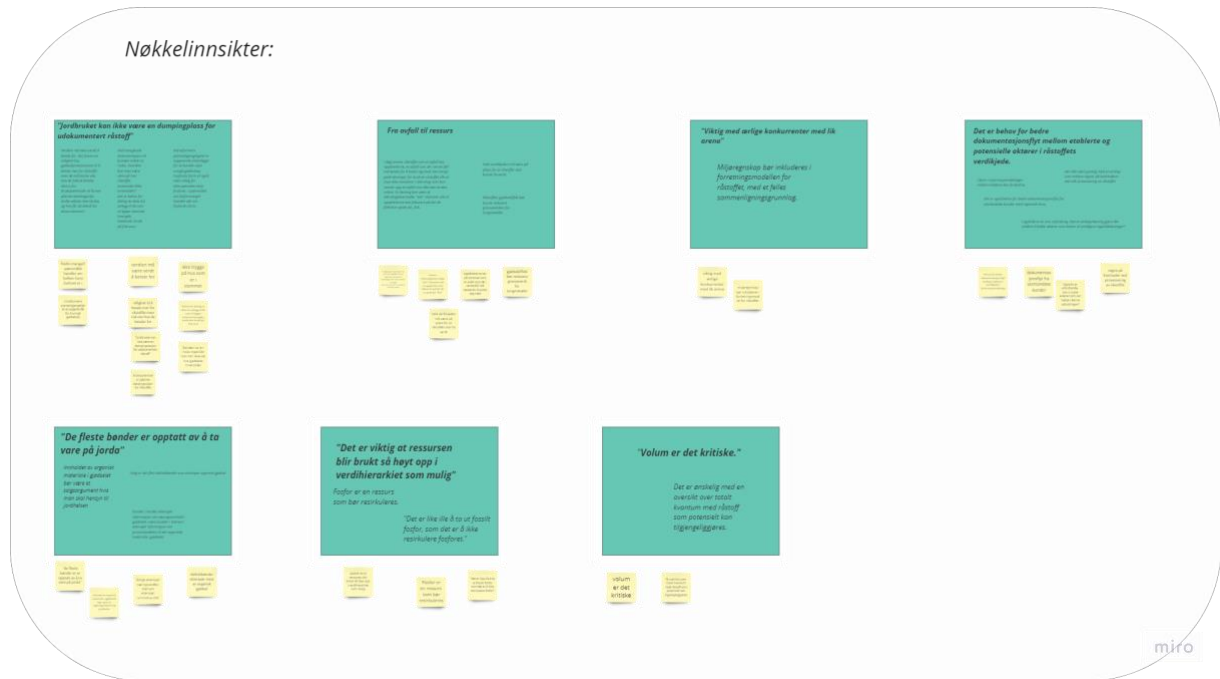
<b>Utdrag 1</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 2</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 3</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 4</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 5</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 6</b> Utdrag fra intervju med... «...»
<b>Utdrag 7</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 8</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 9</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 10</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 11</b> Utdrag fra intervju med... «...»	<b>Utdrag 12</b> Utdrag fra intervju med... «...»

### Del 2: Motsigelser

<b>Motsigelse 1</b> Motsigelse mellom... «...»	<b>Motsigelse 2</b> Motsigelse mellom... «...»	<b>Motsigelse 3</b> Motsigelse mellom... «...»	<b>Motsigelse 4</b> Motsigelse mellom... «...»
<b>Motsigelse 5</b> Motsigelse mellom... «...»	<b>Motsigelse 6</b> Motsigelse mellom... «...»	<b>Motsigelse 7</b> Motsigelse mellom... «...»	<b>Motsigelse 8</b> Motsigelse mellom... «...»

### Steg 3: Nøkkelinnsikter

Vi så innsikten fra steg 2 i sammenheng og trakk ut de viktigste innsiktene og kalte dem nøkkelinnsikter.



Skrivingen av masteroppgaven har vært en prosess der vi har gjort endringer underveis som har resultert i endringer i ordlyden til nøkkelinnsiktene og dermed også antall. I tillegg kuttet vi ut en av innsiktene kalt eksport fra «motsigelser» som viste seg å være mindre relevant for studien.



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway