

Oppdrettsteknologi og konkurranseposisjon

Audun Iversen, Otto Andreassen, Øystein Hermansen, Thomas A. Larsen og Bendik Fyhn Terjesen





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 400 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
NO-5141 Fyllingsdalen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Averøy:

Ekkilsøy
NO-6530 Averøy

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140

Faks: 64 97 03 33

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

<h1>Rapport</h1>		ISBN: 978-82-8296-106-6 (trykt) ISBN: 978-82-8296-107-3 (pdf) ISSN 1890-579X
Tittel: Oppdrettsteknologi og konkurranseposisjon		Rapportnr.: 32/2013
		Tilgjengelighet: Åpen
Forfatter(e)/Prosjektleder: Audun Iversen, Otto Andreasen, Øystein Hermansen, Thomas A. Larsen og Bendik Fyhn Terjesen		Dato: 30. juni 2013
Avdeling: Næring og bedrift		Ant. sider og vedlegg: 43+1
Oppdragsgiver: Fiskeri- og kystdepartementet		Oppdragsgivers ref.:
Stikkord: Akvakultur, teknologi, konkurranseposisjon		Prosjektnr.: 10528
Sammendrag/anbefalinger: <p>Hovedspørsmålet i denne rapporten har vært om ny oppdrettsteknologi, som i mindre grad enn dagens notbaserte anlegg er avhengig av Norges naturgitte fortrinn, kan true Norges konkurranseposisjon som verdens fremste produsent av oppdrettslaks.</p> <p>Vår hovedkonklusjon er at det skal mye til for å true hegemoniet til det effektive notbaserte produksjonskonseptet i norsk lakseoppdrett. Store sjokk, som for eksempel økte miljøkostnader, kan forandre dette bildet. På lang sikt kan også et effektivisert landbasert oppdrett nærme seg. Vi ser også at landbasert oppdrett i lavkostland kan være en trussel på noe sikt.</p> <p>Kombinasjonsmodeller, hvor større deler av laksens vekst foregår i lukkede anlegg i sjø eller på land, vil sannsynligvis vokse fram. Dette har fordeler både for fiskens miljø og miljøet rundt anlegget, samtidig som man ved å holde bare fisk under 1 kg i lukkede anlegg begrenser investeringene betydelig i forhold til å ha hele tilvekstfasen i lukkede anlegg på land eller i sjø.</p> <p>Naturgitte fortrinn blir kanskje mindre viktig med nye produksjonskonsepter, men andre fortrinn er også meget viktige for Norges konkurranseposisjon, og vanskelige å kopiere. Norsk oppdrettsnæring nyter godt av nærhet til det viktige europeiske ferskfiskmarkedet, sterke kunnskapsmiljøer og en ledende leverandørindustri, god infrastruktur og god forvaltning. Ikke minst har næringen en vanskelig kopierbar styrke i det samarbeidet som oppstår mellom alle disse aktørene, og de klyngeeffekter som dermed skapes.</p>		
English summary/recommendation: <p>Norway is the worlds’ leading supplier of farmed atlantic salmon. This is the result of favourable natural conditions, and a relatively simple, low-cost technology, exploiting the availability of free eco-system services.This report investigates how this position might be affected by the development of new technology for closed containment-farming.</p> <p>Our main finding is that new technology must be developed much further in terms of efficiency to be able to compete with the efficiency of the net-cage system. The main difference in terms of cost stems from the very low investment per unit farming volume of the net-cage system. This conclusion might over time be altered by major changes, like for instance increased cost due to environmental regulations.</p> <p>In discussions about competitive positions, one should also keep in mind that Norway’s positions stems not only from natural conditions, but also closeness to the markets, a strong knowledge basis, good infrastructure and good management practices.</p>		

Innhold

1	Bakgrunn for analysen.....	1
1.1	Drivere for utvikling av nye teknologiske løsninger	2
1.2	Metode	3
2	Etablerte og nye driftskonsept i oppdrett	7
2.1	Notbaserte driftskonsept i oppdrett	7
2.1.1	Optimal åpen merd, sjø	7
2.1.2	Merd, offshore.....	7
2.2	Lukkede anlegg i sjø og på land	8
2.2.1	Lukket anlegg i sjø, på beskyttede eller eksponerte lokaliteter.....	8
2.2.2	Landbaserte anlegg	9
2.2.3	Kombinasjonslinje (stor settefisk pluss tradisjonelle anlegg)	10
2.3	Interaksjon med omgivelser og institusjonelle rammer	10
2.3.1	Åpne merder offshore	11
2.3.2	Lukkede anlegg i sjø.....	13
2.3.3	Landbaserte anlegg	14
2.3.4	Oppsummering av interaksjon med omgivelsene og institusjonelle rammer	16
3	Produktivitet og økonomi.....	19
3.1	Økonomisk sammenligning	19
3.1.1	Basisalternativet	19
3.1.2	Landbasert resirkuleringsanlegg (RAS)	21
3.1.3	Merder offshore	22
3.1.4	Lukket eksponert anlegg	22
3.1.5	Lukket beskyttet anlegg.....	23
3.1.6	Landbasert resirkulering lavkostland	23
3.2	Oppsummering av økonomiske vurderinger	24
4	Konsekvenser av endret konkurranseevne for norsk lakseoppdrett	27
4.1	Norske konkurransefortrinn	27
4.2	Potensielle konkurrenter ved ny teknologi	28
4.2.1	Oversikt over produksjon og marked	28
4.2.2	Tilgjengelige områder for sjøbasert oppdrett	30
4.2.3	Lokalisering av landbaserte anlegg	31
4.3	Trender og scenarioer	31
4.3.1	Tunge trender	31
4.3.2	«Jokere» som kan endre utviklingsretningen	32
4.3.3	Scenarioer.....	33
4.3.4	Tidsperspektiv	34
4.4	Sannsynlighet, konsekvens og risiko	34
4.4.1	Scenario I: Basis+	35
4.4.2	Scenario II: Økte norske miljøkrav.....	37
4.5	Oppsummerende diskusjon av konsekvenser for norsk oppdrettsnæring.....	38
5	Oppsummering og konklusjoner	40

6	Referanser	41
	Vedlegg	i

1 Bakgrunn for analysen

Norsk oppdrettsnæring har i dag en produksjonsform som på mange måter er særdeles effektiv, og som gir en god utnyttelse av våre naturgitte forhold. Store nøter som henger under plastringer eller stålbur er genialt enkle konstruksjoner, som gir stort oppdrettsvolum med moderate investeringer. Når anleggene i tillegg kan legges til skjermede lokaliteter som likevel har god dybde, gode strømforhold og god temperatur, ser vi en viktig forklaring på hvorfor norsk oppdrettsnæring er verdens største produsent av oppdrettslaks.

Samtidig ser vi at det utvikles ny teknologi, både i Norge og i utlandet, for produksjon av laks i lukkede enheter, både på land og i sjø. Produksjon i lukkede anlegg gir bedre kontroll med produksjonsmiljøet til laksen og det gir mindre påvirkning på miljøet rundt anlegget. Fra flere hold blir det spurt om denne teknologiutviklingen, som gjør det teoretisk mulig å øke produksjonen av laks i andre land, kan svekke konkurransekraften til norsk oppdrettsnæring.

For å vurdere hvordan norsk oppdrettsnærings konkurranseevne blir påvirket av denne teknologiutviklingen, har vi tatt utgangspunkt i de konkurransefortrinn vi ser at næringen har i dag. Naturgitte forhold er viktige, men vi skal også huske at det ligger viktige konkurransefortrinn i nærheten til viktige markeder, i klyngedannelser, i infrastruktur og i stabile rammevilkår. Og kanskje aller viktigst: det ligger mye kunnskap bak denne tilsynelatende enkle produksjonsformen. Uten en sterk satsing på kunnskap om teknologi, avl, fôr, vaksiner, medisiner, produksjonsbiologi, og uten innovative utstyrsleverandører, hadde næringen vært mye mindre effektiv enn i dag.

Når ny teknologi utvikles vil mange forhold påvirkes. I våre vurderinger vil vi ta hensyn til at ny teknologi må ivareta fiskens helse og velferd, at den ivaretar miljøhensyn, i havet og i forhold til energibruk og at den er politisk/samfunnsmessig akseptabel. Teknologi utvikles både i Norge og i utlandet, og det er grunn til å tro at både miljøkrav og politiske føringer kan variere mellom potensielle produksjonsland. Dette vil vi også ta inn i vurderingene.

Den kanskje viktigste forutsetningen for at teknologi skal utvikles videre er at den er økonomisk bærekraftig. Om produsenter og utstyrsleverandører ser et økonomisk potensiale i et nytt produksjonskonsept, så vil store utviklingsressurser fort bli ledet dit. I analysen har vi laget kalkyler for produksjonskostnad for ulike konsepter, og brukt produksjonskostnad som rangerings- og konklusjonskriterium. Vi har i analysen tatt hensyn til kostnader for energibruk, vannforbruk, arealbruk, transportkostnader, sykdom og fiskehelse. Vi har også brakt inn næringens forhold til samfunn og konsumenter.

I analysen har vi tatt utgangspunkt i følgende nye driftskonsepter i oppdrett:

- Basis: dagens notbaserte merder
- Optimal åpen merd, sjø
- Merd, offshore
- Lukket anlegg i sjø, eksponert lokalitet
- Lukket anlegg i sjø, beskyttet lokalitet
- Landbasert anlegg

I praksis kan kombinasjoner av disse konseptene være vel så aktuelle som fullskala-anlegg av et nytt konsept. Det er for eksempel stor oppmerksomhet knyttet til mulighetene for å produsere større

settefisk, kanskje opp til 1 kg, før man setter fisken i merder i sjø. Vi vil også komme inn på slike kombinasjonskonsepter i vår analyse, men da basert på tallene fra de mer rendyrkede konseptene nevnt over.

1.1 Drivere for utvikling av nye teknologiske løsninger

Utvikling av ny teknologi er ressurskrevende, og motivasjon og gjennomføringsevne er avgjørende for å lykkes. Motivasjonen kan ligge både i økonomi, i krav fra marked eller fra myndigheter. Dette vil variere, og eksempelvis vil miljøkrav kunne vektlegges tyngre i Norge enn i andre land med andre utfordringer og målsettinger. Vi vil derfor kort beskrive ulike drivere for utvikling av nye teknologiske løsninger. Vi vil vurdere både nasjonale og internasjonale drivere og utviklingselement i forhold til dagens utfordringer, ambisjoner og politisk handlingsrom.

Driverne vil være sentrale i vurderingen av sannsynligheten for suksess og for eventuelle konsekvenser for norsk næring om teknologien lykkes. Vi vil diskutere flere drivere for teknologiutvikling, både kostnader, industrialisering og spesialisering, miljøfaktorer, kvalitet, fiskehelse og fiskevelferd, markedsvekst og politiske forhold.

Kostnader. Næringen har helt fra starten og fram til cirka 2005 oppnådd en nedgang i produksjonskostnadene fra år til år. Kostnadsreduksjoner har hele tiden vært en av de viktigste driverne for teknologiutvikling. De siste årene har kostnadsreduksjonene stoppet opp. Kostnadsreduksjoner har vært viktig for at laks har blitt konkurransedyktig i forhold til både andre fiskeslag og kjøtt. Lavere priser bidrar til å utvide markedet, og det er derfor å forvente at kostnadsreduksjoner vil fortsette å være en viktig driver for teknologiutvikling.

Industrialisering og spesialisering. En viktig årsak til både kostnadsreduksjonene og den teknologiske utviklingen vi har sett i havbruk, er den industrialisering og spesialisering næringen har gjennomgått. Effektivisering, automatisering og avansert styring av havbruksproduksjonen har gjort det mulig å øke produksjonen uten en tilsvarende kraftig økning i antallet sysselsatte i havbruk. Siden 1985 har produksjonen blitt tjuefemdoblet, mens sysselsettingen har økt med knappe 50 %. Oppdrettsnæringen er fortsatt en ung næring, med en industrialisering som har beveget næringen mot færre og større enheter, og med aktiviteter som flyttes mellom ulike lokaliteter. Fôring og overvåking automatiseres, og produksjonen per ansatt vokser. Dette har ført til framveksten av en stor leverandørindustri rundt næringen. I tillegg er mange av arbeidsoppgavene til røkterne overtatt av spesialiserte leverandører, som for eksempel notbehandling, fortøyning, utlegging av anlegg, dykkertjenester etc. Både fôr- og smoltleveranser skjer med båt direkte til anlegg og flåte, og slaktefisk hentes ved anleggene. Dette gjør at mer av sysselsettingen flyttes ut av den primære verdikjeden og over i avledet virksomhet. I tillegg er det vokst frem nye spesialiserte tjenester knyttet til fiskehelse, overvåking, rapportering, miljøundersøkelser, sertifisering, og lokalitetsklassifisering.

Tjeneste- og utstyrsleverandører blir dermed en stadig viktigere del av havbruksnæringen, både fordi leverandørene etter hvert utgjør en stor del av verdiskapingen i næringen, men også fordi mye av innovasjonsarbeidet i næringen foregår hos leverandørbedriftene.

Miljøfaktorer. Næringen har fortsatt miljøutfordringer, med lus og rømming som to av de viktigste. I tillegg til de «reelle» utfordringene, kommer utfordringer knyttet til mindre, allerede løste eller marginale miljøproblemer. Oppdrettsnæringen har sine motstandere, og opinionen fores jevnlig med

«skandaleoppslag» om for eksempel antibiotikabruk. I skrivende stund er det førstesideoppslag i VG om giftinnhold i oppdrettslaks som dominerer nyhetsbildet. Selv om næringen har fått kontroll på mange miljøutfordringer, kan de likevel være relevante i denne sammenheng; stor oppmerksomhet i media kan lett føre til tiltak fra myndighetenes side.

Kvalitet, fiskehelse og fiskevelferd. Bedre kontroll med fiskens miljø har vært en viktig drivkraft for lukkede anlegg. En hypotese er at det økte kontrollnivået i lukkede anlegg kan gi bedre miljøforhold for fisken enn i åpne nøter, og at risikoen i produksjonen dermed kan reduseres. Med bedre kontroll over produksjonsmiljøet vil man ha mulighet til for eksempel å redusere sykdomstilfeller og parasitter som lakselus. Lukkede anlegg kan tenkes å få en oppside i tilvekst, velferd og overlevelse, som kan kompensere noe for økte investeringskostnader. Det må samtidig bemerkes at en mer intensiv drift, som i lukkede anlegg i sjø og landbaserte anlegg, kan gi nye utfordringer for fiskehelse og -velferd, som man ikke nødvendigvis ser fullt ut i dag.

Markedsvekst. Den norske produksjonen av laks er på rundt 1,3 millioner tonn. Bak produksjonsveksten ligger det en stadig vekst i etterspørselen, drevet fram av en synkende pris på laks, god markedsføring, og ikke minst en voldsom produktutvikling basert på laks, med et bredt spekter av lakseprodukter i ulike foredlingsgrader i butikkene. Det meste av produktutviklingen skjer i bedrifter i markedslandene.

Politikk og reguleringer. Den norske oppdrettsnæringen har vært regulert siden den første (midlertidige) oppdrettsloven fra 1973. Bruken av konsesjoner har både begrenset adgangen til næringen og veksten i produksjonsvolum. Bakgrunnen for reguleringene har også endret seg over tid. De tidlige oppdrettslovene (1973, –81 og –85) hadde fokus på små enheter, lokalt eierskap og en spredning av næringen langs hele kysten (Aarset *et al.*, 2004; Aarset *et al.* 2005). I perioder har reguleringene vært svar på handelspolitisk press fra EU og USA, mens det i de siste årene har vært større fokus på miljø og arealtilgang.

1.2 Metode

I vurderingene har vi tatt utgangspunkt i tilgjengelig litteratur, kombinert med egen kunnskap, resultater fra tidligere Nofima-prosjekter på fagfeltet samt pågående forskningsprosjekter. Vi har også hentet inn kalkyler og annen relevant informasjon via artikler i fagpresse og på nettet, samt gjennom egen kommunikasjon med representanter for noen av de mest aktuelle utviklingsprosjektene.

Analysemodell

Analysen i dette prosjektet kan grovt deles i tre, i tråd med figuren under. For det første vil vi diskutere status og muligheter for aktuelle produksjonskonsepter. I dette inngår både sannsynligheten for teknologisk suksess og hvilke samfunnsmessige forhold som kan påvirke framveksten av disse konseptene.



Figur 1 Analysemodell

For det andre har vi vurdert økonomien for hvert av de aktuelle konseptene, og sett på viktige faktorer for at disse skal kunne bli konkurransedyktige med basisalternativet. I den tredje delen av analysen oppsummerer vi sannsynligheten for at de ulike konseptene skal lykkes, og eventuelle konsekvenser for norsk oppdrettsnæring om de gjør det. På bakgrunn av dette vurderer vi så risikoen for at teknologiutviklingen skal true Norges konkurranseposisjon.

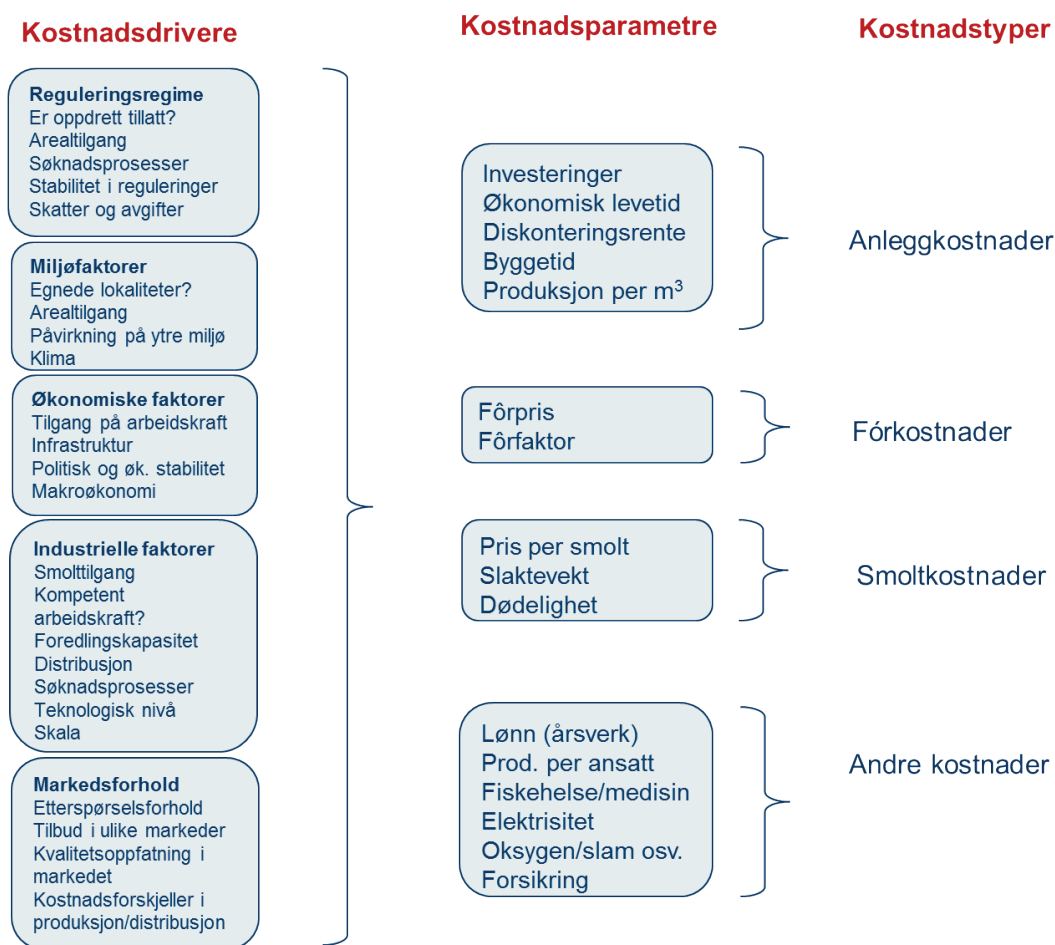
Økonomisk analyse

Vi har brukt dagens notbaserte anlegg som et 0-alternativ. Vi har vurdert produktivitet og økonomi i forhold til 0-alternativet gjennom å utarbeide kalkyler over enhetskostnadene i produksjonen for de ulike konseptene. I vurderingen av enhetskostnader har vi tatt hensyn til forskjellene i nødvendige investeringer for å oppnå sammenlignbare produksjonskvantum.

For 0-alternativet har vi gode data over kostnadsstruktur og lønnsomhet. For de øvrige alternativene er datagrunnlaget mer begrenset, og vi har benyttet både tilgjengelig litteratur, intervjuer med ressurspersoner og egne kunnskaper for å bygge opp rimelige modeller for disse. Beregningene vil være beheftet med betydelig usikkerhet, og resultatene er derfor presentert i form av intervaller.

For å sammenligne de ulike produksjonskonseptene har vi brukt produksjonskostnader som rangeringskriterium. Vi har utarbeidet en kalkyle for produksjonskostnader som tar hensyn til ulike kostnadskomponenter i hvert av konseptene.

Utgangspunktet har vært kostnadene i 0-alternativet, hentet fra Fiskeridirektoratets statistikk. Her har vi en ganske grov inndeling av kostnadene, omtrent som i høyre kolonne i Figur 2. For å kunne sammenligne ulike konsepter, måtte vi gå inn på de enkelte parameterne som påvirker kostnadene på ulik måte i de ulike konseptene, som for eksempel førfaktor og dødelighet. For å kunne diskutere framtidig utvikling, og vurdere sannsynlighet for ulike konsepter i ulike regioner, måtte vi trekke flere faktorer inn i diskusjonen. Vi har kalt disse kostnadsdrivere i Figur 2, men for mange av disse er det ikke bare snakk om kostnader, det er også snakk om vilkår for å lykkes.



Figur 2 Økonomisk analysemodell

Mens kostnadene i åpne anlegg og i landbaserte anlegg er relativt godt kjent, er det mye større usikkerhet om kostnadsbildet i nye konsepter, både lukkede anlegg i sjø og offshorebaserte merdsystemer. Usikkerheten om kostnader og konkurransedyktighet er også større når vi snakker om produksjon i andre eller nye deler av verden. I senere faser i rapporten, hvor vi vurderer sannsynlighet for vellykket implementering og trusselen mot norsk konkurranseevne, har det vært spesielt viktig å utnytte bredden i kompetansen i forskningsgruppen. Vi har brukt en workshoplignende arbeidsform for å få belyst kompleksiteten i sammenligningen mellom både ulike driftsformer og ulike lands konkurransemessige fortrinn.

Vurdering av sannsynlighet, konsekvenser og risiko

Den teknologiske beskrivelsen og økonomiske analysen danner grunnlaget for en todelt analysemodell der konsekvensene for norsk lakseoppdrett vurderes. Beskrivelsen av samfunnsforholdene trekkes inn gjennom at det defineres scenarioer for øvrige politiske rammebetingelser.

Analysemodellen består av en kvantifisering av sannsynligheten for at en gitt teknologi utvikles samt en vurdering av konsekvensen for norsk oppdrett i dette tilfellet. Sistnevnte beskrives tekstlig og kvantifiseres i likhet med sannsynligheten på en skala fra 1–5. Begge størrelsene er vurdert av alle de deltagende forskerne. Produktet av disse to elementene blir da risiko norsk oppdrett står ovenfor.

For ytterligere å belyse konsekvensene og å ta høyde for usikkerheten som ligger i teknologiutviklingen er det også definert en situasjon der vi ser bort fra de økonomiske analysene av

produksjonskostnader og forutsetter at en gitt teknologi utvikles og er økonomisk konkurransedyktig med basisalternativet. Den samme prosessen er benyttet for å vurdere sannsynlighet og konsekvens i dette tilfellet.

Tidsperspektiv

Teknologisk utvikling tar tid. Det som ofte tar lengst tid, er oppskalering og optimalisering av løsninger. Det tar derfor ofte lang tid fra man ser de teknologiske løsningene til et produksjonskonsept til anlegget fungerer i kommersiell skala. Vi har lagt til grunn for våre analyser at det neppe skjer dramatiske endringer på kort sikt (1–5 år), mens en god del kan skje på mellomlang sikt (5–15 år). Teknologiutvikling i et lengre perspektiv, 20–50 år, er det vanskelig å bygge inn i økonomiske modeller. Når vi i denne analysen diskuterer trusler for norsk konkurranseposisjon, så er hovedfokuset på hva som vil kunne skje i et perspektiv på 10–20 år.

Usikkerhetsmomenter i analysen

I denne analysen har vi måttet ta hensyn til mye usikkerhet, som er søkt innbakt på flere måter. Som nevnt over tar teknologisk utvikling tid, og den går ofte i rykk og napp. Det er derfor vanskelig å se hvilke teknologier som blir utviklet og ikke minst er det usikkerhet knyttet til økonomien i ulike konsepter.

Det vil videre være usikkerhet knyttet til teknologisk suksess, og dermed til hvilke teknologier som blir tatt i bruk. Utviklingsfokus på en gitt teknologi vil normalt øke jo nærmere teknologien er kommersialisering. Om flere aktører ser et stort potensiale, kan stor utviklingsinnsats føre til at et paradigmeskifte utløses.

Det er også stor usikkerhet knyttet til økonomisk suksess for de ulike konseptene. Hvordan blir effektiviteten i de ulike konseptene? Hva blir levetiden i anlegget? Hvilket kostnadsbilde får vi? Vi ser blant annet i analysene at kostnader knyttet til investeringer og avskrivninger blir utslagsgivende. Eksempelvis blir antagelsene knyttet til økonomisk levetid viktige. Vi har redegjort for mange av antagelsene knyttet til økonomi i kapittel 3.

Til slutt bør den politiske usikkerheten nevnes. Reguleringer, gjerne etter press fra handelspartnere, opinion eller fagmyndigheter, kan få store effekter. Vi har vurdert ulike miljøkrav som spesielt aktuelle. Slike effekter er vanskelige å tallfeste, noen av dem har vi tatt inn i diskusjonene gjennom drøfting av ulike scenarier.

Utvikling i basisalternativet

Det notbaserte produksjonskonseptet har vist seg svært fleksibelt og tilpasningsdyktig. Vi har til en viss grad diskutert, men ikke å forsøkt å tallfeste, hvordan dette vil utvikle seg om det kommer sterkere konkurranse fra lukkede anlegg. Det er imidlertid rimelig å anta at det fortsatt finnes et effektiviseringspotensiale i denne driftsformen. Press på lønnsomheten vil utløse sterkere fokus på effektivisering blant produsentene, og det vil ikke minst føre til et sterkere fokus på innovasjon blant både produsenter og de mange innovative leverandørene som i dag har en produktportefølje tilpasset dette produksjonskonseptet.

2 Etablerte og nye driftskonsept i oppdrett

I dette kapitlet vil vi presentere både etablerte driftskonsept og de alternativene vi skal drøfte. Vi har lagt opp til en kort presentasjon av status quo og viktige forskjeller mellom driftskonseptene.

2.1 Notbaserte driftskonsept i oppdrett

Det vi bruker som basialternativ for våre diskusjoner er det tradisjonelle åpne notanlegget (krage + not), som har vært en viktig årsak til Norges suksess innen lakseoppdrett. Notanlegget er en relativt rimelig teknologi, og det utnytter det en ofte kaller Norges naturgitte fortrinn med rikelig tilgang på friskt og rent sjøvann. Det må i denne sammenheng bemerkes at temperatursvingningene er relativt store på flere steder langs norskekysten, i forhold til for eksempel Chile, som har mer stabil, relativt høy temperatur. Et annet aspekt ved dagens notbaserte løsninger er at teknologien sikrer som oftest stor vannutskifting uten å måtte bruke energi til pumping eller flytting av vann. Nøtene er videre svært fleksible siden det er enkelt å flytte anlegg og fisk, skifte og rengjøre nøter, og sette inn og ta ut fisk. Veksthastighet og førfaktor er i de fleste tilfeller forutsigbare. Det har videre vært en gevinst i oppskalering av tradisjonelle nøter, noe som har bidratt til å senke produksjonskostnadene. På 80-tallet var det vanlig med 30–40-meters plastringer, eller 8x8 meters stålbuer, som ga et oppdrettsvolum på 300–600 m³. I dag er det vanlig med plastringer på opp mot 200 meter i omkrets, hvor én enkelt merd kan gi oppdrettsvolum på rundt 100.000 m³.

2.1.1 Optimal åpen merd, sjø

Selv om det notbaserte oppdrettet kan sees på som etablert, foregår det i dag likevel en kontinuerlig forskning og utvikling på de aller fleste forskjellige fagområder, som grenser til det notbaserte oppdrettet. Dette dreier seg om fagfelt som fiskens ernæringsbehov, føringredienser, fysisk førkvalitet, utføringsteknologi, fiskens miljøkrav (for eksempel oksygennivå), vaksineutvikling og forbyggende fiskehelse, biomasseestimering, og not og merdteknologien i seg selv (for eksempel materialer og oppankring). Imidlertid fremstår to aspekter som spesielt viktige for den videre utviklingen av det notbaserte oppdrettet, til det man kan kalle «optimal åpen merd i sjø». Dette dreier seg om 1) reduksjon i rømming og effektene av rømming og 2) reduksjon i påslag og spredning av lakselus. Det foregår et utstrakt arbeid for å utvikle notmaterialer, merdløsninger og arbeidsrutiner for å forhindre rømming fra tradisjonelle anlegg. Det er nylig igangsatt forskningsprosjekter på utvikling av steril laks, som kan redusere negative effekter på ville laksepopulasjoner dersom rømming først skulle skje. Når det gjelder lakselus har det vært og er forskningsprosjekter på utvikling av lusvaksine, før og andre metoder som reduserer påslag, og teknologi for å fjerne påslått lus. Et tredje moment ved dagens teknologi er den relativt høye dødeligheten i sjø. Om man får kontroll på disse tre faktorene, vil mye av grunnlaget være lagt for ytterligere forbedringer av konseptet «Optimal åpen merd, sjø». Det er fortsatt stor spredning i resultat mellom ulike selskaper og ulike utsett. Dette tyder også på at det er mer å hente gjennom videreutvikling av «best practice» i dette alternativet.

2.1.2 Merd, offshore

Med slik teknologi menes merdkonstruksjoner som er bygget for å ligge på eksponerte lokaliteter, ofte utaskjærs. Merdene er i dette tilfellet store, og er konstruert for å håndtere lokaliteter fra liten eksponering (0.5m signifikant bølgehøyde, Hs) til ekstrem eksponering (>3m Hs) (Shainee *et al.*, 2013).

For andre arter enn Atlantisk laks har det vært utført en rekke forskning- og utviklingsprosjekter på feltet, og kommersiell produksjon har også vært gjort i offshoreinstallasjoner (Skladany *et al.*, 2007). Man ser for seg at offshoreanlegg kan gi en rekke fordeler med tanke på bedre tilgang på friskt vann, økt vanngjennomstrømming i nøtene og derfor større nøter og høyere kapasitet per anlegg, i tillegg til potensielt mindre konkurranse mellom selskap/lokaliteter. En ser videre for seg bedre fordeling av utslipp til et større havområde, og mindre begroing av anleggene (Shainee *et al.*, 2013). På den andre siden er dimensjonering og design av offshoreanlegg krevende, siden anleggene må være bygget for å unngå havari i hardt vær, og for å gi tilfredsstillende ytelse (overlevelse, tilvekst), vannkvalitet, fiskehelse og -velferd på tross av meget store biomasser av laks per enhet. I Norge har vi sett i alle fall ett eksempel på et slikt anlegg, Ocean Globe, som aldri kom lenger enn til prototypestadiet. Det er også knyttet usikkerhet til driften av slike anlegg. Det vil være krevende å drive vedlikehold, transport til og fra blir mer krevende og arbeidssykluser må kanskje legges opp som offshoreturnus med 2–3 sett bemanning. Et steg på veien mot offshoreanlegg kan være «inshore» anlegg som er dimensjonert for mer vind og bølger enn dagens. Dette kan åpne for å ta i bruk mange lokaliteter som i dag regnes som for eksponerte.

2.2 Lukkede anlegg i sjø og på land

Det er økende interesse for testing og utvikling av lukkede anlegg i sjø og på land, både nasjonalt og internasjonalt (DFO, 2008). Gjennom de siste årene har flere rapporter og artikler blitt skrevet om teknologiske og biologiske aspekter i lukkede anlegg, med norske forhold i fokus, og det henvises derfor til disse for mer detaljerte betraktninger (Braaten *et al.*, 2010; Rosten *et al.*, 2011; Teknologirådet, 2012; Henriksen *et al.*, 2013; Rosten *et al.* 2013; Terjesen *et al.* 2013).

2.2.1 Lukket anlegg i sjø, på beskyttede eller eksponerte lokaliteter

Lukkede anlegg kan defineres som «et anlegg for produksjon av fisk som har en tett eller bortimot tett fysisk barriere mellom vannmiljøet der fisken oppholder seg og det omkringliggende miljøet. En slik fysisk barriere kan være en karvegg, en dukvegg eller lignende» (Rosten *et al.*, 2011). Flere lukkede anleggstyper har blitt lansert de siste årene, og forfatterne er kjent med 10 initiativer, regnet bare for Norge, og det er i tillegg prototyper lansert internasjonalt. Interessen kan derfor betraktes som stor for disse anleggstypene, fra flere hold, både hos oppdrettsselskaper, utstyrsleverandører, FoU-miljø, og interesseorganisasjoner. Konstruksjonene varierer fra poser av duk til stive tanker i glassfiber, betong eller stål. Størrelsen på anleggene som foreløpig er lanserte i Norge, er fra cirka 1.000 m³ til 21.000 m³, altså nesten opp til vanlig størrelse av tradisjonelle nøter. De fleste prototypene i dag er bygget for relativt rolig sjø, eksempelvis er ett av disse anleggene konstruert for 0.66 m H_s og oppgis som beregnet for lokaliteter med rolig sjø. Det er ikke kjent for forfatterne prototyper av lukkede flytende anlegg som er bygget spesielt for å håndtere bølgehøyder typisk for sterkt eksponerte lokaliteter.

I lukkede anlegg i sjø vil kostnaden til energi for flytting av vann inn i anleggene antakelig være lavere enn for pumping av tilsvarende vannvolum i landbaserte anlegg, forutsatt dagens teknologi i landbaserte anlegg. Graden av kontroll på oppdrettsmiljøet vil trolig være bedre i lukkede enn i tradisjonelle åpne nøter, særlig hvis dybden på vanninntaket varierer slik at temperaturen kan tilpasses optimal tilvekst og fôrutnyttelse, og redusere risiko for alger, maneter og lakselus i de periodene disse forekommer i øvre vannlag. Per i dag finnes det imidlertid ikke prototyper av flytende «lukkede» anlegg, kjent for forfatterne, som har så utstrakt vannbehandling at det gir et

reelt kontrollerbart skille mellom indre miljø (inne i anlegget) og ytre miljø (omkringliggende vann utenfor anlegget), slik en ser i landbaserte anlegg. Derfor kan definisjonen av lukkede anlegg i sjø, gitt over, når det gjelder dagens prototyper bedre benevnes som «semi-lukkede anlegg». Likevel gir dagens prototyper en utstrakt mulighet til slik kontroll i fremtiden, siden inn- og utløp fra semi-lukkede anlegg er konsentrert til et eller flere rør med en radikal reduksjon i areal mot miljøet, i forhold til dagens notbaserte merder hvor hele notveggen i prinsippet er å betrakte som et inn- og utløp.

2.2.2 Landbaserte anlegg

På 70,- 80- og 90-tallet var det flere initiativ med hensyn til landbasert produksjon, internasjonalt og i Norge, men erfaringene var delte (Braaten *et al.*, 2010). En møtte på problemer med pumpekostnader, kriseberedskap, og vintersår hos laksen ved produksjon i sjøvann, i gjennomstrømmings-systemer hvor vannet passerer fiskekaret bare en gang. Utviklingen av landbaserte anlegg har vært stor siden, spesielt gjelder dette resirkuleringsanlegg (RAS, «Recirculating Aquaculture Systems»). Med RAS menes anlegg som er basert på resirkulering, altså gjenbruk av store deler av vannet, i motsetning til i eldre gjennomstrømmingsanlegg hvor vannet passerer fiskekarene bare en gang. RAS kan gi meget god kontroll på vannkvalitet og andre driftsforhold, slik det er undersøkt for smoltproduksjon, dersom anlegget dimensjoneres og driftes riktig (Emparanza, 2009; Kristensen *et al.*, 2009; Terjesen *et al.*, 2013).

Et problem forbundet med landbasert produksjon hittil har vært energikostnaden i forbindelse med pumping av vann, og etter de tidligste forsøkene i gjennomstrømmingsanlegg på 70- og 80-tallet ble det konkludert med at slike anlegg var for kostnadskrevende i investering og drift (Braaten *et al.* 2010). Det er imidlertid en misforståelse at mye nytt sjøvann må pumpes helt opp fra havnivå til anlegget, dersom ny RAS-teknologi benyttes. Isteden sirkuleres rundt 99 % av vannflow inne i anlegget. Selv om også dette vannet må pumpes, så senker bruk av RAS-kostnadene på grunn av at vannet må løftes til en lavere høyde inne i anlegget, enn dersom det løftes helt opp fra havnivå. En del av pumpeenergien i RAS går også over til varme, og varmen konserveres i tillegg gjennom resirkuleringen. Dette er faktorer som bidrar til økt temperatur i anlegget, og derfor høyere veksthastighet hos fisken. Det har også skjedd en utvikling fra 90-tallet til i dag når det gjelder styring, sikkerhet og effektivitet i vanntransport i landbaserte anlegg. Et annet tema som undersøkes i en rekke forskningsprosjekt er at en i dag ikke fullt ut utnytter vekstpotensialet hos fisken, fordi en ikke sikkert vet hvilken vannkvalitet laksen faktisk bør ha i RAS. Dette gjelder spesielt produksjon av stor settefisk (postsmolt) hos laks, siden mye er ukjent om optimal saltholdighet i vannet i RAS, fiskens velferd, og toleranse til høye fisketettheter. Dersom en får økt kunnskap om disse tema kan landbaserte anlegg for laks til slaktestørrelse dimensjoneres, bygges og driftes mer målrettet og driftskostnadene dermed reduseres.

Tabell 1 Landbaserte anlegg for produksjon av atlantisk laks

Selskap	Land	Kategori	Produkt	Produksjonskapasitet
Atlantic Sapphire, Langesand Laks	Danmark, Hvide Sande	Landbasert RAS	Atlantisk laks til slaktevekt	2.000 tonn/år
Danish Salmon	Danmark, Hirtshals	Landbasert RAS	Atlantisk laks til slaktevekt	2.000 tonn/år
Yantai Salmon Farm-Shandong Oriental Ocean Sci-Tech Co.	Yantai, Shandong provins, Kina	Landbasert RAS	Atlantisk laks til slaktevekt	<1.000 tonn/år
Xinjiang Eke Konstruksjons- og administrasjonsbyrå	Gobiaørkenen, Kina	Landbasert RAS	Atlantisk laks til slaktevekt	1.000 tonn/år
BDV SAS	Géfosse-Fontenay, Normandie, France	Landbasert RAS	Atlantisk laks til slaktevekt	<50 tonn/år
(Anonym)	Nova Scotia, Kanada	Landbasert RAS	Atlantisk laks til slaktevekt	>200 tonn/år
Namgis First Nation	Kanada	Landbasert RAS	Atlantisk laks til slaktevekt	400 tonn/år

Internasjonalt er det i dag et økende antall landbaserte anlegg, basert på RAS-teknologi, som produserer Atlantisk laks til slaktestørrelse. Det er spesielt stor interesse i Danmark, Kina, og Kanada (Tabell 1). I tillegg til det som er listet i tabellen, er det flere anlegg på planleggingsstadiet i USA, Skottland, Irland og Chile. Imidlertid er den totale kapasiteten i anleggene listet i tabellen på kun ~7000 tonn/år.

2.2.3 Kombinasjonslinje (stor settefisk pluss tradisjonelle anlegg)

Fiskeri- og kystdepartementet ga nylig anledning til en prøveperiode med settefisk opp til 1 kg, sammenlignet med den tidligere grensen på 250 gram. Dersom industrien velger denne strategien, kan det potensielt gi flere effekter på produksjonen, ved et at en får en større, mer robust fisk og at tap i sjø kan tenkes å gå ned. Dette kan også bidra til andre gevinster, ettersom liten settefisk kan vise redusert tilvekst den første tiden i sjø (Oehme *et al.*, 2010; Alne *et al.*, 2011). Redusert produksjonstid i åpne nøter i sjø vil samtidig gi et lavere antall individ i sjø, samt færre generasjoner lus på fisken. Omlegging av produksjonsformen til en kombinasjonslinje med utsett av stor settefisk på 1 kg, og videre til slaktestørrelse i tradisjonelle nøter, vil derfor kunne bidra til reduksjon av lakselus. En stor settefisk vil også kunne redusere den totale produksjonstiden betydelig. Ved å benytte en settefisk av varierende størrelse og utsett på flere tidspunkt gjennom året, vil en på lokalitetsnivå kunne produsere tettere opp til maksimal tillat biomasse (MTB), sammenlignet med to grupper av mindre settefisk (Mathisen, 2011). Første del av en slik kombinasjonslinje er begrenset til settefiskstillatser, noe som i praksis i dag vil si landbaserte anlegg, som har produksjonskapasitet og kan gi tilfredsstillende driftsforhold for 1 kg fisk. Det er imidlertid flere initiativer og forskningsprosjekt i gang i Norge i dag på om også flytende semi-lukkede anlegg i sjø kan benyttes som første ledd i en slik kombinasjonslinje.

2.3 Interaksjon med omgivelser og institusjonelle rammer

Det pågår en stadig debatt rundt oppdrettsnæringens påvirkning på samfunnet rundt. Debattene går rundt både miljøpåvirkning, arealbruk, sosioøkonomiske forhold og institusjonelle forhold. Vi har drøftet hvordan forhold rundt hvert av disse fire temaene påvirker vurderingene for de aktuelle konseptene.

2.3.1 Åpne merder offshore

Til grunn for vår diskusjon ligger en offshoreteknologi basert på dagens åpne merdsystem, og vi forutsetter en teknologi som tilfredsstiller dagens krav og standarder med hensyn til teknologi og drift.

Miljø

Åpne merder offshore vil ha sitt store fortrinn i tilgang på lokale og rimelige økosystemtjenester knyttet til vanntilførsel, vekstomgivelser og vannutskifting. Effektene på vannkvalitet er generelt små med dagens åpne produksjonskonsept og gitt resipientkapasiteten til havs vil det sannsynligvis bli et ennå mindre problem. I noen få tilfeller kan organisk utslipp fra dagens åpne system medføre en uakseptabel akkumulering på bunn under anleggene. Dette er avhengig av forhold og drift ved lokalitetene, men forutsatt større dyp og bedre vannutskifting offshore vil dette konseptet ha vesentlig større resipientkapasitet, og miljøutfordringer knyttet til lokal akkumulering av utslipp vil i praksis kunne elimineres.

Kystnær interaksjon med villfisk vil generelt reduseres, men vil øke i områder lenger til havs. Lokalisering til havs, med antatt vesentlig større enheter, kan potensielt gi et større punktvis smitte- og parasittpress. Det foreligger for lite kunnskap til å trekke klare konklusjoner om effektene av smitte og parasittpress på fauna og ville fiskebestander til havs. Avhengig av lokaliseringen i forhold til villaks kan det imidlertid ikke utelukkes utfordringer med eksempelvis lakselus også ved offshoreanlegg. Lusepresset på utvandrende laksesmolt og sjørøye og sjørørret i de kystnære områdene vil imidlertid reduseres.

Utfordringer knyttet til rømming og interaksjon med villfisk er prinsipielt ikke forskjellig fra dagens konsept, men et totalhavari av et offshoreanlegg, med mye større biomasse, kan gi langt større konsekvenser. Samlet risiko avgjøres i tillegg av sannsynlighet for et totalhavari, noe det foreligger for lite kunnskap om til å kunne trekke klare konklusjoner om. Lokalisering langt til havs innebærer imidlertid stor geografisk avstand til lakseførende vassdrag, noe som i følge Fiske *et al.*, (2006) reduserer andelen rømt laks i elvene.

Offshoreanlegg vil innebære økt ressursbehov knyttet til kraftigere anlegg, forankring, robuste utforingssystem, lengre transporter og generelt større logistikkinnsett, noe som også vil innebære miljøeffekter.

Arealbruk

Åpne merder til havs vil i prinsippet innebære en like arealeffektiv produksjon som dagens merdbaserte konsept. Noe større dybder innebærer behov for de lengre forankringer og større beslag av bunnareal, men med gjennomgående større anlegg og dypere nøter, vil offshoreanlegg sannsynligvis være noe mere arealeffektive enn dagens produksjonskonsept. I forbindelse med offshoreanlegg vil det også være behov for areal til landbaserte støttefunksjoner. Omfang vil avhenge av hvor langt man velger å gå til havs og hvilke produksjonsinnretninger som velges. Det må likevel forventes at arealbeslagene på land konserteres til færre og større områder, primært i tilknytningen til sentra med god kommunikasjon og etablert infrastruktur. Samlet arealbeslag på både land og sjø vurderes imidlertid ikke til å endres vesentlig.

En lokalisering til havs vil i all hovedsak innebære fravær av kystnære arealkonflikter relatert til bruk og vern. Det kan ikke utelukkes noen konflikter knyttet til landbaserte støttefunksjoner, men det vurderes til å ha liten betydning. Lokalisering av matfiskproduksjon til havs vil imidlertid kunne utløse

areal og brukskonflikter med interesser offshore. Dette knytter seg til både tradisjonelle brukerinteresser som fiskeri, men også nye interesser knyttet til både energiproduksjon, petronæringen, ferdsel, vern og på sikt også offshore mineralutvinning. På bakgrunn av erfaringene fra konfliktene mellom offshore vindmølleparker og fiskerier, kan det forventes at spesielt konflikter med fiskeriinteresser vil gjøre seg gjeldende. Eventuelle areal og brukskonflikter offshore vil i tillegg kunne oppskaleres og kompliseres ved at også internasjonale hensyn til for eksempel fiskeri, ressurser og ferdsel skal ivaretas i kyststatens økonomiske sone.

Lokalitetskrav, arealkrav, biofysisk tilgjengelighet og potensielle brukerkonflikter relatert til offshorelokaliseringen er uklart. Gitt den gode arealutnyttelsen vil samlet arealbeslag være minimalt, og relatert til størrelsene på potensielle havareal, samt antall konkurrerende brukere er det likevel grunn til å anta at antall areal- og brukskonflikter vil kunne bli mindre enn ved innaskjærs oppdrett.

Sosioøkonomiske forhold

Gitt at man lykkes med konseptet vil offshoreproduksjon ha et betydelig produksjonspotensial som kan tenkes å få nasjonal betydning både for verdiskaping og sysselsetting. En offshoreproduksjon vil innebære et enda mer industrielt produksjonskonsept som fordrer industrielle aktører med store økonomiske, organisatoriske og kunnskapsmessige ressurser. Det vil sannsynligvis innebære en større konsentrasjon, både geografisk og eiermessig, av verdiskaping og sysselsetting. Det vil være behov for oppbygging av helt nye logistikk- og infrastrukturløsninger. Den direkte sysselsettingen knyttet til matfiskproduksjon vil måtte baseres på boenheter offshore, turnusordninger og pendling, noe som innebærer en geografisk uavhengig sysselsetting. Det vil også være behov for en ytterligere spesialisert leverandør- og servicetjeneste, med kort responstid og kort avstand til produksjonsenhetene. Verdiskaping og sysselsetting knyttet til base-, slakteri og eventuell foredling vil konsentreres i færre og større sentra med god infrastruktur, god kommunikasjon og effektive transportmuligheter til markedet.

Institusjonelle forhold

Etablering og drift av offshore matfiskanlegg til havs vil høyst sannsynligvis bli kontroversielt i forhold til offentlige reguleringer og rettighetsregimer. I USA, for eksempel, har manglende tilrettelegging i lov- og forvaltningsregimet vært vurdert som den viktigste flaskehalsen for utviklingen av offshore havbruk (Buck, 2012). Etablering av offshoreanlegg forutsetter at utøverne gjennom offentlig tilrettelegging og regulering gis nødvendig forutsigbarhet og nødvendige rettigheter, men samtidig skal også andre bruks- og miljøhensyn ivaretas. Eksempelvis vil det måtte utarbeides nye forvaltningsregimer knyttet til lokalisering, drift og utstyr. Eksklusive rettigheter til gitte produksjonsområder vil i praksis forutsette privatisering av havområder og allmenningen. Både nasjonalt og internasjonalt lovverk og reguleringer vil da utfordres. En nasjon som Norge har med sin offshoreaktivitet knyttet til både petro, fiskeri og ferdsel allerede en del institusjonelle strukturerer for forvaltningen av de aktuelle produksjonsområder i vår økonomiske sone. Vi har også en etablert lov- og forvaltningsstruktur knyttet til sjøbasert merdproduksjon som vil ha overføringsverdi. De forvaltningsmessige utfordringene kompliseres imidlertid ved lokalisering i en kyststats økonomiske sone, som er områder som ikke underkastet statens suverenitet. Forvaltningen der skal skje i henhold til både havrettstraktaten og internasjonale avtaler om å ivareta en rekke internasjonale og bilaterale forhold. Offshore havbruksnæring vil åpenbart utfordre og forutsette tilstrekkelig politisk vilje, ressursinnsats og forvaltningsmessig kapasitet, for å etablere et forvaltningsregime som legger til rette for produksjonskonseptet.

