

Sirkulærøkonomi i havbruksnæringen

- *en kvalitativ studie av laksefisknæringen i Norge*



Christoffer Solberg Bjonness

Masteroppgave i Samfunnsgeografi

Institutt for Geografi

Juni 2024

Foto: Colourbox.com/ Evgeniy Sergeev

Forord

Tiden er kommet for å levere inn min masteroppgave, det betyr slutten på en utfordrende, men også givende periode i mitt liv. Når jeg nå skal ta mine første steg inn i arbeidslivet, er jeg takknemlig for de erfaringene jeg har gjort meg fra tiden som student ved Universitetet i Bergen. Vi beveger oss inn i en tid der vi er nødt til å tenke på nye måter for å kunne sikre oss selv og fremtidige generasjoner. Jeg håper derfor at denne forskningen vil være et nyttig bidrag, ikke bare til havbruksnæringen, men også til samfunnet forøvrig.

Først ønsker jeg å takke min veileder Grete Rusten, som på tross av store geografiske avstander har gitt meg støtte under hele prosessen. Hennes veiledning og kunnskap inn i denne masteroppgaven har vært verdifull, noe jeg er svært takknemlig for.

Jeg vil også utrette en stor takk til min samboer Tomine, som har heiet på meg hele veien. Videre vil jeg takke min bror William som har satt av timevis til korrekturlesning, familien min på Nøtterøy for støtte og informantene for deres bidrag til forskningen.

Til slutt vil jeg dedikere denne oppgaven til pappa, Flemming Bjønness.

Takk for all inspirasjon og for at du har formet meg til den jeg er i dag.

Christoffer Solberg Bjønness, 31.05.24

Sammendrag

Denne masteroppgaven i samfunnsgeografi undersøker utbredelsen av sirkulærøkonomiske strategier og praksiser i Norges havbruksnæring. Formålet med studien har vært å kartlegge de praksiser som allerede er iverksatt, og de som diskuteres som fremtidige muligheter innen produksjonssystemet til oppdrettslaks og -ørret. I sammenheng med dette har det også vært sentralt å undersøke hvilke hindringer som vanskeliggjør en omlegging til sirkulærøkonomi, og hvordan det kan bidra til mer bærekraftig utvikling for næringen. Produksjonssystemet er stort også med aktiviteter utenfor landets grenser, men denne oppgaven er avgrenset til å drøfte temaet med utgangspunkt i en norsk kontekst.

Hvorvidt oppdrett av laks og ørret er bærekraftig er et omstridt tema, blant annet på grunn av utfordringer som lakselus, høy dødelighet, utslipp og mangelen på bærekraftig fôr. Sirkulærøkonomi har i nyere tid derfor blitt et politisk virkemiddel for å oppnå bærekraftig produksjon og konsum innen næringen. Gjennom feltarbeid med litteraturgjennomgang, deltakelse på seminarer og konferanser, samt 10 intervjuer med sentrale næringsaktører er problemstillingene empirisk belyst. Dataene fra analysen drøftes i lys av teori knyttet til bærekraft og sirkulærøkonomi som politisk verktøy og praktisk organisering av produksjonssystemet.

Resultatene viser at det eksisterer flere sirkulærøkonomiske praksiser som bidrar til bærekraft i næringen. Restråstoff som avskjær og dødfisk, samt materialer fra merdkonstruksjoner, samles opp, resirkuleres og gjenbrukes i stor grad, og næringen er godt i gang med utfasing av fossil energi. Fiskeslam viste seg derimot å være en underutnyttet ressurs, men med betydelig potensiale for sirkulære anvendelser. Dette ble derfor et gjennomgående tema i studien, da det trolig er her behovet for sirkulære løsninger er størst i næringen. Mulighetene for videre utvikling av sirkulære systemer beskrives som store, som i første omgang krever endringer av produksjonsanlegg. Imidlertid er det klare hindringer som vanskeliggjør utviklingen, spesielt knyttet til bruk av animalske biprodukter i produksjonssystemet. I tillegg er det utfordringer ved manglende insentiver, politisk vilje og reguleringer som er oppdatert på teknologiutviklingen. For å tilrettelegge for sirkulærøkonomisk vekst i næringen er det behov for mer forskning, samarbeid på tvers av lokalt, regionalt og nasjonalt nivå, og bedre rammevilkår for en omstilling.

Abstract

This master's thesis in human geography examines the prevalence of circular economy strategies and practices within Norway's aquaculture industry. The purpose of the study has been to map out and discuss the practices already implemented and those being discussed as potential options within the production systems of cultured salmon and trout. In this context, it has also been essential to investigate the obstacles that hinder a transition towards a circular economy, as well as how to better facilitate circular economic growth in the industry. The production system is extensive and extends beyond Norway's borders, however, due to the thesis's purpose and scope, the focus is placed within the Norwegian context.

Whether the farming of salmon and trout is sustainable is a contested topic, partly due to challenges such as salmon lice, high mortality rates, emissions, and the lack of sustainable feed. Circular economy has recently emerged as a political instrument to achieve sustainable production and consumption, and the implementation of circular strategies in the aquaculture industry can contribute to more sustainable production. Through fieldwork involving document analysis, participation in seminars and conferences, and conducting 10 interviews with key industry stakeholders, these issues have been examined. The data from the analysis is discussed considering theories related to sustainability and circular economy. Also, how circular economy can be a political tool for green and sustainable transformation.

The results show that there are several circular economy practices contributing to sustainability in the industry. By-products such as trimmings and dead fish, as well as materials from cage constructions, are extensively collected, recycled, and reused. The industry is also well underway with phasing out fossil energy. However, fish sludge has proven to be an underutilized resource, albeit with significant potential for circular applications. Consequently, this became a recurring theme in the study, as the need for circular solutions seems greater in this area. The potential for further development of circular systems is described as substantial, but initially requires changes to production facilities. Nevertheless, there are clear obstacles that complicate development, particularly related to the use of animal by-products. In addition, there are challenges related to the lack of incentives, political will, and regulations that are updated to reflect technological developments. To facilitate circular economic growth, there is a need for more research, collaboration across local, regional, and national levels, and better framework conditions for a transition.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	iv
Abstract	v
Innholdsfortegnelse	vi
Tabeller og figurer	viii
Forkortelser	ix
1. Introduksjon	1
1.1 <i>Forskningsspørsmål</i>	2
1.2 <i>Oppgavens oppbygning</i>	3
2. Havbruksnæringen – en strukturell oversikt	5
2.1 <i>Bærekraftsmålene</i>	6
2.2 <i>Geografisk avgrensning</i>	7
2.3 <i>Verdiskapning</i>	8
2.3.1 <i>Havbrukets geografiske utbredelse</i>	9
2.3.2 <i>Størrelse og omfang av næringens virksomhet</i>	10
2.4 <i>Sysselsetting i havbruket</i>	12
2.5 <i>Produksjonssystemet</i>	14
2.5.1 <i>Produksjonssystemet kort forklart</i>	14
2.5.2 <i>Typer produksjonsanlegg</i>	16
2.6 <i>Miljøpåvirkning</i>	19
2.6.1 <i>Hvordan oppdrettsaktivitet påvirker miljøet</i>	19
2.6.2 <i>Fiskehelse og andre utfordringer rundt oppdrett</i>	24
3. Et teoretisk perspektiv på sirkulærøkonomi	27
3.1 <i>Sirkulærøkonomien</i>	27
3.1.1 <i>Fra lineær- til sirkulær økonomi - opprinnelsen til sirkulærøkonomien</i>	27
3.1.2 <i>Sirkulærøkonomi kort forklart</i>	30
3.1.3 <i>R-rammeverkene</i>	31
3.1.4 <i>Sirkulærøkonomien satt i system</i>	33
3.1.5 <i>Sirkulærøkonomi og bærekraft</i>	34
3.2 <i>Kritikk mot sirkulærøkonomi</i>	38
3.3 <i>Sirkulærøkonomi som politikk og strategi</i>	40
3.3.1 <i>Sirkulærøkonomi i Norge</i>	40
3.3.2 <i>Norges sirkulærøkonomiske handlingsplan</i>	42
3.4 <i>Sirkulærøkonomi i praksis – fra teori til handling</i>	43
3.5 <i>Sirkulærøkonomi og matsystemer</i>	44
4. Metodisk tilnærming til studien av sirkulærøkonomi i norsk havbruksnæring	49
4.1 <i>Forskningsdesign</i>	49
4.1.1 <i>Casestudien</i>	50

4.2 Utvalget	52
4.2.1 Informantene	53
4.3 Datainnsamling og feltarbeid	54
4.3.1 Dokumenter og andre sekundærkilder	55
4.3.2 Intervjuer	56
4.3.3 Konferanser og seminarer	57
4.4 Koding og dataanalyse	59
4.5 Etiske vurderinger i forskningen	59
4.6 Datakvalitet	61
5. Sirkulærøkonomi i havbruket i Norge –empiriske funn fra feltarbeid	65
5.1 Bærekraft i Havbruksnæringen	65
5.2 Hvordan oppfattes sirkulærøkonomi i havbruket?	67
5.3 Sirkulærøkonomiske tilnærminger til produksjon av for laksefisk	68
5.3.1 Fôr og -ingredienser	68
5.3.2 Rogn- og settefiskproduksjon	71
5.3.3 Matfiskproduksjon	73
5.3.4 Alternative produksjonsanlegg og -tilnærminger	76
5.4 Restråstoff, biprodukter og sidestrømmer fra havbruket	77
5.4.1 Avskjær	77
5.4.2 Slam	78
5.4.3 Dødfisk, biogass og biorest	80
5.5 Andre sirkulærøkonomiske tilnærminger i havbruket	83
5.6 Elektrifisering av næringen.	84
5.7 Utfordringer ved overgangen til sirkulær økonomi	86
6. Diskusjon	89
6.1 Sirkulærøkonomi og bærekraft i havbruksnæringen	89
6.2 Hvordan kan sirkulære tilnærminger iverksettes og bidra til at norsk havbruksnæring blir mer bærekraftig?	92
6.2.1 Sirkulærøkonomi med utstyr og materialer	92
6.2.2 Sirkulærøkonomi og energi	93
6.2.3 Sirkulærøkonomi, bioøkonomi, restråstoff og biprodukter	94
6.2.4 Sirkulærøkonomi og føringredienser	96
6.3 Hvilke hindringer og muligheter finnes for den sirkulære økonomien i næringen?	97
7. Konklusjon	101
8. Referanser	105
Vedlegg 1	119
Vedlegg 2	121

Tabeller og figurer

Tabell 1: *Oversikt over forskningens informanter, deres rolle og tilhørighet til virksomhet, kategorisert i kronologisk rekkefølge.*

Tabell 2: *Oversikt over arrangementene som har inngått i feltarbeidet.*

Tabell 3: *Sirkulærøkonomiske tilnærminger og strategier identifisert i havbruksnæringen.*

Forsidebilde: Colourbox.com/ [Evgeniy Sergeev]

Figur 1: *Kart over settefisk- og matfiskproduksjonsanlegg av laks og ørret i Norge.*

Selvprodusert kart basert på data fra akvakulturregisteret til Fiskeridirektoratet (2021).

Figur 2: *Total mengde slaktet fisk i tonn fordelt på fylke for året 2022. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).*

Figur 3: *Total verdi av slaktet fisk i millioner kroner fra 2007-2022. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).*

Figur 4: *Salgsinntekter fra havbruksnæringen i 2022 fordelt på art. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).*

Figur 5: *Diagram over utviklingen av sysselsatte ved produksjonsanlegg for laks og ørret fra 1994-2022. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).*

Figur 6: *En skjematisk fremstilling av produksjonssystemet, fra rogn til slaktet fisk. Selvprodusert figur.*

Figur 7: *Skisse av prosessene i et RAS-anlegg. Kilde: Lomnes et al. (2019); Nofima, (2019)*

Figur 8: *Skisse av et lukket oppdrettsanlegg i sjø. Kilde: Nilsen et al. (2017)*

Figur 9: *Antall rømt laks rapportert per år fra 1998 til 2021. Kilde: Havforskningsinstituttet (2022)*

Figur 10: *9-R Rammeverket med et hierarki av strategier innenfor sirkulærøkonomi. Tilpasset og oversatt modell etter Kircherr et al. (2017); Potting et al. (2017).*

Figur 11: *De fire hovedområdene for Regjeringens grønne sirkulærøkonomiske strategi. Kilde: Regjeringen (2021b)*

Figur 12: *Skjematisk fremstilling av verdikjeden og innsatsfaktorer til atlantehavslaksen fra rogn til marked. Selvprodusert figur*

Figur 13: *Skjematisk fremstilling av en sirkulær verdikjede havbruk. Selvprodusert figur.*

Figur 14: *Skjematisk oversikt over feltarbeid fordelt på måneder. Kilde: Selvprodusert figur.*

Figur 15: *Modell for sirkulær utnyttelse av biprodukter i en symbiose mellom havbruk og jordbruk. Selvprodusert figur.*

Figur 16: Skjematisk fremstilling av en symbiose på tvers av energi-, jordbruk og havbruksnæring. Videreutvikling av selvprodusert figur 15 (jf. kap. 6).

Forkortelser

CEAP	EUs Circular Economy Action Plan
C2C	Cradle-to-Cradle
EMAF	Ellen MacArthur Foundation
EU	Den Europeiske Union
EØS	Det europeiske økonomiske samarbeidsområde
FHF	Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering
IMTA	Integrert multitrofisk akvakultur
IPCC	International Panel on Climate Change
MTB	Maksimal tillatt biomasse
NIBIO	Norsk institutt for bioøkonomi
NORCE	Norwegian Research Centre
RAS	Resirkulerende akvakultur systemer
SSB	Statistisk Sentralbyrå
SØ	Sirkulærøkonomi
3-9R	R-rammeverk innenfor sirkulærøkonomisk litteratur

1. Introduksjon

Denne masteroppgaven i samfunnsgeografi har som mål å undersøke sirkulærøkonomiske tilnærminger innenfor produksjonssystemet til laks og ørret i Norge. Havbruksnæringen har utviklet seg til å bli en betydelig del av den norske økonomien, og Norge er en betydelig aktør i det internasjonale markedet. Fisken som produseres gjennom oppdrett omtales som noe av verdens mest bærekraftige proteinkilder, men er det egentlig like bærekraftig som det ofte omtales som? Havbruksnæringen er stadig i vekst, og nye moderne teknologiske tilnærminger til oppdrett begynner å tre frem. Samtidig som næringen vokser skal bindende bærekraftsmål oppnås, hvilket kan bli et komplisert dilemma.

Havbruket produserer mat, arbeidsplasser, skatteinntekter og verdiskapning langs norskekysten. Samtidig står næringen ovenfor en rekke utfordringer som mangel på bærekraftige fôringredienser, tvilsom dyrevelferd, sykdom, selvdød fisk, lakselus og utslipp. Akvakultur er å anse som bærekraftig og miljøvennlig sammenlignet med mange andre former for kjøttproduksjon på land, men næringen er langt fra å være klimanøytral. Sirkulærøkonomiske tiltak og nye produksjonstilnærminger kan adressere flere av disse utfordringene, og bidra til mindre miljøpåvirkning. Sirkulærøkonomien presenterer et alternativ til den tradisjonelle lineære økonomien, med et overordnet fokus på omsetningen av materialer og ressurser. Med et utgangspunkt i næringens produksjonssystem vil ulike sirkulære strategier og praksiser undersøkes og drøftes i lys av sirkulærøkonomisk litteratur.

Formålet med denne studien er å belyse de sirkulærøkonomiske tilnærmingene som eksisterer i næringen, i tillegg til tilnærminger som er under utvikling, og de som beskrives som mulige i fremtiden. Hvilke muligheter som finnes og hvilke barrierer som vanskeliggjør en omstilling til sirkulærøkonomi i næringen står også sentralt i studien. Prosjektet fokuserer ikke på én del av produksjonssystemet, men hensikten er å danne et helhetlig bilde over sirkulærøkonomi som et verktøy for bærekraftig utvikling i næringen.

1.1 Forskningsspørsmål

Sirkulærøkonomi som et virkemiddel for bærekraftig utvikling har fått mye oppmerksomhet blant annet fra EU og Regjeringen, og det er pågående forskning for bruken av konseptet til blant annet havbruk. I denne oppgaven er begrepet sirkulærøkonomi knyttet til bruken av materialer og ressurser i produksjonssystemet til denne næringen, i tillegg andre strategier som berører energi, utstyr, fornybare og ikke-fornybare materialer. Produksjonssystemet knyttet til næringen er utstrakt geografisk både i form av marked og innsatsfaktorer som føringredienser. Av hensyn til oppgavens omfang er dette avgrenset til produksjonssystemet i Norge. Laks og ørret utgjør den største delen av produksjonen i landet målt i inntekt, arbeidsplasser og lokaliteter, og er av den grunn valgt som studieområde.

Tidligere forskning har undersøkt sirkulærøkonomiske tilnærminger til deler av havbruksnæringen ved å fokusere på separate materialstrømmer som for eksempel plast og slam. Denne studien vil imidlertid ta for seg sirkulærøkonomi innen flere ulike deler av produksjonssystemet. Oppgavens hensikt er ikke å følge enkelte materialstrømmer i næringen fra start til slutt, men heller å betrakte sirkulærøkonomi som et helhetlig konsept som utspiller seg på forskjellige måter i virkeligheten. Sirkulærøkonomiske tilnærminger i denne delen av næringen kan i tillegg utgjøre viktige erfaringer og kunnskap, som også kan finne sin vei til andre deler av havbruket.

Studien baseres hovedsakelig på kvalitative metoder, hvor sentrale aktørers opplevelser, meninger, og erfaringer i sammenheng med sirkulærøkonomi anvendt til havbruket undersøkes. Gjennom analysen presenteres det empiriske materialet fra ulike prosjekter i en syntetisk case, hvor aktører og tilnærminger fokuserer på sirkulærøkonomiens plass og muligheter innen næringen. Oppgaven handler dermed både om praksis slik den er nå, og betraktninger i forhold til fremtidige muligheter for sirkulærøkonomiske tilnærminger i næring.

De ovennevnte forholdene og avgrensningene tatt i betraktning har oppgaven som hensikt å besvare de følgende problemstillingene:

- 1. Hvordan kan sirkulære tilnærminger iverksettes og bidra til at norsk havbruksnæring blir mer bærekraftig?*
- 2. Hvilke hindringer og muligheter finnes for den sirkulære økonomien i næringen?*

1.2 Oppgavens oppbygning

Oppgavens oppbygning følger i stor grad et tradisjonelt oppsett med introduksjon, teori, metode, empiri, diskusjon og konklusjon. Kapittel 1 har presentert studiens formål og problemstillingene som skal undersøkes gjennom masterprosjektet. Kapittel 2 vil tydeliggjøre bakgrunnen for studien, relasjoner til bærekraftsmål og avgrensningen av studieområdet, i tillegg til fakta om havbruksnæringen basert på sekundærdata. I kapittel 3 beskrives det teoretiske rammeverket for sirkulærøkonomi, hvordan det blir brukt som en politisk strategi og hvordan det relateres til matsystemer og den norske havbruksnæringen. Kapittel 4 beskriver forskningsdesignet og det metodologiske rammeverket for oppgaven. Her presenteres en rekke faktorer som kan ha og har påvirket dataproduksjonen, datakvalitet, refleksivitet og etikk knyttet til studien. Kapittel 5 inneholder den empiriske analysen basert på feltarbeid. I kapittel 6 drøftes de empiriske funnene i studien i lys av sirkulærøkonomisk teori, mens kapittel 7 inneholder en konklusjon hvor oppgavens problemstillinger besvares.

2. Havbruksnæringen – en strukturell oversikt

Dette kapitlet vil presentere bakgrunnen for studien, forskningens relasjoner til FNs klima- og bærekraftsmål, samt den geografiske avgrensningen. Videre vil kapitlet gi oversikt over havbruksnæringens størrelse, produksjon, verdiskapning og sysselsetting gjennom sekundærdata. Statistikken og dataen presentert her er hentet hovedsakelig fra Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet, hvilket gir en oversikt over hvilken økonomisk og sosial betydning næringen har for Norge. Dette ligger som et bakteppe for den viktige oppgaven sektoren har med tanke på å utvikle seg i en mest mulig miljømessig bærekraftig retning. Både med tanke på næringens renomme og at det økologiske fotavtrykket blir på et nivå samfunnet og konsumenter kan akseptere.

Bakgrunnen for studien er sammensatt, men det handler blant annet om at havbruksnæringen er preget av flere utfordringer som dyrevelferd, lakselus, rømminger, mangel på kilder til bærekraftige fôringredienser og utslipp av slam. Noen av utfordringene står for betydelige utgifter knyttet til produksjonen, og fører blant annet til at over 100 millioner av rense- og laksefisk dør under produksjonen hvert eneste år (Sommerset et al., 2024) (Stranden, 2020). Skadene fra lus, samt mekanisk og kjemisk avlusning utgjør en stor kostnad for næringen og medfører hard behandling av fisken. Resulterende høy dødelighet har ført til kritikk av dyrevelferden i oppdrettsnæringen (jf. kap. 2.6). Fisken som dør under oppdretten omtales gjerne som dødfisk eller selvdød fisk. Denne går likevel ikke til spille fordi det finnes bruksområder selv for en slik ressurs, noe som er positivt fra et sirkulærøkonomisk perspektiv.

Fôr har lenge vært den største kostnaden for oppdrettere, men kostnader knyttet til biologiske utfordringer er nå en av de største utgiftene (Misund, 2022). Fôringrediensene som benyttes til oppdrett i Norge stammer hovedsakelig fra andre land, og en betydelig del av dette kommer fra jordbruk. Ifølge en utregning fra Eidem og Melås (2021) er ca. 60 % av fôret som benyttes til oppdrett av laksefisk i Norge av vegetabiliske kilder. På grunn av mangelen på bærekraftige ingredienser til fôr har Regjeringen i 2023 igangsatt et samfunnsoppdrag for fôr (jf. kap. 6.2.4).

Åpne merder har vært og er fortsatt den dominerende formen for oppdrett, men ulike utfordringer har ført til utviklingen av alternative produksjonsanlegg. Integreert multitrofisk akvakultur (IMTA), lukkede merder, landbaserte- og offshore oppdrettsanlegg (jf. kap. 2.5.1)

kan løse utfordringer og tilrettelegge for utnyttelse av biprodukter, men kan igjen by på andre problemer.

I den sirkulære økonomien anses avfall som ressurser til andre formål. Innenfor et sirkulærøkonomisk perspektiv er alle biproduktene som produseres i havbruket en ressurs som burde utnyttes så langt det lar seg gjøre. De store mengdene biologiske og ikke-biologiske ressurser i omløp i næringen tilsier at potensialet for sirkulærøkonomi er stort. De alternative produksjonsanleggene kan gjøre det lettere å integrere sirkulærøkonomiske løsninger. Ved etablering av landbaserte anlegg oppstår imidlertid nye dilemmaer i form av arealbruk og naturinngrep. Sirkulærøkonomi fremmes som et verktøy for å oppnå bærekraftig utvikling, og noen anser det som en forutsetning (jf. kap. 3.1). I havbruket beskrives sirkulærøkonomi som et virkemiddel som kan hjelpe mot flere av utfordringene beskrevet her, spesielt knyttet til bekjempelse av lakselus, bærekraftig fôr og utnyttelse av fiskeslam. Alt i alt kan teknologi og alternative produksjonsanlegg bidra til bedre dyrevelferd, oppsamling av utslipp og begrense ekstern påvirkning (jf. kap. 2.5).

2.1 Bærekraftsmålene

Som følge av de pågående klimaendringene ble det i 2015 vedtatt av FNs medlemsland en rekke klima- og bærekraftsmål. Havbruksnæringen er stadig under utvikling, og det forventes at produksjonsnivåene skal øke samtidig som målene skal oppnås. Det er flere av disse som kan relateres til denne oppgavens tematikk, blant annet 2, 12 og 14.

Bærekraftsmål 2: *Utrydde sult*, omhandler også bærekraftig produksjon av mat, er i forbindelse med den denne oppgaven svært relevant (FN, u.å.). Selv om sult ikke er et utbredt problem i norsk sammenheng, så er matsikkerhet likevel relevant her som i verden for øvrig. Oppdrettsfisk har et svært lavt klimaavtrykk sammenliknet med produksjon av andre typer kjøtt (jf. kap. 2.6.1), den er også rik på næringsstoffer. Den voksende verdensbefolkningen øker også behovet for matproduksjon på en bærekraftig måte, men landarealene egnet for jordbruk er i stor grad allerede utnyttet (Ritchie and Roser, 2019). Vilde fiskestammer er også under stort press fra fiskerinæring, noe som gjør det vanskelig å skulle dekke matbehovene gjennom fiskeri (Ritchie & Roser, 2021). På bakgrunn av dette er det et økende behov for mer bærekraftig matproduksjon fra havet gjennom akvakultur (Grimsmo, u.å.).

Sirkulærøkonomi er sterkt knyttet sammen med bærekraftsmål 12: *Ansvarlig forbruk og produksjon*, som blant annet handler om å utnytte ressurser på en mer bærekraftig måte (FN, u.å.). Sirkulærøkonomien adresserer problematikken med produksjons- og forbruksmønstre, blant annet gjennom å sirkulere materialer og ressurser i økonomien, fremfor en produksjon basert på «bruk-og-kast». Å gjenbruke eksisterende ressurser, til fordel for å utvinne nye, kan redusere behovet for utvinning. Dermed kan sirkulærøkonomi bidra til å minimere avfall og redusere miljøpåvirkningen til produksjon og forbruk (jf. kap. 3.1). Siden denne studien omfatter sirkulærøkonomiske strategier i produksjonssystemet til laksefisk i Norge, vil det undersøkes hvordan ressurser og biprodukter kan utnyttes mer intensivt og dermed mer bærekraftig.

Bærekraftsmål 14: *Livet i havet* er ett svært relevant mål knyttet til temaet i denne oppgaven. Målet handler blant annet om å bevare og benytte de marine ressursene på en bærekraftig måte. Dagens produksjon av oppdrettsfisk reduserer behovet for fangst av villfisk, samtidig som oppdrettsnæringen er avhengig av marine ressurser til produksjon av fôr (Ritchie & Roser, 2021). Oppdrett står også for betydelige utslipp og andre påvirkninger av naturmiljøene (jf. kap. 2.6), men problemene kan løses gjennom nytenkning og teknologi. Som nevnt i avsnittet om bærekraftsmål 2 er landarealene som er gunstige for jordbruk i stor grad allerede utnyttet, og det er behov for mer matproduksjon fra havet. Til både mat og fôr er det et økende behov for marine ressurser og oppdrett av lavtrofiske arter (arter lavt i næringskjeden) (Grimsmo, u.å.), og sirkulærøkonomiske anvendelser av dem kan bidra til dette. Bærekraftsmål 14 har også som delmål å forhindre og redusere forurensning av havet, forhindre havforsuring, og beskytte de marine økosystemene, noe sirkulære strategier kan bidra til (FN, u.å.).

2.2 Geografisk avgrensning

Den geografiske avgrensningen for studien er satt til havbruksnæringen som strekker seg langs det meste av kysten. Havbruksnæringen i Norge er stor og produserer mange ulike arter som laks, ørret, torsk, kveite, blåskjell, kamskjell, tang, tare osv. Det er i tillegg satt en avgrensning til produksjonssystemet til laksefisk (laks og ørret), fordi disse artene utgjør den største delen av næringens produksjon og inntekter (jf. kap. 2.3). Virksomhetene og aktørene som har inngått i studien er spredt fra Nordland i Nord til Østfold i Sør.

2.3 Verdiskapning

Havbruksnæringen blir i dagligtalen ofte omtalt som oppdrettsnæringen, og innebærer all produksjon fra havet som ikke faller under kategorien fiskeri. Næringen skiller seg fra fiskeriet ved at den produserer husdyr, fremfor fangst av viltlevende arter. Det er hovedsakelig oppdrett av laks og ørret som har vært i fokus i næringen, men i de senere årene har oppdrett av arter som leppefisk, torsk og kveite også begynt å vokse frem (Havforskningsinstituttet, 2019). Leppefisk som rognkjeks og berggyllt anvendes som rensfisk ved at de fjerner lus av laksen i merdene. I dag finnes det oppdrett på mange arter i Norge, blant annet tang og tare, bløtdyr og skalldyr, men i mindre skala enn laksefisk. Det er mange aktører som inngår i havbruksnæringen, fra fôrprodusenter, settefiskanlegg, oppdrettere, slakteri og distribusjon. Produksjonssystemet er svært avhengig av import, for blant annet fôringredienser. I tillegg er produksjonssystemet koblet til støttefunksjoner som forvaltning, forskning og utvikling, tekniske-, forretningsmessig- og miljømessige-, og juridiske tjenester m.m. Beregningen av den totale sysselsettingsverdien blir dermed vanskelig å fastsette nøyaktig. Dataene i denne studien i all hovedsak knyttes til produksjonsleddet da det er ved selve oppdretten det finnes gode data, til tross for at næringen omfatter langt mer. Havbruksnæringen er en viktig del av den norske økonomien, som årlig produserer millioner tonn med mat som eksporteres til over 100 forskjellige land (Regjeringen, 2021a). Mellom 2010 og 2015 utgjorde sjømatnæringen totalt mellom 1-1,5 % av Norges bruttonasjonalprodukt (BNP), og i de siste årene har næringens andel utgjort mellom 1,8-2,3 % av Norges BNP (Nyrud et al., 2023).

Norges lange kyst og de mange fjordarmene tilbyr områder med nærhet til land, som er beskyttet mot vær og vind og egner seg for oppdrett. Den store produksjonen og lønnsomheten til næringen kommer blant annet av disse gunstige forholdene. Norge har i tillegg en lang tradisjon for oppdrettsvirksomhet siden starten av 1970-tallet (Aarset og Rusten, 2007). Disse faktorene beskrives som en fordel i konkurranse med andre land innen oppdrettsvirksomhet. Havbruksnæringen består av oppdrett både på land og i havet, og den produserer flere forskjellige arter. Atlanterhavslaks og regnbueørret dominerer likevel produksjonen, og står hoveddelen av salgsinntektene, som vises i figur 4. Dermed er produksjonssystemet til havbruksnæringen er stort og strekker seg over flere kontinenter.

2.3.1 Havbrukets geografiske utbredelse

Kartet i figur 1 er basert på akvakulturregisteret til Fiskeridirektoratet (2021), og viser anleggene som produserer laks og ørret i Norge. Anleggene er stort sett spredt langs kysten, og til stede i alle fylkene med unntak av Oslo. I Sørøst-Norge rundt Oslofjorden er det svært lite oppdrettsaktivitet av laks og ørret sammenliknet med de andre kyst-fylkene. Oppover Vestlandskysten øker forekomsten av oppdrettsanlegg, og videre nordover er forekomsten av anlegg også stor, men med noe lavere tetthet. Ifølge biomassestatistikken til Fiskeridirektoratet er det flest produksjonslokaliteter i Vestland fylke, men størst antall merder i Nordland (Fiskeridirektoratet, 2023b). Havbruksnæringen er som nevnt til stede i nært alle landets fylker, og det finnes oppdrett av ørret og røye i innsjøer selv i Innlandet. Utenom settefisk- og matfiskanleggene som er knyttet til næringen langs kysten, finner vi også oppdrett innenlands.

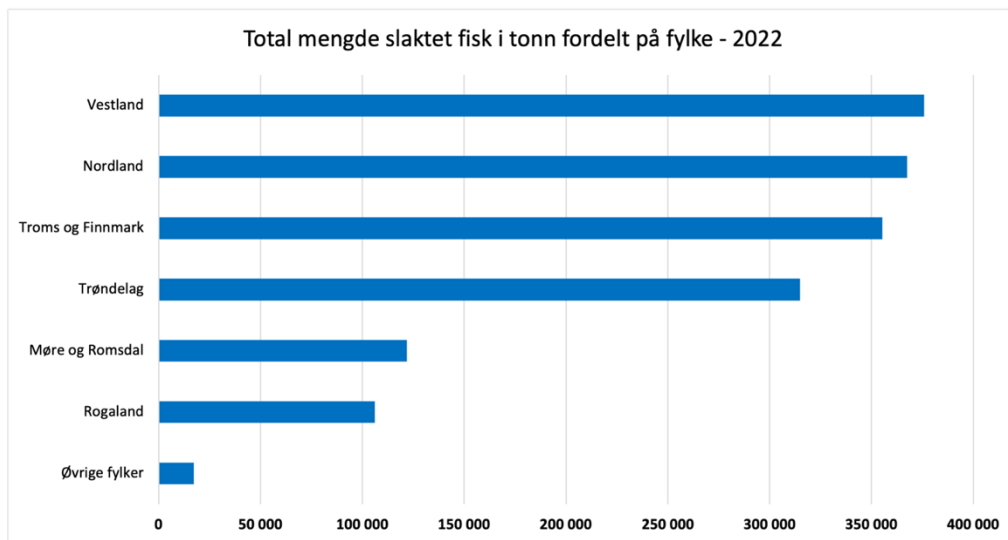


Figur 1: Kart over settefisk- og matfiskproduksjonsanlegg av laks og ørret i Norge. Selvprodusert kart basert på data fra akvakulturregisteret til Fiskeridirektoratet (2021).

Havbruksnæringen innebærer all oppdrett av fisk og andre arter, og ikke kun de som opererer i havet. Dermed er også landbaserte-, settefisk-, og ferskvannsanlegg som har virksomhet i ferskvann også en del av havbruksnæringen. Figur 1 viser kun anleggene som driver oppdrett av artene laks, ørret og regnbueørret, derfor er det større forekomst av oppdrett enn det som kommer frem i figuren. Som tidligere nevnt, finnes det oppdrett på andre fiskearter, tang og tare, i tillegg til bløtdyr som blåskjell og kamskjell, for å nevne noen.

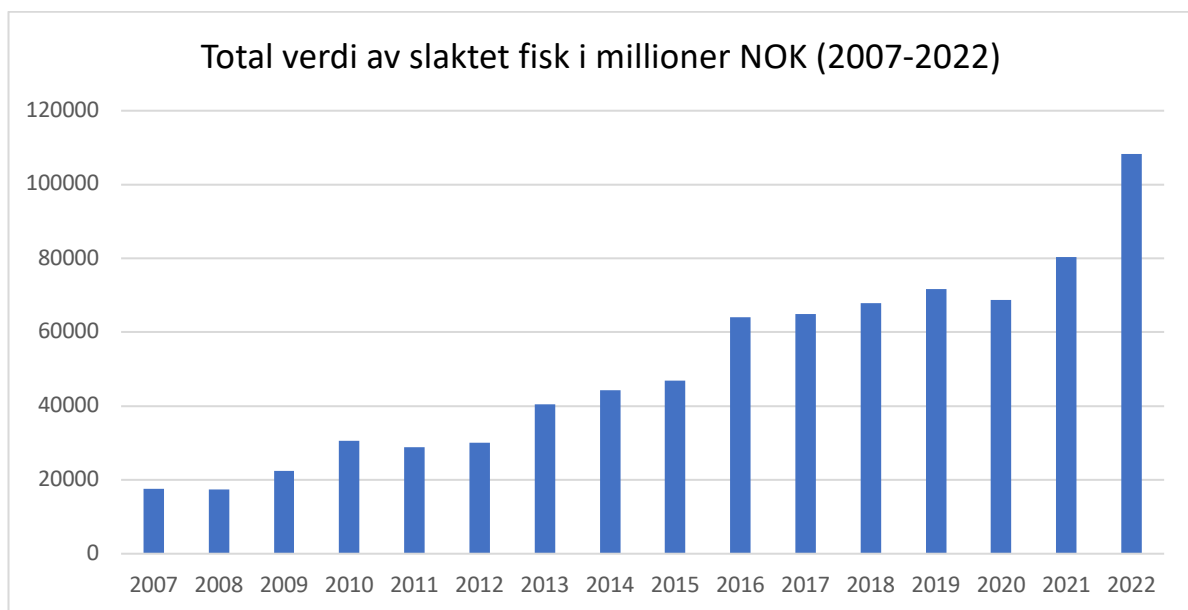
2.3.2 Størrelse og omfang av næringens virksomhet

Norges viktigste oppdrettsfylker er, som vist i figur 2, Vestland, Nordland, Troms og Finnmark, Møre og Romsdal, og Rogaland. Gunstige forhold, i tillegg til lønnsomheten og kunnskapen om fisk fra fiskeriet har ført til at Norge har blitt en betydelig aktør innenfor akvakultur globalt (Sætre og Østli, 2021). Ifølge Regjeringen har produksjonen siden 2010 økt mest i de nordlige delene av landet på grunn av tilgjengeligheten til egnede lokaliteter, og at det er færre biologiske utfordringer sammenlignet med resten av landet (Regjeringen, 2021c). Disse biologiske utfordringene, samt andre problemstillinger næringen står ovenfor presenteres kort senere i dette kapitlet (jf. kap. 2.6). Totalt for året 2022 ble det produsert 1 658 874 tonn fisk i næringen, hvor laks, regnbueørret og ørret sto for 1 650 563 tonn, som vil si at kun 8 311 tonn fisk produsert i havbruket var av andre arter (Fiskeridirektoratet, u.å./c).



Figur 2: Total mengde slaktet laks og ørret i tonn fordelt på fylke for året 2022. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).

Verdiskapningen produsert av næringen, som vist i figur 3, har vokst betraktelig siden slutten av 2000-tallet. Høyst sannsynlig har den vokst før dette også, men statistikkgrunnlaget fra før 2007 er ikke åpent tilgjengelig i databasene til Fiskeridirektoratet. I 2022 solgte havbruksnæringen akvakultur-produkter for nesten 108 milliarder kroner. Kun to år tidligere var beløpet på ca. 69 milliarder kroner, noe som betyr at den årlige inntekten har økt med 39 milliarder kroner på kun to år, noe som forklares med både økte produksjonstall i tillegg til gunstige valutakurser (Fiskeridirektoratet, 2023a). Med ambisjoner om vekst fra Regjeringen og næringen er det rimelig å anta at inntekten vil fortsette å vokse i de kommende årene (Regjeringen, 2021a).



Figur 3: Total verdi av slaktet fisk i millioner kroner fra 2007-2022. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).

Figur 4 illustrerer fordelingen mellom inntekter fra de forskjellige artene for året 2022. Ut ifra figuren er det tydelig at artene laks og ørret produseres i størst mengder og utgjør den største delen av inntektene. Fiskeridirektoratet (2023a) rapporterer at det i 2022 ble solgt oppdrettsfisk for 106,5 milliarder kroner. Av dette utgjorde laks 100,8 milliarder kroner, regnbueørret 5,1 milliarder kroner, og andre fiskearter samlet kun 0,5 milliarder kroner. I tillegg står salg av alger, bløtdyr, krepsdyr og pigghuder (kråkeboller, sjøstjerner etc.) for til sammen 21,1 millioner kroner. Andre arter enn laksefisk utgjorde dermed ca. 0,49 % av den totale inntekten for året 2022.



Figur 4: Salgsinntekter fra havbruksnæringen i 2022 fordelt på art. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).

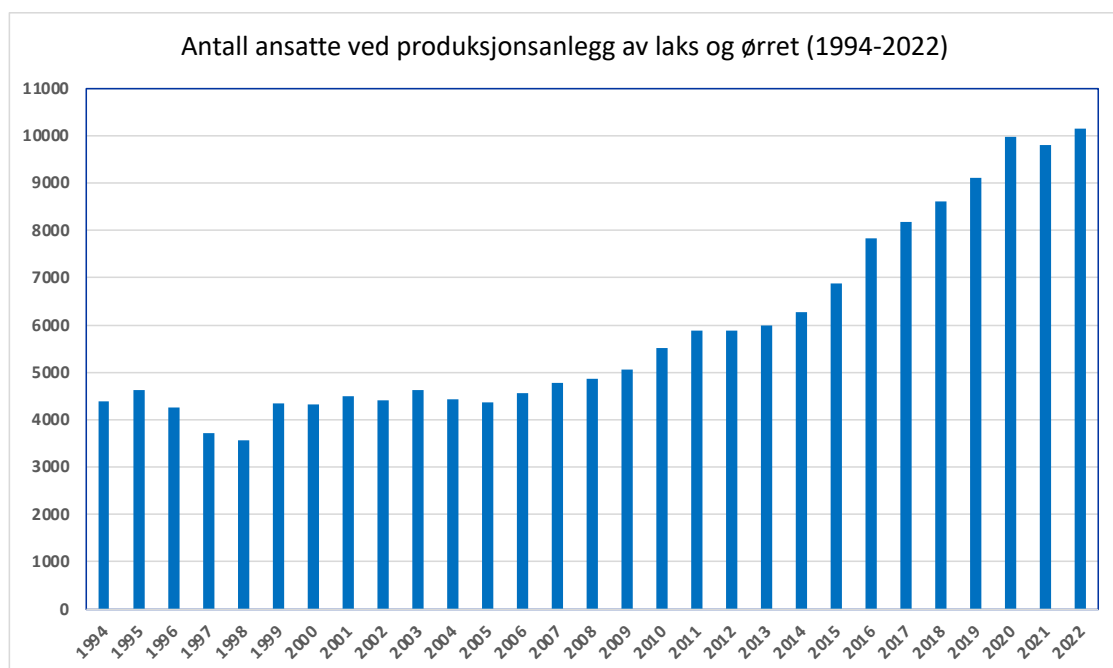
Biprodukter fra oppdrett som innvoller, ben, hode og dødfisk blir også kommersielt utnyttet. Rapporten *Reststoffanalyser 2020-2022* fra SINTEF Ocean, publisert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) analyserte hvor stor andel av restråstoffene produsert i både fiskeri og havbruksnæringen ble utnyttet i perioden. Samlet sett ble 85 % av restråstoffet fra begge næringene utnyttet i perioden (Myhre, 2022). Nøkkeltall fra 2020 tilsier at 93 % av restråstoffene fra havbruket ble utnyttet til humankonsum, fôr og biogass (Barentswatch, 2021). Ifølge den samme kilden er det kun blodvann fra slakt som i dag ikke blir utnyttet økonomisk.

2.4 Sysselsetting i havbruket

Havbruksnæringen har utviklet seg til å bli Norges nest største eksportnæring (Regjeringen, 2021c). Næringen er stadig under vekst og arbeidsplassene øker i takt med denne. Ifølge rapporten *Nasjonale ringvirkninger av sjømatnæringen 2019* var det 92 000 sysselsatte i sjømatnæringen i 2019, hvorav ca. 45 000 var fra havbruksnæringen (Johnsen et al., 2020). En tilsvarende rapport fra 2023 viser at det var 86.000 sysselsatte totalt i sjømatnæringen i 2022. Av disse var henholdsvis 33 400 sysselsatte innen fiskerinæringen og 52 500 innen havbruksnæringen. Beregninger fra rapporten viser at det var sysselsatt 32 100 innen oppdrett, 16 200 ved slakt og foredling, og 4 300 ved salg (Nyrud et al., 2023). Dermed har det vært en

nedgang i antall sysselsatte totalt i sjømatnæringen, samtidig som antallet i havbruket har økt i den samme perioden.

I en artikkel fra Intrafish (2021) nevnes det at mange av de minste kystkommunene har den høyeste verdiskapningen per innbygger på grunn av fiskeri- og havbruk (Jensen, 2021). Disse tallene inkluderer ringvirkninger og andre aktører enn kun oppdrettere, blant annet slakteri, fôrprodusenter og andre indirekte ansatte i næringen. Ifølge statistikken til Fiskeridirektoratet (u.å./c), som er presentert i figur 5, var det i 2022 i alt 10 200 sysselsatte ved produksjonsanleggene for laks og ørret i Norge.



Figur 5: Diagram over utviklingen av sysselsatte ved produksjonsanlegg for laks og ørret fra 1994-2022. Basert på statistikk fra Fiskeridirektoratet (u.å./c).

Tallene for sysselsetting for laks og ørret presentert i figur 5 kan virke lave sammenlignet med den store verdien som skapes i næringen hvert år, men dette er fordi tallene kun inkluderer de sysselsatte ved selve produksjonsanleggene. Tallene kan derfor ikke sies å representere næringen med ringvirkninger, siden store deler av næringen ikke er direkte knyttet til selve oppdrettsanleggene. Oppdrettsanleggene omfatter kun ett av leddene i produksjonssystemet, og dermed er sysselsettingen totalt for næringen i form av direkte og indirekte sysselsetting i sum langt større (det omfatter blant annet foredling, utstyr, distribusjon, rådgiving, forvaltning, forskning, m.m.).

Havbruket har utviklet seg til å bli en stor næring både i forhold til omsetningsverdi og sysselsetting, noe som gjør det ekstra viktig at denne sektoren tar tak og sørger for å jobbe hardt for å bli mer miljøvennlig. utfordringer med dyrevelferd, rømminger, sykdom og andre miljømessige effekter av virksomheten truer næringens renommé og eksistensgrunnlag dersom de ikke håndteres. Det kreves en omfattende innsats for å ta tak i utfordringene, og blant annet kan gjennomføring av sirkulærøkonomiske tilnærminger inn i virksomheten være en del av de løsningene som må plass. Hvordan sirkulærøkonomi kan påvirke utfordringene, eller fungere som et verktøy for de forbedringene som må til, vil drøftes i mer detalj i kapittel 6.

Gjennomgangen så langt har tatt for seg statistikk som tydeliggjør viktigheten av produksjonen av laks og ørret i havbruket, ved å se på verdiskapningen, sysselsettingen og salgsinntekter fordelt på artene. De neste delkapitlene vil forklare gangen i produksjonssystemet for laks og ørret i Norge, samt de forskjellige anleggene som finnes, og belyse noen av utfordringene næringen står ovenfor.

2.5 Produksjonssystemet

Fordi produksjonssystemet til havbruksnæringen er hovedfokuset i denne oppgaven er det å viktig å tydeliggjøre hva som ligger i begrepet. En svært forenklet modell av de ulike leddene av produksjonssystemet til laksefisk er skissert i figur 6. Oppgavens tematikk og fokus er avgrenset til sirkulærøkonomiske praksiser innenfor dette systemet. I denne studien forstås produksjonssystemet som denne avgrensningen av næringens verdikjede. Dette delkapitlet vil kort forklare hvordan oppdrett av laksefisk foregår i Norge, samt presentere de forskjellige produksjonstilnærmingene og hvordan de kan relateres til sirkulærøkonomien.

2.5.1 Produksjonssystemet kort forklart

Produksjonssystemet til havbruksnæringen strekker seg i realiteten over flere kontinenter, men denne oppgaven vil omfatte delene av systemet innenfor norske grenser. Fôr til laks og ørret består i dag av både marine ingredienser og råvarer fra jordbruk. Andelen plantebaserte ingredienser har økt med årene, samtidig som andelen marine ingredienser har sunket (Eidem & Melås, 2021). Planteolje og -proteiner importeres gjerne fra andre land, blant annet er soya fra Brasil en viktig ingrediens til fôrproduksjon. Soyaproduksjon fortrenger regnskog og innebærer dessuten svært lange transportavstander, som medfører betydelig utslipp og miljøpåvirkning fra oppdrettsnæringen (Kringstad & Hunnestad, 2021). I dag er soyaen benyttet

i norsk laksefôr fra bærekrafts-sertifiserte plantasjer som ikke produserer genmodifisert soya (Laksefakta, 2021). Avhengigheten av import sammen med ønsket om en videre utvikling av næringen, har ført til at det nå er behov for nye fôringredienser både fra havet og fra land.



Figur 6: En skjematisk fremstilling av produksjonssystemet, fra rogn til slaktet fisk.

Selvprodusert figur.

Nofima gjorde i 2022 en utregning på innholdet i laksefôr fra 2020 og konkluderte med at kun 8 % av ingrediensene var norske, noe som vil si at 92 % av ingrediensene var av utenlandsk opprinnelse. I 2020 ble det brukt 1,98 millioner tonn med fôringredienser til produksjon av laks og ørret i Norge. En enkel utregning viser da at 1 821 600 tonn med ingredienser ble importert og kun 158 400 tonn var fiskemel og -olje av norsk opprinnelse. I nyere tid er også ingredienser som insektsmel og mikroalger begynt å legges til fôret, som er bærekraftige ingredienser som kan produseres lokalt i Norge (Kraugerud, 2022). Bruken av andre ingredienser vil kunne gi mer kortreist fôr som ikke er like avhengig av import, og videre bidra til en sikrere og mer motstandsdyktig næring. Fôr er en viktig del av produksjonssystemet til havbruket siden det er en betingelse for at virksomheten skal kunne fortsette.

Den første livsfasen til oppdrettsfisken skjer under kontrollerte forhold på landbaserte anlegg. Det første steget er avl av fisk, deretter går rognen til klekkeri også videre til såkalte settefisk- eller smoltanlegg, som tar fisken fra yngel til den er klar til å settes ut i havet. Laksefisken lever i bassenger på land i de første 10-16 månedene av livet, og først når fisken har nådd en vekt på ca. 60-100 gram er den klar til å settes ut i havet (Sætre og Østli, 2021). Når smolten er klar for å settes ut i merdene, blir de hentet av brønnbåter eller tankbiler som frakter fisken fra settefisk- til matfiskanlegg.

I denne fasen av livet mangedobles egenvekten til oppdrettsfisken på kort tid. Maten som fisken blir fôret er full av næringsstoffer som fett og proteiner, noe som gjør at den raskt går opp i

vekt. I Norge er det mest vanlige at denne livsfasen foregår i åpne oppdrettsanlegg i sjøen, men det kan også foregå i lukkede og semi-lukkede anlegg i havet, eller i landbaserte anlegg. Når fisken har vokst fra smolt på ca. 100 gram til matfisk på mellom 4-6 kg. er den klar for å slaktes, dette kan ta alt fra 14-22 måneder. Når fisken skal slaktes blir den ført opp fra merdene i enten en brønn- eller bløggebåt og slaktes enten på land eller ombord i båten (Kraugerud, 2023). Når fisken slaktes ombord i båt eller på slakteri skjæres det ut fileter av den utvokste fisken. De resterende delene av fisken omtales gjerne som avskjær og består av hode, innvoller, ben og finner. Etter fileteringen er gjennomført pakkes fisken og er klar til distribusjon, salg og eksport med lastebil, fly og skip til alle verdens hjørner (jf. kap. 2.6.1).

2.5.2 Typer produksjonsanlegg

Selv om oppdrett i åpne merder dominerer næringen i dag, finnes det alternative anlegg som kan løse flere av problemene knyttet til åpne anlegg. Det skjer stadig nye innovasjoner, og næringen blir bedre på å håndtere og løse problemstillinger. Resirkulerende akvakultur systemer (RAS), offshore oppdrettsanlegg, lukkede og semi-lukkede anlegg i sjø er alle alternativer til åpne merder. De alternative produksjonsanleggene har sine fordeler og ulemper, men en fellesnevner for dem er at de løser noen av utfordringene knyttet til åpne merder. Den landbaserte tilnærmingen har som de andre oppdrettssystemene både fordeler og ulemper, og blir blant annet kritisert for å være arealkrevende (Havforskningsinstituttet, 2021a). Norge har begrensede bebyggelige arealer grunnet ulent terreng og en strandsone som er sterkt beskyttet mot utbygging. Dersom artene som oppdrettes krever tilgang på sjøvann må landbaserte anlegg lokaliseres nært eller i strandsonen, noe som ofte kan være problematisk.

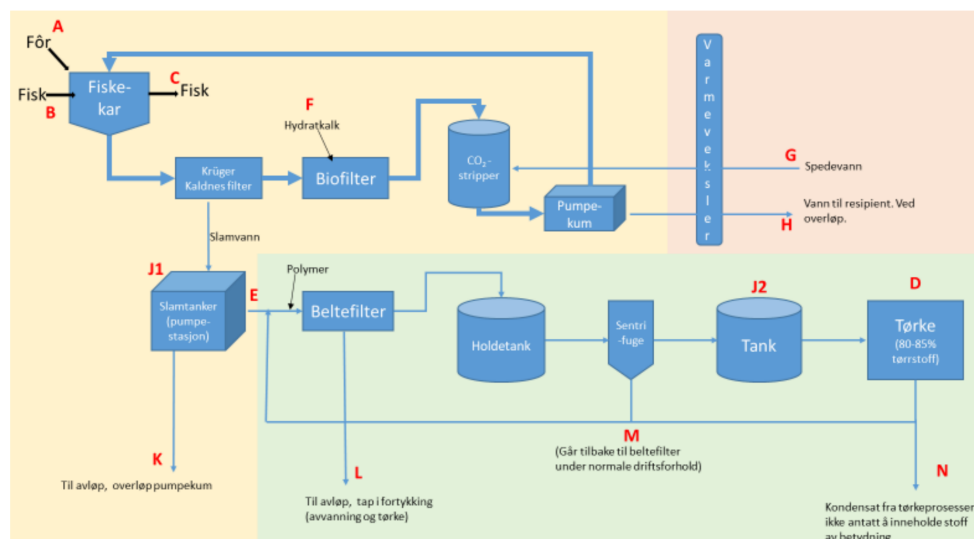
Åpne merder

Tradisjonell oppdrett består av åpne merder i sjø lokalisert tett inntil hverandre, normalt 8-12 stykker. En merd er en stor notpose eller et lukket garn, med flyteelementer i toppen som fungerer som en innhegning. Hver enkelt merd kan inneholde opptil 200 000 individer som etter hvert i livssyklusen kan utgjøre opptil ca. 1000 tonn biomasse (Høy et al., 2013). Samlet biomasse ved et produksjonsanlegg kan dermed bestå av flere tusen tonn fisk på et konsentrert område. Laks må som alle andre levende dyr spise for å vokse, dermed blir også fordøyd- og ufordøyd mat, samt spillfôr sluppet ut i store mengder ved produksjonsområdene. Ifølge Vivian Husa fra Havforskningsinstituttet produseres det "*en halv kilo fiskeskitt og fôrspill per kilo produserte laks*" (Ytreberg, 2018). Med den enorme mengden laks som finnes i merdene til

enhver tid, er det åpenbart at dette resulterer i enorme utslipp av avføring, spillfôr og oppløste næringsstoffer til kystmiljøene.

Landbasert oppdrett

Skissert i figur 7 er et resirkulerende akvakultur system (RAS), en høyteknologisk tilnærming til landbasert fiskeoppdrett hvor vann resirkuleres og renses før det føres tilbake til bassengene der fisken oppholder seg. Ved RAS kan variabler som lysforhold, temperatur, pH-, oksygen-, karbondioksid- og ammoniumnivåer overvåkes og endres etter behov. I tillegg til dette sørger det lukkede anlegget for at rømminger fra anlegg og ytre påvirkninger som spredning av sykdom og lakselus kan ekskluderes. I RAS-anlegg resirkuleres også opptil 95% av vannet som brukes, og næringsstoffer kan fanges opp via filtre, i tillegg til at slam samles opp. I RAS-anlegg benyttes flere renseslag for å klargjøre vannet slik at det kan sirkuleres tilbake til fisken (Lomnes et al., 2019). Det stilles også strengere krav til fôrkvaliteten og hygiene innad i systemet for å forsikre seg mot smitteutbrudd (Havforskningsinstituttet, 2021a). I forhold til utvikling av sirkulære løsninger for biprodukter fra produksjonen, legger landbasert oppdrett til rette for utnyttelse av slike restråstoffer. Med det faktum at det er påbudt å samle opp de solide biproduktene, samt renses vannet gjennom flere steg, påvirker landbasert oppdrett miljøet svært lite i etterkant av etableringen sammenlignet med den sjøbaserte.



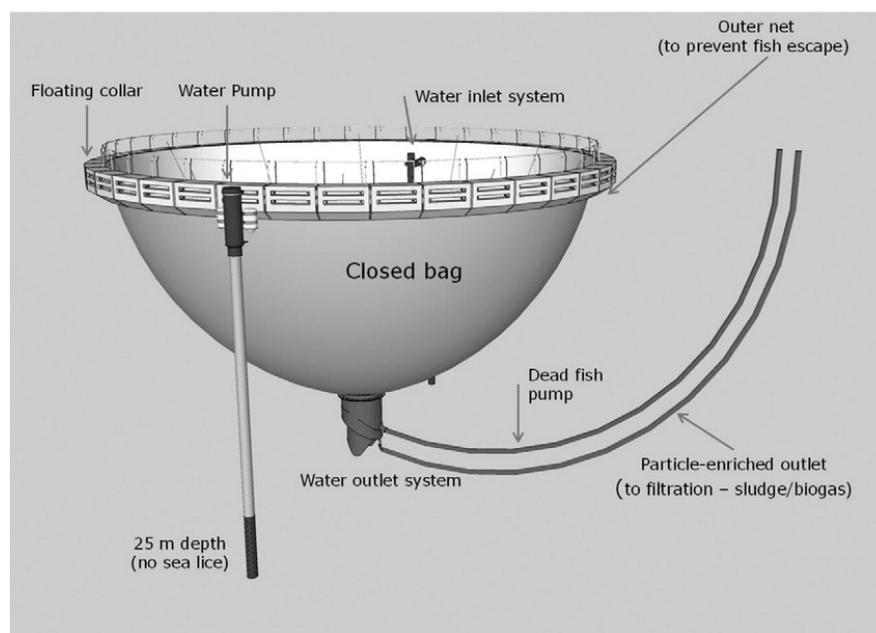
Figur 7: Skisse av prosessene i et RAS-anlegg. Kilde: Lomnes et al. (2019); Nofima, (2019)

Lukkede og semilukkede anlegg i sjø

Lukkede anlegg i sjø er en nyere innovasjon som i likhet med landbasert oppdrett kan utelukke flere av problemstillingene knyttet til åpne merder. I et lukket anlegg i sjøen kan slam samles

opp og vann renses, samtidig som en kan forhindre rømminger og problematikken med lakselus ved å hente inn vann fra 20-30 meters dyp der lakselus ikke finnes (Nilsen et al., 2017).

En forenklet skisse av et lukket anlegg i sjø illustreres i figur 8. Vann hentes inn fra ca. 25 meters dyp som sikrer at lakselus ikke havner i systemet. I bunnen av det lukkede systemet er det også et utløp hvor slamsedimenter og dødfisk kan pumpes ut og dermed benyttes til nye formål. I motsetning til de åpne anleggene i sjø hvor kun død fisk blir værende inne i merden, får en samlet opp mye av slamutslippet fra virksomheten i de lukkede merdene. Det finnes mange variasjoner av lukkede og semi-lukkede anlegg, men idéen er den samme. De semi-lukkede anleggene skiller seg fra de lukkede ved at de kun er delvis lukket, slik at ikke alt utslipp blir værende, blant annet de oppløste næringsstoffene. Fordelene med lukkede anlegg i sjøen er at lakselus kan elimineres og at slam kan oppsamles, men en mulig ulempe kan være sykdomsutbrudd (Havforskningsinstituttet, 2021a). I likhet med landbaserte anlegg, forsøker lukkede og semi-lukkede anlegg å lage delvis lukkede systemer slik at fisken ikke påvirker de ytre miljøene, og at de de ytre miljøene ikke påvirker fisken.



Figur 8: Skisse av et lukket oppdrettsanlegg i sjø. Kilde: Nilsen et al. (2017)

Offshore / eksponerte anlegg

Eksponerte oppdrettsanlegg er som navnet tilsier eksponerte for værforhold som bølger, vind og havstrømmer. Konseptet om eksponerte anlegg ligner mer eller mindre et tradisjonelt anlegg, men med klare forskjeller i plassering, størrelse og konstruksjon. Ocean Farm 1 er det første

offshore fiskeoppdrettsanlegget som skal lokaliseres utenfor umiddelbar nærhet til land. Konstruksjonen er den første av sitt slag, og er verdens største oppdrettsanlegg med 110 meter i diameter og en total høyde på 68 meter, hvor volumet rommer totalt 250 000 kubikkmeter (Ocean Farming, 2023). Eksponerte anlegg har ikke fått noe fokus i denne studien, siden det ligner oppdrett med åpne merder og ikke tilrettelegger for sirkulærøkonomi. Samtidig som det kan produsere store mengder fisk vil lokaliseringen til eksponerte anlegg føre til at lokale miljøutfordringer kan forhindres. Slam fra anlegget vil lettere spres med havstrømmene slik at det ikke blir lokale miljøutfordringer.

2.6 Miljøpåvirkning

I Regjeringens havbruksstrategi fra 2021 står det skrevet at målet er å øke veksten til næringen innenfor bærekraftige rammer, og at de vil legge til rette for dette. Det er stort potensiale for vekst i næringen, men det er også flere utfordringer som vanskeliggjør denne prosessen (Regjeringen, 2021a). Oppdrett påvirker de lokale økosystemene på flere måter, som vil belyses i dette delkapitlet.

2.6.1 Hvordan oppdrettsaktivitet påvirker miljøet

Miljøovervåkning innen havbruket

Innen oppdrett reguleres mengden fisk som det er tillatt å produsere ved konsesjoner med en bestemt maksimalt tillatt biomasse (MTB), hvilket bestemmer hvor mye levende fisk et anlegg har tillatelse til å ha i sjøen til enhver tid (Fiskeridirektoratet, u.å./a). Myndighetene kan kreve at anlegg skal brakklegges dersom konsentrasjonen av lakselus er for høy i produksjonsområdet, smittsom sykdom er utbredt, eller bunnforholdene viser dårlig miljøtilstand. Brakklegging innebærer at driften på lokaliteten midlertidig avvikles, i håp om at faktorene skal bedres. Rundt og i umiddelbar nærhet av oppdrettsanlegg i sjø gjennomføres såkalte mom-b prøver eller b-prøver, som undersøker de biologiske forholdene ved og rundt produksjonsanleggene (Fiskeridirektoratet, u.å./b). Slike prøver gjennomføres med jevne mellomrom, og er på plass for å blant annet sikre god forekomst av dyr som kan omsette slam og spillfôr fra merdene.

Fiskeoppdrett i Norge reguleres etter det såkalte trafikklyssystemet som bestemmer produksjonskapasiteten i hvert produksjonsområde, som oppdateres hvert andre år. Prøvetakning og innmeldinger av konsentrasjonen av lakselus og dens innvirkning på villaks i

produksjonsområdene danner et kunnskapsgrunnlag for de neste to årene. Henholdsvis bestemmer fargene grønn, gul og rød hvorvidt et produksjonsområde kan øke-, beholde den samme- eller må senke produksjonsnivåene (Regjeringen, 2024b).

Norsk laksefisk i et klimaperspektiv

Klimaavtrykket til norsk laks er lavt sammenlignet med produksjon av for eksempel svin og storfekjøtt (Ritchie & Roser, 2021). Det store omfanget av det norske havbruket fører likevel til at utslippene fra produksjon av laksefisk er betydelige. For klimaregnskap av laksefisk er fôrfaktor et viktig begrep (Winther, et al, 2020). Begrepet beskriver hvor mye fôr et dyr trenger for å legge på seg 1 kg, som kan regnes ut ved å dele vekten av fôr benyttet med vekten av slaktet fisk. For den norske laksefisken er fôrfaktoren på mellom 1,15 og 1,32 FCR (feed conversion ratio), til sammenligning trenger storfe 6,6 kg fôr for å øke kroppsvekten med 1kg (Skretting, u.å.).

Det meste av karbonavtrykket knyttet til laks og ørret i Norge henger sammen med fôrressurser og eksport av produktene (Skretting, 2020) (Johansen et al, 2022). Hvor og hvordan laksen transporteres har også stor innvirkning på det endelige klimaavtrykket. Tall fra Winther et al. (2020) viser at dersom laks transporteres med fly til Shanghai, vil klimaavtrykket som stammer fra transporten overgå avtrykket fra fôret, og utgjør over 50 % av de samlede utslippene. Dersom laks transporteres med bil til Paris, utgjør fôret 77 % av det samlede klimagassutslippet, mens transporten kun utgjør 5 %. Siden endestinasjonen til produktene har så stor innvirkning på klimaavtrykket, er det vanskelig å gi en generell kgCO₂-e per kg produkt. Tallene fra klimaregnskapet til Winther et al. tilsier at utslippene fra produksjon av norsk laksefisk ligger på mellom ca. 7-8 kg CO₂e per kg ferdig produkt. Utnyttelse av biprodukter fra produksjonen har også en innvirkning på klimaregnskapet (Winther et al., 2020).

Utslipp

Aas & Åsgård skrev i 2017 en rapport for Nofima der de estimerte innholdet i slam fra oppdrettsanlegg. I estimeringen beregnet de at totalt 535 412 tonn med slam ble sluppet ut i havet fra norske anlegg per år. Estimaten er fordelt på 355 602 tonn med avføring og 179 540 tonn spillfôr, det er også disse tallene Broch og Ellingsen (2020) har brukt i sin rapport *Delrapport-1 Kvantifisering av utslipp*. Rapporten beregnet utslippene fra norske matfiskanlegg i 2019 til å bestå av 224 000 tonn karbon, 66 000 tonn nitrogen og 14 000 tonn fosfor fra ubehandlet slam som består av både spillfôr og ekskrementer.

Utslippene fra havbruksnæringen i Norge er store, og selv om de er fordelt på en lang kyst er det viktig å bemerke seg at utslippsestimatene som presenteres kun er fra laksefisk per år. Ved etablering av oppdrettsanlegg er havgjennomstrømming en faktor som er bestemmende for hvor det kan etableres anlegg, men det blir likevel en oppsamling av slam i og rundt produksjonsområdene. Utslipp fra oppdrett har beviselig en påvirkning på lokale økosystemer og kan ikke beskrives som bærekraftig (jf. kap. 3.1.5). Om vi følger prinsippene i sirkulærøkonomien er slammet fra fisken noe som kan og bør brukes som en ressurs, fremfor et avfallsprodukt som går tapt til naturmiljøene (jf. kap. 3.5). Problematikken rundt utslipp i norske kystområder er kun én av de mange problemstillingene den store produksjonen av laksefisk har medført. Vann som er svært rikt på næringsstoffer øker også mulighetene for algeoppblomstringer, noe som videre kan føre til eutrofiering og skade dyrelivet. Eutrofiering er typisk et problem i områder med mye jordbruk og forårsakes som av avrenning av næringsstoffer fra jorder og dyr (Rabalais et al., 2009), men næringsstoffene fosfor og nitrogen slippes også ut i store mengder fra havbruket. Rabalais et al. (2009) peker på at fremtidige klimaendringer sammen med økt tilførsel av næringsstoffer fra avrenning på land kan øke forekomsten av slike algeoppblomstringer i marine miljøer.

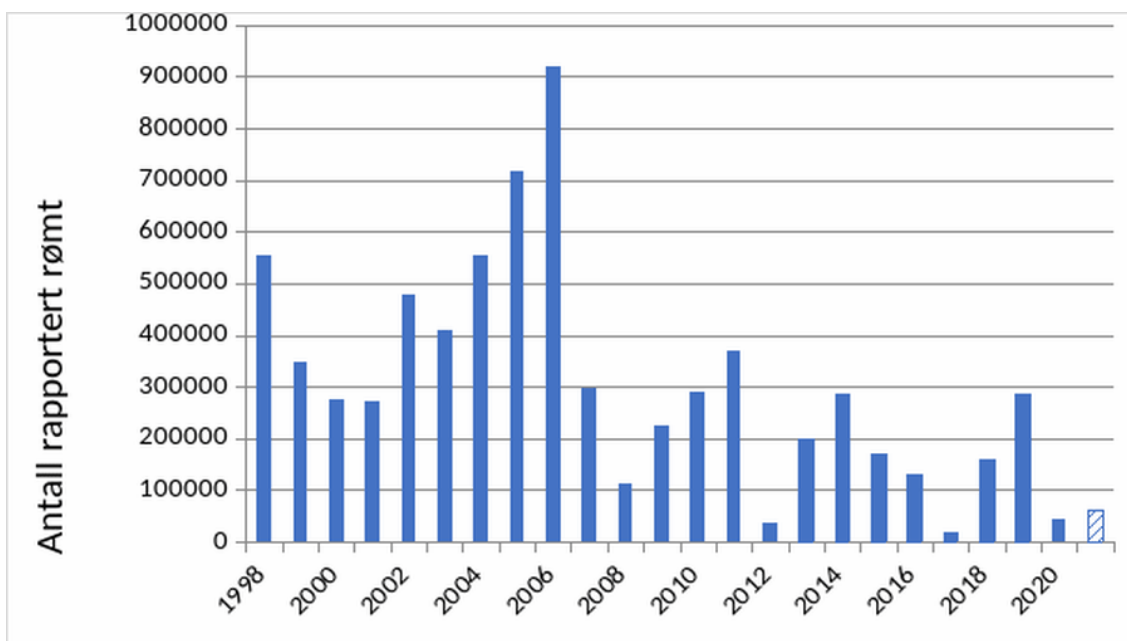
Rømt fisk

Rømninger av fisk er et problem som kan ramme oppdrettsanlegg, og forekommer vanligvis etter en storm eller andre krevende værforhold. Når tusenvis av laks rømmer fra et anlegg fører dette til store økonomiske tap for oppdretterne, men det kan også potensielt føre til skader på villfisk. Oppdrettsfisk kan ved rømninger også blande gener med de ville stammene. I en rapport fra Havforskningsinstituttet (HI) (2021) har de undersøkt forekomsten av rømt oppdrettslaks i norske elver. Av de 178 studerte vassdragene ble det funnet enten liten, moderat eller stor forekomst av oppdrettsfisk i 140 av vassdragene. I den samme rapporten ble det også funnet indikasjoner på at det er en korrelasjon mellom rømt fisk, og forekomst av oppdrettslaks i vassdrag i samme område. Sammenhengen som ble funnet i analysene inneholdt også rømninger fra naboområdene, som indikerer at det er en geografisk spredning av den rømte laksen (Havforskningsinstituttet, 2022).

I en studie fra 1997 i Irland ble innvirkningen av å blande gener fra oppdrettslaks og villaks studert ved å sammenligne vill-, oppdretts- og hybridlaks. I studien ble det blant annet bemerket at oppdrettslaksen hadde større dødelighet enn villaksen tidlig i livsløpet. Det ble også

konstatert at oppdrettslaksen utkonkurrerte den ville laksen i elvene fordi den vokser betydelig raskere. I studien fant de ikke noen signifikante forskjeller i vekst og ytelse i hybridfiskene i forhold til de ville. Det konkluderes i studien at evnen til overlevelse i hybrid- og oppdrettsfisk utenfor fangenskap indikerer at rømt oppdrettsfisk kan utgjøre langsiktige genetiske endringer i villaksstammene (McGinnity et al., 1997).

Figur 9 illustrer antall rapporterte rømminger fra oppdrettsanlegg i sjø i perioden 1998 til 2021, det er store forskjeller i antall rømminger fra år til år, og det er sannsynlig store gråttall (Havforskningsinstituttet, 2022). Diserud et al. (2019) påpeker at det har vært gjort flere forsøk på å kvantifisere antall rømte fisk, blant annet av Skilbrei et al. i 2015. Begge artiklene påpeker at det sannsynlig er mye større omfang av rømte fisk enn det som rapporteres inn: opptil to til fire ganger mer enn det som rapporteres (Skilbrei et al., 2015; Diserud et al., 2019). Det er likevel en synkende trend i antall rømte laks, og ifølge Diserud et al. er dette på grunn av nye standarder for bedre utstyr, i tillegg til redusert grad av menneskelig håndtering av fisken. Alternative oppdrettssystemer til åpne merder er derimot mer beskyttet mot rømminger (jf. kap. 2.5.2).



Figur 9: Antall rømt laks rapportert per år fra 1998 til 2021. Kilde: Havforskningsinstituttet (2022)

Lakselus

Lakselusen er en parasitt som livnærer seg ved å feste seg til laksefisk, for å deretter spise slim, hud og blodet til verten den har festet seg til. Lakselusen har vært et problem i havbruksnæringen i lang tid, og en plage som en har forsøkt å kvitte seg med på en rekke forskjellige måter. I naturen kvitter villaksen seg med lus ved at den vandrer opp i ferskvann når den skal gyte, noe en oppdrettslaks ikke har mulighet til (Sætre og Østli, 2021).

I merder er det svært høy konsentrasjon av laks fordelt på et lite område, hvor lusen trives svært godt og forholdene ligger til rette for at den kan formere seg. Oppdrettslaks i hele landet plages av parasitten som forårsaker åpne sår i fisken og gjør den mottakelig for sykdommer som kan forårsake død. Den store forekomsten av lus fører også til at vill laksefisk i økt grad også blir påvirket, og dermed er oppdrett også en trussel for ville laks-, sjørret- og røyestammer. Det er blitt brukt en rekke forskjellige avlusningsmidler opp igjennom norsk oppdrettshistorie, dette fordi lusen har en tendens til å bli resistente mot midlene som brukes (Sætre og Østli, 2021). Som Misund (2022) skriver er biologiske utfordringer som lus og sykdom en av de største kostnadene i havbruket. I 2018 kostet bekjempelse av lakselus 5,2 milliarder kroner, noe som var en økning på en halv milliard fra året før (Berglihn, 2019).

Kjemikalier og legemidler

Avlusningsmidler som hydrogenperoksid (H_2O_2) har vært mye brukt for å fjerne lus fra laksefisk. I høy konsentrasjon kan dette utgjøre dødelige konsekvenser for både laksen og andre dyr i nærmiljøet der stoffet dumpes. Avlusningen foregår enten direkte i merdene eller i designerte brønnbåter hvor fisken pumpes ombord, avluses og slippes ut igjen. Vannet med H_2O_2 i brønnbåtene tømmes etter hvert ut i sjøen for klargjøring av en ny runde avlusning (Sætre og Østli, 2021). I mars 2017 ble det innført forbud mot dumping av avlusningsmidler i nærheten av rekefelt og gyteområder for å hindre alvorlige konsekvenser på dyreliv som f.eks. lokal massedød av skalldyr som reker, krabber, krill og hummer. Ifølge reglene skal dumping av midlene skal skje minst 500 meter utenfor slike områder, men reglene har tidligere blitt brutt blant annet ved 50 ulovlige tømminger som NRK oppdaget i 2018 (Trana et al., 2018). Bruken av H_2O_2 har minket de siste årene, til fordel for andre avlusningsmidler (Sætre og Østli, 2021). Omstillingen til produksjonsanlegg som ekskluderer lus vil kunne redusere behovet for behandling av lusen.

Antibegroingsmidler som kobberoksid (Cu_2O) brukes i merder for å hindre at alger, anemoner og skalldyr skal feste seg til notposen, og mangelen på miljøvennlige alternativer gjør at det

fortsatt anvendes i stor grad i næringen (Hansen, 2021). Kobber i sin naturlige form finnes naturlig i både jordskorpen, marine sediment og i sjøvann, men bruk av antibegroingsmidler over lengre tid fører til unaturlige oppsamlinger. Høy kobberkonsentrasjon og kobber i form av løselige salter virker som en sterk gift på lavtrofiske organismer som sopp, alger og bakterier (Havforskningsinstituttet, 2021b). Ifølge Havforskningsinstituttet (2023) er forbruket av kobber på en synkende trend, men likevel er det fortsatt en høy risiko for negative effekter i lokalmiljøene i noen områder (Havforskningsinstituttet, 2023).

2.6.2 Fiskehelse og andre utfordringer rundt oppdrett

Dyrevelferd og fiskehelse er viktige begreper innenfor husdyrhold. For oppdrett setter dyrevelferdsloven blant annet krav til hvor stor konsentrasjonen det kan være av fisk per kubikkmeter. Selv om dødeligheten av oppdrettslaks og -ørret i Norge er stor, er det også store regionale forskjeller. I *Fiskehelse rapporten 2023* har Veterinærinstituttet regnet ut hvor mange individer av laksefisk som døde i året 2023. Rapporten viser at dødeligheten i 2023 har hatt en stigende trend, og én av seks fisk i norske oppdrettsanlegg dør som følge av skader. Gjennom året døde det totalt 107,7 millioner laks og 4,9 millioner regnbueørret. Av disse døde det 70 millioner laks og 2,4 millioner ørret i sjøbaserte oppdrettsanlegg. Dette vil si at det ved settefiskanlegg og transport døde 37,7 millioner smolt av laks, og 3 millioner smolt av ørret. Grunnene for dødeligheten er sammensatt av blant annet sykdom, lakselus og behandlingsmetoder for å motkjempe disse problemene (Sommerset et al., 2024). I tillegg til dette anslås det at det hvert år dør omkring 50 millioner rensefisk i kampen mot lakselus (Stranden, 2020)

Oppdrett av laks og ørret har blitt kritisert fra flere hold, blant annet for brudd på dyrevelferden. Mattilsynet avslørte høsten 2023 at det på et anlegg ble solgt selvdød og syk fisk. Videre har NRK avslørt at laks med dårlig kvalitet har blitt solgt som «superior» kvalitet, altså av høyeste kvalitet. Mattilsynet mener i dette tilfellet at regelbruddet var alvorlig for dyrevelferden (Tomter & Remen, 2023). NRK skriver også i en nylig publisert artikkel at Mattilsynet har funnet andre mangler i rutiner hos oppdrettere. I artikkelen nevnes det at Mattilsynet under en annen kontroll høsten 2023 gjorde funn av massedød hos et oppdrettsanlegg uten at aktøren hadde meldt dette inn (Tomter et al., 2023). En annen avsløring fra Island viste at fisk i norske oppdrettsanlegg hadde 96 lakselus per fisk, noe som førte til lokale demonstrasjoner og stor misnøye hos den lokale befolkningen (Tomter, 2023). Avsløringer som dette samt svikt av rutiner svekker

troverdigheten og tilliten til næringen. Slike medieomtaler av næringen, som stort sett eksporterer varene til andre land, kan mulig være skadelig for den norske næringens omdømme.

3. Et teoretisk perspektiv på sirkulærøkonomi

Hensikten med denne studien er å undersøke sirkulærøkonomi (SØ) i praksis i havbruket i Norge gjennom eksempler fra næringen. Derfor er det viktig å definere begrepet sirkulærøkonomi i lys av teorien. Forskjellige definisjoner av begrepet har ført til ulike forståelser, noe som vil beskrives nærmere i dette kapitlet. Den første delen av kapitlet tar for seg hvor sirkulærøkonomi oppsto og hvordan det har utviklet seg. Deretter vil de ulike aspektene og definisjonene til konseptet undersøkes. Begrepene bærekraft og sirkulærøkonomi er sterkt knyttet sammen, forholdet mellom dem, samt likheter og forskjeller vil også diskuteres. Følgelig vil SØ som politikk og strategi for bærekraft diskuteres i kontekst av EU og Norge. Hvordan SØ kan utspille seg i praksis vil også kort presenteres. Videre relateres sirkulærøkonomi til produksjon av mat, og mer presist havbruksnæringen i Norge. Avslutningsvis presenteres noen kritikker rettet mot den sirkulære økonomien, som videre har betydning for mulighetene og begrensningene en slik økonomi kan skape.

3.1 Sirkulærøkonomien

3.1.1 Fra lineær- til sirkulær økonomi - opprinnelsen til sirkulærøkonomien

Siden starten av den industrielle revolusjonen har verdensøkonomien vært dominert av en lineær økonomi hvor varer produseres fra råmaterialer, blir solgt, brukt og til slutt kastet. Sentralt i den lineære økonomien er også avhengigheten av fossile energibærere til å drive økonomien. Den lineære økonomien beskrives ofte som en «bruk og kast» økonomi, som ikke er miljømessig bærekraftig på grunn av overforbruk, og at store mengder ressurser og materialer går tapt i prosessen. Innen den lineære økonomien opprettholdes behovet for nye produkter ved at de brukes og til slutt kastes, noe som videre fører til sløsing av materialer og ressurser. Ettersom det ble kjent at mye av verdens ressurser er begrensede, og at menneskelige aktiviteter som fører til utslipp påvirker det globale klimaet, ble det klart at en slik økonomi ikke kan opprettholde behovene til de fremtidige generasjonene (Wauterlet, 2018). Som en respons til problemer som klimaendringer, ressursknapphet, forurensning og overbelastning av naturmiljøer, har den alternative sirkulære økonomien utviklet seg. Sirkulærøkonomi som et akademisk teoretisk konsept kan ikke spores tilbake til en spesifikk dato eller forfatter, derimot har konseptet utviklet seg med utgangspunkt i flere forskere som har bygget videre på denne teorien. Opprinnelsen til vitenskapeliggjørelsen av den sirkulære økonomien kan oppfattes som noe diffus, men blant annet bygger den på idéer fra forfattere som Boulding, Stahel, Reday-

Mulvey, McDonough og Braungart, Pearce og Turner (EMAF, 2013a) (Wautelet, 2018). Hvordan de opplistede forfatterne har påvirket utviklingen av konseptet sirkulærøkonomi vil beskrives kort i de følgende avsnittene.

Den amerikanske samfunnsøkonomen Kenneth Boulding publiserte i 1966 essayet *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, der han i en analogi beskriver datidens økonomi som en cowboy-økonomi med et uendelig forbruk av arealer og ressurser, og med uforsvarlig ressursbruk som ødelegger naturen. Videre presenterer han fremtidens økonomi som en romskipsøkonomi, der ressurser er begrensede og effektiv bruk av ressurser og minimalisering av avfall er avgjørende for at mennesker skal trives (Boulding, 1966). Analogien til Boulding var tidlig ute med å belyse problematikken med overforbruk av ressurser, og viktigheten av å se jorden som et lukket system med begrensede ressurser. Selv om Boulding selv ikke spesifikt brukte begrepet sirkulærøkonomi, presenterte han den grunnleggende idéen bak konseptet. For å løse problemene knyttet til ressursforringelse og forurensning introduserte han ideene om lukkede systemer og resirkulering av avfall og biprodukter (Rizos et al. 2017). Ideen om dette teoretiske konseptet har utviklet seg mye siden den først dukket opp i Boulding's essay på 1960-tallet, men mange av ideene hans er nå enda mer aktuelle både relatert som forskning og ikke minst satt ut i praksis innen ulike deler av økonomien.

Også andre forskere har vært opptatt av en sirkulær tilnærming. Stahel og Reday-Mulvey i 1976 presenterte en «loop economy», eller en økonomi med sirkler. Der beskrev de hvordan en slik økonomi ville kunne påvirke mulighetene for jobbskapning, samtidig som avfall og materialforbruk kan reduseres. Stahel var også tidlig ute med å fremme fordelene av en ytelsesøkonomi, senere kjent som Performance economy i faglitteraturen. Innen denne formen for økonomi er det ytelsen til produkter som selges, og ikke selve produktene. Gjennom leie, leasing, oppgradering og servicekontrakter får kunder oppfylt sine behov gjennom funksjonen til varene, fremfor å eie dem. Siden det er produsentene selv som har ansvar for å vedlikeholde og reparere produktene argumenterer Stahel (2008) at en slik økonomi vil motivere til å lage produkter som fungerer bedre, blir lettere å reparere og varer lengre. En slik tilnærming vil maksimere verdien til produkter, samt bruke så lite materialer og energi som mulig (Stahel, 2008). Å selge ytelser fremfor eierskap av produkter har etter hvert blitt en sentral del av den sirkulære økonomien (EMAF, 2013b).

Pearce and Turner (1990) regnes som de første forfatterne som brukte begrepet «sirkulærøkonomi» i en formell setting i boken *Economics of natural resources and the environment*. Selv om de ikke oppfant ideen, utviklet forfatterne sine teoretiske rammeverk fra tidligere studier og litteratur utgitt av blant annet Kenneth Boulding (Wautelet, 2018; Andersen, 2007). McDonough & Braungart (2002) videreutviklet senere idéen om sirkulærøkonomi i boken *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* hvor de beskriver problemene med den lineære økonomien, og introduserer «cradle-to-cradle» (C2C) eller «vugge-til-vugge» oversatt til norsk (Winans et al., 2017). Innen C2C deles resirkulering inn i to kategorier, oppsirkulering og nedsirkulering. Kort sagt handler det om å designe systemer for produkter slik at de ved slutten av levetiden kan oppsirkuleres, som vil si at materialer og komponenter kan gjenbrukes i samme eller bedre kvalitet. Til forskjell vil nedsirkulering av produkter ofte resultere i at kvaliteten reduseres (Sherratt, 2013). Innen C2C er hovedidéen at komponentene i et produkt skal kunne brukes på nytt, eller til reparasjon av andre produkter. Oppsirkulering øker verdien på materialene som sirkuleres, for eksempel gjennom å lage et nytt produkt av eksisterende materialer, ressurser og komponenter, i motsetning til nedsirkulering som reduserer verdien. I likhet med sirkulærøkonomi er formålet innen C2C-design å bidra til å redusere miljøpåvirkning til produkter, samtidig som prosessen opprettholder økonomisk lønnsomhet (McDonough & Braungart, 2002).

Sirkulærøkonomi er inspirert av flere hold, blant annet regenerativt design, industriell økologi, C2C og ytelsesøkonomi sammen med et overordnet søkelys på miljøpåvirkning, ressursforbruk og utnyttelse av avfall som ressurs. Ifølge EMAF (2013a) er sirkulærøkonomien også inspirert av biomimicry, som hevder at det ved å etterligne naturens mønstre og prosesser er mulig å finne løsninger på menneskeskapt problemer. Sirkulærøkonomien har utviklet seg som et motsvar og en kritikk mot den tradisjonelle lineære økonomien, og presenterer en alternativ strategi. Den sirkulærøkonomiske tilnærmingen fremstiller et rammeverk for å oppnå bærekraftig og økonomisk utvikling, samtidig som antropogen påvirkningen på naturmiljøene reduseres (EMAF, 2013a). Hva en sirkulær økonomi innebærer og representerer i praksis vil bli utdypet i de kommende delkapitlene. Sirkulærøkonomi som et vitenskapelig teoretisk konsept har også blitt kritisert fra flere hold, som presenteres i kapittel 3.2.

3.1.2 Sirkulærøkonomi kort forklart

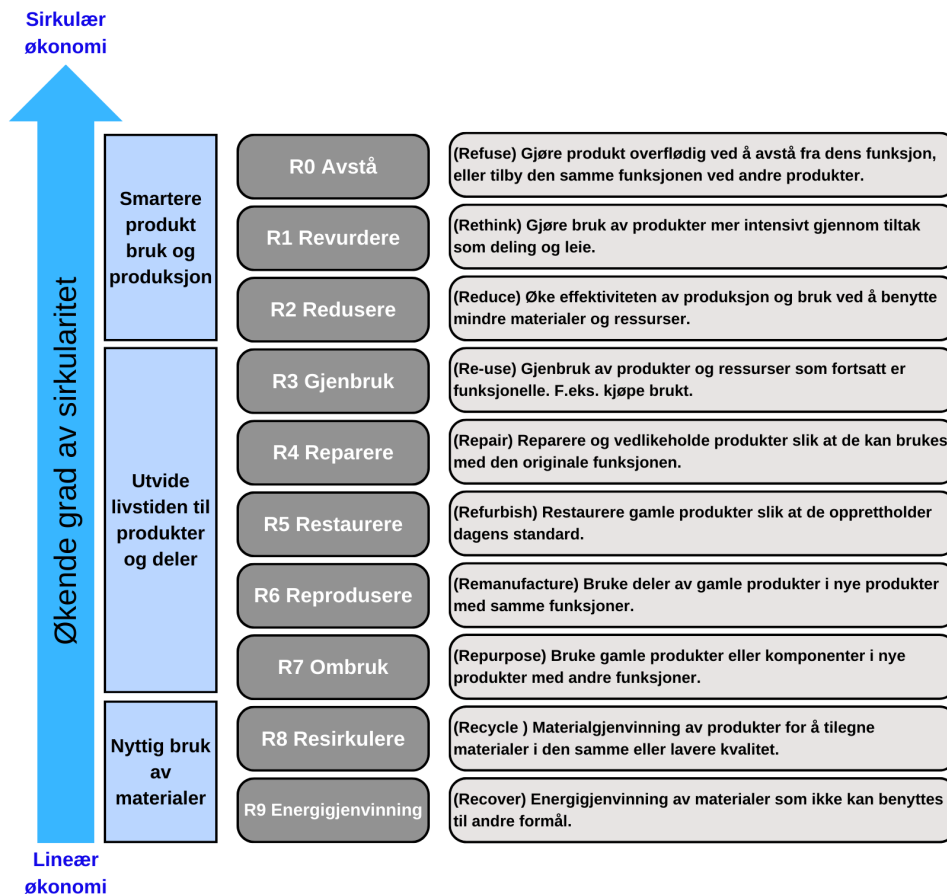
Sirkulærøkonomi er en miljøvennlig strategi eller et rammeverk som fokuserer på å redusere avfall, utnytte ressurser effektivt og fremme gjenbruk, gjenvinning og reparasjon for å etablere et lukket kretsløp av materialer og produkter. Den er regenerativ av design og forsøker å etterligne et naturlig økosystem der avfall ikke finnes, men blir ressurser til andre formål (EMAF, 2013a). Sirkulærøkonomiens ambisjoner om å være regenerativ innebærer at den er med på å restaurere miljø og økosystemer, til forskjell fra lineærøkonomien som blant annet har ført til store tap av naturområder og biologisk mangfold. Dette gjennom menneskeskapt endringer i jord-, havbruk og klima, samt forurensning og overutnyttelse av ressurser. Begrepet nullutslipp har tidligere vært assosiert med bærekraft og innebærer at en virksomhet har en nøytral miljø- og klimapåvirkning. Begreper som gjenopprettende og regenerativ tar det ett steg videre, og innebærer i praksis mer enn å ikke ha påvirkning på miljøet. Begrepet gjenopprettende innebærer å reversere skader som allerede er gjort gjennom tidligere økonomiske aktiviteter, imens begrepet regenerativ tar det enda et steg videre (jf. kap. 3.1.5). Dette innebærer ikke bare minimering av skade, men å lage systemer som aktivt bidrar til å forbedre økosystemer. Regenerativt jordbruk er et godt eksempel på dette, ved at det gjennom ulike strategier bidrar til å lagre karbon, forbedre jordkvalitet og øke biodiversiteten (Gjørvad & Rosenstock, 2021).

Et av formålene med sirkulærøkonomi er å beholde verdien på materialer, ressurser og produkter så lenge det er praktisk og økonomisk mulig, og til slutt returnere de til den samme eller en annen verdikjede (Regjeringen, 2021b). En målsetning innen SØ er også frakoplingen mellom forbruk av ressurser og økonomisk vekst. Blant annet handler dette om å redusere avhengigheten av kontinuerlig ressursutvinning, som lenge har vært en betingelse for økonomisk vekst (Reike et al., 2018). EMAF (2013a) tydeliggjør at samarbeid blant aktører i de samme og på tvers av produksjonssystemer og verdikjeder er avgjørende for storskala utvikling av sirkulære systemer. Organisering og samarbeid med flere aktører og myndigheter vil blant annet redusere kostnadene tilknyttet innsamling- og produksjonskostnader, som videre kan bidra til å lage lønnsomme sirkulære økonomier (EMAF, 2013a). Skalautfordringer kan representere utfordringer i organiseringen av resirkuleringssystemer i et lite land som Norge, hvor avstandene er store, noe som vil belyses i analysen og diskusjonen.

3.1.3 R-rammeverkene

Den overveldende mengden litteratur innenfor temaet sirkulærøkonomi er noe som har ført til en rekke ulike definisjoner av det samme konseptet. Sirkulærøkonomien har også ulik betydning for privatpersoner, bedrifter, land og organisasjoner, noe som kan forklare de diverse definisjonene. Kircherr et al. (2017) analyserte 114 forskjellige definisjoner av sirkulærøkonomi i et forsøk på å fastslå hva det faktisk innebærer. I artikkelen til Kircherr et al. skilles det mellom to kjerneprinsipper i sirkulærøkonomibegrepet, som i litteraturen beskrives som R-rammeverkene og systemperspektivet (Kircherr et al., 2017). Hva de to kjerneprinsippene innebærer og hva som skiller dem vil bli presentert i dette og det følgende delkapitlet.

R-rammeverket innebærer begreper som «reuse, rethink, repurpose, recycle», og hver av disse fungerer som strategier innen sirkulærøkonomien. I litteraturen finnes det ulike varianter av R-rammeverk med tre til ni ulike strategier. Variasjonene har fortsatt flere likheter, blant annet at R'ene er sortert i et hierarki der sirkulærøkonomiske strategier presenteres i en prioritert, rekkefølge slik som avbildet i figur 10. I eksempelet hentet fra Kircherr et al. (2017) presenteres 9-R rammeverket, hvor det i realiteten er 10 strategier som er sortert i en stigende rekkefølge fra minst (R9) til mest sirkulær (R0). Merk at resirkulering (R8) er langt nede i figuren og dermed nærmere en lineær økonomi, og at det å utvide levetiden til produkter slik at de lettere kan repareres og brukes på nytt bør prioriteres fremfor resirkulering. Resirkulering og gjenvinning er noe som ofte assosieres med sirkulærøkonomi, men det er i realiteten en av de siste prioriteringene. Strategiene i R-rammeverkene vektlegger behovet for smartere produksjon og bruk av produkter, og et behov for å endre tankemønsteret til både forbrukere og produsenter fremfor strategier som gjenbruk og materialgjenvinning. Hvordan de ulike sirkulærøkonomiske strategiene utspiller seg i havbruksnæringen diskuteres i kapittel 6.



Figur 10: 9-R Rammeverket med et hierarki av strategier innenfor sirkulærøkonomi. Tilpasset og oversatt modell etter Kircherr et al. (2017); Potting et al. (2017).

SØ omfatter ikke kun ressurs- og materialgjenvinning, den vektlegger også det å designe produkter slik at levetiden forlenges. Dette kan gjøres på flere måter, eksempelvis gjennom endringer i design som forenkler reparasjon, valg av materialer som varer lengre, eller ved oppgradering av produkter (Kircherr et al., 2017). Ifølge Miljødirektoratet (2023) er det varslet fra EU at det vil komme krav til design og produksjon av varer, slik at de kan brukes lengst mulig og at de enklere kan gjenvinnes (Miljødirektoratet, 2023). Gode systemer for retur er avgjørende for at materialer kan sirkuleres innen en økonomi, slik at mer kan bli returnert. Likevel er det ikke alle produkter og materialer som kan returneres til verdikjeden slik den er i dag. Innenfor den sirkulærøkonomiske litteraturen deles et syn om at forskning og teknologi vil åpne for mer og bedre utnyttelse av avfall. Ressurser som ikke kan resirkuleres i Norge blir enten deponert eller energigjenvunnet (Regjeringen, 2021b). Energigjenvinning og deponi fungerer som et siste ledd i renovasjonsbransjen, og er endestasjonen for materialer og avfall som ikke kan eller er lønnsomt å bruke til andre formål. Ifølge Miljødirektoratet ble det deponert 2,4 millioner tonn avfall i Norge i 2021, en dobling fra 1,2 millioner tonn i 2013 som forklares

med at både mer farlig avfall og betong- og teglavfall deponeres. Deponering av avfall reguleres i Norge under avfallsforskriften, og i 2009 ble det forbudt å deponere biologisk nedbrytbart avfall, som betyr at det er et krav å resirkulere biologiske materialer (Miljøstatus, 2022).

Delingsøkonomi gjennom utleietjenester og sameie av produkter er en viktig del av sirkulærøkonomi og en strategi som prioriteres i R-rammeverket. Gode eksempler på delingsøkonomi er tjenester som tilbyr deleie av biler, som sørger for at personer som ikke har behov for bil hver dag har tilgang når de trenger det. Et annet eksempel er utleie av verktøy og utstyr som f.eks. gressklipper, snøfreser, henger og motorsag– utstyr som de færreste har behov for hver dag som blir stående ubrukt over lengre perioder. Ved at flere deler på de samme produktene blir bruken mer intensiv, materialforbruk reduseres, og dermed reduseres også miljøbelastningen og klimagassutslipp. En annen stor fordel med delingsøkonomi er at det typisk er billigere for hver person å leie fremfor å eie (Korhonen et al., 2017).

3.1.4 Sirkulærøkonomien satt i system.

Systemperspektivet innenfor den sirkulærøkonomiske teorien innebærer at overgangen fra lineær- til sirkulærøkonomi krever en fundamental endring i dagens system, isteden for små inkrementelle endringer. Systemperspektivet ser på økonomien som en helhetlig og sammenkoblet struktur der alle deler er integrert og påvirker hverandre. I stedet for å se isolert på enkeltkomponenter eller lineære prosesser, forsøker systemperspektivet å ta hensyn til dynamikken og kompleksiteten som finnes i økonomien. I perspektivet blir SØ sett på som et overordnet system for et sirkulært globalt samfunn, og fremhever at overgangen til SØ må skje på tvers av tre nivåer eller systemer av det sirkulærøkonomiske makro-, meso- og mikro-systemet (Kircherr et al., 2017). Makro-systemperspektivet (globalt og internasjonalt) fremhever behovet for å endre strukturen til hele det økonomiske systemet, og hele den industrielle sammensetningen i land og økonomiske områder. Kircherr et al. (2017) beskriver at meso-systemperspektivet (det regionale nivået) fokuserer på øko-industrielle parker med industrielle symbioser som egne systemer. Mikro-systemperspektivet (det lokale nivået) omfatter produkter, individuelle forretningsvirksomheter og forbrukere, og hva som må til for å øke deres grad av sirkularitet i lys av sirkulærøkonomien (Kircherr et al., 2017).

Ifølge systemperspektivet krever en overgang fra lineær- til sirkulærøkonomi radikale endringer i alle de tre respektive systemene. I lys av tematikken for denne oppgaven er det SØ innenfor

meso- og mikroperspektivet som undersøkes, og dermed blir makro-perspektivet av et mindre fokus. Den fundamentale endringen som diskuteres i systemperspektivet er komplisert, og krever endringer i alle ledd på tvers alle tre nivåene dersom det skal være vellykket (Kircherr et al., 2017). Som Velenturf et al. (2019) skriver må implementeringen av sirkulærøkonomiske tiltak skreddersys etter lokale forhold, men også optimaliseres ut ifra et større systemperspektiv (Velenturf et al. 2019). For at en nisje blir skal bli rådende praksis må endringer også skje på et samfunnsnivå, og ikke kun på meso- og mikronivået. Overgangen til en sirkulær økonomi må også støttes opp i form av kunnskap gjennom forskning, insentivordninger, reguleringer og krav gjennom myndigheters styringsmakt.

3.1.5 Sirkulærøkonomi og bærekraft

De mange ulike definisjonene av SØ og dens flere dimensjoner kompliserer det å skrive en presis og dekkende definisjon. Begrepene bærekraft og sirkulærøkonomi er tett tilknyttet, og forholdet mellom dem vil drøftes i dette kapitlet. Mange vitenskapelige publikasjoner som om sirkulærøkonomi tar utgangspunkt i definisjonen fra stiftelsen Ellen MacArthur Foundation (EMAF) (EMAF, 2013a). Stiftelsen jobber målrettet mot å fremme sirkulærøkonomi som en strategi for å håndtere utfordringer som klimarelaterte problemer, tap av biodiversitet, havforsuring, ressurstap og forurensning. Deres definisjon lyder som følgende;

“Circular economy is an industrial system that is restorative or regenerative by intention and design. It replaces the ‘end-of-life’ concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models.”

(Kircherr et al., 2017, s. 226; EMAF, 2013a).

Kircherr et al. (2017) presenterte sin egen definisjon etter en gjennomgang av 114 tidligere definisjoner av SØ. Deres definisjon skiller seg noe fra den til EMAF, blant annet ved at den nevner strategier fra R-rammeverkene (jf. kap. 3.1.3), samt at endringer til sirkulærøkonomi må skje på tvers av mikro-, meso-, og makronivået innen systemperspektivet (jf. kap. 3.1.4). Definisjonen inkluderer at målsetningen med sirkulærøkonomien er å oppnå bærekraftig utvikling, samt bedre miljøkvalitet, økonomisk velstand og sosial kapital, som vil være til fordel

for nåværende og fremtidige generasjoner (Kircherr et al., 2017). Analysen til Kircherr et al. (2017) tydeliggjorde at det er flere sammenhenger mellom bærekraft og SØ. Definisjonen de presenterer har derfor inkludert flere elementer fra definisjonen til bærekraftig utvikling presentert av Brundtlandkommisjonen i 1987 som sier at «*En bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstillende sine behov*» (NOU, 2009:16, s.9; Verdenskommisjonen, 1987).

Definisjonen til Kircherr et al. (2017) beskriver sirkulærøkonomien som et økonomisk system som skal erstatte bruk-og-kast praksis, og eliminere både avfall og overforbruk. Viktige tiltak for å gjennomføre dette er blant annet strategier som gjenbruk og resirkulering av de ressursene og materialene som vi er avhengige av i et økonomisk system. Til forskjell fra definisjonen til EMAF, har Kircherr et al. utelatt begrepene gjenopprettende og regenerativ (Kircherr et al., 2017). Geissdoerfer et al. (2017) sin definisjon av SØ deler i likhet med EMAF (2013a) disse begrepene. Å gjenopprette naturmiljøer handler om å reversere skader som allerede er gjort, samt hindre ytterlig degradering som følge av menneskelig aktivitet (Gjørvad & Rosenstock, 2021). Eksempelvis kan gjenopprettende tiltak innebære å øke biodiversitet ved forbedring av jorden, åpning av nedgravde bekkeløp og plante arter som tiltrekker seg forskjellige dyr og insekter. For å gjenopprette økosystemer må forurensning av vann, vind og jord opphøre, samt at endringer av landarealer må reduseres og reverseres (Morseletto, 2020).

Sirkulærøkonomien anses gjerne som en verktøykasse for å oppnå nettopp bærekraftig utvikling. Tematikken om forholdet mellom begrepene bærekraftighet og sirkulærøkonomi ble i 2017 undersøkt av Geissdoerfer et al. Forfatterne fant flere sentrale likheter mellom begrepene, blant annet at de begge er konsepter som kan omfatte ulike geografiske skala og ikke-økonomiske faktorer. En tydelig likhet mellom konseptene er også at systemendringer er viktig for utførelsen, dette fordi en overgang til bærekraftige og sirkulære systemer krever endringer av økonomiske- og organisatoriske systemer, samt samfunnsmessige endringer. Begge konseptene krever også reguleringer og insentiver som virkemidler for å gjennomføres, slik at aktører og industrier motiveres til endringer. I tillegg er innovasjoner og private aktører viktig for utviklingen, samt at teknologiske fremskritt er nødvendige, men også ofte vanskelige å iverksette. Faktorene som listes opp her er noen av de elementene forfatterne fant at stemte med begge konseptene. Forfatterne identifiserte også flere forskjeller, blant annet tilknyttet opprinnelsen av de teoretiske konseptene, den endelige målsetningen og at hovedmotivasjonen

varierer. Et punkt de bemerker seg er at forfattere innenfor den sirkulære økonomien ofte fokuserer mer på den miljømessige dimensjonen fremfor alle tre bærekrafts dimensjonene, med minst fokus på den sosiale bærekraften. Gjennom litteraturstudien fant de også at sirkulærøkonomien i litteraturen oppfattes som en viktig betingelse for bærekraft og bærekraftig utvikling (Geissdoerfer et al., 2017).

Gjennomgangen til Geissdoerfer et al. (2017) viste at det er flere sentrale likheter mellom de to begrepene, samtidig som det også er forskjeller. Tiltak som gjøres i overgangen fra en lineær-til en sirkulær økonomi vil trolig være en mer bærekraftig løsning, med mindre det rammes av en såkalt rekyleffekt (jf. kap. 3.2). Bærekraftsbegrepet er i dag sterkt forankret i academia, men SØ er tilsynelatende et mer diffust begrep på grunn av det store antallet definisjoner og forståelser av konseptet. En felles målsetning mellom konseptene er at de begge etterstreber å minimere menneskeskapte miljøpåvirkning fra både produksjon, distribusjon og konsum, og et ønske om å minimere skade på naturmiljøene. Ifølge Geissdoerfer et al. (2017) handler bærekraft ofte om å balansere de økonomiske, sosiale og miljømessige dimensjonene så godt som mulig. Imidlertid har sirkulærøkonomien et mindre søkelys på den sosiale dimensjonen, som gjerne uttrykkes ved mulighetene for nye typer tjenester og dermed arbeidsplasser den vil skape. Forfatterne påpeker også en annen distinksjon mellom bærekraft og SØ. Denne forskjellen ligger i at SØ fokuserer på det økonomiske systemet og streber etter å løsrive bruken av ikke-fornybare ressurser fra økonomisk vekst (Geissdoerfer et al., 2017).

Det er ikke nødvendigvis alltid at et tiltak for SØ også vil gjøre en prosess mer bærekraftig, for eksempel kan det hende at innsatsen for å bevare en ressurs eller materiale i sum faktisk fører til mer negative enn positive konsekvenser. Blum et al. (2020) argumenterer i sin artikkel at sirkulærøkonomiske tiltak kun kan regnes som bærekraftige dersom det oppfyller fire aspekter samtidig, materiell sirkularitet, økonomisk-, sosial-, og miljømessig bærekraft. Artikkelen fremstiller et behov for å vurdere sirkulære tilnæringer etter hvordan de vil påvirke økonomisk, miljømessig og sosial bærekraft, ved å veie opp fordelene og ulempene ved det aktuelle tiltaket. Slike fordeler og ulemper kan ikke alltid regnes ut ved for eksempel klimagassutslipp eller energiforbruk, men en fordel kan også være bedret tilstand av et økosystem. Ifølge forfatteren bør likevel et sirkulærøkonomisk tiltak bidra positivt til alle bærekrafts dimensjonene dersom skal regnes som mer bærekraftig (Blum et al., 2020).

Sirkulærøkonomien forestiller en tilnærming som kan føre til bærekraft, men det kan være problematisk dersom sirkulære tilnærminger i praksis ikke resulterer i mer bærekraftige løsninger. For den norske havbruksnæringen diskuteres sirkulærøkonomi som en mulig strategi for å behandle blant annet biprodukter fra produksjonssystemet. Biprodukter som slam, avskjær og selvdød fisk er relevante ressurser som ved gjenvinning og resirkulering kan benyttes til andre formål. Oppsamling av slam fra oppdrett vil redusere virksomhetens miljøpåvirkningen til lokalmiljøene betraktelig, men selve prosessen med oppsamling og transport av materialene vil koste både energi og penger. Dette er ikke nødvendigvis en mer bærekraftig løsning dersom energiforbruket knyttet til transport og prosessering overskrider det som ellers ville vært benyttet ved bruken av jomfruelige materialer. Samtidig blir en ny ressurs tilgjengelig som ellers ville gått tapt til naturmiljøene. Ifølge det Blum et al. (2020) beskriver bør slike tiltak også være økonomisk lønnsomme for å regnes som bærekraftige. Ettersom slam inneholder ikke-fornybare mineraler som fosfor vil det likevel ikke være bærekraftig å fortsette å la det gå tapt til naturmiljøet.

Fornybar energi er viktig for utviklingen av sirkulære økonomier som er mindre avhengige av fossile ressurser. En omstilling fra fossile til fornybare energiløsninger i havbruksnæringen vil kunne gi store miljøbesparelser samtidig som det kan medføre ikke-intenderte negative miljøeffekter andre steder. Blant annet vil en del materialer som anvendes til energiproduksjon som batterier og annet utstyr baseres på materialer som må utvinnes og dermed skape miljøbelastninger der utvinningen skjer. Sirkulærøkonomien ønsker å redusere utvinningen av slike materialer, gjennom for eksempel gjenvinning og resirkulering av gamle produkter for å tilegne seg materialene (Mulvaney et al., 2021). Dersom ulempene av en slik prosess overgår de positive effektene, er en rekyleffekt oppstått (jf. kap. 3.2).

Oppsummert innebærer overgangen fra en lineær- til en sirkulær økonomi endringer i både globale, regionale og lokale nivåer av dagens økonomi. SØ har ulik betydning i praksis for forbrukere og produsenter, men hovedsakelig handler det om endringer i forretningsmodeller, produksjonssystemer og verdikjeder. Sentralt i sirkulærøkonomien er prinsippene om å redusere materialforbruk og avfall, fremme bruk av fornybare ressurser og energi, forlenge levetiden på produkter, og skape løsninger der industrier kan dra nytte av hverandres avfall og bi-produkter. Sirkulærøkonomien søker å lage lukkede systemer der materialer og ressurser kan sirkuleres uten at det går på bekostning av kvaliteten på dem. Sirkulærøkonomiske løsninger skal ikke kun sørge for at råmaterialer og ressurser ikke går tapt, eller at økonomisk vekst ikke skal skje

på bekostning av miljøet, men at prinsippene skal fungere samtidig i en bærekraftig modell som skal sikre fremtidens behov. Ifølge den sirkulærøkonomiske teorien bør material- og ressursutvinningen opphøre, og resirkulering av ressurser promoterer på grunn av hensynet til fremtidige behov, samt påvirkningen det har på naturmiljøene og klimaendringer. Forholdet mellom SØ, matsystemer og havbruksnæringen i Norge drøftes videre i kapittel 3.4.

3.2 Kritikk mot sirkulærøkonomi

Til tross for at sirkulærøkonomien er et av de mest lovende rammeverkene for mer bærekraftig produksjon og konsum, er det kritisert fra flere hold. Blant annet kritiseres SØ for å ha et vagt narrativ, i tillegg til å være et flytende konsept. En annen kritikk som rettes mot sirkulærøkonomisk litteratur er at den ignorerer allerede etablert kunnskap, mer spesifikt at materie ikke kan skapes eller ødelegges. Denne kunnskapen tilsier at de ressursene som «brukes opp», heller ender opp i miljøet fordi fysiske materialer ikke kan forsvinne eller oppstå (Corvellec et al., 2021). Sirkulærøkonomi kritiseres også for å ha et misvisende navn. Cullen (2017) hevder at hver runde i et sirkulært systemet vil føre til sløsing og energitap, som følge av både tapt kvantitet (fysisk materielle tap og biprodukter) og kvalitet (nedgradering og blanding av materialer). Dette fører til behov for tilskudd av energi og materialer for å kompensere for tapene (Cullen, 2017). På bakgrunn av dette argumenterer forfatterne at et system aldri kan være fullstendig sirkulært.

En annen kritikk fra Zink og Geyer (2017) omhandler den såkalte rekyleffekten. Den går ut på hvorvidt sekundærproduksjonen fra SØ faktisk evner å redusere eller erstatte primærproduksjonen. Dersom sirkulærøkonomien evner å redusere den primære produksjonen har den lyktes. Dersom ikke, kommer sekundærproduksjonen i tillegg til den eksisterende primærproduksjonen, og av den da sammenlagt økte produksjonen, oppstår en rekyleffekt. Forfatterne argumenterer videre at dersom resirkulerte materialer ikke evner å erstatte primærressurser, vil de heller ende opp med å erstatte eksisterende resirkulerte materialer, noe som videre kan resultere i økt deponi og forbrenning (Zink & Geyer, 2017). Den sirkulære økonomien kritiseres videre for å ikke ta til betraktning selve økonomien. Zink & Geyer (2017) poengterer at det imellom hvert ledd innen SØ finnes et marked hvor de sirkulerte sekundærvarene konkurrerer med primærvarene, noe som ofte har blitt ignorert innen sirkulærøkonomisk teori. Intergovernmental panel on climate change (IPCC) peker i sin rapport fra 2022 på at etterspørselen etter materialer og ressurser sannsynligvis vil øke raskere enn det

en sirkulær økonomi vil klare å levere, noe som gjør at sirkulærøkonomi alene ikke vil være nok til å redusere utslippene når bruken av materialer og ressurser øker (Creutzig et al., 2022).

Resirkulering av plast og metall er av høy prioritet innen sirkulærøkonomi, blant annet fordi det reduserer behovet for å utvinne nye råmaterialer. Kvaliteten på resirkulerte materialer har stor betydning for hva de kan anvendes til. Eriksen et al. fant i en studie fra 2018 at resirkulert plast inneholdt mer urenheter sammenlignet med nyprodusert plast, noe som kan forringe kvaliteten. Forfatterne fant også at dersom plastprodukter resirkuleres flere ganger vil konsentrasjonen av metaller også øke, noe som etter hvert kan bli problematisk i forhold til anvendelse av produktet (Eriksen et al., 2018). I en podcast fra forskningsinstituttet SINTEF i 2024 omtales et samarbeidsprosjekt mellom SINTEF, NTNU og aktører fra havbruket kjent som POCOplast. Prosjektet undersøkte hvordan sirkulærøkonomiske tiltak kan øke gjenvinningsgraden av plastkomponenter fra næringen. Funnene i prosjektet viser at hardplast fra oppdrettsmerder kan resirkuleres og brukes til produkter i like god kvalitet som de originale (SINTEF, 2024). Noen av samarbeidsaktørene fra POCOplast har også vært med å produsere og sjøsette verdens første oppdrettsmerd med 100 % resirkulert plast (Sandmo, 2023).

Kritikken som rettes mot SØ er berettiget på grunn av flere gode argumenter, som at det for eksempel er uvisst om resirkulering av et materiale er mer miljøvennlig enn utvinning av nye. Dette er noe som må undersøkes for hver enkelt ressurs, og ikke én regel som stemmer for alt. Rekyleffekten kan som beskrevet føre til en negativ påvirkning i form av økt aktivitet med nye mer miljøvennlige tilnæringer, men det er ikke nødvendigvis fasiten i alle kontekster, dermed må kritikken må sees i lys av konteksten. For havbruksnæringen i Norge er det store mengder biologiske materialer i omløp, i tillegg til ikke-fornybare ressurser som går tapt til naturmiljøene. Grunnstoffet fosfor er en ikke-fornybar ressurs som er nødvendig innenfor det meste av matproduksjon. Dersom biprodukter fra oppdrett samles opp i større grad vil det redusere næringens miljøpåvirkning, samtidig som nye ressurser blir tilgjengelig. Rekyleffekten kan likevel oppstå dersom oppsamling, behandling, transport og bruk av avfall som slam sammenlagt medfører større miljøeffekter enn ved å ikke gjøre noe. Som kritikken fra Zink & Geyer (2017) slår fast, bør sirkulærøkonomiske tiltak i tillegg være økonomisk lønnsomme dersom det skal være vilje til å gjennomføre tiltakene.

En viktig faktor for en fungerende sirkulær økonomi er geografisk skala og nærhet. Dersom det er for store avstander mellom aktører vil det medføre utlipp og kostnader i forbindelse med

transport. For havbruksnæringen er havet en godt egnet transportvei for ressurser og samkjøring med oppsamling av biprodukter, likevel kan for store avstander, samt småskalaulemper dersom det er for få aktører involvert medføre at hele prosessen blir for kostbar til at det er økonomisk bærekraftig (jf. kap. 3.1.5). For at en aktørs avfall skal bli en annens ressurs bør man så langt det er mulig organisere samarbeid på tvers av virksomheter.

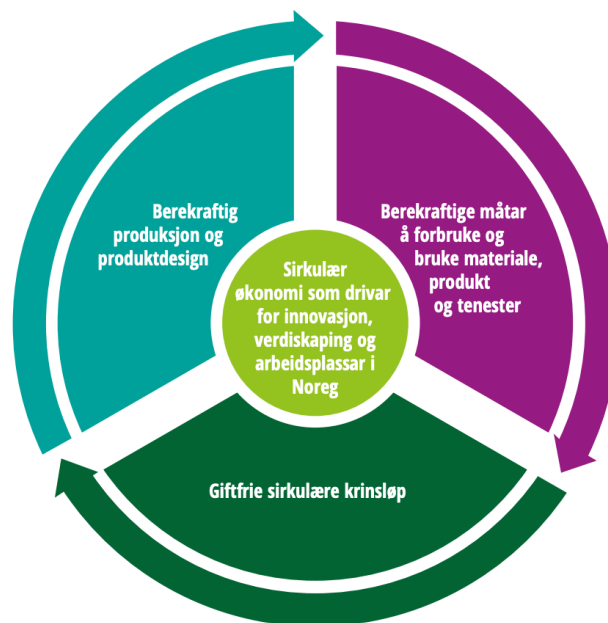
3.3 Sirkulærøkonomi som politikk og strategi

I nyere tid har SØ blitt en sentral del av både EU og nasjonale myndigheters strategier som en respons på miljøutfordringer og klimaendringer, og som en strategi for å oppnå bærekraftsmål. Den sirkulærøkonomiske modellen er en av de mest ressurseffektive og bærekraftige økonomiske modellene som er tilgjengelig i dag. Strategien fremmes av både EU og Regjeringen, i tillegg land som Japan, Kina og Nederland (Korhonen et al, 2017). EU publiserte i 2015 den første handlingsplanen for sirkulær økonomi. Planen ble i 2020 erstattet da Europakommisjonen publiserte *New Circular Economy Action Plan* (CEAP) som en del av *The European Green Deal*. Den nye strategien har som mål å oppnå klimanøytralitet innen 2050, samtidig som den skal sørge for økonomisk vekst og holde material- og ressursforbruket innenfor planetens tålegrenser (European Commission, u.å.). Planetens tålegrenser innebærer ni definerte biogeokjemiske prosesser som påvirkes av menneskelig aktivitet, og definerte nivåer som må opprettholdes for å sikre en stabil og trygg planet (Richardson et al., 2023). Blant grensene er arealbruksendringer, klimaendringer og menneskelige utslipp av nitrogen og fosfor for å nevne noen. Seks av ni tålegrenser er i 2023 oversteget, og det er behov for å gjøre tiltak for å begrense den menneskelige påvirkningen til naturmiljøene. Sirkulærøkonomi er som nevnt i Regjeringens strategi fra 2021 *Nasjonal strategi for ein grønn, sirkulær økonomi* nødvendig for dette, og for å oppnå FNs klima- og bærekraftsmål (Regjeringens, 2021b).

3.3.1 Sirkulærøkonomi i Norge

Den norske sirkulærøkonomiske strategien bygger i stor grad på EUs CEAP fra 2020. Regjeringen ønsker at Norge skal være et av de ledende landene for en grønn og sirkulær økonomi, som utnytter sine ressurser på best mulig måte. I strategien påpekes det at det norske næringslivet allerede er i gang med omstillingen til sirkulære løsninger, men at det fortsatt er en lang vei å gå (Regjeringen, 2021b).

Den norske sirkulærøkonomiske strategien er delt inn i fire hovedområder vist i figur 11. Den første delen omfatter hvordan SØ kan bidra til bærekraftig produksjon og produksjonsdesign, i tillegg til hvordan klima og miljøavtrykk kan reduseres gjennom endringer i produksjon- og forbruksmønstre. Den andre delen av strategien omfatter bærekraftige måter å forbruke materialer, og bruke tjenester og produkter i overgangen til en sirkulær økonomi. Den tredje delen av strategien er spesifikt rettet mot miljø og klima, og omfatter forurensningsproblematikken rundt luft, vann og jord i Norge. Hovedelementer av delstrategien innebærer utfasing av utslipp av miljøgifter og tungmetaller, samt EUs kjemikaliestrategi og generelle utslippsreduksjoner. Den fjerde og siste delen av den norske strategien omfatter hvordan sirkulære systemer kan bidra til innovasjon og verdiskaping. Fiskeri- og havbruksnæringen trekkes frem som et område med store muligheter for utvikling av sirkulære økonomier, dersom det legges til rette for dette (Regjeringen, 2021b).



Figur 11: De fire hovedområdene for Regjeringens grønne sirkulærøkonomiske strategi.
Kilde: Regjeringen (2021b)

I Regjeringens *Veikart 2.0 – Grønt industriløft* fra 2023 er det listet opp en rekke tiltak og mål Regjeringen planlegger, og har gjennomført for en bærekraftig utvikling av den norske industrien. I veikartet pekes det ut ni områder som uttrykkes å ha store muligheter for grønn vekst, havvind, batterier, hydrogen, CO₂-håndtering, prosessindustri, manufacturing, solindustri, maritim industri og skog-, tre- og bionæring. Havbruksnæringen er i veikartet lite

omtalt sammenlignet med andre næringer, men samtidig er det flere av områdene som kan relateres til havbruket. Eksempelvis grønn energi ved hydrogen og batterier, utnyttelse av biprodukter og nye alternative drivstoff til havbruksflåten gjennom området maritim industri. Der havbruk omtales beskrives mulighetene for bærekraftig fôr, biogassproduksjon og elektrifisering av havbruksflåten (Regjeringen, 2023). Som et av tiltakene i Veikart 2.0 står det skrevet at Regjeringen vil stimulere til kunnskapsbasert utvikling av regelverk for sirkulær bioøkonomi, i tillegg til at Norge også skal utarbeide en egen handlingsplan for SØ. Blant tiltakene er det listet opp at Regjeringen vil tilrettelegge for forskning og næringsaktivitet for bioprodukter, med fokus på tang, tare og nye marine ressurser. I tillegg skriver Regjeringen at de vil «*legge til rette for tilgang til og økt bruk av restråstoff som grunnlag for utvikling av ny norsk industri*» (Regjeringen, 2023, s. 181).

Myndigheter kan videreformidle ønsker og målsetninger på mange forskjellige måter, blant annet gjennom lover og reguleringer, insentiver, sertifiseringer, standarder, og støtte til forskning og utvikling. I forhold til SØ i havbruket er det foreløpig ingen lover, reguleringer, sertifiseringer eller standarder på plass, derimot tildeles det støtte til FoU-formål. Gjennom finansiering til forskning og prosjekter fremmes sirkulærøkonomien fra Regjeringen til fylkeskommuner og videre til kommunalt nivå. Ved prosjekter som for eksempel *BIOSIRKEL* (Norce, u.å.), og tiltak som *Grøn region Vestland* (Vestland fylkeskommune, u.å.) formidles grønne tiltak som SØ til næringsliv og industri. Eksemplene som listes opp her er ulike samarbeidsprosjekter mellom aktører som regionale og lokale myndigheter, næringsaktører, Innovasjon Norge, FoU og utdanning. I prosjektene som nevnes er havbruksnæringen godt representert. Gjennom klynger og samarbeidsprosjekter knyttes aktører fra ulike deler av samfunnet sammen mot felles overordnede formål som å redusere klimagassutslipp gjennom blant annet sirkulærøkonomiske tiltak.

3.3.2 Norges sirkulærøkonomiske handlingsplan

I midten av mars 2024 publiserte Regjeringen *Handlingsplan for en sirkulær økonomi 2024–2025*. Planen bygger videre på den sirkulærøkonomiske strategien presentert tidligere, og deler i likhet med EUs CEAP mer håndfaste tiltak som kan gjennomføres i omstillingen til en mer sirkulær økonomi. Blant annet diskuteres lovgivning og reguleringer som virkemidler for å styre aktører i en mer bærekraftig retning. Handlingsplanen beskriver også at omstillingen mot sirkulærøkonomi krever økt samhandling og samordning blant kommuner, næringsliv,

forvaltning og interesseorganisasjoner. Planen beskriver også en pågående revisjon av gjødselvareforskriften, som kan åpne for bedre muligheter knyttet til utnyttelse av næringsstoffer fra havbruket. Mat og næringsstoffer beskrives i handlingsplanen som et område med en viktig rolle i overgangen mot en mer bærekraftig og sirkulær økonomi. Planen demonstrerer videre at regelverk som Norge er bundet opp mot gjennom EØS-avtalen kan virke som en barriere for sirkulær utnyttelse av bioressurser, og at det er viktig å få innført endringer som åpner for dette. I planen knyttes dette direkte opp til bruken av fiskeslam til oppdrett av lavere trofiske arter, noe som under dagens regelverk ikke er mulig på grunn av mangelen på dokumentasjon som beviser at prosessen er trygg. Regjeringen har tildelt økonomiske midler til Mattilsynet og «flere departementer» for arbeid med dokumentasjon og utvikling av regelverk som tilrettelegger for bedre utnyttelse av restråstoff og biprodukter fra hav- og landbruk til føringredienser (Regjeringen, 2024a).

3.4 Sirkulærøkonomi i praksis – fra teori til handling

En fellesnevner som går igjen i litteraturen er at omstillingen til et sirkulærøkonomisk samfunn, med SØ som den primære forretningsmodellen, er en svært komplisert oppgave. Den lineærøkonomiske verdikjeden, som har vært dominerende siden den industrielle revolusjonen, har plantet dype røtter i hele verden, og et paradigmeskifte som dette vil innebære endringer i alle deler av økonomien og på tvers av nivåene sett fra systemperspektivet. En omstilling innebærer altså endringer i de globale, nasjonale og regionale økonomiske systemene i tillegg endringer i tankesett, verdier, design, produksjon, forbruk, transport og mer.

SØ kan utspille seg på flere måter i virkeligheten, og som tidligere nevnt har det ulik betydning for produsenter og forbrukere. Sirkulærøkonomien ønsker å lukke kretsløp, slik at materialer og ressurser holdes i omløp så lenge som mulig før de til slutt blir sirkulert tilbake til økonomien. Et slik system minner i stor grad om naturlige kretsløp slik som karbon- og vannkretsløpet. Stahel (2016) poengterer at sirkulærøkonomiske forretningsmodeller faller innfor to grupper. De som fremmer gjenbruk og utvider levetiden til produkter gjennom reparasjon, reproduksjon og oppgraderinger, og de modellene som omgjør gamle varer til nye ressurser gjennom materialgjenvinning. Stahel peker også mot at å leie varer og tjenester fremfor å eie er en sentral del av SØ for forbrukere, fordi dette sikrer målsetningen om å maksimere verdien i hvert ledd av et produkts liv. Å dele eller leie fremfor å eie sørger for et lavere konsum, og dermed en lavere miljøpåvirkning (Stahel, 2016).

Industrielle symbioser er gode eksempler på sirkulærøkonomi i praksis. En symbiose går ut på at aktører samlokalisert seg i nettverk ved for eksempel næringsklynger, for å så dra nytte av hverandres overskudd som biprodukter eller avfall. Overskuddsvarme, strøm og andre biprodukter er ressurser som typisk beveger seg mellom aktører i en symbiose. Selve ordet symbiose betyr at dette er et forhold som begge eller flere av aktørene i nettverket tjener på. Slike symbioser i etablerte nettverk og næringsparker omtales også som øko-industrielle parker, mye fordi de etterligner naturlige økologiske systemer, men også fordi de har som mål å begrense miljøpåvirkningen til virksomheten (Winans et al., 2017).

3.5 Sirkulærøkonomi og matsystemer

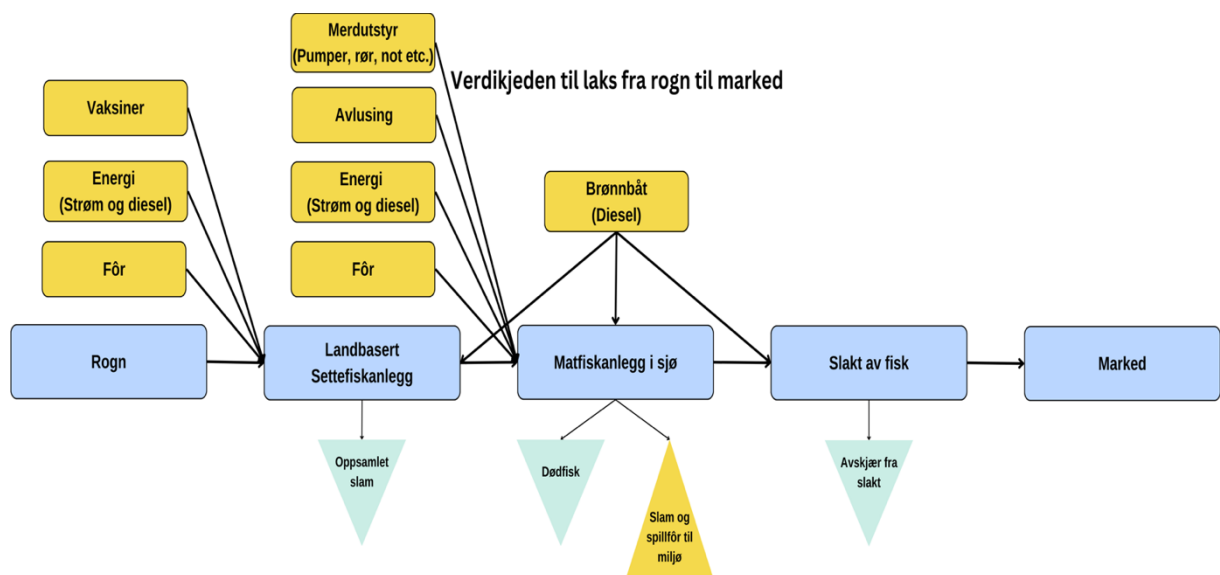
Produksjonssystemer og forsyningskjeder blir i økende grad globale, dette gjelder også matsystemene våre. Det betyr at mange land i økende grad er avhengig av den globale matverdikjeden for å møte befolkningens behov. Ifølge Jurgilevich et al. (2016) er globale matsystemer lite effektivt og miljøvennlig, og estimerer peker mot at ca. 30-50 % av all mat produsert globalt til humankonsum går tapt i forskjellige stadier av systemet. I CEAPs kapittel 3.7 *Food, water and nutrients* estimeres det at ca. 20 % av mat produsert i EU går tapt eller kastes, og planen har som mål å redusere dette. Den lite effektive matøkonomien fører ikke kun til store økonomiske tap, men også tap av produktivitet, energi og naturressurser (EU, 2020).

Verdikjeden til det norske matsystemet innebærer noen sirkulære tilnærminger, som kompostering og bruk av husdyrgjødsel, men det forbrukes også mengder ikke-fornybare ressurser. I norsk jordbruk brukes for eksempel både kunstgjødsel og syntetiske sprøytemidler, begge produseres av og med ikke-fornybare ressurser (Renmat, 2021). Bruken av kunstgjødsel og sprøytemidler kan være skadelig for naturen og økosystemene våre. Nitrogenoverskudd kan føre til blant annet eutrofiering i vannløpene, og er ifølge Payne et al. (2017) den tredje største trusselen mot biologisk mangfold (Payne et al., 2017). Jurgilevich et al. (2016) beskriver at forholdet mellom sirkulærøkonomi og matsystemer utspiller seg i tre ulike stadier, ved matproduksjon, ved konsum og ved overskudd og avfall. Videre demonstrerer forfatterne at SØ innen matproduksjon handler om resirkulering av næringsstoffer, hvor produsentene spiller den største rollen. Forfatterne tydeliggjør videre at det er spesielt viktig å resirkulere det ufornybare grunnstoffet fosfor, som er kritisk for blant annet produktiv matjord (Jurgilevich et al., 2016).

I sammenheng med matsystemer utspiller SØ seg i form av bioøkonomi, som handler om å produsere og foredle fornybare biologiske ressurser ved hjelp av ulike bioteknologier (Bioteknologirådet, u.å.). Ifølge Regjeringen (jf. kap. 3.1.2) er det store muligheter for utvikling av sirkulærøkonomiske systemer knyttet til den norske havbruksnæringen, spesielt ved slam og dødfisk. Oppsamling og utnyttelse av biprodukter og næringsstoffer fra oppdrettsprosesser som ellers går tapt til naturmiljøene, åpner opp for symbioser mellom næringer og kan bidra til sirkulære systemer (Regjeringen, 2021b).

3.5.1 Sirkulærøkonomi, bioøkonomi og havbruksnæringen i Norge

Verdikjeden til norsk laksefisk i åpne merder er skissert i figur 12. Den illustrerer også hvilke biprodukter som genereres gjennom produksjonssystemet. Den største innsatsfaktoren for næringen målt i vekt er fôringredienser, som typisk importeres fra andre verdensdeler (jf. kap. 2.6.1). Oppdrett i åpne merder ligner i større grad lineærøkonomi siden store mengder slam går til spille ved åpne anlegg. Selvdød fisk, slam fra settefiskanlegg og avskjær fra slakteri er likevel biprodukter som samles opp og benyttes videre. Sett fra et sirkulærøkonomisk perspektiv er slam fra matfiskanlegg også en ressurs som bør fanges opp og tilføres tilbake til systemet.



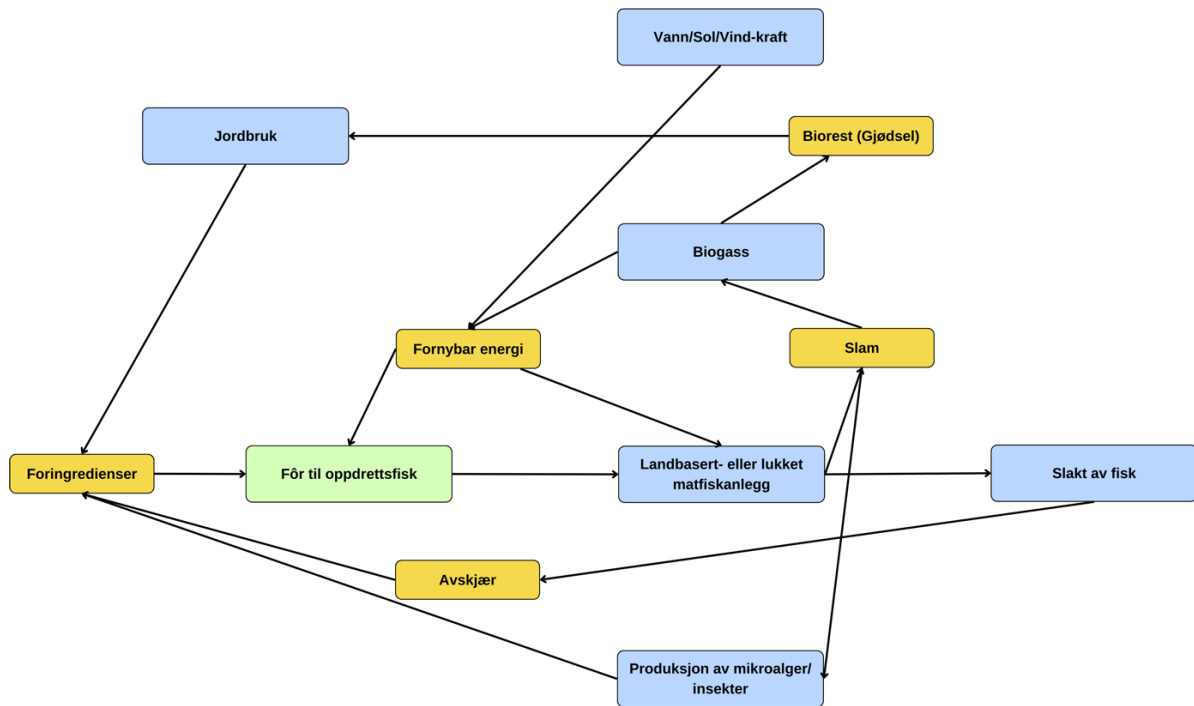
Figur 12: Skjematisk fremstilling av verdikjeden og innsatsfaktorer til atlantehavslaksen fra rogn til marked. Selvprodusert figur

Regjeringens havbruksstrategi fra 2021 beskriver SØ som en målsetning, og forklarer at det er et ideal at restråstoff fra havbruk får en så høyverdig bruk som mulig. Strategien påpeker at det

er store muligheter for utnyttelse av fiskeslam, men at det er nødvendig å styrke kunnskapsgrunnlaget for å utvikle et regelverk som er bedre tilpasset marine ressurser (Regjeringen, 2021a). Mindre deler av produksjonssystemet til havbruksnæringen kan allerede beskrives som sirkulære. Slam fra settefiskanlegg brukes i dag til både brensel og gjødsel, og blir dermed en ressurs for andre næringer. Det er et krav i Norge at landbaserte matfisk- og settefiskanlegg renser ut slammet, før avløpsvannet sendes til sjøen. Prosessen rundt behandling av avløpsvann for å skille ut slam foregår i ulike steg med både filtre og oppvarming for å øke prosentandel tørrstoff i produktet før transport. Dette er viktig siden fiskeslam i sin opprinnelige form inneholder svært mye vann, noe som ikke egner seg for transport (NIBIO, 2021). Som NIBIO (2021) presiserer er den totale mengden slam som fanges opp forventet å øke på grunn av utviklingen av landbaserte anlegg og lukkede/semi-lukkede anlegg i sjøen (NIBIO, 2021).

Slam med opprinnelse fra sjøbasert oppdrett er en annen sak. Både fordi det ikke er noe krav til oppsamling av slammet som slippes ut fra virksomheten, men også fordi slammet avsettes i saltvann fremfor et lukket ferskvannsmiljø som ved settefiskanlegg (NIBIO, 2021). Før slam fra sjøen kan anvendes til for eksempel gjødsel må saltet fjernes, til produksjon av biogass kan slammet inneholde salt, men dette har stor innvirkning på restproduktet. Reststoffet etter biogassproduksjon kalles for biorest, og for at det skal kunne benyttes til gjødsel kan ikke saltinnholdet være for høyt. Forskningsinstituttet NIBIO jobber blant annet med problemstillinger knyttet til blanding av marint slam med andre typer restprodukter for biogassproduksjon som kan redusere saltinnholdet i bioresten (Spilling, 2018).

Avbildet i figur 13 er et sirkulært system som inkluderer havbruk, jordbruk og energiproduksjon. Markert i gult er de områdene som i litteraturen beskrives som å ha størst muligheter for sirkulærøkonomiske tilnærminger, disse vil undersøkes nærmere gjennom feltarbeidet. Ved å benytte seg av de tilgjengelige biproduktene åpner det seg muligheter for større ressursutnyttelse, økt verdiskapning og flere arbeidsplasser. Et slikt system vil også ha mindre miljøpåvirkning ved å redusere utslipp fra produksjonen. Ved å lukke kretsløpet blir næringsstoffene som går tapt til miljøet heller en ressurs som går tilbake til systemet. Som vil bli belyst i kapittel 5 er dette sirkulære systemet ikke fullt gjennomførbart på grunn av flere faktorer som blant annet begrenser bruksområdene til animalske biprodukter (jf. kap. 5).



Figur 13: Skjematisk fremstilling av en sirkulær verdikjede havbruk. Selveprodusert figur.

4. Metodisk tilnærming til studien av sirkulærøkonomi i norsk havbruksnæring

Dette kapittelet vil presentere forskningsdesignet og metodene som er blitt benyttet for datainnsamlingen, i tillegg til metodologien og de valgene som er tatt i prosessen med metodisk tilnærming. Forskningsdesignet og metodene fungerer som en oppskrift på forskningen, og et godt beskrevet design tilrettelegger for etterprøvbarehet. Oppgavens problemstillinger omhandler strategier, erfaringer og opplevelser knyttet til SØ i produksjonssystemet til norsk laksefisk. Siden denne typen spørsmål ikke kan besvares med statistikk og tall, vil kvalitative data benyttes for å belyse forskningsspørsmålene. Samtidig er det hensiktsmessig å bruke kvantitative data i form av statistikk til å belyse næringens størrelse og påvirkning, og for å presentere studieområdet. Kvantitativ sekundærdata ble gjengitt i kapittel 2 for å gi en oversikt over næringen. Prosessen for datainnsamlingen vil i dette kapitlet presenteres, først med strategi for utvalg av informanter og de faktiske metodene brukt for datainnsamling. Videre vil koding og analysen av innsamlede dataene diskuteres. Til slutt vil forskningsetiske vurderinger, samt de faktorene som har og kan ha hatt påvirkning på kvaliteten av materialet produsert i forskningsprosjektet diskuteres. De empiriske funnene er et resultat av forskningsdesignet og den metodiske tilnærmingen til forskningen. Funnene presenteres i kapittel 5, og diskuteres videre i kapittel 6.

4.1 Forskningsdesign

Forskningsdesignet er en viktig del i utformingen til alle studier fordi valgene og beslutningene som gjøres vil ha stor innvirkning på det endelige produktet. Valg av forskningsdesign baserer seg i stor grad på formuleringen av problemstillingene, og vil være skreddersydd for å besvare dem. Innen kvalitativt forskningsdesign er det to ulike tilnærminger, den deduktive- og den induktive fremgangsmåten. Den deduktive tilnærmingen handler i stor grad om hypotesetesting, som vil si at en starter med en teori for å så videre teste den med empiriske undersøkelser. På denne måten kan holdbarheten og presisjonen til teorien testes ut i lys av erfaringer fra virkeligheten, og for å kunne si om teorien stemmer eller ikke. På den andre siden handler den induktive fremgangsmåten om å samle inn observasjoner fra virkeligheten gjennom kvalitative metoder, for å så kunne konstruere generaliseringer og i noen tilfeller nye teorier (Gray, 2022). I denne fremgangsmåten går en altså fra det konkrete og det spesifikke i form av

erfaringer fra virkeligheten, mot å etablere mønstre og meninger som videre kan bygge nye teorier.

Dette forskningsprosjektet baserer seg på den induktive fremgangsmåten, i form av en casestudie av sirkulære tilnæringer ved ulike deler av havbrukets produksjonssystem. Informantutvalget er hensiktsmessig og strategisk, men vil ikke gi en fullstendig kartlegging av hva som finnes av sirkulærøkonomisk praksis i havbruket. Siden dataene som er blitt samlet inn er aktørers meninger, erfaringer og perspektiver er det naturlig at kvalitative metoder benyttes for å kunne besvare problemstillingene. Gray (2022) beskriver at rollen til forskeren innen kvalitativ forskning handler om å oppnå en dyp og helhetlig oversikt over konteksten som studeres, dette er også formålet her. Kort oppsummert er forskningsdesignet som er anvendt i denne oppgaven en kombinasjon av en casestudie supplert med kvalitative metoder, konferansedeltagelse og kvantitative data i form av sekundærstatstikk innenfor den induktive fremgangsmåten. Siden oppgaven innebærer en casestudie, med kvalitative metoder og kvantitative sekundærdata, kan det beskrives som en «mixed-methods» tilnærming (Gray, 2022). Designet er tilpasset formålet og problemstillingene for studien, og det har utviklet seg underveis i arbeidet, med en rekke valg som er blitt gjort i forkant og underveis i prosjektet.

Det overordnede temaet for denne oppgaven er sirkulærøkonomi. Hvordan begrepet oppsto, utviklet seg og fungerer i praksis ble presentert i kapittel 3. I denne oppgaven benyttes begrepet både for det teoretiske konseptet definert i kapittel 3, og for tilnæringer som i praksis stemmer overens med definisjonen. Som diskutert i kapittel 3 kan det være vanskelig å skille mellom hva som er SØ og hva som er bærekraft, siden begrepene flyter over i hverandre. Dette vil drøftes videre i kapittel 6. Oppgaven vil videre undersøke hva aktører selv legger i begrepet sirkulærøkonomi, og i hvilken grad dette er noe de arbeider mot. Det har også vært en målsetning å undersøke hvilke motiver som ligger bak valg mot sirkulære løsninger. Alle aktører som er intervjuet i prosjektet har i større eller mindre grad erfaring med, eller kompetanse innen SØ. Under intervjuer har jeg latt informantene selv definere sirkulærøkonomi, for å få en bedre forståelse av hvordan begrepet tolkes. Videre har jeg valgt å avgrense studien til laksefisk, fordi næringen produserer disse artene i størst grad (jf. kap. 2).

4.1.1 Casestudien

Casestudier innenfor kvalitativ forskning er en intensiv type studie av én eller noen få enheter. Hva som utgjør casen eller enheten som studeres varierer, det kan blant annet være en organisasjon, handling, diskurs, prosedyre eller et fenomen, som er tilfellet i denne studien (Andersen, 2013). Casestudien baserer seg på en syntetisk tilnærming, der selve enheten som studeres er produksjonssystemet til laksefisk. Næringens strategier, initiativer, prosjekter og utfordringer knyttet til overgangen fra en lineær til en sirkulær økonomi er også en del av casen. Det finnes variasjoner av casestudier som innebærer flere enheter, som i et flercasestudie, men her vil næringen betraktes som én enhet. Den syntetiske casen tar utgangspunkt i aktører og praksiser spredt over produksjonssystemet. Selv om casen er teoretisk i form, inneholder den likevel prosesser og eksempler fra virkeligheten. Casen er også fortolkende basert på etablerte begreper og teorier som forklarer den (Andersen, 2013).

En sentral forsker og forfatter innenfor casestudier er Robert K. Yin, som beskriver at casestudiemetoden er best anvendt når; 1) hvordan eller hvorfor spørsmål stilles, 2) forskeren har lite kontroll over det som studeres og 3) fokuset er et aktuelt fenomen innen det virkelige livet (Andersen, 2013; Yin, 1989). Definisjonen til Yin samsvarer godt med problemstillingene og formålet i denne oppgaven. Problemstillingen inneholder ordet «hvordan», og casen som undersøkes er svært dagsaktuell. Formålet med studien er å oppnå en forståelse, samt en forklaring av handlingene og prosessene som undersøkes, og derfor baserer den metodiske tilnærmingen seg på en casestudie kombinasjon med andre metoder.

Hensikten med metodekapitlet er å dokumentere fremgangsmåter for generering og analyse av data, noe som bidrar til reliabiliteten i forskningen. Reliabilitet betyr pålitelighet, og er noe som trekkes frem som spesielt viktig innenfor casestudier. God dokumentasjon sørger for at studier kan etterprøves, og god reliabilitet vil si at dersom andre gjennomfører den samme casestudien med samme utvalg og metoder, vil de komme til nært identiske resultater (Gray, 2022). Begrepet validitet betyr gyldighet, og det kan videre deles inn i ytre og indre validitet. Indre validitet handler om kvalitet og troverdighet, noe som beskrives som en styrke i casestudier. Den ytre validiteten handler imidlertid om hvorvidt funn i casestudiet er representative for større populasjoner, altså om funnene i en forskning kan overføres til andre kontekster (Andersen, 2013). Her stiller casestudier noe svakere, blant annet fordi funn i en gjerne er spesifikke for den aktuelle casen. God dokumentasjon av prosedyren vil dermed styrke gyldigheten og påliteligheten til studien (Andersen, 2013). Hvordan begrepene reliabilitet og validitet har innvirkning på forskningen vil diskuteres ytterligere i delkapittel 4.5.

Selv om casestudier kan være en god måte å belyse organisasjoner og fenomener, er de kritisert for blant annet signifikansen. Signifikans henger sammen med at det kan være vanskelig å gjøre generaliseringer, selv ved det som Widding (2005) beskriver som «svært interessante resultater» (Widding, 2005, s.14). En annen kritikk forfatteren nevner går ut på nivået til analysen, altså om det som studeres på mikronivå kan overføres eller generaliseres til øvrige nivåer (Widding, 2005). Jeg vil argumentere for at tematikken som diskuteres i dette studiet (som foregår på nasjonalt nivå) i stor grad kan overføres til andre nivåer tilhørende samme kontekst. For det første er ikke casestudien gjennomført på mikro-nivå, noe som vil bidra til overførbarheten. For det andre, vil problemstillingene som studeres her trolig dele likheter med andre land, men under andre omstendigheter.

4.2 Utvalget

I henhold til oppgavens oppbygning og problemstilling var hensikten å velge ut informanter fra produksjonssystemet i havbruksnæringen som har kunnskap om og erfaring med SØ. For å få tilgang til informanter som oppfyller disse to kriteriene, fra forskjellige deler av produksjonssystemet, kreves det en spesiell tilnærming til utvalgsprosessen. Et strategisk utvalg innebærer at informanter velges ut taktisk basert på en faglig vurdering, med et begrenset antall informanter som er relevante og interessante for prosjektet. Denne formen for utvalgsstrategi sørger for at informantene innehar den informasjonen en er ute etter, og for variasjon av dataen.

Videre har informantene supplert utvalget med nye informanter gjennom bekjentskap i en prosess kjent som snøballutvalg. Prosessen innebærer at informanten tipser forskeren om andre relevante informanter fra samme populasjon, som innehar kompetanse på det spesialiserte feltet som studeres. De nye informantene kan videre anbefale andre relevante respondenter som kan inneha ny informasjon, derav navnet snøballutvelging (Gray, 2022). En kombinasjon av et strategisk utvalg og snøballutvalg har gitt et tilstrekkelig antall informanter, og samtidig sikret at de som inkluderes innehar den informasjonen som trengs for å kunne besvare forskningsspørsmålene. For utvalget av informanter har internett, medieoppslag, samt deltakelse på seminar, webinar og konferanser vært til stor hjelp. Strategien, og selve prosessen for utvalget blir videre drøftet i kapittel 4.3.

4.2.1 Informantene

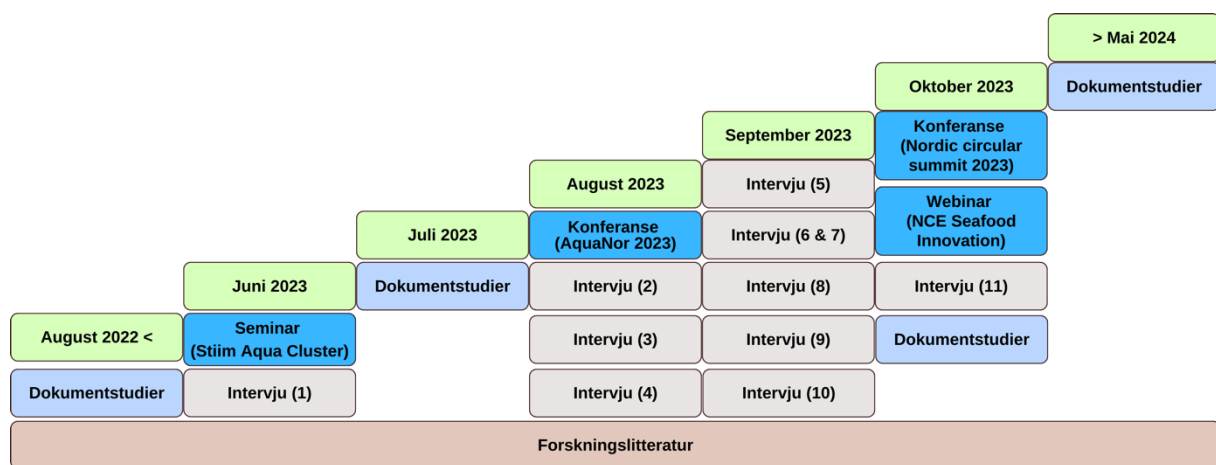
Det ble gjennomført totalt 10 intervjuer med 11 aktører tilhørende forskjellige deler av produksjonssystemet innenfor havbruksnæringen. Informantene, deres rolle og tilhørighet til næringen er listet opp under i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over forskningens informanter, deres rolle og tilhørighet til virksomhet, kategorisert i kronologisk rekkefølge.

INFORMANT	ROLLE	VIRKSOMHET
Informant 1	Daglig leder, aktør med fokus på sirkulær økonomi	Oppdrettsnæring (Fôr)
Informant 2	Kommunikasjonsdirektør, oppdrett	Oppdrettsnæring (Helelektrisk, Matfisk)
Informant 3	Forsknings sjef	Forskning og utvikling
Informant 4	Kommunikasjonsansvarlig i bedrift med lavtrofisk oppdrett.	Oppdrettsnæring (Lavtrofisk)
Informant 5	Prosjektleder innen forskning og utvikling, fokus på bioøkonomi og lavtrofiske arter.	Forskning og utvikling
Informant 6 & 7	Driftsleder & Ansatt, ved settefiskanlegg i næringspark med industrielle symbioser.	Oppdrettsnæring (Landbasert, Settefisk)
Informant 8	Forsker, sirkulær- og bioøkonomi.	Forskning og utvikling
Informant 9	Prosjektleder, innen produksjon av oppdrettsutstyr, og returløsninger for oppdrettsutstyr.	Utstysproduksjon (Lukket oppdrett)
Informant 10	Seniorrådgiver, Mattilsynet. Kompetanse på lovgivning og forskrifter relevant for prosjektet.	Mattilsynet
Informant 11	Produktutviklersjef innen renovasjonsbransjen.	Renovasjonsteknologi

4.3 Datainnsamling og feltarbeid

Starten på masterprosjektet begynte høsten 2022, altså det første semesteret som masterstudent på Institutt for geografi ved Universitetet i Bergen. Interessen for tematikken i prosjektet utviklet seg fra miljøproblematikken knyttet til havbruket, og hvordan disse problemene kan minimeres i møtet med vekst. SØ var et tema som gikk igjen i flere emner på studieprogrammet, som også fattet min interesse. Problemstillingene i prosjektet utviklet seg etter diskusjoner med veileder, og kombinerer temaene havbruk og SØ. Figur 14 illustrer prosessen, tidsrommet for datainnsamlingen og feltarbeidet tilknyttet forskningsprosjektet.



Figur 14: Skjematisk oversikt over feltarbeid fordelt på måneder. Kilde: Selvprodusert figur.

Det første steget i datainnsamlingen var en litteraturgjennomgang som bidro til å plassere temaet for oppgaven inn i forskningslitteraturen. Dette ble gjort ved å få en oversikt over vitenskapelige artikler, strategier, rapporter og andre dokumenter, for å deretter etablere et standpunkt og finne tomrom i den eksisterende litteraturen, som kan fylles av denne forskningen. Dokumentstudier har gjennom hele prosessen vært nødvendig for å holde meg oppdatert på ny forskning og litteratur som publiseres. I forkant av de fleste intervjuene deltok jeg på et digitalt seminar (22.06.23) i regi av Stiim Aquacluster som var svært aktuelt for problemstillingene. Etter seminaret tok jeg kontakt med en av foredragsholderne som senere ble en informant. På dette stadiet av forskningsprosessen virket det som en vanskelig oppgave å komme i kontakt med flere aktuelle informanter som kunne bidra til prosjektet. Mange relevante aktører fra næringen ble kontaktet per e-post og telefon, men det virket som at flere ikke hadde tid til å delta.

Litt ut i første fase av studien deltok jeg på konferansen Aqua Nor (21-24.08.23) som går annethvert år i Trondheim, og som tiltrekker både norske og internasjonale aktører fra oppdrettsnæringen. Her kom jeg i kontakt med mange aktuelle informanter, og fikk avtalt flere intervjuer både under og etter konferansen. Aktører jeg fikk muligheten til å møte gjennom deltakelsen på konferansen var i stor grad villige til å delta som informanter i forskningsprosjektet. Informantene hjalp også videre med å få kontaktet andre relevante informanter som kunne inngå i forskningen, noe som fungerte som et snøballutvalg beskrevet tidligere (jf. kap. 4.2). Flere informanter forklarte viljen til å delta i forskningen med at prosjektet virket spennende, og viktig for en kartlegging av de sirkulærøkonomiske tilnærmingene som finnes i Norge. Hoveddelen av intervjuene ble gjennomført i august, september og oktober 2023. Etter at de fleste av intervjuene var gjennomført, deltok jeg på ytterligere to arrangementer. Mine erfaringer fra arrangementer vil beskrives ytterligere i eget delkapittel (jf. kap. 4.3.3). Intervjuene er blitt transkribert og kodet fortløpende, ofte samme dag som intervjuene ble gjennomført, både med dataprogrammer og manuelt arbeid. Analyse og sammenstillingen av empiriske funn og teori skjedde første at feltarbeidet ble avsluttet i slutten av 2023, som illustrert i figur 5.

4.3.1 Dokumenter og andre sekundærkilder

Det har vært sentralt for oppgaven å gå gjennom tilgjengelig litteratur relevant for tematikken i oppgaven. Strategier, rapporter, offentlige dokumenter, fagartikler samt bachelor- og masteroppgaver har vært viktig for å etablere en oversikt over hva som har blitt forsket på, samt hvilke nisjer som har fått mye oppmerksomhet og hvilke som ikke har fått like mye. I startfasen av prosjektet var dette spesielt viktig for å etablere hvor i litteraturen denne forskningen skulle passe inn, og hvilke områder den skulle dekke. Denne typen skriftlig informasjon omtales som sekundærdata innen forskning, siden informasjonen som innhentes ikke stammer fra forskerens egne observasjoner, men derimot andres arbeid. Ved gjennomgangen av litteraturen ble det tydelig at det var mye som rørte seg innen den aktuelle tematikken, men at det fortsatt fantes noen hull i litteraturen som gjelder sirkulærøkonomi anvendt til havbruksnæringen i norsk kontekst. Blant annet ble det tydelig at det fantes mye litteratur som spesialiserte seg på enkelte deler av næringen med sirkulærøkonomiske løsninger, men at det manglet en helhetlig fordypning som tok for seg hele produksjonssystemet i næringen.

For eksempel var plast, slam og energi temaer som gikk igjen. Søket etter relevante dokumenter har vært sentralt i hele forskningsprosessen, av den grunn at det stadig publiseres offentlige dokumenter og forskning. Søkeprosessen i forkant av deltakelse på arrangementer og intervjuprosessen ble gjort gjennom søkemotorer som Google, Google Scholar og Web of Science våren 2023. Den gang ble det gjennomført søk med nøkkelord som «sirkulær økonomi» og «oppdrett», både på norsk og engelsk. Underveis i skrivingen av oppgaven kom det stadig ut ny litteratur som gjelder både sirkulærøkonomi og oppdrett, og derfor gjennomgangen av litteratur pågått kontinuerlig gjennom prosjektets gang.

I forkant av feltarbeidet har en gjennomgang av tidligere forskning vært særlig nyttig ved at jeg hadde bakgrunnskunnskap i møte med aktører med ekspertise innen sine felt. Siden næringen som studeres er så stor og omfattende har jeg ikke hatt mulighet til å gå i dybden i all litteratur, men valgt å sette søkelys på de sirkulærøkonomiske tilnærmingene som allerede finnes, og de som i litteraturen diskuteres som mulige. Etter samtaler med en forskergruppe fra NORCE involvert i et prosjekt kalt BIOSIRKEL, fikk jeg tilgang på noe sekundærdata i form av to transkriberte intervjuer de hadde gjennomført med aktører i næringen om sirkulærøkonomi. Siden forskningen deres ikke samsvarer med problemstillingen i denne oppgaven ble det gjennomført intervjuer med de én av aktørene. Ved å først se på den oversendte transskripsjonen kunne jeg ekskludere de overlappende spørsmålene fra intervjuene, og dermed spare både min egen og informantens tid. Bruken av sekundærdata supplerer det eksisterende datagrunnlaget og komplementerer de andre kildene med mer informasjon og dermed dypere innsikt i temaet.

4.3.2 Intervjuer

Gray (2022) beskriver intervjuer som en verbalt utveksling, der den ene personen, den som intervjuer, forsøker å tilegne seg informasjon og få en forståelse av den andre parten i intervjuet, informanten. Det finnes forskjellige former for intervju, og valg av tilnærming avhenger av formålet med forskningen og hvilken informasjon som skal innhentes. I dette prosjektet var dataen som skulle innhentes meninger, perspektiver og erfaringer fra de ulike informantene, og intervjuene ble derfor utført i form av semi-strukturerte intervjuer med en intervjuguide (Vedlegg 2). Slike intervjuer åpner opp for oppfølgingsspørsmål, og krever heller ikke at nøyaktig de samme spørsmålene må stilles hver enkelt informant (Gray, 2022). Semi-strukturerte intervjuer sørger for at ingen samtaler blir helt like, og at hver informant får mulighet til å komme med innspill utover de bestemte temaene. Oppfølgingsspørsmål viste seg

å være et viktig hjelpemiddel ettersom det dukket opp behov for oppklaring og utdyping av både erfaringer, regelverk og spisskompetanse.

Intervjuene ble gjennomført digitalt i form av avtalte møter på dataprogrammet Microsoft Teams. Gjennom deltakelse arrangementer møtte jeg informanter og fikk avtalt intervjuer og ytterligere informanter ble tilgjengelig gjennom snøballutvelging. På grunn av økonomiske og tidsmessige begrensninger i prosjektet ble digitale intervjuer også den mest effektive metoden for datainnsamling, og det fungerte overraskende godt. Ved å selv være fleksibel med når intervjuene skulle gjennomføres kunne informantene selv være med å bestemme tidspunktet for intervjuer. Intervjuene varte mellom 45-60 minutter, og ved ett tilfelle ble det gjennomført to intervjuer den samme dagen.

På grunn av den store spredningen av spisskompetanse for hver av informantene, ble intervjuguiden tilpasset hvert enkelt intervju. Samtidig var den overordnede tematikken for forskningsprosjektet sentralt i alle intervjuene. Ved å gjennomføre intervjuene på denne måten ble det mulig å få mange forskjellige syn på de samme temaene. Informantene har på denne måten fått tilføyet flere perspektiver og erfaringer med sirkulærøkonomi, som er en fordel siden det finnes så mange ulike tilnærminger til konseptet. Tidlig i intervjuprosessen fikk jeg en forståelse av hvilke muligheter som finnes, og hvilke hindringer som finnes mot videreutvikling av sirkulærøkonomi innenfor næringen i Norge. Denne informasjonen var svært nyttig i de videre intervjuene siden jeg da kunne grave dypere i tematikken. Rekkefølgen på intervjuene samt andre refleksjoner diskuteres videre senere i kapitlet (jf. kap. 4.5).

4.3.3 Konferanser og seminarer

I forkant av intervjuprosessen deltok jeg den 22. juni 2023 på et digitalt seminar i regi av Stiim Aqua cluster som omhandlet sirkulærøkonomi og utnyttelse av reststoff fra blant annet oppdrett. Gjennom seminaret fikk jeg kjennskap til prosjekter og relevante problemstillinger innenfor næringen, samt et godt innblikk i sirkulærøkonomiske tilnærminger. Etter tips fra veileder meldte jeg meg opp som besøkende til en stor konferanse innenfor havbruksnæringen, AquaNor 2023. I sammenheng med oppmelding til konferansen kunne jeg også søke meg som deltaker til deres studentcamp der 25 studenter ble valgt ut til å delta. Jeg deltok jeg på studentcampen på den fire dager lange konferansen, der temaet var «grønn fremtid for blå mat». På konferansen var aktører fra alle deler av produksjonssystemet til havbruket til stede, fra forleverandører,

smolt-produksjon, oppdrettere, utstyrsleverandører og forskere. Jeg fikk et inntrykk av at sirkulærøkonomi var et sentralt tema på agendaen gjennom innlegg og presentasjoner fra næringsaktører. Gjennom konferansen fikk jeg snakket med aktører fra alle leddene av produksjonssystemet angående sirkulærøkonomi og fikk hørt deres tanker rundt temaet, som resulterte i et overordnet inntrykk av hvordan næringen selv opplever en slik alternativ økonomi.

Ved deltakelsen på seminar og konferanser fikk jeg også en oppfatning av hva som beskrives som de største utfordringene i havbruksnæringen. Blant annet ble energi, bærekraftig fôr og utnyttelse av biprodukter ble trukket frem som områder det forskes på, og hvor det er stort potensiale for utvikling av sirkulære løsninger. Nordic circular summit er en konferanse som arrangeres av klyngene Nordic innovation og Nordic circular hotspot. På 2023 konferansen fikk den sosiale dimensjonen av den sirkulære økonomien et større fokus, siden denne ifølge arrangørene tidligere ikke har blitt prioritert. Erfaringene fra arrangementene jeg har deltatt på har blitt notert fortløpende. Mine egne refleksjoner under og etter deltakelsen på konferanser og seminar har vært viktig i utformingen av oppgaven. Arrangementene har belyst utfordringer næringen står ovenfor i overgangen mot en sirkulær økonomi. Deltakelsen på arrangementer ville jeg ikke vært foruten, blant annet siden det resulterte i mye ny kunnskap og flere informanter. *Tabell 2* presentert under viser de forskjellige arrangementene jeg har deltatt på i forbindelse med masterprosjektet.

Tabell 2: Oversikt over arrangementene som har inngått i feltarbeidet.

Arrangement	Dato	Arrangør
Stiim digitalt miniseminar - Sirkulærøkonomi og biogass	22. juni 2023 (Digitalt)	Stiim Aqua Cluster
Aqua Nor 2023	21.-24. august 2023 (Fysisk)	Aqua Nor / Stiftelsen Nor-fishing
Nordic circular summit 2023	17.-18. oktober 2023 (Digitalt)	Nordic innovation / Nordic circular hotspot
Webinar. Industry Insight: The future of plastics in the Norwegian aquaculture industry	20.oktober 2023 (Digitalt)	NCE Seafood Innovation

4.4 Koding og dataanalyse

Datainnsamlingsmetodene benyttet i denne studien har resultert i data i form av lydfiler og tekst. Før intervjudataen i lydformat kunne bli brukt til analyse var det behov for å transkribere de til tekstformat. Dette ble delvis gjort automatisk gjennom dataprogrammet Microsoft Teams, og videre manuelt. Dette var en svært tidkrevende prosess som tok flere timer per intervju, selv om intervjuene i seg selv ikke varte mer enn maksimalt én time. Transkriberte intervjuer vil ikke presenteres som en helhet i oppgaven, men sitater og utdrag fra intervjuene vil presenteres sammen med annen empiri i kapittel 5. Intervjuene ble gjennomført i semi-strukturert format, noe som forårsaket at ingen av intervjuene er helt like. De har fulgt en liknende intervjuguide samtidig som det ble behov for oppfølgingsspørsmål, som videre resulterte i at intervjuene ofte minnet mer om en samtale fremfor et strukturert intervju. Siden intervjuene varierer i tematikk, ble også kodingsprosessen tidkrevende. Intervjuene er kodet med hjelp av programvaren NVivo, og organisering av data og koding skjedde hovedsakelig her, med mye manuell innsats. Analyse av den kodede dataene startet med å organisere den tekstlige dataen etter tema og kategorier. På denne måten ble det fort tydelig at det var flere likheter i svarene fra informantene, samtidig som det også kom frem tydelige forskjeller.

4.5 Etske vurderinger i forskningen

Forskningsetikk innebærer sett med retningslinjer og moralprinsipper som veileder forskere i deres arbeid for å sikre at forskningen er utført på en rettferdig, ansvarlig og pålitelig måte. Beskyttelse av informanternes rettigheter, sikre forskningens integritet og opprettholdelse av tilliten til vitenskapelig arbeid er noen av de grunnleggende ideene bak forskningsetikken (Gray, 2022). I forkant av datainnsamlingsprosessen ble prosjektet meldt inn til UiBs RETTE. Dette er en portal hvor en melder inn prosjektbeskrivelsen, hvilken type data som skal samles inn, hvordan dataen skal behandles, om det vil inneholde personsensitive data, hvem dataen vil samles inn fra, blant mye annet. Dette er for å sikre at data blir behandlet rettferdig og skånsomt dersom persons- eller bedriftssensitive data innhentes under datainnsamlingen. Prosjektet ble så godkjent av Norsk Senter for forskningsdata (NSD) ettersom dette prosjektet ikke behandler denne typen data, og ikke inkluderer informasjon som kan skade informantene i det endelige produktet. For å sikre anonymiteten til informanter og aktørene i prosjektet har det likevel vært viktig å ikke navngi partene, samt ikke presentere utleverende informasjon rundt virksomheten slik at de kan gjenkjennes ut ifra materialet som presenteres. Dette hensynet omtales gjerne som

konfidensialitet og handler videre også om personvern. Opprettholdelse av informantenes anonymitet og konfidensialitet er også viktig for å sikre tillit og troverdighet til forskningen (Fossheim, 2015).

Alle informanter som har deltatt i forskningsprosjektet har fått utsendt et infoskriv i forkant av intervjuene (Vedlegg 1). Infoskrivet inneholdt en beskrivelse av forskningsprosjektet, formålet og min tilhørighet til Universitet i Bergen, kontaktadresser, samt informasjon hva gjelder de etiske forholdene og på hvilken måte dataen ville bli behandlet og videreformidlet. I dokumentet sto det også skrevet at informantene når som helst kunne trekke seg fra studien uten å måtte begrunne hvorfor, og at all data delt mellom informant og student da ville bli ekskludert fra studien. Et annet viktig punkt i skrevet som er med på sikre de etiske forholdene er at informantene deltar frivillig, og at dataen som innsamles kun vil være lagret lokalt på datamaskin eller på Universitetets egne skytjeneste. Dette er spesielt viktig for å hindre at person- og bedriftssensitive opplysninger havner på avveie, og for å opprettholde informantenes anonymitet. På fagspråket kalles dette for informert samtykke, altså at deltakerne i studien er bevisst og opplyst om hva den innebærer, slik at de vet hva de eventuelt takker ja til (Gray, 2022). Alle informanter ble spurt om samtykke til at intervjuene ble tatt opp på studentens datamaskin, noe alle informanter sa seg villige til. Disse opptakene er kun brukt til transkribering, og ble lagret på lokal mappe på datamaskin, opptakene ble også lagret på passordbeskyttet bruker på Microsoft Teams da dette skjedde automatisk etter opptaket ble avsluttet. Opptakene slettes etter prosjektets ferdigstilling.

4.6 Datakvalitet

Dette delkapitlet har som mål å belyse faktorene som spiller inn mot datakvaliteten på materialet produsert gjennom forskningen, i en innsats for å være så transparent som mulig. Det er mange faktorer som spiller inn på datakvaliteten i en forskning, blant disse er refleksivitet, gyldighet (validitet), pålitelighet (reliabilitet), representativitet og overførbarhet. Dette er viktige begreper knyttet til både forskningsdesign og resultatene i et studie. Begrepene validitet og reliabilitet ble kort diskutert i delkapitlet for casestudien siden de har en sammenheng, men vil diskuteres videre her. Dette kapitlet vil forsøke å tydeliggjøre de faktorene som muligens kan ha, og har påvirket datakvaliteten i dette forskningsprosjektet.

Refleksivitet handler om forskerens egne evne til å være refleksiv, altså reflektere over eventuelle partiskheter en har, og de valgene som er blitt gjort igjennom en forskningsprosess. En del av refleksivitet handler om å være kritisk reflekterende til forskerens egne rolle, verdier, antakelser og annet som kan påvirke dataproduksjonen (Gray, 2022). I den sammenheng er det verdt å nevne at jeg har en stor interesse for både havet og næringen som studeres, og spesielt i forhold til hvordan miljøpåvirkning kan begrenses. Som en del av bachelor- og masterstudiet har jeg aktivt valgt emner som tar for seg miljø- og klimaproblematikk. Siden dette er en hjertesak for er det klart at det kan ha påvirket min evne som forsker til å være objektiv. Dette er ikke nødvendigvis et problem, så lenge jeg som forsker evner å sette det til side under forskningsprosessen. Hovedpoenget ved kritisk refleksivitet er at forskeren selv er bevisst på slike problemstillinger, og kan anerkjenne at dette kan påvirke resultatene i en forskning. Før starten at dette prosjektet hadde jeg allerede gjort meg noen meninger knyttet til hvorfor fiskeslam ikke ble samlet opp, når jeg visste at det fantes teknologi som muliggjorde dette. Gjennom litteraturgjennomgangen og feltarbeidet ble det klart at dette var en tematikk som var nyansert, og at det ikke var en like enkel prosess som jeg først antok.

Som Skilbrei (2023) beskriver, handler reliabilitet om måten dataen har blitt produsert på er pålitelig, slik at en leser kan være trygg på at resultatene ikke skyldes eventuelle skjevheter eller feil i arbeidet. Dataen produsert i dette forskningsprosjektet er i stor grad et resultat av intervjuer med fagpersoner med forskjellige erfaringer innenfor oppgavens tematikk. Som forsker har jeg vært åpen rundt måten dataen har blitt innsamlet, samt bemerket mulige partiskheter. Som nevnt tidligere handler indre validiteten om gyldighet, og hvorvidt forskeren har et tilstrekkelig datagrunnlag for å trekke konklusjoner. Ekstern validitet handler imidlertid om overførbarheten

av den kunnskapen som frembringes (Skilbrei, 2023). Under intervjuprosessen ble det klart at ingen informanter er like, og at dette påvirket intervjuene forskjellig. Noen informanter kunne dra ut i lange forklaringer og spore av når de ble stilt et relativt enkelt spørsmål, mens andre holdt seg kortfattet, som førte til at intervjuene varierer i lengde. Ikke alt som ble diskutert like var relevant, og derfor er det tatt avgjørelser om hvilken informasjon som inkluderes og ikke. Oppgavens økonomiske og tidsmessige begrensninger har også og hatt en påvirkning på mengden informasjon som presenteres. Dette kan påvirke gyldigheten til forskningen, siden det er tatt subjektive vurderinger om hvilken informasjon som skal presenteres og ikke. Det er også mulig at det å intervju respondentene fysisk istedenfor digitalt kunne produsert en dypere innsikt. Fordi jeg hadde innledende samtaler med de fleste informantene i forkant av intervjuene, vurderer jeg dem som forholdsvis åpne og villige til å dele informasjon.

Forholdet mellom forsker og informant er også noe som en bør være bevisst på som forsker, både før, under og etter datainnsamlingsprosessen. Skjevhet eller asymmetri i forholdet kan påvirke dataen som produseres. I dette prosjektet har jeg gjennomført intervjuer med aktører som har lang erfaring innenfor sitt felt, og ekspertise på sine respektive områder. Selv om jeg hadde lest meg opp i forkant av intervjuprosessen, opplevde jeg i begynnelsen en skjevhet ved at respondentene hadde mer kompetanse om de aktuelle intervjutemaene. Dette ble spesielt tydelig ved detaljer rundt selve oppdrettsprosessen, når samtalen gikk inn mot mer tekniske prosesser, utstyr og ikke minst rundt lovverk knyttet til aktiviteten. Gapet i kunnskapsnivået mellom informantene og meg selv opplevdes i begynnelsen som en utfordring, men jeg opplevde at det motsatte gjaldt når intervjuene gikk i retning av sirkulærøkonomi. Skjevheten ble etter hvert redusert på grunn av kunnskap og erfaringer plukket opp i intervjuer og arrangementer.

Siden det ikke finnes en fasit på hva som er den optimale størrelsen på utvalget i kvalitativ forskning, så er dette en subjektiv beslutning. Målet innen kvalitativ forskning er ikke å gjøre generaliseringer om populasjoner, men derimot å etablere mønstre og sammenhenger om et spesifikt tema. Derfor er ikke antallet informanter det viktigste innen kvalitative studier, men heller at det samles inn data inntil det oppnås metning. Dette betyr at data samles inn helt til de metodene som anvendes ikke lengre produserer ny informasjon (Gray, 2022). For å kunne belyse problemstillingene på best mulig måte, og med ulike perspektiver, kontaktet jeg personer fra forskjellige deler av produksjonssystemet til næringen, med erfaring innenfor sirkulærøkonomi. Andre informanter ble tilgjengelige gjennom snøballutvelging, ved

kjennskap hos personer jeg allerede hadde snakket med. Mot slutten av intervjuprosessen opplevde jeg at de samme svarene begynte å gå igjen, noe som tyder på at en metning var oppnådd. På bakgrunn av dette kan det argumenteres for at utvalgsstørrelsen har vært tilstrekkelig. Det kan selvsagt spekuleres på om hvorvidt 10 nye intervjuer ville produsert ny data, men som nevnt tidligere har oppgavens tidsbegrensningen også vært en faktor.

Utvalget i studien representerer aktører på tvers av produksjonssystemet, men inkluderer ikke aktører fra alle ledd i systemet. Dette skyldes flere faktorer, blant annet de økonomiske og tidsmessige begrensningene til studien. Siden utvalgsstørrelsen er relativ liten, og ikke inkluderer hele produksjonssystemet kan det diskuteres hvorvidt resultatene er representative for næringen. Likevel har informantene som har inngått i studien god kjennskap til deler av næringen utover sine egne ekspertiseområder, og det kan argumenteres for at dette har fylt tomrommet av enkelte aktørers fravær. Generaliseringer for næringen kan ikke gjøres basert på funnene fra dette utvalget, men det kan gi indikasjoner som er overførbare til større og andre kontekster. Overførbarhet er et begrep som handler om hvorvidt funnene i én forskning er gjeldende for andre kontekster og utvalg (Nadim, 2015). Målet med denne forskningen er ikke å trekke slutninger om andre kontekster, men å oppnå en forståelse av hvordan sirkulærøkonomiske tilnærminger kan bli, og blir anvendt i praksis i næringen.

Dersom jeg skulle gjennomført datainnsamlingsprosessen på nytt er det en del ting jeg ville gjort annerledes. Deltakelse på konferanser og seminar i forkant av intervjuene har vært nyttig og førte til tilgang på informanter. Rekkefølgen på intervjuene kunne til fordel vært endret, det ville blant annet vært hensiktsmessig å intervju aktøren innenfor renovasjonsbransjen og oppdrettere tidligere i prosessen, men disse ble tilgjengelige gjennom snøballmetoden. Dette ville ført til en bedre forståelse av muligheter og hindringer, noe som kunne vært diskutert ytterligere med andre informanter. Gjennom intervjuet med aktøren fra renovasjonsiden av næringen lærte jeg mye nytt som kunne hjulpet inn mot bedre utforming av intervjuguiden i de andre intervjuene, og det var synd at intervjuet ble gjennomført så sent i prosessen. Rekkefølgen på intervjuene var forsøkt planlagt, men grunnet forhold utenfor min kontroll ble den slik som presentert i tabell 1.

5. Sirkulærøkonomi i havbruket i Norge –empiriske funn fra feltarbeid

I dette kapitlet presenteres de empiriske funnene, samlet inn gjennom deltakelse på konferanser og seminarer sammen med intervjudata innhentet gjennom samtale med informantene fra utvalget. Empirien er også supplert med sekundærkilder ved behov. De to første delkapitlene (5.1 og 5.2) omhandler bærekraft og hvordan informantene oppfatter sirkulærøkonomi relatert til havbruket. Delkapittel 5.3 tar for seg sirkulærøkonomiske tilnærminger i produksjonssystemet, ved å gjennom de ulike leddene i systemet fra fôr til slakt. Behandling og utnyttelse av restråstoffer og biprodukter fra produksjonssystemet har fått et eget delkapittel (5.4) siden det har vært mye fokus på sirkulærøkonomien innenfor denne delen av næringen. Kapittel 5.5 tar for seg de sirkulærøkonomiske tilnærmingene som ikke har blitt diskutert i de tidligere delkapitlene. Videre omfatter kapittel 5.6 elektrifiseringen av de ulike delene av havbruksnæringen. Til slutt presenteres utfordringer knyttet til overgangen mot SØ i havbruket i kapittel 5.7.

5.1 Bærekraft i Havbruksnæringen

Siden sirkulærøkonomi anses som en strategi for bærekraftig utvikling (jf. kap. 3.1.5) har det vært interessant å undersøke informanters meninger på hvorvidt havbruksnæringen er bærekraftig, og i tillegg hvordan sirkulærøkonomi kan bidra til bærekraft innen oppdrett. Alle informantene er blitt stilt spørsmålet om havbruksnæringen er bærekraftig, noe flere uttrykte et tvetydig svar til.

«Det er veldig få som deler min oppfatning, men som biolog tenker jeg at ingen vekst er bærekraftig i et system med begrenset ressurser. Det er bare ikke mulig å se for seg en vekst som skal fortsette inn i evigheten, det går ikke fordi vi har begrensninger.»

(Informant fra forskningsmiljø)

Informanten forteller at sin personlige mening er at havbruksnæringen ikke er bærekraftig, noe som begrunnes med blant annet med avhengigheten av soya og andre landplanter, i tillegg til at store mengder grunnstoffet fosfor går tapt hvert år. En problematikk som går igjen i diskusjonen rundt hvorvidt havbruksnæringen kan anses som bærekraftig er at mye av fôringrediensene som benyttes i oppdrettsfôr kunne gått direkte til menneskelig konsum (jf. kap. 5.3). For eksempel trekkes det frem av informanter at soya og andre kornsorter kan spises fremfor å gå gjennom et

ekstra ledd, der en betydelig andel av næringsstoffene går tapt i prosessen. I og med at en stor andel av fôringrediensene stammer fra produksjon på land, beslaglegger selv oppdrett i sjøen betydelige landarealer indirekte. Informanter mener dette også er en motivasjon for å finne nye bærekraftige fôringredienser fra havet. Informanten som forsker på sirkulærøkonomi innen havbruket beskriver fôr som den «store stygge ulven» i næringen, og at det er nødvendig å finne alternative løsninger og ingredienser for å oppnå bærekraftig vekst i næringen.

«Mange glemmer jo litt den økonomiske delen, men hvis det ikke går rundt, hvis det ikke er noe business i det, så har man jo ikke råd til å lønne de som skal jobbe der for eksempel.»

(Informant fra næringen)

En informant fra næringen med kompetanse på lavtrofisk oppdrett trekker også frem de tre pilarene for bærekraftige utvikling, den sosiale, den miljømessige og den økonomiske bærekraften i sin refleksjon av næringen. Det påpekes at for aktørene i næringen er den økonomiske bærekraften vel så viktig som den miljømessige. Dersom næringen skal gjennomføre endringer mot mer sirkulære og bærekraftige valg må det også være lønnsomt, blir det sagt i ett av intervjuene. Det er trolig lite som vil skje dersom investeringer mot sirkulære og mer bærekraftige løsninger ikke lønner seg, og myndighetene som dermed ikke tilrettelegger og dessuten unnlater å stille krav til aktørene hva angår bærekraft har på den måten noe av ansvaret for at praksis ikke endres.

Aktører fra norsk havbruk har flere ganger blitt kåret som vinnere for verdens mest bærekraftige produsenter av animalsk protein, som videre har blitt benyttet til å markedsføre produktene. En professor i fiske sykdommer ved Norges veterinærhøgskole som siteres i en Intrafish artikkel fra 2023 stiller seg kritisk til slike kåringer, og beskriver flere problemer med oppdrettsselskapene som ikke kan beskrives som bærekraftig, og som trolig ikke er tatt med i regnskapet (Berglihn, 2023). Blant annet nevnes dårlig dyrevelferd og høy dødelighet, tonnevis av fisk som ender som dyrefôr, frakt av fôringredienser, og eksport av produkter med fly som eksempler. Professoren mener at næringsaktørene maler et glansbilde av seg selv som ikke gjenspeiles i virkeligheten, og at oppdrett i åpne merder dermed heller ikke er bærekraftig.

Noen av informantene beskriver at begrepene bærekraft og sirkulærøkonomi nærmest har blitt en del av dagligtalen til havbruksnæringen. Elektrifiseringen av forskjellige prosesser knyttet

til havbruket er tiltak som sammenfaller med begge begrepene, fordi det reduserer ressursforbruket samtidig og fører til mindre klimaavtrykk.

5.2 Hvordan oppfattes sirkulærøkonomi i havbruket?

Alle aktørene intervjuet under feltarbeidet har i større eller mindre grad en tilknytning til havbruksnæringen og kjennskap til sirkulærøkonomi. Informantene har derfor blitt spurt om sitt kjennskap til sirkulærøkonomi, hvordan det kan anvendes innen havbruk, og hvordan de oppfatter og forstår konseptet. Det viste seg gjennom intervjuprosessen at det er en ganske stor spredning i forståelsen av begrepet. Generelt sett var det også et ganske stort fokus på bioøkonomi, både på AquaNor konferansen, Stiim Aqua Cluster seminaret og blant informantene i min studie. Gjenvinning, gjenbruk og resirkulering av materialer som plast og metall beskrives som områder med eksisterende sirkulære løsninger, og informanter forklarer at næringen har kommet et godt stykke på vei mot sirkulære løsninger.

«Hva annet enn bioøkonomi er sirkulærøkonomi?»

(Informant fra forskningsmiljø)

De fleste informantene jeg intervjuet har først og fremst vektlagt biologiske prosesser knyttet til SØ i havbruket. På AquaNor konferansen var det dessuten mange aktører til stede som arbeider med teknologi for behandling og oppsamling av slam fra oppdrett, en informant som var til stede under konferansen talte 28 aktører. Informanten beskriver den store forekomsten av aktører med søkelys på slamteknologi som svært positivt, og en økning fra tidligere konferanser. Flere informanter beskriver at sirkulærøkonomi, spesielt knyttet til slam er nødvendig dersom næringen skal rette seg mot fremtiden og oppnå en mer bærekraftig vekst. Informanter pekte også på at det var viktig at Norge gikk frem som et godt forbilde i møtet med sirkulærøkonomi i havbruket, blant annet fordi Norge er en ledende aktør med «god økonomi».

Inntrykket etter feltarbeidet er at de fleste aktørene jeg har snakket med oppfatter sirkulærøkonomi som et viktig virkemiddel mot å utvikle en mer bærekraftig næring. Gjennom feltarbeid ble det tydelig at sirkulærøkonomi i havbruket stort sett er assosiert med håndteringen av materialer som plast og biologiske ressurser som slam og dødfisk, men også andre løsninger som reduserer materialforbruk. De store mengdene fisk i omsetning i næringen fører i tillegg med store mengder biologiske biprodukter. Informantene forklarer at det er mange muligheter

for å utvikle sirkulære systemer i næringen, men at det også finnes vesentlige utfordringer for å få det til. Det neste delkapitlet vil presentere sirkulære løsninger og strategier som ble identifisert gjennom feltarbeidet, samt de som diskuteres som mulige.

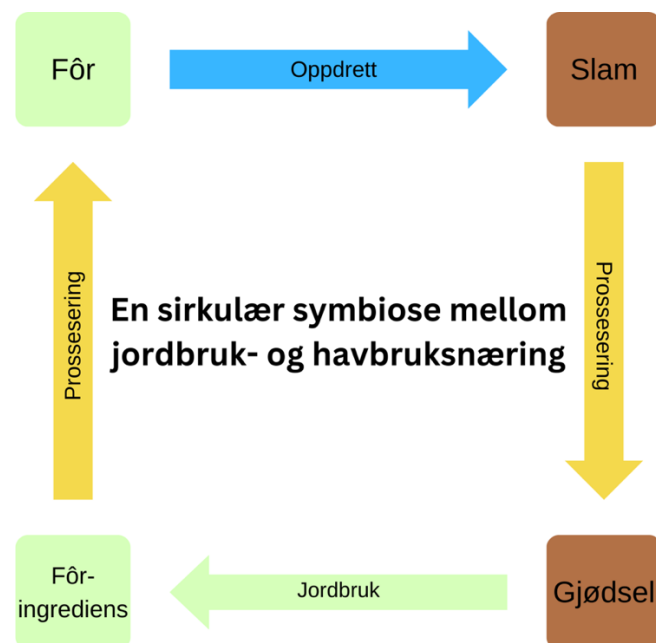
5.3 Sirkulærøkonomiske tilnærminger til produksjon av for laksefisk.

5.3.1 Fôr og -ingredienser

Ifølge Havbruksstrategien (2021a) er det et stort behov for nye bærekraftige fôringredienser til produksjon av oppdrettsfisk, siden størsteparten av ingrediensene benyttet til dagens fôr kommer fra jordbruk. Dersom næringen skal kunne vokse, slik flere har ambisjoner for, er det behov for både mer og flere fôringredienser. Regjeringen har et mål om at både husdyr og oppdrettsfisk skal spise fôr med lavt karbonavtrykk og gode næringsstoffer, og de har derfor tildelt ulike forskningsprosjekter midler for akkurat dette (Regjeringen, 2022). Myndighetene har i 2022 satt problemene knyttet til bruk av fôr på dagsorden. Som følge av denne prioriteringen har Norges forskningsråd nå utlyst et forskningsprogram med sikte på å få frem ideer til nye fôr-løsninger. Regjeringen beskriver i en stortingsmelding at bærekraftig fôr med lavt klimautslipp er en forutsetning for bærekraftig matproduksjon i havbruket (St. meld. nr. 5 (2022–2023)). Fôr er en svært viktig del av fiskeoppdrett, siden det er et grunnleggende behov for virksomheten.

Problematikken rundt fôr var et tema som gikk igjen under deltakelse på Aqua Nor konferansen og i flere av intervjuene. Som nevnt tidligere var kun 8 prosent av fôringrediensene brukt til oppdrett i 2020 av norsk opprinnelse, noe som betyr at næringen er svært avhengig av import (jf. kap. 2.5.1). Informanter forteller at bruk av restråstoffer fra fiskeri bidrar til sirkularitetsgraden av fôret, men at det er stort potensiale for forbedring. Til alternative fôringredienser beskriver informanter at det er mange forslag til både lavtrofiske arter og restråstoff fra andre arter, og at dette er noe som vil kunne begrense både klimaavtrykk og bidra mot ett mer sirkulært fôr. Informanter beskriver at arter som mikroalger, insekter, tunikater, bløtdyr og restråstoff fra f.eks. skalldyr kan brukes, men inntrykket fra informanter og litteraturen tilsier at dette skjer i liten skala. Flere informanter har pekt på at det finnes mange potensielt gode kilder til næringsstoffer som kan inngå i fôrproduksjon, men at oppskalering av slike produksjoner er en vanskelig utfordring.

Oppdrettsfôr inneholder en stor andel vegetabiliske produkter, og det utgjør den største delen av klimaavtrykket til den norske laksen, unntatt dersom fisken fraktes lange avstander med flytransport (jf. kap. 2.6). Informanten som forsker på sirkulærøkonomi innen havbruket beskriver nye kilder til bærekraftig fôr som den viktigste utfordringen næringen står ovenfor. For den vegetabiliske delen av fôret finnes få løsninger som kan beskrives som sirkulære, men informanter peker mot at det er stort potensiale for å benytte biprodukter fra oppdrett til gjødsel. Som illustrert i figur 15. kan en symbiose mellom havbruksnæringen og jordbruksnæringen involvere produksjon av nye fôringredienser som kan anvendes til oppdrett, og hvor slam eller biorest inngår som gjødsel i dyrkingen. En informant forteller det at innen økologisk landbruk så langt ikke er tillatt å gjødsle med slam og biorest, noe informanten beskriver som beklagelig fordi det stort sett er innen økologisk jordbruk det er behov for organisk gjødsel.



Figur 15: Modell for sirkulær utnyttelse av biprodukter i en symbiose mellom havbruk og jordbruk. Selvprodusert figur.

Gjennom feltarbeidet ble det tydelig at en symbiose mellom jordbruket og havbruket i teorien var enklere enn i praksis. Forskrift om organisk gjødsel (2003) (Gjødselvereforskriften), som dras frem som et hinder for sirkulering av ressurser mellom næringene. Informantene beskriver også to andre EU-forskrifter Norge er bundet til gjennom EØS-avtalen begrenser hvilke formål slam og restråstoff kan benyttes til. Eksempelvis er det ikke lov å bruke biprodukter fra laks til å fôre en laks. Flere informanter peker mot at forskriften kjent som Animaliebiproduktforskriften (2016) setter spesielt store begrensninger for mulighetene.

Biprodukter fra laksefiskoppdrett er avskjær i form av hode, ben, finner og innvoller fra slakt, dødfisk og slam. Informanten fra Mattilsynet har ekspertise innenfor det nevnte regelverket, og forteller at noen av reglene satt for Animaliebiproduktforskriften også er spesifisert i TSE-forskriften og at disse derfor henger sammen.

Informanter peker også mot at forskrift om TSE (2004), som har som formål om å hindre smitte av sykdommer mellom dyr og til mennesker, også fungerer som en utfordring knyttet til produksjon fiskefôr og sirkulærøkonomi i næringen. Forskriften har siden den trådte i kraft i 2004 satt begrensninger for bruken av biprodukter med animalsk opphav i fôr. Mattilsynet (2023) forteller at det finnes noen unntak fra regelverket. Blant annet er det tillatt å bruke av fiskemel til produksjon av fôr til fisk, fjørfe og svin. Fiskemel er en samlebetegnelse for tørkede biprodukter fra som fisk, bløtdyr og skalldyr, og ikke kun fisk som navnet tilsier (Mattilsynet, 2023). Likevel er det egne krav om bearbeiding- og behandlingsmetoder for produkter som skal benyttes til fiskemel, noe som er spesifisert i Animaliebiproduktforskriften. I en veileder publisert av Mattilsynet (u.å.) står det også at bestemmelsene i TSE-forskriften må ses i sammenheng med kravene som finnes i Animaliebiproduktforskriften.

Flere av informantene nevnte at bakgrunnen for dette strenge regelverket knyttet til overføring av fôringredienser fra en verdikjede til en annen, stammer fra tiltak som ble iverksatt da kugalskap, eller sykdommen kjent som Creutzfeldt-Jakobs, brøt ut i hos storfe England. Under intervjuet med en informant fra forskningsmiljøene nevnes et «smutthull» i regelverket ved at ensilert fisk kan benyttes i produksjon av fiskefôr. Ved å bryte ned proteiner med syre til små nok biter, i prosess kjent som ensilering, kan regelverket unngås. En informant forteller at dette er utbredt praksis i havbruket.

«Dette er noe som er under utvikling, og det har skjedd ganske mye endringer i det som heter TSE-forskriften, som blant annet har gjort at insekter har blitt tillatt å bruke i dyrefôr fra 2018. Det var jo ikke tillatt før 2018.»

(Informant fra forskningsmiljø)

Informanten forteller videre at dette regelverket er under endring, for eksempel kan insekter nå benyttes i dyrefôr, noe som ikke var tillatt under regelverket inntil 2018. Likevel er det strenge begrensninger på hva disse insektene kan spise dersom de skal brukes i fôr. Under dagens

regelverk kan ikke insekter føres avskjær fra en laks, for å så bli benyttet som en føreingrediens tilbake til laksefisk. På samme måte kan ikke insekter føres med slam for å så bli før.

En informant jobber for et foretak som produserer lavtrofiske arter både i havet og på land til konsummat og føringredienser. Informanten kunne meddele at prosessen med å tilegne konsesjoner til oppdrett av lavtrofiske arter som fanger opp næringsstoffer fra havet, er like tidkrevende og komplisert som en konsesjon for oppdrett av laksefisk. Informanten uttrykte et ønske om at det bør skilles mellom oppdrettsaktivitet som forurenses miljøet, og oppdrett som tar opp næringsstoffer fra miljøet i konsesjonsprosesser. Informanten foreslår å flytte dette ansvaret fra fylkes- til kommunenivå, noe som ville redusert ventetiden for aktører og gründere som vil etablere oppdrett på lavtrofiske arter.

Foretaket til den samme informanten har eksperimentert med å føre insektslarver med et substrat med relativ stor konsentrasjon av fiskeslam (opp mot 50/60 %), og forteller at erfaringene med dette har vært positive. Insektslarvene de har eksperimentert med har ikke tatt noen skade av å spise slam, men insektene kan pga. reguleringer ikke benyttes til før. Informanten forteller videre at oppdrett av lavtrofiske arter vil kunne bidra til både renere havområder, og tilby nye føringredienser til havbruket. Informantene virker samstemte om at det er et stort behov for nye bærekraftige proteinkilder, både direkte til menneskelig konsum og som føringredienser. I tillegg til de proteinkildene nevnt i forrige avsnitt trekkes blant annet encelle organismer, som mikroalger frem som en ingrediens som kan inngå i oppdrettsfôr. Oppdrettsfôr er allerede delvis sirkulært, og ifølge analysen er det potensial for å gjøre det mer sirkulært og dermed bærekraftig, gjennom symbioser.

5.3.2 Rogn- og settefiskproduksjon

Som presentert i kapittel 2.5 foregår produksjon av rogn og settefisk i landbaserte oppdrettsanlegg. Vannet som fisken oppholder seg i, renses og resirkuleres, og spillfôr og slam samles opp gjennom flere rensesteg. Siden fokuset i denne oppgaven er sirkulærøkonomiske tilnærminger i havbruksnæringen er det spesielt relevant å sette søkelys på de sidestrømmene eller biproduktene som produseres på tvers av produksjonssystemet. Ved settefiskanlegg er biproduktene i likhet til matfiskanlegg dødfisk og slam. En forskjell mellom matfisk- og settefiskproduksjon er at sistnevnte foregår på land og under kontrollerte forhold. Ved landbaserte settefiskanlegg er det visse krav til filtrering av vannet før det kan slippes ut.

Moderne settefiskanlegg bruker gjerne RAS, som betyr at vannet resirkuleres gjennom systemet og at biproduktene skilles ut fra vannet.

Gjennom intervjuene fikk et jeg inntrykk av at oppsamling av slam var noe som var pålagt fra myndighetene ved all landbasert oppdrett uavhengig av størrelse og omfanget av produksjonen. Etter intervjuene var gjennomført kom jeg over en artikkel hvor sjømatnæringens interesseorganisasjon SjøMat Norge, beskriver at «de små» settefiskanleggene ikke har de samme renskravene som «de store» (SjømatNorge, 2023). For å få oppklart forskjellen mellom store og små anlegg, tok jeg kontakt med Fiskeridirektoratet. Etter en telefonsamtale med Fiskeridirektoratet fikk jeg forklart at bestemmelsene ikke var standardisert, og at det er opp til Statsforvalteren i fylket å bestemme hvorvidt rensing av avløpsvann er et krav eller ikke.

Siden settefiskproduksjon i Norge stort sett foregår under tilnærmet like forhold har det kun vært gjennomført ett intervju med aktører fra denne delen av næringen, likevel med to informanter til stede under intervjuet. Disse informantene arbeider ved et landbasert produksjonsanlegg for settefisk lokalisert i en næringspark med industrielle symbioser. Denne aktøren var spesielt interessant å gjennomføre intervju med, ettersom industrielle symbioser ofte kan være gode eksempler på sirkulærøkonomisk samarbeid.

«... Det er ikke at de tenkte på sirkulær økonomi eller miljøgevinst eller noen ting, det var rett og slett praktisk hensyn da. ... det er tufta på sirkulærøkonomi uten at vi visste om det.»

(Informant oppdrettsnæring)

Informantene fra settefiskanlegget kunne fortelle at sirkulærøkonomi ikke var i tankene under etableringen av anlegget, men at tilgangen på overskuddsvarme fra andre aktører i næringsparken var grunnlaget for etableringen. Videre forteller de at anlegget ikke kunne ha eksistert der det er lokalisert uten samarbeidet mellom aktørene i næringsparken, og at tilgangen på overskuddsvarme fører til store kostnadsbesparelser knyttet til energibesparelser. En annen fordel de trekker frem med å være lokalisert i en næringspark, er at de ikke hadde behov for en egen konsesjon knyttet til vannuttak, siden næringsparken allerede på vegne av virksomhetene som er der, hadde en felles konsesjon. Oksygen er også en ressurs settefiskanlegg bruker for å øke konsentrasjonen av oppløst oksygen i vannet. Gjennom samarbeidet i næringsparken kjøper oppdrettsanlegget også dette fra en av de andre aktørene. Virksomheten har samarbeid med flere

aktører. Gjennom renseprosessen av vannet i settefiskanlegget, blir avføring og spillfôr samlet opp og skilt fra vannet. Deretter tørkes slammet lokalt på anlegget for å få opp konsentrasjonen av tørrstoff. Informantene beskriver at slammet deretter sendes med lastebiler over store avstander før det ender opp hos en gjødselprodusent. Informantene beskriver løsningen, gitt de lange transportavstandene som dårlig, og skulle gjerne i stedet sett at biproduktet ble levert til virksomheter lokalt.

5.3.3 Matfiskproduksjon

Under intervjuer med oppdrettsaktørene ble det tydelig at typen produksjonsanlegg har stor innvirkning på mulighetene for oppsamling av slam. For å få til en god ressursutnyttelse av biproduktene, er det viktig at det legges til rette for oppsamling av disse ressursene. Produksjonsanlegget har betydning for sirkulære anvendelser, men også for lakselus. Den mest utbredte typen produksjonsanlegg er sjøbaserte merder, som jeg i dette prosjektet har valgt å kalle for tradisjonelle oppdrettsanlegg. I nyere tid har også landbasert oppdrett, lukkede/semi-lukkede anlegg blitt mer vanlig. De åpne anleggene påvirker nok miljøet mest, både på grunn av utformingsløsning, men også fordi det er svært mange av dem langs kysten. Slam i åpne anlegg forsvinner i sjøen, og kan derfor ikke utnyttes sirkulært. På AquaNor konferansen ble jeg oppmerksom på aktører som stilte ut teknisk utstyr i form av fôringssystemer som bidrar til å redusere spillfôr. Også det vil være et teknologisk bidrag i det å redusere den totale miljøbelastningen en får fra oppdrettsanlegg.

Informanten med kompetanse innen lukket oppdrett leverer utstyr til havbruksnæringen, blant annet i form av alternative løsninger til åpne anlegg. Under intervjuet forteller informanten om økt interesse for lukkede og semilukkede merder i de seneste årene, og deres potensial for å løse noen av næringens utfordringer. Et overraskende moment fra intervjuet var at deres kunder, altså oppdrettsaktørene som har valgt å endre til lukkede systemer, hovedsakelig gjør det av den samme motivasjonen. Etter det informanter beskriver er det ikke hensynet til lokalmiljøet, eller sirkulær utnyttelse som er de viktigste faktorene for at aktører velger å endre til lukkede produksjonsanlegg. Derimot beskriver de at de kan redusere eller flytte utslippene, slik at oppdrettsaktiviteten kan opprettholdes selv i områder med dårlig miljøtilstand. Informanten beskriver også at høyt lusepress i produksjonsområdet kan være en motiverende faktor. Altså kan det å lukke merdene fungere som et virkemiddel for å fortsette produksjonen i områder med miljøutfordringer. Som nevnt i kapittel 2, kan myndighetene kreve at oppdrettere må stanse

virksomheten eller redusere biomassen i anleggene om miljøtilstanden blir for dårlig eller ved høyt lusepress. Reguleringen skjer gjennom det såkalte trafikkløssystemet (jf. kap. 2.6.1). Når spurt om hva kundene deres gjør med slam som samles opp i de lukkede merdene svarte informanten;

«Noen kunder de pumper det ut i åpne farvann altså. De legger kabler og slanger sånn at du tar det ut til strømmen, og dermed så liten innvirkning på miljøet som mulig. Vi vet at noen pumper det inn til oppsamling, og jeg lurte på om det går til et sånt biomottak, der tror jeg de tilsetter det til gjødsel og til brensel.»

(Informant lukket oppdrett)

Informanten beskriver at noen aktører velger å lukke merdene for å samle opp slammet i tanker som legger til rette for videre utnyttelse av ressursen. Samtidig velger andre å sende slammet vekk fra produksjonslokaliteten i rør for å unngå utslipp i umiddelbar nærhet av anlegget. Informanten forteller videre at aktører som sender utslippene lengre ut i havet rent teknisk har muligheten til oppsamling ved en senere anledning. En annen informant forteller om liknende erfaringer med at oppdrettere velger å sende slammet gjennom rør lengre ut i fjorden som et tiltak for å unngå punktutslipp. Ifølge han kan en si at «the solution to pollution is dilution», altså at løsningen på forurensning er å fortynne det ut. Informanten beskriver at en slik «løsning» til problemet ikke er ideelt for miljøet, siden forurensningen fortsatt er den samme, selv om den spres utover et større område.

«Vi har dette med mom-B prøve, det er den som styrer markedet i dag. Oppdrettere får brakkleggingstid dersom det er for dårlig nivåer. Hvis surstoffnivåer går ned så får de trussel om halvering eller stenging av aktiviteten. Også kommer de til oss, og sier at nå haster det, nå må vi ha et oppsamlingssystem»

(Informant innen renovasjonsteknologi)

Informanten fra renovasjonsbransjen arbeider med løsninger knyttet til oppsamling og videre foredling av marint slam. I likhet med andre forklarer informanten fra renovasjonsbransjen at dårlig miljøtilstand er hovedmotivasjonen for aktørene som har valgt å gjøre endringer av produksjonsanlegg. Aktører er ikke pålagt å gjøre slike endringer ved dårlig miljøtilstand, men for å kunne fortsette med den samme produksjonen, kan de legge om til lukkede systemer som samler opp eller flytter de vekk fra lokaliteten. Informantene virker samstemte om at det ikke

er en god løsning å sende slammet ut i rør for å fortynne det, men at kostnader og begrensninger av bruksområder for oppsamlet slam gjør at de velger å transportere slammet lengre ut i sjøen.

Som nevnt tidligere er lakselusen nok en utfordring som havbruksnæringen bruker store summer for å bekjempe. I den sammenheng blir omlegging fra åpne- til lukkede anlegg også en motivasjon fordi det kan eliminere problemet med lakselus. I områder der konsentrasjonen av lakselus er stor, kan nemlig anlegg lukkes for å så pumpe inn sjøvann fra et dyp på >25 meter, der lakselusen ikke eksisterer. Informanter beskriver dette som en vinn-vinn-situasjon i forhold til fiskehelse, kostnadsbesparelser og utslipp. Likevel peker informanter mot at lukkede merder er mer teknisk avanserte sammenlignet med åpne, og at dette medfører større kostnader. En mulig utfordring ved lukkede anlegg som trekkes frem av en informant, er at det lettere kan oppstå problemer med sykdom i lukkede merder.

Landbaserte matfiskanlegg ligner i stor grad de landbaserte settefiskanleggene, men med laksefisk som lever i bassenger på land inntil den når en vekt på 4-5kg. Ved landbaserte matfiskanlegg må slam som samles opp i renseprosessen behandles. På land er også mulighetene for rømninger tilnærmet null, siden det lukkede systemet er skilt fra sjøen. Likevel det er også en bakside, beslaglegging og ødeleggelse av de arealer i strandsonen. En av informantene sa det slik:

«Sånn som det ser ut akkurat nå, så kommer det ikke til å bli så veldig mye mer landbasert. Det er jo irreversibelt ved at en ødelegger veldig store områder i strandsonen.»

(Informant oppdrettsnæring)

Av utvalget er det enighet om at landbasert oppdrett alene ikke kan bli løsningen for fremtiden. Dette begrunner informantene med at landbaserte anlegg krever store irreversible endringer av landarealer i strandsonen. Aktører peker også på at fordelene til Norge som havbruksnasjon nettopp er den lange kystlinjen, og at dette er en fordel som næringen bør fortsette å benytte seg av. Denne delen av analysen har omfattet forskjellige typer produksjonsanlegg, plasseringen av dem, og blant annet hvordan de ulike typene kan knyttes til sirkulære løsninger. I tillegg til produksjonsanleggene presentert i dette kapitlet, presenteres i det følgende delkapitlet andre tilnærminger som skiller seg fra konvensjonelle anlegg.

5.3.4 Alternative produksjonsanlegg og -tilnærminger

Som navnet tilsier, innebærer multitrofisk akvakultur oppdrett av arter på tvers av de trofiske nivåene, både dyr og planter. Ved å etterligne en næringskjede de øvre trofiske artene livnærer seg på de lavere, blir næringsstoffer omsatt og resirkulert naturlig (jf. kap. 2.5.2). Siden IMTA representerer en form for biologisk sirkulærøkonomi, har det vært interessant å høre med informantenes tanker rundt en slik tilnærming til oppdrett. To av informantene viste seg å ha erfaring med multitrofisk akvakultur.

«Jeg har selv drevet multitrofisk østersanlegg i slutten på 90-tallet og vet at det ikke er enkelt. Dersom det skal oppskaleres krever det veldig mye. Rent personlig håper jeg på mer av det.»

(Informant oppdrettsnæring)

Forskerinformanten forteller at slik oppdrett er problematisk på grunn av regelverk. Informanten presenterer et eksempel på multitrofisk oppdrett med sjøpølser under en oppdrettsmerd, og forteller at de ikke kan benyttes til humankonsum eller fôr hvis sjøpølsen spiser slam. En annen utfordring knyttet til IMTA som informanten trekker frem, er at det kreves konsesjoner for hver av artene som skal oppdrettes sammen, noe som er vanskelig å få tillatelse til. Under dagens regelverk er derfor ikke IMTA en hensiktsmessig tilnærming til sirkulærøkonomi og oppdrett.

Akvaponi er en annen tilnærming til matproduksjon, som ligner litt, men som kombinerer oppdrett og jordbruk. Til forskjell fra IMTA kan akvaponi produsere både landplanter og fisk på land. Informanten som forsker på sirkulærøkonomi innen havbruket beskriver akvaponi anlegg som et system med separerte enheter hvor fisk oppdrettes i et basseng, og hvor planter kan vokse både vertikalt og horisontalt. Vannet som fisken oppholder seg i blir rikt på avfallsstoffer ved at fisken som føres og skiller ut ammoniakk. Vannet sirkuleres først gjennom et biofilter som bryter ned ammoniakk, og deretter føres det til plantene. Plantene i akvaponi trenger ikke jord siden næringsstoffene hentes opp gjennom røttene direkte fra vannet. Settefiskanlegg og ferskvannoppdrett kan etablere akvaponi for å oppnå en naturlig omsetning av næringsstoffene i vannet. Informanten beskriver akvaponi som et konsept som fungerer bra i praksis, og som kan produsere planter med «en enorm vekst». Etter samtaler med informanter,

og erfaringer på konferanser virker det som at akvaponi kun skjer i liten skala Norge, men at det finnes et stort potensial.

Som beskrevet jf. kap. 2.5.2 er eksponerte- eller «offshore» havbruksanlegg det nyeste tillegget i forhold til merdteknologi. Både på AquaNor konferansen og i intervjuer, har denne tilnærmingen imidlertid fått lite fokus. Eksponerte anlegg ligner i stor grad tradisjonelle anlegg, men de foregår i en mye større skala og er geografisk lokalisert lengre utenfor kysten. Det er heller ikke så mange sirkulærøkonomiske løsninger knyttet til denne anleggsformen, med ett viktig unntak. Eksponerte anlegg kan i form av havvind få fornybar energiproduksjon på selve anleggene. I enkelte dokumenter finnes plantegninger med noen eksponerte anlegg, og flere av dem viste egne vindturbiner på anlegget for produksjon av fornybar energi til å drifte anlegget. Elektrifisering av andre deler næringen er tildelt et eget delkapittel (jf. kap. 5.6). For å utvikle sirkulærøkonomiske løsninger ved havbruk er det viktig at biproduktene fra produksjonen blir fanget opp og benyttes videre. Hvilke sirkulærøkonomiske praksiser og muligheter som finnes for biproduktene, er presentert i det følgende kapitlet.

5.4 Restråstoff, biprodukter og sidestrømmer fra havbruket

Som tidligere beskrevet har sirkulærøkonomi i form av bioøkonomi vært et stort fokus i samtale med informanter, og på konferanser og seminarer. I produksjonssystemet til laksefisken i Norge produseres store mengder med biprodukter som slam, dødfisk og avskjær. Etter å ha intervjuet aktører i næringen ble det tydelig at det eksisterer sirkulære løsninger i praksis for noen biprodukter, mens andre utnyttes i mindre grad. For slam er det som allerede nevnt et stort potensial for bedre utnyttelse. Sirkulære anvendelser som eksisterer, mulighetene for utvikling av sirkulære løsninger for hver av disse biproduktene, lovverk og hvilke restriksjoner som finnes diskuteres videre i dette delkapitlet.

5.4.1 Avskjær

Som nevnt i tidligere i kapitlet (jf. kap. 5.1 og 5.3) beskriver informanter at avskjær fra slakt av lak og ørret benyttes til produksjon av blant annet kjæledyrfôr. Avskjær fra laks og ørret benyttes også i fôr til andre oppdrettsarter. Laks og regnbueørreten er artene som oppdrettes i størst skala, og naturligvis har det vært fokus på å utvikle sirkulære systemer for disse artene. Dette har både å gjøre med at aktørene er mange og kapitalsterke, men også knyttet til det rent praktiske. Store

produksjonsvolum gjør det mer rasjonelt å organisere innsamling og bruk av biproduktene. Som beskrevet i kapittel 2.3.2 blir restråstoffene fra laks og ørret utnyttet i stor grad, hovedsakelig til fôr, men også til humant konsum og råstoff i biogassproduksjon.

Som tidligere nevnt setter regelverk som TSE-forskriften og Animaliebiproduktforskriften begrensninger for hva animalske biprodukter kan benyttes til. Under intervjuene spurte jeg noen av informantene om det under dagens regelverk er mulig å fôre laks med avskjær fra ørret, siden de er forskjellige arter, men likevel veldig nært beslektet. Til dette svarte en informant;

«Ja i prinsippet, fordi det er en annen art, men en må også ta hensyn til det at oppdrett eller produksjon av laks og ørret går så parallelt i Norge at det vil være vanskelig å kunne sikre et godt skille.»

(Informant tilsynsmyndighet)

Det er altså tillatt å fôre proteiner fra en art til en annen, men informanten forklarer at dette i praksis kan være vanskelig på grunn av faren for smitte av prionsykdommer. Videre forteller informanten at det er usikkert hvorvidt praksisen med å fôre avskjær fra laks til ørret og vice versa faktisk finner sted. Flere informanter beskriver hvordan avskjær og dødfisk kan konserveres med ensilering. Avskjær fra slakt og restråstoff fra dødfisk havner i forskjellige kvalitetsnivåer fastsatt i Animaliebiproduktforskriften. Avskjær fra slakt kan inngå som ingredienser til fô, mens dødfisk kan anvendes i biogassproduksjon, noe som er nærmere beskrevet i kapittel 5.4.3.

5.4.2 Slam

Informantene er enige om at oppdrettsslam er en svært underutnyttet ressurs, og at det er beklagelig at så store mengder går tapt til naturmiljøene. Som nevnt i kapittel 2.6 viser estimer fra 2017 at over en halv million tonn med slam slippes ut fra norske oppdrettsanlegg hvert år. På seminaret om sirkulærøkonomi og biogass arrangert av Stimm Aqua Cluster var bruksområder for slam under fokus. Et innlegg fra en forsker i NORCE omhandlet et pågående prosjekt kalt BIOSIRKEL, med formål om et kapasitetsløft for sirkulær bioøkonomi på Vestlandet. Prosjektet knytter sammen næringsaktører, forskning, offentlig sektor og utdanning for å muliggjøre bioøkonomiske verdikjeder med blant annet avfallsressurser fra oppdrett. I prosjektet er slam fra havbruksnæringen beskrevet som å ha et stort potensiale for utviklingen

av sirkulære løsninger. Prosjekter som BIOSIRKEL (NORCE, u.å.) åpner dørene for sirkulærøkonomi gjennom samarbeid både innen og utenfor havbruksnæringen.

Ved utnyttelse av slamressurser fra oppdrett skilles det mellom to typer, slam fra marine miljøer og slam fra ferskvannsmiljøer, forskjellen mellom dem er hovedsakelig innholdet av salt. Informanten som forsker på bioøkonomi peker også på at det mulig er forskjeller i næringsinnholdet mellom de to typene slam, siden de føres med ulikt fôr. Informanten beskriver at dette er noe som kan ha innvirkning på bruksområdene. Videre forteller informanten at tørket slam kan brukes direkte til jordforbedring og gjødsel, men at dette ikke er å foretrekke siden energipotensialet ikke utnyttes. Informanten forteller også at næringsstoffer som nitrogen og fosfor blir mer tilgjengelig for opptak etter nedbrytning i en biogassreaktor. Informanten med kompetanse innen lukket oppdrett beskriver at tørket fiskeslam benyttes som brensel til sementproduksjon. Tørt slam brennes da sammen med annet avfall som for eksempel plast, noe som fører til at det er problematisk å hente fosfor og nitrogen til videre bruk.

Gjennom intervjuene var det et mål å oppnå en forståelse av hvilke muligheter som fantes for utnyttelse av slamressursene, siden de finnes i store mengder og er svært rike på nitrogen, karbon og fosfor.

«I ferskvannsfasen så er det vel et krav om oppsamling av slam, jeg tror det er ganske vanlig å brenne det, noe man må betale for. Det er rett og slett et krav som er oppfattet. Dette er jo en ting som jeg synes man kan bruke på en mye bedre måte, for eksempel til jordforbedring og kanskje andre ting.»

(Informant forskningsmiljø)

Oppfatning til en av informantene fra forskningsmiljøet er at fiskeslam er en verdifull ressurs som i liten grad blir benyttet til andre formål, og det er stort rom for forbedring. Informanten som forsker på sirkulærøkonomi innen havbruket beskriver at det vært best dersom slam kunne vært benyttet til produksjon av fôringredienser, siden ressursen finnes i store mengder, og nye bærekraftige fôrressurser er en stor utfordring for videre utvikling av næringen. Dette for eksempel gjennom jordforbedring og gjødsel eller til å føre lavere trofiske arter.

Informanten med kompetanse på lavtrofisk oppdrett forteller at insekter fint kan føres på slam, men at insekter regnes som husdyr og derfor blir rammet av samme reguleringer som fisk.

Eksempelvis kan ikke en insektlarve føres på avskjær av en laks for å så inngå i fôr til et nytt husdyr. Videre forteller informanten at mikroalger og sopp er mulige fôringredienser som kan produseres på slam, som ikke rammes av det samme regelverket. Gjennom intervjuene kom det frem at det i teorien finnes mange bruksområder for fiskeslam. I praksis derimot er det regelverk setter betydelige restriksjoner for bruksområder, men informanter forteller at dette kanskje er noe som vil bli endret fremover. Blant de mulige bruksområdene for slamressursene er produksjon av lavtrofiske arter, mikroalger og sopp. Det kan også brukes til produksjon av biogass samt jordforbedring og gjødsel.

Informantene beskriver oppsamling og prosessering av slam som en svært energikrevende prosess. Først og fremst må slammet oppsamles, dette finnes det ulike metoder for ved de forskjellige produksjonsanleggene. Etter slammet er samlet opp inneholder det en betydelig andel vann. Slam kan transporteres på to måter, enten som tørrstoff i form av pulver, eller som en flytende væske. Tørring av slam kan skje på forskjellige måter, gjerne i kombinasjon. Filtrering, sentrifugering og varme er prosesser som benyttes, som alle krever energi. Hvorvidt slam bør tørkes eller ikke bestemmes av formålet det skal benyttes til. Tørket slam kan benyttes direkte som jordforbedring, imens vått slam kan brukes til biogassproduksjon. Som en informant beskriver, er det lite hensiktsmessig å bruke energi for å tørke slam dersom det skal benyttes for å produsere energi.

5.4.3 Dødfisk, biogass og biorest

Ifølge informantene er det stort potensiale for utvikling av biogassproduksjon med biprodukter fra havbruket, imidlertid skjer det hittil i liten skala. Fra havbruket kan både slam og fiskeensilasje fra dødfisk benyttes til energiproduksjon. Dødfisk er et begrep innen oppdrett som beskriver fisken som dør av ulike årsaker i forkant av slakt. Årsaker for død kan være mange, naturlig, mangel på oksygen, alger, sykdom og lus er blant dem. Det er fastsatt krav fra myndigheter om hvordan den selvdøde fisken skal håndteres slik at den ikke blandes med fisk som skal anvendes til konsum. Fisken skal kvernes og behandles med ensilering, og produktet av dette er dødfiskensilasje. Informanten som forsker på bioøkonomi forteller at biogassproduksjon i Norge har fått mye oppmerksomhet i de siste 2-3 årene. Både på grunn av et økt fokus på sirkulærøkonomi, men også muligens på grunn av Russland-Ukraina krigen har biogass produksjon fått større oppmerksomhet.

Under et intervju deler informanten fra renovasjonsbransjen sine erfaringer knyttet til oppsamling og bruk av marint slam i Norge. Informanten forteller at marint slam fra noen lukkede merder i Norge sendes med tankskip til biogassanlegg i Danmark. Når spurt om hvorfor dette råstoffet ikke heller kan benyttes innlands, forteller informanten at det ikke finnes et marked som er villig til å betale for slammet i Norge. Danmark har et velutviklet system for energiproduksjon basert på biologiske ressurser, noe mangler i Norge. Videre forklarer informanten at Danmark produserer 5,6 TWh elektrisitet ved biogass hvert år, mens Norge kun produserer 0,7 TWh. Dette har naturlig sammenheng med at vi har hatt store vannkraftressurser. Det samlede slammet som slippes ut fra norsk oppdrett hvert år har ifølge informanten potensialet til å produsere mer energi enn det som produseres ved biogassanlegg i hele Danmark. Informanten mener at slamressursene fra havbruket i Norge kan produsere opptil 6 TWh gjennom biogass i 2030, dersom myndighetene tilrettelegger for det.

Blant respondentene i studiet er det imidlertid uenighet om hvorvidt det er hensiktsmessig at slam fra oppdrettsnæringen kan være nøkkelen for utvikling av en norsk biogassnæring. Informanten fra renovasjonsbransjen forteller at dersom slamressursene fra det norske havbruket skal benyttes til produksjon av biogass, vil det kreve en stor omstilling i næringen. For det første vil det kreve en utskifting av de tradisjonelle merdene til lukkede systemer som tilrettelegger for oppsamling av slammet. For det andre vil det kreve samorganisering fra aktører og myndigheter på tvers av fylker. Informanten beskriver at mangelen på biogassproduksjonsanlegg i Norge vanskeliggjør prosessen.

Under intervjuet med informantene fra det landbaserte settefiskanlegget kom vi også inn på temaet om slam og biogass. Som nevnt tidligere fortalte informantene at slam fra deres anlegg ble kjørt på tvers av landet til en gjødselprodusent. I intervjuet anerkjente den ene informanten at dette ikke var noen god løsning, fordi de må bruke energi på å få opp prosenten av tørrstoff i slammet og at CO₂ avtrykket flyttes nedstrøms ved transporten gjennom landet. Etter dette ble informantene spurt hvorvidt de kunne tenke seg en biogassproduksjon i tilknytning til anlegget deres. Til dette uttrykte de at de heller kunne tenke seg å levere slam til lokale bønder, og at de gjerne kan være med på et slikt prosjekt, men at dette ikke er noe de vil drifte selv. Dette ble begrunnet med at de har fått høre andre sine erfaringer med samlokaliserte biogassanlegg, som de beskrev som krevende, og at det var vanskelig å produsere nok gass til at det skulle «gå økonomisk rundt».

«Alt man putter inn i en biogassreaktor vil komme ut i biorest. I biogassprosessen er det ingen tap av næringsstoffer»

(Informant forskningsmiljø)

Informanten med kompetanse innen bioøkonomi forsker også på bruk av biorest, altså det som er igjen i biogassreaktoren etter produksjonen av biogass er ferdig. Informanten forteller at alle næringsstoffene som puttes inn i en biogassreaktor kommer ut igjen med bioresten. Informanten forklarer at biogassanlegg fungerer ved at en putter organisk materiale rikt på energi i form av fett eller protein inn i en anaerob reaktor der mikrober bryter ned næringsstoffene og produserer metan. Metanen som produseres i biogassreaktoren er produktet som blir omtalt som biogass. Informanten forteller videre at fiskeensilasje vil kunne produsere mer energi sammenliknet med for eksempel kumøkk, siden det er rikere på både protein og fett.

Fra oppdrett kan både slam og ensilasje benyttes til biogassproduksjon, gjerne i kombinasjon med andre biomasser fra f.eks. jordbruket. Etter biogassproduksjonen er energipotensialet hentet ut av substratet, mens bioresten blir igjen. For sirkulærøkonomisk utnyttelse av ressursene er det også viktig at bioresten blir benyttet videre. Videre forteller informanten at gjødselvereforskriften bestemmer hva bioresten kan benyttes til, og i hvilken konsentrasjon det kan benyttes som gjødsel (Forskrift om organisk gjødsel, 2003, § 10). Noe som ble poengtert av flere informanter var at slam fra oppdrett inneholder en del tungmetaller som kan begrense hva bioresten kan brukes til. På grunn av dette beskriver informanter at det er viktig at bioresten ikke inneholder høy konsentrasjon av tungmetaller dersom det skal brukes til for eksempel fôr eller matproduksjon. En informant beskriver at det er mulig å oppfylle kravene i forskriften ved å blande ut et gjødsel som har høy verdi av tungmetaller med et gjødsel med lav verdi. Informanten som forsker på sirkulærøkonomi innen havbruket reagerer på at grenseverdiene for tungmetallet sink er høyere hos Mattilsynet som har satt de, enn hos Miljødirektoratet som har rollen til å håndheve regelverket. Ved bruk av biorest til gjødsling er det egne krav til hvilken mengde som kan benyttes per jordbruksareal, alt ettersom hvilken kvalitetsklasse gjødslet har målt etter forekomster av tungmetaller.

Informanten fra renovasjonsbransjen beskriver at det finnes teknologi for rensing og ekstrahering av blant annet fosfor fra biorest. Foretaket som informanten sikter til arbeider blant annet med foredling av stoffer fra biorest etter biogassproduksjon. Informanten forklarer at

sluttproduktet i denne teknologien ikke lengre kan benyttes til jordbruksformål, fordi det er snakk om enorme mengder fosfor. Informanten forteller at fosforet er så rent at det er tiltenkt å returnere direkte til matproduksjon og ikke gjennom jordbruket. Videre forklarer informanten at det hvert år slippes ut 11.000 tonn fosfor i havet gjennom havbruk i Norge, og at det er mer enn det hele Sverige bruker til matproduksjon i året.

5.5 Andre sirkulærøkonomiske tilnærminger i havbruket

Et område det virker som at næringen har kommet et godt stykke på veien mot en sirkulær økonomi er på material og utstyrssiden. Informanter peker på at det finnes sirkulære systemer for merdkomponenter som flyteelementer, gangbro, fôrrør og nøter som kan samles inn til resirkulering og gjenbruk. En informant beskriver at det finnes leieordninger for utstyr som nøter, noe som også kan være med på å redusere materialbruken. En annen informant forteller om en notprodusent som tar tilbake nøter for resirkulering, og bruker de til produksjon av utemøbler blant annet. En annen informant beskriver at resirkulert plast til komponenter som flytelementer til merdene har begynt å dukke opp på markedet.

«Hvis du kjøper en gjenstand, har du stor sannsynlighet for å kaste den. Dersom du leier den, så vil de ha den tilbake igjen for å reparere den eller noe annet, det er det som er tendensen, og sånn må man tenke med resirkulering i økonomi. Det er det noen notprodusenter som har begynt å gjøre det, de leier ut nøtene, vasker de, impregnerer de på nytt, og leverer de ut igjen.

(Informant innen renovasjonsteknologi)

Under konferansen Aqua Nor 2023 var også gjenbruk og oppsirkulering av materialer fra havbruket et sentralt tema, og det var mange aktører til stede som arbeidet med slike problemstillinger. Mye av materialene som benyttes til havbruket er av forskjellige typer plast, blant annet nøter, rør, ledninger og flyteelementer. Materialene i en merd har ganske kort levetid, og de byttes ut med jevne mellomrom for å sørge for at konstruksjonene er solide, og forhindre rømninger. Informanter beskriver at en merd typisk har en levetid på mellom 10 og 15 år. Dette, sammen med den store mengden merder i havet til enhver tid, tilsier at det er store mengder plast i omløp i næringen.

Estimater fra Hognes og Skaar (2017) tilsier at det genereres mellom 16 000 og 29 000 tonn plastavfall per år kun fra sjøbasert havbruk. Dette er betydelige mengder, men informanter peker på at det stadig dukker opp nye returordninger for slikt utstyr i næringen. Informanter beskriver problemer knyttet til oppsirkulering av plast i næringen, noe som er knyttet til at kvaliteten på resirkulert plast reduseres noe etter hver resirkulering. En tidligere masteroppgave fra Enerstvedt (2020) viser at det allerede finnes flere strategier for håndtering av plastavfall fra havbruksnæringen, og at aktører har egne avtaler med renovasjonsbedrifter for håndtering av plastavfallet.

«... det er litt sånn diffust da. Veldig mange i dag, de returnerer til avfallshåndtering, også får dem en sånn «Du har hvert fall returnert det, du har gjort jobben din, og nå får du en diplom på veggen».»

(Informant oppdrettsnæring)

En informant beskriver at det kan være vanskelig å vite hva som faktisk skjer med platen etter den har blitt returnert. Dette betyr ikke nødvendigvis at materialene ikke blir resirkulert, men heller at det kan være vanskelig for aktører å følge opp strømmen videre.

5.6 Elektrifisering av næringen.

Havbruksnæringen har gjennom tidene vært, og er fortsatt delvis avhengige av fossil energi. Oppdrettsanlegg beskrives som bråkete grunnet dieselaggregat, og brønnbåter og andre arbeidsfartøy er i mindre grad elektrifisert. Informanter beskriver at elektrifisering av anlegg skjer i større og større grad, slik at systemer for føring, lys, pumper og andre apparater kan benyttes uavhengig av dieselaggregat. Elektrifisering av anleggene gir lavere klimagassutslipp, og er mer miljøvennlig sammenlignet med energi basert på fossile løsninger. For at et oppdrettsanlegg i havet skal kobles mot landstrøm er det avhengig av en lokalisering som tillater dette, den geografiske avstanden er da avgjørende. Som en informant beskriver, bestemmer avstander og kapasiteten på strømmettet om det er behov for en transformator på land. En ting som ikke ble diskutert under noen av intervjuene, men som i lys av denne oppgaven er svært relevant er også alternativer former for fornybar energi. Innovasjoner som flytende solcellepaneler, vindkraft og bølgekraft som kan samlokaliseres med oppdrettsanlegg kan også være en måte å produsere energi i umiddelbar nærhet til anleggene uten avhengighet av landstrøm (Kyst, 2020).

En av informantene har vært sentral i et samarbeidsprosjekt som har etablert verdens første helelektriske oppdrettsanlegg, hvor de har koblet seg til landstrøm og brukt elektriske arbeidsfartøy til produksjonen. Testprosjektet konkluderte med at det er gjennomførbart og fullt mulig å drive oppdrett basert på 100 % elektrisitet. Informanten kunne også meddele at det var mer behagelig både for fisk og ansatte uten konstant sus fra aggregat på anlegget. Under intervjuet ble informanten spurt om hvilket omfang elektrisk oppdrett i sjøen finnes, og informanten fortalte at elektriske anlegg begynner å bli mer vanlig å se. Informanten kunne meddele at overgangen fra fossilt til fornybart har ført til betydelig kostnadsbesparelser, og at store mengder med diesel blir spart hver år. I testprosjektet fant de at 72.000 liter diesel i året ble spart, kun ved dette anlegget.

«Jeg vil si at elektriske anlegg er den nye standarden, fordi næringen har vært veldig flinke. Enova skal også ha skryt for at de ga støtte helt i startfasen før det ble lønnsomt.»

(Informant oppdrettsnæring)

Informanten forteller at havbruk med elektrisk energi ikke kun innebærer at selve anlegget er elektrisk, men også arbeidsfartøy. Videre forteller informanten at de største fartøyene som brønnbåter og fôrbåter ikke kan gå på elektrisk strøm, og at andre løsninger må på plass for disse fartøyene. Ammoniakk og hydrogen dras frem som mulige fornybare kilder til drivstoff til de største fartøyene. Hvor bærekraftig de alternative energibærerne er avhenger av hvordan de produseres. Hydrogen vil være bærekraftig dersom det produseres med fornybar energi, og lite bærekraftig dersom det produseres med fossil energi uten karbonfangst og -lagring (Egge, 2020). I rapporten *Bedre datagrunnlag i havbrukssektoren* utgitt av Miljødirektoratet (2020) ble norske oppdrettsanlegg undersøkt for å kartlegge hvilken form for energiløsninger som ble benyttet. Av de den gang totalt 1 131 lokalitetene ble 719 undersøkt, og rapporten konstaterte med at av de anleggene som var i drift de siste 3 månedene, var 65 % av lokalitetene koblet mot landstrøm, eller hadde hybridløsninger. Siden det allerede er gått mer enn 3 år siden undersøkelsen er andelen anlegg koblet mot landstrøm etter all sannsynlighet nå høyere. Enova har tidligere gitt økonomiske midler til anlegg som gjennomførte endringer fra fossile til elektriske- og hybridløsninger på oppdrettsanlegg.

«Enova har vært med å støtte ting, men nå støtter de ikke lengre/gir tilskudd til elektriske/ hybride båter. Det gjør at det blir veldig store kostnader.»

(Informant oppdrettsnæring)

Enova har også gitt støtte til elektrifisering av arbeidsfartøy gjennom støttetiltakene *Batteri i fartøy* og *Elektrifisering av sjøtransport*. Støtteprogram som dette har motivert aktører til å oppgradere fartøysflåten mot mer miljø- og klimavennlige løsninger. En informant beskrev at deres foretak hadde ambisjoner om å oppgradere hele arbeidsflåten til elektriske og hybride løsninger, noe som nå er mye vanskeligere ettersom Enova *«bakcet ut»*. Ifølge den samme rapporten fra Miljødirektoratet (2020) referert til ovenfor, var kun 14 av totalt 1.655 fartøy i næringen enten elektriske eller hybride. Rapporten presiserte også at det var *«en god del fartøy som planlegges ferdig i 2021»* (Miljødirektoratet, 2020, s.7). Enova har mellom februar 2022 og januar 2023 tildelt 341 millioner til elektrifisering av 86 fartøy i oppdrettsnæringen, noe som tilsier at det er det vil komme mange både elektriske og hybride fartøy i næringen i fremtiden (Engø, 2023).

5.7 utfordringer ved overgangen til sirkulær økonomi

Siden et av forskningsspørsmålene omhandler hvilke muligheter og barrierer som finnes for sirkulærøkonomi i havbruket har det vært sentralt å spørre informantene om nettopp dette. Informantene peker på flere barrierer som står i veien for utviklingen av en robust sirkulær økonomi. Som beskrevet tidligere i kapitlet er diverse reguleringer fra EU vesentlige utfordringer for sirkulærøkonomi, men gjennom intervjuene kom det frem at det også er andre faktorer som vanskeliggjør utviklingen av SØ i havbruket i Norge

«Lønnsomhet og oppskalering er betydelige utfordringer»

(Informant oppdrettsnæring)

En informant peker mot at en lønnsomheten for systemer knyttet til oppsamling og utnyttelse av blant annet slam fra laks- og ørretproduksjonen er en betydelig utfordring for utviklingen av en sirkulær bioøkonomi. Samtidig peker informant fra renovasjonsbransjen på at det er mulig å få systemet til å bli økonomisk lønnsomt, men at det krever samarbeid gjennom næringen. Oppskalering av produksjon av bærekraftige føringredienser, innsamling av slamressursene og

biogass er også utfordringer, men flere informanter antyder at dette også kan løses gjennom organisering og samarbeid.

Ifølge en annen informant er avfallsnæringen lite fremtidsrettet fordi aktører som leverer f.eks. plastavfall ikke vet hva som skjer med avfallet etter det er returnert. Siden avfallet typisk inneholder biologiske materialer som begroing av alger og skjell i tillegg til plasten, beskriver informanten at avfallet blir behandlet med overfladiske løsninger og mener det kan være vanskelig å oppsirkulere materialene til høy kvalitet.

«Regulatoriske barrierer er per i dag de største utfordringene, å kunne sette opp disse sirkulære modellene og ha en trygghet for at de vil virke uten at det de regulatoriske barrierene hindrer det, eller at det kommer nye barrierer som vil stoppe hele den sirkulære modellen.»

(Informant renovasjon)

Informanter peker også på at regjeringsskiftene fungerer som et hinder for en sirkulær omstilling i næringen. Regjeringsskiftene fører ifølge informantene til at politikerne er mer opptatt av å gjennomføre sin egen politikk, fremfor å for eksempel gjennomføre et godt forslag fra ett annet parti. Når spurt om hvilke politiske og organisatoriske tiltak som må gjennomføres for å tilrettelegge for SØ, antyder informanter at et regelverk som motiverer til endringer er noe som mangler. Informantene peker på at teknologien i stor grad allerede finnes, og at det er vilje til å gjennomføre endringer blant enkelte aktører.

«Det er nok politiske beslutninger og -regelverk som motiverer til nettopp å utvikle de nye sirkulære løsningene i havbruket som mangler. For de finnes, og det er politikerne som er bakpå nå, det er ikke teknologien og det er ikke havbruksnæringen.»

(Informant renovasjon)

I Norge er det ingen krav om oppsamling og resirkulering av slam som går tapt ved oppdrett i sjøen. Ifølge informantene er det på den politiske siden mest gjenstår før skikkelige sirkulære løsninger kommer på plass i havbruket. Informanten fra renovasjonsbransjen stiller seg håpefull til sirkulærøkonomi i havbruket, og forteller at endringer i TSE-regelverket er blitt lovet fra EU. Informanten forteller at slike endringer vanligvis er svært vanskelig å få igjennom, men at dette er noe som har vært arbeidet mot i flere år. Videre beskriver informanten at en endring i

regelverket vil åpne mange dører for sirkulærøkonomi innen både havbruk og andre næringer, noe informanten mener vil være en svært god sak for norske myndigheter. Informanter forklarer i tillegg at endringer av regelverket er av stor samfunnsmessig og miljømessig interesse, fordi det vil åpne opp for både arbeidsplasser og nye måter å anvende biprodukter fra matproduksjon.

Geografisk skala og avstander trekkes også frem av informanter som sentrale utfordringer for etablering av sirkulære løsninger, både for materialer og biprodukter. Både på grunn av de store mengdene omløp og den langstrakte kysten, blir avstandene lange og transport komplisert. Som informanten fra renovasjonen forteller, er det mulig å blant annet sende biprodukter som slam og ensilasje i brønnbåter og tankskip, men dette krever samarbeid mellom aktører, i tillegg til politisk vilje. Samorganisering av innsamlingstjenester av biprodukter kan redusere kostnadene gjennom skalafordeler, som innebærer at produksjonskostnaden per enhet reduseres når antallet varer produsert øker. Overført til denne konteksten vil både flere aktører og mer materiale bidra til å redusere kostnadene ved oppsamling og bruk av slamressurser. For å gjøre en slik prosess lønnsom er det kritisk med organisering og samarbeid mellom aktører fra renovasjon og oppdrettere som benytter seg av produksjonsanlegg tilrettelagt for oppsamling.

6. Diskusjon

Dette kapitlet vil diskutere de empiriske funnene i lys av den sirkulærøkonomiske litteraturen presentert i kapittel 3. Drøftingen vil oppsummere viktigste momentene i studien. Havbruksnæringen har utviklet seg til å bli en viktig næring som fører med store inntekter til Norge, og det er ambisjoner om videre utviklingen av industrien. Samtidig preges havbruket av en rekke utfordringer knyttet til blant annet høy dødelighet, dyrevelferd, lakselus, bærekraftig fôr og utslipp. Som beskrevet i kapittel 2 er bakgrunnen for denne studien sammensatt, men i hovedsak handler det om hvordan næringen kan adressere de negative sidene ved virksomheten og gjøre den mer bærekraftig gjennom sirkulære strategier. Sirkulærøkonomien kan åpne dører og gjøre betydelige forandringer til hvordan oppdrett av laks og ørret gjennomføres. Dette spesielt knyttet til resirkulering av materialer, utslipp fra virksomheten, dødfisk, produksjon av fôringredienser og bruk av biprodukter innenfor et sirkulærøkonomisk perspektiv.

6.1 Sirkulærøkonomi og bærekraft i havbruksnæringen

Som vist i kapittel 3 har SØ utviklet seg som et motsvar til den lineære økonomien, som sløser ressurser og viser lite hensyn til naturen. Sirkulærøkonomi som et teoretisk konsept bygger på litteratur helt fra 1960-tallet (Boulding, 1966). Ideen har utviklet seg mye siden den gang, men en forståelse av menneskelig miljø- og klimapåvirkning, begrensede naturressurser og behovet for å bevare dem er fortsatt sentralt. Med dagens klimarelaterte problemer er behovet for bærekraftige praksiser større enn noen gang, og sirkulærøkonomiske strategier kan bidra til dette. For å identifisere sirkulærøkonomiske tilnæringer i havbruket i Norge har det vært essensielt å definere hva SØ innebærer i praksis. Litteraturgjennomgangen viste at SØ gjerne oppfattes som en strategi for å oppnå både bærekraftig produksjon og konsum.

Begrepene sirkulærøkonomi og bærekraft er nært tilknyttet, men SØ betyr ikke alltid mer bærekraft (jf. kap. 3.1.5). Ifølge Geissdoerfer et al. (2017) handler bærekraft om å balansere bærekrafts dimensjonene best mulig, imens sirkulærøkonomien søker å gjøre økonomier, produksjonssystemer og verdikjeder mer bærekraftig ved å endre måten ressursene omsettes på. Analysen viser at bærekraft i havbruket oppfattes på forskjellige måter. På den ene siden kan oppdrett anses som bærekraftig fordi det produseres mat med lavt klimaavtrykk, på den andre siden er produksjonen ikke bærekraftig ved at den fører til tap av ikke-fornybare ressurser, og har negativ påvirkning på økosystemer og ville laks- og ørretstammer. Ifølge litteraturen skal

SØ også være regenerativ og restaurerende til økosystemer (Kircherr et al., 2017, s. 226; EMAF, 2013a), noe næringen hittil ikke har bidratt til. Dette handler ikke kun om å redusere miljøpåvirkningen, men også om å bidra positivt til miljø og økosystemer. Per definisjon er ikke havbruksnæringen i en sirkulær økonomi, blant annet fordi den forårsaker større negativ påvirkning enn positiv. Reduksjon av utslipp og oppdrett på lavtrofiske arter som tar opp næringsstoffer fra havet er tiltak som kan bidra regenererende mot økosystemene.

EMAF (2013a) beskriver at sirkulærøkonomien har ulik betydning for privatpersoner, bedrifter, land og organisasjoner (EMAF, 2013a). R-rammeverket presenterer sirkulære strategier som alle har som hensikt å gjøre prosesser mer bærekraftig, gjerne gjennom å redusere material- og ressursforbruk (Kircherr et al., 2017; Potting et al., 2017). I forhold til havbruket som en matprodusent er det lite forbrukere kan bidra med mot mer bærekraftige løsninger. En ting som forbrukere likevel kan bidra med, er som den første strategien (R0) i 9R-rammeverket beskriver å avstå fra enkelte varer. Dersom sirkulære løsninger skal iverksettes må derfor myndigheter og næringen selv må ta grep. Ettersom SØ vil bevare materialer og ressurser i omløp så lenge som det er økonomisk og praktisk mulig (jf. kap. 3.1.2), må dette skje på produksjonssiden. Funnene av sirkulære praksiser gjennom mitt feltarbeid oppsummeres nedenfor i tabell 3.

Tabell 3: Sirkulærøkonomiske tilnærminger og strategier identifisert i havbruksnæringen.

Sirkulærøkonomiske tilnærminger	Beskrivelse	Sirkulære strategier
Merkonstruksjon		
Merkomponenter	Enkelte deler av merdens konstruksjon kan gjenbrukes.	R6, R7
Plast	Plastkomponenter degraderes over tid. Resirkulere, men ofte med dårligere kvalitet.	R8
Stål	Gjenbruk og vedlikehold av materialer og komponenter. Resirkulering svært energikrevende	R3, R4, R5, R6, R7, R8
Aluminium	Gjenbruk og vedlikehold av materialer og komponenter. Resirkulering mindre energikrevende	R3, R4, R5, R6, R7, R8
Biprodukter/Restråstoff		
Slam ferskvannmiljø	Tørring og filtrering av vått slam. Brensel, biogass, gjødsel og jordforbedring, næringsstoff til lavtrofiske arter	R3, R7, R8, R9
Slam marint miljø	Tørring, filtrering og avsaltning. Biogass, gjødsel, næringsstoffer prod. av alger og insekt, gjødsel, rent fosfor	R3, R7, R8, R9
Dødfisk	Kverning og ensilering (konservering med syre). Fiskemel og -olje, gjødsel, energiproduksjon	R3, R7, R8
Avskjær	Kverning og ensilering (konservering med syre). Fiskemel og -olje, kjæledyrfor, kosmetikk, fôr, energiproduksjon	R3, R7, R8
Andre sirkulære tilnærminger		
Leie/Leasing av merdutstyr	Reduserer materialforbruk, deleie (ytelsesøkonomi)	R1, R4, R5
Teknologiske foringssystemer	Minimerer ressursforbruk ved mindre forspill	R1, R2
RAS-anlegg	Resirkulerer vann, oppsamling og gjenbruk av biprodukter	R2, R3, R8
Lukkede anlegg i sjø	Reduserer miljøpåvirkning, oppsamling og gjenbruk av biprodukter	R2, R3, R8
Elektrifisering av produksjonsanlegg	Reduserer forbruk av fossil energi, kutt i CO2-utslipp	R0, R1, R2
Integrert multitrofisk akvakultur (IMTA)	Naturlig omsetning av næringsstoffer på tvers av trofiske nivåer	R3, R7, R8
Oppdrettsfôr	Restråstoff fra fisk i oppdrettsfôr	R3, R7, R8

Tabell 3 oppsummerer de forskjellige sirkulærøkonomiske tilnærmingene som er identifisert i det norske havbruket gjennom feltarbeid med deltakelse på seminarer og konferanser, og intervjuer med informanter. De sirkulære strategiene fra 9R-rammeverket (Kircherr et al., 2017;

Potting et al., 2017) som samsvarer med praksiser i havbruket er spesifisert i kolonnen til høyre. Sirkulære strategier som gjenbruk (R3), ombruk (R7) og resirkulering (R8) foregår i stor grad for merdkomponenter, materialer, dødfisk og avskjær, men i mindre grad for fiskeslam. Som vist i tabell 3 innebærer én sirkulær tilnærming i praksis flere strategier fra R-rammeverket samtidig. En storstilt omstilling til sirkulærøkonomi har ikke enda funnet sted i den norske havbruksnæringen, og tankegangen og motivasjonen til å anvende SØ er kanskje fremdeles i begynnerstadiet. Likevel er det satt i gang flere samarbeids- og forskningsprosjekter (jf. kap. 3.3.1), og aktører som gjør steg mot mer bærekraftige praksiser ved å gjennomføre sirkulære strategier.

Hvorvidt et sirkulærøkonomisk tiltak vil føre til mer bærekraft er ifølge Blum et al. (2020) opp til hvordan det aktuelle tiltaket vil påvirke de økonomiske-, sosiale- og miljømessige dimensjonene innenfor bærekraftbegrepet. SØ har også blitt kritisert av blant annet av Corvellec et al. (2021) og Cullen (2017) for å være et flytende konsept og for å ha et misvisende navn (jf. kap. 3.2). Til tross for kritikken, er det likevel mye som tyder på at sirkulærøkonomiske prinsipper kan bidra til mye positivt innen et klima- og bærekraftperspektiv. Ved at primærproduksjon blir erstattet med resirkulerte alternativ kan behovet for utvinning av råmaterialer reduseres (jf. kap. 3.2). For å gjøre produksjonssystemet mer sirkulært og dermed bærekraftig er det derfor behov for å fange opp alle biproduktene, også i havbruket. Som Zink og Geyer (2017) beskriver er det også mulig at grep som tas for å oppnå en mer sirkulær økonomi ikke nødvendigvis gjør en prosess mer bærekraftig, for eksempel dersom en rekyleffekt oppstår.

Den overordnede tematikken for masterprosjektet omhandler hvordan oppdrett av laks og ørret i Norge kan oppnå en mer bærekraftig produksjon gjennom sirkulærøkonomiske strategier. Som presentert innledningsvis er denne tematikken dagsaktuell, og har videre sammenhenger med blant annet bærekraftsmål 2, 12 og 14. Næringen er avhengig av havet for virksomheten, men bidrar samtidig til påvirkning av økosystemene gjennom utslipp, spredning av lakselus og rømt oppdrettsfisk. Analysen viser sirkulærøkonomiske tiltak anvendt til havbruket kan bidra til å bekjempe flere av utfordringene næringen står ovenfor, i tillegg til å redusere dødelighet, noe som kan føre til en mer bærekraftig produksjon. Empirien tyder på at sirkulærøkonomiske prinsipper som allerede er iverksatt i havbruket fører til reduksjon av material- og ressursforbruket.

6.2 Hvordan kan sirkulære tilnærminger iverksettes og bidra til at norsk havbruksnæring blir mer bærekraftig?

Ifølge empirien faller sirkulærøkonomiske tilnærminger i havbruket hovedsakelig inn under fire kategorier: utstyr og materialer, biprodukter, føringredienser og energi. Det er også klare sammenkoblinger mellom kategoriene, men for ordens skyld er de inndelt slik.

6.2.1 Sirkulærøkonomi med utstyr og materialer

Intervjuene tydeliggjorde at det allerede fantes flere tilnærminger knyttet til retur, gjenvinning og resirkulering av utstyr og materialer i havbruket. Blant annet finnes returordninger for merdkomponenter som nøter, flyteelementer og metall (jf. kap. 5.5). Materialene merdene består av har en begrenset levetid på mellom 10-15 år, og estimater viser at det hvert år produseres titusentalls tonn med plastavfall fra sjøbasert havbruk (jf. kap. 5.5). De empiriske funnene tyder på at mye har skjedd innenfor retur og resirkulering av komponenter og materialer som må byttes ut. Ikke alle komponentene i en merd må resirkuleres etter denne perioden, komponenter laget av metall kan for eksempel gjenbrukes. Ved blant annet ombruk og reparasjon er det flere av strategiene fra R-rammeverket som gjennomføres i praksis for merdkomponenter. Analysen vitner om at det også finnes aktører som tilbyr leasing- og leieordninger for blant annet nøter, noe som tyder på at aspekter fra ytelsesøkonomien også har begynt å fremtre i havbruket (jf. kap. 5.5). Slike tiltak reduserer materialbehovet, samt motiverer produsenter til å levere kvalitetsprodukter som har lengre levetid, noe som også er en målsetning innen sirkulærøkonomien (Stahel, 2008).

Til tross for at mye har skjedd innenfor returløsninger for plast, uttrykker informanter at det kan være problematisk å gjenvinne hardplast fra marine miljøer. En informant vitner om at plastavfall ofte blir behandlet med «overfladiske løsninger», og at det var uklart hva som faktisk skjedde med materialene etter de var returnert til renovasjonen (jf. kap. 5.7). På grunn av tidligere studier som har fokusert på sirkulærøkonomien til plastavfall i havbruket har denne dimensjonen fått et mindre fokus i dette forskningsprosjektet. Resultater fra prosjektet POCOplast (jf. kap. 5.5) antyder likevel at resirkulert hardplast fra merder kan oppnå en like god kvalitet som de originale komponentene. Resirkulert plast fra havbruk har begynt å komme på markedet, og blir benyttet til å konstruere nye fungerende flytelementer (Sandmo, 2023).

6.2.2 Sirkulærøkonomi og energi

Tidlig i litteraturgjennomgangen ble det konstatert at fornybar energi er en grunnpilar for sirkulærøkonomi. Definisjonen til EMAF (2013a) beskriver at overgangen til SØ også innebærer en energiomstilling fra fossil til fornybar. Norge har god tilgang til fornybar energi gjennom vannkraftverk, og empirien vitner om at det er fullt mulig å drifte oppdrettsanlegg på elektrisk strøm. Som en informant beskriver det, er elektrisk energi den nye standarden ved produksjonsanlegg. Dette støttes også opp av rapporten fra Miljødirektoratet (2020) som undersøkte forekomsten av oppdrettsanlegg med elektriske og hybride løsninger (jf. kap. 5.6). Kapasiteten på strømmettet, og avstanden mellom anlegg og strømmett avgjør hvor vanskelig påkoblingen til landstrøm er. Oppdrettsanlegg uten tilgang på strømmett kan benytte alternativer som flytende solceller, mindre vindturbiner og bølgeenergi for å møte behovene (jf. kap. 5.6), men dette skjer i liten grad i dag.

Analysen viste at det er noen områder innenfor næringen hvor elektrisk strøm enda ikke kan dekke energibehovene, for eksempel ved transport av fôr og fisk. Fartøy som frakter fôr og brønnbåter, er for store og reiser for lange avstander til at det er mulig å drifte dem på elektrisk energi. Som alternativer til de større båtene foreslås både hydrogen og ammoniakk som mulige fornybare energikilder. Ammoniakk og hydrogen er begge fornybare energibærere som kan produseres på en bærekraftig måte. Imidlertid produseres mye av dagens hydrogen ved hjelp av fossile brensler, noe som gjør det lite miljøvennlig (Egge, 2020). Flere mindre fartøy er allerede elektrifisert, og det er enda flere på vei (jf. kap. 5.6.). Med andre ord er havbruksnæringen kommet godt i gang med å omstille seg fra fossile- til fornybare energikilder.

Et overraskende moment fra analysen var potensialet for utviklingen av en biogassnæring på biprodukter fra havbruket, siden de store mengdene slam, og ensilasje fra dødfisk og avskjær fra slakt har et stort energipotensiale. Ensilert dødfisk utnyttes allerede til biogass, men slam i liten grad. Slam kan også tilføres direkte til en biogassreaktor, men dette innebærer igjen frakt av mye vann. Delvis tørking av slam før transport er en mulig løsning på problemstillingen. Slam fra noen norske lukkede oppdrettsanlegg sendes til biogassanlegg i Danmark, på grunn av et manglende marked for slike ressurser i Norge (jf. kap. 5.4.3). Ifølge analysen vil det være hensiktsmessig å benytte slam gjennom en biogassreaktor slik at en får utnyttet energipotensialet. En slik utnyttelse av biproduktene vil være et godt steg mot en sirkulær

økonomi i havbruket, men krever i første omgang en omfattende innsats for innsamling av ressursen.

6.2.3 Sirkulærøkonomi, bioøkonomi, restråstoff og biprodukter

Gjennom feltarbeidet ble det tidlig klart at SØ i kontekst av oppdrett gjerne ses i sammenheng med bioøkonomi, med ressursene slam, avskjær og selvdød fisk. Informanter beskriver flere praksiser der de nevnte biproduktene blir benyttet som ressurser i andre verdikjeder, mens noen utnyttes i mindre grad. Som Jurgilevich et al. (2016) beskriver handler SØ i matsystemer i stor grad om resirkulering av næringsstoffer, og forfatterne nevner spesifikt fosfor som en viktig ressurs å resirkulere. Empirien har vist at det finnes flere praksiser for dette i havbruket, men likevel går store mengder fosfor tapt.

Som tidligere beskrevet (jf. kap. 3.3) er menneskelige utslipp av fosfor og nitrogen en av planetens tålegrenser som allerede er oversteget, og kontinuerlig utslipp av grunnstoffene er ikke bærekraftig (Richardson et al., 2023). Både oppgavens empiri og litteratur, fra blant annet Regjeringen (2021a), peker mot at det er store muligheter for utvikling av sirkulære systemer for oppdrettslam, siden det er rikt på energi, fosfor, karbon og nitrogen (jf. kap. 3.4.1). Aas & Åsgård (2017) estimerte at over 500 000 tonn slam ble sluppet ut fra sjøbasert oppdrett i 2017, og sannsynligvis er mengdene nå større ettersom produksjonsnivåene har økt. Analysen viser at slam er det det biproduktet som utnyttes i minst grad.

Det ikke-fornybare mineralet fosfor stammer fra gruvedrift, og er sammen med nitrogen vitale næringsstoffer innen matproduksjon. Som Broch og Ellingsen (2020) anslår ble det i 2019 sluppet ut 14 000 tonn fosfor i havet fra norsk havbruk. Siden fosfor er et begrenset mineral som er nødvendig for jordbruk, er det både i et bærekrafts- og sirkulærøkonomisk perspektiv viktig å ivareta stoffet. Det er også nødvendig å ivareta mineralet siden havbruket er avhengig av landplanter som soya og korn til fôr. For å oppfylle fremtidens behov, som SØ søker å gjøre gjennom å redusere material- og ressursforbruk, er det viktig å ta vare på slike mineraler. Analysen viste at det eksisterer teknologi for utvinning av fosfor fra slam og biorest, men at dette i liten grad finner sted i Norge.

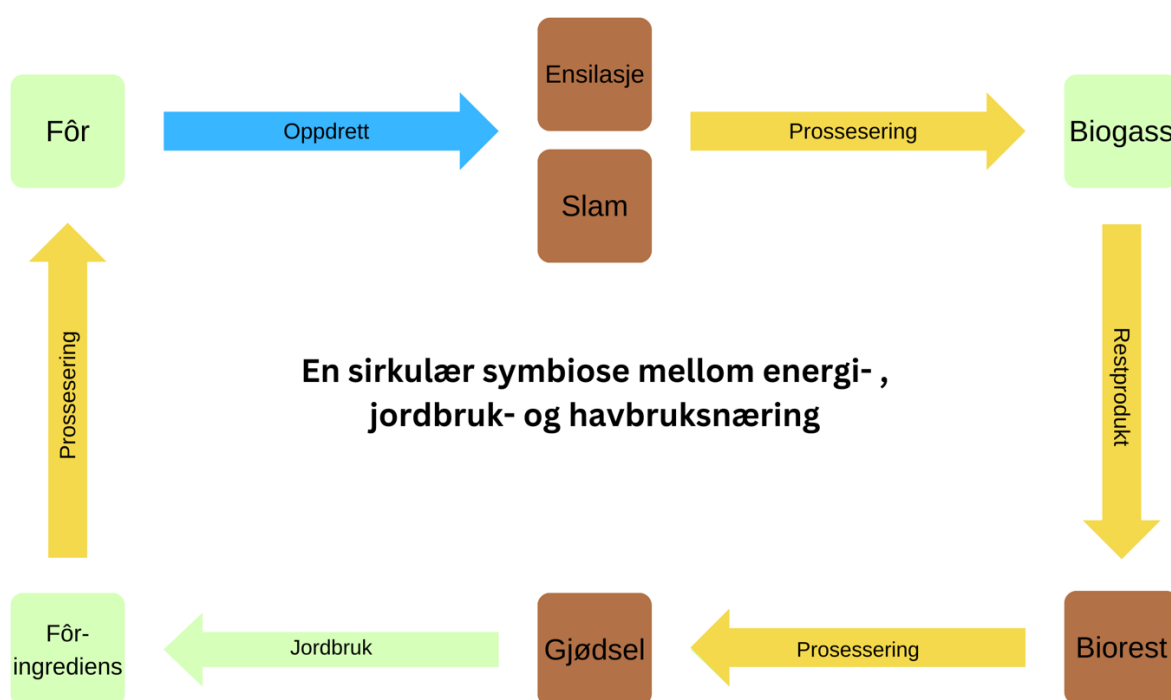
Avskjær fra fisk benyttes gjerne til kjæledyrfôr, men kan også brukes til produksjon av fôr til andre oppdrettsarter, og informanter beskriver at det er konkurranse mellom kjøpere av

ressursen. En annen sirkulærøkonomisk praksis som eksisterer, er bruk av ensilert dødfisk og avskjær fra slaktet fisk. Informanter forteller at ensilering av avskjær fungerer som et smutthull der en kan forbigå lovgivningen som forbyr bruk av animalske biprodukter til fôr. Stigende trend i dødelighet hos oppdrettsfisk fører til at mer dødfiskensilasje blir tilgjengelig (Veterinærinstituttet, 2024). Den selvdøde fisken benyttes til produksjon av fiskeolje, fiskemel og energiproduksjon. Gjenbruk og resirkulering av restråstoff er sirkulærøkonomiske praksiser i havbruket i dag, men lite av biproduktene går tilbake til havbruket.

Litteratur fra NIBIO (2021) og Regjeringen (2021a) beskriver at mengden oppsamlet slam er forventet å øke de kommende årene på grunn av fremtredelsen av lukkede anlegg i sjøen og landbaserte anlegg. Den økte interessen for bruksområder av slam både fra offentlige myndigheter og næringsaktører tyder på at anvendelser for ressursen vil bli mer tilgjengelig i fremtiden. Regjeringens handlingsplan fra 2024 beskriver også konkrete tiltak som vil bidra til utnyttelsen av ressursen (Regjeringen, 2024). Etter det informanter forteller foregår sirkulære løsninger med slam i mindre skala, fordi oppsamling av slamressurser kun skjer ved en mindre del av næringen. Slammet som samles opp benyttes til energiproduksjon, brensel, jordforbedring og gjødsel. Å benytte tørket fiskeslam som brensel til sementproduksjon omtales som SØ og er en eksisterende praksis som kan erstatte fossil energi (jf. 5.4.2.). Dersom formålet med oppsamling av slam er å ivareta næringsstoffene sirkulært, er ikke brensel det beste bruksområdet. Funnene i analysen beskriver praksiser der slam fra oppdrett kan benyttes til produksjon av lavere trofiske arter som for eksempel insektslarver. Problemet med slike tilnærminger er igjen knyttet til lover og forskrifter, som blant annet forbyr at disse produktene kan gå tilbake som fôr i produksjonssystemet (jf. kap. 5.3.1).

Biprodukter fra havbruk blir gjerne en ressurs i andre næringer, og grunnet dette kan det argumenteres for at sirkelen enda ikke er lukket. Analysen tyder mot at det er mulig å lukke et slikt system, om ikke fullstendig kan det likevel bli mer sirkulært. Kritikere (jf. kap. 3.2) argumenterer for at et slikt system aldri kan være fullstendig sirkulært siden det krever tilskudd av både energi og materialer. For å kunne tilrettelegge for sirkulærøkonomisk bruk av ressursene er det viktig at ressursene fanges opp og at de anvendes til fornuftige formål. Lukkede produksjonsanlegg i sjø og på land tilrettelegger for oppsamling av slam, men landbaserte anlegg legger beslag på store områder i strandsonen, og er innenfor et bærekraftperspektiv derfor ikke å foretrekke. For å tilrettelegge for oppsamling av slamressursene er det behov for å standardisere lukkede anlegg i sjøen.

Empirien tilsier at det er mulig å utvikle sirkulære økonomier på tvers av ulike produksjonssystemer og næringer, som illustrert i figur 16. Mens figur 15 modellerte en symbiose mellom hav- og jordbruk tar figur 16 ideen ett steg videre, og viser at det er mulig å utvikle et mer sirkulært system ved å inkludere energiproduksjon. Ved å inkludere biogassproduksjon i systemet kan energipotensialet i biproduktene utnyttes samtidig som sluttproduktet kan benyttes videre til andre formål. En slik sirkulærøkonomisk tilnærming på tvers av næringer er ifølge empirien en god måte å utnytte slam og ensilasje fra havbruket i dag (jf. kap. 5.4).



Figur 16: Skjematisk fremstilling av en symbiose på tvers av energi-, jordbruk og havbruksnæring. Videreutvikling av selvprodusert figur 15 (jf. kap. 6).

6.2.4 Sirkulærøkonomi og fôringredienser

Fôr utgjør laksefiskens største klimautslippspost og nye bærekraftige fôringredienser beskrives i litteraturen og av informanter som en av de største utfordringene den norske næringen står ovenfor. Tilgangen på fôr er en forutsetning for virksomheten, og produksjonen legger beslag på store jordbruksarealer i utlandet fordi kun 8 % av ingrediensene som benyttes i oppdrettsfôret (Kraugerud, 2022). Som beskrevet i Stortingsmelding nr. 5 (2022-2023) er bærekraftig fôr satt som et samfunnsoppdrag for å blant annet øke matsikkerheten og redusere klimagassutslipp

(St.meld. nr. 5 (2022–2023)). Oppdrettsfôr er allerede delvis sirkulært fordi det inneholder restråstoff fra fiskerinæring, og andelen av fôret som er av norsk opprinnelse er basert på akkurat dette.

Informanter peker også mot at lavtrofiske arter som insekter kan føres direkte med slam fra oppdrettsfisk, men det er tydelig at reguleringer som Animaliebiproduktforskriften og TSE-forskriften setter begrensninger for akkurat dette. Ved siden av insekter er det flere lavtrofiske arter som anses som mulige føringredienser. Oppdrett på arter som bløtdyr, mikroalger og kappedyr som tunikater vil bidra til opptak av næringsstoffer fra havet samtidig som det videre kan inngå i oppdrettsfôr. Oppskalering av produksjon på lavtrofiske arter er en utfordring som trekkes frem gjentatte ganger i empirien, dette fordi næringen har et enormt behov for føringredienser. For å oppnå et mer sirkulært og bærekraftig oppdrettsfôr er det tydelig at ingredienser må komme fra flere kilder. På grunn av stadig mindre tilgjengelig landarealer samtidig som verdensbefolkningen øker er det et voksende behov for matproduksjon i havet. Produksjon av lavtrofiske arter som tunikater og bløtdyr krever lite innsatsfaktorer sammenlignet med matproduksjon på land. En symbiose mellom havbruk og jordbruket i kombinasjon med lavtrofiske arter fra havet, samt mikroalger, restråstoff fra fiskeri og oppdrett og insekter, vil resultere i et oppdrettsfôr som er både mer sirkulært og dermed mer bærekraftig.

6.3 Hvilke hindringer og muligheter finnes for den sirkulære økonomien i næringen?

Studien har identifisert flere sirkulærøkonomiske praksiser i havbruket, gjerne knyttet til utnyttelse av restråstoff og resirkulering av materialer. Feltarbeid og intervjuer har bidratt til å tydeliggjøre hvilke hindringer og muligheter som finnes for SØ i havbruket. Innenfor havbruket skilles det gjerne mellom SØ med biologiske ressurser og materialer som plast. Det har vist seg at SØ i relasjon til matproduksjon medfører andre utfordringer sammenlignet med for eksempel resirkulering av materialer. Innenfor matproduksjon er det krav og reguleringer satt for å beskytte både forbrukere, dyr og miljø. Empirien viser at reguleringer fra EU setter visse begrensninger for gjenbruk og utnyttelse av animalske biprodukter som slam, dødfisk og avskjær.

Systemperspektivet beskriver at SØ er så fundamentalt annerledes enn lineærøkonomi at den krever endringer i flere av samfunnets ledd (Kircherr et al, 2017). At SØ krever samarbeid og

organisering dersom den skal lykkes gjenspeiles både i litteraturen og fra utvalget i studien. Både lokale, regionale og nasjonale myndigheter, private aktører og FoU-miljøer må samarbeide for å få til nye lønnsomme og miljøvennlige praksiser. Det finnes noen samarbeidsprosjekter knyttet til forskning og utvikling for sirkulærøkonomi i havbruket, men ut over dette tyder empirien på at det er lite samarbeid blant myndigheter og private aktører for sirkulære løsninger. Mangelen på organisert samarbeid for å samle opp og utnytte ressursene kan virke som et utfordring for utviklingen av sirkulære systemer. Siden sirkulære økonomier krever endringer i verdikjeder og produksjonssystemer, er det for eksempel vanskelig for en enkelt bedrift å bli sirkulær på egenhånd. Dette betyr som beskrevet i kapittel 3.1.4 at myndigheter på både lokale, regionale og nasjonale nivåer er viktige for gjennomføringen.

Empirien beskriver at Gjødselforskriften byr på utfordringer knyttet til bruk av slam og biorest, men at det likevel er mulig å blande ut gjødsel for å redusere konsentrasjonen av tungmetaller. TSE-forskriften og Animaliebiproduktforskriften har vært gjennomgående temaer som er spesielt begrensende for utvikling av sirkulære systemer for restråstoff og slam, men forskriftene er under utvikling (jf. kap. 5.7). Blant annet er det åpnet opp for bruk av insekter i dyrefôr, noe som tidligere ikke var tillatt. Regjeringen skriver i sin sirkulærøkonomiske handlingsplan at de har tildelt midler til institusjoner for dokumentasjon og utviklingen av regelverk som tilrettelegger for bruk av slike biologiske ressurser (Regjeringen, 2024a). For å gjennomføre reguleringsendringer fastsatt av EU beskriver informanter at kunnskapsgrunnlaget må være forankret i vitenskapen, og prosessen er dermed omfattende og tidkrevende. EU ønsker gjennom CEAP å oppnå klimanøytralitet innen 2050 (jf. kap. 3.3), men for å oppnå målet er det viktig å tilpasse regelverket slik at det kan tilrettelegges for sirkulærøkonomiske anvendelser av biologiske biprodukter.

Informanter peker mot at det er politiske virkemidler og reguleringer som mangler for økt sirkulær utnyttelse av ressursene i havbruket, noe som begrunnes med at både teknologien og viljen finnes innad i næringen. Som Velenturf (2019) skriver må endringer til SØ først og fremst skje på samfunnsnivå, samtidig som spesifikke tiltak bør skreddersys etter de lokale forholdene. I havbruket finnes det allerede krav for behandling av biprodukter som avskjær og dødfisk, og for disse ressursene er det også sirkulære løsninger på plass. For slam finnes det derimot ingen krav til innsamling ved sjøbaserte oppdrettsanlegg. Empirien typer på at det i dag er størst behov for å utvikle sirkulære systemer for denne ressursen i denne delen av næringen. Slam fra

oppdrett kan ha negativ påvirkning på lokalmiljøet, samtidig som det er rikt på mineraler som fosfor, som er viktig å ivareta både innen et bærekrafts- og sirkulærøkonomisk perspektiv.

Den sirkulærøkonomiske litteraturen fronter at utviklingen av nye systemer som tilrettelegger for bedre utnyttelse av ressurser også vil danne behov for flere nye arbeidsplasser (Geissdoerfer et al., 2017). I havbruksnæringen vil oppsamling og avfallsbehandling av mengdene med slam i omløp føre til behov for arbeidsplasser på tvers av landet. Drift og vedlikehold av en eventuell biogassnæring basert på slam vil både kunne bidra med arbeidsplasser, redusere avhengigheten av fossil energi og gi organisk gjødsel til landbruket.

Informanter beskriver at det er lite hensiktsmessig å samle inn enorme mengder med slam dersom det ikke finnes aktører som kan motta og anvende ressursene. Empirien viser at det finnes flere mulige bruksområder for ressursen, men også at reguleringer begrenser mulighetene. Problematikken har paralleller med det klassiske filosofiske dilemmaet med høna og egget. For at det skal utvikles storskala sirkulærøkonomiske bruksområder for en ressurs må denne være tilgjengelig, men for at ressursen skal bli tilgjengelig må det finnes praktiske bruksområder for den. Hva som skal komme først er trolig et politisk spørsmål, siden det ofte krever økonomisk lønnsomhet for gjennomføringsvilje blant private aktører (Zink & Geyer, 2017).

På grunn av reguleringer og fraværet av insentiver som berører oppsamling av slam fra sjøbasert oppdrett og sirkulærøkonomisk utnyttelse av slike biprodukter, er det opp til hver enkelt aktør i hvilken grad de bidrar til sirkulærøkonomi. Som beskrevet i kapittel 3.3.1 bygger den norske sirkulærøkonomiske strategien og handlingsplanen i stor grad på EUs handlingsplan (CEAP). Den norske strategien, samt Regjeringens veikart for grønt industriløft presenterer en rekke mål for bærekraftig utvikling av industrien. Blant annet skriver Regjeringen at de vil stimulere til kunnskapsbasert utvikling av regelverk for sirkulær bioøkonomi (Regjeringen, 2023). Handlingene har så langt vært begrenset til å gi finansiering til forskning og kunnskapsproduksjon, og det er gjort begrensede fremskritt med å implementere sirkulærøkonomiske tiltak for slam i praksis.

I sammenheng med hindringene som vanskeliggjør sirkulærøkonomi i havbruksnæringen har det også vært interessant å undersøke hvordan det kan tilrettelegges for SØ i næringen. Analysen tydeliggjorde blant annet at lukkede produksjonsanlegg er bedre egnet for

sirkulærøkonomisk utnyttelse av biprodukter. Informanter forteller at oppgraderinger til lukkede systemer hittil har skjedd av én grunn, å opprettholde produksjonsnivåene ved dårlig miljøtilstand. Strengere regulering og grenseverdier ved miljøtilstand er virkemidler som trolig vil kunne dytte flere aktører til å gjøre endringer av produksjonsanlegg. Ved siden av lover og reguleringer er det flere måter myndighetene kan oppmuntre næringsaktører til å implementere sirkulære løsninger. Blant annet kan standarder og sertifiseringer, samt økonomiske intensiver også motivere oppdrettere til å oppgradere produksjonsanleggene.

Ifølge funnene er det flere grunner til at lukkede anlegg som tilrettelegger for SØ, og er mer skånsomme mot miljøet, ikke er en ledende praksis. Som én informant forteller er det et manglende marked for biologiske ressurser som slam i Norge (jf. kap. 5.4.3). Den lange kysten, samt spredningen av produksjonsanleggene kompliserer prosessen for organisert innsamlingen av ressursene. En annen begrunnelse for at lukkede anlegg ikke er den rådende praksisen er at selve anleggene er mer teknisk kompliserte enn de tradisjonelle, noe som medfører at prisen er betydelig større enn ved et tradisjonelt anlegg (jf. kap. 5.3.3).

EMAF (2013a) mener at samarbeid blant aktører og f.eks. myndigheter er avgjørende for storskala sirkulære systemer (jf. kap. 3.1.2). I forbindelse med sirkulære anvendelser av biprodukter fra havbruket er også geografisk avstander en faktor som kan komplisere samarbeid og organisering. Organisering har også betydning for skalafordeler, som tilsier at mer innsamling og bruk av ressursene vil redusere kostnadene (jf. kap. 5.7). De empiriske resultatene viser at oppsamling av slam fra sjøbasert oppdrett i Norge hittil ikke har vært lønnsomt.

Ifølge Wautelet (2018) er sirkulærøkonomien inspirert fra blant annet industriell økologi. Industrielle symbioser slik som den i næringsparken beskrevet i kapittel 5, demonstrerer hvordan industrianlegg og virksomheter kan samarbeide for å optimalisere ressursbruk, minimere avfall og skape økonomiske, miljømessige og sosiale fordeler. Ved at en aktør bruker en annens overskudd blir energi og materialer utnyttet til fulleste grad, også uten behov for transporter av materialer med fossil energi. Som Winans et al. (2017) beskriver er samlokalisering en forutsetning for vellykkede industrielle symbioser, til gjengjeld kan øko-industrielle parker redusere miljøpåvirkningen til flere virksomheter samtidig (Winans et al., 2017). Dette gjelder også for settefiskanlegg i havbruket, symbioser og tillegg av akvaponi (jf. kap. 3.5.4) til ferskvannsanlegg muliggjør bedre ressursutnyttelse.

7. Konklusjon

Studiens formål har blant annet vært å belyse sirkulærøkonomisk praksis innenfor produksjonssystemet av laks og ørret i Norge. For å oppsummere forskningsprosjektet vil de viktigste momentene gjengis kort i dette avsluttende kapitlet. Sirkulærøkonomi kan forstås på ulike måter, og tiltak som gjennomføres for økt bærekraft flyter over i det som forstås som sirkulærøkonomi. Som diskutert i kapittel 6 er begrepene så nærliggende at de fleste tiltak som gjøres mot sirkulærøkonomi også vil medføre mer bærekraftige praksiser. Likevel kan et sirkulærøkonomisk system medføre ikke-intenderte bieffekter som fører til en rekyleffekt ved for eksempel økt CO₂-utslipp. Studien har identifisert flere praksiser fra næringen i Norge som bruker sirkulærøkonomiske strategier. Sirkulærøkonomi omhandler ikke kun resirkulering av avfallsstoffer, men innebærer også eksempelvis teknologier som reduserer material- og ressursforbruket.

Hvordan kan sirkulære tilnærminger iverksettes og bidra til at norsk havbruksnæring blir mer bærekraftig?

Sirkulærøkonomiske praksiser og strategier er identifisert i alle ledd av produksjonssystemet, fra forproduksjon til slakteprosessen. Mange av praksisene bidrar til mindre ressurs og materialforbruk, som igjen reduserer den totale miljøpåvirkningen og øker bærekraften til produksjonen. Studien har også belyst at lukkede oppdrettsanlegg i sjøen og landbaserte anlegg i større grad tilrettelegger for sirkulærøkonomisk bruk av biprodukter fra produksjonen. Slike produksjonsanlegg medfører også heldige effekter som ekskludering av lakselus og redusert miljøpåvirkning. Dette er utfordringer som næringen kritiseres for, og bruker store summer for å bekjempe. Slike anlegg utgjør en mindre del av den totale produksjonen, men har fått økt oppmerksomhet de siste årene ettersom biologiske utfordringer har blitt et kostbart problem.

En omstilling til lukkede oppdrettsanlegg kan være en vinn-vinn-situasjon for samfunnet, oppdrettere og miljøet. Bedre utnyttelse av biprodukter fra oppdrett vil åpne for en ny ressurs, flere arbeidsplasser, samtidig som oppdrettsaktører kan bli kvitt et kostbart problem. Lukkede merder kan bokstavelig talt utelukke lakselusen, og dermed også redusere mengdene lakselus som sprer seg til de ville laks- og sjøørretstammene. En omstilling fra åpne til lukkede anlegg vil kreve en betydelig investeringer, men det vil også trolig medbringe kostnadsbesparelser i form av mindre lusebehandling og lavere dødelighet. Endringer av forskriftene nevnt tidligere

i kapitlet vil også tilrettelegge for økt sirkulær ressursutnyttelse, dette arbeidet er allerede igangsatt. Som Regjeringen skriver i sin sirkulærøkonomiske handlingsplan fra 2024, vil de gjennom en satsning tildele midler til forskning og utvikling av reguleringer som tilrettelegger for bruk av biprodukter fra matproduksjon til fôrproduksjon.

Store deler av restråstoffene fra produksjon (ca. 95 %) av laks og ørret i Norge blir utnyttet til fôr, energiproduksjon og humankonsum. Blodvann er den eneste delen av restråstoffene som i dag ikke blir utnyttet økonomisk (jf. kap. 2.5.1). Av biprodukter fra produksjonen er det tydelig at slam fortsatt er en svært underutnyttet ressurs. Settefiskanlegg og landbaserte oppdrettsanlegg har krav for oppsamling av slam, men kravene for settefiskanlegg varierer (jf. kap. 5.3.2). Empirien viser at slam fra settefiskanlegg er enklere å utnytte på grunn av fraværet av salt, og ressursen blir stort sett anvendt til energiproduksjon og gjødsel. For å øke sirkulariteten i produksjonssystemet er det behov for oppsamling av slam, gjerne ved lukkede merder. Det er mulig å organisere innsamling av slam fra sjøbasert oppdrett med tankskip, slik som i eksempelet fra empirien. Oppdrettsfôr er allerede delvis sirkulært, ved gjenbruk av restråstoff fra fiskerinæringen og ensilert restråstoff fra oppdrettsfisk. Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr tydeliggjør behovet for lokale og bærekraftige fôringredienser, og behovet gjenspeiles i svarene fra informantene. Det er mulig å benytte slam til produksjon av insekter og andre lavtrofiske organismer, som kan bidra til et mer bærekraftig og sirkulært fôr.

Biprodukter fra oppdrett blir til en ressurs til landbruket ved å benytte slam og bioest som gjødsel. For at utvikle et mer sirkulært system kan en symbiose mellom næringene utvikles, ved at næringsstoffene fra slam går til å produsere fôr til havbruket. Integrert multitrofisk akvakultur kan være en måte å gjennomføre en naturlig form for sirkulærøkonomi med oppdrett, men tilnærmingen beskrives av informanter som svært komplisert og vanskelig å gjennomføre. Dette både rent praktisk og på grunn av at det er vanskelig å få innvilget konsesjoner til flere arter på samme lokalitet (jf. kap. 5.3.1).

På materialsiden eksisterer det både returordninger og teknologi for resirkulering. Produkter av resirkulert plast har begynt å fremtre i markedet, og resultatene tyder på at plast fra merder kan resirkuleres opptil flere ganger. Det kommer frem i studien at det finnes praksis for leasing av nøter til merdene, noe som oppfordrer leverandører til å produsere produkter med økt levetid. Teknologier som RAS-systemer og fôringssystemer bidrar til å redusere ressursforbruket til oppdrettere, som sparer aktører for kostnader og miljøet for unødvendig utslipp. Utfasingen av

fossil energi har kommet godt på vei ved produksjonsanlegg, men for større fartøy kan ikke elektrisk energi oppfylle behovene. For brønn- og fôrbåter, samt tankskip er det nødvendig med alternative kilder til fornybar energi som hydrogen og ammoniakk.

Hvilke hindringer og muligheter finnes for den sirkulære økonomien i næringen?

Til tross for at det er identifisert mange muligheter for fremtidige sirkulærøkonomiske systemer i havbruket er det også funnet flere hindringer. Empirien beskriver flere utfordringer knyttet til reguleringer og politikk som hindrer utførelsen av sirkulærøkonomi i praksis. Studien har ikke funnet noen insentiver til sirkulærøkonomi i næringen. Dette tyder på at aktørene som velger å gjennomføre sirkulærøkonomiske tiltak gjør det av egen vilje og motivasjon. Studien fant blant annet ut at dårlig miljøtilstand eller stort lusepress i produksjonsområder, har motivert aktører til å oppgradere produksjonsanlegg til lukkede systemer for å kunne opprettholde produksjonsnivåene.

Slik det kommer frem av de empiriske resultatene er regelverkene Animaliebiproduktforskriften og TSE-forskriften de største hindringene for videreutviklingen av sirkulære systemer for restråstoff og slam. Gjødselforskriften beskrives også som en hindring i forhold til utnyttelse av slam og biorest, men empirien tyder på at teknologi for å filtrere ut både ønskede og uønskede stoffer kan løse dette problemet. Generelt sett deles et syn om at teknologi vil muliggjøre og forenkle sirkulære løsninger i fremtiden blant aktørene. Empirien beskriver at det mangler både insentiver for innsamling, og et marked for slam i Norge, og dette kan være en forklaring på hvorfor det tidligere har vært liten interesse for ressursen. Empirien har tydeliggjort at oppsamling av slam krever en overgang fra de åpne merdene til alternative anlegg, noe som krever en betydelig omstilling fra næringsaktører. For å tilrettelegge for sirkulærøkonomi i næringen kreves samarbeid, insentiver og en politikk som oppmuntrer til utviklingen av sirkulære systemer.

Litteraturen beskriver at aktørsamarbeid mellom myndighetsnivåer, næringer og interesseorganisasjoner er viktig for å gjennomføre sirkulære systemer i praksis, men empirien har vist at det hittil er lite samarbeid i næringen. Det er identifisert lokale og regionale aktørsamarbeid som jobber med FoU-formål, resirkulering av plast og et prosjekt knyttet til et helelektrisk produksjonsanlegg. Empirien vitner om at både teknologi og vilje for å utvikle sirkulærøkonomiske systemer finnes i havbruket, men at politikken og reguleringer henger etter.

Resultatene tyder på manglende politisk vilje og initiativer for gjennomføringen av sirkulære systemer i næringen, spesielt knyttet til slam hvor behovet er størst.

Tiltak som å oppgradere produksjonsanlegg fra åpne til lukkede, reduserer utslipp og bidrar til lavere miljøpåvirkning. Å endre til systemer som tilrettelegger for sirkulærøkonomi kan også medbringe positive konsekvenser, blant annet kan en beskytte fisken mot lakselus. Lakselusen er en utfordring som koster næringen dyrt, både gjennom lusebehandling og det økonomiske tapet skadet fisk forårsaker. Mest av alt virker regelverkene hjemlet i EU å sette begrensninger for mulige bruksområder for biprodukter fra produksjonen.

For å legge til rette for sirkulærøkonomisk vekst i havbruket er det nødvendig med en omfattende politisk innsats. Dette krever både strategiske politiske endringer og konkrete praktiske tiltak som kan bidra til å realisere visjonen om økt sirkulærøkonomi i næringen. For å best mulig omstille næringen til sirkulære systemer er det behov for endringer i flere ledd av produksjonssystemet. Myndigheter har også flere virkemidler de kan benytte seg av for å oppnå endringer, blant annet kan sertifiseringer, insentiver, lover og reguleringer dytte næringsaktører mot en omstilling. Økonomiske insentiver vil være et godt virkemiddel for å få aktører til å gjennomføre endringer, enten ved å belønne de som tar bærekraftige valg eller straffe de som ikke gjør det. Gjennom reguleringer og lovgivning kan myndighetene kreve at oppdrettsaktører for eksempel må samle opp slammet. Myndigheter kan også utvikle sertifiseringer for produkter og produksjonssystemer som bidrar til sirkulær økonomi.

Alt i alt har havbruket allerede gjort flere steg mot å implementere sirkulærøkonomi i praksis, noe som har ført til reduserte utslipp og mindre avfall. Likevel er det potensiale for bedre ressursutnyttelse i noen deler av næringen. Dersom reguleringer og politikk legger til rette for oppsamling og bruk av biologiske biprodukter vil det sannsynligvis skje store endringer i næringen. Flere lukkede produksjonsanlegg, biogassproduksjon og nye sirkulære anvendelser av biprodukter for produksjon av føringredienser er blant endringene som trolig vil komme. Selv om funnene i denne forskningen er basert på produksjon av laks og ørret, med et begrenset utvalg innenfor norsk kontekst, kan det argumenteres for at de er gyldige også for oppdrett av andre arter i andre områder, fordi oppdrett foregår relativt likt globalt. Dersom havbruket vil bidra til en storskala sirkulærøkonomi bør ikke kun negativ påvirkning opphøre, men næringen bør også aktivt bidra til å regenerere og gjenopprette økosystemer og naturmiljøer.

8. Referanser

Andersen, S.S. (2013) *Casestudier: Forskningsstrategi, generalisering og forklaring*. 2. utgave. Fagbokforlaget. Bergen.

Animaliebiproduktforskriften (2016) *Forskrift om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum (animaliebiproduktforskriften)* (FOR-2016-09-14-1064). Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-09-14-1064>

Barentswatch (2021) *Utnyttelse av restråstoff*. Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/havbruk/utnyttelse-av-restrastoff> (Hentet: 04.04.2024)

Berglihn, H. (2019) Gir oppdrettsbransjen en lusing for 5,2 milliarder. *Dagens Næringsliv*, 21.08.19. Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/havbruk/gir-oppdrettsbransjen-en-lusing-for-52-milliarder/2-1-658103> (Hentet 14.02.22)

Berglihn, H. (2023) *Kritisk til bærekraft-kåring med oppdrett på topp: – Helt uforståelig*. *Intrafish*, 28.11.23. Tilgjengelig fra: <https://www.intrafish.no/samfunn/kritisk-til-barekraft-karing-med-oppdrett-pa-topp-helt-uforstaelig/2-1-1561151> (Hentet 10.01.24)

Bioteknologirådet (u.å.) *Bioøkonomi og sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.bioteknologiradet.no/temaer/biookonomi/> (Hentet: 19.09.2023)

Blum, N., Haupt, M. & Bening, C.R. (2020) Why “Circular” doesn't always mean “Sustainable”. *Resources, Conservation & Recycling*, volume 162, art.105042. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105042>

Boulding, K. (1966) *The Economics of the Coming Spaceship Earth*. In: Jarrett, H., Ed., *Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future*/Johns Hopkins University Press, Baltimore, s. 3-14.

Broch, O.J. & Ellingsen, I. (2020) Delrapport 1 - Kvantifisering av utslipp. Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse av utslipp av organisk materiale og næringssalter fra havbruk. SINTEF, rapportnr. 2020:00342.

Corvellec, H., Stowell, A.F. & Johansson, N. (2021) Critiques of the circular economy. *The Official Journal of the International Society for Industrial Ecology (ISIE)*, 26 (2), s. 421-432. <https://doi.org/10.1111/jieec.13187>

Creutzig, F., Roy, J., Devine-Wright, P., Díaz-José, J., Geels, F.W., Grubler, A., Maïzi, N., Masanet, E., Mulugetta, Y., Onyige, C.D., Perkins, P.E., Sanches-Pereira, A. & Weber, E.U. (2022) Demand, services and social aspects of mitigation. I IPCC, 2022: Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, s. 503 – 612. Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157926.007>.

Cullen, J. M. (2017). Circular economy: Theoretical benchmark or perpetual motion machine? *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), s. 483– 486. <https://doi.org/10.1111/jieec.12599>

Diserud, O.H., Fiske, P., Sægrov, H., Urdal, K., Aronsen, T., Lo, H., Barlup, B.T., Niemelä, E., Orell, P., Erkinaro, J., Lund, R.A., Økland, F., Østborg, G.M., Hansen, L.P. & Hindar, K. (2019) Atlantic salmon in Norwegian rivers during 1989–2013. *ICES Journal of Marine Science*, volume 76 (4), s. 1140–1150, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy202>

Egge, H. (2020) *Hva er egentlig grått, grønt, blått og turkis hydrogen?* Tilgjengelig fra: <https://gemini.no/2020/04/hva-er-egentlig-gra-gronn-bla-og-turkis-hydrogen/> (Hentet: 21.03.24)

Eidem, B. & Melås, A.M. (2021) *Oversikt over norsk og global akvakultur og akvafôr*. Ruralis, Rapport nr 6/2021.

Ellen MacArthur Foundation (2013a) *Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Tilgjengelig fra: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an> (Hentet: 19.09.2023)

Ellen MacArthur Foundation (2013b) *Towards the circular economy Vol. 2: opportunities for the consumer goods sector*. Tilgjengelig fra: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-2-opportunities-for-the-consumer-goods> (Hentet: 19.09.2023)

Enerstvedt, A. (2020) *Plast i produksjonssystem en studie av fiskeri- og havbruksnæringen i Hordaland*. Masteroppgave i økonomisk geografi, regional utvikling og planlegging, Institutt for geografi. Universitetet i Bergen.

Engø, T. (2023) *341 Enova-millioner til oppdrettsbåter*. Tilgjengelig fra: <https://piscusnytt.no/341-enoa-millioner-til-oppdrettsbater/> (Hentet: 07.02.24)

Eriksen, M.K., Pivenko, K., Olsson, M.E. & Astrup, T.F. (2018) Contamination in plastic recycling: Influence of metals on the quality of reprocessed plastic. *Waste Management*. Volume 79, s. 595-606. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.007>.

European Commission (n.d.) *Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe*. Tilgjengelig fra: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en (Hentet 15.01.24)

Fiskeridirektoratet (u.å./a) *Biomasse*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Biomasse> (Hentet: 29.11.23)

Fiskeridirektoratet (u.å./b) *Miljøovervåkning*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Overvaaker-miljoepaavirkningen>. (Hentet: 27.05.2024)

Fiskeridirektoratet (u.å./c) *Om statistikk for akvakultur*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret> (Hentet: 16.11.23)

Fiskeridirektoratet (2021) Akvakulturregisteret. Tilgjengelig fra: <https://open-data-fiskeridirektoratet-fiskeridir.hub.arcgis.com/datasets/e21e839c70d040b4bb46e1c095915bcf/explore?location=59.806028%2C14.262223%2C5.74> (Hentet: 15.08.23)

Fiskeridirektoratet (2023a) *Rekordhøye salgsinntekter innen oppdrett i 2022*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2023/rekordhoye-salgsinntekter-i-oppdrettsnaeringen-i-2022> (Hentet: 20.11.23)

Fiskeridirektoratet (2023b) *Biomassestatistikk etter fylke*. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Biomassestatistikk/Biomassestatistikk-etter-fylke> (Hentet 30.01.24)

FN (u.å.) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>. (Hentet 27.05.2024)

Forskrift om organisk gjødsel. (2003) Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (FOR-2003-07-04-951). Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>

Forskrift om TSE (2004) *Forskrift om forebygging av, kontroll med og utryddelse av overførbare spongiforme encefalopater (TSE)* (FOR-2004-03-30-595) Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-03-30-595>

Fossheim, H.J. (2015) *Konfidensialitet*. Tilgjengelig fra: <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/personvern/konfidensialitet/> (Hentet: 24.10.23)

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy – A New Sustainability Paradigm? *Journal of Cleaner Production* 143: 757–768. doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.048.

Gjørvad, N.L & Rosenstock, K. (2021) *Regenerativ økonomi — den nye bærekraftsbølgen*. Tilgjengelig fra: <https://www.sprint.no/artikler/regenerativ-okonomi-den-nye-baerekraftsbolgen> (Hentet 12.12.23)

Gray, D.E. (2022) *Doing research in the real world*. 5th ed. Sage Publication, London.

Grimsmo, L. (u.å.) *Lavtrofiske marine ressurser*. SINTEF artikkel. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/fagomrader/fiskeri/lavtrofiske/> (Hentet: 16.05.2024)

Hansen, P.K. (2021) Akvakulturs påvirkning på det ytre miljøet, i Hauge, K. B. og Stokke, K. B. *Integrert kystsoneforvaltning: Planfaglege, samfunnsvitskapelege og juridiske perspektiv*. kap. 15, s. 289–297. <https://doi.org/10.18261/9788215045078-2021>

Havforskningsinstituttet (2019) *Tema: Nye arter i oppdrett*. Tilgjengelig fra: <https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/nye-arter-i-oppdrett>. (Hentet: 27.05.2024)

Havforskningsinstituttet (2021a) *Tema: Landbaserte oppdrettsanlegg/lukkede anlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/landbaserte-oppdrettsanlegg-lukkede-anlegg>. (Hentet: 23.11.23)

Havforskningsinstituttet (2021b) *Høyt kobberforbruk i oppdrettsnæringen*. Tilgjengelig fra: <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/februar/hoyt-kobberforbruk-i-oppdrettsneringen> (Hentet: 16.03.23)

Havforskningsinstituttet (2022) *Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2021*. Rapport fra havforskningen, Nr. 2022-21.

Havforskningsinstituttet (2023) Risikoreport Norsk Fiskeoppdrett 2023, Produksjonsdødelighet hos oppdrettsfisk og miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett. Rapport fra havforskningen Nr. 2023-6.

Hognes, S. E., & Skaar, C. (2017) *Avfallshåndtering fra sjøbasert havbruk*. SINTEF, OC2017- A-218. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=CRISTin+1541306>

Høy, E., Sunde, L.M. & Bjelland, H.V. (2013) *Hvor mye laks er det egentlig i merden?* SINTEF Fiskeri og havbruk. Norsk Fiskeoppdrett nummer 2, 2013.

Jensen, B-A. (2021) Nofima: Havbruk sysselsetter 45.000 mennesker. *Intrafish*, 23.02.21. Tilgjengelig fra: <https://www.intrafish.no/nyheter/nofima-havbruk-sysselsetter-45-000-mennesker/2-1-963141> (Hentet: 15.11.23).

Johansen, U., Nistad, A. A., Ziegler, F., Mehta, S., Langeland, M., Wocken, Y. & Hognes, E. S. (2022) *Greenhouse gas emissions of Norwegian salmon products*. SINTEF rapport 2022:01198.

Johnsen, P.F., Erraia, J., Fjose, S., Blomgren, A., Fjellidal, Ø., Robertsen, R. & Nyrud, T. (2020) *Nasjonale ringvirkninger av sjømatnæringen 2019*. Menon-Publikasjon NR. 98/2020

Jurgilevich, A., Birge, T., Kentala-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Pietikäinen, J., Saikku, L. & Schösler, H. (2016) Transition towards Circular Economy in the Food System. *Sustainability*, 8 (1), 69. <https://doi.org/10.3390/su8010069>

Kircherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. (2017) Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, s. 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.

Korhonen, J., Honkasalo, A. & Seppälä, J. (2017) Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, s. 37–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

Kraugerud, R.L. (2022) *Laksefôr er som smått i omstilling*. Tilgjengelig fra: <https://nofima.no/resultater/laksefor-er-som-smatt-i-omstilling/> (Hentet: 21.11.23)

Kraugerud, R.L. (2023) *Ulike typer oppdrettsanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://nofima.no/fakta/ulike-typer-oppdrettsanlegg/#ib-toc-anchor-1> (Hentet 30.01.24)

Kringstad, K. & Hunnestad, M. (2021) Norsk oppdrett øker importen av soya: – Bidrar til indirekte avskoging. *NRK*, 23.12.21. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/trondelag/fremtiden-i-vare-hender-kritiske-til-at-oppdrettsnaeringen-importerer-stadig-mer-soya-1.15780042> (Hentet 30.01.24)

Kyst (2020) Verdens første solceller og vindmøller på oppdrettsanlegg. *Kyst*, 10.03.19. Tilgjengelig fra: <https://www.kyst.no/grieg-seafood-group-solcellepanel/verdens-forste-solceller-og-vindmoller-pa-oppdrettsanlegg/727005> (Hentet: 02.04.24)

Laksefakta (2021) *Soya og laksefôr*. Tilgjengelig fra: <https://laksefakta.no/hva-spiser-laksen/soya-og-laksefor/> (Hentet: 20.11.2023)

Lomnes, B.S., Senneset, A. & Tevasvold, G. (2019) *Kunnskapsgrunnlag for rensing av utslipp fra landbasert akvakultur*. Rambøll rapport for Miljødirektoratet. M-1568.

Mattilsynet (u.å.) *Veileder om bruksbegrensninger for proteiner og mineraler av animalsk opprinnelse i fôr (TSE-regelverket)*. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_om_tseregelverket.2275 (Hentet: 06.12.23)

Mattilsynet (2023) *Bruk av dyr fra havet som fôr til matproduserende dyr*. Tilgjengelig fra: <https://www.mattilsynet.no/for/bruk-av-dyr-fra-havet-som-for-til-matproduserende-dyr> (Hentet: 06.12.23)

McDonough, W. & Braungart, M. (2002) *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press.

McGinnity, P., Stone, C., Taggart, J., Cooke, D., Cotter, D., Hynes, R., McCamley, C. & Ferguson, A. (1997) Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: Use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment. *Ices Journal of Marine Science*. 54 (6), s. 998-1008. [https://doi.org/10.1016/S1054-3139\(97\)80004-5](https://doi.org/10.1016/S1054-3139(97)80004-5)

Miljødirektoratet (2020) *Bedre datagrunnlag i havbrukssektoren*. Miljødirektoratet rapportnummer M-1913.

Miljødirektoratet (2023) *Sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/> (Hentet 10.10.2023)

Miljøstatus (2022) *Deponering av avfall*. Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallshandtering/deponering-av-avfall/>. (Hentet 12.12.2023)

Misund, B (2022) *Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko?* NORCE Helse og samfunn. Rapport 41-2022.

Morseletto, P. (2020) Restorative and regenerative: Exploring the concepts in the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*. 24 (4), s. 763-773. <https://doi.org/10.1111/jiec.12987>

Myhre, M. S. (2022) *Restråstoffanalyser 2020-2022: Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff fra norsk fiskeri- og havbruksnæring*. SINTEF Ocean, Rapport 2022:00893.

Nadim, M. (2015) Generalisering og bruken av analytiske kategorier i kvalitativ forskning. *Sosiologisk tidsskrift*, 23(3), s. 129–148. <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-2928-2015-03-0>

NIBIO (2021) Fiskeslam. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fiskeslam> (Hentet 10.10.2023)

Nilsen, A., Nielsen, K.V., Biering, E. & Bergheim, A. (2017) Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture*, Volume 466, s. 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.009>.

NOU 2009:16 (2009) *Globale miljøutfordringer – norsk politikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2009-16/id568044/?ch=3>

NORCE (u.å.) *BIOSIRKEL: Økt innovasjonskapasitet og innovasjonstakt for sirkulær bioøkonomi på Vestlandet*. Tilgjengelig fra: <https://www.norceresearch.no/prosjekter/biosirkel-okt-innovasjonskapasitet-og-innovasjonstakt-for-sirkulaer-bioekonomi-pa-vestlandet> (Hentet. 13.12.2023)

Nyrud, T., Iversen, A., Bendiksen, B.I., Robertsen, R. & Steinsbø, S. (2023) *Sjømatnæringens ringvirkninger: Verdiskaping og ringvirkninger fra norsk sjømatnæring for 2022*. Nofima Rapport 27/2023.

Ocean Farming (2023) Havmerde-prosjektet – Sluttrapport prosjekt Ocean Farm 1. Tilgjengelig fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og->

[tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser/Kunnskap-fra-utviklingsprosjektene](#) (Hentet: 05.01.24)

Payne, R.J., Disc, N.B., Field, C.D., Dore, A.J., Caporn, S.J. & Stevens, C.J. (2017) Nitrogen deposition and plant biodiversity: past, present, and future. *Front. Ecol. Environ.*, 15, s. 431-436. DOI:10.1002/fee.1528

Rabalais, N.N., Turner, R.E., Díaz, R.J & Justić, D. Global change and eutrophication of coastal waters, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 66 (7), s. 1528-1537.

<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp047>

Regjeringen (2021a) *Havbruksstrategien: Et hav av muligheter*. Nærings- og fiskeridepartementet. Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruksstrategien-et-hav-avmuligheter/id2864482/?ch=2>.

Regjeringen (2021b) *Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi*. Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nasjonal-strategi-for-ein-gron-sirkular-okonomi/id2861253/>

Regjeringen (2021c) *Norsk havbruksnæring*. Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/> (Hentet: 15.11.23)

Regjeringen (2022) *Fôr fra luft og vann, insekter, blåskjell og krabbeskall*. Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/for-fra-luft-og-vann-insekter-blaskjell-og-krabbeskall/id2934519/> (Hentet: 28.11.23)

Regjeringen (2023) *Veikart 2.0 – Grønt industriløft*. Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/veikart-2.0-gront-industriloft/id2996119/> (Hentet 11.10.2023)

Regjeringen (2024a) *Handlingsplan for en sirkulær økonomi 2024–2025*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/handlingsplan-for-en-sirkular-okonomi/id3029477/?ch=1>. (Hentet: 11.04.24)

Regjeringen (2024b) *Ny fargelegging i trafikklyssystemet for havbruk*. Nærings- og fiskeridepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-fargelegging-i-trafikklyssystemet-for-havbruk/id3028522/> (Hentet: 04.04.2024)

Reike, D., Vermeulen, W.J.V. & Wijtes, S. (2018) The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation & Recycling*, 135, s. 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>.

Renmat (2021) *Fra linje til sirkel*. Tilgjengelig fra: <https://www.renmat.no/artikler/2021/fra-linje-til-sirkel> (Hentet: 08.02.2023)

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., Donges, J.F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Weber, L. & Rockström, J. 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, volume 9, 37. DOI: 10.1126/sciadv.adh2458

Ritchie, H., & Roser, M. (2019) *Land use*. OurWorldinData. Tilgjengelig fra: <https://ourworldindata.org/land-use>. (Hentet: 27.05.2024)

Ritchie, H., & Roser, M. (2021) *Fish and Overfishing*. OurWorldinData. Tilgjengelig fra: <https://ourworldindata.org/fish-and-overfishing>. (Hentet: 27.05.2024)

Rizos, V., Tuokko, K & Behrens, A. (2017) The Circular Economy A review of definitions, processes and impacts. *Centre for European Policy Studies*, CEPS Papers 12440.

Sandmo, E. (2023) Denne oppdrettsmerda er laga av gammel plast. *NRK*, 27.09.23.
Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/trondelag/laget-verdens-forste-oppdrettsmerd-av-gammel-plast-1.16563321> (Hentet: 19.04.24)

Sherratt, A. (2013). Cradle to Cradle. In: Idowu, S.O., Capaldi, N., Zu, L., Gupta, A.D. (eds) *Encyclopedia of Corporate Social Responsibility*. Springer. Berlin, Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8_165

SINTEF (2024) Sirkulære verdikjeder: Plastsøppel fra oppdrett kan bli en ressurs. [podcast] Smart forklart. Tilgjengelig fra: https://www.sintef.no/smart-forklart/?utm_campaign=unspecified&utm_content=unspecified&utm_medium=email&utm_source=apsis-anp-3 (Hentet: 13.04.24)

Sjømat Norge (2023) *Fakta om slam*. Tilgjengelig fra: <https://sjomatnorge.no/fakta-om-slam/> (Hentet: 30.11.23).

Skilbrei, M-L. (2023) *Kvalitative metoder: planlegging, gjennomføring og etiske refleksjoner*. 2. utg. Bergen: Fagbokforlaget.

Skilbrei O. T., Heino M. & Svåsand T. (2015) Using simulated escape events to assess the annual numbers and destinies of escaped farmed Atlantic salmon of different life stages from farm sites in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, 72, s. 670–685.
DOI:10.1093/icesjms/fsu133

Skretting (u.å.) *Hvor mye fôr trengs for å vokse frem en fisk?* Tilgjengelig fra: <https://www.skretting.com/no/aapenhet-og-tillit/ofte-stilte-spoersmaal/hvor-mye-for-trengs-for-aa-vokse-frem-en-fisk/> (Hentet: 07.02.2024)

Skretting (2020) ENVIRONMENTAL FOOTPRINT OF SKRETTING NORWAY SALMON FEED: Use and origin of ingredients and environmental impact of products and operations. Tilgjengelig fra: https://www.skretting.com/siteassets/local-folders/norway/environmental_footprint_of_salmon_feed_2020_skretting_norway.pdf?v=4a053e (Hentet: 26.02.24)

Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Moldal, T., Oliveira, VHS., Svendsen, JC., Haukaas, A. & Brun, E. (2024) *Fiskehelse rapporten 2023*. Veterinærinstituttets rapportserie nr. 8a/2024, Veterinærinstituttet.

Spilling, A.T. (2018) Vil omdanne restprodukt frå fiskeoppdrett og osteproduksjon til biogass. *NIBIO*, 29.10.18. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/nyheter/vil-omdanne-restprodukt-fra-fiskeoppdrett-og-osteproduksjon-til-biogass> (Hentet 10.10.2023)

St. meld. 5 (2022–2023) *Langtidsplan for forskning og høyere utdanning 2023–2032*. Kunnskapsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-5-20222023/id2931400/>

Stahel, W.R. (2008) The Performance Economy: Business Models for the Functional Service Economy. I: Misra, K.B. (eds) *Handbook of Performability Engineerin.*, s. 127-138. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-131-2_10.

Stahel, W.R. (2016) The circular economy. *Nature*, 531, s. 435–438. <https://doi.org/10.1038/531435a>

Stranden, A. L. (2020) Hvert år dør 50 millioner rensefisk i norske oppdrettsanlegg. *Forskning.no*, 29.01.21-Tilgjengelig fra: <https://www.forskning.no/fisk-fiskehelse-fiskesykdommer/hvert-ar-dor-50-millioner-rensefisk-i-norske-oppdrettsanlegg/1627630> (Hentet: 15.01.2024)

Tomter, L. (2023) Ekstremt lakselusutbrudd på Island: Fant 96 lus i snitt på hver laks. *NRK*, 11.11.23. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/norge/ekstremt-lakselusutbrudd-pa-island-fant-96-lus-i-snitt-pa-hver-laks-1.16631926> (Hentet: 17.11.23)

Tomter, L. & Remen, A.C. (2023) Laks vurdert vraket – ble i stedet solgt som premium-vare. *NRK*, 15.11.23. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/norge/laks-vurdert-vraket-til-dyrefor-ble-i-stedet-solgt-som-premiumvare-1.16618115> (Hentet: 17.11.23)

Tomter, L., Omvik, O.L., Remen, A.C. & Rennedal, O. (2023) Forsker om lekkede bilder av massedød: – Oi, dette var mye fisk. *NRK*, 01.11.23. Tilgjengelig fra:

<https://www.nrk.no/norge/plutselig-dode-titusenvis-av-laks---laksegigant-ventet-en-uke-med-a-varsle-1.16601145>. (Hentet: 17.11.23)

Trana, K., Sae-Khow, N. & Digernes-Nordström, J. (2018) Den brysomme laksefiskeren. *NRK*, 13.08.18. Tilgjengelig fra: https://www.nrk.no/trondelag/xl/oppdrettsselskap-dumper-kjemikalier-i-viktige-reke--og-fiskefelt-__pa-tross-av-forbud-1.14094220 (Hentet 16.03.23)

Velenturf, A.P.M, Archer, S.A., Gomes, H.I, Christgen, B., Lag-Brotons, A.J. & Purnell, P. (2019) Circular economy and the matter of integrated resources. *Sci. Total Environ.*, 689, s. 963-969. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.449

Vestland fylkeskommune (u.å.) *Grøn region Vestland*. Tilgjengelig fra: <https://www.vestlandfylke.no/narings--og-samfunnsutvikling/gron-vekst/gron-region-vestland/> (Hentet 13.12.2023)

Wautelet, T. (2018) *The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution*. DOI:10.13140/RG.2.2.17021.87523

Widding, L. Ø. (2005) Case som metode. Hovedutfordringer knyttet til ulike forskningsdesign når hensikten er å generalisere. *Research Gate*. DOI: 10.13140/RG.2.1.3078.8722.

Winans, K., Kendall, A. & Deng, H. (2017) The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 68, Part 1, s. 825-833. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.123>

Winther, U., Hognes, E. S., Jafarzadeh, S. & Ziegler, F. (2020) *Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017*. SINTEF rapport: 2019:01505.

Ytreberg, R. (2018) Havforsker: En halv kilo dritt og slam per kilo laks. *Dagens Næringsliv*, 13.12.18. Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/havbruk/laks/lakseoppdrett/havforskningsinstituttet/havforsker-en-halv-kilo-dritt-og-slam-per-kilo-laks/2-1-498915> (Hentet: 19.10.22)

Zink, T., Geyer, R. (2017) Circular Economy Rebound. *Journal of Industrial Ecology*. Volume 21 (3), s. 593-602. <https://doi.org/10.1111/jiec.12545>

Aarset, B. & Rusten, G. (2007) *Akvakultur: havbruk på norsk*. Fagbokforlaget. Bergen.

Aas, T.S. & Åsgård, T. (2017) *Estimert innhold av næringsstoff og energi i fôrspill og faeces fra norsk lakseoppdrett*. Nofima rapport nr.18/2017.

Vedlegg 1

INFORMASJONSSKRIV TIL INFORMANTER

SIRKULÆRØKONOMISKE TILNÆRMER FOR EN BÆREKRAFTIG HAVBRUKSNÆRING

Denne masterstudien i geografi vil omhandle miljøutfordringene rundt havbruksnæringen og undersøke forskjellige tilnærminger til oppdrett, videre vil vi undersøke i hvilken grad sirkulærøkonomi er blitt og kan gjennomføres i produksjonen. Studien vil også omhandle de organisatoriske utfordringene og politiske dimensjonene knyttet til en overgang mot sirkulærøkonomi. Det er allerede i dag store miljøutfordringer knyttet til oppdrettsnæringen, og utslippene fra næringen øker for hvert år. Lakselus, sykdommer, partikulære- og oppløste utslipp er kun noen av utfordringene knyttet til den økonomiske aktiviteten. Med en forventet vekst i næringen er det også sannsynlig å regne med at miljøutfordringene også vil vokse i takt med veksten i næringen, med mindre dette gjøres på andre måter enn tradisjonell oppdrett i åpne merder. Siden hoveddelen av all oppdrettsproduksjon i Norge er av laksefisk, vil disse artene være i fokus i oppgaven. En sammenlignende case-studie vil gjennomføres med fokus på de ulike tilnærmingene til oppdrett. I havbruksnæringen er det store endringer som kan gjennomføres for å sikre at næringen kan oppnå bærekraftig produksjon med minimalt karbonavtrykk, i tillegg til å spare miljøet for en rekke uheldige bieffekter. Sentralt i studien vil også være å forstå og kartlegge hvilke organisatoriske tiltak som må til for en bærekraftig overgang innen næringen. I studien vil vi belyse hvordan tilnærminger fra sirkulærøkonomi kan forbedre produksjonen, sikre sirkulær næring uten avfall, og minske de miljømessige utfordringene. Studien vil også belyse andre fordeler av sirkulærøkonomiske tilnærminger slik som etablering av nye arbeidsplasser, utfasing av fossile energibærere og klimavennlig produksjon.

Hva innebærer deltakelse i studien for deg?

I denne studien vil det bli gjennomført kvalitative dybdeintervju med aktuelle informanter.

Det er ønskelig å intervju følgende informanter:

1. Representanter med erfaring fra sirkulærøkonomi knyttet til havbruksnæringen.
2. Representanter fra departement og forskningsinstitutt (Fiskeridepartementet og Havforskningsinstituttet).
3. Representanter fra produksjonslokaliteter med ulik tilnærming til oppdrett (tradisjonell, landbasert, lukket i sjø, multitrofisk).

Eventuelle personsensitive og bedriftssensitive opplysninger som måtte komme fram gjennom intervjuene, vil bli behandlet konfidensielt. Videre vil informasjon om virksomheten bli publisert etter avtale. Prosjektet vil etter planen bli ferdigstilt i løpet av 2024. Formidlingsplanen omfatter populærvitenskapelige artikkel/oppslag, vitenskapelige publiseringer i internasjonale journaler, formidling gjennom undervisning og eventuelt foredrag mer allment.

Ved samtykke fra deg som informant vil data fra intervjuene bli oppbevart sikret på Universitetets skytjeneste. Å delta i studien er frivillig. Du kan når som helst trekke deg uten å begrunne hvorfor. Dersom du trekker deg fra studien, vil alle opplysninger bli ekskludert fra prosjektet.

Kontaktinfo

Prosjektteamet for studien er student Christoffer Bjønness og professor Grete Rusten, Institutt for geografi ved Universitetet i Bergen. Prosjektet er i henhold til vedtatte praksis meldt inn til dataansvarlig enhet ved Universitet i Bergen. Dersom du har spørsmål angående studien, ta gjerne kontakt på e-post eller telefon.

Christoffer Bjønness
Institutt for geografi
Universitetet i Bergen
Telefon: 482 75 855
Epost: cbj014@uib.no

Grete Rusten
Institutt for geografi
Universitetet i Bergen
Telefon: 928 37 565
Epost: grete.rusten@uib.no

Vedlegg 2

Intervjuguide til oppdrettsaktører.

NB: Liknende intervjuguider er også laget for andre informantgrupper.

- 1) Kan du fortelle litt om deg selv, din arbeidsgiver og ditt forhold til havbruksnæringen?
- 2) Er norsk havbruksnæring bærekraftig i dag slik du ser det?
 - a) Om ja: Hvordan?
 - b) Om nei: Hva må til for å gjøre den bærekraftig?
- 3) Opplever dere at forbrukere/kunder er opptatte av bærekraft?
- 4) Hvordan arbeider dere mot bærekraft i produksjonen?
- 5) Hvilket kjennskap har du til sirkulærøkonomi?
- 6) Sirkulærøkonomi som strategi for bærekraft satses på av EU og Regjeringen – er dette noe som har berørt dere?
 - a) Kan noen deler av produksjonen beskrives som sirkulære?
 - b) Er dette noe dere arbeider bevisst mot?
 - c) Har dere tall på i hvilken grad dere er sirkulære?
 - d) Er bedre ressurseffektivitet et mål for deres side?
 - e) Kan produksjon bli mer effektiv?
 - f) Måler dere andel av fôr som blir spillfôr?
- 7) Kan du vise til noen eksempler på sirkulærøkonomi i produksjonssystemet til laks og ørret i Norge?
- 8) Materialeffektivitet, ressurseffektivitet og fornybar energi er viktige ting innenfor sirkulærøkonomien, er det satt noen krav til dette fra myndigheter?
- 9) Hvor er det størst behov for sirkulære løsninger? Bioøkonomi vs. Materialøkonomi

- 10) Hvilke muligheter finnes for sirkulære løsninger for biprodukter fra havbruket?
 - 11) Hvilke hindringer/ faktorer som kompliserer en overgang til sirkulærøkonomi i havbruket, finnes?
 - 12) Finnes det miljøkrav som påvirker hvordan der i forhold til bærekraftig produksjon?
 - 13) Hvordan type energiløsning benytter dere ved produksjonsanleggene?
 - 14) Oppdrett i åpne merder er blitt kritisert for blant annet miljøpåvirkning, hvordan kan påvirkningen reduseres?
 - 15) Hvordan ser fremtidens oppdrettsnæring ut med hensyn til anlegg? Land-basert, multitrofisk, åpen i sjø, lukket i sjø, andre tilnærminger?
 - 16) Hvilke tiltak må på plass for å oppnå en mer sirkulær økonomi innenfor havbruksnæringen?
- Til oppdrett med delvis sirkulære løsninger på plass:
- 17) Har dere samarbeidet med andre aktører? FoU, myndigheter osv.
 - 18) Hva har vært hovedmotivasjonene for en overgang til slike systemer?
 - 19) Hvordan behandles biprodukter etter det er oppsamlet?
 - a) Hva vil det brukes til?
 - b) Hvor ender det opp?
 - 20) Hvorfor har dere valgt å gjøre det på denne måten?
 - 21) Hva har vært de største utfordringene i etableringen?