

# Bærekraftig vekst i oppdrettsnæringen frem mot år 2050

Viveke Velstad, MTTEKGEO  
André Fagerheim, MTPROD  
Lotte Askeland Schärer, MTBYGG  
Lars Føleide, MHMS  
Julie Marie Gjølby, MTKJ

3. mai 2017

TIØ4853 Grønn verdiskapning og samfunnsansvar  
EKSPERTER I TEAM, NTNU

# Forord

Denne studien er en besvarelse av prosjektdelen av faget TIØ4853 Eksperter i Team - Grønn verdiskapning og samfunnsansvar ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet våren 2017.

Vi ønsker å takke landsbyleder John Eilif Hermansen for god organisering, konstruktive tilbakemeldinger samt motivasjon i arbeidet med dette prosjektet. Videre ønsker vi å takke Alexandra Neyts, Siv Anita Etter, Bernt Ege, Kjell Inge Reitan og Dag Aksnes som har vært gode ressurspersoner som velvillig har gitt teamet innsikt i dagens situasjon i oppdrettsnæringen samt fremtidsmuligheter. Deres bidrag har vært uvurderlig for studiens resultat.

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim, 3. mai 2017

---

André Fagerheim

---

Julie Marie Gjøby

---

Lotte Askeland Schärer

---

Lars Føleide

---

Viveke Velstad

# Sammendrag

Dette studiet har sett på de miljømessige utfordringene som oppdrettsnæringen står overfor, med fokus på tiltak som kan tillate videre vekst i næringen frem mot år 2050.

Utfordringer innen fôrproduksjon, påslag av lakselus og utslipp av næringssalter og organisk materiale har blitt nøye studert. Studiet har sett på bærekraftig lakseoppdrett ved økt produksjon, med spesiell interesse for om Ocean Farming kan gjøre næringen mer bærekraftig.

En femdobling frem mot år 2050 er et ambisiøst mål for Norge som allerede er verdens største eksportør av fisk. Fiskeridirektoratet gir ut konsesjoner for innovative merdløsninger hvor det planlegges å gjøre betydelige investeringer. Studien har omtalt verdens første havbaserte merd, Ocean Farm 1, som potensielt kan være et godt og bærekraftig alternativ til tradisjonelle merder. Dette representerer en mulig løsning på arealkonflikten som eksisterer per i dag.

Mesopelagisk fisk har blitt studert som mulig fôr for laksen, dersom forskning viser at omfattende fangst av denne fisketypen ikke vil ha betydelig påvirkning på havets økosystem og karbonfangst.

Lakselus har vært en utfordring for næringen i flere tiår. Spesielt året 2016, når vi så en 41 % nedgang i bruk av medikamentelle avlusningsmetoder og en seksdobling i bruke av ikke-medikamentelle metoder. Lakselusen har en egen evne til å utvikle resistens mot de virkemidler som tas i bruk. I studien har en kombinasjonsløsning av rognkjeks, luseskjørt og laser, samt produksjon av større smolt, blitt presentert for bekjemping av lakselus med fokus på fiskevelferd.

Integrert havbruk er foreslått som en løsning på utslipp av næringssalter og organisk materiale fra åpne merder. Utslippene fra merden blir utnyttet ved å bruke forbrukerne av disse ressursene som råvarer for fôrproduksjon. Man kan dyrke mikro- og makroalger og børstemarken vil kunne nyttiggjøre seg av organisk materiale. Næringssaltene og det organiske materialet vil i en havmerd spres over et større areal, og belastningen på miljøet blir dermed mindre.

Studien konkluderer med at produksjon i havmerden Ocean Farm 1 vil være mer bærekraftig enn i tradisjonelle merder, spesielt i kombinasjon med tiltak innen fôr, lakselus og næringssalter. En bærekraftig femdobling av oppdrettsnæringen vil bidra til å oppnå mange av FNs bærekraftsmål. Den økte produksjonen vil forsyne verdensbefolkning med mat, og forbedret førsammensetning vil gi bedre ernæring til forbrukere.

# Innhold

<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn . . . . .	1
1.2 Problembeskrivelse . . . . .	2
1.3 Teamet - medlemmer og kompetanse . . . . .	2
<b>2 Metode</b>	<b>6</b>
2.1 Litteratur og intervju . . . . .	6
2.1.1 Intervjuoversikt . . . . .	6
2.1.2 Ocean Challenge . . . . .	7
<b>3 Bærekraft, oppdrett og fôrproduksjon</b>	<b>8</b>
3.1 Bærekraft . . . . .	8
3.2 Oppdrettslaksens livssyklus . . . . .	11
3.3 Fôrproduksjon . . . . .	12
3.4 Mulige alternative råvarer i fôrproduksjon . . . . .	13
<b>4 Situasjonen i merden</b>	<b>16</b>
4.1 utfordringer med lakselus . . . . .	16
4.2 Kombinasjon av rognkjeks, luseskjørt og laser . . . . .	18
4.3 Produksjon av storsmolt . . . . .	20
4.4 utfordringer ved fôrsammensetningen . . . . .	20
4.5 utfordringer med utslipp av næringssalter og organisk materiale . . . . .	21
4.6 Integrert havbruk . . . . .	22
<b>5 Offshore oppdrett: Ocean Farm 1</b>	<b>25</b>
5.1 Design . . . . .	26
5.2 Fordeler . . . . .	26
5.3 utfordringer . . . . .	27
<b>6 Diskusjon</b>	<b>29</b>
<b>7 Konklusjon</b>	<b>32</b>
<b>Referanser</b>	<b>33</b>

# 1 Innledning

I denne studien diskuteres mulige løsninger for en bærekraftig utvidelse av laksenæringen frem mot år 2050. Studiet har hatt fokus på grønn verdiskapning og samfunnsansvar.

## 1.1 Bakgrunn

I underkant av femti år har Norge drevet med oppdrett av laks, og i løpet av disse årene har landet blitt verdens største eksportør av oppdrettslaks [Miljøstatus.no, 2015]. Norge har en langstrakt og variert kystlinje, en passende sjøtemperatur og et strømningsforhold som utgjør grunnlaget for en effektiv produksjon. Disse naturlige gitte fortrinnene har vært med på å gi denne næringen muligheten til å vokse seg så stor som den er i dag [NFD, 2015].

Oppdrettsnæringen er Norges nest største næring etter olje- og gassnæringen. Med en global befolkningsvekst, samtidig som det er nedgangstider i olje- og gassnæringen, sees det naturlig med en økt produksjon og verdiskapning av laks. Dette vil både skape nye arbeidsplasser og møte den økte etterspørselen av sjømat på verdensmarkedet. [NFD, 2015]. Den økte etterspørselen muliggjør en femdobling av produksjonen av laks i Norge innen år 2050 [DKNVS og NTVA, 2012].

Samtidig som det planlegges en økt produksjon, settes det også strengere krav til næringen. Regjeringen krever nå at utviklingen i oppdrettsnæringen skal være basert på en forutsigbar og bærekraftig vekst samt å ha en bedre miljøtilpassing. Det vil være de miljømessige faktorene som veier tyngst når det skal avgjøres om en vekst skal tilbys eller ikke. Hvis produksjonen fortsetter slik den er i dag, vil en økt produksjon føre til økt miljøbelastning. Man er derfor nødt til å løse miljøutfordringene i dagens drift, noe som krever mer forskning og teknologiutvikling [NFD, 2015].

De største miljømessige utfordringene som begrenser oppdrettsnæringen innenfor dagens rammebetingelser er påslag av lakselus og rømming av oppdrettslaks. Oppdrettsnæringen står også ovenfor bærekraftige utfordringer i fôrproduksjonen og utslipp av næringssalter og organisk materiale. [NFD, 2015].

## 1.2 Problembeskrivelse

Dette studiet er et bidrag til opplysning og bevisstgjøring rundt eksisterende utfordringer for bærekraftig mangedobling av lakseoppdrettsnæringen. Det er rettet fokus på utfordringene i henhold til forproduksjon, påslag av lakselus og utslipp av næringssalter og organisk materiale. Rapporten vil besvare følgende spørsmål:

*Hvilke foreslåtte løsninger kan skape bærekraftig lakseoppdrett ved økt produksjon?*

*Kan "offshore oppdrett" være løsningen på alle disse utfordringene?*

## 1.3 Teamet - medlemmer og kompetanse

Denne studien er utført av fire sivilingeniørstudenter og en informatikkstudent. Ingen i teamet hadde direkte faglig tilknytning til havbruksnæringen før arbeidet med studien. Gjennom arbeidet med studien har teammedlemmene fått verdifulle innblikk i lakseoppdrettsnæringen, og utfordringene den står ovenfor. I påfølgende avsnitt vil teammedlemmenes faglige bakgrunn bli presentert. Det vil belyses hvilke faglige kompetanse som ble benyttet og hva hvert teammedlem tilegnet seg av faglige kunnskaper gjennom arbeidet med denne studien.

### Viveke Velstad

Viveke går sivilingeniørstudiet "Tekniske geofag" ved NTNU. Studieretningen hun har valgt er ingeniør- og miljøgeologi med hovedprofil innen miljø- og hydrogeologi. Temaet "oppdrettsnæringen" synes hun var et spennende tema og nært tilknyttet hovedprofilen i utdanningen. Under prosjektarbeidet har hun forsøkt å vurdere tillegnet informasjon basert på kunnskap fra utdanningen som omhandler vann og miljø.

Sammen med de andre har hun deltatt på intervjuer hvor hun typisk har vært sekretær. Hun har brukt mye tid på rapportskrivning og har spesielt trivdes med å finne fordeler og ulemper i det relevante fagstoffet fra intervjuer og litteratur innhenting, for eksempel ved hjelp av SWOT-analyse. Hennes faglige perspektiv har gjennom prosjektarbeidet blitt større. Hun har fått et bedre begrep på hva bærekraftig kan innebære og blitt mer oppmerksom på viktigheten av å tenke på grønn verdiskapning og samfunnsansvar.

## **Andre Fagerheim**

André går sivilingeniørstudiet ”Produktutvikling og produksjon”, hvor han tar fordypning ved Instituttet for energi- og prosesseteknikk. Videre har han valgt spesialisering i Industriell Økologi. André forventer å bidra faglig med sin kunnskap i livsløpsanalyse, da han ser dette som meget relevant innenfor grønn verdiskapning. André kan tilføre mye til gruppen i idéfasen, gjennomføringsfasen, samt holde oversikt, både på helhetlig og detaljert nivå. Han ser også fram til å lære om hvordan slutfasen kan gjennomføres.

Gjennom semesteret har André bidratt mye til idéfasen og innhenting av informasjon, både gjennom intervjuobjekter og fra litteraturstudier. Han har vært spesielt aktiv i kontakten med tredjepersoner. Fra sin bakgrunn i livsløpsanalyse har han bidratt mest med systemtenkning, samt skapt oversikt både helhetlig og detaljert. Gjennom semesteret har det faglige perspektivet utvidet seg innenfor området lakseoppdrett, både om muligheter og utfordringer laksenæringen står ovenfor. Videre vil André ta med seg de påbegynte mulighetene Norge har for lokal og nasjonal verdiskapning med utnyttede ressurser.

## **Lotte Askeland Schärer**

Lotte går sivilingeniørstudiet i ”Bygg- og miljøteknikk” ved NTNU. Studieretning hun har valgt er vannforsynings- og avløpsteknikk, med planlagt fordypning innen vannforsynings- og avløpssystemer. Fagligkompetanse som kom godt med til studie i denne rapporten var blant annet kunnskaper fra faget ”TIØ4300- Miljøkunnskap, økosystemtjenester og bærekraft”. Hun har også i løpet av semesteret deltatt på ”Spring school- water in urban areas”, ved TU Berlin, der utslipp fra laksenæringen var en sentral del av pensum. Hennes bekjente innen laksenæringen har også vært fordelaktig ved verifisering av innhentet informasjon i dette studiet.

I prosessen har Lotte vært deltagende og tilstede ved gjennomføring og ferdigstilling av rapporten. Hennes største bidrag til rapporten har vært litteratursøk, skriving og renskrivning, der hun har brukt sine kunnskaper fra tidligere litteraturstudier. Hun er også opptatt av at man må være kritisk til løsningene som diskuteres, da hun mener at alt har en ”baksidje. Dette studiet har gitt henne et større innblikk i laksenæringen, og også inspirert henne til å bruke andre ressurser enn litteratur ved innhenting av informasjon i videre studier.

## Lars Føleide

Lars går 4. året i masterstudiet informatikk. Han er nå i sitt 19. år i høyere utdanning og tar nå spesialiseringen Interaksjonsdesign, spill- og læringsteknologi. Lars tar også en master i Entreprenørskap, Innovasjon og Samfunn - med en sterk interesse for samfunnsentreprenørskap. Han har fra tidligere to mastergrader: Økonomi og Administrasjon fra Handelshøyskolen i Bergen - samt Innovasjon og Entreprenørskap fra Universitetet i Oslo. Lars har i mer enn 20 år vært opptatt av samfunnsansvar og samfunnsbidrag, med en økende bekymring og interesse for miljøet. Landsbyen Grønn verdiskaping og samfunnsansvar ble derfor et naturlig valg, ettersom Lars har fra tidligere mye erfaring med grønn økonomi.

Lars begynte i 2010 på en doktorgrad innen samfunnsentreprenørskap, hvor han i 2011 dro til USA (Silicon Valley) for å kombinere den innsikt han hadde tilegnet seg i to mastergrader med aksjonsforskning for å få en bedre forståelse for de utfordringer og muligheter som finnes innen grønn verdiskaping. En lang karriere i å utvikle idéer og konsepter, gjorde det naturlig for Lars å bidra med mange idéer og en idealisering i idéfasen. Han har med sin faglige bakgrunn og mye erfaring en svært god intuitjon i forhold til de mange fallgruvene som finnes både innen gruppearbeid og det å oppnå en trippel bunnlinje. Det var derfor naturlig for Lars å delta på Ocean Challenge og ta kontakt med aktuelle intervjuobjekt. I dette studiet har Lars utviklet en god innsikt i Norges viktigste eksportnæring og hva utfordringer oppdrettsnæringen står overfor for å bli mer bærekraftig og samtidig oppnå videre vekst frem mot år 2050.

## Julie Marie Gjøby

Julie går sivilingeniørstudiet "Industriell kjemi og bioteknologi" med hovedfag i Prosess-systemteknikk ved Institutt for kjemisk prosesseteknologi. Gjennom studiet har hun opparbeidet seg kunnskap om kjemiteknikk, reguleringsteknikk og modellering. Hun har også opparbeidet seg kunnskap om samfunnsøkonomi gjennom ekstra emner og programmering gjennom fag og deltidsjobb.

I arbeidet med prosjektrapporten kom Julie sine erfaringer med å tenke i et systemperspektiv godt med. I oppstarten da temaet for prosjektet skulle bestemmes fikk hun spesielt benyttet disse erfaringene ved å raskt forstå om oppgaven var gjennomførbar eller ikke. Gjennom hele prosjektet har Julie hatt et fokus på rapporten, da dette har vært hennes styrke i gruppa. Som den mest erfarne med å skrive i LaTeX



har hun vært ansvarlig for implementering og ferdigstilling av rapporten. Hun har også bidratt i litteraturstudiet og vurderingen av det innhentede materialet. Landsbyen har gitt henne en verdifull innsikt i et verdigrunnlag som burde ligge til grunn for all næringsvirksomhet. Det å skrive prosjekt om lakseoppdrett har gitt Julie mer erfaring med å raskt sette seg inn i en ny næring. Gruppens bruk av tredjepersoner har lært henne viktigheten av å benytte andre ressurser enn kun litteraturen og hvor lett det kan være å samarbeide med norske aktører i næringslivet.

## 2 Metode

Studien er basert på litteraturstudie, intervjuer med viktige aktører og deltakelse i casekonkurransen Ocean Challenge.

### 2.1 Litteratur og intervju

Et litteraturstudie av relevante publikasjoner har vært en viktig informasjonskilde til å underbygge og utforme studien. Etter å ha deltatt på første bibliotekar Roar Storleers litteratursøkekurs ble teamet spesielt oppmerksomme på viktigheten av å bruke troverdige, nøyaktige og objektive kilder. En annen viktig informasjonskilde har vært intervjuer med viktige aktører i oppdrettsnæringen. I avsnitt 2.1.1 gis det en oversikt over intervjuene. Lars deltok også i case-konkurransen Ocean Challenge, se avsnitt 2.1.2 for en nærmere beskrivelse av konkurransen.

Bærekraftigheten i den tilegnede informasjonen om nåværende oppdrettsnæring, samt potensielle fremtidsmuligheter, har blitt vurdert ut fra Griggs bærekraftsmodell som er nærmere omtalt i avsnitt 3.1. For å vurdere bærekraftigheten i alternative fremtidsløsninger i oppdrettsnæringen har også SWOT-analyser blitt gjennomført. I en SWOT-analysene vurderes styrker, svakheter, muligheter og trusler.

#### 2.1.1 Intervjuoversikt

For å belyse problemstillingen har følgende fagpersoner blitt intervjuet:

- Alexandra Neyts, prosjektleder for NTNU Havromsvitenskap og teknologi. Intervjuet 22. februar 2017 ved Trondheim biologiske stasjon.
- Siv Anita Etter, stipendiat innen integrert havbruk, Institutt for biologi, NTNU. Intervjuet 9. mars 2017 på NTNU/SINTEF Ocean.
- Bernt Ege, prosjektleder i Global Maritime. Skype-intervju 29. mars 2017.
- Kjell Inge Reitan, professor innen akvatisk økologi, NTNU. Intervjuet 30. mars 2017 ved NTNU Sealab.
- Dag Lorents Aksnes, professor innen biologi, UiB. Telefonintervju 21. april 2017.

### 2.1.2 Ocean Challenge

De fire strategiske satsningsområdene til NTNU er Ocean, Energy, Health and Sustainability. I denne forbindelse har NTNU Ocean Club blitt opprettet, og de tok initiativ til å dra i gang en casekonkurranse kalt Ocean Challenge. Årets tema var AquaCulture 2050. Ettersom dette er fokuset i studien, var casekonkurransen en god mulighet for innhenting av nye perspektiver og idéer. Konkurransen presenterte to utfordringer av to bedrifter, hvor den ene omhandlet SeaWeed - mens SalMar ønsket et modulært anlegg på land for å produsere smolt. SalMar kunne fortelle at mange av de utfordringene de opplever kan spores tilbake til kvaliteten på smoltproduksjonen.

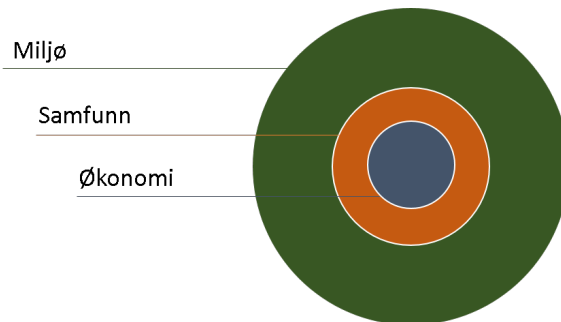
72 timer etter frislipp av casen ble en løsning presentert med inspirasjon av hvordan parmesanost blir lagret. Her får fisken svømme i et rørsystem med kontinuerlig sortering fremfor det som gjøres i dag med sortering fire ganger i året, som gjør at halvparten av smolten vil oppnå ønsket vekt på 100 gram.

### 3 Bærekraft, oppdrett og fôrproduksjon

Begrepet bærekraft og bærekraftig utvikling brukes på mange forskjellige måter. I avsnitt 3.1 defineres det hvordan begrepene brukes i denne studien. For å gi en helhetlig oversikt over oppdrettslaksen livssyklus gis det en kort oversikt over dette i avsnitt 3.2. Oppdrettslaksen må fôres for å vokse seg stor. Viktige bestanddeler i laksefôr er i dag soya og matfisk. Produksjonen av soya går på bekostning av en av klodens viktigste naturressurser; nemlig regnskogen. For å kunne fôre all laksen ved en femdobling av produksjonen må det hentes ut tilsvarende mengder soya. I en allerede presset og begrenset tilgang på råvarer vil en slik rovdrift innebære store negative miljømessige effekter. Økt fôrproduksjon vil også kreve større fangst av matfisk, og dette er ikke mulig. Utfordringene med fôrproduksjon utdypes i avsnitt 4.4, og alternative fôrtiler vil presenteres i avsnitt 3.4.

#### 3.1 Bærekraft

Begrepet “bærekraft” defineres i denne studien etter modellen “a unified framework”, som er utarbeidet av professor David Griggs med kolleger i 2013. Griggs et. al [2013] definerer bærekraftig utvikling i Antroposen som “Utvikling som imøtekommer dagens behov, men samtidig ivaretar forutsetningene for livet på kloden”. Figur 3.1 illustrerer det nye paradigmet for bærekraft som danner grunnlaget for Griggs’ modell.



**Figur 3.1:** Paradigme for bærekraft foreslått av Griggs et. al [2013]

I tidligere bærekraftsmodeller har økonomi, samfunn og miljø blitt ansett som like viktige faktorer for bærekraft. I Griggs modell anses det å ivareta forutsetningene for livet på kloden som den aller viktigste faktoren for bærekraft, deretter kommer

samfunn og tilslutt kommer økonomi. Med fokus på å bidra til å oppnå FNs bærekraftsmål, er Griggs bærekraftsmodell valgt.

FN har satt 17 bærekraftsmål for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen år 2030 [UN, 2017]. Disse målene danner en felles global retning for land, næringsliv og sivilsamfunn, og vil ligge til grunn for vurderingene i denne studien. Figur 3.2 viser en oversikt over disse bærekraftsmålene.



**Figur 3.2:** FNs bærekraftsmål [UN, 2017].

En bærekraftig lakseoppdrett vil kunne bidra til å nå flere av FNs bærekraftsmål. Med hensyn til bærekraftsmodellen og regjeringens krav om at utviklingen i oppdrettsnæringen skal være basert på en forutsigbar og bærekraftig vekst, samt å ha en bedre miljøtilpassing [NFD, 2015], er det seks av målene som vektlegges i bedømmelsen av bærekraft i denne rapporten. Dette gjelder bærekraftsmål nummer 2, 8, 12, 13, 14 og 15. Følgende bærekraftsmålene er sitert [UN, 2017].

*2) Utrydde sult, oppnå matsikkerhet og bedre ernæring, og fremme bærekraftig landbruk.*

*8) Fremme varig, inkluderende og bærekraftig økonomisk vekst, full sysselsetting og anstendig arbeid for alle.*

*12) Sikre bærekraftige forbruks- og produksjonsmønstre.*

*13) Handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem.*

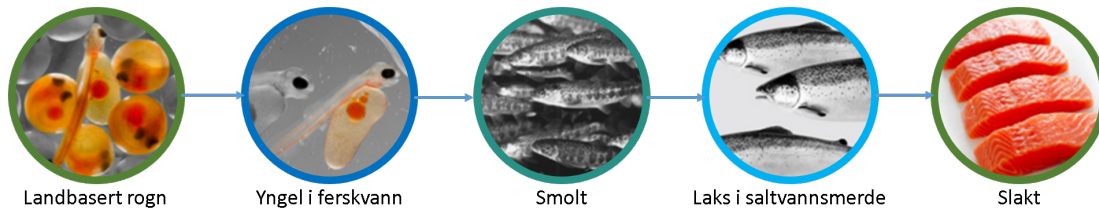
*14) Bevare og bruke hav og marine ressurser på en måte som fremmer bærekraftig utvikling.*

*15) Beskytte, gjenopprette og fremme bærekraftig bruk av økosystemer, sikre bærekraftig skogforvaltning, bekjempe ørkenspredning, stanse og reversere landforringelse samt stanse tap av artsmangfold.*

## 3.2 Oppdrettslaksens livssyklus

Oppdrett av laks er en tidkrevende og omstendig prosess. Det påfølgende avsnittet vil introdusere alle stegene i prosessen laksen går igjennom fra den er rogn til den slaktes. Informasjonen er hentet fra store aktører i oppdrettsnæringen; [SalMar, 2017], [Salma, 2017] og [Nesfossen, 2017].

Den typiske prosessen fra rogn til filetert laks vil ta ca 2,5 år. Prosessen beveger seg fra land, ut i havet og på land igjen, og innebærer frakting, føring og nøye overvåking. En skjematisk framstilling av laksens livssyklus er gitt i figur 3.3.



**Figur 3.3:** Skjematisk framstilling av livssyklusen til en oppdrettslaks. Fargen på omrisset av sirklene indikerer miljøet laksen befinner seg i. Grønn er landbasert, blå er ferskvann og turkis er saltvann [Nesfossen, 2017].

Rogn ligger i klekkeskap som er plassert på land i omtrent to måneder før skallet sprekker og yngelen frigjøres. I de første fire til seks ukene fungerer plommesekken fra klekkingen som fôr til yngelen. Når plommesekken er borte settes yngelen ut i ferskvannskar plassert på land. Her tilsettes fôr, og ettersom yngelen øker i størrelse, blir den flyttet i forskjellige kar. Det er også i dette stadiet fisken vaksineres.

Prosessen for å gjøre yngelen klar til en overgang fra ferskvann til saltvann kalles smoltifisering. Når yngelen har vokst seg til 60-120 g, blir den kalt "smolt", og flyttes til merder i en brønnbåt. På veien tilvennes smolten saltvann ved at saltinnholdet i vannet økes gradvis.

En merd er en notpose som holdes oppe av et forankret flytende element og henger fritt ned i sjøen. I forskjellige merder vokser fisken seg fra smolt til 4-6 kg laks. Denne perioden i saltvann vil ta omtrent 18 måneder. Når fisken sees som stor nok til at den kan slaktes, sendes den til en ventemerd. Her er de i 24 timer, og i følge

Alexandra Neyts fester de fisken i dette steget, for å få ut giftstoffer og avføring før slakting. Fisken vil også bli roet ned slik at man unngår stress, som vil kunne påvirke kvaliteten på fiskekjøttet.

### 3.3 Fôrproduksjon

Idag står laksenæringen overfor store utfordringer når det kommer til hvilket fôr laksen skal spise og hvilke kilder fôret skal komme fra. Laksens diett består av fiskeolje og fiskemel, som kommer fra marine kilder, samt vegetabiliske fôrkilder som raps, soya, hvete og erter. I tillegg fôres laksen med vitamin-, mineral- og fargestofftilsetninger [EWOS, 2017]. En oversikt og beskrivelse av komponentene i fiskefôr er gitt i tabell 3.1.

**Tabell 3.1:** Tabell over komponentene i fiskefôr, hentet fra [EWOS, 2017]

Fiskeolje	Olje fra fet fisk. Viktig for innholdet av Omega-3-fettsyrer. Mye av fiskeoljen kan erstattes av vegetabiliske oljer uten at det går ut over fiskens helse, vekst eller velferd.
Fiskemel	Produseres av industrifisk og fiskehoder og andre deler av fisken som ikke spises. Det er proteinet i fiskemelet som er ettertraktet. Dette kan erstattes av andre proteinkilder som soya og belgvekster.
Rapsolje	Rapsolje er en vegetabilisk matolje som utvinnes av frøene til rapsplanten. Den viktigste energikilden i fiskefôr.
Soyaprotein	Frøene i soyaplanten inneholder ca. 40 % protein og er den mest brukte proteinkilden i fiskefôr.
Hvetegluten	En god proteinkilde, i tillegg til at den er viktig som binde-middel i fôret.
Hvete og erter	Inneholder karbohydrater som binder pelletten sammen.
Mineraler	Sporstoffer som er nødvendige for mange funksjoner hos plan-ter, dyr og mennesker. Viktig for fiskens helse.
Vitaminer	Vitamin E og vitamin C er viktige antioksidanter i fôret.
Fargestoff	Astaxanthin er pigment som naturlig kommer fra krepsdyr. Det tilsettes fôret for å gi laksen den karakteristiske rødfargen.

