



Universitetet  
i Stavanger

HANDELHØGSKOLEN

## MASTEROPPGAVE

**STUDIEPROGRAM:**

Master i økonomi og administrasjon

**OPPGAVEN ER SKREVET INNEN  
SPESIALISERINGSRETNINGENE:**

Innovasjon

Økonomisk Analyse

ER OPPGAVEN KONFIDENSIELL? Nei.

(**NB!** Use the red form for confidential theses)

**Tittel på masteroppgave:**

Nytte, kostnader og barrierer for miljøtiltak og -innovasjon i lakseoppdrett – En casestudie fra Vestlandet.

**Engelsk tittel:**

A Case Study from Western Norway: Benefits, Barriers and Costs related to environmental measures in Norwegian salmon aquaculture.

**Forfattere:**

Anne Lie

Maiken Tjora

**VEILEDER:**

Henrik Lindhjem

Kandidatnummer:

3009

.....

3108

.....

Navn:

Anne Lie

.....

Maiken Tjora

.....

## **Forord**

Denne masteroppgaven er det endelige arbeidet etter to års studier ved Universitetet i Stavanger (UiS). Gjennom oppgaven har vi benyttet muligheten til å knytte økonomisk analyse og innovasjon opp mot et viktig og omfattende tema, nemlig oppdrettsnæringen på Vestlandet. Arbeidet med oppgaven har vært svært spennende og vi har tilegnet oss nyttig kunnskap i løpet av et krevende halvår.

Vi ønsker å rette en stor takk til alle som har bidratt til at oppgaven ble til. Takk til vår veileder Henrik Lindhjem ved Menon Senter for Miljø- og Ressursøkonomi (MERE) for konstruktive tilbakemeldinger og tilgjengelighet gjennom prosessen. Vi vil også rette takk til Gorm Kipperberg og Ragnar Tveterås fra Handelshøgskolen ved UiS for bidrag og veiledning. Til slutt vil vi rette en stor takk til informantene som deltok til tross for den spesielle situasjonen vi befinner oss i. Uten dere ville ikke oppgaven vært gjennomførbar.

Oppgaven er skrevet i tilknytning til Forskningsrådsprosjektet «COAST-BENEFIT: Ecosystem Service Valuation For Coastal Zone Management: From Promise to Practice».

Anne Lie og Maiken Tjora

Stavanger, Norge

Juli 2020

## Sammendrag

Oppdrettsnæringen på Vestlandet spiller en sentral rolle i norsk eksport med høy verdiskapning, og hadde i 2019 en total produksjon på 309.684 tonn laks. Næringen har likevel miljømessige utfordringer som må løses for å oppnå høyere produktivitet. Effekter på ville laksebestander samt utslipp av partikulært organisk materiale er de største miljøutfordringene ved bruk av konvensjonell produksjonsteknologi. Formålet med oppgaven er å identifisere nytte, kostnader og barrierer for å håndtere miljøutfordringer i lakseoppdrett. Det gjennomføres en casestudie av oppdrettsnæringen på Vestlandet for å besvare oppgavens problemstilling. Verdsetting av miljøutfordringene er gjennomført ved bruk av nytteoverføring av ulike verdsettingsundersøkelser. Miljøtiltak som er nyutviklet eller under utvikling og kostnader relatert blir identifisert gjennom systematisk litteratursøk. Barrierene for miljønnovasjon i lakseoppdrett på Vestlandet kartlegges ved bruk av personlig intervju over nettverk.

Miljøtiltakene identifisert i oppgaven er åpent anlegg i sjø med luseskjørt, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, lukket merdanlegg i sjø, landbasert anlegg med RAS-teknologi, utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs. Konsepter med større og omfattende omlegging av lakseproduksjon er mindre miljøbelastende på omgivelsene rundt. Samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet ved bruk av miljøtiltakene sammenlignet med dagens produksjonsmetode varierer fra -65 milliarder til 22 milliarder kroner. Landbasert anlegg med RAS-teknologi og lukket merdanlegg i sjø er ikke lønnsomme miljøtiltak. Åpent anlegg i sjø med luseskjørt er konseptet med laveste kostnader og er rimeligere enn dagens produksjon. Husholdninger på Vestlandet har en sterkere preferanse for miljøtiltak med større reduserende effekt på miljøutfordringene. Prispremie på lakseprodukt frembringer en betydelig høyere årlig betalingsvillighet sammenlignet med engangsskatt. Engangsskatt for de ulike miljøtiltakene varierer fra 50 millioner til 300 millioner kroner. For prispremie varierer betalingsvilligheten mer, fra 160 millioner til 789 millioner kroner. Økonomiske barrierer, regulatoriske barrierer, markedssvikt og manglende etterspørsel, systemtvang og eksisterende teknologier, samt manglende forskning og kompetansebygging er barrierene identifisert til miljønnovasjon for oppdrettsnæringen på Vestlandet. Finansiering og økonomi er avgjørende for miljønnovasjon i lakseoppdrett på grunn av at økonomiske barrierer er til stede for alle barrierene identifisert i denne oppgaven.

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	7
2	Tidligere litteratur .....	10
3	Bakgrunn.....	12
3.1	Produksjonsprosessen av oppdrettslaks .....	12
3.2	Miljøutfordringer i lakseoppdrett.....	13
3.3	Trafikklyssystemet .....	16
3.4	Miljørelaterte kostnader i lakseoppdrett .....	17
4	Teori.....	20
4.1	Eksternaliteter.....	20
4.2	Nytte.....	20
4.2.1	Total økonomisk verdi.....	21
4.2.2	Økonomisk verdsetting .....	22
4.3	Kostnader .....	24
4.4	Innovasjon og miljønnovasjon.....	27
4.4.1	Drivere og kostnader for miljønnovasjon .....	28
4.4.2	Barrierer for miljønnovasjon .....	29
5	Metode .....	32
5.1	Metodisk tilnærming .....	32
5.1.1	Casestudie.....	32
5.1.2	Kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode .....	32
5.1.3	Valg av forskningsstrategi .....	33
5.2	Nytteoverføring .....	33
5.2.1	Identifisering av miljøgodet og berørt beslutningssted .....	33
5.2.2	Identifisering av verdsettingsundersøkelser .....	34
5.2.3	Relevans og kvalitet av verdsettingsundersøkelser .....	34
5.2.4	Tilgjengelig data fra studiestedet .....	37
5.2.5	Overføring av verdiestimer fra studiestedet til beslutningsstedet .....	38
5.2.6	Kalkulering av total nytte .....	38
5.2.7	Usikkerhet og akseptable overføringsfeil.....	40
5.3	Systematisk litteratursøk.....	42
5.4	Personlig intervju over nettverk.....	43
5.4.1	Logisk definisjon av utvalg.....	43
5.4.2	Intervjusituasjon og intervjuguide .....	44

5.4.3	Forhold mellom intervjuobjekter og intervjuer .....	46
5.4.4	Kvalitetskriterier ved personlig intervju over nettverk.....	46
5.5	Styrker og svakheter ved valg av metode .....	48
6	Analyse av data og resultater .....	50
6.1	Nytte av miljøtiltak i lakseoppdrett.....	50
6.1.1	Engangsskatt 1, 2 og 3.....	50
6.1.2	Prispremie 1.....	50
6.1.3	Prispremie 2.....	51
6.1.4	Prispremie 3.....	51
6.1.5	Engangsskatt og prispremie .....	52
6.2	Miljøtiltak i lakseoppdrett.....	52
6.2.1	Basisalternativet .....	53
6.2.2	Åpent anlegg i sjø med luseskjørt.....	53
6.2.3	Åpent anlegg i sjø med snorkelmerd.....	54
6.2.4	Lukket eller semi-lukket merdanlegg i sjø.....	56
6.2.5	Landbasert anlegg med RAS-teknologi .....	57
6.2.6	Utsett av 1000-gram settefisk .....	59
6.2.7	Havbruk til havs .....	60
6.2.8	Kurven for marginale tiltakskostnader.....	61
6.3	Samfunnsøkonomisk analyse av Vestlandet .....	67
6.3.1	Sensitivitetsanalyse.....	71
6.4	Barrierer for miljøinnovasjon i lakseoppdrett .....	74
6.4.1	Økonomiske barrierer .....	74
6.4.2	Regulatoriske barrierer .....	75
6.4.3	Markedssvikt og manglende etterspørsel .....	76
6.4.4	Systemtvang og eksisterende teknologier .....	78
6.4.5	Manglende forskning og kompetansebygging .....	78
6.4.6	Oppsummering av identifiserte barrierer for miljøinnovasjon .....	79
6.4.7	Barrierer for miljøtiltak under utvikling .....	81
7	Diskusjon og konklusjon .....	83
7.1	Diskusjon av funn fra analyse.....	83
7.2	Hva bør samfunnet gjøre for å håndtere miljøutfordringene på Vestlandet .....	85
7.3	Begrensninger og svakheter ved studien.....	86
7.4	Forslag til videre forskning.....	88

8	Referanseliste .....	89
9	Vedlegg .....	97
9.1	Forskningsstrategi.....	97
9.2	Systematisk litteratursøk.....	101
9.3	Samtykkeerklæring .....	105
9.4	Oversikt informanter .....	108
9.5	Intervjuguide .....	109

## Liste over figurer

Figur 3-1: Påvirkning fra fiskeoppdrett .....	14
Figur 3-2: Rømt oppdrettslaks i perioden 2006–2019 .....	15
Figur 3-3: Norske produksjonsområder og trafikklysklassifisering for juli 2020 .....	17
Figur 4-1: Definisjon av total økonomisk verdi.....	22
Figur 4-2: Endring i $Q_j$ ved en forbedring eller forverrelse .....	23
Figur 6-1: Kurven for marginale tiltakskostnader.....	66

## Liste over tabeller

Tabell 4-1: Økonomiske målinger for miljøgodet ved en forbedring eller forverrelse .....	24
Tabell 5-1: Oppsummering av relevante verdsettingsstudier.....	37
Tabell 5-2: Oppsummering av verdianslag fra utvalgte verdsettingsstudier .....	38
Tabell 5-3: Nytteoverføring av verdianslag og total betalingsvillighet.....	40
Tabell 5-4: Overføringsfeil.....	41
Tabell 6-1: Marginalkostnad ved landbasert anlegg med RAS-teknologi.....	59
Tabell 6-2: Forutsetninger til kurven for marginale tiltakskostnader .....	63
Tabell 6-3: Marginal tiltakskostnad.....	64
Tabell 6-4: Samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet .....	67
Tabell 6-5: Nytte-kostnad.....	70
Tabell 6-6: Nytte-kostnad for Norge .....	73
Tabell 6-7: Endring konsum på Vestlandet .....	73
Tabell 6-8: Identifiserte barrierer for miljønnovasjon i lakseoppdrett på Vestlandet.....	80

## 1 Innledning

Oppdrettsnæringen i Norge har de siste årene hatt en ekstraordinær lønnsomhet. Med en produksjon på 1,4 milliarder tonn laks i 2019 til en verdi av rundt 68 milliarder kroner, anses Norge som verdensledende produsent og eksportør av laks (Statistisk sentralbyrå, 2020a). Produksjon av laks er en viktig ressurs for Norge, og med fallende petroleumsinntekter er det et politisk ønske om å øke satsingen til oppdrett av laks for å sikre arbeidsplasser og verdiskapning i kystsamfunn. Oppdrettsnæringen i dag står overfor det som betegnes som den «vanskelige» veksten (Misund et al., 2019). For at næringen skal oppnå visjonen om femdobling av produksjon av laks innen 2050 må utfordringene til miljø samt biologi og areal løses (Nærings- og fiskeridepartementet, 2014). Konvensjonell oppdrett påvirker i varierende grad omgivelsene rundt. Lakselus og rømming av laks er de største miljøutfordringene for oppdrettsnæringen og fører til negativ påvirkning på villaks. Oppdrett av laks resulterer også til utslipp av organiske partikler, næringssalter og miljøfarlige stoffer (Miljødirektoratet, 2020). Som følge av miljøutfordringene har næringen vært preget av strenge krav fra myndighetene om å opprettholde akseptable lusenivå ved å justere produksjonskapasiteten. Kostnadsøkningen i lakseoppdrett de siste årene skyldes store behandlingskostnader til lakselus. Større satsing på forskning og utvikling av teknologi som forebygger lusepåslag vil kunne gi stort utbytte for næringen. Et skifte fra behandling til forebygging av miljøutfordringene vil kunne løse den «vanskelige» veksten næringen befinner seg i. Alternative produksjonsmetoder som er forebyggende kan kreve risikable investeringer, og produksjonskostnadene kan bli høye sammenlignet med konvensjonell teknologi (Iversen et al., 2015; Misund et al., 2019). Likevel kan økte forebyggingskostnader på lengre sikt være lønnsomt som følge av lavere behandlingskostnader og andre relaterte lusekostnader. Fremtidig produksjon vil være avhengig av hvordan miljøutfordringene håndteres. Individens holdninger og verdier kan også påvirke utviklingen til produksjon av laks. Med et økende fokus på bærekraft kan folk gjennom kjøpekraft og eller aktivisme bidra til å redusere miljøutfordringene.

Teknologi som forebygger miljøutfordringer kan brukes som miljøtiltak. Næringen kan aktivt gjennom miljørettet innovasjon bidra til utvikling og realisering av produksjonsteknologi som er mindre miljøbelastende. Miljøinnovasjon kan være svært ressurskrevende for den enkelte oppdretter med høy risiko. Likevel kan resultatet av miljøinnovasjon være fordelaktig med færre miljøutfordringer og økt produksjonskapasitet.

Det finnes få undersøkelser som beskriver hvordan miljøutfordringene bør håndteres med synspunkt fra både forbruker og bransje. Et overordnet perspektiv er viktig for å kunne evaluere



mulige miljøtiltak med ulike produksjonsteknologi som kan løse miljøutfordringene i fremtiden. Dette gir motivasjon til følgende problemstilling:

*Hva er nytten, kostnadene og ulike barrierer for å håndtere miljøutfordringer i lakseoppdrett?*

For å besvare spørsmålet er det formulert tre forskningsspørsmål som på hver sin måte bidrar til å belyse problemstillingen. Individens preferanse og betalingsvillighet kan styrke utvikling og realisering av miljøtiltak som reduserer negative eksternaliteter. Folks nytte bør derfor estimeres. Dette leder til formulering av oppgavens første forskningsspørsmål:

### I. Hva er nytten av miljøtiltak i lakseoppdrett?

Det vil i fremtiden være muligheter for ulike produksjonsmetoder for laks. Miljøtiltakenes forebyggende effekt på miljøutfordringer og kostnader relatert har stor betydning for valg av produksjonsteknologi. Identifikasjon av miljøtiltak som er nyutviklet eller under utvikling samt kostnader vil belyse hvordan fremtidens produksjon av laks vil se ut. Andre forskningsspørsmål formuleres deretter:

### II. Hva er de ulike miljøtiltakene og kostnadene relatert til dette i lakseoppdrett?

Til slutt vil det være hensiktsmessig å undersøke barrierene for miljønnovasjon for å belyse hvilke hinder oppdrettsnæringen står overfor ved utvikling og realisering av produksjonsteknologi som er mindre miljøbelastende. Dette utgjør det siste forskningsspørsmålet:

### III. Hva er barrierene for miljønnovasjon i lakseoppdrett?

Omfanget til denne studien er avgrenset til oppdrettsnæringen på Vestlandet. I oppgaven defineres Vestlandet som produksjonsområde 3 og 4. Dette innebærer de tidligere fylkene Hordaland og Sogn og Fjordane, samt kommunene Haugesund og Karmøy. Hensikten med avgrensningen er at oppdrettsnæringen på Vestlandet har høy påvirkning på miljøet rundt ved oppdrett av laks. Næringen på Vestlandet spiller også en stor rolle i norsk eksport med høy verdiskapning.

Oppgaven vil først presentere tidligere litteratur som refererer til forskning på miljøutfordringer ved lakseoppdrett, miljøøkonomi og innovasjon. Kapittel tre gir en oversikt over produksjonsprosessen, miljøutfordringer, miljøindikator fra myndighetene og miljørelaterte kostnader ved oppdrett av laks. I kapittel fire blir teoretisk grunnlag for oppgaven presentert. I det femte kapitlet utdypes metodikken som ble brukt gjennom oppgaven. Valg av metode,

forskningsprosessen og kvalitetskriterier til data drøftes. Kapittel seks inkluderer analyse og resultater som bidrar til å besvare problemstillingen. Til slutt i kapittel syv diskuteres de viktigste funnene og problemstillingen besvares. Videre utarbeides det en anbefaling til hva samfunnet bør gjøre for å håndtere miljøutfordringene på Vestlandet. Begrensninger og svakheter ved oppgaven belyses, samt forslag til videre forskning presenteres.

## 2 Tidligere litteratur

Det eksisterer omfattende litteratur om norsk oppdrettsnæring som et resultat av at Norge er verdensledende aktør innen fiskeoppdrett. Miljøeffekter, produksjonsteknologi samt kostnader og nytte er temaer av høy interesse på grunn av Norge befinner seg i den såkalte vanskelige vekstfasen. For å oppnå en mer effektiv og mindre miljøbelastende produksjon er det nødvendig å undersøke temaene grundig. Christiansen (2013) kategoriserer negative eksternaliteter studert i norsk oppdrettsnæring og inkluderer genetisk interaksjon og rømming, sykdom, forurensing og utslipp, arealutnyttelse, fôr og fôrressurser. Olesen, Myhr & Rosendal (2011) identifiserer laks som et kulturelt ikon for det norske samfunnet, både for rekreasjon og inntekt. Studien påpeker ansvaret for å bevare det genetiske mangfoldet i vill atlantisk laks ettersom 50 prosent av arten finnes innenfor norsk jurisdiksjon. Oppdrettsnæringen i Norge er forpliktet til iverksetting av tiltak for bevaring og bærekraftig bruk. Liu, Olaussen & Skonhøft (2014) modellerer effekter ved interaksjon mellom rømt oppdrettslaks og ville laksebestander med utgangspunkt i Norge. Funnene presenterer økonomiske effekter og drastiske økologiske påvirkninger med hensyn til økt eller svekket laksebestand, variasjon i vekst samt endring i tilgjengelig bestand klar for høsting. Olaussen & Liu (2011) identifiserte en nedgang i betalingsvillighet til rekreasjonsfiskere i norske elver på omtrent 60 prosent og 85 prosent dersom andel oppdrettslaks i elver øker fra null prosent til henholdsvis 50 prosent og 100 prosent. Aanesen et al. (2018) verdsetter kystrekreasjon og den visuelle inntrengingen fra kommersielle aktiviteter i Nord-Norge. Husholdninger i Nord-Norge er villige til å betale 61,1 USD for å sikre tilstedeværelse av oppdrettsnæringen i motsetning til ingen betalingsvillighet for turistnæringsfasiliteter. Basert på Aanesen et al. (2015) truer oppdrettsnæringen kaldtvannskorallrev langs norskekysten. Gjennomsnittlig betalingsvillighet for norske husholdninger for å beskytte kaldtvannskorallrev varierer fra 274 til 287 euro per år. Negative miljøeffekter fra norsk oppdrettsnæring kan medføre miljøsertifisering av produkter. Alfnes, Chen & Rickertsen (2018) hevder økt lønnsomhet ved bruk av merking som opplyser om total miljøpåvirkning. Prispremie vil være gunstig dersom sertifisering er basert på livssyklusanalyse med informasjon fra fôr til ferdigstilt produkt. Olesen, Alfnes, Røra & Kolstad (2010) identifiserer preferanser hos norske forbrukere der laks produsert organisk eller med strenge velferdskriterier foretrekkes fremfor konvensjonell produsert laks. Studien presenterer en betalingsvillighet på omtrent to euro per kilo laks i form av prispremie.

Liu & Sumaila (2010) beregner tiltakskostnader til lakseoppdrett i Norge med fokus på utslipp av organisk materiale. Gjennomsnittlig tiltakskostnad estimeres til omtrent 3,5 prosent av total

produksjon, og 6,5 prosent av samlet inntekt av oppdrettslaks. Greaker, Vormedal & Rosendal (2020) presenterer lukket merdteknologi og genetisk luseresistent laks som radikale miljøinnovasjoner for å løse luseproblematikken i Norge. Studien påpeker vanskeligheten av å motta privat finansiering til FoU for innovasjoner som inkluderer håndtering av offentlige goder. Studien trekker også frem tydelige preferanser fra norske myndigheter for havbruk til havs selv om prosjekter nær kysten vil være mer egnet til håndtering av lakselus. Samtidig påpeker Chu, Wang, Park & Lader (2020) at offshoreteknologi er uunngåelig dersom fiskeoppdrett skal være bærekraftig og oppnå høyere produksjon. Offshore teknologi sikrer også mer sjøareal og bedre vannkvalitet som vil være nødvendig for økning av produksjonen. Basert på Guttormsen, Myrland & Tveteras (2011) er evnen til å produsere radikale innovasjoner en sentral faktor for oppdrettsnæringens fremtidige vekst. For å kunne implementere innovasjon kommersielt er det ofte nødvendig å motta aksept fra viktige interessenter og myndigheter. Lekang, Salas-Bringas & Bostock (2016) påpeker behov for å finne løsninger til laksens vekstfase i sjø med hensyn til bærekraft til både miljø og økonomi dersom veksten i oppdrettsnæringen i Norge skal fortsette. Studien beskriver lukkede merder i sjø, landbasert oppdrett, merder til havs og produksjon av post-smolt som mulige tekniske løsninger, under utvikling og nylig utviklet, for å håndtere utfordringene med oppdrett av laks i åpne merder.

Liu & Sumaila (2007) gjennomfører samfunnsøkonomisk analyse av åpne- og lukkede merdsystemer for lakseoppdrett i Canada. Studien konkluderer med åpne merdanlegg som mer lønnsomme dersom miljøbelastningen er moderat, og lukket merdanlegg er kun gjennomførbart med prispremie på minst 20 prosent høyere enn grunnpris. Samlet sett fremviser studien lukkede merdanlegg som mer miljøvennlige med høyere kapital og driftskostnader. Aanesen & Mikkelsen (2020) foretar nytte-kostnadsanalyse av utvidelse av lakseoppdrett i Nord- Norge fra et kommunalt perspektiv, og konkluderer med samfunnsøkonomisk lønnsomhet dersom andel av produsentoverskuddet inkluderes i regionens økonomi.

### 3 Bakgrunn

I dette kapittelet gjennomgås bakgrunn til hvorfor det er viktig å identifisere nytte, kostnader og barrierer for håndtering av miljøutfordringene i lakseoppdrett. Først beskrives produksjonsprosessen til oppdrett av laks. Deretter gis en oversikt av miljøutfordringer i lakseoppdrett, og trafikklssystemet presenteres. Til slutt gjennomgås miljørelaterte kostnader i lakseoppdrett.

#### 3.1 Produksjonsprosessen av oppdrettslaks

Den biologiske produksjonsprosessen for oppdrettslaks kan deles inn i følgende fire steg: produksjon av stamfisk og rogn, produksjon av yngel, produksjon av smolt og produksjon av oppdrettslaks (Asche & Bjørndal, 2011). Miljøet rundt produksjonsområdene påvirkes mest under laksens vekstfase i sjøvann og vektlegges på grunn av denne studien skal redegjøre miljøtiltak som forbedrer produksjonsprosessen av laks.

##### **Produksjon av stamfisk og rogn**

Stamfisken har sin opprinnelse fra villaksen og brukes i produksjon av nye avlinger. Eggene blir befruktet fra gytemoden stamfisk. Etter befruktning transporteres eggene til klekkeri og etter rundt to måneder klekkes eggene til eggeplomme-larver (Asche & Bjørndal, 2011).

##### **Produksjon av yngel**

Eggeplomme-larvene er selvforsynt av egen næring fra eggeplomme-sekken som er festet på larvene i ukene etter klekking. Yngelen føres for første gang etter én måned fra klekking og settefiskfasen starter når yngelen veier fem gram. Settefiskfasen innebærer utvikling av karakteristika for laks. Produksjon av yngel er svært viktig for å sikre biologisk tilstand og størrelse på laksen (Asche & Bjørndal, 2011).

##### **Produksjon av smolt**

Smoltifisering er en fysisk prosess der settefisk på rundt 100-gram tilpasses saltvann. For å utnytte produksjonskapasiteten har oppdrettsnæringen gjennom avl utviklet smolt som vokser raskere sammenlignet med vill laksefisk. Smoltifisering oppstår normalt 16 måneder etter klekking, og for oppdrettsfisk frigjøres smolten etter åtte måneder (Asche & Bjørndal, 2011; NOU 2019:18, 2019).

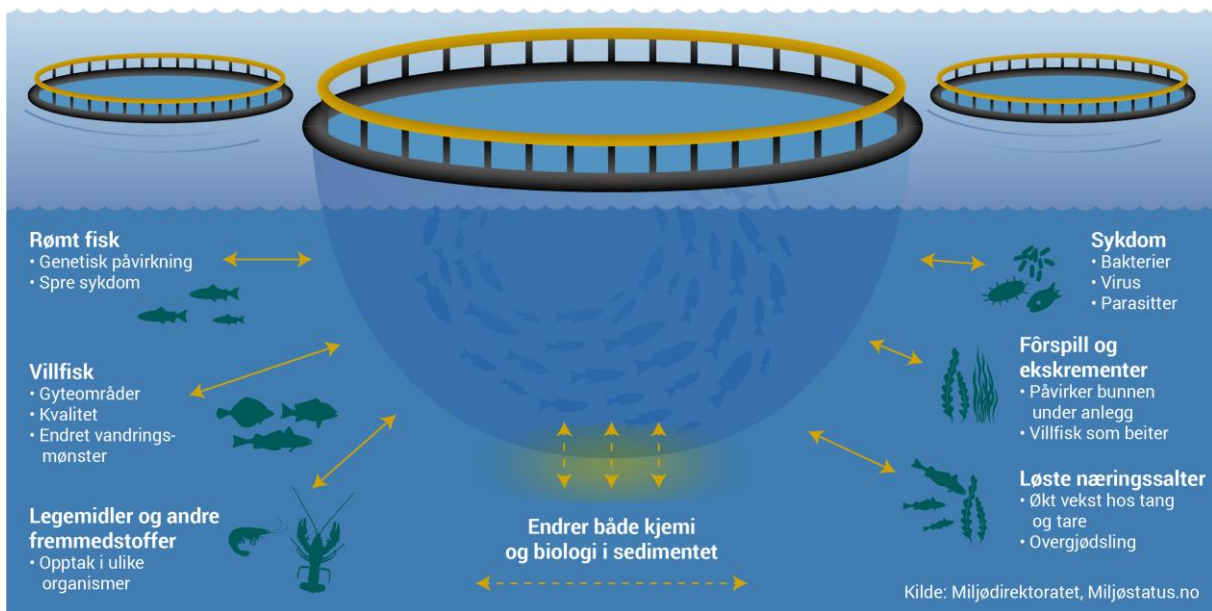
##### **Produksjon av oppdrettslaks**

Smolten settes ut i merder i sjø på lokaliteter med god vanngjennomstrømning og gunstige miljøforhold. Merdanlegg i sjø består av en flytering og en poseformet not som skiller laksen fra miljøet rundt. I løpet av tolv til 18 måneder vokser smolten i merden fra 100-gram til slakteklar vekt på mellom tre til seks kilo. Fôring og vanntemperatur er avgjørende faktorer for å produsere slakteklar laks (Havforskningsinstituttet, 2019; Misund, 2019). I Norge overføres smolt til sjø i løpet av mars til oktober på grunn av biologiske og klimatiske årsaker. For å oppnå jevnere produksjonssyklus er det to utsett av laks i løpet av ett år (Asche & Bjørndal, 2011).

### 3.2 Miljøutfordringer i lakseoppdrett

Tidlig i næringsutviklingen oppdaget norske oppdrettere problemer med konvensjonell produksjon. Sykdomsutfordringer samt høyt forbruk av antibiotika oppstod på grunn av sterk produksjonsvekst. Forurensning og rømming fra merdene var også betydelige problemer i næringen (Hovland, Møller & Vik, 2010). I dag vil fremdeles de samme problemene observeres i norsk lakseoppdrett. De største miljøvirkningene er påvirkning på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale (Asche & Bjørndal, 2011). Det observeres også andre miljøutfordringer ved produksjon av oppdrettslaks. Bruk av kobber og andre legemidler vil påvirke dyre- og plantelivet på havbunnen, og krepsdyr i nærheten av oppdrettsanleggene (Miljødirektoratet, 2020). Under fiskens metabolisme dannes det uorganiske næringssalter som består av nitrogen og fosfor. Konsekvensen av økt mengde løste næringssalter fører til oppblomstring av alger på havbunnen og redusert oksygenkonsentrasjon i bunnvann (Grefsrud et al., 2019). Atferdsmønsteret til ville ørretbestander endres på grunn angrep fra lakselus. Ørreten vil vandre tidligere tilbake til elva for å gyte enn det som anses som normalt. Kort oppholdstid i sjøen vil være uheldig for ørreten da det vil påvirke vekst og forplantningsdyktighet (Miljødirektoratet, 2019). Oppdrettsanlegg kan fysisk og ved utslipp av anlegg forhindre kysttorsken å returnere til sitt gyteområde. Torsken er svært trofast og stedbunden til gytegrunnen, men på grunn av oppdrettsnæringen og oppdrettslaksens nærvær vil gyteområdene være utilgjengelige (Husa et al., 2016). Det er verdt å påpeke at oppdrettsanlegg langs kysten påvirker kystlandskapet visuelt, og kan bryte med enkeltes forventninger av kysten rent estetisk. Kystlandskapet kan også påvirkes lydmessig av oppdrett (Gullestad, 2011). Miljøutfordringene fra oppdrettsnæringen presenteres i Figur 3-1.

### Påvirkning fra fiskeoppdrett

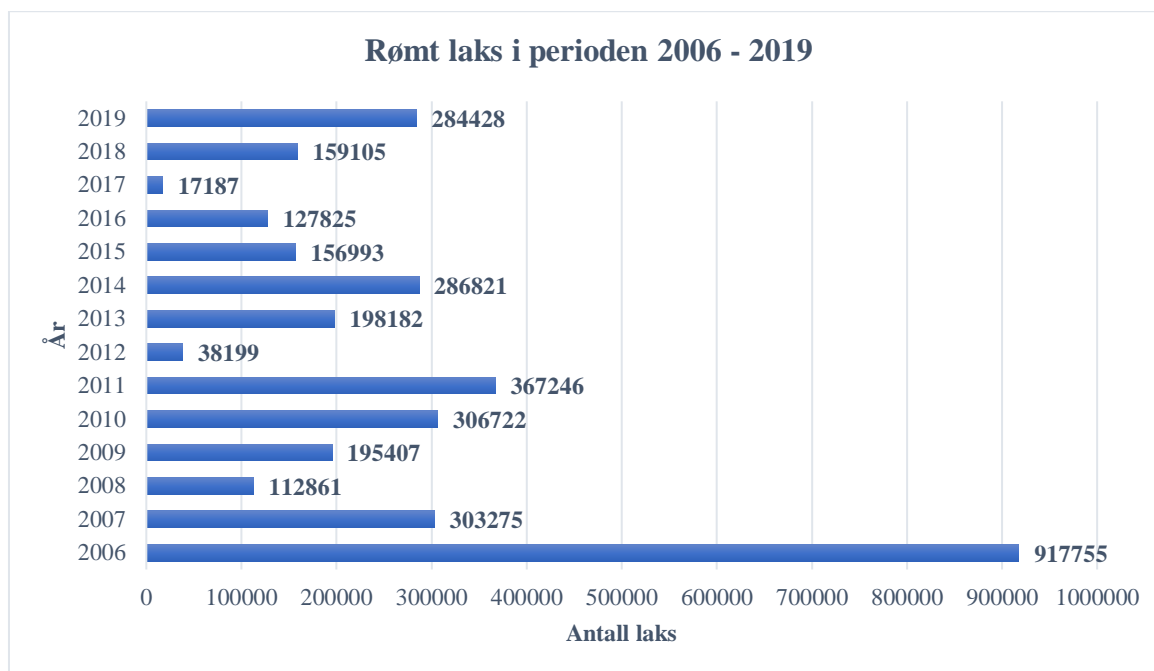


Figur 3-1: Påvirkning fra fiskeoppdrett

Kilde: (Miljødirektoratet, 2020)

### Effekter på ville laksebestander

Skade på merd og hull i nøter er hovedårsaken til at oppdrettslaksen rømmer og blandes sammen med ville laksebestander (Jensen, Dempster, Thorstad, Uglem & Fredheim, 2010). Figur 3-2 presenterer rømmingsstatistikk for perioden 2006 til 2019. I 2019 ble det innmeldt omtrent 49 rømmingstilfeller i Norge hvor nær 300.000 laks rømte fra oppdrettsanlegg. Dette tilsvarer mer enn halvparten av all villaks som gyter i norske elver (Johansen, Baisotti & Svendsen, 2020). Den naturlige veksten og den økonomiske verdien av villaks påvirkes økologisk gjennom konkurranse, predasjon, kolonisering og spredning av sykdom og parasitter. De mest betydelige virkningene er overføring av sykdom og krysning av gener gjennom reproduksjon. Oppdrettslaks er rapportert som mer aggressive og risikosøkende, og suksessfulle avkom vil potensielt true den opprinnelige laksebestanden. Lite genetisk variasjon vil også svekke overlevelsesraten til avkom fra villaksen (Olaussen, 2018).