2.3.2 Lukkede anlegg i sjø

Lukkede anlegg i sjø, enten de er ment for eksponerte eller beskyttede lokaliteter, vil ha mye av de samme implikasjoner for omkringliggende miljø og interesser og vil her behandles samlet.

Miljø

Et lukket anlegg i sjø er en mer ressurs- og materialkrevende konstruksjon enn dagens åpne merder. Konseptet innebærer også økt material- og ressursinnsats ved at vann må pumpes/flyttes inn og ut av anlegget. Avfallet fra produksjonen kan samles opp og renses, slik at utslipp av organisk materiale reduseres. En slik håndtering av avfall/slam vil imidlertid også være ressurs- og energikrevende, og medføre behov for transporttjenester med tilhørende energibruk og utslipp. Håndteringen av slam vil være utfordrende og for at det skal kunne være anvendbart for gjenbruk er det vesentlig at salt kan fjernes. Det innebærer økt energi- og ressursbehov. Gitt konklusjonen om at utslipp fra åpne anlegg samlet sett ikke er et problem (Anon, 2011) vil man slik sett ikke redusere et miljøproblem.

Ved at man kan hente vann fra større dyp forventes det at man kan redusere antall luselarver, og dermed redusere luseproblemet (Rosten *et al.*, 2011). Det vil også være mulig å filtrere vann for å unngå lusesmitte. Både bruk av kjemikaler til lusebekjempelse og spredningen av lakselus til omgivelsene vil da kunne reduseres. Avhengig av vannrensesystem vil man også kunne gjennomføre vannrensing som kan redusere eksponering av smitte til omkringliggende miljø. Miljøulempen er økt material, ressurs- og energiinnsats og eventuelle økte klimagassutslipp.

Fare for havari og rømming vil i stor grad avgjøres av teknologiske valg, men det er åpenbart at et lukket anlegg i sjø vil medføre vesentlige økt eksponering i forhold til strøm og bølger. Samtidig vil behovet for antall produksjonseenheter måtte økes vesentlig sammenlignet med dagens konsept, noe som kan være utfordrende i forhold til rømmingsrisiko. I følge Teknologirådet (2012) er det ikke grunnlag for å konkludere om lukkede anlegg i sjø vil innebære redusert eller økt sannsynlighet for rømming og påfølgende interaksjon med villaks.

Arealbruk

Arealbeslaget vi i stor grad avgjøres av tilgjengelig oppdrettsvolum, noe som innebærer at enhetsstørrelse og fisketetthet vil være avgjørende for arealbeslaget. De største lukkede anleggende er i følge Teknologirådet (2012) på 3.000 m³, mens vanlige åpne merder til sammenligning er på 50.000–100.000 m³. Dermed vil arealbehovet i sjø øke vesentlig dersom en større del av oppdrettsnæringen skulle produseres i lukkede flytende anlegg (Rosten *et al.*, 2011, Henriksen *et al.*, 2013). Forskjellene er så vesentlige at det vil være nødvendig med vesentlige teknologiske utviklingsskritt for å kunne kompensere forskjellene. Dersom større lukkede enheter kan utvikles, og fisketetthet kan kjøres forsvarlig opp mot 80 kg/m³, vil ikke det teoretiske arealbehovet ved bruk av lukkede enheter være mye større enn med tradisjonelle notbaserte anlegg. Forutsatt at uttesting av større konstruksjoner gir et tilfredsstillende resultat, for eksempel en enhet på 21.000 m³ som sjøsettes i disse dager, vil forskjellen på arealbehov mellom tradisjonelle og lukkede anlegg kunne reduseres. Ved å ta utgangspunkt i eksisterende kunnskap konkluderes det imidlertid med at et lukket system vil innebære et økt arealbeslag for å produsere samme kvantum.

Økte strøm- og miljøkrefter på et lukket anlegg gir behov for kraftigere forankringer, noe som kan innebære at forankringsstrekkeene må forlenges, og dermed at forankringsarealet økes ytterligere. Samlet fysisk arealbeslag vil imidlertid fortsatt være beskjedent i forhold til samlet sjøareal, og eventuelle endringer i omfang på potensielle arealkonflikter vil i stor grad avgjøres av hvordan

konseptet påvirker og oppfattes til å påvirke omgivelsene. Eksempelvis vil reduserte problemer med lakselus høyst sannsynlig kunne bidra til å redusere konfliktene relatert til vill anadrom fisk. Eventuell reduksjon av utslipp og eksponering av smitte og parasitter mot omkringliggende miljø kan bidra til å dempe konflikter relatert til marin villfisk. Det kan også tenkes å gi en positiv effekt i forhold til veterinærfaglige avstandskrav. Dette kan bidra til at areal som i dag utelukker det åpne merdkonseptet kan gjøres tilgjengelig for oppdrett. Det kan for eksempel bety at fraflyttede lokaliteter, som med økt biomasse etter hvert hadde for liten vannutskiftning, igjen kan tas i bruk.

Med dagens teknologi vil det kun være innaskjærs lokalisering i godt skjermede områder som er aktuelle. Sammenlignet med dagens åpne merdsystem, som har flyttet ut på mer eksponerte lokaliteter lenger bort fra folk, vil lukkede anlegge ligge nærmere innpå folk og dermed gi grunnlag for økte konflikter relatert til for eksempel friluftsinnteresser, fritidsboliger og oppsittere (Teknologirådet, 2012). På den andre siden vil reverseringen av lokaliseringen til skjermede lokaliteter kunne redusere konflikten med fiskeriinteresser utaskjærs. Konfliktene med fiskeinteresser innaskjærs kan imidlertid øke noe, avhengig av nevnte eksponering av smitte, parasitter og utslipp mot omgivelsene. Større anleggsenheter og tilhørende forankringer vil åpenbart være en utfordring også i forhold til fiskeriinteresser innaskjærs. Det er dermed noe usikkert hvordan samlet effekt vil bli i forhold til arealbruk og potensielle konflikter til nærliggende brukere og interesser. Gitt noe begrenset omfang på vannbehandling og vannrensing, kan det forventes en viss økning av konflikter relatert til areal-, bruks- og verneinteresser.

Sosioøkonomiske forhold

Et konsept med lukkede anlegg vil innebære en viss reversering av lokaliseringen mot mer innaskjærs lokaliteter. Det vil i seg selv neppe medføre vesentlige endringer i næringsstruktur. Det vil være behov for noe ny infrastruktur knyttet til eventuell vann- og slambehandling, men eksisterende infrastruktur vil i all hovedsak kunne benyttes. Noe mer oppbygging av leverandør- og tjenesteindustri vil det være behov for, men i det store bildet vurderes ringvirkninger som sysselsetting og verdiskaping å være relativt lik dagens situasjon. Samlet vurderes ikke konseptet til å medføre vesentlige endringer hverken i krav til eller påvirkning av sosioøkonomiske forhold.

Institusjonelle forhold

Etablering og drift av lukkede merdsystem vil i all hovedsak medføre behov for mindre tilpasninger av eksisterende regelverk, knyttet til eksempelvis fisketetthet, lokalitetsklassifisering, anleggs-sertifisering, veterinærfaglige avstandskrav samt vann- og slambehandling. Dette er forhold som i stor grad kan håndteres innenfor dagens forvaltningsregime, uten vesentlig økt ressursbruk eller økte forvaltningsmessige utfordringer. Konseptet oppfattes ikke heller til å være vesentlig forvaltningsmessig eller politisk kontroversielt, men eventuelt unntak relatert til regjeringens mål om å effektivisere arealbruken (jamfør bærekraftstrategien). Sammenlignet med dagens konsept er det lite, med et mulig unntak for arealtematikken, i dagens forvaltnings- og styringsregime som fremstår som noen vesentlig flaskehals for utviklingen av konseptet.

2.3.3 Landbaserte anlegg

Miljø

Landbaserte resirkuleringsanlegg vil kunne redusere utslipp av fôrbasert forurensning betydelig. Dagens teknologi gir muligheter for å samle opp partikler (fôr og avfall i fast form), men ikke oppløste næringssalter. Gitt tidligere nevnte konklusjonen om at utslipp fra åpne anlegg samlet sett ikke er et problem (Anon, 2011) vil man slik sett ikke nødvendigvis løse et eutrofieringsproblem ved å samle

opp organiske partikler. Det må imidlertid måtte påregnes økt material-, ressurs- og energiforbruk for både å rense vann og håndtere slam dersom det ikke skal slippes ut i sjø. I hvilken grad organisk slam kan anvendes som en ressurs er uklart, men bestanddeler som nitrogen og fosfor gjør slammet interessant som gjødsel. Slammet er imidlertid i sin opprinnelige form ikke egnet for direkte bruk som gjødsel. Det vil derfor være nødvendig å utvikle metoder for å omgjøre det til gjødsel.

Et lukket anlegg gir muligheter for bruk av tekniske løsninger som muligens kan løse dagens problemer med lakselus, spredning av sykdom og rømming av fisk. I hvilket omfang disse problemene kan løses gjenstår å se, da det finnes begrenset med erfaringer og kunnskap knyttet til drift av slike fullskala matfiskanlegg. Ved et nylig oppstartet landbasert matfiskanlegg med RAS-teknologi i Danmark, med planlagt produksjon på 1.000 tonn per år, trakk miljøvernmyndighetene inn driftstillatelse ut fra miljøhensyn¹. Begrunnelsen var gitt med henvisning til organisk utslipp, fare for feromonforstyrrelse av villaks og mulig påvirkning av laksens vandringsmønstre. Det er dermed ikke gitt at konseptet i seg selv løser miljøutfordringene, men at en eventuell suksess i større grad avgjøres av hvilke tekniske løsninger som er mulig og realistisk å ta i bruk for å hindre påvirkning av miljøet. Det antas likevel at utfordringer knyttet til rømming i praksis kan elimineres, og at problemer med lakselus vil kunne reduseres. Samtidig vil et slikt konsept innebære en forskyving av miljøpåvirkning mot økt material-, ressurs- og energibruk, samtidig som det vil gjøres mer irreversible inngrep på land med påfølgende effekter på landbasert naturmiljø og fauna.

Areal

Det er relativt lite erfaringsgrunnlag knyttet til laks i RAS-systemer, og det ser ut til å foreligge få beregninger om samlet arealbehov. For et landbasert lakseanlegg (RAS) i Canada med en produksjon på 2.500 tonn per år, er samlet arealbehov beregnet til 80.900 m² (Boulet *et al.*, 2010). Gitt riktigheten i anslagene, og ikke minst at man oppnår tilstrekkelig tetthet og vekst, ville det være nødvendig med et samlet arealbeslag på cirka 40 km² for å kunne produsere et kvantum tilsvarende dagens lakseproduksjon i Norge. Til sammenligning er laksenæringen i Norge beregnet til å legge beslag på 420 km² inklusive forankringsarealet på bunn (Andreassen, 2010). Det reelle arealbeslaget ved et landbasert konsept vil variere med flere ulike produksjonsforhold som for eksempel anleggsstørrelse, fisketetthet, vekstrate og vann- og slambehandlingssystemer. Forhold som adkomst og tilgjengelig infrastruktur i nærheten. Anslaget gir imidlertid en pekepinn på at fysisk arealbeslag, noe avhengig av hva som inkluderes i beregningene, kan bli mindre med et RAS-konsept enn dagens produksjonskonsept i sjø. I en arealvurdering må det imidlertid hensyntas ulike utfordringer knyttet til hvorvidt det er sjøareal eller landareal som beslaglegges.

For et landbasert konsept er det en rekke biofysiske, tekniske og samfunnsmessige forhold som må ivaretas. Eksempelvis bør landbaserte anlegg basert på sjøvann primært ligge nært gode sjøvannsforekomster. Det er også ønskelig med gode naturgitte arealegenskaper med hensyn til for eksempel terrengformasjoner, grunnforhold og størrelse. En kyststats topografi vil da avgjøre tilgangen på egnede areal og den kan være noe begrenset i et fjell- og kystland som Norge. Samtidig er det også ønskelig å ligge nært etablert infrastruktur og kommunikasjonssystemer. Tilgangen på egnede lokaliteter vil kompliseres ved at mye av landarealet i kystsonen allerede er beslaglagt og at utbygging der allerede er kontroversielt. Dette gjelder spesielt i befolkningstette områder, hvor nødvendig infrastruktur er best utbygd.

¹ <http://dn.dk/Default.aspx?ID=7749&PID=261781&NewsID=2760>

Sosioøkonomiske forhold

Ved å flytte produksjonen over på land vil man, avhengig av teknologi og driftsløsninger, kunne redusere konflikter relatert til sjøbaserte bruks- og verneinteresser. Konflikter knyttet til marine og anadrome villfiskinteresser må antas å kunne reduseres. Samtidig vil flytting av produksjon på land kunne bidra til økte konflikter relatert til utbyggingen i strandsonen. I følge Hersoug og Johnsen (2012) er konfliktbildet relatert til områdene i kystsonen overdramatisert, og det fremstår som usikkert i hvor stor grad en flytting på land vil bidra til å løse et problem.

Basert på blant annet kapital- og kompetansebehov kan det forventes en mer industriell nærings- og driftsstruktur ved å flytte produksjonen på land. Hvilken betydning flyttingen på land vil få for verdiskaping og sysselsetting vil avhenge av både anleggsstørrelse og lokalisering. Vesentlige grunnlagsinvesteringer peker i retning av færre og større enheter framfor mange små. Naturgitte lokalitetssegenskaper, krav til infrastruktur samt forhold relatert til eierrettigheter og andre bruks- og verneinteresser i strandsonen, kan tilsa at antallet aktuelle lokaliteter er noe begrenset. Det tilsier også en anleggskonsentrasjon, og da aller helst i nærheten av etablert og god infrastruktur og kommunikasjon, som er best i nærhetene av befolkningssentra. Valg av tilpasninger i forhold til etablert settefiskvirksomhet og lakseslakteri må også antas å ha betydning for hvor produksjonen lokaliseres. Produksjonen vil være mer høyteknologisk enn dagens matfiskproduksjon og vil kreve tilgang på relativt høykompetent arbeidskraft, som ofte er lettere tilgjengelige nær sentra. Det vil i tillegg måtte utvikles nye leverandørkonsept knyttet til varer og tjenester, og da i større grad på et høyteknologisk nivå. Samtidig ville dagens leverandørindustri og -tjenester knyttet til sjøbasert matfiskproduksjon i stor grad måtte fases ut og konsolideres, eller i større grad rettes mot eksport. Mye av dagens leverandørnettverk til laksenæringen er også leverandører til annen kystbasert næringsvirksomhet (Robertsen *et al.*, 2012), og endringer i leverandørnæringen som følge av flytting på land ville også få betydning for annet kystbasert næringsliv. I hvilken grad relatert virksomhet knyttet til fôr, transport og slakteritjenester ville berøres avhenger i stor grad av konsentrasjon og størrelse på landanleggene. Det må likevel, i tråd med ovennevnte, forventes en konsentrasjon som ville medføre at en rekke mindre slakterier ville avvikles. Det kan dermed antas en generell sentralisering av arbeidsplasser og ringvirkninger.

Institusjonelle forhold

Etablering og drift av landbaserte merdsystemer vil i stor grad kunne tilpasses dagens regelverk i skjæringspunktet mellom dagens forvaltningsregime for settefiskanlegg og matfiskproduksjon i sjø. Det vil være behov for noen mindre endringer knyttet til fiskestørrelse, fisketetthet, fiskevelferd, og det må videreutvikles et regelverk som i større grad tilpasses håndtering av utslipp fra anlegg samt eventuelle nye regler for håndtering av slam. Rettighetsforhold og arealdisponeringer vurderes til å kunne håndteres i henhold til dagens forvaltningsregime.

2.3.4 Oppsummering av interaksjon med omgivelsene og institusjonelle rammer

Basert på gjennomgangen ovenfor er de ulike driftskonseptenes relasjoner til omgivelsene, samt institusjonelle forhold, satt inn i en forenklet matrise i Tabell 2.