Dagens laksediett består av 70 % vegetabilisk fôr, og denne store bruken av vegeta-bilske fôrkilder skaper utfordringer på landjorden. Store arealer beskattes for å dyrke



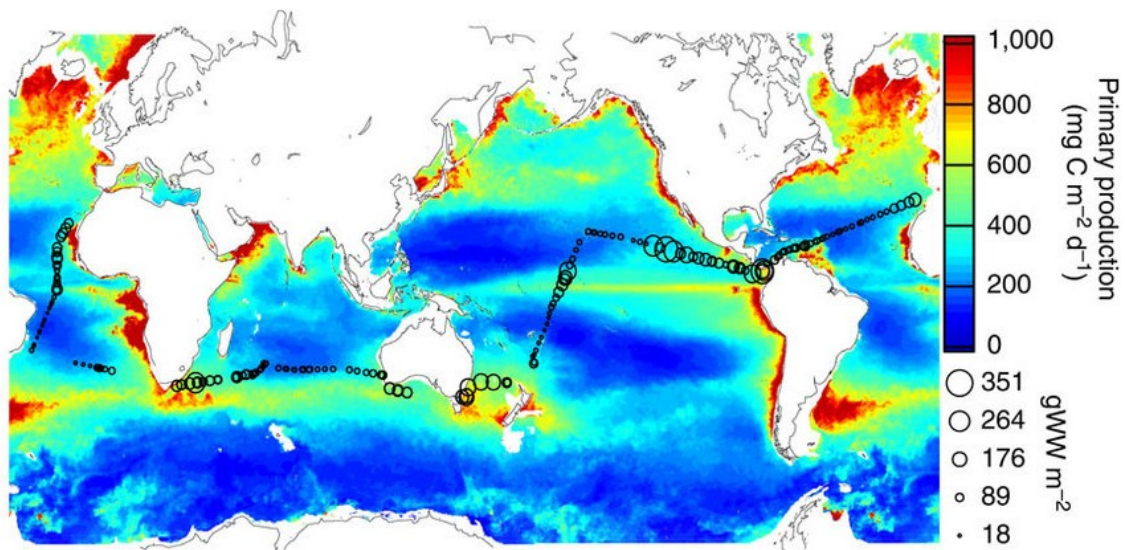
mengden vegetabilsk fôr som trengs for å mette en voksende laksenæring. Produksjonen av det vegetabilske fôret krever også store innsatsfaktorer som sprøytemidler og kunstgjødsel. En mye brukt vegetabilsk fôrkilde er soya. Soya fungerer utmerket som kraftfôrkilde til fisk og husdyr, og brukes i store mengder i hele den industrialiserte verden. Noe som gjør soya spesielt ettertraktet er plantens høye innhold av fett og essensielt protein. CICERO har uttalt at i perioden 1990-2010 sto dyrking av soya for 29 % av avskogingen i Amazonas som knyttes til eksport [Lindahl, 2014]. Det er også kartlagt: *Per 2013 importerte Norge 900 000 tonn soya, hvorav 565 000 tonn gikk til landbruks- og oppdrettsnæringen, hvorav 360 000 tonn gikk til oppdrettsnæringen alene. 80 % av soyaen hadde sin opprinnelse fra Brasil, hovedsakelig fra Mato Grosso provinsen.* " [Lindahl, 2014]. Avskoging av regnskogen påfører uerstattelige tap av økosystemer og biomangfold, samtidig som det øker truslene mot innfødte stammer og deres levestruktur [Lindahl, 2014]. Ifølge Kjell Inge Reitan har lakseprodusentene i Norge lov til å bruke genmodifisert soya, men velger å ikke bruke dette da de frykter forbrukernes reaksjoner på bruken av denne type fôr. Bruken av vegetabilsk fôr påvirker ifølge Kjell Inge Reitan jordens fosforsyklus negativt, da vegetabilsk bundet fosfor er uopptakelig for laksen, i motsetning til marint bundet fosfor, og går til spille i havet.

### 3.4 Mulige alternative råvarer i fôrproduksjon

Ettersom laksenæringen ønsker vekst, og mange av fôrkildene påvirker landjorden, miljøet og både fisken og konsumenters helse foreslås det at nye fôrløsninger taes i bruk. I hovedsak ønskes en erstatning av dagens fett- og proteinkilder. De alternative fôrkildene som presenteres i denne studien er hentet fra intervju med Kjell Inge Reitan ved NTNU Sealab og Dag Aksnes ved Universitet i Bergen.

Det er relativt lett å erstatte proteinet i fiskefôret med andre vegetabilske kilder. Dette kan være insekter, mikroalger og makroalger. Per dags dato er bruken av disse fôrerstatte ennå på forskningsstadiet. Makroalger, tang og tare, er i hovedsak rike på karbohydrater. Dette er et problem for laksen, da laksen er en rovfisk og lever best på fett og proteiner fra marine kilder. Derimot kan makroalgene gjennomgå en prosessering for å isolere proteinet, som deretter kan brukes til fôr. Raudåte og mikroalger er gode kilder til marine fettsyrer, men fangsten er kostbar, og høsting av disse lavtrofiske primærprodusentene kan ha konsekvenser for de høyere sjiktene i økosystemet. Det er tenkelig at andre arter kan lide hvis raudåte og mikroalger blir fanget i omfattende grad.

En annen lovende løsning til fôrproblemet er å utnytte seg av de uutnyttede mesopelagiske fiskeartene. Mesopelagiske fiskearter beskriver de fiskeartene som lever på dybder mellom 200 til 1000 meters dyp. Dette er fisk som verken lever på bunnen eller overflaten i havet, hvor majoriteten av matfisken fanges. Mesopelagisk fisk er fisk som i liten grad brukes som menneskeføde. Ifølge professor Dag Aksnes er det konservative estimatet for mesopelagisk fisk på 1 milliard tonn. Dette estimatet er basert på nettfangster fra 1980. Derimot antyder et usikkert akustisk estimat 10 milliarder tonn mesopelagisk fisk i verdenshavene [Irigoiien et al., 2014], men dette er ikke verifisert med fangstdata. 10 milliarder tonn er 100 ganger mer enn mengden villfisk som høstes hvert år. Årlig fangst av villfisk er 100 millioner tonn, og kan ikke økes, ifølge Dag Aksnes. De akustiske estimatene viser at forekomstene av mesopelagiske fisk er stor i norske farvann. Dette kan sees i figur 3.4.



**Figur 3.4:** Kart over biomasse mesopelagisk fisk [Irigoiien et al., 2014]

Mesopelagisk fisk er av størrelsesorden 1-16 centimeter, et illustrasjonsfoto av en typisk mesopelagisk fisk i norske farvann er vist i figur 3.5. De mesopelagiske fiskeartene er vanskelig å fange fordi de har en tendens til å smette unna fangstnettene. Mesopelagisk fisk har blitt lite studert av forskere, og kunnskapen om den fisken og dens oppførsel er derfor liten. For at omfattende fangst av mesopelagisk fisk skal gjennomføres må det vises til tilstrekkelige bevis for at omfattende fangst ikke vil ha innvirkning på andre økosystemer. Dersom fangsten blir omfattende er det tenkelig

at andre arter kan lide. Mesopelagisk fisk bidrar også til havets karbonfangst ved at den finner mat i de øvre vannlagene om natten og migrerer til dypere vannlag på morgenen. En konsekvens av omfattende fangst av mesopelagisk fisk er at havets karbonfangst kan bli redusert, men mer forskning kreves for å konstantere betydningen mesopelagisk fisk har i havets karbonfangst [ScienceNordic, 2014].



**Figur 3.5:** Den mest vanlige mesopelagiske fiskearten i Norge er lanternefisk. Den kan vokse seg opp til 15 centimeter [ScienceNordic, 2014]

## 4 Situasjonen i merden

Den mest ressurskrevende delen av lakseoppdrett er perioden laksen tilbringer i merden for å vokse seg stor. Det er i denne fasen av oppdrettsprosessen næringen har de største utfordringene for utvidelse [Fiskeri- og kystdepartementet, 2009]. I denne studien rettes det fokus mot utfordringene næringen står ovenfor med påslag av lakselus, førsammensetning og utslipp av næringsalter og organisk materiale.

Utbredelsen av lakselus har i mange år satt et lokk på utvidelsen av næringen. En god fiskevelferd er sentral for å kunne ha en bærekraftig oppdrettsnæring og før en løsning er på plass vil ikke næringen kunne utvides. Det skal til enhver tid være færre enn 0,5 voksen hunnlus av lakselus i gjennomsnitt per fisk i anlegget. Et utbrudd av lakselus over denne grensen medfører pålagt slakt av hele bestanden og vil svekke den aktuelle aktøren betydelig økonomisk. Det er derfor både et miljømessig og økonomisk aspekt ved lakselusutfordringene som gir oppdrettsnæringen bærekraftige utfordringer. Utfordringene med lakselus vil utdypes i avsnitt 4.1, og lovende løsninger vil presenteres i avsnitt 4.2 og 4.3. Laksen i merdene slipper ut næringsalter og organisk materiale. Bli konsentrasjonen av næringsalterene for høy vil dette endre den naturlige floraen i området merden er plassert. Utfordringene med disse utslippene vil utdypes i avsnitt 4.5, og i avsnitt 4.6 vil en løsning som tar tak i utslipp- og fôrproblemet bli presentert.

### 4.1 Utfordringer med lakselus

Lakselus er en parasitt som lever av slim, skinn og blod fra laksefisk. Den finnes naturlig i norske farvann, med økt omfang i takt med veksten i oppdrettsnæringen. Myndighetene har satt absolutt øvre grense på 0,5 voksne hunnlus per oppdrettsfisk av hensyn til villaks og sjøørret [Hjeltnes B, 2017]. Et foto av en luseangrepet laks er vist i figur 4.1. Mattilsynet var nødt til å sende anmeldelse til politiet for alvorlig sviktende fiskevelferd etter at lakselus hadde spist seg helt inn til hodebenet på laksen [Mattilsynet, 2016].



**Figur 4.1:** Resultatet av lusangrep på laksen [Mattilsynet, 2016]

Fiskenæringen har forsøkt å få kontroll over lakselusen i flere tiår, men utfordringen er at lusen har en fantastisk tilpasningsevne grunnet høy formering kombinert med korte generasjonsintervaller. Utviklingen av nye genetiske varianter av lusen som kan overleve medikamenter, skjer mye raskere enn hos et dyr med en lengre generasjonstid. I tillegg vil mutasjoner og endringer i genetikken gjøre lusen resistent mot nye metoder. Frem til 90-tallet ble det kun brukt kjemikalier for å fjerne lusepåslag, men allerede i 1990 ble det rapportert om resistens mot såkalte organofosfater. Senere ble lusen også resistent mot pyretoider i 1998, emamectin i 2007 og hydrogenperoksid i 2014 [Dagens Næringsliv, 2017]. Det spekuleres om lusen også kan utvikle resistens mot behandling med varmt vann og ferskvann.