Figur 3-2: Rømt oppdrettslaks i perioden 2006–2019

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2020d)

Rømt oppdrettslaks kan øke lusetettheten ved å spre lakselus over på villaks. Effektene vil være avhengig av antall laks rømt, og alvorlighetsgraden stiger etter hvert som antall rømminger øker (Olaussen, 2018). Høy forekomst av lakselus skyldes tette lokaliteter fra oppdrettsnæringen. Dette har ført til høy produksjon av luseegg og -larver som sprer seg i sjøen gjennom hele året. Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er et parasittisk krepsdyr som finnes naturlig i alle havområder på den nordlige halvkule. Lusen påfører laksebestanden skade ved å spise hud, slim og blod, og ved å bevege seg fritt rundt på fiskens hudoverflate. Angrepene lusen påfører bestanden fører til redusert vekst, forstyrrelser i saltbalansen og fisken blir mer utsatt for andre sykdommer, og som bytte for andre dyr. Antall lus per laks og fiskens størrelse vil ha betydning for omfanget av skaden. Det antas at fire til fem lus på utvandrende laksesmolt kan medføre fysiologiske endringer, og at ni til elleve lus regnes som dødelig for de unge laksene som er på vei til havet (Havforskningsinstituttet, 2020; Miljødirektoratet, 2019).

### Utslipp av partikulært organisk materiale

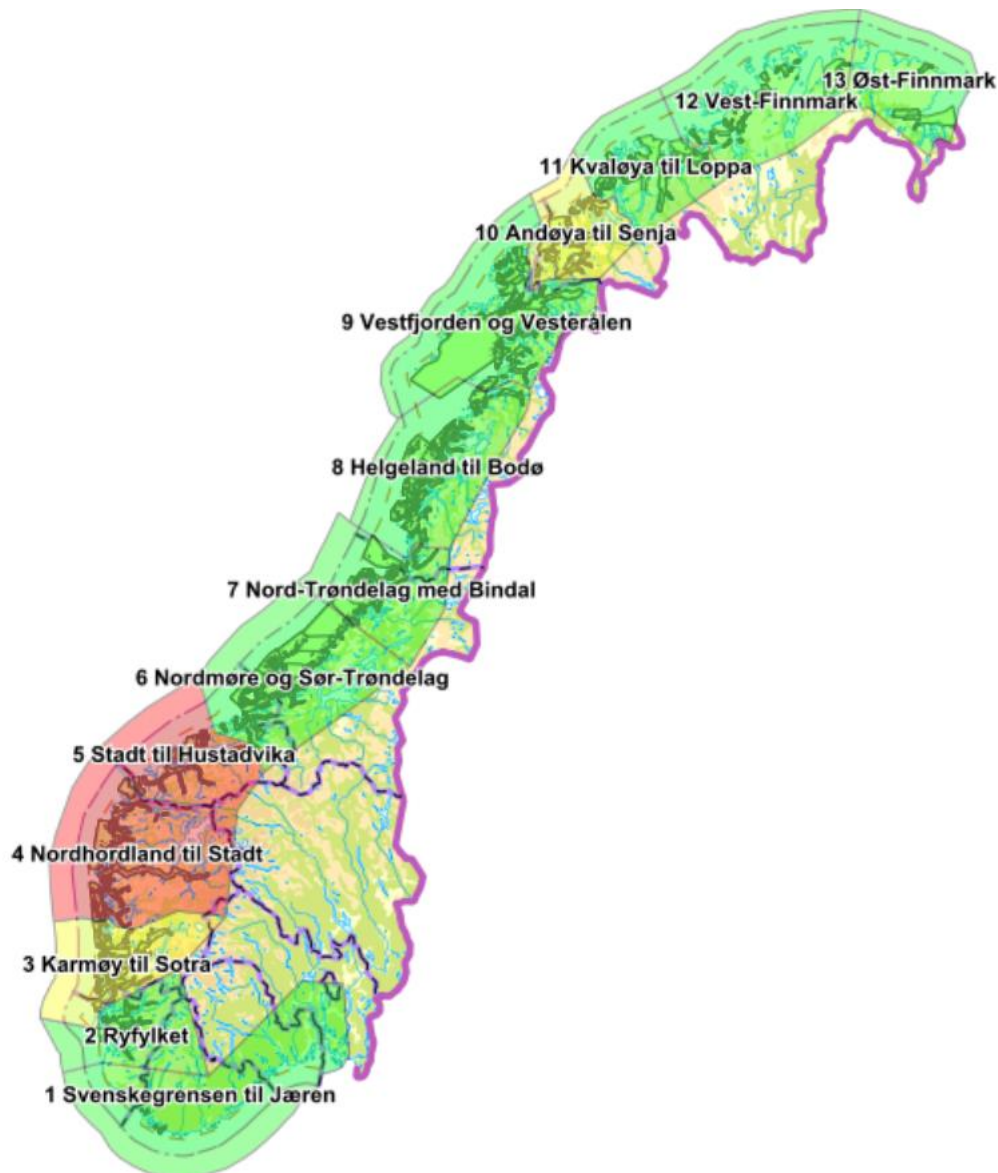
Utslipp av partikulært organisk materiale består hovedsakelig av fekalier og fôrspill. Miljøpåvirkningen er størst rett under og i nærheten av hvert enkelt merdanlegg. Oppsamlede ekskrementer og uspiste pellets kan skade og forstyrre den lokale faunaen. Økt avfall vil resultere i at den naturlige nedbrytningsfasen til havbunnen ikke er tilstrekkelig. Nedslamming og begroing utgjør også en risiko for fisk og andre organismer som befinner seg nær anleggene



(Nærings- og fiskeridepartementet, 2018). Utslipp av partikulært organisk materiale har betydelig påvirkning for balansen mellom vekst og erosjon for koraller, og fører til ødeleggelser av korallrevet (Husa et al., 2016). Effekter kan oppstå lengre unna anleggene på grunn av vannbevegelse og bunnforhold. Spredningen av materialet avhenger av dyp, vannstrøm, synkehastighet og oppløsning. Områder med god vannkvalitet og vannutskiftning vil ofte ha mindre effekt fra partikulært organisk materiale fra lakseoppdrett. På den annen side kan den totale belastningen bli stor i områder der de naturlige forholdene ikke er like gunstige (Nærings- og fiskeridepartementet, 2018). Dyp og strømhastighet langs den norske kysten og i fjordene er varierende, og plassering av oppdrettsanleggene er derfor avgjørende. Lokalteter i fjorden er mer utsatt for overbelastning på havbunnen sammenlignet med anlegg langs kysten (Husa et al., 2016). Strømforholdene langs kysten er sterkere og øker tilgjengeligheten av oksygen som er nødvendig for nedbrytning av det partikulære organiske materialet. Vannbevegelsene i de dypere vannlagene forårsaker også større spredning av fekalier og fôrspill (Asche & Bjørndal, 2011).

### 3.3 Trafikklyssystemet

Trafikklyssystemet ble innført i 2017 som et resultat av høy konsentrasjon og spredning av lakselus på ville laksebestander. Systemet brukes som en miljøindikator for påvirkning av lakselus på ville laksebestander for å justere produksjonskapasiteten til de ulike produksjonsområdene. Den norske kysten kategoriseres i 13 produksjonsområder og tildeles farge – grønn, gul og rød – etter risikoen for dødelighet på vill laksefisk (Figur 3-3). Trafikklyssystemet bestemmer annet hvert år om oppdrettere får øke, må minske eller kan fortsette med dagens produksjon (Nærings- og fiskeridepartementet, 2017). Det er ikke før 2020 at oppdretterne har fått konsekvenser fra det røde lyset. Røde soner har uakseptabel miljøpåvirkning og må justere ned kapasitet med seks prosent (Borchgrevink-Brækhus & Bringslid, 2020; Fagerbakke, 2020). Vestlandet består av produksjonsområde 3 og 4, og har de siste årene vært sterkt preget av lakselus på ville laksebestander. I 2020 endret produksjonsområdet 3 fra rød til gul sone, fra uakseptabel til moderat miljøpåvirkning. Produksjonsområdet 4 har fremdeles status som rød og må redusere produksjonen (Forskrift om kapasitetsøkning for tillatelser til akvakultur, 2017, §3; Nærings- og fiskeridepartementet, 2020).



Figur 3-3: Norske produksjonsområder og trafikklysklassifisering for juli 2020

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2020c)

### 3.4 Miljørelaterte kostnader i lakseoppdrett

Kostnadsstrukturen til lakseoppdrett innebærer kostnader relatert til miljø som et resultat av å bruke naturressurser til oppdrett av laks. Miljørelaterte kostnader identifiseres innen investerings- og produksjonskostnader.

#### **Produksjonstillatelse**

For å drive kommersiell oppdrett av laks i Norge kreves det en ordinær tillatelse fra myndighetene. Lokalteter blir godkjent for maksimal tillatt biomasse (MTB) etter vurdering av lokalitetens bæreevne. MTB bestemmer hvor mye levende fisk, målt i kilo eller tonn,

innehaveren av tillatelsen kan ha stående i sjøen til enhver tid. En standard tillatelse til produksjon av laks er 780 tonn i Norge, foruten i Troms og Finnmark der tillatelsen er inntil 945 tonn. Tillatelse gis midlertidig for ti år om gangen. Fast vederlag for produksjon av oppdrettslaks er 120.000 kroner per tonn MTB. Det skal gis tilbud om kapasitetsøkning på to prosent til eksisterende tillatelser. Tilbudet gjelder kun oppdrettere innenfor grønne produksjonsområder i trafikklyssystemet. Vederlaget er satt til 120.000 kroner per tonn tillatelsen utvides med (Fiskeridirektoratet, 2016; Forskrift om kapasitetsøkning for tillatelser til akvakultur, 2017, §7; Laksetildelingsforskriften, 2005, §23).

### **Utviklingstillatelse**

For oppdretter med konsepter under utvikling og utprøving tildeles det forsknings- og utviklingstillatelser, også kalt utviklingstillatelser. Tillatelsen gjelder prosjekter med betydelig innovasjon og investeringer for å utvikle teknologi som bidrar til å håndtere miljø- og arealutfordringer. Utviklingstillatelse gis midlertidig for inntil 15 år om gangen. For å skape insentiv til å utvikle teknologi tildeles utviklingstillatelser uten vederlag. Vellykket gjennomføring av prosjektet kan være fordelaktig for den enkelte oppdretter og samfunnet som helhet. Utviklingstillatelser kan konverteres til ordinære tillatelser etter endt prosjekttid dersom prosjektets resultat oppfyller kriteriene fra myndighetene. Ved tildeling av ordinær tillatelse skal det betales et vederlag på ti millioner kroner (Laksetildelingsforskriften, 2005, §23; Mikkelsen, 2019).

### **Krav og undersøkelser**

Oppdrettsnæringen i Norge er pålagt krav til miljøundersøkelser og rapporter som følge av hensyn til miljø samt fiskehelse og fiskevelferd. Kostnadene relatert til kravene vurderes til å ha minimal betydning for oppdretternes totale kostnader. Det gjennomføres trendovervåkning av bunnforholdene, såkalt B- og C-undersøkelser, under og i umiddelbar nærhet til oppdrettsanleggene. Kostnader til B- undersøkelser varierer fra 20.000 kroner til 30.000 kroner, og C- undersøkelser koster mellom 80.000 kroner til 90.000 kroner. Det gjennomføres også strømundersøkelser og pris varierer fra 20.000 kroner til 50.000 kroner. Kostnadene presentert gjelder per produksjonssyklus (Iversen et al., 2015; NYTEK-forskriften, 2011, §9). Myndighetene kan også bøtelegge oppdrettere til å dekke utgifter som det offentlige eller det private har med å fjerne rømt oppdrettslaks (Forskrift om utfisking mv. av rømt oppdrettsfisk, 2015, §3).

### **Kontroll, forebygging og behandling av lakselus**

Det brukes enorme ressurser på kontroll, forebygging og behandling av lakselus. Myndighetene bestemmer innsatsen på lusebehandlinger med forutsetning om sammenheng mellom lusenivå hos oppdrettslaks og lusenivå hos villaks. Rapportering og telling av lakselus er påkrevd og medføre økt arbeidsbehov samt utstyr. De siste årene har bruk av medisinfôr til behandling av lakselus økt betraktelig. Prisen på medisinfôr er dobbelt så høy som for standardfôr. Bruk av spesialfôr for å sikre vekst og motstandsdyktighet mot luseangrep har også økt vesentlig de siste årene (Iversen et al., 2015). Totale lusekostnader for oppdrettere i Norge er estimert til 11,2 milliarder kroner i 2017. Estimater reflekterer direkte og indirekte kostnader ved luseangrep, og innebærer inntektstap, besparelser i fôrkostnader, kjemisk og mekanisk behandling av lus (Kaldheim & Nordbotn, 2019).

## 4 Teori

I dette kapittelet gjennomgås studiens teori. Første del utdyper begrepet eksternaliteter. I andre del fremlegges teori til total økonomisk verdi og verdsetting av et miljøgode. Videre presenteres teori til kostnadsfunksjonen for en bedrift ved bruk av miljøtiltak. Til slutt gjennomgås teori til innovasjon og miljøinnovasjon samt drivere, kostnader og barrierer for miljøinnovasjon.

### 4.1 Eksternaliteter

Virkninger som en økonomisk agent påfører en annen uten dennes samtykke kalles i miljøøkonomi for eksternaliteter (Hindriks & Myles, 2013). Begrepet brukes for å beskrive utfallet når en agents beslutning angående produksjon eller konsum påvirker direkte en annen agents nytte og profitt (Anciaes, 2017). Virkningene kan være gunstige eller skadelige for den andre part. Uavhengig av utfallet gis det ikke kompensasjon eller annen form for betaling til den berørte part fra den ansvarlige agent, og virkningen kan derfor kalles for ekstern (Perman, Ma, Common, Maddison & McGilvray, 2011).

Eksternaliteter er en kilde til markedssvikt. Svikt oppstår når markedet ikke leverer et optimalt resultat i forhold til forutsetningene om neoklassisk økonomisk teori. Ubalanse i allokering av goder fører til at det skapes mindre velferd enn det som er mulig, gitt de tilgjengelige ressursene. Markedet blir derfor svekket og opptrer mindre effektivt (Wetzstein, 2013). Med utgangspunkt i et marked med fullkommen konkurranse vil en positiv virkning resultere i at markedet produserer for lite av godet sammenlignet med allokeringen av ressursene. En negativ virkning vil føre til at markedet vil produsere mer enn hva som er effektivt. Problemet med eksternaliteter er at det ikke gis belønning eller straff for gunstige og skadelige virkninger. Fraværet av korrigerende politikk og mangel på tilbakemeldinger fører til at agenter ikke vil ta hensyn til aktuelle virkninger til forskjell fra effekten godtgjørelse eller bot har (Perman et al., 2011). Positive eksternaliteter får for lite oppmuntring og derfor produseres det for lite av en ressurs. Samtidig bekjempes ikke negative eksternaliteter nok og det vil bli for mye av disse i økonomien.

### 4.2 Nytte

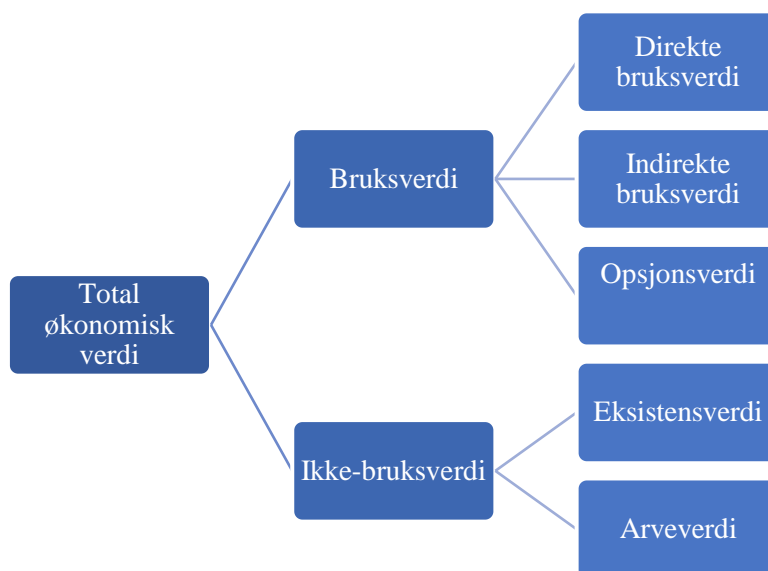
Et individ kan oppnå nytte gjennom private og offentlige goder (NOU 2012:16, 2012). Private goder anses som både rivaliserende og ekskluderende, og har en observerbar markedspris tilgjengelig i markedet. I motsatt tilfelle er offentlige goder ikke-rivaliserende og ikke-ekskluderende, og har derimot ikke et marked med observerbare markedspriser (Perman et al., 2011). Miljøgode beskrives derfor som et offentlig gode.

#### 4.2.1 Total økonomisk verdi

Verdien av et miljøgode kan identifiseres ved å benytte konseptet «total økonomisk verdi» (Figur 4-1). Begrepet innebærer en helhetlig total verdi, og ikke bare den direkte bruken av godet. Det innebærer at verdier knyttet til indirekte bruk og ikke-bruksverdier tas med når en verdsetter miljøgoder. Total økonomisk verdi består av kategoriene bruksverdi og ikke-bruksverdi. Bruksverdi deles videre inn i direkte- og indirekte bruksverdi, der direkte bruksverdi er verdien av miljøgodet gjennom faktisk forbruk av produkter i markedet, eller gjennom direkte opplevelse av miljøgodet. Indirekte bruksverdi er verdien av miljøgodet uten direkte bruk eller konsum. Opsjonsverdi blir også noen ganger definert under bruksverdi, og refererer til verdien individet får ved å ha mulighet til å bruke miljøgodet en gang i fremtiden. Ikke-bruksverdi deles inn i to komponenter der eksistensverdi er individets tilfredshet over å vite at noe eksisterer, og arveverdi viser til individets verdi over å vite at fremtidige generasjoner vil ha samme tilgang til miljøgodet (NOU 2013:10, 2013).

For å estimere verdiene i «total økonomisk verdi» kan man benytte forskjellige økonomiske verdsettelsesmetoder. Transportkostnadsmetoden og hedonisk prising er metoder basert på avslørte preferanser og fanger kun opp bruksverdien av et miljøgode (NOU 2013:10, 2013). Transportkostnadsmetoden brukes til å estimere verdien av rekreasjon, og identifiserer verdien ved å benytte reisekostnader til et bestemt naturmiljø. Hedonisk prising er en metode som benyttes til å observere miljøverdier som inngår i prisen på et gode i markedet. Miljøverdien identifiseres ved å sammenligne prisforskjeller mellom to like goder der det ene godet inneholder karakteristikken miljø (Armstrong, Kahui & Aanesen, 2008). Betinget verdsetting og valgekspesimenter er metoder basert på uttrykte preferanser som fanger opp både bruksverdien og ikke-bruksverdien, og kan dermed brukes til å beregne den totale økonomiske verdien av et miljøgode. Betinget verdsetting er en metode som benytter seg av ulike spørreundersøkelser til å stille direkte spørsmål til individer om deres betalingsvillighet for en endring i et miljøgode. Metoden valgekspesimenter beregner implisitt verdien av et miljøgode ved å undersøke individers valg over forskjellige hypotetiske alternativer med utvalgte attributter (Perman et al., 2011).

Da de ulike verdsettelsesmetodene reflekterer bruksverdi og eller ikke-bruksverdi av et miljøgode, kan summering av betalingsvillighetsestimater fra forskjellige verdsettelsesmetoder inneholde dobbelttelling av nytte. Summering av betalingsvillighet fra hedonisk prising og betinget verdsettelsesundersøkelser for samme miljøgode vil innebære dobbelttelling av bruksverdien.



Figur 4-1: Definisjon av total økonomisk verdi

Kilde: (NOU 2013:10, 2013)

#### 4.2.2 Økonomisk verdsetting

Ifølge Hanemann & Carson (2005) kan preferansen til et individ bli uttrykket av en direkte nyttefunksjon:

$$U(X_i, Q_j)$$

*Lign: 4-1*

der  $X_i$  representerer private goder og  $Q_j$  er miljøgoder tilgjengelig. For hvert markedsgode er det en optimal etterspørselsfunksjon, og ved å sette etterspørselsfunksjonen sammen med nyttefunksjonen uttrykkes den indirekte nyttefunksjonen som følgende:

$$V = V_j(P_j, M_j; Q_j, QUAL_j, SUB_j, H_j, I_j)$$

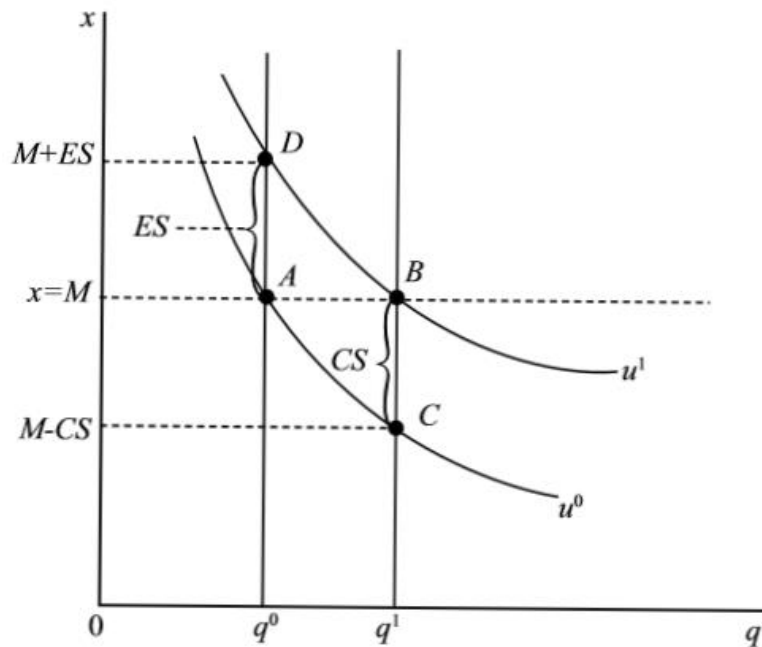
*Lign: 4-2*

der  $P_j$  er prisen på markedsgoder som individ  $j$  observerer,  $M_j$  er husholdinntekten til individ  $j$ ,  $QUAL_j$  er mengde kvalitet av miljøgodet  $Q$  for individ  $j$ ,  $SUB_j$  er antall substitutter for  $Q$  tilgjengelig for individ  $j$ ,  $H_j$  er karakteristika ved individ  $j$ 's husholdning som ikke har med inntekt å gjøre, og  $I_j$  er mengde informasjon tilgjengelig for individet (Bergstrom & Taylor, 2006). Ved gjennomførelse av verdsettelse oppstår det to situasjoner – en situasjon med miljøgodet og en situasjon uten miljøgodet. Ved en positiv endring i  $Q_j$  oppstår det et skift fra  $Q^0$  til  $Q^1$ , presentert i Figur 4-2. Individets nytte endres fra:

$$U^0 \equiv V_j(P_j^0, M_j; Q_j^0, QUAL_j^0, SUB_j^0, H_j, I_j) \text{ til } U^1 \equiv V_j(P_j^1, M_j; Q_j^1, QUAL_j^1, SUB_j^1, H_j, I_j)$$

Lign:4-3

Skiftet kan enten symbolisere en forbedring eller en forverrelse av godet. Ved en forbedring vil  $U^1 > U^0$  eller ved en forverrelse vil  $U^1 < U^0$ . Dersom individet er likegyldig til endringen vil  $U^1 = U^0$  (Bergstrom & Taylor, 2006; Hanemann & Carson, 2005).



Figur 4-2: Endring i  $Q_j$  ved en forbedring eller forverrelse

Kilde: (Freeman, Herriges & Kling, 2014)

Tabell 4-1 presenterer to målinger som representerer verdien av miljøendringen i økonomiske vilkår (kroner). Kompenserende overskudd benyttes til å måle individenes maksimale villighet til å betale for å sikre at endringen oppstår, dersom endringen er en forbedring. Ekvivalent overskudd beregner individenes minimalistiske villighet til å akseptere for å unngå at endringen oppstår. Ved forverrelse i miljøgodet brukes kompenserende overskudd til å beregne individenes villighet til å akseptere for at endringen oppstår, og ekvivalent overskudd måler individenes villighet til å betale for å unngå endringen (Nyborg, 1996).



Tabell 4-1: Økonomiske målinger for miljøgodet ved en forbedring eller forverrelse

	<b>Kompenserende Overskudd</b>	<b>Ekvivalent Overskudd</b>
<b>Forbedring i miljøgodet</b>	Villighet til å betale for at endringen oppstår.	Villighet til å akseptere for at endringen ikke oppstår.
<b>Forverrelse i miljøgodet</b>	Villighet til å akseptere for at endingen oppstår.	Villighet til å betale for at endringen ikke oppstår.

Kilde: (Perman et al., 2011)

Kompenserende overskudd vektlegges ettersom individers villighet til å betale for en forbedring i miljøkvaliteten vil indentifiseres. Kompenserende overskudd er komplett for:

$$V_j(P_j^1, M_j - CS^1; Q_j^1, QUAL_j^1, SUB_j^1, H_j, I_j) = V_j(P_j^0, M_j; Q_j^0, QUAL_j^0, SUB_j^0, H_j, I_j)$$

*Lign: 4-4*

der CS er en forkortelse for kompenserende overskudd (Freeman, Herriges & Kling, 2014; Bergstrom & Taylor, 2006). Individet vil redusere sin inntekt på det tidspunktet den positive endringen iverksettes og kommer dermed tilbake til sin originale nytte (Champ, Boyle & Brown, 2017). Kompensasjonen kan være i form av en prispremie på et produkt i markedet eller en skatt innbetalt til myndighetene. Lindhjem, Grimsrud, Navrud & Kolle (2015) uttrykker betalingsvilligheten til et individ følgende:

$$\Delta B_i^1 = WTP^1 = f(P_j^1 - P_j^0, Q_j^1 - Q_j^0, QUAL_j^1 - QUAL_j^0, SUB_j^1 - SUB_j^0, H_j, I_j)$$

*Lign: 4-5*

Der  $\Delta B_i^1$  er endringen i nytte etter en forbedring av miljøgodet, og  $WTP^1$  er et anslag på nytten som reflekterer betalingsvilligheten til individet.

### 4.3 Kostnader

Kostnadsstrukturen til en bedrift reflekterer antall enheter produsert gitt mengde arbeid og kapital brukt i produksjonen. Med utgangspunkt i et marked med fullkommen konkurranse kan kostnadsfunksjonen til en bedrift uttrykkes:

$$C = C(v, w, q)$$

*Lign: 4-6*

Der  $v$  og  $w$  representerer timelønn for arbeid og timepris for leie av kapital. Antall enheter produsert betegnes med  $q$ . Totale kostnader vil øke dersom produksjonen av en vare eller tjeneste ( $q$ ) øker. Den totale kostnadsfunksjonen gir sammenhengen mellom produksjon og kostnad, men ofte er det mer hensiktsmessig å analysere kostnadene med utgangspunkt i marginalkostnader (Snyder & Nicholson, 2012). Bedrifter med produksjonsprosesser som samspiller med det naturlige miljøet rundt skiller mellom marginal privatkostnad og marginal sosialkostnad. Marginal privatkostnad er endringen av produsentens totale kostnader ved å produsere en ekstra enhet av et gode uten å ta hensyn til eksternaliteter fra produksjonen. Den sosiale marginalkostnaden er den totale kostnaden for samfunnet som helhet ved å produsere en ekstra enhet av et gode inkludert kostnadene knyttet til eksternalitetene (Bockel, Sutter, Touchemoulin & Jonsson, 2012; Edgmand, Moomaw & Olson, 1996). Marginal sosialkostnad kan derfor uttrykkes som følger:

$$MSC = MPC + MEC$$

*Lign: 4-7*

Der  $MSC$  og  $MPC$  representerer marginal sosialkostnad og marginal privatkostnad. Ettersom marginalkostnaden til eksternaliteten bæres av miljøet og andre interessenter, og ikke produsenten direkte, betegnes marginal eksternkostnad som  $MEC$ .

Mulige løsninger for å håndtere negative eksternaliteter er miljøpolitikk. Politiske virkemidler som pigouskatt, regulering og kvoter, tillatelser samt søksmål, mekling eller forhandling mellom produsenten og den berørte part er designet for å korrigere markedssvikt (Mazzanti, Antonioli, Ghisetti & Nicolli, 2016). Eksternaliteten knyttes dermed direkte til bedriften ved å begrense produksjon og øke skatterelaterte utgifter. For at miljøpolitikk skal være suksessfull er det avgjørende at forskriftene trigger og skaper insentiv til produsentene. En profittmaksimerende bedrift som reguleres vil ha motivasjon til å investere og utvikle teknologi dersom innovasjonen reduserer produksjonskostnaden eller øker prisen på godet produsert (Dechezleprêtre & Sato, 2017).

Bedriften kan benytte ulike tiltak for kontrollere negative eksternaliteter. Tiltak defineres som et prosjekt eller en aktivitet. Tiltak rettet for å begrense miljøutfordringer ved produksjon beskrives som et miljøtiltak. Mengden av eksternaliteten som minimeres bestemmes av hvilken type teknologi som anvendes. Kostnader som benyttes for å håndtere eksternaliteter kategoriseres som tiltakskostnader. Marginale tiltakskostnader defineres deretter som nødvendige kostnader for et tiltak som reduserer miljøeffekter ved produksjon av et ekstra gode.

Kurven for marginale tiltakskostnader er et nyttig instrument og betraktes som en tilbudskurve som gir oversikt over mulige tiltak som kan redusere forurensning (Huang, Kuo & Chou, 2016; Marinoni & van Grieken, 2016). Kombinert med marginalnyttien kan kurven for marginale tiltakskostnader brukes for å definere det sosialt eller samfunnsøkonomisk optimale nivået av miljøtiltak og eksternaliteten. Skjæringspunktet mellom marginal tiltakskostnad og marginal nytte viser ideell mengde reduksjon og kostnader til tiltaket (Eory, Topp & Moran, 2013).

Det finnes to metoder å utlede kurven for marginale tiltakskostnader på. Den første metoden er ingeniørorientert med et «nedenfra og opp» perspektiv. Marginal tiltakskostnad presenteres i et histogram der søylene representerer kostnad og reduksjonspotensial til hvert enkelt tiltak. Alternativene er rangert stegvis etter pris fra billigst til dyrest. Tilnærmingen «nedenfra og opp» er nyttig for å studere detaljerte individuelle teknologier og tiltak (Bockel et al., 2012; Huang et al., 2016). Den andre metoden tar utgangspunkt i et «ovenfra og ned» perspektiv med en jevn kurve for marginal tiltakskostnad. Modellen baseres på en makroøkonomisk likevektsmodell som presenterer totale kostnader for økonomien. «Ovenfra og ned» tilnærmingen benyttes for å studere makroøkonomi og finanspolitikk med formål å begrense skaden fra negative eksternaliteter (Bockel et al., 2012; Kesicki & Ekins, 2012).

Kostnadsfunksjonen til en bedrift vil endres ved bruk av miljøtiltak. Foruten den private marginalkostnaden må produsenten inkludere marginal tiltakskostnad i totale kostnader. Bruken av miljøtiltak reduserer det sosiale velferdstapet og vil derfor være til fordel for hele samfunnet. Den totale sosiale kostnaden ved produksjon av et gode med bruk av tiltak for å redusere miljøeffekter inneholder tre komponenter (Lindhjem et al., 2015). Investeringskostnaden til tiltaket ( $IK$ ), kostnaden ved å produsere godet med ny produksjonsmetode ( $PK$ ), og skattefinansieringskostnad dersom tiltaket finansieres gjennom offentlige midler ( $M$ ). Totale sosiale kostnader inkludert miljøtiltak ( $A$ ) presenteres som:

$$C^A = C_{IK}^A + C_{PK}^A + C_M^A$$

*Lign: 4-8*

For å undersøke endringen i totale sosiale kostnader med og uten bruk av miljøtiltaket ( $A$ ) benyttes ligningen:

$$\Delta C^A = \Delta C_{IK}^A + \Delta C_{PK}^A + \Delta C_M^A$$

*Lign: 4-9*

#### 4.4 Innovasjon og miljøinnovasjon

Innovasjon er et begrep som er nært knyttet til noe dynamisk som bidrar til en endring eller i det minste et potensial for en forandring. Fagerberg et al. (2005) skiller tydelig mellom innovasjon og invensjon for å kunne definere hva innovasjon er. Det første tilfellet av en ide for et nytt produkt eller prosess anses som en oppfinnelse, mens den første gjennomførelsen av ideen beskrives som innovasjon. Funn fra forsknings- og utviklingsprosesser defineres ikke som oppnådd innovasjon før den er faktisk prøvd og anvendt (Grünfeld, Bugge & Kaloudis, 2010). Innovasjon klassifiseres i ulike typer, men i økonomisk sammenheng er vekten ofte på nye produkter og nye produksjonsmetoder. Produktinnovasjon og prosessinnovasjon brukes henholdsvis for å beskrive forekomsten av nye eller forbedrede varer og tjenester og forbedringer i måter å produsere varer og tjenester på (Fagerberg et al., 2005). Innovasjon er et viktig element for å forstå økt produktivitet og økonomisk vekst.

Innovasjon kan kategoriseres etter hvor radikal den er i forhold til eksisterende teknologi (Fagerberg et al., 2005). Inkrementell innovasjon er effektene av kontinuerlig endring av et eksisterende produkt eller en prosess. Endringen skjer på administrativt eller bedriftsledelses nivå med hensikt å forbedre komponenter som virksomheten allerede bruker. Inkrementell innovasjon fører til økt kompetanse fordi teknologiske oppgraderinger og justeringer av produksjonsmetoder ikke vil variere fra virksomhetens tradisjonelle kompetanseområde (Hall & Kerr, 2003; Tidd & Bessant, 2014; Vormedal, Larsen & Flåm, 2019). En radikal innovasjon fører derimot til betydelig større omveltninger. Virksomheten beveger seg vekk fra kunnskapsgrunnlaget i teknologi eller marked, og det stilles omfattende organisatoriske, administrative og infrastrukturelle krav. Radikale innovasjoner kan være revolusjonerende for sin virksomhet, men også for en rekke andre aktører. Muligheter oppstår for både nye og eksisterende virksomheter ved å være radikal, mens inkrementell innovasjon kommer mer til nytte hos etablerte aktører (Grünfeld et al., 2010; Hall & Kerr, 2003; Vormedal et al., 2019). Et sentralt punkt fra Fagerberg et al. (2005) er realisering av økonomisk gevinst fra radikal innovasjon. I de fleste tilfeller kreves det en serie av trinnvise forbedringer for å oppnå profitt fra nye produkter og produksjonsprosesser. Store deler av den økonomiske gevinsten har derfor opphav i inkrementelle innovasjoner og forbedringer.

Hall & Clark (2003) beskriver miljøinnovasjon som kommersialisering av miljøteknologier, prosesser og produkter som reduserer miljøbelastninger og eller forbedrer energieffektivitet. Miljøinnovasjon kan føre til en «vinn-vinn» situasjon med økonomiske og miljømessige fordeler (Horbach, 2008). Det er et nyttig tiltak som kan øke forståelsen for hvordan et samfunn

kan bli mer bærekraftig. Som andre former for innovasjon er miljøinnovasjon opptatt av kommersialisering av oppfinnelser samt utvikling av muligheter fra nye ideer, og bør studeres fra teknisk, administrativt og sosialt perspektiv. Det vil være varierende oppfatning av miljøinnovasjon, og på et internasjonalt nivå vil det være ulike synpunkter fra myndigheter, industrier, samfunn og andre interessenter (Hall & Clark, 2003). Miljøinnovasjon refereres ofte som teknologisk endring og fremgang. For å kunne løse problemene med forurensning og andre miljøutfordringer er det vesentlig med teknologisk fremgang (Ashford, 1993; Link & Siegel, 2007). Teknologisk fremgang er vanligvis sett på som en konsekvens av en innovasjon og tilpasning av ny teknologi. Det er en måte å måle forbedringene som har oppstått (Sandvold, 2016).

#### 4.4.1 Drivere og kostnader for miljøinnovasjon

Som andre former av innovasjon fremhever miljøinnovasjon viktigheten av sammenhengen mellom tilbud og etterspørsel. Samspillet mellom virksomheter som tilbyr nye innovative løsninger og markedet som etterspør ulike goder og tjenester, forklarer hvordan innovasjonsaktiviteter oppstår. Tidligere litteratur betegner teorien som «technology push-demand pull» (Evans, 1979; Geum, Jeon & Lee, 2016). Avgjørende faktorer for miljøinnovasjon er tilbud, etterspørsel og institusjonell og politisk påvirkning. Tilbudssiden vektlegger virksomhetens teknologiske evner, og innovasjon drives av vitenskap og forskning som stimulerer til teknologi (Horbach, 2008). Med filosofien «hvis vi bygger det, vil markedet adoptere det», dytter virksomheten ut teknologi på bakgrunn av forskning og utvikling (FoU) (Singla, Ahuja & Sethi, 2018). Resultatet kan være innovasjon som er vanskelig å gjennomføre og som ikke oppfyller brukernes behov, samt lite eller ingen kunnskap og erfaring fra personell uten forsknings- og utviklingsbakgrunn. Markedets etterspørsel stimulerer innovasjon ved å ha behov for et produkt eller en tjeneste. Ubalanse i en økonomi oppstår hvis den totale etterspørselen er større enn det totale tilbudet, og markedets preferanse og behov prioriteres. Situasjonen beskrives som «for mye kapital som jager for få goder». Fra et miljøinnovasjonsperspektiv vil sosial bevissthet om behov for miljøvennlig produksjon, forståelse av miljøet og preferanse for miljøvennlige produkter, dra mer sammenlignet med hva leverandører kan tilby (Horbach, 2008; Singla et al., 2018). Ulempen ved sterkt fokus på etterspørselssiden er mangel på teknisk progresjon og ignorering av potensial i nye markeder.

FoU og innovasjonsaktiviteter er vanskelige å finansiere i et konkurransedyktig marked. Det skyldes hovedsakelig at kunnskap har karakteristika til et offentlig gode. Bedrifter som foretar investeringer i form av kunnskap kan ikke utnytte avkastningen da kunnskap ikke er

rivaliserende, og ikke kan ekskluderes fra andre (Hall & Lerner, 2009). På denne bakgrunn vil det derfor være motvilje og begrenset insentiv til å investere i miljønnovasjon. Sammenlignet med andre typer innovasjoner er miljønnovasjoner mindre ettertraktet av markedet, ettersom miljøutfordringer ofte oppstår som et resultat av en produksjonsprosess. For å løse miljøproblemene kan myndighetene gjennom lov, forskrifter og regulering av sektorer og næringer stimulere til miljønnovasjon (Horbach, 2008). Porter-hypotesen argumenterer for hvordan regler og lovverk kan stimulere til miljønnovasjon i virksomheter, som gir økning i overskudd samt oppveier kostnadene ved å overholde standardene. Avgjørende for argumentet er at virksomheten ikke ønsker å innovere i fravær av myndighetsregulering (Rexhäuser & Rammer, 2014; Porter & Linde, 1995).

#### 4.4.2 Barrierer for miljønnovasjon

Faktorer som hindrer, forsinker eller fullstendig blokkerer innovasjon beskrives som innovasjonsbarrierer. Identifisering av barrierer er nødvendig for å forstå innovasjonsprosessen i organisasjonen, og slik at bedriften kan overvinne hindringene (Hueske & Guenther, 2015). Det finnes en rekke barrierer mot tiltak som kan bidra til bærekraftig utvikling. Barrierene identifisert av Teknologirådet (2005) er av ulik karakter og kan opptre hver for seg eller i klynger. Barrierene vil enkeltvis utgjøre et problem for utvikling av ønsket teknologi, og sammen bremse opp ønsket utvikling. Finansiering og økonomi presenteres ofte som den største utfordringen til miljønnovasjon. Det er høye kostnader knyttet til FoU av teknologi (Ashford, 1993). I praksis utgjør 50 prosent eller mer av utgiftene til FoU lønn til høyt utdannende forskere og ingeniører. Arbeidsoppgaven deres er å lage virksomhetens kunnskapsbase som vil generere profitt de kommende årene. Kunnskapsbasen er en immateriell eiendel og har en høy verdi for virksomheten (Hall & Lerner, 2009). Utover finansiering av teknologiutviklingsprosess kan virksomheten oppleve at kostnader overstiger forventet gevinst fra tiltaket. Sannsynligheten for prosessendringer med hensyn til forbrukeraksept og produktkvalitet er tilstedeværende faktor (Matus, Xiao, Zimmerman, 2012). Barrierer som oppstår fra kapitalbegrensning, resulterer i et behov for finansiering og subsidiering fra ulike kilder. Myndigheter kan stille midler til rådighet som andre aktører ikke tør eller vil bidra med. Tilskudd er svært nyttig for utviklingen av miljønnovasjon som representerer nye løsninger, har funksjonalitet som ikke er allment kjent eller akseptert, eller i situasjoner der markedet er usikkert (Teknologirådet, 2005). En annen type økonomisk barriere for miljønnovasjon er redusert konkurransevne. Aktører som ikke investerer i bærekraftige teknologier, vil ofte ha lavere markedspris sammenlignet med nye tiltak med tilsynelatende mer kostbar teknologi. Eksisterende teknologi viser ikke eksterne

virkningene ved bruk, og de reelle kostnadene reflekteres ikke i markedet. Det er derfor vanskelig å introdusere nye miljørettede tiltak (Ashford, 1993; Teknologirådet, 2005).

Myndighetene kan gjennom lover, forskrifter og standarder legge til rette for muligheter, men også barrierer for utviklingen av ny teknologi. Regulatoriske barrierer er regler og lovverk som hemmer teknologisk endring og fremgang. Barrierene oppstår når utformingen av reguleringen hegner om eksisterende teknologier, er for detaljerte, for vage eller rett og slett mangler (ECON Analyse, 2005). Strengt krav til tillatelser vil medføre lite eller ingen insentiv for å investere i teknologi fordi utviklingsarbeidet er mer tids- og kostnadskrevenne (Ashford, 1993; Teknologirådet, 2005). Markedssvikt er en faktor som hindrer miljønnovasjon. Manglende etterspørsel bidrar til at produkter og tjenester ikke er lønnsomme på kommersielt grunnlag, og derfor ikke kan finansieres i markedet. Teknologirådet (2005) presenterer flere årsaker til manglende etterspørsel. Tilbud av eksisterende og konvensjonell teknologi som er for god, og har bedre funksjonalitet sammenlignet med den miljøvennlige teknologien. Et eksempel på dette er el-bilens rekkevidde. Rekkevidden oppleves som en begrensning i kontrast til biler med forbrenningsmotor. Sosiale mekanismer kan også hindre folk i å etterspørre miljøvennlige alternativer (ECON Analyse, 2005).

Systemtvang og eksisterende teknologier kan hindre miljønnovasjon spesielt hvis det kreves større omlegginger i infrastruktur eller forbrukermønster. Teknologi inngår ofte i systemer av andre teknologier. Eksisterende systemer bremser ofte utskiftningen av konvensjonelle teknologier fordi det er en treghet i endringsprosessen (ECON Analyse, 2005; Teknologirådet, 2005). Manglende langsiktighet og ustabile rammevilkår for teknologiutvikling kan også utgjøre barrierer. Stabile rammebetingelser er avgjørende for å satse på utvikling av miljørettet teknologi. Raske svingninger i bruk av avgifter og støtteordninger skaper usikkerhet og fører til at potensielle teknologiutviklere ikke tør å ta risikoen. Dette gjelder både nasjonalt og internasjonalt. Internasjonal utvikling kan hindre ønsket teknologiutvikling i Norge dersom teknologien videreutvikles i andre land. Selv om det er behov for ny og forbedret teknologi i Norge betyr det ikke at større utenlandske aktører nødvendigvis tar hensyn til den norske etterspørselen (Teknologirådet, 2005).

Teknologiske barrierer bunner i manglende forskning og kompetansebygging. Utvikling av ny teknologi er ofte et direkte eller indirekte resultat av lengre forskningsprosesser. Foruten finansielle midler må det forskes på problemstillinger som er relevante i forhold til miljøutfordringene. Sterke kapitalbegrensninger og feilprioriteringer innen forskningssektoren

vil hindre utviklingen av ny teknologi (Ashford, 1993; Teknologirådet, 2005). Krav til funksjonalitet og økonomi vektlegges innen tradisjonell produktutvikling. Ny teknologi må fungere etter intensjonene og produseres til en konkurransedyktig pris. Dette bidrar til et manglende fokus på bærekraft i innovasjonsaktiviteter og produksjonsprosesser. Visjonen til virksomheten vil i stor grad påvirke teknologiutviklingen. Har virksomheten miljørettet fokus på teknologiutvikling er det naturlig å forvente at de vil bidra til en mer bærekraftig teknologiutvikling (Teknologirådet, 2005).



## 5 Metode

I dette kapittelet beskrives valg av metode, og hvilke avgjørelser som er tatt i forskningsprosjektet for å belyse problemstillingen og forskningsspørsmålene. Metodevalg, innsamling og bearbeiding av data begrunnes, samt kvalitetskriterier gjennomgås. Til slutt belyses styrker og svakheter med metoden.

### 5.1 Metodisk tilnærming

#### 5.1.1 Casestudie

Å utføre en casestudie betyr å hente inn store mengder informasjon om et avgrenset fenomen eller tilfelle. Tid og sted er viktige faktorer for å forsøke å få fylldige og presise svar som kjennetegner det aktuelle fenomenet. I casestudier benyttes alle former for kvalitativ og kvantitativ datagenerering, intervju og observasjon (Tjora, 2010). Basert på Johannessen, Christoffersen & Tuft (2011) gjennomføres casestudier ofte ved hjelp av kvalitative tilnærminger, men også ved bruk av kvantitative data og statistikker. For å skaffe detaljerte data kan det være en fordel å kombinere ulike kvalitative og kvantitative metoder i casestudien. I denne studien benyttes det enkeltcasestudie med flere analyseenheter. Oppgaven er avgrenset til Vestlandet (produksjonsområde 3 og 4) med fokus på nytte, kostnader og barrierer for miljøtiltak og miljønnovasjon. Metoden nytteoverføring er brukt for å innhente eksisterende nytteanslag fra tidligere verdsettingsstudier, for deretter å estimere husholdningers betalingsvillighet for miljøtiltak. Systematisk litteratursøk er metoden brukt for å identifisere miljøtiltak som er nyutviklet eller under utvikling, og kostnader relatert til dette. Videre muliggjør systematisk litteratursøk estimering av marginal investerings- og produksjonskostnad slik at kurven for marginale tiltakskostnader kan utledes. Personlig intervju over nettverk er metoden anvendt for å identifisere barrierer for miljønnovasjon i lakseoppdrett.

#### 5.1.2 Kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode

I samfunnsøkonomisk metode skilles det mellom kvalitativ og kvantitativ metode. Kvalitativ metode har en deskriptiv presentasjonsform i kontrast til kvantitativ metode der data uttrykkes i form av tall eller andre mengdetermer (Lavik, 1980). Etersom oppgaven er en casestudie ble det besluttet å kombinere både kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode for å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det ble bestemt å bruke kvalitativ forskningsmetode for å øke innsikt og skape forståelse for miljøtiltak og kostnader ved utvikling og realisering av miljøtiltak, og barrierer for miljønnovasjon. Kvalitativ metode forsøker å skape forståelse for temaet som undersøkes gjennom samtale og dialog (Johannessen et al.,

2011). Kvantitativ forskningsmetode ble brukt for å innhente kvantitative data som reflekterer husholdningers betalingsvillighet for å øke kvaliteten på det identifiserte miljøgodet (Tjora, 2010).

### 5.1.3 Valg av forskningsstrategi

Andersen (2013) sammenligner forskningsstrategi med en rasjonell plan. Flere tekster i metode har en rekke elementer som må henge sammen, men det er ikke den bestemte rekkefølgen som avgjør resultatet. Forskningsstrategi bør utvikles i henhold til forkunnskap og eksisterende teori samt innsikt i det caset som skal studeres. Forskningsprosessen kan betraktes som en læringsprosess bestående av ulike trinn. Det er mulig å presentere husholdningers nytte, miljøtiltak som er nyutviklet eller under utvikling, og barrierer for miljøinnovasjon i lakseoppdrett, basert på kvalitative og kvantitative data. Samlet vil dette bidra til å besvare målet med oppgaven, nemlig å identifisere nytte, kostnader og barrierer for å håndtere miljøutfordringer i lakseoppdrett på Vestlandet. Forskningsstrategien presenteres i vedlegg 9.1.

## 5.2 Nytteoverføring

Nytteoverføring brukes for å besvare det første forskningsspørsmålet. Informasjon om husholdningers nytte av å håndtere effekter på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale på Vestlandet innhentes. Eksisterende verdianslag fra tidligere verdsettingsstudier ble overført fra et sted hvor studien ble foretatt (studiestedet) til et nytt ønsket sted for verdier (beslutningsstedet) (Navrud, Soutukorva, Söderqvist & Trædal, 2007). Nytteoverføring er svært kostnadseffektivt og tidsbesparende ettersom det ikke er nødvendig å gjennomføre en ny verdsettingsstudie (NOU 2013:10, 2013). Denne tydelige fordelene begrunner valg av metode. Nytteoverføring presentert av Navrud (2007) og Navrud et al. (2007) ble brukt som retningslinjer for metoden.

### 5.2.1 Identifisering av miljøgodet og berørt beslutningssted

Miljøgodet i studien er bruksverdien og ikke-bruksverdien individer får av ville laksebestander og havbunnen. Individets bruksverdi og ikke-bruksverdi kan påvirkes negativt ved produksjon av laks uten form for kompensasjon. Den direkte bruksverdien kan ved rekreasjonsfiske reduseres dersom oppdrett av laks fører til genetisk påvirkning samt overføring av sykdommer og parasitter til villaks. Ved rekreasjonsdykking kan den direkte bruksverdien påvirkes negativt ved lakseoppdrett dersom utslipp av partikulært organisk materiale fører til ødeleggelse av korallrev. Den indirekte bruksverdien gjennom observasjon av syk villaks samt annen fisk og organismer på havbunnen nær oppdrettsanleggene kan også reduseres ved oppdrett av laks.

Ikke-bruksverdien kan reduseres ved produksjon av laks dersom individer vet at villaksen og havbunnen er truet eller at det foreligger usikkerhet om neste generasjon har tilgang på miljøgodene. Miljørettede tiltak og innovasjon brukes for å håndtere miljøutfordringer samt forbedre produksjonsprosessen. Endringen i miljøgodet er helhetlig økt kvalitet som kan generere høyere nytte for individet. Da oppgaven er en casestudie avgrenset til Vestlandet, var det hensiktsmessig å benytte tidligere data fra dette området.

### 5.2.2 Identifisering av verdsettingsundersøkelser

Det ble identifisert en verdsettingsstudie om lakseoppdrett og negative eksternaliteter på Vestlandet. For å oppnå en rikere datainnsamling ble det bestemt å supplere med flere verdsettingsstudier. Søkemotorene *Environmental Valuation Reference Inventory (EVRI)*, *Oria* og *ScienceDirect-Elsevier* ble brukt for å innhente relevante undersøkelser. Det ble besluttet å inkludere nasjonale undersøkelser som ikke oppleves uproblematisk ettersom det er relativt like demografiske egenskaper og verdier i hele Norge som på Vestlandet. Internasjonale undersøkelser ble bestemt å inkluderes da det er få studier med norske estimater som undersøker produksjonsmetoden av laks. Suppleringen beriker datagrunnlaget til studien.

### 5.2.3 Relevans og kvalitet av verdsettingsundersøkelser

Navrud (2007) presenterer tre kvalitetskriterier: vitenskapelig nivå, relevans og detaljgrad for å bedømme om studiene er aktuelle for nytteoverføring.

Åsheim (2019) gjennomførte en betinget verdsettingsstudie med utgangspunkt i nettundersøkelse på Vestlandet. Individens preferanser og betalingsvillighet for omlegging av lakseproduksjon ble estimert. Miljøendringene som ble verdsatt i studien er rekruttering av kysttorsk, rømt oppdrettsfisk, luserelaterte problemer for vill laks og sjørørret, utslipp fra anlegg til havbunnen, og påvirkning på kystlandskapet. Studien presenterer en tydelig preferanse hos husholdninger på Vestlandet for å redusere miljøeffekter i lakseoppdrett. Endring av produksjonsmetoden presenteres som tiltak 1, tiltak 2 og tiltak 3. Reduksjon av miljøeffekter skyldes omlegging av halvparten av produksjonen til lukkede merder, hele produksjonen legges om til lukkede merder og hele produksjonen legges til land. Betalingsvilligheten i form av engangsskatt økes desto større omleggingen av produksjonen er. Responsraten tilsvarende 18,8 prosent som er lav, men akseptabel på grunn av at undersøkelsen var kun tilgjengelig for respondenter i åtte dager. Studien til Åsheim (2019) er lik konteksten ettersom denne studien verdsetter miljøgoder og undersøker mindre miljøbelastende produksjonsmetoder. Studien gir svært detaljerte verdier for gjennomsnittlig betalingsvillighet per husholdning på Vestlandet.

Null- og protestsvar til ulike tiltak presenteres på henholdsvis 54 prosent, 45 prosent og 42 prosent. Standardavvik og andre statistiske mål presenteres fra analysen. Samlet sett er studien til Åsheim (2019) svært passende.

Hynes, Ravagnan & Gjerstad (2019) gjennomførte en betinget verdsettingsstudie i Irland og Norge i 2016, med telefonintervju som metode. Studien vurderte «beste praksis» for produksjonsmetode av laks for å bevare vannressurser, arter og villaks, samt sikre dyrevelferd, forsvarlig bruk av fôr, unødvendig bruk av antibiotika og sosial bærekraft. Nyteestimatene var i form av prispremie på lakseprodukt, og resultater fra norske respondenter ble benyttet. Hynes et al. (2019) gjennomførte 1001 telefonintervju der 861 deltakere ble stilt betalingsvillighetsspørsmålet. Utvalget representerer individer fra alle fylkene i Norge, og undersøkelsen foregikk over en tremåneders periode. Relevansen til Hynes et al. (2019) er tilstedeværende og studien er passende, men omfanget av miljøendringen er noe ulikt. I denne studien vektlegges håndtering av miljøutfordringene i lakseoppdrett, mens Hynes et al. (2019) har fokus på å produsere laks på en mer bærekraftig måte. Hynes et al. (2019) inneholder forholdsvis detaljerte datasett med tilhørende informasjon om verdsettingsfunksjonen med underliggende variabler, samt estimat og snittverdier. Standardavvik og andre statistiske mål presenteres fra analysen. Samlet sett vurderes studien som passende.

Zander & Feucht (2017) identifiserer individers betalingsvillighet i form av prispåslag på fiskeprodukt i åtte forskjellige europeiske land (Finland, Frankrike, Irland, Italia, Polen, Spania, Storbritannia og Tyskland). Studien er en betinget verdsettingsundersøkelse gjennomført av et nettbasert panel i 2016. For å få et målrettet utvalgt ble undersøkelsen drevet av et privat markedsundersøkelsesbyrå. Det ble bestemt at antall kvinnelige respondenter skulle utgjøre to tredeler av utvalget ettersom kvinner er mer ansvarlige for mathandelen. En annen forutsetning for undersøkelsen var at alle deltakere konsumerer fisk. Undersøkelsen hadde en varighet på en måned og samlet sett deltok 4103 respondenter. Produksjonsattributtene som ble vurdert i studien var bærekraftighet, organisk, lokalt, kystfiskeri, høy dyrevelferd, i Europa og kassering. Studien undersøkte både kystfiskeri og akvakultur. Studien til Zander & Feucht (2017) defineres som lignende til beslutningsstedet dersom estimer fra akvakultur og egenskapen bærekraftig produsert anvendes. Det antas at bærekraftig produsert har en mindre miljøbelastende produksjon. Sosioøkonomiske karakteristika for berørt populasjon kan variere, men identifiseres som tilstrekkelig like ettersom Europa tilhører den vestlige verden. Zander & Feucht (2017) studie presenterer statistikk fra analysen, men utelater standardavvik.

Yip, Knowler, Haider & Trenholm (2017) gjennomførte utvalgseksperiment på konsumenter bosatt på vestkysten av USA i 2011. Verdsettingsundersøkelsen studerer verdien av redusert skade på det marine miljøet fra lakseprodukter basert på integrert og lukket (i sjø og på land) produksjonsteknologi i kontrast til konvensjonell oppdrett av laks. Metoden var en nettundersøkelse med 44,4 prosent svarrate, og med forutsetning at deltakerne konsumerer laks. Antall respondenter ble oppgitt til 1631. Relevansen til Yip et al. (2017) samsvarer dersom estimer til åpen og lukket produksjonsteknologi benyttes. Sosioøkonomiske karakteristika mellom USA og Vestlandet kan observeres og bør tas hensyn til, men samtidig antas studien passende ettersom begge områdene tilnærmes som Vesten. Studien til Yip et al. (2017) har høy detaljgrad og inneholder detaljert informasjon om datasettet. Verdsettingsfunksjonen presenteres med variabler og estimer samtidig som svarprosent redegjøres. Undersøkelsen ble sendt ut til 4653 deltakere hvorav 2067 responderte. 355 respondenter elimineres grunnet kvaliteten på svarene. Standardavvik og andre statistiske mål presenteres i analysen.

Whitmarsh & Wattage (2006) utarbeidet en betinget verdsettingsundersøkelse i Skottland i 2003. Studien redegjør for økonomiske fordeler for samfunnet ved å anvende produksjonsmetoder som minimerer organisk forurensning i lakseoppdrett. Undersøkelsen ble sendt ut til 2000 deltakere via post hvorav 340 ble returnert. Etter kvalitetsgjennomgang av returnerte undersøkelser ble 296 svar identifisert som fullført og brukbare. Studien til Whitmarsh & Wattage (2006) er svært relevant ettersom utslipp av partikulært organisk materiale vektlegges i beslutningsstedet. Omfang av miljøendringen samt det berørte økosystemet og miljøgodet samsvarer. Whitmarsh & Wattage (2006) inneholder opplysende data for svarprosent, regresjonsanalyse, standardavvik og andre statistiske mål i analysen.

Totalt fem verdsettingsstudier med betalingsestimer ble grundig undersøkt. Oppsummering av verdsettingsstudiene presenteres i Tabell 5-1. Åsheim (2019), Hynes et al. (2019), Yip et al. (2017) og Whitmarsh & Wattage (2006) ble vurdert som aktuelle til nytteoverføring basert på kvalitet og relevans. Verdsettingsstudien fra Zander & Feucht (2017) vurderes som ikke passende på grunn av kvalitetskriteriet detaljgrad ikke oppfylles da standardavvik og andre statistiske mål på resultatets spredning er utelatt.

Tabell 5-1: Oppsummering av relevante verdsettingsstudier

Referanse	Land	Funksjon	Verdi	Metode	Nytteoverføringsmetode
Åsheim, E.R. (2019)	Vestlandet, Norge	Endring i produksjonsteknologi	Bruksverdi og ikke-bruksverdi	Betinget verdsetting	Enhetsverdi overføring uten justeringer
Hynes, S., Ravagnan E. & Gjerstad, B. (2019)	Irland og Norge	«Beste praksis» produksjonsmetode	Bruksverdi og ikke-bruksverdi	Betinget verdsetting	Enhetsverdi overføring med justeringer
Zander, K. & Feucht, Y. (2017)	Europeiske land	Produksjonsattributter	Bruksverdi og ikke-bruksverdi	Betinget verdsetting	Enhetsverdi overføring med justeringer
Yip, W., Knowler, D., Haider, W. & Trenholm, R. (2017)	USA	Endring i produksjonsteknologi	Bruksverdi og ikke-bruksverdi	Utvalgs-eksperiment	Enhetsverdi overføring med justeringer
Whitmarsh, D. & Wattage, W. (2006)	Skottland	Produksjonsmetode som forårsaker mindre organisk forurensning	Bruksverdi og ikke-bruksverdi	Betinget verdsetting	Enhetsverdi

#### 5.2.4 Tilgjengelig data fra studiestedet

Etter nøye gjennomgang oppsummeres tilgjengelige data fra verdsettingsundersøkelsene i Tabell 5-2. Anslagene fra Åsheim (2019), Hynes et al. (2019) og Yip et al. (2017) presenteres i studiene med 95 prosent konfidensintervall, og for Whitmarsh & Wattage (2006) beregnes intervallet med data oppgitt i undersøkelsene med utgangspunkt i 95 prosent konfidensintervall.

Tabell 5-2: Oppsummering av verdianslag fra utvalgte verdsettingsstudier

Referanse	Forutsetninger	Kompensasjon	Verdianslag
Åsheim, E.R. (2019)	Tiltak 1	Engangsskatt (NOK)	472 [318, 627]
	Tiltak 2	Engangsskatt (NOK)	635 [499, 773]
	Tiltak 3	Engangsskatt (NOK)	931 [698, 1165]
Hynes, S., Ravagnan E. & Gjerstad, B. (2019)	Bærekraftig havbruks- praksis	Prispremie (EURO)	6,45 [5,27, 7,63]
Yip, W., Knowler, D., Haider, W. & Trenholm, R. (2017)	Lukket produksjonsmetode	Prispremie (USD)	1,73 [0,61, 2,86]
Whitmarsh, D. & Wattage, W. (2006)	Produksjonsmetode med 50 prosent mindre organisk forurensning	Prispremie (prosent)	22 [21, 26]

\*95 prosent KI i parentes

### 5.2.5 Overføring av verdierestimer fra studiestedet til beslutningsstedet

Basert på retningslinjene til Navrud (2007) velges gjennomsnittlig betalingsvillighet per husstand på grunn av studiestedet undersøker økosystemtjenester og ikke-bruksverdi. Teknikken enhetsverdi-overføring ble anvendt og estimer for gjennomsnittlig betalingsvillighet for økt miljøkvalitet overføres til Vestlandet. Enhetsverdi-overføring gir ikke nødvendigvis større overføringsfeil sammenlignet med meta-analyse (Lindhjem & Navrud, 2008). For Åsheim (2019) benyttes norske kroner direkte og konsumprisindeks (KPI) justeres. Estimaten til Hynes et al. (2019) oppgis i euro og konverteres til norske kroner. Det er ikke nødvendig å justere estimaten for inntekt med Purchase Power Parity (PPP) ettersom studien baseres på norske respondenter. Studien til Yip et al. (2017) krever PPP- og KPI- beregninger samt mengdejustering fra pound til kilo. For studien Whitmarsh & Wattage (2006) antas det prispremie på 22 prosent som overføres til det norske markedet, gjeldende per kilo for norske priser. PPP- og KPI- beregninger justeres fra året de ulike verdsettingsstudiene ble gjennomført.

### 5.2.6 Kalkulering av total nytte

Nytten fra verdsettingsundersøkelsene tolkes som nåverdi. Det skyldes at respondentene for både engangsskatt og prispremie blir spurt om hva de er villige til å betale i dag for å oppleve håndtering av miljøutfordringer innen rimelig tid. Det forutsettes reduksjon av

miljøutfordringer som observeres innen to til fire år etter at produksjonsmetoden endres til mindre miljøbelastende, og er derfor innen rimelig tid. Gjennomsnittlig betalingsvillighet for populasjonen på Vestlandet er beregnet med følgende formel:

$$\overline{WTP}_{tot} = n * \overline{WTP}_i$$

*Lign: 5-1*

Der  $n$  representerer totalt antall husstander på Vestlandet og  $\overline{WTP}_i$  er den gjennomsnittlige betalingsvilligheten for husstander innenfor dette området (produksjonsområde 3 og 4). Antall husstander på Vestlandet er 321.678 og det er i gjennomsnitt 2,23 personer per husstand (Statistisk Sentralbyrå, 2020b). Nyten settes lik det befolkningen er villig til å betale for å oppnå økt miljøkvalitet.

For betalingsvillighet gjennom prispremie forutsettes det at husholdninger på Vestlandet velger lakseprodukt som er produsert miljøvennlig fremfor konvensjonell produsert laks. Videre antas det at husholdninger på Vestlandet er villige til å betale prispremie for et lakseprodukt med mindre miljøbelastning i ett helt år. Det forutsettes at et individ på Vestlandet konsumerer gjennomsnittlig 400 gram laks i løpet av en uke (Helsedirektoratet, 2018). Ukentlig forbruk av laks for en gjennomsnittlig husholdning tilsvarer 890 gram. Av dette følger et årlig gjennomsnittskonsum av laks på 46,28 kilo per husholdning. For Whitmarsh & Wattage (2006) er det nødvendig med kilopris til laks ettersom prispremien oppgis i prosent. Kilopris til laksefilet med skinn fra ferskvaredisk er i gjennomsnitt 242 kroner. Estimater baseres på kilopris fra to ulike dagligvarekjeder i Rogaland fra mai 2020. Verdianslag og total betalingsvillighet fra nytteoverføring presenteres i Tabell 5-3.



Tabell 5-3: Nytteoverføring av verdianslag og total betalingsvillighet

Referanse	Kompensasjon	Opprinnelige verdier	Overførte verdier	Total betalingsvillighet for Vestlandet ( $\overline{WTP}_{tot}$ )
Åsheim, E.R. (2019)	Engangsskatt	472 NOK	474 NOK	152.379.000 NOK
	Engangsskatt	635 NOK	637 NOK	205.001.000 NOK
	Engangsskatt	931 NOK	934 NOK	300.560.000 NOK
Hynes, S., Ravagnan E. & Gjerstad, B. (2019)	Prispremie	6, 45 EURO/kg	64,60 NOK/kg	961.717.000 NOK
Yip, W., Knowler, D., Haider, W. & Trenholm, R. (2017)	Prispremie	1,73 USD/ lb	41,20 NOK/kg	613.355.000 NOK
Whitmarsh, D. & Wattage, W. (2006)	Prispremie	22 prosent	53,24 NOK/ kg	792.598.000 NOK

### 5.2.7 Usikkerhet og akseptable overføringsfeil

Det gjennomføres validitetstest på overførte økonomiske verdier da estimatene skal brukes i en nytte-kostnadsanalyse. Basert på Navrud et al. (2007) bør effektene av feilmargin kalkuleres til 25 til 40 prosent dersom det skal gjennomføres en nytte-kostnadsanalyse av et prosjekt eller politikk. Det skyldes muligheten for feilmargin i overføring til et kritisk nivå som kan føre til at den totale nåverdien av nyttekostnad endres fra positiv til negativ. Åsheim (2019) studie anses som svært lik beslutningsstedet og feilmargin på  $\pm 25$  prosent benyttes. Feilmargin settes til  $\pm 40$  prosent for resterende overføringsverdier på grunn av større forskjell mellom studie- og beslutningssted. Overføringsfeil presenteres i Tabell 5-4.

Tabell 5-4: Overføringsfeil

<b>Referanse</b>	<b>Total betalingsvillighet for Vestlandet (<math>\overline{WTP}_{tot}</math>) i NOK</b>	<b>Feilmargin</b>	<b>Overføringsfeil i NOK</b>
Åsheim, E.R. (2019)			
Tiltak 1	152.379.000	± 25 prosent	[114.284.000, 190.473.000]
Tiltak 2	205.001.000	± 25 prosent	[153.751.000, 256.251.000]
Tiltak 3	300.560.000	± 25 prosent	[225.420.000, 375.700.000]
Hynes, S., Ravagnan E. & Gjerstad, B. (2019)	961.717.000	± 40 prosent	[577.030.000, 1.346.404.000]
Yip, W., Knowler, D., Haider, W. & Trenholm, R. (2017)	613.355.000	± 40 prosent	[368.013.000, 858.697.000]
Whitmarsh, D. & Wattage, W. (2006)	792.598.000	± 40 prosent	[475.559.000, 1.109.637.000]

### 5.3 Systematisk litteratursøk

Systematisk litteratursøk er valg av metode for å samle inn data til miljøtiltak og relaterte kostnader for å besvare det andre forskningsspørsmålet. Systematisk litteratursøk er systematisering av kunnskap som betyr å søke, samle, vurdere og sammenfatte kunnskap. En viktig bemerkelse er at systematisk litteratursøk ikke skaper ny kunnskap selv om nye erkjennelser kan komme frem ved sammenstilling fra flere undersøkelser og forskningsartikler (Støren, 2013). Gjennom systematisk litteratursøk ble tilgjengelig forskningslitteratur samlet inn, vurdert og kunnskap rundt temaet ble tilegnet. Det ble totalt innsamlet 23 forskningsartikler og rapporter. Disse er presentert i vedlegg 9.2. Kriterier til forskningslitteratur ble satt før innhenting av data for å skille mellom relevant og irrelevant litteratur. Det var viktig at artikler og rapporter inneholdt nyttig og reell informasjon om faktiske miljøtiltak under utvikling eller nyutviklede tiltak som håndterer miljøproblemene til oppdrett av laks. Det var et kriterium at estimer oppgitt i litteraturen bar preg av erfaring og kunnskap fra den norske lakseoppdrettsnæringen.