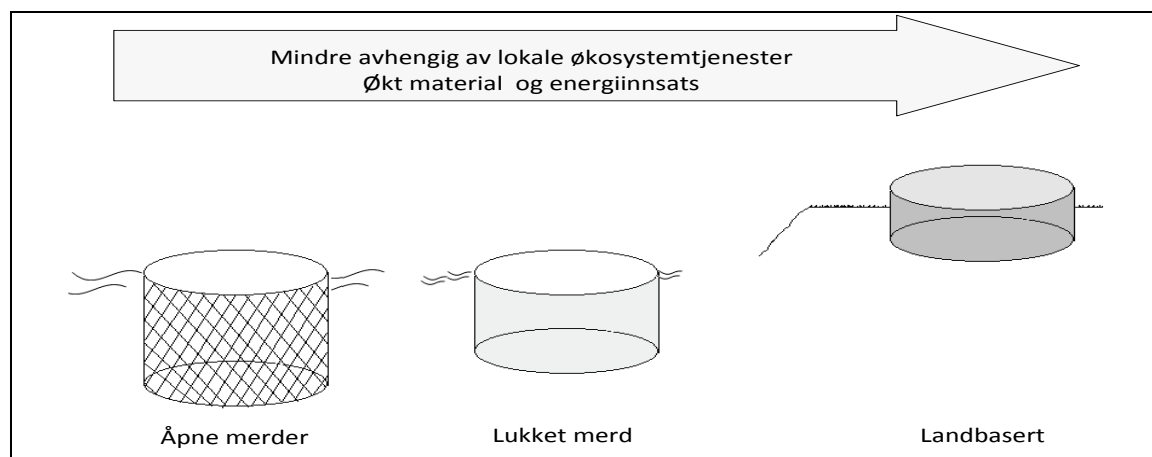
I forhold til miljø fremgår det at den lokale påvirkningen reduseres med økende grad av produksjonskontroll og overgang til et landbasert produksjonskonsept. Det landbaserte konseptet kommer også meget godt ut av det i forhold til vesentlige miljøutfordringer som lakselus og

interaksjon med vill fisk. Dette er basert på de forutsetningene som er satt for de konseptene vi har vurdert, som innebærer relativt høy grad av rensing og håndtering av utslipp.

Tabell 2 Vurdering av ulike driftskonsepters interaksjon med omgivelser og institusjonelle rammer (* angir omfang av endringene uten å klassifiseres som negativ eller positiv)

	Åpen merd sjø	Merd, offshore	Lukket, eksp.	Lukket, besk.	Landbasert
Miljø					
Utslipp lokalt	-	+	+	+	++
Lakselus og smittespredning	--	?	+	++	+++
Genetisk påvirkning villaks	-	-	?	?	+++
Material og energiinnsats	-	-	--	--	---
Sosioøkonomiske forhold					
Arealbruk	-	-	--	---	-
Endring i sysselsetting og verdiskaping*	0	-/+	0	0	--/++
Interaksjon med andre interesser	--	-	--	--	--
Institusjonelle forhold					
Juridisk	+	--	0	0	-
Forvaltning	+	--	0	0	-

Konklusjoner om de ulike konseptenes samlede effekt på miljøet vil avhenge av hvilke elementer som tas hensyn til og hvordan de vektlegges. Det er imidlertid slik at økende grad av kontroll med produksjonsmiljøet og redusert bruk av lokale økosystemtjenester innebærer økt bruk av energi og materialkostnader, jamfør figur 3. I en livsløpsanalyse utført av Ayer & Tyedmers (2009) ble tradisjonelt merdoppdrett, lukkede merdsystemer, landbaserte gjennomstrømmingssystemer og landbasert resirkuleringsanlegg vurdert i forhold til syv ulike miljøpåvirkningskriterier. Konklusjonen var, forutsatt bruk av fossilt drivstoff for drift av vannpumper ved et lukket merdsystem, at tradisjonelle åpne merder var mest miljøvennlig. Deretter fulgte lukket merdanlegg, landbasert gjennomstrømming og landbasert resirkuleringsanlegg. Energiforbruket var spesielt utslagsgivende for rangeringen av landbaserte anlegg. I tillegg til å illustrere betydningen av hvilke miljøkriterier som vektlegges, viser analysen et skifte av miljøutfordringer, hvor produksjonsnære miljøbelastninger skyves over mot mer globale utfordringer.



Figur 3 Forholdet mellom teknologiske løsninger, behovet for lokale økosystemer og ressursinnsats (basert på Ayer & Tyedmeyers, 2009)

Når det gjelder sosioøkonomiske effekter fremstår arealbeslaget til lukkede anlegg som negativt, sammenlignet med de andre konseptene. Dette knytter seg i hovedsak til enhetsstørrelse, men ved en eventuell overgang til større enheter, ville arealulempene reduseres. Flytting av produksjon på land vil innebære arealutfordringer i strandsonene, som kan være utfordrende. Gitt en høy fisketetthet og forventet vekst, vil imidlertid samlet fysisk arealbeslag være mindre enn for dagens merdbaserte produksjon.

Sysselsetting og verdiskaping vurderes ikke til å endres vesentlig ved en overgang til lukkede anlegg. Etablering av offshoreproduksjon vil innebære en viss forskyving av både sysselsetting og verdiskaping. Ved overgang til landbasert virksomhet vil det være behov for vesentlige endringer i verdikjeden for laks. Eksisterende sjøbasert leverandørindustri må i stor grad fases ut eller omstille seg, og ny leverandørindustri og servicefunksjoner vil måtte utvikles. Det kan også innebære at sysselsetting og verdiskaping sentraliseres mer.

I forhold til konstitusjonelle forhold vurderes både lukkede merder og landbasert produksjon til i stor grad å kunne tilpasses og justeres i forhold til dagens regime, mens åpne merder offshore vil ved lokalisering i havområder som ikke er underkastet statens suverenitet kunne være utfordrende og kreve nye forvaltningsløsninger.

3 Produktivitet og økonomi

Sannsynligheten for de ulike konseptenes suksess vil i stor grad avhenge av økonomi. Bruken av innsatsfaktorer og produktivitet er vesentlig forskjellig mellom de ulike driftskonseptene. Dagens produksjonsform, med merder i sjø, gir lave investerings- og driftskostnader per produsert kilo. Nye driftskonsepter vil ha langt større investeringer i anlegg. Samtidig kan disse ha driftsgevinster knyttet til fôr, avlusing, vaksine og sykdom, forbedret tilvekst, kvalitet og jevnere leveranse av sluttproduktet.

For at nye driftsformer skal være konkurransedyktige, må større investeringer i produksjonsutstyr oppveies av for eksempel lavere driftskostnader, høyere produksjon per volumenhet, reduserte transportkostnader til markedet eller eventuell merpris i markedet.

3.1 Økonomisk sammenligning

Med bakgrunn i økonomiens store betydning for anleggsformenens muligheter har vi valgt å analysere driftsøkonomien for de ulike konseptene. For enkelthets skyld, og for å være tettere knyttet til næringsaktørenes sammenligningsgrunnlag, har vi valgt å analysere produksjonskostnadene. Kostnader knyttet til investeringer, og levetiden på anlegg og utstyr, har vi tatt hensyn til gjennom anslag for avskrivninger og finanskostnader. Vi ser bort fra salgspriser. Eventuelle forskjeller i salgspris kan enkelt tas inn i analysen og feilen vil være liten i forhold til den øvrige usikkerheten som ligger i resultatene.

Fra Fiskeridirektoratets årlige lønnsomhetsundersøkelse i oppdrettsnæringen har vi gode data for de økonomiske forholdene i basisalternativet. For de øvrige konseptene finnes det svært lite empiriske data. Vi har derfor måttet gjøre en rekke forutsetninger om driften av disse anleggene i en økonomisk modell som beskrevet i Figur 2. Disse forutsetningene er tema for dette kapitlet og vil gjennomgå for hvert konsept med sammenligning mot basisalternativet før kapitlet avsluttes med en sammenligning av alle alternativene.

Som vi kjenner fra dagens oppdrettsbedrifter er det betydelig variasjon i produksjonskostnadene mellom enkeltbedrifter, til tross for at teknologien er tilnærmet lik. Det er rimelig å forvente tilsvarende variasjon for de øvrige konseptene. I tillegg er det betydelig usikkerhet knyttet til mange innsatsfaktorer som definerer produksjonskostnaden, slik at den totale usikkerheten for de øvrige konseptene er betydelig større enn for basisalternativet. Vi har forsøkt å ta hensyn til dette ved å bygge inn dynamikk i den økonomiske modellen og ved å tillegge innsatsfaktorer en sannsynlighetsfordeling. En simulering vil da bidra til å gi produksjonskostnaden for de ulike konseptene en sannsynlighetsfordeling, og gjøre oss i stand til å sammenlikne disse på et vitenskapelig vis.

3.1.1 Basisalternativet

Som utgangspunkt for vår modell for basisalternativet har vi benyttet den gjennomsnittlige produksjonskostnaden fra lønnsomhetsundersøkelsen for 2011 (Fiskeridirektoratet, 2011). Resultatene fra 2008 til 2011 er vist i Tabell 3. Dataene er dessverre relativt lite nedbrutt på kostnadsposter, men vi ser at fire poster dominerer. Fôr utgjør halvparten av produksjonskostnaden,

smolt 10 %, slakting 11 % og annet 15 %, til sammen 86 %. Det er også en viss variasjon i de totale kostnadene mellom årene i perioden og 2011 befinner seg blant de høyeste kostnadene.

Tabell 3 Gjennomsnittlige produksjonskostnader norske lakseoppdrettere (Kilde: Fiskeridirektoratet)

	2008	2009	2010	2011	Andel 2011
Smolt	2,13	1,97	2,45	2,28	10 %
Fôr	9,95	10,01	10,97	11,02	50 %
Forsikring	0,15	0,14	0,15	0,14	1 %
Lønn	1,46	1,31	1,69	1,61	7 %
Avskrivninger	1,08	1,01	1,16	1,09	5 %
Annet	2,94	2,94	3,3	3,37	15 %
Netto finans	0,95	0,39	0,29	0,19	1 %
Slakting	2,38	2,39	2,84	2,53	11 %
Produksjonskostnad	21,04	20,15	22,84	22,23	

I tillegg til produksjonskostnadene har vi også informasjon om kapitalbindingen og produksjonen i selskapene fra lønnsomhetsundersøkelsen. Denne informasjonen inngår også i den økonomiske modellen. I gjennomsnitt hadde selskapene bundet 201 og 64 millioner kr i henholdsvis omløps- og anleggsmidler. Produksjonen var 8.800 tonn per selskap i utvalget, og vi har antatt en investering per m³ oppdrettsvolum på 220 kr og en produktivitet på 30 kg/m³.

I modellen er smoltkostnadene beregnet som produktet av antall smolt kjøpt og prisen på smolt. Antall kjøpte smolt er beregnet som årsproduksjonen dividert på slaktevekten med tillegg av estimert dødelighet. Fôrkostnaden er årsproduksjonen multiplisert med økonomisk fôrfaktor.

Forsikringskostnaden defineres gjennom priser per anleggs- og omløpsmiddelkrone multiplisert med de respektive balansepostene. For lønn benytter vi anslaget fra undersøkelsen direkte. Avskrivningene avviker noe fra undersøkelsen. Her har vi benyttet anleggsmidlene dividert med en antatt gjennomsnittlig økonomisk levetid.

Posten «annet» er betydelig, men veldig lite brutt ned på kostnadsarter, noe vi har behov for i vår analyse. Her inngår blant annet administrasjon, fiskehelse, strøm og avlusing. Vi har trukket ut poster vi har behov for i den videre analysen og samlet differansen i en ny restkostnadspost. Avlusing er på basis av årsrapport for Marine Harvest antatt å koste 0,66 kr/kg og annen medisiner/fiskehelse er subjektivt antatt å utgjøre 0,5 kr/kg. Administrasjon er subjektivt anslått til 0,2 kr/kg. Dette gir en rest i «andre driftskostnader» på 2,01 kr/kg. Denne har vi brukt som basis for å estimere andre driftskostnader i de andre konseptene også.

Finanskostnadene i undersøkelsen reflekterer ikke alternativkostnaden for egenkapitalen i selskapene. Denne er derfor beregnet ut fra en kapitalkostnad på 7,5 % og kapitalbindingen i form av anleggsmidler og omløpsmidler. Slaktekostnaden tas direkte fra lønnsomhetsundersøkelsen.

Våre forutsetninger for ulike parametre og variable for de ulike anleggskonseptene er presentert i vedlegget. Med disse forutsetningene får vi estimerte produksjonskostnader for alle teknologi-alternativene som vist i Tabell 4. Tallene for hvert alternativ utdypes i egne avsnitt under.

Tabell 4 Modellerte produksjonskostnader

	Basis	Landbasert resirkulering	Merd offshore	Lukket eksponert	Lukket beskyttet	Resirkulering lavkostland
Smolt	2,19	1,94	2,19	2,06	2,06	1,00
Fôr	11,19	9,77	11,19	10,66	10,21	9,77
Forsikring	0,13	0,06	0,13	0,13	0,13	0,05
Lønn	1,61	1,97	3,22	2,82	2,42	0,98
Avskrivninger	1,09	2,78	1,67	5,71	3,13	1,88
Avlusing	0,66		0,66			
Medisinering/fiskehelse	0,50	0,25	0,5	0,5	0,5	0,20
Administrasjon	0,20	0,4	0,20	0,20	0,20	0,20
Elektrisitet		1,68		0,84	0,84	1,68
Oksygen		0,77				0,77
Slam		0,14		0,07	0,07	0,14
Alkalinitet		0,07				0,07
Annet	2,01	3,02	2,01	2,51	2,51	1,51
Kapital	2,27	5,71	5,71	6,00	4,06	4,36
Slakt	2,53	2,53	2,78	2,78	2,53	1,27
Sum	24,36	31,09	27,51	34,28	28,65	23,87

3.1.2 Landbasert resirkuleringsanlegg (RAS)

Anleggskonseptet er beskrevet fra en teknisk og biologisk synsvinkel i kapittel 2. Her skal vi gjennomgå parametrene som har betydning for økonomi. Vi følger samme oppsett som for basisalternativet, men for det landbaserte anlegget vil det være betydelige forskjeller i mange av postene, samt at en del poster kommer i tillegg. Som nevnt er det lite erfaringstall for drift av slike anlegg, og vi har i stor grad måttet basere oss på prosjekterte tall og egne vurderinger. For flere av postene har vi tatt utgangspunkt i basisalternativet og vurdert endringer ut fra disse erfaringstallene. Resultatene er presentert sammen med basisalternativet i Tabell 4 og enkeltpostene spesifiseres nærmere i de følgende avsnitt.

Størrelsen på investeringen som gjøres er en viktig del av kostnadsbildet. Det er ikke bygget mange landbaserte anlegg for matfiskproduksjon av laks, og vi har derfor ikke gode data på dette. Vi har antatt at anlegget skal produsere 3.300 tonn per år. Produktiviteten er antatt å være 180 kg/m³/år og investeringskostnadene 10.000 kr/m³ (Hald Olsen, 2012). Dette gir anleggsinvesteringer på 183 millioner kroner.

Smoltkostnaden er noe lavere for RAS-anlegget. Dette skyldes at vi har antatt en dødelighet på 10 % mot 20 % og lavere pris for smolten. Erfaringstall er lite tilgjengelig, og anslaget er basert på egne vurderinger samt Summerfelt *et al.* (2013) som budsjetterer med 11,6 %. Smolten kan kjøpes noe mindre og dermed til en lavere pris. Vi har antatt 6 kr/stk.

På grunn av bedre kontroll med utføringen i landbaserte anlegg er disse kostnadene noe mindre her. Vi har antatt en økonomisk fôrfaktor på 1,1 og samme fôrpris. Når det gjelder forsikring har vi antatt at slike anlegg har betydelig lavere risiko for tap av fisk. Kombinert med kortere produksjonstid har vi antatt at biomassen koster halvparten å forsikre i forhold til basisalternativet.

Vi har antatt at det kreves en arbeidsstokk på 10 årsverk. Dette er i samsvar med Roll *et al.* (2008) og noe lavere enn Summerfelt *et al.* (2013). Avskrivninger er beregnet ut fra en økonomisk levetid på 20 år. Vi har antatt at et slikt anlegg ikke vil ha behov for avlusing, samt at de øvrige fiskehelse relaterte kostnadene halveres. På grunn av økt kompleksitet og flere ansatte har vi antatt at administrasjonskostnadene er 50 % høyere.

RAS-anlegget vil ha kostnader til vannbehandling som basisalternativet ikke har. Summerfelt *et al.* (2013) anslår elektrisitetskostnader på 0,28 USD/kg, og dette er benyttet i vår analyse. Det må tilsettes 0,35 kg oksygen per kg fôr og fjernes 0,25 kg slam som tørrstoff per kg fôr (Timmons & Ebeling, 2007; Terjesen *et al.*, 2013). I tillegg må det tilsettes 0,25 kg bikarbonat per kg fôr for pH-stabilisering av vannet.