I takt med økende resistens har oppdrettsindustrien vært nødt til å finne nye metoder, blant annet bruk av rensefisk som berggylte, grønnfylte, rødnebb, blåstål og rognkjeks. Det ble i 2015 satt ut 26,4 millioner slike lusespisere i merdene (opp fra 700 000 i 2006). Men lusemengdene øker for hurtig til at rensefiskene klarer å ta det unna. Det er dessuten mistanke om at det foregår en selektering ved at lus mister pigment slik at den ikke oppdages og i praksis blir «resistent» mot rensefisken. Rensefisken plages også av dårlig fiskevelferd. Rognkjeks var en av hovedvertene til parasitten skottelus. Allerede i 2007 ble det i et studie av Veterinærinstituttet, Havforskningsinstituttet og Universitetet i Oslo avdekket vill rognkjeks med opptil 700 skottelus [forskning.no, 2017].



**Figur 4.2:** Rognkjeks angripes av skottelus [Veterinærinstituttet, 2007].

Behandlingene mot lakselus er en stor påkjenning for laksen, og dødlighet hos oppdrettslaks grunnet gjentatt håndtering og behandling mot lakselus rapporteres hyppig [Hjeltnes B, 2017]. Under både mekanisk og medikamentell behandling av lakselus oppstår det en rekke stressende situasjoner for fisken, og behandlingsformene innebærer også økt risiko for mekanisk skade på fisken og skadelige endringer i vannkvaliteten [Hjeltnes B, 2017]. Fiskehelse rapporten 2016 [Hjeltnes B, 2017], rapporterer om en økning i bruk av mekaniske avlusningsmetoder, og at inntrykket til fiskehelsepersonell er at mekaniske avlusningsmetoder har større negative konsekvenser for laksen enn medikamentell behandling. Trendene i 2016 viser også at forbruket av legemidler mot lus har hatt en markant nedgang, men at forbruket fremdeles er for høyt for å kunne overvinne resistensutviklingen hos lakselusa. Økningen i ikke-medikamentelle behandlingsmetoder antas å ha bidratt til at svinnet i lakseoppdrettsnæringen har økt til 19 % i 2016 [Hjeltnes B, 2017].

Førselskapet EWOS har anslått at lakselus koster oppdrettsindustrien i Norge ti milliarder kroner i året [Dagens Næringsliv, 2017].

## 4.2 Kombinasjon av rognkjeks, luseskjørt og laser

Et enslig tiltak klarer ikke å fjerne lakseluseproblemet. En stadig hyppigere behandling mot lus utgjør en trussel mot fiskevelferden [Hjeltnes B, 2017]. Derfor må mer

effektive og skånsomme behandlingsformer på plass. Å kombinere rognkjeks, luseskjørt og laser har vist lovende resultater [Hansen et. al, 2016].

Rognkjeks er en oppdrettsart som har blitt populær som renseskjold for å bekjempe lakselus de siste årene. Rognkjeks er veldig aktiv ved lavere temperaturer i motsetningen til renseskjolder fra leppefiskfamilien som går mer i dvale om vinteren. Ved høyere temperaturer om sommeren blir derimot dette motsatt - slik at de utfyller hverandre. En rognkjeks kan spise 600 lakselus iløpet av et døgn, men den trenger også annet fôr for å bli mett [Fiskeri og Havbruk, 2016].

Luseskjørt er en fluidpermeabel duk omkring merden med en maskevidde som hindrer lakselus å trenge inn med dybde på 10 meter, som reduserer påslag av lakselus. Luseskjørtet er laget av planktonduk (350 mikrometer maskevidde), som stopper inntrenging av det infeksjøsne stadiet av lakselus. Planktonduken sikrer vanngjennomstrømming med en lysåpning på 50 %. Ved fullskala bruk av luseskjørt, der alle merdene kles med skjørt, oppnås de beste resultatene med 10 meter skjørt. Det vil kunne gi mer enn 70 % reduksjon påslag av lakselus, og over tid holde tettheten av voksne hunnlus  $< 0.1$  per fisk. Bruk av luseskjørt vil også kunne redusere sannsynligheten for rømming av fisk gjennom redusert behov for avlusing og annen håndtering av fisk under produksjonsperioden [Calanus AS, 2013].

Stingray Marine Solutions AS har utviklet en metode for optisk avlusing med laser. Ved hjelp av kamera, programvare og laser fjernes lusen helautomatisk. Laserenheten oppdager lus på fisken når laksen svømmer forbi og avliver denne av en guidet laserpuls. Lusen absorberer lyset og dør, mens laksen forblir uskadet på grunn av det reflekterende skinnnet. Metodikken har vært installert to år i kommersielle anlegg med gode resultater [Hansen et. al, 2016].

Kleiva Fiskefarm AS og Gratenglaks AS er to selskap som har satset på rognkjeks i kombinasjon med laser og luseskjørt i lusebekjempelsen i prosjektet "Bærekraftig bekjempelse av lakselus" (2015 - 2016). Kombinasjonen av de tre ikke-medikamentelle, ikke-intrusive lusebehandlingsmetodene har oppnådd full kontroll over lusen. I innledende metodeutprøving ble det dokumentert reduksjon av lusenivået i merder med rognkjeks, og disse merdene måtte ikke badebehandles i medikamenter slik merdene uten rognkjeks måtte (kontrollmerdene) [Hansen et. al, 2016].

### 4.3 Produksjon av storsmolt

Produksjon av storsmolt er også et tiltak for å bekjempe lus. Sjøperioden for laksen reduseres ved å produsere storsmolt, og med det tiden fisken er eksponert mot lakselus. Produksjonskostnadene for smolt i normal størrelse koster 10-12 kroner, mens storsmolt koster 20 kroner per stykk. Kostnadene er høyere med produksjon av storsmolt, men man får en lavere lønnskostnad per kilo. Antall behandlinger går ned og det samme gjør biologisk risiko [Berge, 2015].

Hvor 75 grams smolt bruker 16 måneder i sjø på å nå full størrelse, oppnår man samme vekt på 10 måneder ved å sette ut 550 gram smolt. Kortere produksjonstid gir naturligvis mindre utfordringer med lus [Berge, 2015].

Dagens landbaserte produksjon skjer i kar av ulik størrelse, hvor fisken blir utsatt for mye stress når de flyttes videre til runde kar med sterkere vannstrøm. Dagens ordning gjør det utfordrende å oppnå produksjon av smolt med optimal størrelse på 100 gram. Under Ocean Challenge ble det utviklet en innovativ “parmesanost”-løsning, hvor et rørsystem sikret kontinuerlig sortering av smolt slik at fôrtilgangen ble ideelt fordelt slik at de større fiskene ikke stjal fôret til de mindre. Flere smolt får dermed sjansen til å nærme seg en ønsket størrelse på 100 gram, mens resten blir storsmolt opp mot 800 gram [Ocean Challenge presentasjon, 2017].

### 4.4 Utfordringer ved fôrsammensetningen

I følge Kjell Inge Reitan har laksens diett gjennomgått store forandringer fra 1990-tallet fram til idag. På 1990-tallet bestod laksens diett av 80-90 % fiskeolje og fiskemel. Dette var mer optimalt for laksens helse, sammenlignet med dagens fôrsammensetning. Laksen er en rovfisk og trives best med fett og proteiner fra marine fôrkilder. Fiskeolje har også en svært gunstig Feed Conversion Ratio (FCR) for laksen. FCR for laks som spiser fiskeolje er tilnærmet 1:1 [Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017], det vil si at nesten all energien som finnes i fiskeolje utnyttes av laksen til vekst. Da lakseoppdrettsnæringen skulle ekspandere, rommet ikke verdenshavene nok marine fôrkilder til å øke fôrproduksjonen på en bærekraftig måte. På det tidspunktet var de marine fôrkildene som ble høstet til laksefôret i hovedsak fra matfisk. Matfisk er fisk som konsumeres av mennesker, og tilsvarende er ikke-matfisk fisk som ikke konsumeres av mennesker. Andre fôrkilder er tatt i bruk, og i dag består laksens diett av 70 % vegetabiliske fôrkilder og de resterende 30 %



kommer fra marine forkilder.

Den drastiske forandringen i forsammensetningen var nodvendig for at lakseoppdrettsnaringen skulle kunne vokse til dagens niva. Forandringen i forsammensetningen har gatt pa bekostning av FCR. I 2002 var den pa 1:1,15 [Bjorkli, 2002]. Ifolge Kjell Inge Reitan har dagens diett en negativ innvirking pa laksens helse, spesielt laksens tarmhelse. Dagens diett inneholder ogsa en unaturlig flerumettet fettsyrefordeling, da laksen far i seg mer omega-6, og mindre omega-3 enn en villaks. For mye omega-6 i enhver organismes diett promoterer sykdomsforlopet til en rekke sykdommer [Simopoulos, 2002]. Ifolge Kjell Inge Reitan er omega-3:omega-6 forholdet i dagens oppdrettslaks omtrent 1:1, mens for villaksen er dette forholdet pa omtrent 1:0.

## 4.5 utfordringer med utslipp av naringssalter og organisk materiale

Lakseproduksjon gir utslipp av naringssalter og organisk materiale. Ved produksjon i apne merder vil dette vere utslipp som gar direkte ut i de naturlige omgivelsene. Utslippene gir en negativ virkning pa miljoet dersom produksjonen er for hoy i forhold til bareevnen pa lokaliteten [Havforskningsinstituttet, 2016].

I hovedsak er naringssaltene som slippes ut fra merden bundet nitrogen (N) og fosfor (P). Laksen blir tilfort N og P i foret, og skiller ut naringssalter som nitrat, nitritt, ammonium og fosfat under metabolisme via gjeller og nyrer [Havforskningsinstituttet, 2016]. Okt mengde av disse naringssaltene bidrar til en okt biologisk flora. For hoye konsentrasjoner vil kunne gi tilgroing, nedslamming av bunnen samt okt turbiditet i vannet. Disse forholdene kan videre gi okt nedbryting av biologisk materiale og som et resultat et oksygenfattig miljo og oppblomstring av giftalger [Miljodirektoratet, 2014]. Dette kan ogsa gi tilbakevirking pa oppdrettsfisken, hvis det dannes bobler som transporterer giftstoffer opp mot merden igjen [Havforskningsinstituttet, 2016].