Søkemotorer og søkeord samt krav til litteraturen ble anvendt for å oppnå best mulig innhenting av sekundærdata (Støren, 2013). *Oria* og *Brage BIBSYS* ble først brukt ettersom søketjenestene inneholder materiale fra norske fag- og forskningsbibliotek samt elektronisk materiale. Treffene fra *Oria* og *Brage BIBSYS* anses som kvalitetssikret og bør tolkes deretter. For å oppnå flere treff samt utvide søket ble *ScienceDirect-Elsevier* anvendt etterfulgt av *Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF)*, *Nofima*, *Regjeringen*, *Sintef* og *Samfunns- og næringslivsforskning (SNF)*. Alle søkemotorene anses kvalifisert på grunn av aktørene som tilbyr og driver søketjenestene. Litteraturen publisert i søkemotorene forutsettes av høy vitenskapelig kvalitet ettersom studiene innfrir standardkrav fra aktørene. Støren (2013) påpeker viktigheten ved inklusjonskriterier. Søkene avgrenses etter type materiale, språk og tidsrom og det ble utarbeidet både norske og engelske søkeord og tidsbegrensning ble satt til ti år. Årsaken skyldes raske svingninger i teknologi og et krav om nyere oppdatert litteratur. Utvidelsen til engelske søkeord anses ikke problematisk og ga bredere treff nasjonalt og internasjonalt, og tidsintervallet genererte aktuell teknologiutvikling samt kostnadstall. Søkeordene ble kombinert med andre søkeord. Søk i *Oria* på både norsk og engelsk kombinerte «havbruk», «Norge», «laks» og «miljøeffekter». Kombinasjonen «abatment cost» og «aquaculture» ble hyppig brukt i databasen *ScienceDirect-Elsevier* på grunn av søkeordet er nærmeste tilnærming til miljøtiltak og kostnader i havbruksnæringen. Forskningsartikler og rapporter utgitt av *FHF* og *Nofima* har fokus på oppdrettsnæringen i Norge noe som var

fordelaktig ettersom det var mindre utfordringer å finne relevant forskningslitteratur gjennom disse søkemotorene. Avgrensning til Norge og havbruk var ikke nødvendig, og søkeordene «forebygging», «lus», «kostnadsanalyse», «kostnadsutvikling», «rømming», «teknologiutvikling» og «utslipp» ble brukt enkeltvis og kombinert og ga gode søkeresultat. For å supplere forskningslitteratur ble søk i *Regjeringen*, *Sintef* og *SNF* anvendt. Søkeordene «fiskeoppdrett», «havbruk», «laks», «miljøeffekter» og «teknologiutvikling» ble brukt enkeltvis og kombinert. Samlet sett vurderes alle forskningsartikler og rapporter innsamlet av høy vitenskapelig kvalitet og relevans til studiens formål.

#### 5.4 Personlig intervju over nettverk

Metoden brukt for å samle inn data ved kvalitativ metode er datagenerering. Tjora (2010) benytter terminologien datagenerering i motsetning til datainnsamling for å skille empiriske data som ikke «finnes» og konstrueres ved forskning. Personlig intervju over nettverk vil falle innenfor denne kategorien. Gjennomføring av personlig intervju over nettverk har vært hensiktsmessig av flere grunner. Metoden har bidratt til å belyse hvordan ulike aktører i næringen stiller seg til miljøeffektene, hvordan utfordringene kan håndteres ved bruk av miljørettet innovasjon og til å gi et bilde av samlede kostnader relatert til miljøtiltakene. Deltakerne har også bidratt til mer kunnskap og informasjon samt supplert med nye funn som ikke identifiseres i systematisk litteratursøk.

##### 5.4.1 Logisk definisjon av utvalg

På grunn av størrelsen til oppdrettsnæringen ble informantene valgt på bakgrunn av erfarings- og kunnskapsgrunnlag. Det var viktig å få informasjon fra flere synspunkter samtidig avgrense temaet til casestudien. Avgrensingen krevde kartlegging av ulike aktører i oppdrettsnæringen, og resulterte med en tredeling bestående av forskning og utvikling, bransje- og næringsorganisasjon og bedrifter. Vestlandet er som nevnt sterkt preget av lakselus og andre miljøutfordringer, og deltakere med kunnskap fra dette området (produksjonsområde 3 og 4) ble inkludert. Det ble også valgt å inkludere informanter med kompetanse fra hele næringen i Norge.

Det ble besluttet å benytte nøkkelinformanter. Personer som befinner seg i eller som jobber tett opp mot virksomheter som håndterer miljøutfordringene med forebyggende miljøtiltak, og som driver med miljørettet innovasjon er nøkkelinformantene. Nøkkelinformantene er interessante på grunn av de karakteriseres som ressurssterke personer som kan belyse en sak eller et

fenomen, og antas å ha særlig god oversikt og innsikt i spørsmål forskeren ønsker å belyse (Andersen, 2006).

Etter vurdering av informasjonen som skulle behandles ved bruk av en ekstern tjeneste ble det klart at studien var meldepliktig til Norsk senter for forskningsdata (NSD). Studien ble godkjent kort tid etter innsendt søknad. Anonymitet er blitt etterstrebet på grunn av sensitiviteten knyttet til informasjonen delt. Samtykkeerklæring (se vedlegg 9.3) ble vedlagt ved etablering av kontakt med deltakerne for å informere om prosjektets mål, og hva deltakelse innebar for den enkelte. Alle informantene har fått anonymisert sin identitet i presentasjonen av resultater. Navn, beskrivelser eller karakteristika som gjenkjenner eller kan knyttes opp til informantens identitet eller virksomheten som informanten arbeider for, ble ikke brukt. Anonymisering bidro til å generere deltakere og verdifull kunnskap. For å sikre anonymitet benyttes det koder for å skille mellom ulike informanter når drøfting av informasjon trekkes frem. Se vedlegg 9.4 om kodebeskrivelse til informanter. Datamaterialet i form av skriftlige notater gjennom forskningsprosjektet er oppbevart i låste oppbevaringsskap.

#### 5.4.2 Intervjusituasjon og intervjuguide

Til studien ble det gjennomført ni personlige intervju over nettverk og ett telefonintervju. I forkant av første intervju ble det utarbeidet en veiledende semistrukturert intervjuguide presentert i vedlegg 9.5. Spørsmålene var utformet i tråd med de sentrale deltemaene som inngår i overordnede problemstillingen med hovedfokus på andre og tredje forskningsspørsmål. Intervjuguiden ble utformet på en måte der hver enkelt informant sitt fagområde og ekspertise ble best mulig utnyttet. På grunn av intervjuguidens fleksibilitet ble det tillatt oppfølgingsspørsmål samt oppmuntrende spørsmål der det har vært nødvendig å få utfyllende informasjon fra informantene (Johannessen et al., 2011).

Det ble valgt å gjennomføre intervjuene virtuelt via Microsoft Teams som følge av begrensningene fra COVID-19. Utgangspunktet for oppgaven var å foreta intervju ansikt til ansikt med informantene enten på deres arbeidsplass eller på et felles møtested. Det ble bestemt å utføre intervju som planlagt med Microsoft Teams som nettverk i stedet for å endre forskningsmetoden. Fordelen ved å gjennomføre personlige intervju var fleksibilitet og tilgjengelighet. Informantens arbeidsdag ble endret på grunn av COVID-19 og det var nødvendig å kunne endre tidspunkt og dato for intervju. Personlig intervju over nettverk var også kostnads- og tidsbesparende. Det ble bestemt å inkludere intervjuobjekter som i utgangspunktet ikke var en del av informantutvalget på grunn av studiens kapasitet og ressurser.

Personlige intervju over nettverk har beriket studien, men har også medført noen ulemper. Det har vært vanskelig å observere informantens følelser og kroppsspråk over nettverk. Datagenereringen vil også bære preg av at intervjuene ikke foregår i et naturlig arbeidsmiljø. Det ble gjennomført ett intervju over telefon etter informantens eget ønske. Telefonintervjuet ble utført kort tid etter etablert kontakt med informanten. Intervjusituasjonen opplevdes ikke som problematisk da det allerede hadde blitt gjennomført flere intervju tidligere. Deltakeren bidro med relevant kunnskap og erfaring som beriket oppgaven.

Intervjusituasjonene har vært ulike med varighet på mellom 20 og 60 minutter. De fleste spørsmål ble besvart og samtalene ble gjennomført med god flyt. Alle intervjuene foregikk bra uten ytre forstyrrelser eller tekniske problem. Det ble bestemt å ikke bruke båndopptaker under intervju over nettverk. Tjora (2010) påpeker at noen informanter begrenser seg dersom det benyttes diktafon under intervjuet. Uten lydopptak kan deltakerne være mer villige til å uttrykke andre meninger. Det ble blant annet stilt spørsmål om kostnadsstrukturen til bedrifter på Vestlandet og kostnader knyttet direkte til håndtering av miljøeffekter, for eksempel behandling av lakselus. Kostnadstall og andre estimater som informantene deler kan være av sensitiv informasjon. Spørsmål om fremtidig produksjonsmetode og miljøtiltak besvares med deltakernes egne erfaringer og kunnskap, samt spekulasjon og synsing. Informantenes meninger reflekterer nødvendigvis ikke strategi eller satsing for virksomheten deltakeren arbeider i. Et viktig element før og under intervjuet var å få informanten til å føle seg trygg og sikker for å skape tillit og legge grunnlaget for en åpen dialog.

Dokumentering av intervjuene ble utarbeidet under intervjuene i form av skriftlige notater. Johannessen et al. (2011) argumenterer hvordan utvikling av egen noteringsteknikk kan være berikende. Før gjennomførelse av intervju ble retningslinjer og roller klargjort og fordelt. Fordelingen besto av en intervjuer som var ansvarlig for dialog med informantene og notering av stikkord, og en notatskriver med oppgave å skrive mer utdypende notater. Etter endt intervju ble notatene grundig gjennomgått og renskrevet for å sikre kvalitet. Tildelte roller fungerte bra ved det første intervjuet og det ble bestemt å fastholde fordelingen. Det ble også gjennomført ett pilotintervju før intervjuene med informantene. Pilotintervjuet ble brukt som hjelpemiddel for å sikre at spørsmålene om temaene var fullstendige, tidsplanen var tilstrekkelig og intervjuprosedyren via Microsoft Teams var best mulig. Dokumentering av telefonintervjuet var også i form av skriftlige notater, men utført kun av en forsker ettersom intervjuet var uforutsett og over telefon.

### 5.4.3 Forhold mellom intervjuobjekter og intervjuer

Å intervju betydningsfulle personer innebærer å intervju personer med innflytelse og makt. Ofte er personene forretningsmessige og fokuserte, og det er lite rom for sosial dialog. Metodelitteratur skildrer intervjusituasjonen der vanligvis forsker har styring og kontroll, men det reflekterer ikke alltid virkeligheten (Johannessen, Christoffersen & Tufte, 2010). Informantene i studien er høyt utdannende og har sentrale posisjoner innen forskning og utvikling, bransje- og næringsorganisasjon, og bedrifter. Deltakernes utdanning og bakgrunn var innenfor tekniske- og økonomiske fag. Flere hadde også mange års praktisk erfaring fra oppdrettsnæringen på Vestlandet og i Norge. Flertallet av informantene har jobbet de siste fem årene direkte i oppdrettsnæringen eller prosjekter som omhandler miljøutfordringer fra lakseoppdrett. Informantene representerer et solid faglig fundament kombinert med mange års erfaring i norsk oppdrettsnæring.

Deltakerne var imøtekommende og villige til å dele erfaring og kunnskap om miljøtiltak, miljøinnovasjon og utfordringer i oppdrettsnæringen. Det er lett å føle seg underlegen i intervjusituasjonen med betydelige informanter til tross for at åpne og behjelpelige deltakere (Johannessen et al., 2010). Det opplevdes ikke en ubalanse mellom intervjuer og intervjuobjekt som kan skyldes at personlig intervju over nettverk kan være mindre skremmende sammenlignet med intervju utført på informantens arbeidsplass.

### 5.4.4 Kvalitetskriterier ved personlig intervju over nettverk

For å sikre forskningens kvalitet anvendes kvalitetskriteriene reliabilitet, validitet og overførbarhet (Johannessen et al., 2011; Yin, 2014). I denne seksjonen blir kriterier til personlig intervju over nettverk gjennomgått.

#### **Reliabilitet**

Reliabilitet er definert som konsistens eller stabilitet i målinger gjort i forskningsprosessen. Dersom gjennomførelsen av studien og datagenereringen er pålitelig forutsettes empiriske funn, analyse og resultat fra forskningsprosjektet også som pålitelig (Yin, 2014). Under forskningsprosessen er det elementer som kan svekke reliabiliteten. Forskerens engasjement i temaet det forskes på vil betraktes som støy i prosjektet ved at det kan påvirke resultatene til studien. Personlig engasjement og interesse anses samtidig å være en ressurs (Tjora, 2010). Til casestudien er det valgt et aktuelt tema ettersom oppdrettsnæringen på Vestlandet har høy verdiskapning i norsk industri, samtidig som det rettes stadig mer oppmerksomhet til bruk av miljø- og naturressurser. Lite kjennskap til næringen før start av studien har vært både en styrke

og en svakhet. Forskning på temaet har ført til nysgjerrighet som har bidratt til økt innsikt og mer bevissthet. Likevel kan evnen til å være kritisk være påvirket av manglende kunnskap til næringen. Ved å redegjøre forkunnskaper til temaet og være bevisst på det gjennom forskningsprosessen reduseres mulige effekter på forskningen og reliabiliteten styrkes.

Intervjusituasjonen over nettverk og telefon kan påvirke reliabilitet. Å skape dialog mellom forsker og informant kan være mer krevende ved bruk av Microsoft Teams og medføre i tap av verdifull informasjon som resultat på manglende interaksjon. Datagenerering over nettverk og telefon oppleves likevel med god kommunikasjon og som vellykket. Lett tilgjengelighet og fleksibilitet medførte muligheter for videre oppfølging etter endt intervju. Forskningsprosjektets reliabilitet blir i stor grad påvirket av hvordan forsker som person tolker materialet. Bestemmelsen av å benytte skriftlige notater som dokumentasjon er en svakhet til prosjektet. Renskrevene skriftlige notater kan ikke brukes som direkte sitat, men anses likevel av høy nok kvalitet for studien. For å sikre pålitelighet av skriftlige notater ble noteringsteknikk utarbeidet og pilotintervju gjennomført, samt fikk alle informantene mulighet til å kvalitetssikre skriftlige notater brukt i oppgaven.

### **Validitet**

Validitet omhandler relasjonen mellom fenomenet som undersøkes og de konkrete dataene. Et prosjekts validitet, også kalt gyldighet, vurderer om svarene funnet i forskningen faktisk svarer på spørsmålene som stilles. I samfunnsvitenskapen er det primært den kommunikative gyldigheten som vektlegges (Johannessen et al., 2011; Tjora, 2010). For å øke kvaliteten til genererte data ble intervjuguiden utformet med både direkte og indirekte spørsmål om barrierene til miljønnovasjon samt miljøtiltak og kostnader i oppdrettsnæringen på Vestlandet. Etter endt intervjuopprosess observeres det jevnt over utfyllende svar fra deltakerne som tilfredsstillende andre og tredje forskningsspørsmål. I ettertid oppleves det at intervjuguiden har forbedringspotensial ettersom noen spørsmål var overflødige og mindre relevante. Likevel anses intervju som en sikker og trygg metode som forklarer og identifiserer barrierene til miljønnovasjon samt miljøtiltak og kostnader i oppdrettsnæringen på Vestlandet. Samlet sett er validiteten til personlig intervju over nettverk styrket.

### **Overførbarhet**

Overførbarhet innebærer om resultater fra forskningsprosjektet kan overføres til liknende fenomener. Målet er å kunne trekke slutninger utover de umiddelbare opplysningene som er blitt generert. Likevel er ikke generalisering begrenset til kvalitative undersøkelser



(Johannessen et al., 2011). Casestudiens avgrensninger påvirker overførbarhet og generalisering av prosjektet. Funn relatert til barrierene for miljøinnovasjon kan generaliseres til andre næringer i Norge som benytter ikke-markedsbaserte miljøgoder og som ønsker å redusere negative eksternaliteter. Funn knyttet til miljøtiltak og kostnader kan ikke generaliseres til andre næringer ettersom miljøtiltakene er avgrenset til produksjon av laks. Samtidig kan funn generaliseres til andre produksjonsområder i Norge med lignende geografiske karakteristika og miljøutfordringer. Konkludert er overførbarheten ved personlige intervju over nettverk betydelig med tanke på avgrensningen til studien.

### 5.5 Styrker og svakheter ved valg av metode

For å besvare problemstillingen ble både kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode benyttet. Begge metodologiene har både styrker og svakheter ved seg. Metodetriangulering øker forskningens troverdighet ved å styrke svakheten med kvalitativ metode med kvantitativ metode og omvendt. Det ble bestemt å ikke gjennomføre metodetriangulering på grunn av eksisterende verdsettingsstudier med høy relevans og kvalitet, omfattende systematisk litteratursøk og personlig intervju over nettverk med solid faglig fundament kombinert med mangeårige erfaringer hos informantene.

Valg av kvantitativ metode styrker studien ettersom betalingsvilligheten kvantifiseres i økonomiske vilkår (kroner) og øker sannsynligheten for et større utvalg. Bredere datagrunnlag øker representativiteten og styrker studien. Svakheter med nytteoverføring er at tidligere verdsettingsstudier som anvendes er utformet med utgangspunkt i en annen studie. Utforming og gjennomførelse av egen verdsettingsstudie vil generere et mer eksakt og konkret datagrunnlag. Likevel anses nytteoverføring som passende ettersom grundig gjennomgang av tidligere verdsettingsstudier sikrer relevans og kvalitet.

Kvalitativ metode blir ofte mer kritisert enn kvantitativ metode på grunn av forskersubjektivitet. Forskerens forståelse og tolkning av innhentet data vil prege studiens analyse og resultat. Gjennom systematisk litteratursøk har det vært mulig å identifisere miljøtiltak og kostnader relatert til dette for oppdrettsnæringen på Vestlandet. Forskningslitteraturen gjennomgått er offentlig og tilgjengelig for allmenheten. Dette er både en styrke og en svakhet med metoden. Ulempen med noe av eksisterende litteratur er at den er gjeldende for næringen som helhet og ikke spesifikk til oppdrettere på Vestlandet. Likevel er en stor del av forskningslitteraturen basert på relevant erfaring fra Norge. Oppdrettsnæringen på Vestlandet er betydelig i Norge og det kan tenkes at forskningslitteratur kan overføres til produksjonsområdene 3 og 4. Personlige

intervju over nettverk styrker studien som følge av at tolkning og forståelse fra deltakere med høy faglig kunnskap og kompetanse undersøkes. Svakheten med metoden er det begrensede utvalget som kan påvirke representativiteten til funnene. Bruk av kvantitativ metode kunne medført et større utvalg og datagrunnlag. Samtidig har personlige intervju over nettverk resultert i en bredere innsikt og forståelse om temaet studert. Dette støtter valget av metode.

## 6 Analyse av data og resultater

I dette kapittelet presenteres data fra nytteoverføring, systematisk litteratursøk og personlig intervju over nettverk som beskrevet i kapittel 5. Data analyseres og knyttes opp mot teori redegjort i kapittel 4 for å besvare problemstillingen. Forskningsspørsmålene utgjør strukturen til kapittelet.

### 6.1 Nytte av miljøtiltak i lakseoppdrett

Basert på nytteoverføring analyseres det for seks betalingsvillighetsestimater for total nytte av husholdninger på Vestlandet. Verdianslagene kategoriseres etter kompensasjonsformatene engangsskatt og prispremie. Engangsskatt 1,2 og 3 reflekterer overførte verdier fra Åsheim (2019), og Prispremie 1,2 og 3 henviser til overførte verdier fra henholdsvis Hynes et al. (2019), Yip et al. (2017) og Whitmarsh & Wattage (2006).

#### 6.1.1 Engangsskatt 1, 2 og 3

Total betalingsvillighet for husholdninger på Vestlandet til omlegging av 50 prosent og 100 prosent av produksjonen til lukkede merder i sjø estimeres henholdsvis til 152 millioner kroner og 205 millioner kroner. For omlegging av total produksjon til land beregnes total betalingsvillighet for Vestlandet til 301 millioner kroner. Det forutsettes lite til ingen endring i husholdningers preferanser fra 2019 til 2020, og total nytte antas å være tilsvarende. Miljøutfordringene i konvensjonell oppdrett av laks anses å være like problematisk i dag som i 2019. Verdianslagene reflekterer en gradvis økning i betalingsvillighet for produksjonsteknologi som reduserer miljøeffektene. Nyten er høyest for omlegging av hele produksjonen til land ettersom tiltaket fullstendig eliminerer effekter på ville laksebestander, samt utslipp av partikulært organisk materiale. Konsepter med teknologi som fullstendig eller delvis reduserer miljøutfordringer vil trolig ha høyere betalingsvillighet fra husstander på Vestlandet. Miljøtiltak som har lik reduksjon av negative eksternaliteter forutsettes å ha lik nytte.

#### 6.1.2 Prispremie 1

Total betalingsvillighet per år for Vestlandet til mer bærekraftig produsert laks er estimert til 962 millioner kroner. Estimateret reflekterer dagens preferanser for lakseoppdrett basert på individers holdninger og verdier fra 2016. Konvensjonell produksjon i 2016 kan tenkes å være tilsvarende dagens produksjon av laks. Fokuset på miljø og det grønne skiftet er like aktuelt i dag om ikke mer sammenlignet med 2016. Det antas derfor få endringer i preferanser som ikke vil føre til vesentlige forskjeller i total betalingsvillighet. Verdianslaget innebærer ulike

aspekter innenfor bærekraft som vil realiseres ved bruk av «beste praksis» når det gjelder produksjonsmetode. Det kan argumenteres at en mer bærekraftig produksjon resulterer i mindre belastning på miljøet rundt. Estimatet reflekterer derfor konsepter med teknologi som har få eller ingen negative eksternaliteter. Forbedret produksjonsmetode inkluderer også økt dyrevelferd, forsvarlig bruk av fôr, mindre unødvendig bruk av antibiotika og mer sosial bærekraft. Verdianslaget kan drøftes til å være noe høyt på grunn av at estimatet innebærer nytte til flere aspekter enn kun reduksjon av miljøutfordringer.

### 6.1.3 Prispremie 2

Total betalingsvillighet per år for Vestlandet til lukket produksjon av laks i både sjø og på land er estimert til 613 millioner kroner. Verdianslaget drøftes som passende for dagens preferanser til lukket merdanlegg. Det kan tenkes at individer i dag er mer opplyst og bevisst over miljøpåvirkninger fra konvensjonell produksjon av laks enn i 2011. Det kan skyldes mer fokus på samfunnets ansvar om å bevare natur og miljø. Behov for reduksjon av negative eksternaliteter er fremtredende og genererer nytte for økt miljøkvalitet. Folks holdninger og verdier på Vestlandet antas å være mer tilstedeværende og aktuelle enn i 2011. Estimatet inneholder betalingsvillighet for laks produsert i lukkede merdanlegg i sjø og på land, og indikerer at begge produksjonsmetodene gir tilsvarende nytte sammenlignet med konvensjonell lakseoppdrett. Det stilles tvil til verdianslaget da det kan tenkes høyere miljøgevinst ved bruk av landbasert anlegg i kontrast til lukkede merdanlegg i sjø. Forholdene til lukkede anlegg på land drøftes som mer kontrollerte, og dersom uforutsette hendelser oppstår vil ikke effektene være negative på ville laksebestander eller på havbunnen.

### 6.1.4 Prispremie 3

Total betalingsvillighet per år til Vestlandet for 50 prosent mindre organisk forurensning beregnes til 793 millioner kroner. Høy betalingsvillighet indikerer et sterkt behov for teknologi som forebygger utslipp av fekalier og fôrspill til havbunnen. Verdianslaget er relativt høyt ettersom nytten reflekterer en delvis reduksjon av kun én miljøutfordring. Det kan tenkes at færre ressurser ble brukt til forebygging og håndtering av miljøutfordringer i 2003, og at individers behov for å redusere utslipp til havbunnen var mer fremtredende i kontrast til dagens produksjon. Fra et annet perspektiv drøftes estimatet som passende ettersom miljøtiltak som minimerer utslipp samtidig kan føre til reduksjon av andre miljøutfordringer. Med dagens fokus på bærekraft antas estimatet å reflektere nytte av miljøtiltak som genererer 50 prosent mindre utslipp samt reduksjon på andre negative eksternaliteter.

### 6.1.5 Engangsskatt og prispremie

Prispremie på lakseprodukt frembringer en betydelig høyere årlig betalingsvillighet sammenlignet med engangsskatt. Forbrukeren stilles oftere overfor muligheten til å bidra med å redusere negative eksternaliteter gjennom prispremie på et lakseprodukt i kontrast til engangsskatt. Individets atferd er en avgjørende faktor og utgjør ulik betalingsvillighet. For et flertall forbrukere kan det oppleves mer smertefullt å betale et høyt beløp én gang enn å betale mindre beløp gjentatte ganger i løpet av et år. Negative holdninger til skatt kan også bidra til lavere betalingsvillighet sammenlignet med prispremie på lakseprodukt. Det bør også tenkes at noen individer oppfatter laks produsert med mindre miljøbelastende produksjonsmetode som mer helsefremmende, og dermed foretrekker produkter med prispremie. Likevel bør det presiseres at nytteanslagene uttrykket gjennom prispremie inkluderer kun respondenter som konsumerer laks i løpet av ett år. Dersom utvalget består av individer eller husholdninger som ikke konsumerer laks, kan det tenkes at betalingsvilligheten for Prispremie 1,2 og 3 er for høy, og derfor resultere i lavere nytte for miljøtiltakene.

Det kan tenkes å være aktuelt å summere kompensasjonsformatene engangsskatt og prispremie på lakseprodukt. For nytteanslagene anvendt i denne studien vil det ikke være mulig å kombinere engangsskatt og prispremie. Det skyldes sannsynlighet for dobbelttelling da begge kompensasjonsformatene reflekterer bruksverdi og ikke-bruksverdi av økt miljøkvalitet. Summering av engangsskatt og prispremie på lakseprodukt kan benyttes dersom prispremie innebærer forbrukerens opplevelse av lakseproduktet relatert til smak og utseende samt rykte og renommé til næringen. Da reflekterer engangsskatt nytten av økt miljøkvalitet og prispremie forbedret egenskaper på lakseproduktet.

## 6.2 Miljøtiltak i lakseoppdrett

Eksisterende og fremtidige forebyggende teknologiske miljøtiltak er blitt identifisert etter systematisk litteratursøk og personlig intervju over nettverk. Det vil i fremtiden være mulighet for flere ulike produksjonsmetoder som i mindre grad benytter naturressursene som dagens konvensjonelle produksjon. For å oppnå oppdrett av laks med mindre miljøbelastning er oppdretterne avhengig av vellykket utvikling av produksjonsteknologi. Det vil kreve betydelige investeringer i FoU, innovasjon og fullskala kommersielle anlegg. Produksjonskostnader til oppdrett av laks kan også bli høye sammenlignet med dagens konvensjonelle teknologi. I denne analysen presenteres miljøtiltak som er utviklet eller under utvikling. Miljøtiltakets reduserende effekt på miljøutfordringene kartlegges, og samlede kostnader ved realisering av

konseptet estimeres. Alle kostnadstall oppgitt i kapittel 6.2 er inflasjonsjustert for mars 2020 og oppgis i norske kroner.

### 6.2.1 Basisalternativet

For å beregne marginal tiltakskostnad for miljøtiltak som er nyutviklet eller under utvikling er det nødvendig med et basisalternativ som reflekterer dagens produksjon av laks. Miljøtiltakene sammenlignes opp mot basisalternativet for å vise endring i samlede kostnader og reduserende effekt på omgivelsene rundt. Kostnader til tomt, infrastruktur og produksjonstillatelse utelukkes fra investeringskostnader til basisalternativet og ulike identifiserte miljøtiltak. Ekskluderingen skyldes uendelig levetid på tomt og infrastruktur, samt manglende regelverk til produksjonstillatelser for miljøtiltakene identifisert. Marginalkostnadene som presenteres i kapittel 6.2 reflekterer ekstrakostnad i kroner ved å produsere ett ekstra kilo laks før slakt, og oppgis i mengdeterminen rund vekt (WFE).

Til basisalternativet brukes samlede kostnader fra Bjørndal, Holte, Hilmarsen & Tusvik (2018) for én lokalitet med seks merdanlegg. Samlede kostnader innebærer investerings- og produksjonskostnader. Total investeringskostnad for én lokalitet med utsett av 100-gram settefisk beregnes til 50,7 millioner kroner, med en produksjonskapasitet på 15.000 tonn. Marginal investeringskostnad beregnes til 3,38 kroner. Marginal produksjonskostnad oppgis til 34,67 kroner. Estimater innebærer kjøp av 100-gram settefisk, ti avlusninger og gjennomføring av krav og undersøkelser fra NYTEK-forskriften. Det antas ti lusebehandlinger i løpet av en produksjonssyklus på grunn av at Vestlandet (produksjonsområde 3 og 4) har høy påvirkning av lakselus på ville laksebestander. For basisalternativet forutsettes det videre en likevektssituasjon uten uforutsette hendelser.

### 6.2.2 Åpent anlegg i sjø med luseskjørt

Holan et al. (2017) presenterer luseskjørt som et forebyggende teknologisk tiltak for lakselus. Luseskjørt er et nyutviklet miljøtiltak og er det mest brukte konseptet i norsk oppdrettsnæring. Luseskjørt er et enkelt og effektivt miljøtiltak som forhindrer lusepåslag ved bruk av inkrementell teknologi. Lokalteter som benytter luseskjørt kan redusere luseangrep med gjennomsnittlig 18 prosent. Dersom nærliggende lokaliteter også bruker miljøtiltaket reduseres luseangrep med 54 prosent (Stien, Lind, Oppedal, Wright & Seternes, 2018; Lien, Stien, Grøntvedt & Frank, 2015). Wright et al. (2019) observerer en lusereduserende effekt på 80 prosent sammenlignet med åpne merdanlegg. Samlet sett gir studiene en klar indikasjon på reduksjon av lusepåslag på Vestlandet ved bruk av konseptet. Derimot påpekte informant N2 det som mer komplekst å få til et velfungerende luseskjørt på Vestlandet i motsetning til

Trøndelag og nordover. Det kan skyldes høyere temperatur i sjø som resulterer i gunstigere forhold for lakselus på Vestlandet. Effekten fra luseskjørt varierer mellom lokalitet og perioder av året (Johansen, 2014). Vestlandet er preget av uvær, og det kan tenkes utfordringer med luseskjørtet. Sterke vindkast kan ødelegge det ytre vernet og eksponere oppdrettslaksen for lus som resulterer i en oppblomstring av lakselus. Stien et al. (2012) retter tvil om skjørtet vil kunne redusere luseangrep ettersom overflatevann har inngang til merden. Grøntvedt & Maroni (2018) formidler at Vestlandet fjerner skjørtet etter sommeren på grunn av risiko for redusert oksygennivå i merdanlegg. Ettersom konseptet ikke kan brukes under hele produksjonssyklusen på Vestlandet stilles det spørsmål til hvor effektivt og forebyggende luseskjørt er som miljøtiltak. Vurderes konseptet opp mot miljøutfordringene på Vestlandet har luseskjørt en delvis reduserende effekt av lusepåslag på ville laksebestander. Luseskjørt vil ikke sikre mot genetisk påvirkning på villaks og utslipp av partikulært organisk materiale.

Investeringskostnad for luseskjørt for én lokalitet oppgis til 211.000 kroner med tre års levetid. Marginal investeringskostnad for luseskjørt er 0,05 kroner (Iversen, Hermansen, Nystøyl & Hess, 2017). Totale investeringskostnader for én lokalitet med åpent anlegg i sjø med luseskjørt estimeres til 50,9 millioner kroner med en produksjonskapasitet på 15.000 tonn. Dette gir en marginal investeringskostnad på 3,43 kroner. Prosjektets levetid er på 20 år og inneholder komponenter med levetid på mellom tre og 20 år. Luseskjørt investeres samme år som anskaffet. Det antas at halvparten av investeringen til merdanlegg investeres samme år, og den andre halvparten det påfølgende året. Marginal produksjonskostnad estimeres til 28,75 kroner, og innebærer en ekstrakostnader på 0,03 kroner til arbeidskraft for drift og vedlikehold av luseskjørt. Estimater inkluderer helse- og veterinærtjenester som speiler en normal driftssituasjon og som ikke har utfordringer og behandling av lakselus (Bjørndal et al., 2018; Iversen et al., 2017). Ekstra produksjonskostnader til luseskjørt påløper året etter investeringen. Det antas at ekstra produksjonskostnader til merdanlegg påløper fra året etter investeringen er gjort. Fordelen med luseskjørt kommer tydelig frem da kostnaden ved bruk av miljøtiltaket observeres som minimal. Likevel vil det være usikkerhet ved å benytte luseskjørtet, og det kan være behov for å bytte eller reparere skjørtet mer enn antatt av Iversen et al. (2017).