Andre kostnader er antatt å være 50 % høyere enn basisalternativet på grunn av den tekniske kompleksiteten i anlegget. Kapitalkostnadene er beregnet som for basisalternativet. Slaktekostnadene er antatt å være lik basisalternativet. Samlet gir dette produksjonskostnad på 31,09 kr/kg.

3.1.3 Merder offshore

Svært få offshore merdsystemer er tilgjengelige i dag, og ingen i en skala som er tilpasset oppdrett av laks. Datatilgangen for dette alternativet er følgelig svært svak. For mange av kostnadspostene har vi derfor måttet gjøre subjektive vurderinger med basis i basisalternativets kostnader.

Vi har antatt at anlegget produserer 10.000 tonn per år. Anlegg som skal tåle forholdene på åpent hav vil etter all sannsynlighet være mer kostbare enn basisalternativet. Vi har antatt en investering på 500 kr/m³. Produktiviteten har vi antatt lik basisalternativet på 30 kg/m³/år. Dette gir en investering på 166,7 millioner kroner. Vi har antatt samme kapitalbinding i omløpsmidler som basis.

Smolt, fôr og forsikring har vi antatt vil være like basisalternativet. Lønnskostnadene vil imidlertid være høyere ved drift offshore. Vi har antatt at man vil måtte ha to arbeidslag av samme antall som basis, og som alternerer på å bo på anlegget. Avlønningen av slik type turnus er også oftest høyere enn vanlig arbeid. Vi har antatt at disse faktorene til sammen gir dobling av lønnskostnadene.

Levetiden til utstyret er satt til 10 år. Sammen med de høyere investeringene gir dette noe høyere kostnader til avskrivning. Med unntak av kapital og slakting er de øvrige postene som basis. Førstnevnte er høyere grunnet investeringene. Slakting er antatt å koste 10 % mer enn basis på grunn av lengre transport til land. Samlet er produksjonskostnadene her antatt å bli 27,50 kr/kg.

3.1.4 Lukket eksponert anlegg

Som for offshoreanlegget er det ingen kommersielt tilgjengelige anlegg i kategorien lukket eksponert. Forutsetningene vi legger til grunn i analysen hviler følgelig tungt på skjønn og er usikre.

Produksjonen er budsjettert til 3.300 tonn, tilsvarende det landbaserte alternativet. Investeringene er anslått til 4.000 kr/m³ og produktiviteten til 70 kg/m³/år. Dette gir en samlet investering på 189 millioner kroner. Den økonomiske levetiden til anlegget er antatt å være 10 år. Omløpsmidlene er antatt å være lik basisalternativet.

Smoltkostnadene er satt noe lavere enn basis på grunn av en dødelighet på 15 % og samme smoltpris. Fôrkostnaden er noe lavere på grunn av noe bedre kontroll med fôring og dermed lavere fôrfaktor. Lønnskostnaden er antatt å bli 75 % høyere enn basis grunnet større teknisk kompleksitet i anlegget.

Avskrivningene blir høyere på grunn av de høye investeringene. Med dette anlegget har vi antatt at vann hentes fra dyp uten lakselus, slik at kostnadene til dette bortfaller. De generelle kostnadene til fiskehelse og administrasjon er antatt de samme som for basis.

Anlegget krever pumping av vann, men på grunn av svært lav løftehøyde har vi antatt at denne er halvparten av resirkuleringsalternativet. Kostnader til slam er også antatt halvparten av samme alternativ. Grunnet økt transport er slaktekostnadene antatt 10 % høyere enn basis. Samlet gir dette en estimert produksjonskostnad på 34,3 kr/kg.

3.1.5 Lukket beskyttet anlegg

I motsetning til forrige alternativ finnes det lukkede anlegg under utprøving for beskyttede lokaliteter. Imidlertid er disse fortsatt i en eksperimentell fase, slik at vi har lite informasjon tilgjengelig om drift og økonomi. Forutsetningene hviler derfor igjen tungt på skjønn i prosjektgruppen.

Investeringene er her anslått vesentlig rimeligere enn det eksponerte alternativet, 2.500 kr/m³. Produktiviteten er forutsatt å bli 80 kg/m³. Dette gir samlede investeringer på 103 millioner kroner. Den økonomiske levetiden er anslått til 10 år. Omløpsmidlene er satt lik basisalternativet.

Dødelighet på 15 % gir noe lavere smoltkostnad enn basis. Vi har forutsatt at fôrutnyttelsen er ytterligere forbedret fra det eksponerte alternativet, med en økonomisk fôrfaktor på 1,15.

Forsikringskostnaden er tilnærmet som basis. Lønnskostnadene er antatt noe lavere enn det eksponerte alternativet på grunn av nærheten til land, men fortsatt 50 % høyere enn basis på grunn av teknisk kompleksitet. Avskrivningene blir noe lavere enn det eksponerte alternativet grunnet lavere investeringer.

Øvrige forutsetninger er som for det eksponerte alternativet, med unntak av kapital og slakting. Kapitalkostnaden blir lavere grunnet lavere investeringer og slaktekostnaden er forutsatt lik basisalternativet i dette tilfellet. Samlet gir dette en estimert produksjonskostnad på 28,6 kr/kg.

3.1.6 Landbasert resirkulering lavkostland

Kostnadsforutsetningene som er lagt til grunn gjelder i stor grad for vestlige land. Det er rimelig å anta at enkelte poster vil kunne påvirkes dersom produksjonen legges til andre land. Vi har i dette delkapitlet forutsatt at resirkuleringsanlegget legges til et ekstremt lavkostland og beregnet produksjonskostnadene som kan realiseres her. De biologiske forutsetningene er som for resirkuleringsalternativet, men priser på innsatsfaktorer er lavere.

Smolt er antatt å være 25 % billigere, lønn halveres, fiskehelse 20 % rimeligere, administrasjon halveres, annet halveres og slaktekostnaden halveres. Investeringskostnadene for en del av anlegget kan være betydelig lavere i lavkostland, mens en del er mer avansert teknologi og kunnskap som må

kjøpes til verdensmarkedspriser. Basert på erfaringene fra etableringen av resirkuleringsanlegget på Sunndalsøra har vi anslått at 35 % av investeringen representerer slike varer, mens resterende kan kjøpes til lokale priser. Disse kostnadene varierer mellom land, men for å illustrere et nivå har vi antatt at resterende kostnader halveres. Vi har forutsatt at transportkostnadene til land i Asia er noe lavere enn de norske.

3.2 Oppsummering av økonomiske vurderinger

I Tabell 5 har vi igjen samlet estimatene for produksjonskostnader for alle anleggsalternativene for enkel sammenligning mellom disse. Vi ser at det er relativt små forskjeller for mange av postene; smolt, fôr, fiskehelse, administrasjon og slaktning. Store forskjeller finner vi i poster som avskrivninger og kapital. Moderate forskjeller finner vi for lønn, lus, elektrisitet, oksygen og annet.

De store forskjellene er knyttet til at produktivetsgevinsten ikke kompenserer for de økte investeringene. For det landbaserte alternativet gjelder denne selv om levetiden for anlegget er satt betydelig høyere enn de øvrige.

Tabell 5 Samletabell produksjonskostnader (kr/kg)

	Basis	Landbasert resirkulering	Merd offshore	Lukket eksponert	Lukket beskyttet	Resirkulering lavkostland
Smolt	2,19	1,94	2,19	2,06	2,06	1,00
Fôr	11,19	9,77	11,19	10,66	10,21	9,77
Forsikring	0,13	0,06	0,13	0,13	0,13	0,05
Lønn	1,61	1,97	3,22	2,82	2,42	0,98
Avskrivninger	1,09	2,78	1,67	5,71	3,13	1,88
Avlusing	0,66		0,66			
Medisinering/fiskehelse	0,50	0,25	0,5	0,5	0,5	0,20
Administrasjon	0,20	0,4	0,20	0,20	0,20	0,20
Elektrisitet		1,68		0,84	0,84	1,68
Oksygen		0,77				0,77
Slam		0,14		0,07	0,07	0,14
Alkalinitet		0,07				0,07
Annet	2,01	3,02	2,01	2,51	2,51	1,51
Kapital	2,27	5,71	5,71	6,00	4,06	4,36
Slakt	2,53	2,53	2,78	2,78	2,53	1,27
Sum	24,36	31,09	27,51	34,28	28,65	23,87

Som vi har nevnt hviler mange av forutsetningene tungt på skjønn og det er betydelig usikkerhet knyttet til dem. Hittil har vi vist estimerer på forventningsverdien til produksjonskostnader og sett bort fra usikkerhet knyttet til estimatene. En mer eksplisitt håndtering av usikkerhet vil gi et bedre grunnlag for vurderinger og beslutninger.

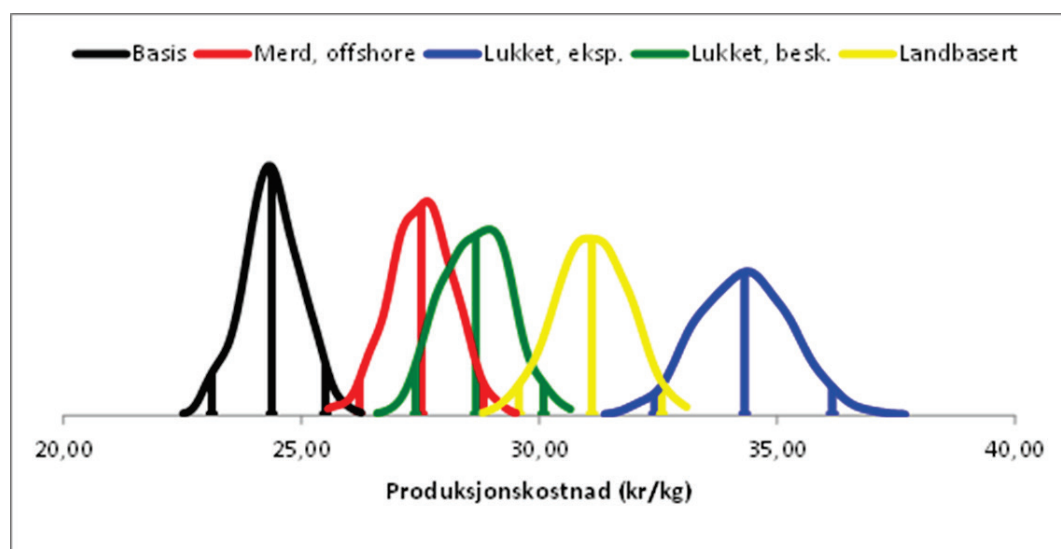
Vi har i den følgende fremstillingen forsøkt å anslå usikkerheten knyttet til ulike parametre i kostnadsmodellene og gjort en simulering med programmet Simetar for å presentere sannsynlighetsfordelinger over produksjonskostnadene. Vi har dessverre lite erfaringsgrunnlag for å anslå usikkerheten, slik at denne også hviler tungt på skjønnsmessige vurderinger fra forskergruppen.

Vi har valgt en metode der vi har antatt en trunkert normalfordeling for alle parametrene. Vi har videre antatt et fast standardavvik på 5 % av forventningsverdien og spesifisert en symmetrisk trunkering. Trunkeringsbredden er definert som forventningsverdien +/- en andel av forventningsverdien. Tabell 6 viser andelen som er benyttet for hver parameter for hvert anlegg. Eksempelvis betyr dette at vi antar at produktiviteten for det landbaserte alternativet maksimalt blir forventningsverdien ($180 \text{ kg/m}^3/\text{år}$) pluss 20 % av denne ($36 \text{ kg/m}^3/\text{år}$) og minimum 180 minus $36 \text{ kg/m}^3/\text{år}$.

Tabell 6 Trunkeringsbredde

	Basis	Landbasert resirkulering	Merd offshore	Lukket eksponert	Lukket beskyttet
Lønn	7	15	15	15	15
Avlusing	25				
Fiskehelse	25	25	25	25	25
Administrasjon	10	10	10	10	10
Annet	50	50	50	50	50
Slakting	20	20	20	20	20
Dødelighet	30	30	30	30	30
Smoltpris	20	20	20	20	20
Fôrfaktor	20	20	20	20	20
Forsikring	15	15	15	15	15
Levetid	25	25	25	25	25
Investering	15	15	15	15	15
Produktivitet	20	20	20	20	20

Vi har simulert de ulike konseptene med 1.000 tilfeldig trukne forutsetninger innenfor våre definerte sannsynlighetsfordelinger. Vi får da ut en sannsynlighetsfordeling over produksjonskostnadene som vist i Figur 2. Disse resultatene vil være en sentral del av grunnlaget for våre vurderinger av konsekvensene for norsk lakseoppdrett. Vi understreker at disse bare gjelder der det faktisk realiserte konseptet faller innenfor våre forutsetninger.



Figur 4 Sannsynlighetsfordeling for produksjonskostnader for de ulike anleggsalternativene

I første rekke viser resultatene at dagens konsept har et betydelig konkurransefortrinn med hensyn på produksjonskostnad. Bare offshoremerder har overlappende produksjonskostnadskurve, og da bare for lite kostnadseffektive anlegg innenfor basisalternativet, og svært liten sannsynlighet for offshorealternativet. Dette betyr at andre faktorer må kompensere for en betydelig kostnadsulempe om vesentlige deler av lakseoppdrettsproduksjonen skal flyttes til andre konsepter.

Som vi har nevnt er det betydelig usikkerhet i estimatene, og kostnadene knyttet til investeringer er betydelige for mange av anleggsalternativene. Vi har derfor gjort en enkel sensitivitetsanalyse av parametre knyttet til investeringene for å gi ytterligere innsikt i forskjellene mellom teknologiene. Vi har valgt å undersøke parametrene investering per m³ og levetid. Førstnevnte fanger både kapitalbindingskostnader og avskrivninger, mens sistnevnte bare får betydning for avskrivningene.

Resultatene er sammenfattet i Tabell 7. Investeringene må betydelig ned for alle alternativene for å bringe produksjonskostnadene på samme nivå som basisalternativet. For merd offshore vil ikke null investeringer være tilstrekkelig. Når det gjelder levetid var det bare lukket beskyttet som kunne oppnå tilsvarende produksjonskostnader og da med en tilnærmet uendelig levetid. Denne analysen viser at de kvalitative resultatene vil være relativt robuste med hensyn på investeringsestimatene, da det skal svært store endringer til for å komme på samme produksjonskostnader som basisalternativet.

Tabell 7 Nødvendig endring i parametre for å oppnå samme produksjonskostnad som basisalternativet

	Landbasert resirkulering	Merd offshore	Lukket eksponert	Lukket beskyttet
Investering per m ³	88 %	ikke mulig	99 %	78 %

4 Konsekvenser av endret konkurranseevne for norsk lakseoppdrett

Fra diskusjonen i kapittel 3 har vi sett at de andre produksjonskonseptene som er under utvikling i liten grad vil true det notbaserte konseptets konkurransedyktighet. Denne konklusjonen gjelder i alle fall på kort sikt, dog med et mulig unntak for landbasert produksjon i land med svært lave kostnader til drift og investeringer. Det er imidlertid noen momenter eller utviklingstrekk som kan endre denne konklusjonen. I dette kapittelet vil vi diskutere hvordan ny teknologi kan påvirke Norges konkurranseposisjon som lakseprodusent. Dette vil vi gjøre i fire trinn: For det første vil vi diskutere Norges konkurransefortrinn (4.1) og potensielle utfordrere (4.2). For det andre vil vi diskutere viktige trender og mulige scenarioer (4.3). For det tredje vil vi diskutere sannsynligheter for at de aktuelle konseptene blir henholdsvis en teknologisk suksess og en økonomisk suksess, samt konsekvensene av suksess gitt ulike scenarioer for fremtidig utvikling (4.4). Avslutningsvis vil vi peke på hvor stor risiko de ulike produksjonskonseptene utgjør for Norges posisjon som lakseprodusent.

4.1 Norske konkurransefortrinn

Flere forhold kan forklare den sterke veksten vi har sett i oppdrettsnæringen og Norges sterke posisjon som lakseprodusent. Vi skal komme inn på de viktigste fortrinnene her.