Det opploste og partikulere organiske stoffet er i utgangspunktet spillfor i form av pellets og avforing (fekalier). Pelletsen er fast, lite opploselig og vil synke raskt til havbunnen. Fekalier vil lose seg opp lettere, og danne mindre partikler med lav synkehastighet. Fekaliene vil derfor fores lenger vekk fra merden enn spillforet og pa virkningen pa miljoet vil variere med avstand fra merden. Den storste konsekvensen

med utslipp av organisk materiale er at nedbrytningsprosessen krever oksygen, og dersom forbruket av oksygen er større enn tilførselen vil det bli et oksygenfattig miljø. Nedbrytningen av organisk materiale i et oksygenfattig miljø vil gå langsommere, og det vil bli en opphoping av materiale på havbunnen [Havforskningsinstituttet, 2016].

Utslippene av næringssalter og organisk materiale vil øke proporsjonalt med fiskeproduksjonen, og kan derfor bli et problem ved økt produksjon av laks. I dag overvåkes utslippene nøye, og det taes undersøkelser før og under produksjonen. Der tilstanden ikke holder mål, vil ikke fiskeproduksjon bli tillatt, og tiltak må utføres der det allerede er produksjon [Havforskningsinstituttet, 2016]. Dette medfører at utslipp fra merdene i dag ikke er et stort miljømessig problem. Den norske topografien og hydrografien er godt egnet for lakseoppdrett i åpne merder. Dype fjorder er ofte næringsfattig på bunnen, og utslippene vil ha en positiv effekt. De nordgående havstrømmene vil også frakte utslippene bort fra kysten. Terskelfjorder og innestengte områder vil være mer utsatt, da utskiftingen av bunnvannet vil ta lengre tid [Havforskningsinstituttet, 2016].

## 4.6 Integrert havbruk

I dag fungerer utslipp fra merdene langs norskekysten i stor grad som en uutnyttet ressurs. Etersom oppdrettsnæringen ønsker å utvide, vil dette kunne resultere i en mengde utslipp som kan gi negative virkninger [Havforskningsinstituttet, 2016]. En løsning på dette problemet kan derfor være utnyttelse og verdiskapning på disse ressursene. Integrert havbruk kan være en løsning på problemet med utslipp av næringssalter, men også fôrproblemet.

I intervjuet med Kjell Inge Reitan ble integrert havbruk tatt opp som en løsning på problemer som følge av utslipp av næringssalter og organisk materiale fra åpne merder. Dette går ut på å utnytte utslippene fra merden ved å bruke forbrukerne av disse ressursene som råvarer for fôrproduksjon. Av fôret laksen spiser går 30 % til vekst, 50 % går til spille gjennom laksens respirasjon i form av næringssalter, og 20 % går til spille gjennom laksens fekalier i form av organisk materiale. Med andre ord kan 70 % av laksens fôr gjenbrukes til å produsere fôr. Dyrking av mikro- og makroalger ble lagt frem som en mulig løsning på utslipp av næringssalter, og børstemarken ble nevnt som en mulig løsning for nyttiggjørelse av utslipp i form av organisk materiale.

Mikro- og makroalger dyrkes på utslipp fra merden da de lever på ammonium og

fosfat. Dette vil derfor kunne bidra til en mindre konsentrasjon av disse nærings-saltene. Algene vil kunne fungere som en ressurs, blant annet som fôr til laksen igjen, som nevnt under løsninger på fôrproblemet. Mikro- og makroalgene lever også på fotosyntese og omdanner karbondioksid til oksygen. Dette kan bidra til å forebygge oksygenfattige forhold som kan være en følge av større mengder utslipp av næringsalter og organisk materiale fra merdene. En utfordring kan være at disse algene trenger sollys, som ikke forekommer på dypt vann. Mikro- og makroalgeanlegg eksisterer enda ikke i storskalaanlegg, men potensialet for å drive integrert fôrproduksjon i tilknytning til merden eksisterer.

For å unngå konsekvensene ved utslipp og opphoping av organisk materiale, ble børstemarken tatt opp som en løsning i intervjuet med Kjell Inge Reitan. Pellets som går direkte til spille ved fôring av laksen i merdene vil bli fortært av andre fisker og blåskjell. Fekaliene som består av både ufordøyd og delvis nedbrutt fôr utgjør en større mengde organisk materiale, og er et materiale som kan nyttiggjøres av svært få organismer. Børstemarken er en organisme som utnytter fekaliene. Det vurderes derfor nå om børstemarken kan opptre som en næringskilde for laksen, og om dette kan gi grunnlag for “integrert havbruk”. En SWOT-analyse er utført for integrert havbruk. Resultatet kan sees i figur 4.3.

Styrker	Svakheter
Fôrspillet og næringssaltene kan utnyttes av flere ledd i næringskjeden.	Fôrerstatningene insekt, mikro- og makroalger er fortsatt på forskningsstadiet.
Marin fôrerstatning, ekskludert tradisjonell matfisk, er mer bærekraftig enn vegetabiliske fôrkilder.	Kostbar innhøstning og utnyttelse.
Fisken får mest sannsynlig bedre tarmhelse.	Usikkert hvor mye fôrerstatning som kan dyrkes.
Fôr lokalproduseres langs kysten og utnytter ubrukte marine ressurser.	
Styrker lokaløkonomien.	
Muligheter	Trusler
Fullverdig fôrerstatning til landbaserte vegetabiliske kilder.	Klimaforandring kan gi varmere og surere hav, som kan endre produksjonsforutsetningene.
Fôrspillet kan gå gjennom næringskjeden for så å tilbakeføres til laksen som fôr.	Lav investeringsvilje, da det tradisjonelle fôret er billig og lettvin.
Et supplement til fôr i forbindelse med en eventuell femdobling av oppdrettsnæringen.	
Norge kan bli ledende innen denne fôrproduksjonen og dele sine erfaringer med andre land (økonomisk gunstig).	

Figur 4.3: SWOT-analyse av integrert havbruk.

## 5 Offshore oppdrett: Ocean Farm 1

I 2012 opprettet konsernet SalMar selskapet Ocean Farming AS med mål om å opprette verdens første havbaserte oppdrettsmerde, Ocean Farm 1. Ocean Farming har investert 690 millioner kroner for å realisere prosjektet. Det har vært et tverrfaglig prosjekt mellom havbruk- og offshorenæringen, da Ocean Farm 1 er et pilotprosjekt basert på offshoreteknologi. Ocean Farm 1 plasseres i Frohavet utenfor Trøndelag og vil være klar for mottak av første utsett av fisk i august 2017. [SalMar, 2013]. Et illustrasjonsfoto av havmerden kan ses i figur 5.1.



**Figur 5.1:** Havmerden Ocean Farm 1 [Fiskeridirektoratet].

26. februar 2016 ble Ocean Farming AS tildelt åtte utviklingstillatelser, en særtillatelse hvor konsensjoner gis gratis hvis søker ønsker å bruke innovativ teknologi til å løse utfordringer i næringen, for å realisere Ocean Farm 1. Dette innebærer at Fiskeridirektoratet har gitt dispensasjon fra akvakulturdriftsforskriften §47a som begrenset antall fisk i merden til 200 000. Maksimalt antall fisk i Ocean Farm 1 med åtte utviklingstillatelser vil være 1,6 millioner. Fiskeridirektoratet mener prosjektet er et viktig bidrag for å løse arealutfordringene, samt at den havbaserte merden kan være en løsning på rømningsproblemet i næringen [Fiskeridirektoratet, 2016].

## 5.1 Design

Den havbaserte merden er utviklet ved bruk av velprøvde designprinsipper fra oljenæringen som Fiskeridirektoratet mener representerer betydelig innovasjon. Anlegget er designet av Global Maritime AS, og i samtaler med Bernt Ege er konseptet blitt forklart. Designet bygger på de samme konsepter som halvt nedsenkbare offshore-installasjoner. Anlegget vil være en halvt nedsenkbar fast struktur med 16 førsiloer, boligavdeling og kontrollrom top-site. En diameter på 110 meter, være 68 meter høyt og ha et volum på 250 000 kubikkmeter. Merden kan romme opptil 1,6 millioner laks med sine åtte konsesjoner. Dette skal opprettholde Forskrift om drift av akvakultur § 46 sitt krav om at fisketettheten per produksjonseenhet ikke overstiger 25 kg/kubikkmeter.

Den faste strukturen vil forankres med kjetting og fibertøy dimensjonert etter krav for offshore installasjoner. Merden er utstyrt med et skyveskott og to faste skott. Nett kan senkes fra skottene, og fisken kan deles inn i oppdrettssonen, sultesonen og uttakssonen. I uttakssonen kan en brønnbåt kobles til og laksen fraktes til slakt. Hullstørrelsen på nettet fra skyveskotten kan brukes for sorteringsformål, og til avgrensning av område med skade på primærnettet. Skyveskotten er også utstyrt med et børstesystem for kontinuerlig vask av nettet. Anlegget kan endre dypgang i havet for ulike operasjonsmodus; operasjon, lett operasjon eller inspeksjon.

## 5.2 Fordeler

Ambisjonen med å flytte næringen offshore er å bidra til å løse arealutfordringene i næringen, øke fiskevelferden og redusere rømmingen. Fra Lov om dyrevelferd § 23 er det lovpålagt at laksens levemiljø skal fremme god helse og bidra til trivsel og trygghet [Laksefakta, 2016].