### 6.2.3 Åpent anlegg i sjø med snorkelmerd

Konseptet snorkelmerd skiller laksen fra lakselusen som befinner seg i den øvre delen av vannsøylen. Laksen holdes nede av et tak bestående av en not med en presenningskledd passasje til overflaten, slik at laksen har tilgang på luft og etterfylling av svømmeblæren uten å ha kontakt med overflatevannet (Stien et al., 2016). Snorkelmerd ble nevnt av flere informanter

som et miljøtiltak på et eksperimentelt stadium. Teknologien ble beskrevet som inkrementell ettersom det ikke var behov for større omlegging av produksjonsprosessen. Informant N3 uttrykket stor interesse og tiltro til konseptet, og hevdet at dersom teknologien lykkes vil snorkelmerd være effektivt og lønnsomt sammenlignet med konvensjonell produksjonsmetode. En interessant kommentar fra N3 var at investeringskostnaden til snorkelmerd kan lett tjenes inn som et resultat av å bruke forebyggende produksjonsmetoder i stedet for behandling av lakselus. Flere studier presenterer lovende resultater ved bruk av snorkelmerd basert på pilotstudier gjennomført i fylkene Rogaland og Vestland. Geitung et al. (2019) presenterer en nedgang på 75 prosent i luseinfeksjoner i kommersiell test med fullsyklus. Sammenlignet observerer Wright et al. (2017) en reduksjon av lusepåslag på 84 prosent ved bruk av snorkelmerd i perioden fra vår til sommer. Oppedal et al. (2017) presenterer avtakende lusepåslag ved bruk av dypere snorkelbarrierer. Luseinfeksjoner i grunne snorkler (0 - 4 meter) var konsekvent fire til ti ganger høyere enn i dype snorkler (12 - 16 meter). Forskningsartiklene ovenfor var utført på lokaliteter plassert langs kysten. Oppedal, Bui, Stien, Overton & Dempster (2019) påpeker at snorkelmerd ikke reduserer luseangrep i forhold til kontrollmerkene på lokaliteter med brakkoverflatevann som typisk observeres i fjorder. Lik infeksjonsrate skyldes sannsynligvis at både laks og lus befinner seg dypere i vannsøylen under brakkvannlaget. Studiene nevnt ovenfor indikerer at konseptet vil minimere lusepåslag på ville laksebestander på lokaliteter langs kysten. For produksjonsområder i fjorder er det større usikkerhet om snorkelmerd vil ha en like positiv effekt på å redusere luseangrep. Lokalitetene på Vestlandet befinner seg både langs kysten og i fjorder. Det kan derfor argumenteres hvor gunstig miljøtiltaket er ettersom snorkelmerd ikke reduserer genetisk påvirkning fra rømt oppdrettslaks eller utslipp av partikulært organisk materiale. Snorkelmerd vil ha en delvis reduserende effekt av lakselus på lokaliteter på Vestlandet. Konseptet medfører ingen reduksjon på genetisk interaksjon mellom oppdrettslaks og villaks, samt utslipp av partikulært organisk materiale.

Investeringskostnaden for snorkelmerd for én lokalitet estimeres til omtrent én million kroner med ti års levetid. Marginal investeringskostnad er 0,26 kroner. Totale investeringskostnader for én lokalitet med åpent anlegg i sjø med snorkelmerd beregnes til 51,7 millioner kroner med en produksjonskapasitet på 15.000 tonn. Dette gir en marginal investeringskostnad på 3,64 kroner. Prosjektets levetid er på 20 år, og inneholder komponenter med levetid på mellom tre og 20 år. Snorkelmerd investeres samme år som kjøpt. Det antas at halvparten av investeringen til merdanlegg investeres samme år, og andre halvparten det påfølgende året. Marginal produksjonskostnad estimeres til 29,36 kroner. Estimater inkluderer helse- og



veterinærtjenester som speiler en normal driftssituasjon og som ikke har utfordringer og behandling mot lakselus. Marginal produksjonskostnad innebærer økte kapital- og avskrivningskostnader på 0,53 kroner samt ekstrakostnader til notvask på 0,11 kroner. Manglende erfaring og endret arbeidsprosess til drift og vedlikehold kan tenkes å øke marginal produksjonskostnad (Bjørndal et al., 2018; Iversen et al, 2017). Ekstra produksjonskostnader til snorkelmerd påløper året etter investering. Det antas at ekstra produksjonskostnader til merdanlegg også påløper fra året etter investeringen er gjort.

#### 6.2.4 Lukket eller semi-lukket merdanlegg i sjø

Lukket eller semi-lukket anlegg i sjø er konsepter under utvikling som kan tenkes å løse flere miljøutfordringer for lakseproduksjon. Lukket merdteknologi anses radikal ettersom omlegging av produksjonen er svært omfattende. Rosten et al. (2011) belyser hvordan lukket merdteknologi vil kunne begrense utslipp av partikulært organisk materiale, utslipp eller tap av næringssalter, rømming av fisk, utveksling av lakselus med omgivelsene, samt utveksling av andre patogen. Andaur et al. (2012) definerer lukket eller semi-lukket anlegg som en tett eller delvis tett fysisk barriere mellom vannmiljøet til laksen og miljøet rundt. Lukket merdteknologi er på et forsknings- og utviklingsstadium, og det eksisterer ulike tilnærminger til konseptet. Videre i analysen betegnes lukket eller semi-lukket anlegg i sjø som lukket merdanlegg i sjø. Noen av informantene indikerte at det kunne oppstå miljøgevinster ved bruk av lukket anlegg i sjø. Informant I2 uttrykket en tydelig positiv preferanse for lukket anlegg. Basert på I2 vil teknologi som renses, resirkulerer og gjenvinner organisk materiale være fordelaktig for norske fjorder. I2 hevdet også at lukket anlegg i sjø vil være det mest bærekraftige miljøtiltaket i fremtiden. Samtidig påpekte informant N2 begrensninger med lukket merdteknologi. N2 hevdet at konstruksjonen til lukket anlegg i sjø ikke tåler påkjenningen på lokaliteter med bølgehøyde over tre meter. Uttalelsen til N2 indikerer at dersom lukket merdanlegg plasseres på et produksjonsområde med høy bølgehøyde vil det være risiko for at konstruksjonen kan skades. Barrieren mellom oppdrettslaksen og omgivelsene rundt kan dermed brytes, og resultere i høyere lusepåslag samt genetisk påvirkning på ville laksebestander. Et tankevekkende funn fra informant N3 var at eldre lokaliteter på grunt vann og i fjorder kan brukes dersom lukket merdteknologi er vellykket og ikke har utslipp av partikulært organisk materiale.

Bjørndal & Tusvik (2018) presenterer totale investeringskostnader til et lukket merdanlegg for én lokalitet til 167,1 millioner kroner med en produksjonskapasitet på 15.000 tonn. Dette gir en marginal investeringskostnad på 11,14 kroner. Én lokalitet består av tolv lukkede merder med anslått levetid på 20 år. Konseptet inneholder komponenter med anslått levetid på mellom ti og

20 år. Det antas at halvparten av investeringen gjøres samme år, og den andre halvparten det påfølgende året. Videre oppgir Bjørndal og Tusvik (2018) en marginal produksjonskostnad på 38,90 kroner. Det forutsettes at produksjonskostnader påløper året etter investeringen er gjort. Vellykket utvikling og realisering av lukket merdteknologi kan kreve betydelige investeringer og økte produksjonskostnader sammenlignet med konvensjonell teknologi. Det vil være nødvendig å investere i slamlegg, og ekstrakostnader til pumping av sjøvann samt resirkulering og behandling av slam vil oppstå ved produksjon (Misund et al., 2019). Likevel påpekte informant I4 og N3 potensielle kostnadsbesparelser knyttet til lusebehandling ved bruk av lukket merdteknologi. Suksessfull omlegging til lukket produksjon i sjø vil fullstendig eliminere lusepåslag på grunn av tett barriere mellom oppdrettslaks og omgivelsene rundt. Ingen lusebehandlinger kan føre til høyere overlevningsgrad og mindre tap av biomassetilvekst på laks.

Samlet sett vil lukket merdanlegg i sjø ha en fullstendig reduserende effekt på utslipp av partikulært organisk materiale og lusepåslag på ville laksebestander på Vestlandet. Rømming av oppdrettslaks kan skje under transport, og skyldes ofte hull i slange eller svikt i rist ved overføring til lukket merd. Det rapporteres relativt mange rømmingshendelser under transport, men med liten andel rømt fisk (Føre, Thorvaldsen, Tinmannsvik & Okstad, 2019). For Vestlandet konkluderes det derfor med at lukket merdanlegg i sjø har delvis reduksjon på genetisk påvirkning av villaks.

#### 6.2.5 Landbasert anlegg med RAS-teknologi

Landbaserte anlegg med RAS-teknologi er identifisert som det mest omdiskuterte miljøtiltaket under utvikling. Konseptet anses å være svært radikalt på grunn av omlegging av produksjon fra sjø til land. Likevel er det høy interesse til produksjonsmetoden, og det eksisterer testanlegg i Norge og i flere andre land. Erfaringsgrunnlaget til produksjon av laks på land er begrenset, selv om stamfisk, klekkeri og produksjon av smolt benytter RAS-teknologi. Holm et al. (2015) definerer landbasert anlegg med RAS-teknologi som et lukket anlegg med resirkulerbar vannstrøm med opptil 95 til 99 prosent. Prinsippet med RAS-teknologi er at vannstrømmen tilfører oksygen til laksen, fjerner avfallsstoffer og deretter gjenbrukes. Målet er å oppnå et velfungerende system som har kapasitet til å produsere laks til slakteklar vekt.

Omlegging av produksjon til land kan tenkes å være kostbart ettersom det kreves ressurser for å gjenskape de samme gunstige forholdene som laksen har i sjø. Informant I4 påpekte at åpne merdanlegg i sjø har god vannutskiftning samt spredning av fôrspill og fekalier som følge av

energien fra Golfstrømmen. For produksjon på land vil det derfor være nødvendig med teknologi som sikrer god vannkvalitet og håndtering av slam.

Liu et al. (2016) presenterer totale investeringskostnader for ett landbasert anlegg med RAS-teknologi til 549,7 millioner kroner med produksjonskapasitet på 4000 tonn. Marginal investeringskostnad estimeres til 137,42 kroner. Bjørndal & Tusvik (2018) presenterer totale investeringskostnader for ett landbasert anlegg med RAS-teknologi til 595,4 millioner kroner med produksjonskapasitet på 6000 tonn. Dette gir marginal investeringskostnad på 99,23 kroner. Kombineres tall og estimater fra Liu et al. (2016) og Bjørndal & Tusvik (2018) presenteres følgende gjennomsnitt for total- og marginal investeringskostnad til henholdsvis 572,5 millioner kroner og 118,35 kroner. Et landbasert anlegg består av et enkelt kar med RAS-teknologi, og har anslått levetid på 20 år. Konseptet inneholder komponenter med anslått levetid på mellom ti og 20 år. Det antas at halvparten av investeringen gjøres samme år, og den andre halvparten det påfølgende året. Videre oppgir Liu et al. (2016) og Bjørndal & Tusvik (2018) marginal produksjonskostnad til henholdsvis 42,15 kroner og 44,73 kroner. Dette gir en gjennomsnittlig marginal produksjonskostnad på 43,44 kroner. Det forutsettes at produksjonskostnader påløper året etter investeringen er gjort. Oversikt over marginale kostnadstall for landbasert anlegg med RAS-teknologi presenteres i Tabell 6-1.

Landbasert anlegg med RAS-teknologi kan oppleves som en uaktuell produksjonsmetode på Vestlandet på grunn av enorme investerings- og produksjonskostnader sammenlignet med konvensjonell teknologi. Likevel er konseptet det eneste miljøtiltaket under utvikling med teknologi som kan sikre full eliminering av effekter på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale. Det bør antas at landbasert anlegg med RAS-teknologi åpner for flere produksjonsområder dersom utvikling og realisering av teknologien er vellykket. Konseptet er ikke avhengig av naturressurser slik som konvensjonell produksjonsmetode. Det kan tenkes at produksjonskapasiteten kan økes ettersom begrensningene fra trafikklyssystemet ikke vil påvirke produksjon på land. Flertallet av informantene uttrykte skepsis til konseptet på grunn av høye samlede kostnader. Informant N3 påpekte utfordringer ved kommersialisering av landbasert anlegg med RAS-teknologi. Teknologien er svært radikal og omlegging fra produksjon i sjø til land vil kreve betydelige innsatser fra FoU og innovasjon.

Et tydelig funn fra forskningsartikler og rapporter samt intervju over nettverk, er at Atlantic Sapphire ofte trekkes frem i forbindelse med landbasert anlegg med RAS-teknologi. Misund et al. (2019) presenterer Atlantic Sapphire som den aktøren med størst ambisjoner til landbasert

lakseoppdrett, med en produksjonsplan på 220.000 tonn i 2030. Da informantene drøftet risiko og usikkerhet til landbasert anlegg med RAS-teknologi ble testanlegget til Atlantic Sapphire i Danmark nevnt. Både informant N1 og I1 refererte til hendelser i testanlegget der nesten hele beholdningen av laks døde på grunn av svikt i RAS-teknologi. Det tolkes at informantenes forbehold til miljøtiltaket skyldes høye samlede kostnader og risiko sammenlignet med konvensjonell teknologi. Dersom RAS-teknologien er vellykket og fullskalaproduksjon av laks er suksessfullt kan lønnsomheten bli ekstraordinær.

Tabell 6-1: Marginalkostnad ved landbasert anlegg med RAS-teknologi

	Bjørndal & Tusvik (2018)	Liu et al. (2016)	Gjennomsnitt
Marginal investeringskostnad (kr/kg WFE)	99,23	137,42	118,35
Marginal produksjonskostnad (kr/kg WFE)	44,73	42,15	43,44

#### 6.2.6 Utsett av 1000-gram settefisk

Landbasert anlegg med RAS-teknologi kan også brukes til produksjon av større settefisk, kalt post-smolt. Utsett av 1000-gram settefisk anses som et forebyggende miljøtiltak ettersom kjøp av større smolt forkorter produksjon i sjø og kan redusere belastningene på miljøet rundt. Analysen til utsett av 1000-gram settefisk baseres på produksjon av laks og ikke settefisk. 1000-gram settefisk er et resultat av radikal teknologi. Likevel anses miljøtiltaket utsett av 1000-gram settefisk som inkrementelt da teknologien brukt i produksjon av laks er nokså lik konvensjonell teknologi.

Iversen et al. (2017) oppgir at utsett av større settefisk resulterer i lavere produksjonstid samt mindre eksponering mot lus og sykdommer. Bjørndal et al. (2018) presenterer totale investeringskostnader for én lokalitet med utsett av 1000-gram på 50,7 millioner kroner, med en produksjonskapasitet på 15.000 tonn. Marginal investeringskostnad beregnes til 3,38 kroner. Én lokalitet består av seks merdanlegg, med anslått levetid på 20 år. Konseptet inneholder komponenter med antatt levetid på mellom tre og 20 år. Det antas at halvparten av investeringen gjøres samme år, og den andre halvparten det påfølgende året. Videre oppgir Bjørndal et al. (2018) en marginal produksjonskostnad på 31,60 kroner. Det forutsettes at produksjonskostnader påløper året etter investeringen er gjort. Smolt- og fôrkostnader endres

som følge av kjøp av større settefisk. Økte smoltkostnader skyldes dyrere pris på settefisk ettersom produksjonen av 1000-gram settefisk er mer ressurskrevende sammenlignet med 100-grams settefisk. Reduserte fôrkostnader begrunnes med kortere produksjonstid i sjø.

Flertallet av informanter var svært positive til miljøtiltaket som omhandler utsett av 1000-gram settefisk. Informant N4 påpekte at ved å forkorte produksjonstiden i sjø fra 18 måneder til 10 måneder vil luseangrep på villaks reduseres kraftig. Informant I6 hevdet også miljøgevinster ved kortere produksjonsfase i sjø. Utsett av 1000-gram settefisk vil være jevnt over mindre belastende for omgivelsene rundt produksjonsstedet. Kortere produksjonsfase i sjø vil redusere oppblomstring av lakselus, lavere risiko for rømming og mindre utslipp av organisk partikulært materiale. Miljøeffektene elimineres ikke ved miljøtiltaket, men påvirkningen vil være redusert sammenlignet med konvensjonell produksjon i sjø. Samlet sett vil effekter på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale på Vestlandet delvis reduseres.

#### 6.2.7 Havbruk til havs

Havbruk til havs er oppdrett av laks som foregår lengre til havs enn det konvensjonell oppdrett gjør. Havmerdanlegg har likhetstrekk med plattformer og benytter offshoreteknologi. Konseptet anses som et mer radikalt miljøtiltak under utvikling ettersom omlegging endrer produksjonen av laks drastisk. Havbruk til havs har fått stor oppmerksomhet og det gjennomføres pilotprosjekter i Norge. Basert på Fiskeridirektoratets (2020b) vedtak om utviklingstillatelser observeres det flere konsepter med offshoreteknologi. Nærings- og fiskeridepartementet (2018) presenterer havbruksinstallasjoner med ulik offshoreteknologi som kan ha eget fremdriftsmaskineri, slepes mellom ulike lokaliteter, eller ligge stasjonært. Havbruks til havs vil plasseres i områder med sterkere havstrømmer og utslipp av partikulært organisk materiale vil bli spredt over et større område. Videre vil havbruksinstallasjoner ha mindre negativ påvirkning på ville laksebestander ettersom anlegget plasseres lengre ut til havs og dermed ikke forstyrrer villaksens vandringsrute (Nærings- og fiskeridepartementet, 2018). Noen informanter var ikke overbevist og tvilte på konseptets reduserende effekt på miljøutfordringene. Informant I2 uttrykket lite tiltro til havbruk til havs som miljøtiltak, og påpekte at konseptet forsinker negativ miljøpåvirkning i stedet for å løse problemene. I2 fremhevet at sterke havstrømninger ikke vil garantere en lusefri produksjon, og hevdet videre at havmerdanlegg er like utsatt for lusepåslag som konvensjonell produksjon, og at dette vil kunne føre til et større smittområde. Informant N3 hevdet også usikkerhet til reduksjon av miljøeffekter ved bruk av havbruk til havs, og konstaterte at luseproblematikken kan bli like

ressurskrevende med havmerdinstallasjoner som med konvensjonell teknologi langs kysten i dag.

Iversen, Andreassen, Hermansen, Larsen & Terjesen (2013) presenterer totale investeringskostnader til et offshoreanlegg på 193,3 millioner kroner, med produksjonskapasitet på 10.000 tonn. Dette gir en marginal investeringskostnad på 19,33 kroner. Anslått levetid til konseptet er 10 år, og det antas at hele investeringen gjøres samme år. Videre oppgir Iversen et al. (2013) en marginal produksjonskostnad på 28,68 kroner. Det forutsettes at produksjonskostnader påløper etter investeringen er gjort. Vellykket utvikling og realisering av offshoreteknologi kan kreve betydelige investeringer og økte produksjonskostnader sammenlignet med konvensjonell teknologi. Likevel påpeker Nærings- og fiskeridepartementet (2018) kostnadsbesparelser som følge av bedre utnyttelse av fôr, reduserte utgifter til lusebehandlinger og generelt mindre svinn i produksjonen.

For Vestlandet vil offshoreteknologi medføre jevn reduksjon av miljøutfordringene. Ved å flytte produksjon av laks til havs vil ikke miljøet rundt skjermes for negativ påvirkning, men belastningen vil kunne spres mer enn konvensjonell oppdrett av laks langs kysten. Samlet sett vil havbruk til havs delvis redusere effekter på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale.

#### 6.2.8 Kurven for marginale tiltakskostnader

Etter grundig analyse av miljøtiltakenes reduserende effekt og investerings- og produksjonskostnader per kilo laks produsert før slakt (WFE) for én lokalitet, estimeres marginal tiltakskostnad til hvert enkelt konsept. Basert på forutsetningen om at samlede marginalkostnader ved å endre produksjonsprosessen reflekterer samlede marginalkostnader ved å forebygge miljøutfordringene, kan miljøtiltakene vurderes etter kostnadseffektivitet og reduksjon av miljøutfordringene i forhold til dagens produksjonsmetode.

For å utlede marginal tiltakskostnad benyttes miljøtiltakets marginal investeringskostnad for én lokalitet. Modellert marginal produksjonskostnad inkluderes også for å vise endringen i produksjon av laks ved bruk av miljøtiltak. Nåverdimetoden anvendes på marginal investerings- og produksjonskostnad samt eventuell restverdi for å beregne lønnsomheten av miljøtiltak i forhold til basisalternativet. Analyseperioden til tiltakene bør være så lik som mulig prosjektets levetid. Kalkulasjonsrenten er satt til fire prosent ettersom tidsintervallet til de ulike konseptene varierer mellom ti og 20 år (Direktoratet for økonomistyring, 2018). For konsepter

med komponenter som har en variert levetid, gjennomføres reinvestering. Se Tabell 6-2 for forutsetninger til kurven for marginale tiltakskostnader.

Formålet med analyse av ulike miljøtiltak er å studere den samlede effekten miljøtiltaket har på omgivelsene rundt. Lusepåslag og genetisk påvirkning på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale vektlegges likt. Ettersom det ikke eksisterer en felles mengdeterm for de tre miljøutfordringene ble det valgt å kategorisere etter ingen, delvis og fullstendig reduksjon. Hvert miljøtiltak vurderes opp mot samlede miljøeffekter, og det benyttes en poengskala fra null til ti for hver miljøutfordring som danner en samlet poengsum på maks 30 poeng. 100 prosent reduksjon tilsvarer 30 poeng som er total eliminering av de tre miljøeffektene. Ifølge WALGA (2014) kan marginal tiltakskostnad (MAC) til hvert enkelt miljøtiltak beregnes ved å benytte nettonåverdi og sum mengde miljøutfordring redusert, uttrykket i følgende formel:

$$MAC = \frac{- \textit{Marginal kostnad (netto nåverdi)}}{\textit{Total mengde eksternalitet redusert over tiltakets levetid}}$$

*Lign: 6-1*

Nettonåverdi, mengde eksternalitet redusert og marginal tiltakskostnad presenteres i Tabell 6-3 etter lavest til høyest marginal tiltakskostnad, og tilsvarer kostnadene med å redusere miljøutfordringene ved bruk av nyutviklet teknologi eller teknologi under utvikling.

Tabell 6-2: Forutsetninger til kurven for marginale tiltakskostnader

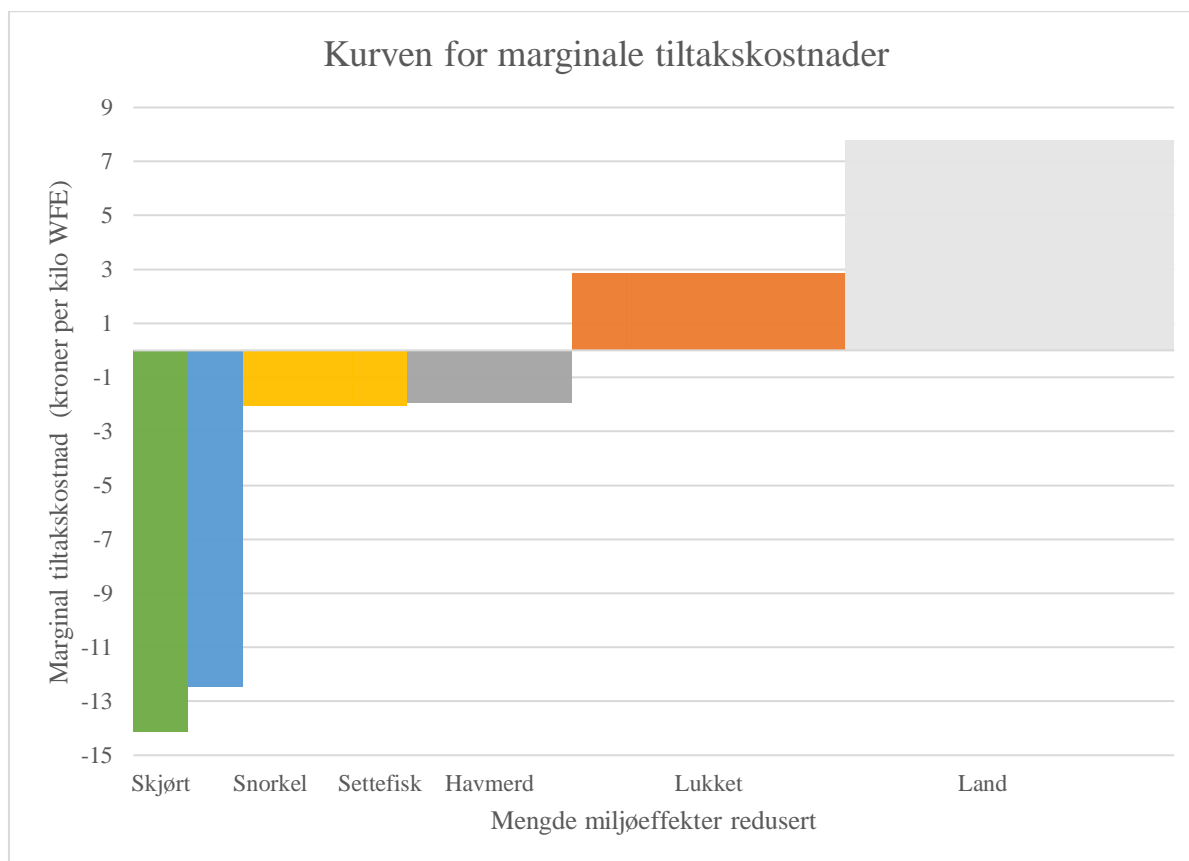
<b>Tiltak</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med luseskjørt</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med snorkelmerd</b>	<b>Lukket merdanlegg i sjø</b>	<b>Landbasert anlegg med RAS-teknologi</b>	<b>Utsett av 1000-gram settefisk</b>	<b>Havbruk til havs</b>
<b>Analyseperiode (år)</b>	20	20	20	20	20	10
<b>Investeringskostnad</b>	Hele beløp for skjørt i 2021.	Hele beløp for snorkel i 2021.	Halve beløp i 2021, resterende beløp i 2022.	Halve beløp i 2021, resterende beløp i 2022.	Halve beløp i 2021, resterende beløp i 2022.	Hele beløp i 2021.
<b>Produksjonskostnad</b>	Påløper året etter investering.	Påløper året etter investering.	Halve beløp påløper fra 2022- 2041. Andre halvpart påløper fra 2023- 2042.	Halve beløp påløper fra 2022- 2041. Andre halvpart påløper fra 2023- 2042.	Halve beløp påløper fra 2022- 2041. Andre halvpart påløper fra 2023- 2042.	Påløper året etter investering.
<b>Kalkulasjonsrente</b>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Prosjektets levetid (år)</b>	20	20	20	20	20	10
<b>Komponentenes levetid (år)</b>	3 8 10 20	3 8 10 20	10 15 20	10 15 20	3 8 10 20	10
<b>Restverdi</b>	0,33 0,63	0,33 0,63	0,67	0,67	0,33 0,63	Ingen



Tabell 6-3:Marginal tiltakskostnad

<b>Tiltak</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med luseskjørt</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med snorkelmerd</b>	<b>Lukket merdanlegg i sjø</b>	<b>Landbasert anlegg med RAS-teknologi</b>	<b>Utsett av 1000-gram settefisk</b>	<b>Havbruk til havs</b>
<b>Marginal kostnad per kilo WFE (netto nåverdi)</b>	70,72	62,33	-71,75	-233,50	31,09	29,25
<b>Effekter på ville laksebestander: lakselus</b>	Delvis (5)	Delvis (5)	Fullstendig (10)	Fullstendig (10)	Delvis (5)	Delvis (5)
<b>Effekter på ville laksebestander: genetisk påvirkning</b>	Ingen (0)	Ingen (0)	Delvis (5)	Fullstendig (10)	Delvis (5)	Delvis (5)
<b>Utslipp av partikulært organisk materiale</b>	Ingen (0)	Ingen (0)	Fullstendig (10)	Fullstendig (10)	Delvis (5)	Delvis (5)
<b>Total mengde eksternalitet redusert i prosent</b>	16,67	16,67	83,33	100	50	50
<b>Marginal tiltakskostnad per kilo WFE (MAC)</b>	-14,14	-12,47	2,87	7,78	-2,07	-1,95

Miljøtiltak med negativ marginal tiltakskostnad er produksjonsmetoder som er mer kostnadseffektive sammenlignet med dagens produksjonsmetode. Lengden på søylen til miljøtiltak med negativ marginal tiltakskostnad reflekterer kostnadsbesparelser som vist i Figur 6-1. Åpent anlegg i sjø med luseskjørt, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs er rimeligere produksjonsmetoder på grunn av mindre utgifter til lusebehandling. Lukket merdanlegg i sjø og landbasert anlegg med RAS-teknologi har positiv marginal tiltakskostnad som indikerer høyere samlede kostnader. Bredden på søylen til hvert miljøtiltak viser mengde miljøeffekter minimert. Konsepter med radikal teknologi har større reduksjon på negative eksternaliteter. Landbasert anlegg med RAS-teknologi eliminerer miljøutfordringene fullstendig, og lukket merdanlegg i sjø har betydelig reduserende effekt på miljøeffektene presentert. Den tydelige forskjellen mellom konseptene er at landbasert anlegg med RAS-teknologi har vesentlig høyere investerings- og produksjonskostnader og resulterer i en total eliminering av negative eksternaliteter. En interessant observasjon er negativ marginal tiltakskostnad for havbruk til havs. Konseptet er kostnadsbesparende med bruk av radikal teknologi, og har jevnt over en reduserende effekt på miljøutfordringene. Funnet fremhever hvor mye ressurser lusebehandling krever fra næringen. Både åpent anlegg i sjø med luseskjørt og åpent anlegg i sjø med snorkelmerd har kun delvis påvirkning av lusepåslag på ville laksebestander, og ingen reduserende effekt på genetisk påvirkning og utslipp av fôrspill og fekalier, som et resultat av inkrementell teknologi. Utsett av 1000-gram settefisk reduserer miljøeffekter samlet sett delvis og skyldes kortere produksjon i sjø. Basert på Figur 6-1 er miljøtiltakene åpent anlegg i sjø med luseskjørt, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs mer kostnadseffektive produksjonsmetoder sammenlignet med dagens åpne merdanlegg med ti avlusninger. Konseptene landbasert anlegg med RAS-teknologi og lukket merdanlegg i sjø er ikke kostnadseffektive sammenlignet med dagens produksjonsmetode.



Figur 6-1: Kurven for marginale tiltakskostnader

### Samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet

For å estimere samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet er det behov for å identifisere antall merdanlegg nødvendig for å opprettholde total produksjon. Fiskeridirektoratet (2020a) presenterer total produksjon til 309.684 tonn på Vestlandet i 2019. Antall anlegg bestemmes ved å dividere tiltakets produksjonskapasitet på total produksjon på Vestlandet. Investeringskostnader for et enkelt anlegg multipliseres med antall anlegg, og endring i produksjonskostnader sammenlignet med basisalternativet multipliseres med total produksjon. Samlede kostnader for Vestlandet estimeres ved å trekke sammen investerings- og produksjonskostnad samt restverdi. Estimatenes presentert i Tabell 6-4 reflekterer samlede kostnader ved å utvikle og realisere ulike miljøtiltak sammenlignet med dagens konvensjonelle produksjon på Vestlandet. Samlede kostnader for både landbasert anlegg med RAS-teknologi og lukket merdanlegg i sjø er betydelig høyere sammenlignet med basisalternativet. For resterende miljøtiltak er samlede kostnader vesentlig lavere i kontrast til basisalternativet. Med forutsetninger om likevektssituasjon, vil åpent anlegg i sjø med luseskjørt, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, utsett av 1000-gram settefisk samt havbruk til havs være lønnsomme

produksjonsmetoder for oppdrettere på Vestlandet i motsetning til landbasert anlegg med RAS-teknologi og lukket merdanlegg i sjø.

Tabell 6-4: Samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet

Miljøtiltak	Samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet
Åpent anlegg i sjø med luseskjørt	22.288.893.000
Åpent anlegg i sjø med snorkelmerd	20.631.676.000
Utsett av 1000-gram settefisk	14.078.461.000
Havbruk til havs	9.053.573.000
Lukket merdanlegg i sjø	-22.488.702.000
Landbasert anlegg med RAS-teknologi	-65.793.012.000

### 6.3 Samfunnsøkonomisk analyse av Vestlandet

Total betalingsvillighet og totale kostnader for Vestlandet kan benyttes for å estimere samfunnsøkonomisk lønnsomhet for miljøtiltakene presentert. Rammeverket kan brukes for å observere om husholdninger på Vestlandet er villige til å betale for samlede kostnader til miljøtiltaket. Dersom summen av miljøtiltakets nyttevirkning overstiger totale kostnader anses tiltaket som samfunnsøkonomisk lønnsomt (Direktoratet for økonomistyring, 2018). For å undersøke samfunnsøkonomisk lønnsomhet er det nødvendig å spesifisere hvilke produksjonsmetoder som vil være tilsvarende eller lik nytteanslagene. Total nytte, kostnader og nytte-kostnad presenteres i Tabell 6-5. Det forutsettes at bruk av forebyggende teknologiske miljøtiltak finansieres av den enkelte oppdretter selv og ikke gjennom offentlige tiltak. Skattefinansieringskostnaden ekskluderes derfor fra samfunnsøkonomisk analyse.

#### Åpent anlegg i sjø med luseskjørt og åpent anlegg i sjø med snorkelmerd

Betalingsvillighet for åpent anlegg i sjø med luseskjørt og åpent anlegg i sjø med snorkelmerd identifiseres som lik på grunn av at tilsvarende mengde miljøeffekter reduseres. Det anvendes et anslag på 16,67 prosent fra Engangsskatt 3 for å tallfeste betalingsvillighet for delvis reduksjon av lusepåslag. Engangsskatt 3 benyttes som utgangspunkt da verdianslaget innebærer nytte for fullstendig eliminering av samlede miljøeffekter. Nytt-kostnad beregnes til henholdsvis -22,3 milliarder kroner og -20,6 milliarder kroner, og er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt for miljøtiltakene. For å identifisere prispremie til åpent anlegg i sjø med luseskjørt og åpent anlegg i sjø med snorkelmerd benyttes samme metodikk med utgangspunkt i Prispremie 1. Valg av Prispremie 1 skyldes at verdianslaget reflekterer nytte for bærekraftig produksjon som tilsvarer fullstendig eliminering av effekter på ville laksebestander og utlipp

av partikulært organisk materiale. Miljøtiltakene er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomme med nytte-kostnad på henholdsvis -22,1 milliarder og -20,5 milliarder kroner. Total nytte uttrykket gjennom både engangsskatt og prispremie observeres som vesentlig lav. Luseskjørt og snorkelmerd reduserer kun lakselus delvis og resulterer i en relativt lav betalingsvillighet. Negativ nytte-kostnad skyldes at miljøtiltakene ikke genererer nok nytte for husholdninger på Vestlandet.