Naturbaserte fortrinn. Et av våre åpenbart største konkurransefortrinn ligger i de naturgitte gunstige forholdene for oppdrett. Norge har en lang kyst med mange skjermede lokaliteter, rent og godt temperert sjøvann, gode strømforhold og god dybde. Den rådende teknologien i næringen, notbasert oppdrett, gir god utnyttelse av økosystemtjenester: tilførsel av rent sjøvann og oksygen og fjerning av avføring (Ayer & Tyedmers, 2009). Denne fordelene er imidlertid ikke entydig, ettersom andre land har minst like gode forhold som oss. I Nord-Amerika finner man områder med like gode forhold, og i Chile har man i tillegg en vanntemperatur som er mye mer gunstig enn i Norge; mens temperaturene i Norge varierer mellom 0 og 20 grader, som gir henholdsvis veldig lav vekst og stress på grunn av lavt oksygennivå, har man i Chile en temperatur som hele året svinger rundt 14 grader, som er nært det optimale for lakseoppdrett.

Markedsnærhet. Nærheten til Europa er en viktig forutsetning for den sterke posisjonen vi har som leverandør av fersk laks. Så lenge markedet foretrekker fersk laks, er denne posisjonen vanskelig å true. Andre produsenter i Nordvest-Europa, som Skottland, Irland og Færøyene har et lignende nærhetsfortrinn, men ikke like gode muligheter for fremtidig vekst. Produsenter i Sør- og Nord-Amerika kan imidlertid være konkurransedyktige på frossen fisk, som har langt lavere transportkostnader.

Kunnskapsmiljøer. Norsk oppdrettsnæring har stor evne til innovasjon, men hvor mye av innovasjonen foregår blant leverandører av utstyr og tjenester til næringen (Iversen *et al.*, 2010; Robertsen *et al.*, 2012). Vi finner sterke leverandører og sterke utviklingsmiljøer for blant annet fôr, velferd, avl, vaksine, fôrings- og overvåkningssystemer. Vi finner også et bredt utvalg av spesialiserte tjenester. På dette området er norsk oppdrettsnæring verdensledende, og den har også en posisjon som en viktig eksportør av både utstyr og kunnskap. Tette koblinger mellom næring, leverandører og FoU-miljøer gir viktige klyngeeffekter. Vi ser også viktige klyngeeffekter i koblingene mellom leverandører til oppdrettsnæringen og leverandører til både fiskerinæringen og de maritime og oljerelaterte leverandørnæringene. Sammen med en kunnskapsrik forvaltning har man forutsetninger for en kunnskapsbasert utvikling som ingen andre nasjoner kan matche.

Infrastruktur. En annen viktig forutsetning for at norsk oppdrettsnæring kan levere fersk fisk på daglig basis er at vi har en kyst med relativt gode veiforbindelser ut til de ytterste øyer. Om vi ser på våre viktigste konkurrentland, så ligger mange av de gunstigste produksjonsområdene i områder som er tynt befolket eller ikke befolket i det hele tatt. Dette betyr lang vei og lang tid til markedet, og lang vei for å bringe innsatsfaktorer ut til anleggene. Denne fordelene blir riktignok mindre viktig nå når stadig mer av produksjonen blir flåtebasert, og hvor laksen fraktes med store brønnbåter over lengre strekninger før den slaktes. Med landfaste stålanlegg var denne infrastrukturen helt avgjørende.

Forvaltning. En kunnskapsrik forvaltning kan også i mange sammenhenger være et viktig fortrinn. Vi lever i et land med stabile politiske forhold, og relativt stabile rammebetingelser, selv om oppdrettsnæringen er en næring med mange reguleringer rettet mot både etablering og drift.

4.2 Potensielle konkurrenter ved ny teknologi

Utgangspunktet for denne analysen er at ny teknologi kan endre konkurransesituasjonen. Om man ser på de forholdene vi har nevnt som viktige for norske konkurransefortrinn, ser vi at det er flere faktorer enn naturbaserte fortrinn og teknologi som bestemmer konkurransedyktigheten. Det er heller slik at konkurransedyktigheten bestemmes av samspillet mellom naturgitte forhold, teknologi og de andre kildene til konkurransefortrinn vi drøftet ovenfor.

I analysen vil vi også belyse hvor og hvorfor ny eller økt produksjon kan finne sted. Når oppdrettskonseptene blir mer uavhengige av naturgitte forhold, øker mulighetene for å produsere andre steder. Men samtidig ser vi at den mest sannsynlige konkurransen, i alle fall fra sjøbaserte produksjonskonsepter, vil komme fra etablerte produksjonsland.

4.2.1 Oversikt over produksjon og marked

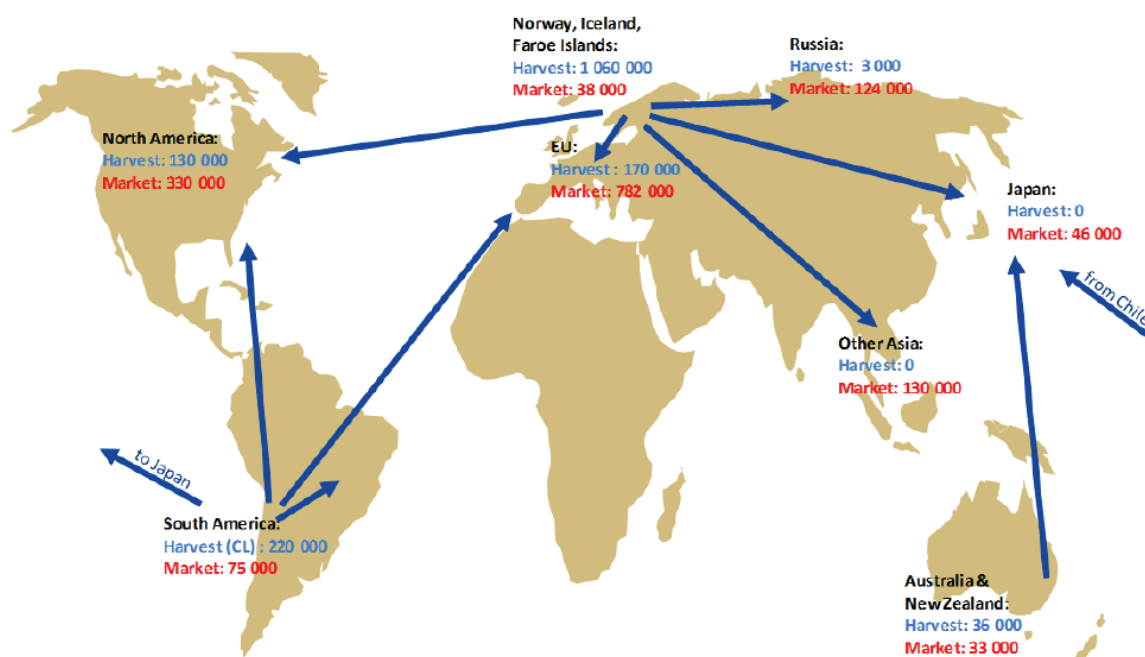
Også andre land har som nevnt gode forutsetninger for å drive sjøbasert oppdrett. En oversikt over hvor produksjonen finner sted i dag og markedene hvor fisken konsumeres er nyttig for den videre konsekvensanalysen.

Produksjon av atlantisk og stillehavslaks i oppdrett er på respektive 1.790.000 og 227.000 tonn. I tillegg kommer regnbueørret som oppdrettes med samme teknologi i Norge. Norge er den klart største produsenten av oppdrettslaks med en markedsandel på 60 % for atlantisk laks. I tillegg er Chile en betydelig produsent med 17 % av atlantisk og 25 % av det totale markedet for oppdrettslaks. Andre større aktører er Storbritannia, Canada og Færøyene, mens Australia, Irland, USA, New Zealand og Japan er mindre aktører. Estimert produksjon i 2012 er vist i Tabell 8.

Tabell 8 Estimert produksjon av oppdrettet laks 2012, 1.000 tonn (Kilde: Globefish)

	Atlantisk laks	Stillehavslaks
Norge	1.075	
Chile	310	195
UK	160	
Canada	120	12
Færøyene	60	
Australia	31	
Irland	15	
USA	16	
New Zealand		12
Japan		8
Andre	3	

Oppdrettslaksen konsumeres ikke alltid der den produseres, og det foregår en utstrakt handel mellom land. Figur 5 viser størrelsen på ulike markeder og indikerer hvor varestrømmen går mellom produsenter og konsumentmarkeder.

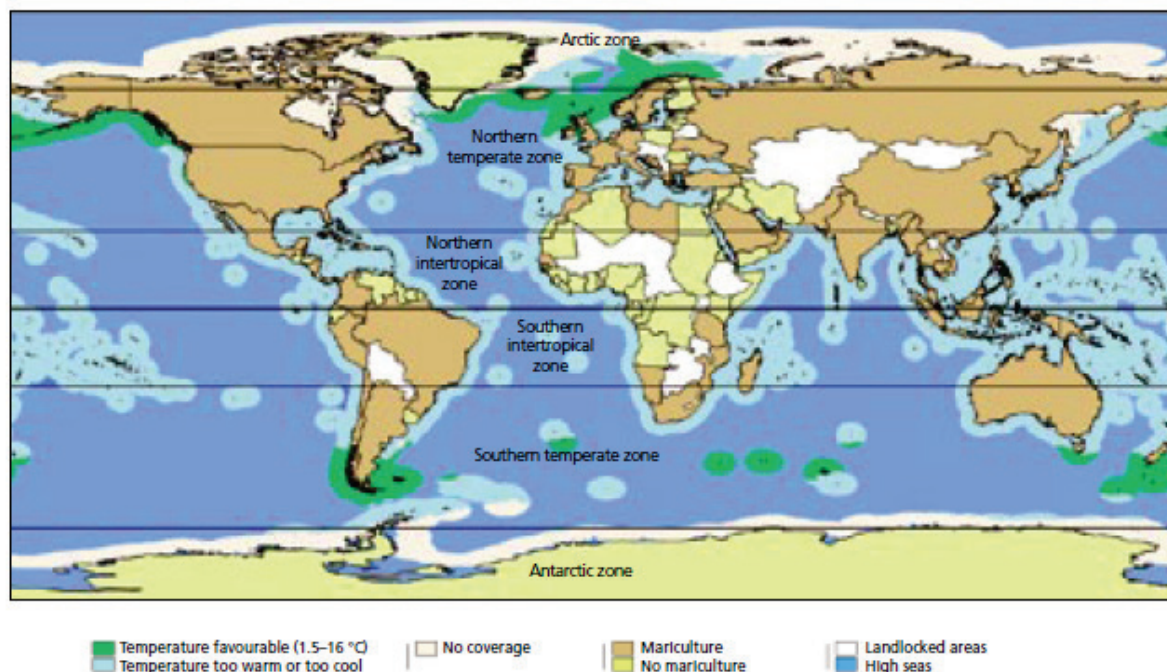


Figur 5 Markeder og varestrømmer for oppdrettet laks 2011 (Hentet fra Marine Harvest, 2012)

Det største markedet er EU, fulgt av Nord-Amerika, Asia og Russland. Den norske produksjonen betjener den vesentlige delen av EU, Russland og Asia. Chile betjener sammen med Canada og USA Nord-Amerika og alene Sør-Amerika.

4.2.2 Tilgjengelige områder for sjøbasert oppdrett

En rekke biofysiske forhold setter begrensninger på hvor oppdrett av laks i sjø kan finne sted. McDaid Kapetsky *et al.*, (2013) gjennomførte en kartlegging av en del av disse forholdene for flere arter, blant annet laks. Figur 6 viser deres resultater for laks.



Figur 6 Kartlegging av sjøtemperatur og betydning for sjøbasert oppdrett av laks (McDaid Kapetsky *et al.*, 2013)

I Europa fant de områdene fra Kola-halvøya, langs norskekysten, Skottland, nordlige deler av Irland, sørlige deler av Island og Grønland aktuelle for lakseoppdrett. I Amerika har vestkysten av Canada, sørkysten av Alaska og sørlige deler av Chile og Argentina gode temperaturer for lakseoppdrett. I Oseania er det bare sørlige deler av New Zealand og sørlige del av Tasmania som er egnet.

Høyere sjøtemperaturer forårsaket av klimaendringer vil endre på områdene som er egnet for lakseoppdrett. I hovedsak vil områdene skyves nordover og sydover på henholdsvis den nordlige og sørlige halvkule. Områdene som frigjøres vil i hovedsak være områder lengre fra markedene og med lite utbygd infrastruktur, slik at oppvarming totalt sett vil gi mindre områder tilgjengelig for oppdrett.

Klimaendringene ser imidlertid ut for å gi relativt små effekter i havet og går svært sakte. Forskernes estimater varierer betydelig. Melsom *et al.*, (2009) predikerer en økning på 0,5 grader fra perioden 1986–2000 til 2051–65, Ellingsen *et al.*, (2008) estimerer om lag 1 grads økning for Barentshavet fra 1995 til 2059 og Ådlandsvik (2008) 1,4 grader på 100 år for Nordsjøen. I forhold til de variasjonene vi finner blant dagens lakseoppdrettere representerer dette svært små endringer, og vi forventer ikke store effekter av klimaendringer i det tidsperspektivet som er lagt til grunn i denne studien.

4.2.3 Lokalisering av landbaserte anlegg

For landbaserte anlegg vil frihetene i lokaliseringsvalg antageligvis være større. Flere muligheter for lokalisering vil oppstå:

Produksjon nærmere markedet. Produksjon og foredling nærmere markedet kan være aktuelt, både fordi lokale produsenter kan kjenne markedene bedre og fordi transport og logistikk kan være billigere. Aktuelle land kan for eksempel være Frankrike, Øst-Europa eller Russland. I takt med veksten i lakseproduksjon har man imidlertid utviklet svært effektive distribusjonsnett, slik at transportkostnader ikke utgjør en stor del av kostnadene.

Produksjon i lavkostland. Produksjon i lavkostland er et annet alternativ som har vært trukket fram. Vi kan se for oss flere grupper av lavkostland. Den ene gruppen er relativt nære land, slik som Polen eller de baltiske landene, hvor kostnadsnivået er lavt og man samtidig ligger nært det europeiske markedet. En annen gruppe er fjernere land, som Kina, Vietnam eller Thailand, som har et enda lavere kostnadsnivå. For disse er det det asiatiske markedet de vil kunne betjene med fersk laks. Med fryst laks kan de tenkes å bli konkurransedyktige også i Europa og i Nord-Amerika.

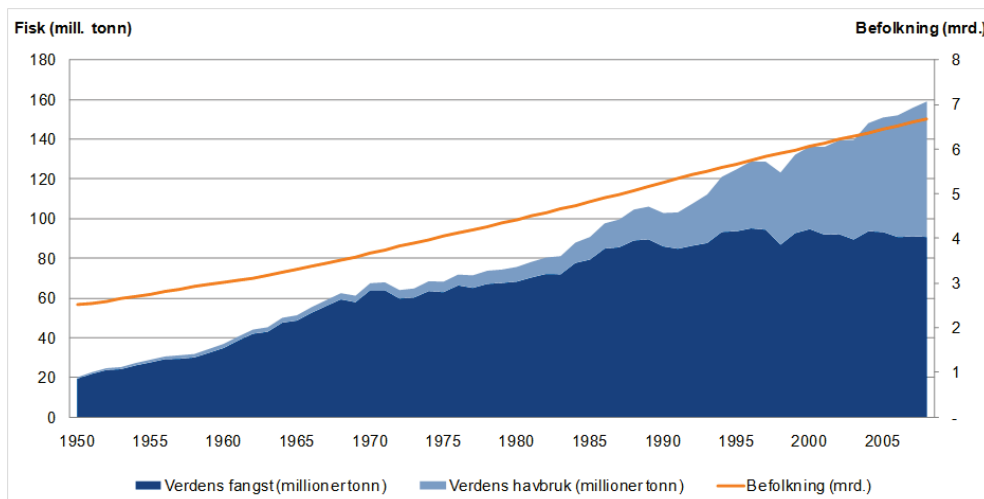
4.3 Trender og scenarier

Utviklingen i en næring kan forventes å være preget av en del tunge trender. Når man studerer langsiktig utvikling, vil man se at noen områder har vært i jevn vekst, mens andre variabler utvikler seg litt i rykk og napp. I kostnadsdiskusjonen har vi forutsatt at det som finnes av moderat forbedringspotensiale tas ut. I dette kapittelet vil vi beskrive hvilke langsiktige utviklingstrekk vi legger til grunn, tunge trender, og vi vil peke på hvordan viktige begivenheter, «jokere», kan endre det relative kostnadsforholdet mellom produksjonsalternativene. Effekten av disse kan beskrives i form av ulike scenarier, som så danner grunnlag for en drøfting av mulige konsekvenser gitt ulike scenarier.