I følge Bernt Ege er det en styrke at man tar i bruk nye arealer med gode strømningsforhold. Golf- og kyststrømninger gir tilførsel av friskt vann og dermed bedre vannutskiftning i en havbasert merd enn oppdrettsanlegg i fjorder, som kan være preget av dårlig vannutskiftning da det samme vannet pumper inn og ut med tidevannet. Kjell Inge Reitan påpekte at det generelt er bra vannutskiftning i oppdrettsanleggene innaskjærs, men det er noen få unntak, for eksempel i Hardangerfjorden hvor vannutskiftningen kunne vært bedre. Ege mener at tilførsel av friskt vann kan føre til at smitte og lus kun får en sjanse til å feste seg på laksen og dermed blir mindre

utbredt enn i innaskjærsmøder. Ege tror også at laksen vil bli mindre stresset i et slikt system enn i et innaskjær system, fordi den vil bli mindre håndtert. Soneinndelingen i merden gjør at laksen kan forflyttes rett fra merden til en brønnbåt for transport til slakteriet. Lov om dyrevelferd §11 poengterer at transport av laks skal foregå på en minst mulig belastende måte for laksen. I en offshore løsning skjer kanskje ikke selve transporten på en mer skånsom måte enn det gjøres innaskjær, men man unngår transport av laks i flere omganger. En annen faktor som kan gjøre laksen mindre stresset er at notposen som fisken oppholder seg i er festet til konstruksjonen. Innaskjær er det er problem ved at havstrømmene til tider deformerer notposen ettersom den kun er festet til flyteringen og derav henger løst i vannet. Dette kan føre til at fisken får mindre plass og den kan bli stresset, skadet og eventuelt dø. Med forankret pose vil ikke dette være et tilsvarende problem som innaskjær, men notposen er ikke egnet til å være helt offshore hvor det er mer ekstreme bølger, ifølge Ege.

Fiskeridirektoratet har godkjent Ocean Farm 1 som en god løsning på rømmingsproblemet i næringen [Fiskeridirektoratet, 2016]. Ege utdypet dette med at anlegget vil være automatisert og unngå tyngre manuelle operasjoner som ofte er årsaken til rømming. I de manuelle operasjonene, for eksempel heising av noten, kan menneskelige feil forekomme slik at gnisninger river hull på noten. I tillegg til automatiseringen vil det være et ytre beskyttelsenett rundt noten for å hindre skader fra drivgods, samt at skyveskottet har nett for å midlertidig tette rifter i noten. Havmerden vil også ha en undervannsbåt til ROV-reparasjoner og tetting av not. En annen fordel med å flytte næringen offshore er at nærings saltene spres over et større areal enn det gjøres innaskjær. Frohavet ligger innenfor en øygruppe som beskytter anlegget og gjør at det kan oppleve en 100 års signifikant bølgehøyde på 5 meter. I den daglige situasjonen er bølgene rundt anlegget 3 meter, og merden ligger i ro. Anlegget har foreløpig ikke et design som vil tåle å stå ute i storhavet.

### 5.3 utfordringer

Ocean Farm 1 er et pilotprosjekt og man vet ikke med sikkerhet hva resultatet vil bli. Til havs finner man andre arealkonflikter enn innaskjær. Havet er stort, men man må ta hensyn til verneområder, oljefelt og anlegget kan ikke forstyrre skipstrafikken. Det vil bli en mer utfordrende logistikk med en havbasert merd. Ansatte ved anlegget skal fraktes ut dit med båt og det er viktig med forsvarlige rutiner i forhold til værforholdene. Mer ekstreme værforhold krever at anlegget må designes og operere i forhold til det. Andre svakheter påpekes i SWOT-analysen i figur 5.2.













Styrker	Svakheter
Bedre gjennomstrømning vil øke velferden hos fisken, ved å senke smittefaren og lusepresset.	Ikke uttestet teknologi
Noten er forankret i en fast struktur, noe som vil senke stress- og skadenivået til fisken.	Nye arealkonflikter.
Sekundærnetting vil beskytte den primære nettingstrukturen for drivverk og det vil bli mindre slitasje som igjen fører til mindre rømming.	Havmerden produseres i Kina, og må transporteres til Norge.
Nettingen har høy bruddstyrke og lang levetid, sammenlignet med andre nettingmaterialer.	Vanskeligere transport/logistikk enn nåværende merder.
Feil og arbeidsuhell, som kan føre til rømming, blir vesentlig redusert grunnet automatisering.	Mer krevende arbeidsforhold.
Integrert løsning for oppdrettsmerde og ventemerde vil begrense forflytningen av fisken.	Testlokaliteten skiller seg ikke vesentlig fra dagens lokaliteter.
Skyveskotten kan sortere fisken i merden etter størrelse.	
Havmerden kan heves for brakklegging. Kjemikaliebruk er da ikke nødvendig for desinfisering.	
Designkonseptet gjør at merden vil unngå effekten av de verste sjøtilstandene.	
Muligheter	Trusler
Muliggjøre lokalisering i områder med mindre lusepress.	Usikkerhet knyttet til hvordan fisken og biologien vil reagere på det nye utstyret og på en mer eksponert lokalitet.
Muliggjøre lokalisering i områder med større avstand til lakseelver.	Usikkerhet knyttet til hvordan fisken vil reagere på det nye oppdrettsmiljøet.
Muliggjør bruk av nye og stivere notmaterialer, som vil være mer motstandsdyktige enn tradisjonelle.	Risiko for at prosjektet delvis eller helt ikke vil lykkes.
	Uttestingen kan bli mer krevende enn forventet, og anlegget må muligens modifiseres.
	Endring av tekniske løsninger i byggeperioden medfører tids- og kostnadskonsekvenser.
	Usikker varighet av utsett før mulig innløsning av utviklingstillatelser til ordinære tillatelser.




Figur 5.2: SWOT-analyse av Ocean Farm 1.



## 6 Diskusjon

For å få en oversikt over hvordan løsningene som er undersøkt kan bidra til en bærekraftig mangedobling av lakseoppdrettsnæringen, har teamet laget en matrise basert på studien som er gjort. Kolonnene i matrisen viser en gitt situasjon i år 2050 hvor produksjonen er femdoblet. I radene sammenlignes bærekraftigheten i forhold til fôr, lakselus og næringssalter i de ulike situasjonene opp mot produksjon i tradisjonelle merder uten tiltak. Med tiltak menes mesopelagisk fisk og integrert havbruk for fôr. Lusetiltak er kombinasjonen av rognkjeks, luseskjørt og laser samt bruk av større smolt. Et tiltak for å redusere tette konsentrasjoner av næringssalter er integrert havbruk. Rødt er 'mindre bærekraftig', gult er 'usikkert' og grønt står for 'mer bærekraftig'.

	Tradisjonell merde	Tradisjonell merde med tiltak	Ocean Farm 1	Ocean Farm 1 med tiltak
<i>Fôr</i>				
<i>Lakselus</i>				
<i>Næringssalter</i>				

 Mindre bærekraftig  
 Usikkert  
 Mer bærekraftig

**Figur 6.1:** Matrisen sammenligner bærekraftigheten i ulike løsninger i år 2050 med en femdoblet produksjon opp mot produksjon i en tradisjonell merd uten tiltak.

Tatt i betraktning at lakseproduksjon i år 2050 er femdoblet fra dagens produksjon kommer det frem i figur 5.1 at oppdrettsnæringen ikke vil være bærekraftig dersom den fremdeles benytter dagens produksjonsformer og løsninger. En økt oppdrettsnæring vil kreve mer fôr, og slik fôrproduksjonen er i dag, vil ikke dette være bærekraftig sett i et globalt perspektiv. Det vil heller ikke være bærekraftig i forhold til påslag av lus. Hvis det fortsetter som i dag, kommer vi til å se en fortsatt økning av det store forbruket av medikamentell og ikke-medikamentell avlusning. Den hyppige bruken av avlusningsbehandlinger vil gi dårlig fiskevelferd og ha konsekvenser for økosystemet og andre arter i havet. Det er usikkert om femdoblingen vil gi en negativ virkning for utslipp av næringssalter og organisk materiale, da dette vil ha negativ innvirkning ved for høye konsentrasjoner. Man må være oppmerksom på hvor man plasserer anleggene da gjennomstrømmingen i og rundt merden påvirker spredningen av næringssaltene og organisk materiale.

Hvis oppdrettsnæringen implementerer løsningene som fremkommer i studien vil næringen i år 2050 være mer bærekraftig enn alternativet uten tiltak. Dette er dersom fôrproduksjonen fra integrert havbruk kan gjøres lønnsomt, og omfattende fangst av mesopelagisk fisk ikke har store negative konsekvenser for havets økosystemer og karbonfangst. De alternative fôrkildene må også kunne produseres i en mengde som kan mette en femdobling av dagens oppdrettslaks. Oppdrettsnæringen vil med de alternative fôrkildene bli mer bærekraftig ved utnytting av tilgangen på lokale fôrkilder, fremfor import. All bruk av alternative råvarer vil erstatte bruken av knappe ressurser. Dette inkluderer arealutnyttelse av regnskog og matfisk som omtalt tidligere. Det er usikkert om løsningene på lakselusproblematikken vil bidra til en mer bærekraftig oppdrettsnæring, da det er stor usikkerhet rundt effekten av løsningene over tid. Utslipp av næringssalter og organisk materiale vil ved integrert havbruk trolig ikke føre til for høye konsentrasjoner.

I dette studiet representeres offshore oppdrett med Ocean Farm 1. Der har man gått fra åpne merder innaskjærs til havmerder, med intensjon om å bidra til en mer bærekraftig oppdrettsnæring som vist i figur 5.1. Scenariet gjelder også her en femdobling av dagens produksjon i år 2050. Det er usikkert om havmerden uten foreslåtte løsninger vil gjøre oppdrettsnæringen mer bærekraftig, spesielt med tanke på fôr og lakselus. I dette scenariet vil en økt produksjon også gi økt behov for fôr. I en havmerd vil det være dårligere vilkår for lakselusen. Dette skyldes at gjennomstrømmingen vil være større i en havmerd, og lakselusen kan få problemer med å feste seg på fisken. Som resultat av dette kan konsentrasjon av lakselus bli mindre, men siden havmerden ikke er i drift enda er ikke dette sikkert. En havmerd vil slik

det fremkommer være gunstigere for havets håndtering av næringssalter og organisk materiale. Næringssaltene og det organiske materialet vil spres over et større areal, og belastningen på miljøet blir mindre.