### **Utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs**

Utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs reduserer lik mengde miljøeffekter og det antas derfor tilsvarende nytte for begge konseptene. Engangsskatt 1 anses akseptabel til begge miljøtiltakene. Full omlegging til lukkede merder i sjø vil resultere i delvis reduksjon av effekter på ville laksebestander og fullstendig eliminering av utslipp av partikulært organisk materiale. Det kan tenkes at 50 prosent omlegging av produksjon til lukkede merder i sjø vil medføre en halvering av miljøeffektene. 50 prosent av Engangsskatt 1 kan dermed anvendes til utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs ettersom produksjonsmetodene reduserer omtrent lik mengde miljøeffekter. Nytte-kostnad estimeres til henholdsvis -13,9 milliarder kroner og -8,9 milliarder kroner, og er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt. Prispremie 1 reflekterer fullstendig eliminering av miljøutfordringene og derfor benyttes halvparten av nytteanslaget. Kombinert med Prispremie 3 beregnes et gjennomsnittlig nytteanslag som innebærer delvis reduksjon av samlede miljøeffekter. Utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs har negativ nytte-kostnad på henholdsvis -13,4 milliarder kroner og -8,4 milliarder kroner. Miljøtiltakene er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomme ettersom husholdninger på Vestlandet ikke opplever tilstrekkelig nytte av miljøtiltakene.

### **Lukket merdanlegg i sjø**

Engangsskatt 2 samsvarer med produksjonsmetoden lukket merdanlegg i sjø. Nykten reflekterer betalingsvillighet for full omlegging av total produksjon til lukkede merdanlegg i sjø. Nytte-kostnad beregnes til -22,3 milliarder kroner og er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt. Både Prispremie 2 og 3 anses som velegnet til lukket merdanlegg i sjø, og det brukes et gjennomsnitt av prispremiene for å reflektere nytten av miljøtiltaket. Lukket merdanlegg i sjø er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt ettersom nytte-kostnad estimeres til -21,8 milliarder kroner. Negativ nytte-kostnad begrunnes med høye investerings- og produksjonskostnader til konseptet og for lav betalingsvillighet på Vestlandet. For at lukket merdanlegg i sjø skal være

samfunnsøkonomisk lønnsomt må engangsskatten og prispremie settes til henholdsvis 69.911 kroner og 1.510 kroner per kilo laks i løpet av ett år, noe som er svært usannsynlig.

### **Landbasert anlegg med RAS-teknologi**

Engangsskatt 3 er identisk for produksjonsmetoden landbasert anlegg med RAS-teknologi ettersom nytten gjenspeiler husholdningers betalingsvillighet til fullstendig eliminering av negative eksternaliteter. Nytte-kostnad estimeres til -65,5 milliarder kroner som ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt på grunn av bemerkelsesverdig høy negativ nåverdi. Alle verdianslagene fra prispremiene anses som passende, da alle estimater innebærer vesentlig reduksjon eller fullstendig eliminering av miljøeffektene. Gjennomsnitt av Prispremie 1,2 og 3 benyttes for å reflektere nytten av landbasert anlegg med RAS-teknologi. Nytte-kostnad beregnes til -65 milliarder kroner som fremdeles ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Betalingsvilligheten til husholdninger på Vestlandet er ikke tilstrekkelig i forhold til konseptets totale kostnader. Dersom landbasert anlegg med RAS-teknologi skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt må hver husholdning betale en engangsskatt eller prispremie på henholdsvis 204.531 kroner og 4.419 kroner per kilo laks i løpet av ett år. Betalingsvilligheten er på et betydelig høyt nivå og derfor lite sannsynlig.

,

Tabell 6-5: Nytte-kostnad

<b>Tiltak</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med luseskjørt</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med snorkel</b>	<b>Utsett av 1000-gram settefisk</b>	<b>Havbruk til havs</b>	<b>Lukket merdanlegg i sjø</b>	<b>Landbasert anlegg med RAS-teknologi</b>
<b>Total nytte netto nåverdi</b>						
<b>Engangsskatt</b>	50.103.000	50.103.000	152.379.000	152.379.000	205.001.000	300.560.000
<b>Prispremie</b>	160.318.000	160.318.000	636.728.000	636.728.000	702.976.000	789.223.000
<b>Totale kostnad netto nåverdi</b>	-22.288.893.000	-20.631.676.000	-14.078.461.000	-9.053.573.000	-22.488.702.000	-65.793.012.000
<b>Nytte-kostnad netto nåverdi</b>						
<b>Engangsskatt</b>	-22.238.789.000	-20.581.573.000	-13.926.082.000	-8.901.195.000	-22.283.701.000	-65.492.452.000
<b>Prispremie</b>	-22.128.575.000	-20.471.358.000	-13.441.733.000	-8.416.845.000	-21.785.726.000	-65.003.789.000

### 6.3.1 Sensitivitetsanalyse

For å fremheve styrker og begrensninger til presenterte estimater fra Samfunnsøkonomisk analyse av Vestlandet, er det viktig å undersøke hvordan resultatet påvirkes etter hvert som forskjellige forutsetninger endres.

#### **Total betalingsvillighet for Norge**

Total betalingsvillighet for Vestlandet er ikke tilstrekkelig i forhold til samlede kostnader til de presenterte miljøtiltakene. Det kan tenkes at flere husholdninger i Norge opplever nytte av økt miljøkvalitet på Vestlandet gjennom både bruksverdi og ikke-bruksverdi. Spesielt vil dette kunne gjelde for laksefiskere som fisker på Vestlandet i fiskesesongen, eller folk som har nytte av å bevare og beskytte havmiljøet. Inkluderes alle husholdninger i Norge økes omfanget til det berørte området og fører til en høyere betalingsvillighet. Det forutsettes at alle husholdninger i Norge har like preferanser som for husholdninger på Vestlandet. Antall husholdninger i Norge er 2.469.242 basert på tall fra Statistisk Sentralbyrå (2020b). For å undersøke om miljøtiltakene er samfunnsøkonomisk lønnsomme benyttes lik fremgangsmetode som for Samfunnsøkonomisk analyse av Vestlandet med utgangspunkt i total betalingsvillighet for Norge. Total betalingsvillighet for Norge gjennom Engangsskatt 1,2 og 3 estimeres til henholdsvis 1,2 milliarder kroner, 1,6 milliarder kroner og 2,3 milliarder kroner. Anvendes total betalingsvillighet for husholdninger fra Norge er nytte-kostnad fremdeles negativ og miljøtiltakene er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomme. Prispremie 1,2 og 3 beregnes til henholdsvis 7,1 milliarder kroner, 4,5 milliarder kroner og 5,8 milliarder kroner, og gjenspeiler total betalingsvillighet for Norge. Miljøtiltakene er fremdeles ikke samfunnsøkonomisk lønnsomme. Nytte-kostnad til konseptene landbasert anlegg med RAS-teknologi og lukket merdanlegg i sjø har størst endring på grunn av høyere betalingsvillighet til miljøtiltakene. Lukket merdanlegg i sjø vil på bakgrunn av økt befolkning være nærmere samfunnsøkonomisk lønnsomt enn miljøtiltakene åpent anlegg i sjø med luseskjørt og åpent anlegg i sjø med snorkelmerd. Nytte-kostnad med betalingsvillighet for alle husholdninger i Norge uttrykket gjennom henholdsvis engangsskatt og prispremie presenteres i Tabell 6-6.

#### **Endring i konsum på Vestlandet**

Forutsetningene for betalingsvillighet gjennom prispremie baseres på et ukentlig forbruk av laks på 890 gram for en gjennomsnittlig husholdning på Vestlandet. Antagelsene tilsvarer to laksemiddager i uken. Det kan tenkes at husholdninger konsumerer i gjennomsnitt mer eller mindre laks enn antatt. Redusert konsum av laks kan skyldes at husholdninger ikke liker lukt,



smak og utseende av laks. Det kan også tenkes at noen individer opplever det mer vanskelig å tilberede lakseprodukter sammenlignet med andre animalske produkter. I motsetning kan det observeres økt engasjement for å spise mer klimavennlig. Flere velger å konsumere laks fremfor fjørfe, storfe, og svin for å redusere sitt eget klimaavtrykk. Endring i forbruk vil føre til endring i betalingsvillighet. Det tas utgangspunkt i en sensitivitet på  $\pm 50$  prosent som tilsvarer økning og reduksjon i gjennomsnittlig konsum av laks per husholdning på Vestlandet. Det innebærer en økning og reduksjon på 445 gram laks i uken som tilsvarer et årlig konsum på 23,14 kilo laks. Sensitiviteten reflekterer henholdsvis én eller tre laksemiddager i løpet av en uke. Ved 50 prosent økning i konsum beregnes total betalingsvillighet gjennom Prispremie 1,2 og 3 til henholdsvis 1,4 milliarder kroner, 920 millioner kroner og 1,2 milliarder kroner. Ved 50 prosent reduksjon i konsum estimeres total betalingsvillighet gjennom Prispremie 1,2 og 3 til henholdsvis 481 millioner kroner, 307 millioner kroner og 396 millioner kroner. For å undersøke om miljøtiltakene er samfunnsøkonomisk lønnsomme med endret prispremie benyttes lik fremgangsmetode som for Samfunnsøkonomisk analyse av Vestlandet. Nyttekostnad til miljøtiltakene presenteres i Tabell 6-7. Samlet sett vil det være liten effekt på samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved å endre laksekonsum til husholdninger på Vestlandet.

Tabell 6-6: Nytte-kostnad for Norge

<b>Tiltak</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med luseskjørt</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med snorkel</b>	<b>Utsett av 1000-gram settefisk</b>	<b>Havbruk til havs</b>	<b>Lukket merdanlegg i sjø</b>	<b>Landbasert anlegg med RAS-teknologi</b>
<b>Nytte-kostnad for Norge netto nåverdi</b>						
<b>Engangsskatt</b>	-21.908.965.000	-20.251.748.000	-12.922.994.000	-7.898.106.000	-20.934.208.000	-63.513.903.000
<b>Prispremie</b>	-21.108.735.000	-19.451.518.000	-9.391.285.000	-4.366.398.000	-17.313.850.000	-59.983.267.000

Tabell 6-7: Endring konsum på Vestlandet

<b>Tiltak</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med luseskjørt</b>	<b>Åpent anlegg i sjø med snorkel</b>	<b>Utsett av 1000-gram settefisk</b>	<b>Havbruk til havs</b>	<b>Lukket merdanlegg i sjø</b>	<b>Landbasert anlegg med RAS-teknologi</b>
<b>- 50 prosent konsum</b>	-22.208.734.000	-20.551.517.000	-13.760.097.000	-8.735.209.000	-22.137.214.000	-65.398.401.000
<b>Opprinnelig konsum</b>	-22.128.575.000	-20.471.358.000	-13.441.733.000	-8.416.845.000	-21.785.726.000	-65.003.789.000
<b>+ 50 prosent konsum</b>	-22.048.415.000	-20.391.199.000	-13.123.369.000	-8.098.481.000	-21.434.238.000	-64.609.178.000

## 6.4 Barrierer for miljønnovasjon i lakseoppdrett

For å identifisere barrierer for miljønnovasjon i lakseoppdrett på Vestlandet ble informanter fra personlig intervju over nettverk stilt overfor en rekke spørsmål basert på Teknologirådets (2005) kartlegging av innovasjonsbarrierer, presentert i kapittel 4.4.2. Økonomiske barrierer, regulatoriske barrierer, markedssvikt og manglende etterspørsel, systemtvang og eksisterende teknologier, samt manglende forskning og kompetansebygging oppsummeres til slutt i Tabell 6-8.

### 6.4.1 Økonomiske barrierer

Flertallet av informantene hevdet at finansiell støtte fra andre aktører var en avgjørende faktor for utvikling av teknologi og innovasjon. Likevel konstaterte informant N1 at oppdrettsnæringen ikke har like stort behov for subsidiering eller finansiering slik som landbruksnæringen. Alle informantene uttrykket finansiell støtte som driver til motivasjon og økt satsing på miljørettet innovasjon. Stønad fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering, Norges forskningsråd og SkatteFUNN ble nevnt stadig av informantene som bidragsytere for miljønnovasjon til lakseoppdrett på Vestlandet. Informant N4 uttrykket at samarbeid med forskere er svært kostbart og finansiell støtte er risikoavlastende for oppdretterne. Det oppleves at oppdrettere som velger å satse på utvikling av ny og forbedret teknologi benytter egne ressurser som brukes for dem selv og for andre oppdrettere, ettersom kunnskapen deles med hele næringen. Basert på N4 kan det tenkes at subsidiering og finansiell støtte er en type belønning ved å utsette bedriften for betydelig risiko. Opplysninger fra N4 indikerer at økonomiske barrierer i oppdrettsnæringen på Vestlandet er tilstedeværende. Funnet tyder på at finansielle ordninger fra interessenter kan skape insentiv og gjøre innovasjons- og teknologiutviklingsprosesser mer oppnåelig.

En annen økonomisk barriere identifisert er utfordringen med å introdusere nye og forbedrede konsepter ettersom markedsprisen på åpen merdteknologi er tilsynelatende lav og reflekterer ikke kostnader til negative eksternaliteter. Informant N1 oppga økonomisk akseptable løsninger på biologiske og økologiske problemer som den største barrieren for oppdrettsnæringen på Vestlandet. Konsepter med teknologi som reduserer miljøutfordringer kan ha høyere investerings- og produksjonskostnader. På grunn av at dagens konvensjonelle produksjon benytter naturressurser uten kompensasjon, oppleves det vanskeligere å konkurrere med mindre miljøbelastende produksjonsmetoder.

Det kommer frem i funnene at finansiering og økonomi opptrer i klynger med andre barrierer identifisert. Det kan skyldes at utviklingen av teknologi representerer nye løsninger som ikke er allmenkjent og akseptert, samtidig som det er et usikkert marked. Det presiseres at størrelsen på økonomisk barriere varierer etter hvor ressurssterk den enkelte oppdretter er.

#### 6.4.2 Regulatoriske barrierer

Responserne til informantene var variert da spørsmål angående dagens lover og regelverk til oppdrettsnæringen ble stilt. Noen informanter mente at Nærings- og fiskeridepartementets kapasitetsjustering skaper insentiv til næringen for å videreutvikle eksisterende teknologi og utvikle ny miljørettet teknologi. Basert på informant I2 belyser trafikkløssystemet miljøproblematikken med lakseoppdrett fra et høyere myndighetsnivå. Oppdretterne stilles ansvarlig for belastning på miljøet rundt produksjonsområdet, og kan medføre til miljørettet innovasjon for å bevare rykte og omdømme. Informant I3 påpekte at myndighetens ordninger kan føre til tettere samarbeid mellom forskere og aktører i næringen. Utveksling av erfaringer er svært nyttig for å løse dagens utfordringer og kan resultere i verdifull kunnskap som genererer ny og forbedret teknologi. Samarbeidet mellom forsker og oppdretter vil ikke bare være lønnsomt for den enkelte oppdretter, men vil også berike hele oppdrettsnæringen. Ettersom kunnskap er et offentlig gode vil andre oppdrettere kunne ta i bruk den forbedrede teknologien og føre til at næringen som helhet er mindre miljøbelastende.

Det tyder på at oppdrettsnæringen bærer preg av begrenset kommunikasjon mellom forvaltningsorgan og oppdrettere. Informant I5 ga uttrykk for frustrasjon over myndighetens mangel på fleksibilitet. Basert på I5 oppleves ordningen med trafikkløssystemet mer som et hinder enn en mulighet for utviklingen av ny og forbedret teknologi. Begrensningen skyldes for høye krav som gir oppdretterne mindre handlingsrom. I5 påpekte at dersom én lokalitet forbedrer miljøkvaliteten, skifter fra rød til gul sone, er belønningen fra myndighetene ikke tilstrekkelig nok i forhold til påløpende kostnader ved håndtering av miljøutfordringen. Informasjonen indikerer at trafikkløssystemet er ressurskrevende og for strengt for lokaliteter som er spesielt utsatt for luseangrep. Utfordringen med Nærings- og fiskeridepartementets kapasitetsjustering er at det ikke tas hensyn til lokalitetens geografiske egenskaper. En annen utfordring påpekt av I5 er myndighetenes lave kapasitet til å behandle søknader om utviklingstillatelse som fører til strengere krav til innovasjon og investeringer. Basert på Fiskeridirektoratets (2020b) vedtak om utviklingstillatelse observeres det flere omfattende konsepter med radikal teknologi og høye kostnader som samsvarer med I5 sin uttalelse. Flere informanter opplevde tilsagn og utviklingstillatelse som en tids- og ressurskrevende prosess.

Informant N1 og I6 gav uttrykk for frustrasjon over myndighetenes behandlingstid av søknaden, og opplyste om flere års ventetid med ingen forutsetninger for godkjent søknad. I6 uttrykket et sterkt behov for et enklere regelverk å forholde seg til med kortere behandlingsprosess. Det kan tyde på at myndighetens håndtering av søknader har et forbedringspotensial. Ettersom det stilles strenge krav til utviklingssøknaden, benyttes det betydelige ressurser på ny og forbedret teknologi som er svært kostbart for oppdretterne. Det kan argumenteres med at noen oppdrettere vil være mer tilbakeholdende på grunn av den lange behandlingstiden, og dette kan medføre samlet sett mindre satsing på FoU i næringen.

Et relevant funn fra informant N2 er barrieren mangel av lisensordninger og regelverk til konsepter som benytter annen teknologi enn dagens konvensjonelle produksjon. Basert på informasjon fra N2 er det også nødvendig for utarbeidelse av et passende regelverk ved gjennomførelse av fullskalaproduksjon med offshoreteknologi. I motsetning eksisterer det allerede regelverk til landbasert anlegg med RAS-teknologi. N2 antydte at lover og regler bør være til stede før en oppdretter vurderer å satse på denne typen konsept.

Basert på informasjonen fra de ulike informantene kommer det frem at oppdrettsnæringen på Vestlandet står overfor regulatoriske barrierer. Det observeres behov for endring i Nærings- og fiskeridepartementets behandlingsprosess om utviklingstillatelser. Samtidig er det etterspørsel etter et nytt regelverk med lover og forskrifter gjeldende for konsepter med ny teknologi.

#### 6.4.3 Markedssvikt og manglende etterspørsel

Barrieren manglende etterspørsel identifiseres fra to perspektiv. Forbrukeren kan observeres som både oppdretteren som anvender teknologi i produksjonsprosessen, men også som enkelt individ som konsumerer sluttproduktet til oppdretteren i markedet.

Det observeres usikkerhet om nytten av å ta i bruk ny og forbedret teknologi basert på informasjon fra informantene. Konseptet landbasert anlegg med RAS-teknologi ble nevnt hyppig av flertallet av informantene. Lite informasjon og kunnskap med fullskala produksjon på land skyldes begrenset erfaringsgrunnlag, og resulterer i skepsis til konseptet sammenlignet med åpen merdteknologi. Det kommer frem høy etterspørsel fra næringen til mindre miljøbelastende teknologi basert på informasjon fra flertallet av informantene. Funnet er ikke overraskende ettersom oppdretterne vil øke produksjonskapasiteten. Det oppleves at næringen som helhet er svært innovative, men at teknologien som lanseres ikke nødvendigvis håndterer negative eksternaliteter. Informant N1 hevdet at det ikke eksisterer moden teknologi som løser miljøutfordringene i næringen. Samtidig påpekte flere informanter at tilbudet for å redusere

miljøeffektene er tilstedeværende og har et forbedringspotensial. Bruk av ny og forbedret teknologi er svært ressurskrevende og det kan antas at for noen oppdrettere vil tidsperspektivet for å tjene inn investeringen være for lang, slik at teknologien ikke etterspørres. Samlet sett identifiseres ikke lav etterspørsel til ny og forbedret teknologi som en barriere til miljønnovasjon. Det observeres derimot begrenset tilbud av teknologi som kan løse miljøutfordringene på en akseptabel lønnsom måte.

For å tilby lakseprodukter lønnsomt på et kommersielt grunnlag er oppdretterne avhengig av et marked der konsumentene har en preferanse og betalingsvillighet til bærekraft, miljø og klima. Det antas at oppdrettere med mindre miljøbelastende produksjon velger å opplyse konsumenten gjennom merking av produktet. Flere informanter påpekte utfordringen ved å differensiere sertifiserte lakseprodukter, ettersom det eksisterer et godt etablert marked for laks både nasjonalt og internasjonalt. Likevel opplevde informant N1 større kjøpekraft på miljømerkede lakseprodukter i utlandet i motsetning til i Norge. Informant I1 hadde lik oppfatning, og hevdet at høyere etterspørsel skyldes at større utenlandske dagligvarekjeder benytter miljøsertifisering som en del av markedsføringen. I kontrast er laks produsert med reduserte miljøeffekter lite etterspurt og identifisert som et nisjemarked i Norge basert på informasjon fra et flertall av informantene. Endring av produksjonsprosessen vil generere økte kostnader, og vil derfor krever et større marked samt høyere pris på produktet. Funnene gir en tydelig indikasjon på at miljøsertifisert laks ikke vil være lønnsomt i en fullskala produksjon med ny og forbedret teknologi. Oppdagelsen er beklagelig ettersom et flertall av informantene mente at miljømerking stimulerer til bruk av mindre miljøbelastende merdteknologi. Informant N2 hevdet at sertifisering av lakseprodukter er et viktig virkemiddel som bidrar til implementering av ny og forbedret teknologi, som resulterer i en enda mer bærekraftig produksjon.

Manglende behov for lakseprodukter produsert på en mer miljøvennlig metode kan skyldes konsumentenes fraværende kunnskap og usikkerhet ved nytten til produktet. Både informant I2 og I5 hevdet at det er for mange typer sertifiseringsordninger som skaper forvirring blant forbrukerne. Det oppleves at merking av produktet kan resultere i en motsatt effekt der konsumenten finner informasjonen uoversiktlig og opplever det vanskelig å velge. Videre påpekte I2 at sertifiseringen må bevisstgjøre forbrukeren om hva prispremien innebærer og medfører. Dersom miljømerkingen ikke spesifiseres tydelig nok kan det tenkes at forbrukeren vil foretrekke det rimeligste alternativet som ofte er produktet uten miljøforbedring. Økt miljøkvalitet kan ikke måles i pengeverdi og gjenspeiles derfor ikke i markedet. Manglende etterspørsel er til stede for miljøsertifisert laks. Ny og forbedret teknologi til fullskala

produksjon kan være krevende å finansiere på en lønnsom måte. Det er derfor mer utfordrende å iverksette og gjennomføre miljørettet innovasjon. Funnene indikere et behov for etablering av en sertifisering som reflekterer «beste praksis»-ordninger gjeldende for hele oppdrettsnæringen.

#### 6.4.4 Systemtvang og eksisterende teknologier

Det eksisterende systemet hos oppdretterne på Vestlandet identifiseres som en barriere for miljøinnovasjon basert på funn fra informant N4. Ifølge N4 er tradisjon og optimisme et hinder for å utvikle og realisere ny og forbedret teknologi. Det kan tyde på at organisasjonskulturen til flere oppdrettere er preget av holdninger som foretrekker konvensjonell oppdrett fremfor endret teknologi. Erfarings- og kunnskapsgrunnlaget til eksisterende produksjonsmetode er velkjent og oppleves tryggere med mindre risiko og usikkerhet. N4 utdypet at enkelte oppdrettere er tvilsomme til nye og forbedrede konsepter og krever konkrete bevis fra forsøk for å få gehør fra ledelsen. Samtidig påpekte N4 oppdretterne som godtroende med forhåpninger om lite til ingen lusesmitte på deres lokaliteter. Funnet indikerer naivitet og tilbakeholdenhet ettersom oppdretterne ikke ønsker å benytte ressurser på hendelser som ikke med sikkerhet forekommer. Optimisme kan resultere i treghet og tilbakeholdenhet i systemet. Kritikkk kan rettes mot en overdreven positiv tilnærming til lusepåslag. Det kan tolkes at oppdretterne ikke håndterer problemene før de inntreffer, noe som resulterer i en negativ effekt på hele innovasjonsprosessen, spesielt til forebyggende konsepter.

#### 6.4.5 Manglende forskning og kompetansebygging

Et flertall av informantene mente at næringen kan bruke mer penger på FoU for å løse miljøutfordringene i stedet for å behandle dem. Informant N2 hevdet at oppdrettere på Vestlandet benytter en halv prosent av totalt budsjett til videre FoU. I motsetning opplyste informant N4 at tre til fire prosent av total omsetning benyttes til FoU. Både informant N3 og I4 presiserte at ressurser knyttet til FoU varierer gitt teknologien det satses på, men identifiseres nokså lavt for den gjennomsnittlige oppdretteren. Funnene gir indikasjon på at behandling av tilstedeværende problem vektlegges i større grad enn forebygging. Det kan tenkes at mer fokus på FoU til forebyggende teknologi kan generere effektive og lønnsomme konsepter, som samtidig reduserer flere miljøutfordringer og kostnader relatert hertil. Et viktig argument fra informant N2 er at oppdrettsnæringen er kapitalsterke og har mulighet til å bruke sine ressurser til å drive en mer aktiv innovasjons- og forskningsutvikling. Videre drøftet N2 at økte midler til FoU kan løse en del av flaskehalsene oppdretterne står ovenfor og vil samtidig drive næringen fremover.

En tydelig observasjon fra informant N1 er at det stilles tvil om konseptene som lanseres som bærekraftige i dag faktisk er mindre miljøbelastende på omgivelsene rundt. N1 hevdet at barrieren for miljøinnovasjon er løsninger som faktisk løser miljøproblemet. Videre rettet N1 usikkerhet om konsepter offshore lykkes med mindre sykdom og lusepåslag. Funnene gir en indikasjon på feilprioritering fra oppdretterne. Det kan anses som om anlegg med mer omfattende teknologier fokuserer på å øke produksjonskapasiteten for deretter å eliminere delvis eller fullstendig negative eksternaliteter. Et annet interessant funn belyst av N4 er manglende informasjon om koraller og korallrev. Forskning kan være en kilde til teknologiutvikling dersom det forskes på relevante problemstillinger i forhold til miljøutfordringene. Mindre kunnskap om naturmangfoldet i havet kan tyde på at oppdrettsnæringen på Vestlandet vektlegger fokuset på luseproblematikken på ville laksebestander i større grad enn andre miljøeffekter.

Basert på funnene presentert oppleves det som om oppdrettsnæringen på Vestlandet besitter nok midler til å gjennomføre mer forskning og kompetansebygging enn det gjøres i dag. Det stilles derfor spørsmål til hvorfor oppdretterne ikke benytte mer ressurser ettersom informasjon fra informantene antyder mulighetene til det. Informant I1 adresserte problemstillingen og hevdet at lite ressurser til FoU og kompetanseutvikling skyldes manglende interesse for nyskaping til miljøutfordringer. I1 mente økt produksjonskapasitet og følgende skalafordeler er insentivet til oppdretterne for ny og forbedret teknologi. Miljørettet innovasjon skjer hovedsakelig på bakgrunn av krav og regler fra myndighetene og ikke av eget initiativ.

Samlet sett indikerer funnene at oppdrettsnæringen på Vestlandet har muligheten til å benytte mer ressurser på FoU. Fokuset bør inkludere samlede miljøutfordringer samt vektlegge forbyggende miljøtiltak fremfor behandling av miljøutfordringene. Det innebærer kartlegging av naturmangfoldet rundt lokalitetene og et mer forutseende tidsperspektiv. Gevinsten ved å utvikle teknologi som eliminerer negative eksternaliteter rundt produksjonsområdet vil berike både den enkelte oppdretter og det totale samfunnet. Barrieren manglende forskning og kompetansebygging er identifisert og tilstedeværende for oppdrettsnæringen på Vestlandet.

#### 6.4.6 Oppsummering av identifiserte barrierer for miljøinnovasjon

Markedssvikt og manglende etterspørsel kombinert med finansiering og økonomi er den mest fremtredende barrieren som hindrer miljøinnovasjon i oppdrettsnæringen på Vestlandet. Etablering av et marked med miljømerket laks vil være krevende med lav etterspørsel fra konsumenter. Miljøkvaliteten gjenspeiles ikke tilstrekkelig i lakseprodukter med sertifisering,



og oppdretterne må derfor bruke ytterligere ressurser på å opplyse forbrukerne. Samlet sett observeres finansiering og kapital som en underliggende faktor for alle barrierene identifisert. Oppdrettsnæringen på Vestlandet drives tydelig av lønnsomhet med mål om å generere profit. Økonomiske barrierer opptrer derfor i klynger med andre barrierer for miljønnovasjon i lakseoppdrett på Vestlandet.

Tabell 6-8: Identifiserte barrierer for miljønnovasjon i lakseoppdrett på Vestlandet

<b>Barrierer til miljønnovasjon</b>	<b>Funn</b>
Økonomiske barrierer	Høye samlede kostnader i kontrast til eksisterende teknologi. Opptrer i klynger.
Regulatoriske barrierer	Begrenset kommunikasjon mellom forvaltningsorgan og oppdrettere. Mer effektiv behandlingsprosess for utviklingstillatelser. Behov for nytt regelverk gjeldende for konsepter med ny og forbedret teknologi.
Markedssvikt og manglende etterspørsel	Begrenset tilbud av miljøreduserende teknologi som er økonomisk akseptabel. Miljøsertifisert laks identifiseres i nisjemarked i Norge. Fravær av kunnskap til nytten av miljømerket lakseprodukter. Behov for etablering av beste praksis ordning for hele oppdrettsnæringen.
Systemtvang og eksisterende teknologier	Treghet i utvikling og implementering skyldes tradisjon og optimisme.
Manglende forskning og kompetansebygging	Lite FoU midler til forebyggende tiltak av totalt budsjett. Tvil om konseptene minimerer eksterne miljøeffekter. Produksjonskapasitet prioriteres fremfor reduksjon av miljøutfordringene. Manglende kartlegging av andre miljøutfordringer. Manglende insentiv for nyskapning til miljøutfordringene.

#### 6.4.7 Barrierer for miljøtiltak under utvikling

Barrierene for miljøinnovasjon identifisert i oppdrettsnæringen på Vestlandet baseres på funn fra informantene og knyttes opp til miljøtiltakene åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, lukket merdanlegg i sjø, landbasert anlegg med RAS-teknologi, utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs. Åpent anlegg i sjø med luseskjørt eksisterer allerede på det kommersielle markedet og ekskluderes fra analysen.

##### **Åpent anlegg i sjø med snorkelmerd**

Manglende forskning og kompetansebygging er en barriere for utvikling av snorkelmerd i sjø. Det stilles tvil om teknologien er tilstrekkelig for å løse miljøutfordringene. Oppdretterne kan oppleve snorkelmerd som risikabelt ettersom investeringskostnaden økes uten garanti for virkning. Samtidig identifiseres det en etterspørsel til snorkelmerd på grunn av delvis reduksjon av lusepåslag som resulterer til økt produksjonskapasitet, samt akseptable investerings- og produksjonskostnader. Manglende etterspørsel fra konsumentene er også identifisert som barriere til snorkelmerd ettersom sluttproduktet vil være vanskelig å differensiere fra eksisterende produkter i markedet. Som et resultat vil det være mer utfordrende å oppnå prispremie på lakseprodukt ved bruk av snorkelmerdteknologi. Regulatoriske barrierer er også en tilstedeværende barriere for snorkelmerd ettersom det ikke eksisterer en lisensordning for konsepter med snorkelmerd.

##### **Lukket merdanlegg i sjø**

Økonomisk barrierer fremkommer tydelig til miljøtiltaket lukket merdanlegg i sjø. Samlede kostnader er relativt høye sammenlignet med eksisterende teknologi. Konseptet er avhengig av finansiell støtte fra interessenter og/eller prispremie på sluttprodukt for å opprettholde produksjon med betydelige investerings- og produksjonskostnader. Barrieren lav etterspørsel fra forbrukere er identifisert for lakseprodukter produsert med lukket merdteknologi som et resultat av lite kunnskap knyttet til miljøsertifiserte produkter. Det eksisterer etterspørsel fra oppdretterne til teknologi som reduserer miljøutfordringene, men ikke nødvendigvis til lukket merdteknologi. Årsaken kan skyldes at flere oppdrettere i dag opplever lukket merdteknologi som kostbart. Miljøtiltaket vil begrenses av regulatoriske barrierer på grunn av manglende lisensordning for lukket merdteknologi.

##### **Landbasert anlegg med RAS-teknologi**

Landbasert anlegg med RAS-teknologi kan tenkes å være et aktuelt konsept for mer risikosøkende og ressurssterke oppdrettere. Det skyldes lite erfaring til produksjon på land med RAS-teknologi samt betydelige investerings- og produksjonskostnader. Endring fra produksjon i sjø til land anes som radikalt og kan resultere i skepsis og tilbakeholdent til konseptet. Finansiering og økonomi, manglende etterspørsel fra oppdretterne samt eksisterende system og teknologi er barrierer identifisert. Manglende etterspørsel fra konsumentene er også fremtredende. Det kan tenkes at forbrukerne ikke har tilstrekkelig kunnskap om nytten ved å kjøpe lakseprodukt produsert med landbasert RAS-teknologi. Regulatoriske barrierer er lite tilstedeværende for miljøtiltaket ettersom det allerede eksisterer et regelverk for matfiskproduksjon på land.

### **Utsett av 1000-gram settefisk**

Utsett av 1000-gram settefisk er avhengig av utvikling og realisering av RAS-teknologi for produksjon av 1000-gram settefisk. Etterspørselen til post-smolt er tilstedeværende, likevel er tilbud av post-smolt på 1000-gram ikke tilstrekkelig. For å kunne benytte miljøtiltaket må RAS-teknologi oppnå en vellykket produksjon av 1000-gram settefisk. Det kan tenkes at barrierene for å utvikle RAS-teknologi for produksjon av post-smolt vil ha lignende utfordringer som landbasert anlegg med RAS-teknologi.

### **Havbruk til havs**

Manglende forskning og kompetansebygging er den tydeligste barrieren for havbruk til havs. Det rettes usikkerhet om konseptet kan redusere akseptable mengder av miljøeffektene og oppnå økt miljøkvalitet. Interesse for offshoreteknologi kan skyldes tilgjengelig kunnskap og erfaring fra olje og gass næringen. Konseptet gir mulighet for økt produksjonskapasitet som kan tenkes å være driveren til FoU av teknologien. Manglende regelverk og etterspørsel fra konsumenter er også identifisert som barrierer til havbruk til havs. Det eksisterer ikke lisensordninger samt lover og regler til offshoreteknologi i kontrast til dagens konvensjonelle produksjon. På lik linje med konseptet snorkelmerd vil det for havbruk til havs være utfordrende å differensiere sluttproduktet fra eksisterende lakseprodukter i markedet. Det foreligger tilbud av offshoreteknologi ettersom kunnskap fra olje og gass næringen kan brukes. Sammenlignet med andre merdteknologier anses offshoreteknologi som mer tilgjengelig og velkjent. Likevel forutsettes det høyere investeringskostnader i kontrast til dagens åpne merdanlegg.

## 7 Diskusjon og konklusjon

I dette kapittelet besvares problemstillingen: «*Hva er nytten, kostnadene og ulike barrierer for å håndtere miljøutfordringer i lakseoppdrett?*». Videre gis det en anbefaling for hvilket miljøtiltak som vil være mest passende for oppdrett av laks på Vestlandet. Begrensninger og svakheter ved studien presenteres samt forslag til videre forskning.

### 7.1 Diskusjon av funn fra analyse

Basert på analysen identifiseres landbasert anlegg med RAS-teknologi som miljøtiltaket med høyest nytte etterfulgt av lukket merdanlegg i sjø, havbruk til havs, utsett av 1000-gram settefisk, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd og åpent anlegg i sjø med luseskjørt. Funnene indikerer sterkere preferanse til miljøtiltak som delvis eller fullstendig reduserer effekter på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale. Det observeres en relativt høyere betalingsvillighet gjennom prispremie i kontrast til engangsskatt. Engangsskatt for de ulike miljøtiltakene varierer fra 50 millioner til 300 millioner kroner. For prispremie varierer betalingsvilligheten mer, med et intervall fra 160 millioner til 789 millioner kroner. Individet kan oppleve engangsskatt som mer smertefullt enn prispremie ettersom det smerter mer å betale et høyt beløp en gang sammenlignet med å betale mindre beløp gjentatte ganger i løpet av et år. Negative holdninger til skatt og antagelser om helsegevinster ved å konsumere lakseprodukter med mindre miljøbelastning, er også avgjørende faktorer til hvorfor prispremie generer høyere betalingsvillighet. Det er ikke mulig å kombinere engangsskatt og prispremie identifisert i denne studien på grunn av begge kompensasjonsformatene reflekterer samme nytte. Det konkluderes med at dersom husholdninger på Vestlandet skal være med å finansiere miljøtiltak bør kompensasjonsformatet prispremie velges fremfor engangsskatt.

Det er et tydelig forhold mellom miljøtiltakets teknologi og miljøtiltakets reduserende effekt på miljøutfordringene. Konsepter med større og omfattende omlegging av lakseproduksjon er mindre belastende på ville laksebestander og havbunnen. Miljøtiltak med inkrementell teknologi vektlegger hovedsakelig forebygging av lusepåslag på ville laksebestander. Funn fra analysen indikerer det som mer kostnadskrevenende å fullstendig eliminere én eller flere negative eksternaliteter. Landbasert anlegg med RAS-teknologi er miljøtiltaket som fullstendig eliminerer alle miljøutfordringene presentert i studien. Konseptene åpent anlegg i sjø med luseskjørt, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs har negativ marginal tiltakskostnad. Miljøutfordringene blir i ulik grad redusert av konseptene og er mer kostnadseffektive sammenlignet med dagens åpne merdanlegg i sjø med ti lusebehandlinger. Landbasert anlegg med RAS-teknologi og lukket merdanlegg i sjø har

positiv marginal tiltakskostnad. Miljøtiltakene har en betydelig reduserende effekt på negative eksternaliteter. Likevel er konseptene svært ressurskrevende og vil være mer kostbare enn dagens produksjon. Samlet sett er åpent anlegg i sjø med luseskjørt, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs miljøreduserende og mer kostnadseffektive enn åpne merder i sjø med ti lusebehandlinger.

Samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet ved bruk av miljøtiltakene sammenlignet med dagens produksjonsmetode varierer fra -65 milliarder til 22 milliarder kroner. Negativ samlede kostnader reflekterer dyrere investerings- og produksjonskostnader i kontrast til åpne merdanlegg i sjø med ti lusebehandlinger. Positiv samlede kostnader innebærer mer kostnadsbesparende produksjonsmetoder. Fremdeles er landbasert anlegg med RAS-teknologi det minst lønnsomme miljøtiltaket etterfulgt av lukket merdanlegg i sjø. Åpent anlegg i sjø med luseskjørt er konseptet med lavest kostnader og er rimeligere enn dagens produksjon.

Ingen av de presenterte miljøtiltakene er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Konsepter med positiv samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet har ikke tilstrekkelig nytte fra husholdninger på Vestlandet. For å oppnå samfunnsøkonomisk lønnsomhet må åpent anlegg i sjø med luseskjørt, åpent anlegg i sjø med snorkelmerd, utsett av 1000-gram settefisk og havbruk til havs ha høyere reduserende effekt på miljøutfordringene. Landbasert anlegg med RAS-teknologi og lukket merdanlegg i sjø har negativ samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet, men har likevel vesentlig høy nytte fra husholdninger på Vestlandet. Teknologien relatert til konseptene må tilbys rimeligere for at konseptene skal bli samfunnsøkonomisk lønnsomme. Inkluderes alle husholdninger i Norge vil fremdeles ingen av produksjonsmetodene være samfunnsøkonomisk lønnsomme. Endring i årlig konsum av laks til husholdninger på Vestlandet har liten virkning på samfunnsøkonomisk lønnsomhet for alle miljøtiltakene.

Havbruk til havs har negativ marginal tiltakskostnad og samlede kostnader for total produksjon på Vestlandet er lavere sammenlignet med dagens åpne merdanlegg med ti lusebehandlinger. Miljøtiltaket er også nærmest samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Funnet er oppsiktsvekkende ettersom offshoreteknologi anses radikal og omlegging av produksjonen til havs kan tenkes å være svært ressurskrevende. Kostnadstall anvendt til havbruk til havs er fra tidligere forskning som kan bære preg av manglende kunnskap og erfaring til konseptet. Hurtig utvikling av teknologi og endring i forutsetninger medfører modellering av kostnader. Ny informasjon om Nordlaks' konsept «Havfarm 1» oppgir investeringskostnad på rundt én milliard kroner som er

betydelig høyere enn 193 millioner kroner (Fjellberg, 2020). Økte investeringskostnader vil ha en vesentlig effekt på marginal tiltakskostnad og samlede kostnader til konseptet. Miljøtiltakets reduserende effekt forblir lik og for oppdrettere på Vestlandet vil konseptet ikke være like lønnsomt som antatt. Havbruk til havs vil fremdeles ikke være samfunnsøkonomisk lønnsomt ettersom økning i totale kostnader vil overstige nytten av miljøtiltaket enda mer.

Økonomiske barrierer, regulatoriske barrierer, markedssvikt og manglende etterspørsel, systemtvang og eksisterende teknologier, samt manglende forskning og kompetansebygging er barrierene identifisert til miljønnovasjon for oppdrettsnæringen på Vestlandet. Økonomiske barrierer er tilstedeværende for alle barrierene identifisert, og fremhever hvor avgjørende finansiering og økonomi er for miljønnovasjon i lakseoppdrett. Markedssvikt og manglende etterspørsel kombinert med finansiering og økonomi er den mest fremtredende barrieren. Det eksisterer etterspørsel fra lakseoppdrettere til produksjonsmetoder som reduserer miljøeffekter. Teknologi som tilbys er enten for kostbar eller har ikke tilfredsstillende reduksjon på negative eksternaliteter. Funnene indikerer at oppdrettere ikke har mulighet eller villighet til å betale for mer radikal teknologi som reduserer miljøeffekter, og teknologien som tilbys er ikke forbedret eller utviklet tilstrekkelig til et kommersielt nivå. Manglende etterspørsel til miljøsertifisert lakseprodukt skyldes lite kunnskap og tilgjengelig informasjon om miljøutfordringer fra produksjon av laks. Funnet indikerer behov for en felles sertifiseringsordning som opplyser konsumenten om karakteristika ved produktet. For å oppnå mer miljørettet innovasjon i oppdrettsnæringen på Vestlandet bør barrierene presentert i Tabell 6-8 løses.

## 7.2 Hva bør samfunnet gjøre for å håndtere miljøutfordringene på Vestlandet

For å håndtere miljøutfordringene fra lakseoppdrett på Vestlandet bør det satses på konsept som medfører fullstendig eller delvis reduksjon av effekter på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale. Vestlandet er sterkt preget av miljøutfordringene, spesielt høy konsentrasjon av lakselus, og har derfor behov for miljøtiltak som har betydelig reduserende effekt på omgivelsene rundt. Miljøtiltakene åpent anlegg i sjø med lusekjørt og åpent anlegg i sjø med snorkelmerd vil ikke være passende for samfunnet på Vestlandet, selv om konseptene er mer lønnsomme for oppdrettere enn dagens produksjonsmetode. Reduksjon av miljøutfordringene er ikke tilstrekkelig ved bruk og derfor utelukkes konseptene. Landbasert anlegg med RAS-teknologi er ikke et aktuelt konsept på grunn av teknologien er for kostbar for samfunnet på Vestlandet.

Lukket merdanlegg i sjø vil være gunstig for samfunnet på Vestlandet da miljøtiltaket har betydelig reduksjon på negative eksternaliteter. Likevel har konseptet vesentlig høyere samlede kostnader i kontrast til havbruk til havs og utsett av 1000-gram settefisk. For havbruk til havs kan kunnskap og erfaring fra olje- og gassnæringen være svært fordelaktig ved utvikling og realisering av konseptet. Dersom offshoreteknologi anvendes til produksjon av laks vil oppdrettsnæringen på Vestlandet ha et konkurransefortrinn på det internasjonale markedet. Samtidig kan konseptet være mindre passende dersom investeringskostnadene er høyere enn antatt. Utsett av 1000-gram settefisk kan være aktuelt for samfunnet på Vestlandet ettersom miljøtiltaket er nokså lik dagens produksjon med mindre miljøpåvirkning. Konseptet er ikke like ressurskrevende sammenlignet med andre miljøtiltak. Utfordringen med utsett av større settefisk er tilgang på etablerte leverandører som tilbyr post-smolt på 1000-gram. Begrensningen skyldes manglende ferdigutvikling av RAS-teknologi for å oppnå en vellykket produksjon av 1000-gram settefisk. Lukket merdanlegg i sjø og havbruk til havs åpner for mer plass og mindre arealkonflikter. Tidligere lokaliteter i fjorder kan gjenåpnes for lukket merdanlegg i sjø ettersom utslipp av fôrspill og fekalier elimineres fullstendig. Nye produksjonsområder til havs oppstår ved å benytte offshoreteknologi.

Basert på funn fra denne studien anbefales miljøtiltaket lukket merdanlegg i sjø for samfunnet på Vestlandet. Det skyldes hovedsakelig teknologiens forebyggende effekt på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale. Miljøutfordringer fra dagens lakseoppdrett kan fortsette og til og med bli større over tid som kan medføre økt nytte av miljøtiltaket for husholdninger. Det kan også tenkes at samlede kostnader til lukket merdanlegg i sjø vil bli rimeligere over tid etter hvert som teknologien videreutvikles. Kombinert med kompensasjonsformatet prispremie kan lukket merdanlegg i sjø bli samfunnsøkonomisk lønnsomt i fremtiden.

### 7.3 Begrensninger og svakheter ved studien

Formålet med denne studien er å identifisere nytte, kostnader og barrierer for å håndtere miljøutfordringer i lakseoppdrett på Vestlandet. Det er store spørsmål som skal besvares og det har vært nødvendig å gjøre flere forutsetninger og forenklinger som resulterer i svakheter ved oppgaven. Resultatene fra studien bør tolkes med forsiktighet.

For å identifisere nytte av miljøtiltak ville det ha vært mer ideelt å utforme og gjennomføre en egen verdsettingsundersøkelse i stedet for å benytte metoden nytteoverføring. Det kan tenkes mer spesifikke og konkrete nytteanslag fra et mer representativt utvalg med fokus på

miljøutfordringene vektlagt i denne studien. Eventuelle feil og begrensninger fra tidligere verdsetningsstudier ville blitt utelatt dersom det ble gjennomført en egen verdsetningsundersøkelse. Beregning av total betalingsvillighet for kompensasjonsformatet prispremie baseres på forutsetningene om at konsumenter spiser laks og alltid vil velge laks produsert på en mindre miljøbelastende metode. Antagelsen er ikke nødvendigvis korrekt. Det kan tenkes at konsumenter som spiser lite eller ingen laks ikke er villige til å betale prispremie, og velger et rimeligere lakseprodukt produsert med miljøbelastende teknologi. Basisalternativet brukt i analysen innebærer forutsetningen om flere luseangrep med stort skadeomfang på ville laksebestander som gir behov for ti lusebehandlinger på Vestlandet (produksjonsområde 3 og 4). Forutsetningen er et ekstraordinært scenario og det kan tenkes at ti lusebehandlinger er for høyt. Dersom færre lusebehandlinger gjennomføres vil produksjonskostnader til basisalternativet minimeres og påvirke miljøtiltakenes lønnsomhet. Kostnadstallene brukt i oppgaven bærer preg av usikkerhet på grunn av lite erfaring og bruk av de ulike produksjonsmetodene. Investerings- og produksjonskostnadene til miljøtiltakene baseres på forutsetningen om likevektsproduksjon med ingen uforutsette hendelser, og kan ikke utelukkes med sikkerhet. Det eksisterer andre miljøeffekter fra lakseoppdrett på Vestlandet som ikke inkluderes i denne studien. Marginal tiltakskostnad til miljøtiltakene studert vil kunne endres dersom miljøtiltaket vurderes opp mot flere negative eksternaliteter. Det kan derfor tenkes at presentasjonen av kurven for marginale tiltakskostnader vil være annerledes enn vist i denne oppgaven. Det antas at konseptene fungerer optimalt og fører til økt miljøkvalitet. Antagelsen er ikke korrekt med sikkerhet på grunn av manglende gjennomførelse av miljøtiltakene. Forutsetningen om at lusepåslag og genetisk påvirkning på ville laksebestander og utslipp av partikulært organisk materiale har lik belastning på miljøet er nødvendigvis ikke riktig. Noen vil hevde lusepåslag og genetisk påvirkning som mer skadende sammenlignet med utslipp av fôrspill og fekalier. Likevel ble det bestemt å vektlegge miljøeffektene likt på grunn av stor usikkerhet til miljøutfordringenes omfang og påvirkning på omgivelsene rundt.

Å inkludere flere informanter til å identifisere barrierene for miljøinnovasjon i lakseoppdrett på Vestlandet ville ha vært fordelaktig for studien. Større informantutvalg vil øke representativiteten og datagrunnlaget. Selv om det forutsettes at informantene er eksperter med høy kunnskap og erfaring kan kompetanse om barrierer for miljøinnovasjon være mangelfull. Begrensende datagrunnlag kan også baseres på utforming av spørsmål til intervjuguide. Flere spørsmål rettet til miljøinnovasjon og barrierer hadde ført til mer innholdsrike data.



#### 7.4 Forslag til videre forskning

Oppgaven har belyst nytte, kostnader og barrierer til miljøtiltak og -innovasjon for håndtering av miljøutfordringene i oppdrettsnæringen på Vestlandet. I forlengelse av studien bør det undersøkes om miljøreguleringer og avgifter på lakselus, genetisk påvirkning og utslipp av partikulært organisk materiale kan stimulere til teknologiutvikling og reduksjon av miljøvirkninger som er akseptable for individer, oppdrettsnæringen og myndighetene. Videre oppfordres det til å studere ulike produksjonsmetoder i forhold til laksens velferd, der husholdningers nytte av økt fiskevelferd identifiseres. Det vil også være behov for en analyse av konseptet havbruk til havs som undersøker produksjon, økonomi og risiko. For oppdrett av laks på land vil det være svært interessant å gjennomføre en casestudie av selskapet Atlantic Sapphire.

## 8 Referanseliste

- Aanesen, M., Armstrong, C., Czajkowski, M., Falk-Petersen, J., Hanley, N., & Navrud, S. (2015). Willingness to pay for unfamiliar public goods: Preserving cold-water coral in Norway. *Ecological Economics*, *112*, 53-67. doi:10.1016/j.ecolecon.2015.02.007
- Aanesen, M., Falk-Andersson, J., Vondolia, G. K., Borch, T., Navrud, S., & Tinch, D. (2018). Valuing coastal recreation and the visual intrusion from commercial activities in Arctic Norway. *Ocean and Coastal Management*, *153*, 157-167. doi:10.1016/j.ocecoaman.2017.12.017
- Aanesen, M., & Mikkelsen, E. (2020). Cost-benefit analysis of aquaculture expansion in Arctic Norway. *Aquaculture Economics & Management*, *24*(1), 20-42. doi:10.1080/13657305.2019.1641570
- Alfnes, F., Chen, X., & Rickertsen, K. (2018). Labeling farmed seafood: A review. *Aquaculture Economics & Management*, *22*(1), 1-26. doi:10.1080/13657305.2017.1356398
- Anciaes, P. (2017). Externalities. I L. Lowry (Ed.), *The sage international encyclopedia of travel and tourism* (s. 458-461). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. doi:10.4135/9781483368924.n174
- Andaur, K., Olsen, T. O., Molvik, G., Sterud, E., Sveier, H., Williksen T., . . . Elvevoll, E. (2012). Fremtidens lakseoppdrett. Hentet 29.03.20 fra <https://teknologiradet.no/publication/fremtidens-lakseoppdrett/>
- Andersen, S. S. (2006). Aktiv informantintervjuing. *Norsk statsvitenskapelig tidsskrift*, *22*(3), 278-298.
- Andersen, S. S. (2013). *Casestudier : forskningsstrategi, generalisering og forklaring* (2. utg. ed.). Bergen: Fagbokforl.
- Armstrong, C. W., Kahui, V., & Aanesen, M. (2008). Økonomisk verdsetting av havmiljø - Anvendelse på havområdene i Lofoten-Vesterålen. Hentet 04.07.20 fra [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/forurensing/forvaltningsplan-norskehavet/rapport\\_verdsetting\\_havmiljo.pdf?id=2267633](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/forurensing/forvaltningsplan-norskehavet/rapport_verdsetting_havmiljo.pdf?id=2267633)
- Asche, F., & Bjørndal, T. (2011). *The economics of salmon aquaculture* (2nd ed.). Chichester: Wiley-Blackwell.
- Ashford, N. A. (1993). Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for Government Policy. I K. Fischer & J. Schot (Eds.), *Environmental Strategies for Industry: International Perspectives on Research Needs and Policy Implications* (First ed., s. 277- 307). Washington D.C., Covelo, Ca: Island Press.
- Bergstrom, J. C., & Taylor, L. O. (2006). Using meta-analysis for benefits transfer: Theory and practice. *Elsevier B.V. (Ecological Economics 60 )*, 351-360. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.06.015
- Bjørndal, T., Holte, E. A., Hilmarsen, Ø., & Tusvik, A. (2018). ANALYSE AV LUKKA OPPDRETT AV LAKS – LANDBASERT OG I SJØ: PRODUKSJON, ØKONOMI OG RISIKO. Hentet 28.01.20 fra <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901442/>
- Bjørndal, T., & Tusvik, A. (2018). ØKONOMISK ANALYSE AV ALTERNATIVE PRODUKSJONSFORMER INNAN OPPDRETT. Hentet 28.01.20 fra <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/handle/11250/2573420>
- Bockel, L., Sutter, P., Touchemoulin, O., & Jonsson, M. (2012). *Using Marginal Abatement Cost Curves to Realize the Economic Appraisal of Climate Smart Agriculture Policy Options*. (EASYPol Series 116). Hentet 12.03.20 fra <http://www.fao.org/policy-support/resources/resources-details/en/c/846334/>
- Borchgrevink-Brækhus, M., & Bringslid, M. M. (2020). Regjeringen gir to oppdrettsområder på Vestlandet rødt lys. Hentet 03.03.20 fra <https://sysla.no/fisk/a/kJGnpj/regjeringen-gir-to-oppdrettsomrader-pa-vestlandet-rdt-lys>
- Champ, P. A., Boyle, K. J., & Brown, T. C. (Eds.). (2017). *The Economics of Non-Market Goods and Resources: A Primer on Nonmarket Valuation* (Second Edition ed. Vol. Volume 13 ): Springer
- Christiansen, E. A. N. (2013). Negative externalities of food production: Discourses on the contested Norwegian aquaculture industry. *Journal of Political Ecology*, *20*(1), 180-198. doi:10.2458/v20i1.21747

- Chu, Y. I., Wang, C. M., Park, J. C., & Lader, P. F. (2020). Review of cage and containment tank designs for offshore fish farming. *Aquaculture*, 519, 734928. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.734928
- Dechezleprêtre, A., & Sato, M. (2017). The Impacts of Environmental Regulations on Competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 183-206. doi:10.1093/reep/rey027
- Direktoratet for økonomistyring (2018). Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. Hentet 16.05.20 fra <https://dfo.no/filer/Fagområder/Utreddinger/Veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser.pdf>
- ECON Analyse. (2005). *Drivkrefter og barrierer for utvikling av miljøteknologi* (ECON-rapport nr. 2005-083). Hentet 17.02.20 fra [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/38/013/38013643.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/013/38013643.pdf)
- Edgmand, M. R., Moomaw, R. L., & Olson, K. W. (1996). *Economics and Contemporary issues* (3rd ed). Fort Worth: Dryden Press.
- Eory, V., Topp, C., & Moran, D. (2013). Multiple-pollutant cost-effectiveness of greenhouse gas mitigation measures in the UK agriculture. *Environ. Sci. Policy*, 27(C), 55-67. doi:10.1016/j.envsci.2012.11.003
- Evans, J. (1979). Technology push, market pull. *Physics Bulletin*, 30(2), 64-64. doi:10.1088/0031-9112/30/2/009
- Fagerbakke, C. (2020). Dette er trafikklyssystemet. Hentet 10.02.2020 fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/februar/trafikkly>
- Fagerberg, J., Mowery, D. C., Nelson, R. R., Asheim, B. T., Bruland, K., & Grodal, S. (2005). *The Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Fiskeridirektoratet. (2016). Biomasse. Hentet 02.02.20 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Biomasse>
- Fiskeridirektoratet. (2020a). Biomassestatistikk etter fylke. Hentet 06.06.20 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Biomassestatistikk/Biomassestatistikk-etter-fylke>
- Fiskeridirektoratet. (2020b). Brev og vedtak. Hentet 12.02.20 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser/Brev-og-vedtak>
- Fiskeridirektoratet. (2020c). Kart i Fiskeridirektoratet. Hentet 04.07.20 fra <https://open-data-fiskeridirektoratet-fiskeridir.hub.arcgis.com/>
- Fiskeridirektoratet. (2020d). Rømmingsstatistikk - antall og art. Hentet 04.07.20 fra <https://fiskeridirektoratet.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Roemningsstatistikk/Roemningsstatistikk-antall-og-art>
- Fjellberg, A. (2020). I Nordlaks' nye oppdrettsanlegg er det plass til 50 millioner middager. *E24*. Hentet 13.06.20 fra <https://e24.no/hav-og-sjoemat/i/pl3Kwo/i-nordlaks-nye-oppdrettsanlegg-er-det-plass-til-50-millioner-middager>
- Forskrift om kapasitetsøkning for tillatelser til akvakultur. (2017). *Forskrift om kapasitetsøkning for tillatelser til akvakultur med matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret i 2017–2018*. (FOR-2017-12-20-2397). Hentet 30.06.20 fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-12-20-2397?q=Forskrift%20om%20kapasitets%C3%B8kning%20for%20tillatelser>
- Forskrift om utfisking mv. av rømt oppdrettsfisk. (2015). *Forskrift om fellesansvar for utfisking mv. av rømt oppdrettsfisk*. (FOR-2015-02-05-89). Hentet 30.06.20 fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-02-05-89?q=Forskrift%20om%20fellesansvar>
- Freeman, M. A., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (2014). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods* (Third Edition ed.). New York: RFF Press.
- Føre, H. M., Thorvaldsen, T., Tinmannsvik, R. K., & Okstad, E. H. (2019). Kunnskap og metoder for å forebygge rømming. *Faglig sluttrapport - 2019:00669 A*. Hentet 29.03.20 fra <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=CRISin+1706470>
- Geitung, L., Oppedal, F., Stien, L. H., Dempster, T., Karlsbakk, E., Nola, V., & Wright, D. W. (2019). Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test. *Int J Parasitol*, 49(11), 843-846. doi:10.1016/j.ijpara.2019.06.003

- Geum, Y., Jeon, H., & Lee, H. (2016). Developing new smart services using integrated morphological analysis: integration of the market-pull and technology-push approach. *An International Journal*, 10(3), 531-555. doi:10.1007/s11628-015-0281-2
- Greaker, M., Vormedal, I., & Rosendal, K. (2020). Environmental policy and innovation in Norwegian fish farming: Resolving the sea lice problem? *Marine Policy*, 117, 103942. doi:10.1016/j.marpol.2020.103942
- Grefsrud, E. S., Svåsand, T., Glover, K., Husa, V., Hansen, P. K., Samuelsen, O., . . . Stien, L. H. (2019). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2019- Miljøeffekter av lakseoppdrett*. (Fisken og havet nr. 2019- 5). Hentet 29.03.20 fra <https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=28012&07775981>
- Grünfeld, L. A., Bugge, M., & Kaloudis, A. (2010). *Innovasjon i tjenester: En empirisk analyse av tjenesteinnovasjon i norsk næringsliv og innovasjonspolitikken utfordringer på tjenesteområdet* (MENON-publikasjon nr. 12/2010). Hentet 05.02.20 fra <https://www.menon.no/wp-content/uploads/26innovasjonitjenester.pdf>
- Grøntvedt, R. N., & Maroni, K. (2018). Langs kysten 2017: En møterekke med fokus på kontroll av lakselu. Hentet 01.04.20 fra <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901398/>
- Gullestad, P. (2011). Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen – areal til begjær. Hentet 01.07.20 fra [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2011/effektiv\\_og\\_baerekraftig\\_arealbruk\\_i\\_havbruksnaeringen.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2011/effektiv_og_baerekraftig_arealbruk_i_havbruksnaeringen.pdf)
- Guttormsen, A. G., Myrland, Ø., & Tvetenas, R. (2011). Innovations and Structural Change in Seafood Markets and Production: Special Issue Introduction. *Marine Resource Economics*, 26(4), 247-253. doi:10.5950/0738-1360-26.4.247
- Hall, B., & Lerner, J. (2009). The Financing of R&D and Innovation. *NBER Working Paper Series*, 15325. doi:10.3386/w15325
- Hall, J., & Clark, W. W. (2003). Special Issue: Environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 343-346. doi:10.1016/S0959-6526(02)00070-7
- Hall, J., & Kerr, R. (2003). Innovation dynamics and environmental technologies: the emergence of fuel cell technology. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 459-471. doi:10.1016/S0959-6526(02)00067-7
- Hanemann, M. W., & Carson, R. T. (2005). Contingent Valuation. I K.-G. Maler & J. R. Vincent (Eds.), *Handbook of Environmental Economics*. (First edition ed., Vol. Volume 2. , s. 822-936). Amsterdam Elsevier B.V.
- Havforskningsinstituttet. (2019). Tema: Laks i oppdrett. Hentet 20.01.20 fra <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/laks/laks-i-oppdrett>
- Havforskningsinstituttet. (2020). Generell biologi. Hentet 18.02.20 fra <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus/generell-biologi>
- Helsedirektoratet. (2018). Kostråd om fisk og sjømat. Hentet 07.05.20 fra <https://helsenorge.no/kosthold-og-ernaring/kostrad/spis-fisk-oftere>
- Hindriks, J., & Myles, G. (2013). *Intermediate public economics* (2nd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Holan, A. B., Roth, B., Breiland, M. W., Kolarevic, J., Hansen, Ø. J., Iversen, A., Hermansen, Ø., . . . Espmark, Å. M. O. (2017). Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI) - Faglig sluttrapport. Hentet 28.03.20 fra <https://nofima.no/publikasjon/1471259/>
- Holm, J. C., Vassbotten, K., Hansen, H., Eithun, I., Andreassen, O., Asche, F., . . . Thorbjørnsen, K. (2015). *Laks på land: En utredning om egne tillatelser til landbasert matfiskeoppdrett av laks, ørret og regnbueørret med bruk av sjøvann*. Hentet 08.04.20 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Dokumenter/Rapporter/Laks-paa-land-En-utredning-om-egne-tillatelser-til-landbasert-matfiskeoppdrett-av-laks-oerret-og-regnbueoerret-med-bruk-av-sjoevann>
- Horbach, J. (2008). Determinants of environmental innovation—New evidence from German panel data sources. *Research Policy*, 37(1), 163-173. doi:10.1016/j.respol.2007.08.006

- Hovland, E., Møller, D., & Vik, S. (2010). *Åkeren kan òg være blå: et riss av havbruksnæringens utvikling i Norge*. I Fortellinger om kyst-Norge, Vol. [6].
- Huang, S. K., Kuo, L., & Chou, K.-L. (2016). The applicability of marginal abatement cost approach: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 127, 59-71. doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.013
- Husa, V., Kutti, T., Grefsrud, E. S., Agnalt, A.-L., Karlsen, Ø., Bannister, R., . . . Grøsvik, B. E. (2016). *Kunnskapsstatus: Effekter av utslipp fra akvakultur på spesielle marine naturtyper, rødlista habitat og arter* (Rapport for Havforskningen 8/2016). Hentet 20.02.20 fra <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M504/M504.pdf>
- Hueske, A. K., & Guenther, E. (2015). What hampers innovation? External stakeholders, the organization, groups and individuals : A systematic review of empirical barrier research. *Management review quarterly*, 65(2), 113-148. doi:10.1007/s11301-014-0109-5
- Hynes, S., Ravagnan, E., & Gjerstad, B. (2019). Do concerns for the environmental credentials of salmon aquaculture translate into WTP a price premium for sustainably farmed fish? A contingent valuation study in Ireland and Norway. *Aquaculture International*, 27(6), 1709-1723. doi:10.1007/s10499-019-00425-y
- Iversen, A., Andreassen, O., Hermansen, Ø., Larsen, T. A., & Terjesen, B. F. (2013). *Oppdrettsteknologi og konkurranseposisjon* (Rapport 32/2013). Hentet 29.03.20 fra <https://nofima.no/publikasjon/1044406/>
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2015). *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett* (Rapport 41/2015). Hentet 29.03.20 fra [https://nofima.no/nyhet/2015/08/kostnadsdrivere-i-oppdrett/rapport\\_nr\\_41-2015\\_-\\_kostnadsdrivere\\_i\\_lakseoppdrett/](https://nofima.no/nyhet/2015/08/kostnadsdrivere-i-oppdrett/rapport_nr_41-2015_-_kostnadsdrivere_i_lakseoppdrett/)
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E. J. (2017). *Kostnadsutvikling i lakseoppdrett - Med fokus på før og lusekostnader* (Rapport 24/2017). Hentet 29.03.20 fra <https://nofima.no/pub/1523319/>
- Jensen, Ø., Dempster, T., Thorstad, E. B., Uglem, I., & Fredheim, A. (2010). Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(1), 71-83. doi:10.3354/aei00008
- Johannessen, A., Christoffersen, L., & Tufte, P. A. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (4. utg. ed.). Oslo: Abstrakt.
- Johannessen, A., Christoffersen, L., & Tufte, P. A. (2011). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag* (3. utg. ed.). Oslo: Abstrakt forl.
- Johansen, B. B. (2014). Luseskjørt – dokumentasjon av praktisk bruk og nytte *Sluttrapport fra Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond*. Hentet 01.04.20 fra <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900834/>
- Johansen, E. N., Baisotti, V., & Svendsen, R. H. (2020). Verste rømningsår på åtte år for oppdrettslaksen. *NRK Vestland*. Hentet 18.02.20 fra <https://www.nrk.no/vestland/voldsom-okning-i-antall-lakseromninger-1.14845969>
- Kaldheim, O., & Nordbotn, S. (2019). *Quantifying the Economic Impacts of Sea Lice and Sea Lice Mitigation Efforts on Norwegian Salmonid Aquaculture* (Mastergradsavhandling). Universitetet i Stavanger, Stavanger.
- Kesicki, F., & Ekins, P. (2012). Marginal abatement cost curves: a call for caution. *Climate Policy*, 12(2), 219-236. doi:10.1080/14693062.2011.582347
- Laksetildelingsforskriften. (2005). *Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret*. (FOR-2004-12-22-1798). Hentet 02.07.20 fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-12-22-1798/>
- Lavik, R. (1980). *En undersøkelse av kvinners forbruk og velferd : erfaringer med kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ metode* (Vol. 21/81). Oslo: FMD.
- Lekang, O. I., Salas-Bringas, C., & Bostock, J. C. (2016). Challenges and emerging technical solutions in on-growing salmon farming. *Aquaculture International*, 24(3), 757-766. doi:10.1007/s10499-016-9994-z