Offshore oppdrett kombinert med tiltak i henhold til fôr, lus og utslipp fra merden kan vise seg å være en bærekraftig løsning i år 2050. Fôrsituasjonen i en havbasert merd med tiltak vil mest sannsynlig være like tradisjonell merd med tiltak, og dermed oppnå grønn status som 'mer bærekraftig'. Når det gjelder lus vil det være mulighet for en bærekraftig utvidelse, men virkningene er usikre da man ikke vet hvordan lusen responderer på de ulike lusetiltakene over tid. Det vil også ha en positiv bærekraftig virkning i forhold til utslippene fra merden, da man utnytter ressursene som ellers ville ha gått til spille.

## 7 Konklusjon

I følge studien som er utført vises det at dersom løsningene på situasjonene med fôr, lakselus og utslipp av næringssalter og organisk materiale implementeres vil femdoblingen av produksjonen i lakseoppdrettsnæringen være mer bærekraftig enn om produksjonen fortsetter i samme form som i dag. Det er knyttet usikkerhet til gjennomførbarheten til løsningene, og mer forskning må til før lakseoppdrettsnæringen er villige til å ta i bruk de foreslåtte løsningene. Spesifikt må det forskes på om omfattende fangst av mesopelagisk fisk og mikroalger har en negativ innvirkning på havets økosystem. Det må også forskes på om fôrløsningene kan utnyttes i en slik grad at de tilfredsstillende mengden fôr som oppdrettsnæringen krever.

Studien konkluderer også med at produksjon i havmerden Ocean Farm 1 vil være mer bærekraftig enn i tradisjonelle merder, men det råder usikkerhet rundt hvor bærekraftig havmerden vil være. For å kunne svare på det, må pilotprosjektet gjennomføres og en grundigere studie av bærekraftigheten til havmerden må gjennomføres. Det er også viktig å understreke at nye havområder må tas i bruk for at lakseoppdrettsnæringen skal kunne femdobles, og havmerden muliggjør utnyttelse av havområder som tidligere ikke har kunnet blitt brukt til lakseoppdrett. Rømming av oppdrettslaks er ikke studert i denne studien, og for å oppnå en bærekraftig lakseoppdrett må oppdrettsnæringens store rømmingsproblem løses. Utviklingskonsesjonene som innvilges, gis til løsninger med høy grad av innovasjon og tiltak mot blant annet rømmingsproblemet. I tilsagnet til Ocean Farm 1 ligger det et håp om at havmerden skal forbedre rømmingssituasjonen.

En bærekraftig femdobling av oppdrettsnæringen vil bidra til å oppnå FNs bærekraftsmål nummer 2, 8, 12, 13, 14 og 15, se figur 3.2. Den økte produksjonen vil forsyne verdensbefolkning med mat, og forbedret førsammensetning vil gi bedre ernæring til forbrukere. Omfanget av den økte produksjonen vil skape flere arbeidsplasser, og lakseoppdrettsnæringens vekst vil være viktig for Norges økonomiske vekst når oljenæringens bidrag til bruttonasjonalproduktet avtar. Å sikre bærekraftig produksjon av oppdrettslaks vil direkte bidra til å sikre bærekraftige produksjonsmønstre, og løsningene som er foreslått vil også fremme bærekraftige produksjonsmønstre i andre næringer. Implementeres løsningene som er foreslått vil dette bidra til å redusere klimaendringene ved å redusere produksjon som bidrar til hogst av regnskogen, noe som igjen sikrer bærekraftig skogforvaltning. Benyttes alternative råvarer til fôrproduksjonen på en måte som ikke påvirker havets øvrige økosystemer negativt, vil dette fremme bærekraftig bruk av hav og marine ressurser.

## Referanser

- Aslak Berge. Produserer storsmolt for å bekjempe lus, 2015. [URL: <http://ilaks.no/produserer-storsmolt-for-a-bekjempe-lus/>], [Sist lest 22.04.2017].
- J. Bjorkli. Protein and energy account in salmon, chicken pig and lamb. *M.Sc. Thesis Norwegian University of Life Sciences (UMB)*, 2002.
- Calanus AS. *Luseskjørt, Fluidpermeabelt beskyttelsesnett mot påslag av lakselus og begroing av oppdretsnøter, Virkemåte, testresultater og bruk*. 2013.
- Dagens Næringsliv. Laksedødeligheten til himmels, 2017. [URL: <https://www.dn.no/nyheter/2017/03/05/1946/Havbruk/laksedodeligheten-til-himmels>], [Sist lest 23.04.2017].
- DKNVS og NTVA. *Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*. 2012.
- EWOS. Hva er fiskefôr?, 2017. [URL: <http://www.ewos.com/wps/wcm/connect/ewos-content-norway/ewos-norway/production/what-is-feed/>], [Sist lest 01.03.2017].
- Fiskeri- og kystdepartementet. *Strategi for en miljømessig bærekraftig havbruksnæring*. 2009.
- Fiskeri og Havbruk. Oppdrett av rensefisk, 2016. [URL: <http://www.fiskerioghavbruk.no/oppdrett/steinvik-fiskefarm> ], [Sist lest 19.04.2017].
- Fiskeridirektoratet. [URL: [http://www.fiskeridir.no/var/ezflow\\_site/storage/images/media/images/fiskeridir.no/havbruk/utvikling/utviklingskonsesjon-havmerdsalmar.jpg/221848-1-nor-NO/utviklingskonsesjon-havmerdsalmar.jpg.jpg](http://www.fiskeridir.no/var/ezflow_site/storage/images/media/images/fiskeridir.no/havbruk/utvikling/utviklingskonsesjon-havmerdsalmar.jpg/221848-1-nor-NO/utviklingskonsesjon-havmerdsalmar.jpg.jpg)], [Sist lest: 2017-04-19].
- Fiskeridirektoratet, 2016. [URL: <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2016/0216/Ocean-Farming-faar-de-foerste-utviklingstillatelsene>], [Sist lest: 2017-03-29].
- Fiskeridirektoratet. *OCEAN FARMING AS - TILSAGN OM UTVIKLINGSTILLATELSER*. 2016.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Salmo salar, 2017. [URL: [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo\\_salar/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo_salar/en)], [Sist lest 01.03.2017].

- forskning.no. Rognkjeks sliter med helsa, 2017. [URL: <http://forskning.no/2017/04/laksens-lusespiser-sliter/produsert-og-finansiert-av/veterinaerinstituttet>], [Sist lest 23.04.2017].
- Griggs et. al. *Sustainable development goals for people and planet*. 2013.
- Hansen et. al. Lusefri med kombinasjon av rognkjeks, laser og skjørt, 2016. [URL: <https://nofima.no/nyhet/2016/12/lusefri-med-kombinasjon-av-rognkjeks-laser-og-skjort/>], [Sist lest 22.04.2017].
- Havforskningsinstituttet. *Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016*, volume 2. Fisken og havet, 2016.
- G Jansen M D Haukaas A Walde C Hjeltnes B, Bornø. *Fiskehelse rapporten 2016*. Veterinærinstituttet, 2017.
- Xabier Irigoien, T. A. Klevjer, A. Røstad, U. Martinez, G. Boyra, J. L. Acuña, A. Bode, F. Echevarria, J. I. Gonzalez-Gordillo, S. Hernandez-Leon, S. Agusti, D. L. Aksnes, C. M. Duarte, and S. Kaartvedt. Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean. *Nature Communications*, 2014.
- Laksefakta. Har laksen det bra i oppdrettsanleggene?, 2016. [URL: <https://laksefakta.no/lakseoppdrett-i-norge/har-laksen-det-bra-i-oppdrettsanleggene/>], [Sist lest: 2017-03-29].
- Håkon Lindahl. Godt brasiliansk: En kartlegging av soyaforbruket i norsk landbruk og oppdrettsnæring. *Framtiden i våre hender*, 2014.
- Miljødirektoratet. Overgjødsling, 2014. [URL: <http://www.miljostatus.no/tema/hav-og-kyst/overgjodsling/>], [Sist lest 22.04.2017].
- Miljøstatus.no. Fiskeoppdrett, 2015. <http://www.miljostatus.no/Tema/Hav-og-kyst/Fiskeoppdrett/>, [Sist lest: 2017-04-13].
- Nesfossen. Laksens livssyklus - fra rogn til matfisk, 2017. [URL: <http://www.nesfossen.no/?PageID=143ItemID=87>], [Sist lest 22.02.2017].
- NFD. *Meld.St.16: Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett*. 2015.
- Ocean Challenge presentasjon. The parmesan cheese smolt production facility, 2017. [Tilgjengelig på: [www.Smolt.Nevara.org](http://www.Smolt.Nevara.org)].
- Salma. Fisk til disk, 2017. [URL: <http://www.salma.no/fisk-til-disk/>], [Sist lest: 2017-02-22].

- SalMar, 2013. [URL: <http://www.salmar.no/havbasert-fiskeoppdrett-en-ny-ager>], [Sist lest: 2017-03-29].
- SalMar. Oppdretts ABC, 2017. [URL: <http://www.salmar.no/oppdrettens-abc>], [Sist lest: 2017-02-22].
- ScienceNordic. More fish found deeper in the ocean, 2014. [URL: <http://sciencenordic.com/more-fish-found-deeper-ocean>], [Sist lest 01.03.2017].
- A. P. Simopoulos. Protein and energy account in salmon, chicken pig and lamb. *Biomed Pharmacother*, 56(8), 2002.
- UN. Hva er FNs bærekraftsmål?, 2017. [URL: <http://www.fn.no/Tema/FNs-baerekraftsmaal/Dette-er-FNs-baerekraftsmaal>], [Sist lest: 2017-04-19].