- Lien, A. M., Stien, L. H., Grøntvedt, R., & Frank, K. (2015). Permanent skjørt for redusering av luspåslag på laks. In: Sintef fiskeri og havbruk AS.
- Lindhjem, H., Grimsrud, K., Navrud, S., & Kolle, S. O. (2015). The social benefits and costs of preserving forest biodiversity and ecosystem services. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 4(2), 202-222. doi:10.1080/21606544.2014.982201
- Lindhjem, H., & Navrud, S. (2008). How Reliable are Meta-Analyses for International Benefit Transfers? Hentet 13.04.20 fra [https://mpr.aub.uni-muenchen.de/11484/1/MPRA\\_paper\\_11484.pdf](https://mpr.aub.uni-muenchen.de/11484/1/MPRA_paper_11484.pdf)
- Link, A. N., & Siegel, D. S. (2007). *Innovation, entrepreneurship, and technological change*. Oxford: Oxford University Press.
- Liu, Y., Olaussen, J. O., & Skonhoft, A. (2014). FISHY FISH? THE ECONOMIC IMPACTS OF ESCAPED FARMED FISH. *Aquaculture Economics & Management*, 18(3), 273-302. doi:10.1080/13657305.2014.926466
- Liu, Y., Rosten, T. W., Henriksen, K., Hognes, E. S., Summerfelt, S., & Vinci, B. (2016). Comparative economic performance and carbon footprint of two farming models for producing Atlantic salmon (*Salmo salar*): Land-based closed containment system in freshwater and open net pen in seawater. *Aquacultural Engineering*, 71, 1-12. doi:10.1016/j.aquaeng.2016.01.001
- Liu, Y., & Sumaila, U. R. (2007). ECONOMIC ANALYSIS OF NETCAGE VERSUS SEA-BAG PRODUCTION SYSTEMS FOR SALMON AQUACULTURE IN BRITISH COLUMBIA. *Aquaculture Economics & Management*, 11(4), 371-395. doi:10.1080/13657300701727235
- Liu, Y., & Sumaila, U. R. (2010). Estimating Pollution Abatement Costs of Salmon Aquaculture: A Joint Production Approach. *Land Economics*, 86(3), 569-584. doi:10.3368/le.86.3.569
- Marinoni, O., & van Grieken, M. (2016). ABATE: A New Tool to Produce Marginal Abatement Cost Curves. *Computational Economics*, 48(2), 367-377. doi:10.1007/s10614-015-9524-5
- Matus, K. J. M., Xiao, X., & Zimmerman, J. B. (2012). Green chemistry and green engineering in China: drivers, policies and barriers to innovation. *Journal of Cleaner Production*, 32(C), 193-203. doi:10.1016/j.jclepro.2012.03.033
- Mazzanti, M., Antonioli, D., Ghisetti, C., & Nicolli, F. (2016). *Firm Surveys relating Environmental Policies, Environmental Performance and Innovation: Design Challenges and insights from Empirical Application*. Paris: OECD Publishing.
- Mikkelsen, E. I. (2019). *Kapasitetsøkning i havbruk 2017/2018 - Samfunnsøkonomisk evaluering* (Rapport 13/2019). Hentet 02.07 fra <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2626506>
- Miljødirektoratet. (2019). Lakselus. Hentet 20.01.20 fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/lakselus/>
- Miljødirektoratet. (2020). Fiskeoppdrett – en næring i vekst. Hentet 02.07.20 <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/fiskeoppdrett/>
- Misund, B. (2019). Fiskeoppdrett. Hentet 20.01.20 fra <https://snl.no/fiskeoppdrett>
- Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R., & Rolland, K. H. (2019). *Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag. Faglig sluttrapport*. (RAPPORT NR. 88). Hentet 02.04.20 fra <https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2020/02/UIS-Sluttrapport-fra-prosjekt-901526-FHF.pdf>
- Navrud, S. (2007). *Practical tools for value transfer in Denmark – guidelines and an example*. (28). Hentet 13.04.20 fra [https://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2007/dec/practical-tools-for-value-transfer-in-denmark-guidelines-and-an-example/?fbclid=IwAR1SLPzeSKRIZzFY4csK\\_GiKRQKcx5bNNx2-og\\_6HLLlcR-xQbxg8xPNyXc](https://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2007/dec/practical-tools-for-value-transfer-in-denmark-guidelines-and-an-example/?fbclid=IwAR1SLPzeSKRIZzFY4csK_GiKRQKcx5bNNx2-og_6HLLlcR-xQbxg8xPNyXc)
- Navrud, S., Soutukorva, Å., Söderqvist, T., & Trædal, Y. (2007). Nordic Environmental Valuation Database: Sluttrapport till Nordiska Ministerrådets miljø- och ekonomigrupp. Hentet 13.04.20 fra <https://www.norden.org/no/publication/nordic-environmental-valuation-database>
- NOU 2012:16. (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser*. Hentet 11.03.20 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/5fce956d51364811b8547eebdbcde52c/no/pdfs/>

- nou201220120016000dddpdfs.pdf?fbclid=IwAR0vBhIHf41A0X25LNTdDY6GWmvJ7e0XJrcW8RS3Cs5jDId3fwLrAfDoFzM
- NOU 2013:10. (2013). *Naturens goder - om verdier av økosystemtjenester*. Hentet 11.03.20 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/c7ffd2c437bf4dcb9880ceeb8b03b3d5/no/pdfs/nou201320130010000dddpdfs.pdf?fbclid=IwAR0-O2bVoHzekNpLHrMrO2pajJCvODoQdVBqj8qO7ZzqmM7DU8wk-MiKQo>
- NOU 2019:18. (2019). *Skattlegging av havbruksvirksomhet*. Hentet 06.02.20 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/207ae51e0f6a44b6b65a2cec192105ed/no/pdfs/nou201920190018000dddpdfs.pdf>
- Nyborg, K. (1996). *Environmental valuation, cost-benefit analysis and policy making : A survey*. (Vol.96/12, Documents (Statistics Norway : online)). Oslo: Statistics Norway, Research Department.
- NYTEK-forskriften. (2011). *Forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg* (FOR-2011-08-16-849). Hentet 02.07.20 fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-08-16-849>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2014). Høring – melding til Stortinget om vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Hentet 06.07.20 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing--melding-til-stortinget-om-vekst-i-norsk-lakse--og-orretoppdrett/id2076332/?expand=horingsnotater>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2017). Regjeringen skrur på trafikklyset. Hentet 15.01.20 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-skrur-pa-trafikklyset/id2577032/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2018). *Havbruk til havs, Ny teknologi- nye områder*. Hentet 02.04.20 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruk-til-havs/id2625352/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2020). Regjeringen skrur på trafikklyset i havbruksnæringen. Hentet 07.02.20 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-skrur-pa-trafikklyset-i-havbruksnaringen/id2688939/>
- Olaussen, J. O. (2018). Environmental problems and regulation in the aquaculture industry. Insights from Norway. *Marine Policy*, 98, 158- 163. doi:10.1016/j.marpol.2018.08.005
- Olaussen, J. O., & Liu, Y. (2011). ON THE WILLINGNESS-TO-PAY FOR RECREATIONAL FISHING-ESCAPED FARMED VERSUS WILD ATLANTIC SALMON. *Aquaculture Economics & Management*, 15(4), 245-261. doi:10.1080/13657305.2011.624573
- Olesen, I., Alfnes, F., Røra, M. B., & Kolstad, K. (2010). Eliciting consumers' willingness to pay for organic and welfare-labelled salmon in a non-hypothetical choice experiment. *Livestock Science*, 127(2-3), 218-226. doi:10.1016/j.livsci.2009.10.001
- Olesen, I., Myhr, A. I., & Rosendal, G. K. (2011). Sustainable Aquaculture: Are We Getting There? Ethical Perspectives on Salmon Farming. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 24(4), 381-408. doi:10.1007/s10806-010-9269-z
- Oppedal, F., Bui, S., Stien, L. H., Overton, K., & Dempster, T. (2019). Snorkel technology to reduce sea lice infestations: efficacy depends on salinity at the farm site, but snorkels have minimal effects on salmon production and welfare. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 445-457. doi:10.3354/aei00321
- Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D. W., Bui, S., & Stien, L. H. (2017). Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Manag Sci*, 73(9), 1935-1943. doi:10.1002/ps.4560
- Perman, R., Ma Y., Common M., Maddison, D. & McGilvray J. (2011). *Natural Resource and Environmental Economics* (4th ed. ed.): United Kingdom: Addison Wesley - M.U.A.
- Porter, M. E., & Linde, C. v. d. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118. doi:10.1257/jep.9.4.97
- Rexhäuser, S., & Rammer, C. (2014). Environmental Innovations and Firm Profitability: Unmasking the Porter Hypothesis. *Environmental and Resource Economics*, 57(1), 145-167. doi:10.1007/s10640-013-9671-x

- Rosten, T. W., Terjesen, B. F., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Biering, E., & Winther, U. (2011). Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg – forprosjekt. Hentet 30.03.20 fra [https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri\\_og\\_havbruk/internasjonalt\\_radgivning/lukkede\\_anlegg\\_forprosjekt\\_endelig\\_med-endret-tabell.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/internasjonalt_radgivning/lukkede_anlegg_forprosjekt_endelig_med-endret-tabell.pdf)
- Sandvold, H. N. (2016). *Econometric Analysis of Innovation, Productivity Growth and Efficiency: Applications for the Norwegian Salmon Farming Industry* (284 Doktoravhandling). Universitetet i Stavanger, Stavanger.
- Singla, A., Ahuja, I. S., & Sethi, A. P. S. (2018). Technology push and demand pull practices for achieving sustainable development in manufacturing industries. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(2), 240-272. doi:10.1108/JMTM-07-2017-0138
- Snyder, C., & Nicholson, W. (2012). *Microeconomic theory : basic principles and extensions* (11th ed. ed.). Australia: South-Western Cengage Learning.
- Statistisk sentralbyrå. (2020a). Akvakultur. Hentet 12.05.20 fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett>
- Statistisk sentralbyrå. (2020b). Familier og husholdninger. Hentet 06.05.20 fra <https://www.ssb.no/familie/>
- Stien, L. H., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J. E., Wright, D. W., & Oppedal, F. (2016). 'Snorkel' sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*, 458, 29-37. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.02.014
- Stien, L. H., Lind, M. B., Oppedal, F., Wright, D. W., & Seternes, T. (2018). Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture*, 490, 281-287. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.02.045
- Stien, L. H., Nilsson, J., Hevrøy, E. M., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Lien, A. M., & Folkedal, O. (2012). Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacultural Engineering*, 51, 21-25. doi:10.1016/j.aquaeng.2012.06.002
- Støren, I. (2013). *Bare søk! : praktisk veiledning i å gjennomføre litteraturstudie* (2. utg. ed.). Oslo: Cappelen Damm.
- Teknologirådet. (2005). *Bærekraftig innovasjons- og teknologipolitikk* (Rapport 2 –2005). Hentet 17.02.20 fra <https://teknologiradet.no/publication/baerekraftig-innovasjons-teknologipolitikk/>
- Tidd, J., & Bessant, J. (2014). *Strategic innovation management*. Chichester: Wiley.
- Tjora, A. H. (2010). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Vormedal, I., Larsen, M. L., & Flåm, K. H. (2019). *Grønn vekst i blå næring? Miljørettet innovasjon i norsk lakseoppdret*. (FNI Report, 3/2019). Hentet 03.02.20 fra <https://www.fni.no/getfile.php/1310934-1571995826/Filer/Publikasjoner/FNI-Report-2019-03-Vormedal-Larsen-Flam-Gronn-vekst-i-bla-naering-miljorettet-innovasjon-i-norsk-lakseoppdrett.pdf>
- WALGA. (2014). Guidelines for Developing a Marginal Abatement Cost Curve (MACC). Hentet 19.05.20 fra [https://walga.asn.au/getattachment/Policy-Advice-and-Advocacy/Environment/Climate-Change/Climate-Change-Resources/Guidelines\\_for\\_Developing\\_a\\_MACC\\_tool\\_Feb2016.pdf.aspx?lang=en-AU](https://walga.asn.au/getattachment/Policy-Advice-and-Advocacy/Environment/Climate-Change/Climate-Change-Resources/Guidelines_for_Developing_a_MACC_tool_Feb2016.pdf.aspx?lang=en-AU)
- Wetzstein, M. (2013). *Microeconomic theory: Concepts and connections* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Whitmarsh, D., & Wattage, P. (2006). Public attitudes towards the environmental impact of salmon aquaculture in Scotland. *European Environment*, 16(2), 108-121. doi:10.1002/eet.406
- Wright, D. W., Stien, L. H., Dempster, T., Vågseth, T., Nola, V., Fosseidengen, J. E., & Oppedal, F. (2017). 'Snorkel' lice barrier technology reduced two co- occurring parasites, the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) and the amoebic gill disease causing agent (*Neoparamoeba perurans*), in commercial salmon sea-cages. *Prev Vet Med*, 140, 97-105. doi:10.1016/j.prevetmed.2017.03.002



- Wright, D. W., Stien, L. H., Oppedal, F., Sievers, M., Ditria, E., & Trengereid, H. (2019). The Well – Mixing skirt and freshwater lens concepts with smart-lighting and -feeding to enhance lice prevention and safeguard fish welfare. In: Havforskningsinstituttet.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research : design and methods* (5th ed. ed.). Los Angeles, Calif: SAGE
- Yip, W., Knowler, D., Haider, W., & Trenholm, R. (2017). Valuing the Willingness-to-Pay for Sustainable Seafood: Integrated Multitrophic versus Closed Containment Aquaculture: Valuing the Willingness-to-Pay for Sustainable Seafood. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie*, 65(1), 93-117. doi:10.1111/cjag.12102
- Zander, K., & Feucht, Y. (2017). Consumers' Willingness to Pay for Sustainable Seafood Made in Europe. . *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*. doi:10.1080/08974438.2017.1413611
- Åsheim, E. R. (2019). *Verdsetting av miljøeffekter fra akvakultur på Vestlandet - kan omlegging til lukkede merder være samfunnsøkonomisk lønnsomt?* (Mastergradsavhandling). Universitetet i Oslo, Oslo.

## 9 Vedlegg

### 9.1 Forskningsstrategi

	<b>Aktivitet</b>	<b>Formål</b>	<b>Oppnådd resultat</b>
<b>Januar</b>	<p>Lette etter relevante studier om miljøeffekter relatert til oppdrettsnæringen. Fikk tilgang til tidligere verdsettingsstudie fra Vestlandet. Bestemte å avgrense oppgaven til en casestudie på Vestlandet. Utarbeidet forslag til problemstilling.</p>	<p>Ønsket å starte med oppgaven så fort som mulig for å få en klar oversikt over oppgavens omfang. Tilegne mest mulig informasjon om havbruksnæringen i Norge for å øke kunnskap om temaet samt utfordringene næringen står ovenfor.</p>	<p>Fant aktuell litteratur om temaet. Bestemte å vektlegge eksternalitetene effekter på villaksbestanden og utslipp av partikulært organisk materiale. Studien avgrenses til Vestlandet. Foreløpig problemstilling ble satt.</p>
<b>Februar</b>	<p>Problemstilling og ulike forskningsspørsmål ble drøftet og moderert. Tidligere verdsettingsundersøkelse fra Vestlandet ble grundig analysert. Bestemte teori og startet på teorikapittelet. Drøftet valg av metode.</p>	<p>Fastsette endelig problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål. Valg av teori og metode. Starte å skrive på kapitlene bakgrunn og teori.</p>	<p>Problemstilling og forskningsspørsmål ble fastsatt. Bestemt at data fra tidligere verdsettingsstudie kan brukes og metode er nytteoverføring. Systematisk litteratursøk ble bestemt som metode for å redegjøre ulike miljøtiltak og kostnader relatert til dette. Personlig intervju ble valg av metode for å generere data for å identifisere barrierer til miljønnovasjon.</p>

<p><b>Mars</b></p>	<p>Utformet intervjuguide basert på tidligere litteratur og teori om barrierer til miljønnovasjon. For å supplere litteraturstudien ble det bestemt å inkludere spørsmål som belyser miljøtiltak og relaterte kostnader. Aktuelle intervjuobjekter ble vurdert. Vedtak om COVID-19 ble innført 12. mars. Personlig intervju revurderes som metode.</p> <p>Etter nøye vurdering sendes søknad om utsatt frist for levering av masteroppgave på grunn av begrensningene av COVID-19. På bakgrunn av veiledning ble det bestemt å gjennomføre personlige intervju over nettverk og dermed beholde forskningsmetode.</p> <p>Det ble sendt inn søknad til NSD for behandling av opplysninger ved bruk av ekstern tjeneste.</p> <p>Kandidater til intervju ble identifisert og det ble bestemt å inkludere deltakere som i utgangspunktet ikke var en del av informantutvalget.</p>	<p>Ferdigstille intervjuguide. Gjennomføre et pilotintervju for å sikre kvalitet på spørsmålene. Etablere kontakt med intervjuobjekt samt avtale og gjennomføre personlige intervju. Generere data fra personlig intervju. Ferdigstille bakgrunn og teori.</p> <p>Starte å skrive på kapitlet metode.</p>	<p>Innvilget forlenget frist til 13. juli. Personlig intervju forblir forskningsmetode, men gjennomføres via Microsoft Teams.</p> <p>Fikk godkjent søknad fra NSD.</p> <p>Kapitlet bakgrunn og teori ble ferdigstilt.</p> <p>Metodekapittel satt på vent.</p>
--------------------	---	---	---

<b>April</b>	<p>Gjennomførte et pilotintervju for å sikre noteringsteknikk.</p> <p>Gjennomførte åtte personlige intervju via Microsoft Teams. Skriftlige notater ble tatt under intervju. Skriftlige notater ble gjennomgått rett etter endt intervju for å sikre kvalitet.</p> <p>Identifiserte aktuelle verdsettingsstudier til nytteoverføring.</p> <p>Startet med systematisk litteratursøk.</p>	<p>Fullføre personlige intervju over nettverk.</p> <p>Generere datamateriale til analyse.</p>	<p>Etablerte kontakt med informanter via e-post.</p> <p>Nøkkelinformantene var med på å gi en grundigere forståelse om barrierene til miljønnovasjon.</p> <p>Skriftlige notater ble renskrevet og klargjort for analysekapittelet.</p> <p>Reflekterer over det som har blitt undersøkt i systematisk litteratursøk og om funn besvarer forskningsspørsmål.</p>
<b>Mai</b>	<p>Gjennomførte ett personlig intervju via Microsoft Teams, samt ett telefonintervju. Utsagn og funn fra intervju ble drøftet for å tilegne mest mulig kunnskap.</p> <p>Analysere funn fra systematisk litteratursøk.</p> <p>Gjennomførte nytteoverføring.</p>	<p>Inkludere flere intervjuobjekt.</p> <p>Ferdigstille nytteoverføring.</p> <p>Ferdigstille systematisk litteratursøk og analysere funn relatert.</p>	<p>Avsluttet intervjuprosessen med akseptabelt utvalg.</p> <p>Funn fra systematisk litteratursøk analyseres og ferdigstilles.</p> <p>Kurven for marginale tiltakskostnader utledes.</p> <p>Funn fra personlig intervju analyseres og barrierene til miljønnovasjon identifiseres.</p>
<b>Juni</b>	<p>Analyserte verdianslag fra nytteoverføring.</p> <p>Sammenlignet nytte og kostnader til miljøttak.</p> <p>Gjennomførte sensitivitetsanalyser til nytte-kostnad.</p> <p>Startet på kapitelet diskusjon og konklusjon.</p> <p>Startet på kapitelet tidligere litteratur.</p> <p>Leverte førsteutkast.</p>	<p>Ferdigstille kapitlene tidligere litteratur, metode, analyse og konklusjon.</p> <p>Korrekturlesning og gjennomgang av oppgave.</p>	<p>Ferdigstilte kapittelet tidligere litteratur og metode.</p> <p>Gjennomførte samfunnsøkonomisk analyse av nytte-kostnader</p> <p>Ferdigstilte analyse av data og resultater samt diskusjon og konklusjon.</p>

<b>Juli</b>	Modere tekst. Satt inn liste til figurer, tabeller og referanser. Satt inn vedlegg.	Fjerne uklarheter. Ha en rød tråd gjennom teksten.	Korrektur og gjennomgang av oppgave. Ferdigstilte masteroppgave. Oppgaven ble levert 12.juli 2020.
-------------	--	--	---

## 9.2 Systematisk litteratursøk

Utgivelsesår	Utgiver	Materialtype	Tittel
2019	Føre, H. M., Thorvaldsen, T., Tinmannsvik, R. K., & Okstad, E.H.	Faglig sluttrapport fra Sintef.	Kunnskap og metoder for å forebygge rømming.
2019	Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R., & Rolland, K. H.	Faglig sluttrapport fra UiS.	Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag.
2019	Wright, D. W., Stien, L. H., Oppedal, F., Sievers, M., Ditria, E., & Trengeid, H.	Rapport fra Havforskningen.	The well – mixing skirt and freshwater lens concepts with smart-lighting and - feeding to enhance lice prevention and safeguard fish welfare.
2019	Geitung, L., Oppedal, F., Stien, L., Dempster, T., Karlsbakk, E., Nola, V., & Wright, D.	Forskningsartikkel.	Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test.
2019	Oppedal, F., Bui, S., Stien, L., Overton, K., & Dempster, T.	Forskningsartikkel.	Snorkel technology to reduce sea lice infestations: efficacy depends on salinity at the farm site, but snorkels have minimal effects on salmon production and welfare.
2018	Bjørndal, T., & Tusvik, A.	Rapport fra SNF.	Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan oppdrett.
2018	Bjørndal, T., Holte, E. A., Hilmarsen, Ø., & Tusvik, A.	Sluttrapport i samarbeid med NTNU, Sintef og SNF.	Analyse av lukka oppdrett av laks- landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko.

2018	Nærings- og fiskeridepartementet	Rapport fra Nærings- og fiskeridepartementet.	Havbruk til havs Ny teknologi – nye områder.
2018	Grøntvedt, R. N., & Maroni, K.	Rapport fra Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond.	Langs kysten 2017: En møterekke med fokus på kontroll av lakselus.
2018	Stien, L., Lind, M., Oppedal, F., Wright, D., & Seternes, T.	Forskningsartikkel.	Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare.
2017	Holan, A. B, Roth, B., <i>Lign: 4-1</i> Breiland, M. W., Kolarevic, J., Hansen, Ø. J., Iversen, A., Hermansen, Ø., Gjerde, B., Hatlen, B., Mortensen, A., Lein, I., Johansen, L. H, Noble, C., Gismervik, K., & Espmark, Å. M. O.	Faglig sluttrapport fra Nofima.	Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI).
2017	Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E. J.	Rapport fra Nofima.	Kostnadsutvikling i lakseoppdrett. Med fokus på fôr- og lusekostnader.
2017	Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D., Bui, S., & Stien, L.	Forskningsartikkel	Sea lice infestation levels decrease with deeper. ‘snorkel’ barriers in Atlantic salmon sea-cages.
2017	Wright, D., Stien, L.H., Dempster, T., Vågseth, T, Nola, V.,	Forskningsartikkel.	‘Snorkel’ lice barrier technology reduced two co-occurring parasites, the salmon louse ( <i>Lepeophtheirus salmonis</i> ) and the amoebic gill disease

	Fosseidengen, J.-E., & Oppedal, F.		causing agent (Neoparamoeba perurans), in commercial salmon sea- cages.
2016	Liu, Y., Rosten, T., Henriksen, K., Hognes, E., Summerfelt, S., & Vinci, B.	Forskningsartikkel.	Comparative economic performance and carbon footprint of two farming models for producing Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> ): Land-based closed containment system in freshwater and open net pen in seawater.
2016	Stien, L., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J., Wright, D., & Oppedal, F.	Forskningsartikkel.	‘Snorkel’ sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts.
2015	Lien, A. M., Stien, L. H., Grøntvedt, R., & Frank, K.	Sluttrapport fra SINTEF.	Permanent skjørt for redusering av luspåslag på laks.
2015	Holm, J. C., Vassbotten, K., Hansen, H., Eithun, I., Andreassen, O., Asche, F., Reppe, F., Grøttum, J. A., & Thorbjørnsen, K.	Rapport fra Nærings- og fiskeridepartementet.	Laks på land.
2014	Johansen, B. B.	Sluttrapport fra Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond.	Luseskjørt – dokumentasjon av praktisk bruk og nytte.
2013	Iversen, A., Andreassen, O., Hermansen, Ø., Larsen, T. A., & Terjesen, B. F.	Rapport fra Nofima.	Oppdrettsteknologi og konkurransesisjon.



2012	Andaur, K., Olsen, T. O., Molvik, G., Sterud, E., Sveier, H., Williksen T., Winther, U., Åtland, Å., & Elvevoll, E.	Rapport fra Teknologirådet.	Fremtidens lakseoppdrett
2012	Stien, L., Nilsson, J., Hevrøy, E., Oppedal, F., Kristiansen, T., Lien, A., & Folkedal, O.	Forskningsartikkel.	Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels.
2011	Rosten, T. W., Terjesen, B. F., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Biering, E., & Winther, U.	Rapport.	Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg – forprosjekt.

## **Vil du delta i masteroppgaven**

### **«Nytte, kostnader og barrierer for miljøtiltak og -innovasjoner i lakseoppdrett – En casestudie av Vestland»**

Dette er et spørsmål til deg om å delta i en masteroppgave hvor formålet er å undersøke nytten, kostnader og barrierer til ulike tiltak som reduserer miljøeffekter i lakseoppdrettsnæringen. I dette skrevet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

#### **Formål**

Prosjektet er en masteroppgave for å avslutte fem års studier ved Handelshøgskolen ved UiS.

Formålet med oppgaven er å redegjøre nytten, kostnader og barrierer til ulike tiltak som reduserer miljøeffekter i lakseoppdrettsnæringen. Vi skal sammenligne nytten og kostnader for ulike tiltak, og studere hvilke barrierer bransjen står ovenfor for å ta i bruk miljøinnovasjon. Vi ønsker å komme med en anbefaling om hva samfunnet bør gjøre med miljøproblemene.

Problemstilling: «Hva er nytten, kostnadene og ulike barrierer for å håndtere miljøutfordringer i lakseoppdrett?».

Delspørsmål:

1. Hva er nytten av tiltak i lakseoppdrett?
2. Hva er de ulike typene tiltak og kostandene ved å gjøre tiltakene?
3. Hva er barrierene for miljøinnovasjon i lakseoppdrett?

#### **Hvem er ansvarlig for masteroppgaven?**

Prosjektleder: Gorm Kipperberg

Studenter: Anne Lie og Maiken Tjora

Institusjon: Handelshøgskolen ved Universitetet i Stavanger

#### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

Utvalgskriteriene er basert på erfarings- og kunnskapsgrunnlag til barrierer, miljøproblemer og produksjonsprosess i norsk lakseoppdrett.

#### **Hva innebærer det for deg å delta?**

Hvis du velger å delta i prosjektet innebærer det virtuelle intervju der identiteten din anonymiseres. Det vil ta ca. 20 minutter. Virtuelle intervju inneholder spørsmål om miljøeffektene fra lakseoppdrett, miljøinnovasjon, prispåslag på produkt, produksjonsprosess og fremtidsutsikter til næringen. Dine svar fra virtuelle intervju blir registrert med skriftlige notater gjennom intervjuet.

### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. For å sikre ditt personvern benyttes det ikke båndopptaker, men det føres skriftlige notater under intervjuet. Skriftlige notater skal oppbevares i en boks med lås (pengeskrin) i egen bolig utilgjengelig for andre, og makuleres etter endt studie. Skriftlige notater anvendes bare av oss (Anne Lie og Maiken Tjora) og ikke prosjektleder. Navnet og kontaktopplysningene dine vil erstattes med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra skriftlige notater som føres under intervjuet.

### **Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Opplysningene anonymiseres når masteroppgaven avsluttes, noe som etter planen er 13.juli 2020. Skriftlige notater fra intervju makuleres etter masteroppgaven avsluttes.

### **Dine rettigheter**

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg, og
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

### **Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?**

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Handelshøgskolen ved Universitetet i Stavanger har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

### **Hvor kan jeg finne ut mer?**

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Prosjekt ansvarlig: Gorm Kipperberg ved Handelshøgskolen ved UiS. E-post:

, telefon (UiS): , mobil (privat): .

- Student: Anne Lie. E-post: , mobil . Maiken Tjora. E- post:

, mobil: .

- Vårt personvernombud: Personvernombud ved Universitetet i Stavanger. E- post:

[personvernombud@uis.no](mailto:personvernombud@uis.no)

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost ([personverntjenester@nsd.no](mailto:personverntjenester@nsd.no)) eller på telefon:

55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

*Gorm Kipperberg*  
(Prosjektansvarlig)

*Anne Lie og Maiken Tjora*  
(Student)

---

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om masteroppgaven «Nytte, kostnader og barrierer for miljøtiltak og -innovasjoner i lakseoppdrett - En casestudie fra Vestland», og har fått anledning til å stille spørsmål.

Jeg samtykker til:

- å delta i intervju over nettverk
- at det føres skriftlige notater under intervju over nettverk

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

#### 9.4 Oversikt informanter

<b>Kode</b>	<b>Kodebeskrivelse</b>	<b>Bakgrunn og erfaringsgrunnlag</b>
I1	Informant 1	Over 30 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Utdannet innen fiskeoppdrett.
I2	Informant 2	Over 10 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Oppga ikke utdanning.
I3	Informant 3	Oppga ikke bakgrunnsinformasjon annet enn utdanning: samfunnsøkonom.
I4	Informant 4	Over 30 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Utdannet innen fiskeri- og havbruksvitenskap.
I5	Informant 5	Over 30 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Utdannet økonom.
I6	Informant 6	Oppga flere års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Utdannet innen økonomi.
N1	Nøkkelinformant 1	Over 20 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Oppga ikke utdanning.
N2	Nøkkelinformant 2	Over 10 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Utdannet innen matvitenskap.
N3	Nøkkelinformant 3	Over 20 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Oppga forsker som utdanning.
N4	Nøkkelinformant 4	Over 30 års erfaring innenfor fiskeoppdrett. Utdannet biolog.

## 9.5 Intervjuguide

### **Dato:**

### **Informasjon før intervjustart:**

Informering om prosjektet. Avklare anonymitet og rettigheter til informant. Avklare roller til intervju.

### **Start av intervju:**

### **Avslutning av intervju:**

### **Spørsmål:**

1. Kan du fortelle om din bakgrunn og erfaring knyttet til lakseoppdrett og havbruksnæringen?
2. Hva mener du er de største miljøutfordringene med lakseoppdrettsnæringen?
3. Tror du at næringen er klar over miljøkonsekvensene med åpen merdteknologi?
4. Hvilke miljøtiltak tror du benyttes i dag og hva er kostnaden til de ulike miljøtiltakene?
  - 4b) Kan du utdype om tiltakene?
  - 4c) Hvordan bestemmer dere hvilke tiltak som skal benyttes?

-Er tiltakene på kort eller lang sikt?
  - 4d) Hvilke miljøtiltak tror (selskapet) du næringen (jobber i) vil bruke i framtiden?
5. Mener du at selskap du jobber for (det) bruker (s) nok ressurser (tid/penger) på å håndtere eksisterende miljøutfordringer?
  - 5b) Har du en oversikt/ anslag på hvor mye ressurser selskapet du jobber for bruker på ulike tiltak?
  - 5c) Hvordan ser (tror du) kostnadsstrukturen i selskapet du jobber forut? Hva brukes det mest ressurser på? (Lønn, leie av bygg, fôr, bekjempelse av lus etc.)
6. Det finnes ulike merdteknologier som kan brukes for å bekjempe eksterne effekter ved produksjon av oppdrettslaks. Hvilken type merdanlegg mener du vil best løse dagens miljøutfordringer?
7. Hvilken type merdanlegg tror du vil være lettest å kommersialiseres? / Hvilke type merdanlegg tror du vil være lettest å kommersialiseres i framtiden? / Hvilke type merdanlegg tror du det er lettest å ta i bruk i framtiden?
8. Hva mener du er hovedmotivasjonen for (bedriftene) bedriften du jobber i til å håndtere miljøutfordringene?
9. Hvor stor andel av budsjettet vil du anslå går til videreutvikling og forskning på eksisterende og ny merdteknologi?

10. Hva tror du produksjonskostnaden per kilo laks før slakt (WFE) er med åpne merdanlegg?
- 10b. Hvordan tror du produksjonskostnaden per kilo laks før slakt (WFE) vil endres ved bruk av ny type merdanlegg for å håndtere miljøutfordringer?
11. Hvilke ordninger fra staten mener du bidrar mest til miljøinnovasjon i selskapet du jobber og næringen?
12. Hva tenker du om prispåslag for et lakseprodukt som produseres med ny teknologi med mindre miljøpåvirkning?
13. Hvilke barrierer er det for å ta i bruk ny merdteknologi/ miljøinnovasjon for selskapet du jobber i?
14. Hvilken påstand mener du best beskriver miljøinnovasjon i lakseoppdrett i dag?
- Høyt tilbud av forskning og utvikling av teknologi, men lav etterspørsel fra markedet.
  - Høy etterspørsel fra markedet, men lavt tilbud på forskning og utvikling av teknologi.
15. Tror du at det finnes et marked for miljøsertifiserte lakseprodukter som produseres på en mer bærekraftig metode?
16. Tror du miljøsertifisering vil stimulere til bruk av ny merdteknologi for å håndtere miljøproblemene?
17. Hvilke andre næringer tror du selskapet du jobber for lakseoppdrettsnæringen generelt kan lære av for å håndtere eller unngå miljøeffekter?
18. Hvordan tror du framtidens produksjon av laks vil se ut for selskapet ditt?
19. Vi er nå ferdig med spørsmålene. Er det noe du ønsker å tilføye eller kommentere?

**Avslutning:**

Takke for bidrag.