4.3.1 Tunge trender

Økonomisk vekst. Økonomisk vekst varierer mye både mellom land og fra år til år. Kriser har ført til lavere vekst, og en del land har i perioder hatt veldig sterk økonomisk vekst. Selv om økonomisk vekst varierer, er det nokså trygt å spå at vi også i årene fremover vil se økonomisk vekst og vekst i den totale etterspørselen etter laks.

Økt etterspørsel etter sjømat. Verdens økonomi vokser, og verdens befolkning vokser. Men i en verden med voksende befolkning og tilhørende økt behov for mat, har produksjonen av fisk vokst raskere enn befolkningen. Fisk får dermed gradvis en økende betydning i folks kosthold. Verdens konsum av fisk har de siste årene vært på rundt 160 millioner tonn.



Figur 7 Befolkningsvekst og økende sjømatkonsum

Verdens fangst av fisk har flatet ut på i underkant av 100 millioner tonn. De siste 20 årenes vekst i tilbudet av sjømat kommer dermed i sin helhet fra en økning i oppdrett. Det er grunn til å anta at etterspørselen etter sjømat vil fortsette å vokse, og at det meste av tilbudsøkningen må komme fra oppdrett.

Miljøfokus. Dagens konsumenter forventer at mat er produsert på mest mulig miljøvennlig vis. Vi antar at denne bevisstheten vil fortsette å være sterk, og sannsynligvis øke i styrke. Arbeidet med anlegg som er bedre sikret mot rømming vil fortsette, ikke minst blir det rettet stor innsats mot bekjempelse av lus. I næringens tidlige faser foregikk det meste av produksjonen på lokaliteter som var lagt til lune og grunne viker, ofte med veldig lav resipientkapasitet. Produksjonen har over tid blitt flyttet til lokaliteter med større dybde og mer strøm, som har gitt både bedre vilkår for laksen og mindre påvirkning på miljøet rundt anlegget. Vi legger til grunn at med den bevissthet som finnes i næring, forvaltning og opinion i dag, så er dette en utvikling som vil fortsette. Sterkt miljøfokus tilsier også at avfall fra lukkede anlegg, sjø- eller landbasert, vil måtte håndteres.

Sosial bærekraft. I mange land vil sosial bærekraft, og utsiktene til økonomisk utvikling, kunne veie tyngre enn miljøhensyn. På litt sikt vil vi nok kunne forvente at miljøbevisstheten nærmer seg et «vestlig» nivå, men på kort sikt (som kan vare noen år...), kan lavere krav til håndtering av organisk avfall gi et visst kostnadsfortrinn i enkelte andre land.

4.3.2 «Jokere» som kan endre utviklingsretningen

Selv om vi ser mange trender som utvikler seg nokså forutsigbart over tid, er det vanskelig å spå om fremtiden. Slik har det alltid vært. Det skyldes at man jevnlig får uforutsette hendelser som får store konsekvenser for både økonomisk utvikling, næringsliv og handel. Tenk bare på fallet av Berlinmuren og bortfallet av jernteppet, 9/11, dot.com-bølge og finanskrise. Uventede hendelser kan få stor økonomisk virkning på kort tid, og de kan påvirke tankesett og holdninger i lang tid fremover. Teknologiske gjennombrudd, eller ny anvendelse av teknologi, kan ha mye av den samme effekten. Med «jokere» tenker vi altså på hendelser eller utviklingstrekk med relativt lav sannsynlighet, men som kan få store konsekvenser om de inntreffer.

Selv når vi la inn godt slingringsmonn i våre økonomiske analyser så vi få tegn til at nye konsepter skulle overta hegemoniet til notbaserte anlegg. Skal nye produksjonskonsepter bli en alvorlig trussel mot dette konseptet, må det nesten skje noen slike hendelser med dramatiske konsekvenser. Vi vil peke på noen scenarioer som kan inntreffe, og diskutere hvorvidt utviklingen i disse er mulig og sannsynlig, og hvilke konsekvenser man da kunne se for seg.

Drastiske miljøtiltak. Drastiske miljøtiltak, enten ute eller hjemme, er endringer av et kaliber som kan endre forutsetningene for våre kalkulasjoner. Miljøvernere har foreslått å legge all norsk produksjon i lukkede anlegg. I Nord-Amerika er det sterke krefter som jobber for å få all produksjon på land osv.

Selvforsyning. Politisk press for å flytte verdiskaping inn i markedslandene.

Handelspolitikk. Det kan tenkes flere typer handelspolitiske trekk som kan få store konsekvenser. Vi har sett eksempler på russiske handelshindringer, tollmurer og dumpinganklager. Ikke-tariffære handelshindringer, som «merkelige» import- eller veterinærbestemmelser, har vi sett eksempler på både i Frankrike og i Russland.

Klimatiske endringer. Klimatiske endringer kan gi endringer som er vanskelige å forutse, muligens med store konsekvenser.

Teknologiskift. Teknologiske paradigmeskifter, som gir vesentlige endringer i kostnadsbildet, vil også påvirke sannsynligheten for ulike teknologiers suksess.

4.3.3 Scenarioer

Når vi vurderer sannsynlighet, konsekvens og risiko for norsk konkurranseposisjon, vil vi gjøre det med utgangspunkt i to scenarioer, et Basis+-scenario og et scenario som legger til grunn et styrket miljøfokus. For disse to vil vi oppsummere og diskutere sannsynlighet og konsekvenser. Det er mulig å tenke seg mange flere scenarioer, spesielt basert på store politiske endringer, men av praktiske og kapasitetsmessige hensyn vil vi nøye oss med å diskutere disse i en kortere form.

Basis+ scenario. Basis+-scenarioet er en utvikling videre i samme retning som i dag, med stabile rammebetingelser, økt fokus på miljø, men uten dramatiske tiltak. Dette scenarioet forutsetter at lusebehandling blir mer effektiv og at rømming holdes på et lavt nivå. Vi ser en fortsatt effektivisering og automatisering, men uten de store epokegjørende innovasjonene.

Styrket miljøfokus i Norge. I dette scenarioet antar vi at norske myndigheter stiller strengere miljøkrav til lakseproduksjonen. Dette kan eksempelvis komme i form av strengere krav til akseptabel dødelighet, strengere parasittgrenser, økt avstand mellom lokaliteter og strengere utslippskrav. Vi har antatt at det innføres tiltak som har sterk nok påvirkning til å endre kostnadsnivået vesentlig. Vi antar dermed at norske tiltak får store konsekvenser, slik at de påvirker den relative lønnsomheten mellom de ulike produksjonskonseptene og slik at de kan påvirke andre aktørers markedstilpasning.

Andre mer eller mindre usannsynlige scenarioer

Som nevnt vil konsekvensene av andre mulige scenarioer bare bli nevnt i korte ordelag, men her er et par som kan være verdt å ha i tankene:

Styrket miljøfokus i «Vesten». Det er ikke bare i Norge det foregår miljødebatter med høy temperatur. For eksempel ser vi i Nord-Amerika et stort press for å få oppdrettsindustrien på land, og i Skottland er debatten om påvirkningen på ville laksebestander minst like sterk som i Norge. Hvordan kan tiltak i noen av disse landene påvirke forholdet mellom de ulike produksjonskonseptene?

Politisk satsing. Ønsket om større verdiskaping i viktige markedsland kan føre til tiltak som fremmer landbasert oppdrett i disse landene. Man kan tenke seg handelsrestriksjoner som svekker norsk tilgang, og man kan tenke seg subsidier og innovasjonsvirkemidler for å fremme landbasert industri i enkelte av markedslandene.

4.3.4 Tidsperspektiv

Når vi vurderer sannsynligheten for teknologisk og økonomisk suksess, kan tidsperspektivet være avgjørende. De vurderingene vi har gjort er basert på dagens teknologi og kunnskap, og de endringer vi er i stand til å forestille oss. På lang sikt kan det imidlertid komme endringer vi i liten grad kan forutse, og som vi i enda mindre grad kan forestille oss de økonomiske og markedsmessige konsekvensene av. Som nevnt i metodekapittelet innledningsvis har vi forholdt oss til et mellomlangt tidsperspektiv, og vurderer mulige endringer på 10–20 års sikt.

4.4 Sannsynlighet, konsekvens og risiko

Analysen av konsekvenser for norsk lakseoppdrett har vi delt i flere momenter som danner grunnlaget for en samlet vurdering. I første rekke må vi ta hensyn til at rammebetingelsene kan påvirkes betydelig av politiske og markedsmessige forhold som har liten tilknytning til den teknologiske utviklingen. Disse kan påvirke konsekvensene av teknologiutvikling betydelig, men er vanskelig å forutsi og sannsynlighetstallfeste. Dette søker vi å løse gjennom å definere scenarioer for utviklingen.

For disse scenarioene gjør vi en vurdering av sannsynligheten for at den teknologien vi har definert for de ulike produksjonskonseptene realiseres, kalt «teknologisk suksess». Denne teknologien er i vår analyse definert gjennom produksjonskostnadsestimatet for de ulike konseptene. Vi erkjenner at det er betydelig usikkerhet knyttet til denne. Læringseffekten er antatt å være inkludert i vår kostnadsfordeling, men det kan tenkes at betydelige innovasjoner påvirker produksjonskostnadene betydelig. Vi har derfor også definert en tenkt situasjon der konseptene oppnår produksjonskostnader som gjør dem konkurransedyktige med basisalternativet. Dette er kalt «økonomisk suksess».

Deretter har vi vurdert konsekvensen for norsk lakseoppdrett. Her har vi også benyttet en skala fra 1 til 5, der 1 er svært små konsekvenser og 5 er svært store konsekvenser. Konsekvenser har vi definert som norsk markedsandel av lakseproduksjonen samt størrelsen på den norske produksjonen.

Risiko samler vurderingen av både sannsynlighet og konsekvens gjennom å multiplisere disse størrelsene. Risiko måles dermed etter en skala fra 1–25, hvor 25 er høyest risiko. Vi har visualisert skalaen gjennom fargekoder i tabellene:

Risiko	1-5	6-10	11-15	16-25
Fargekode				

Lav risiko (1–5) er markert med grønt, nokså lav risiko (6–10) med gul, medium risiko (11–15) med oransje mens relativt stor risiko (15–25) er markert med rødt. Merk at skalaen er litt skjev her, «rød sone» er større enn de andre sonene.

4.4.1 Scenario I: Basis+

I våre vurderinger skiller vi mellom teknologisk suksess og økonomisk suksess. Med teknologisk suksess mener vi at konseptet vil fungere i forhold til driftstekniske parametre. At vannkvalitet, tilvekst, fórfaktor osv. kommer på et tilfredsstillende nivå. En sterkere forutsetning er at konseptet i tillegg skal bli en økonomisk suksess. I det legger vi at man oppnår en produksjonskostnad på et nivå som gjør konseptet konkurransedyktig med basisalternativet. Tabell 9 oppsummerer resultatene for basis+-scenarioet.

Teknologisk suksess

Vi vurderer sannsynligheten for at man lykkes med utvikling av den landbaserte resirkulerings-teknologien som relativt høy. Store deler av teknologien er allerede på plass og flere anlegg er allerede bygget. Offshoreteknologien vurderer vi som moderat sannsynlig og lukkede anlegg i sjø relativt lite sannsynlig.

Konsekvensene for norsk oppdrett er naturligvis vanskelige å forutsi. Utvikling av offshoreteknologi vil utvide arealet som er mulig å benytte til oppdrett betydelig, hovedsakelig gjennom at lokalitetene ikke lengre begrenses av sterke krav til bølgehøyde. Sjøtemperaturen vil fortsatt sette grenser for hvor på kloden aktiviteten kan finne sted, og denne vil i stor grad være begrenset til de landene som i dag driver oppdrett av laks (se kart over sjøtemperaturer). Andre aktører er noe mer begrenset av tilgjengelige innaskjærs lokaliteter enn Norge, slik at potensialet for andre land øker noe mer. Den viktigste faktoren i vår vurdering er imidlertid produksjonskostnadene. For offshore er disse estimert betydelig høyere enn basisalternativet, og det er lite sannsynlig at en betydelig del av produksjonen vil foregå med dyrere teknologi. Vi vurderer derfor konsekvensen som svært liten for dette alternativet.

Dersom landbasert teknologi lykkes forventer vi noe større konsekvenser. Denne gir muligheter for produksjon av laks uavhengig av sjølokaliteter, og dermed produksjon stort sett over hele verden. Imidlertid er denne produksjonen estimert å være betydelig dyrere enn basis, slik at vi ikke forventer at disse vil være konkurransedyktige med basisalternativet. For en del markeder utgjør transport en betydelig kostnadspost og vil kunne kompensere for produksjonskostnadsulempen. Transport med bil og båt er rimelig, mens kostnadene til flytransport er tilstrekkelig høye til at landbasert produksjon kan være lønnsomt. Markedene som betjenes med flyfrakt fra Norge er i all hovedsak i Asia. Her finner vi også land som kan defineres innenfor vårt «lavkostland»-alternativ. Om lag 10 % av den norske produksjonen eksporteres til Asia. Vi vurderer den norske posisjonen i Japan til å være sterk, med preferanser knyttet til opprinnelse og kvalitet som gjør at norsk laks tåler en viss prisulempe. Ved suksess for landbasert teknologi vil likevel en god del av denne eksporten kunne erstattes av innenlands eller produksjon i nærliggende land. Samlet vurderer vi dette som en liten konsekvens. En del land i Øst-Europa har nær tilknytning til det norske hovedmarkedet og kan betraktes som lavkostland. Resirkuleringsteknologi er i ferd med å tas i bruk for andre arter, som for eksempel stør, i flere av disse landene. Det er imidlertid usikkert i hvilken grad disse kan realisere kostnadene vi har estimert for lavkostland-alternativet. Dersom de ekstremt lave kostnadene kan

realiseres vil dette kunne gi grunnlag for stor produksjon her og stor negativ konsekvens for norsk oppdrett.

Vurderingene for alternativet lukket sjø beskyttet vil i stor grad være de samme som for offshore. Denne vil i noe mindre grad utvide produksjonsmulighetsområdet og har i tillegg høyere produksjonskostnader enn offshore. Denne teknologien kan gi grunnlag for å utnytte beskyttede lokaliteter som med dagens teknologi er for dårlige på grunn av lav vannutskiftning, men ellers er gode. Disse finner vi i størst grad i Norge, slik at dette vil kunne utnyttes til et norsk fortrinn. Vi vurderer derfor at få vil benytte seg av denne teknologien og at konsekvensene følgelig blir små.

Utvikling av lukkede anlegg for eksponerte lokaliteter vil øke produksjonsmulighetsområdet noe mer enn for offshoreanlegg, da lukkede anlegg har noe større mulighet til å hente vann med forskjellig temperatur enn i overflaten. Dette gir andre land enn Norge noe større muligheter til å øke produksjonen i forhold til det beskyttede alternativet. Samtidig er produksjonskostnadene vurdert å være svært høye, slik at den samlede konsekvensen er vurdert å være svært liten.

Økonomisk suksess

Selv om det er lite sannsynlig, er det mulig at teknologien som utvikles gir produksjonskostnader som er sammenlignbare med basisteknologien. Dette kan påvirke konsekvensene betydelig. Vi har derfor valgt å vurdere dette separat. Som vist i Tabell 9 vurderer vi sannsynligheten for at denne situasjonen skal inntreffe som liten for alle alternativene.

Konkurransedyktig offshoreteknologi vil som nevnt muliggjøre en betydelig høyere produksjon i flere land der denne er begrenset av tilgangen på lokaliteter. Begrensningene i forhold til sjøtemperaturer gir fortsatt sterke begrensninger på aktiviteten. Av land som av transportkostnadsmessige årsaker potensielt kan konkurrere med norsk produksjon er det Irland, Skottland og Færøyene som kan forventes å kunne utvide produksjonen med slik teknologi. Offshoreteknologien vil også kunne benyttes i norske farvann. Vi forventer derfor at konsekvensene for norsk produksjon vil være relativt begrensede.

Landbasert økonomisk konkurransedyktighet forventer vi vil ha langt større konsekvenser. Produksjon vil trolig etableres i land med lavere kostnader og nær markeder slik at transport- og foredlingskostnader minimeres. Store deler av produksjonen som finner sted i Norge vil slik kunne flyttes til andre land.

Lukkede anlegg for beskyttede lokaliteter vil, som forklart i beskrivelsen av teknologisk suksess, bety at en del lokaliteter kan benyttes for produksjon av laks. Norge har imidlertid størst tilgang på slike og vil også kunne utnytte denne teknologien. Konsekvensene vurderes derfor som små.

Lukkede anlegg for eksponerte lokaliteter øker produksjonsområdet noe mer enn foregående alternativ, og andre land vil relativt sett øke områdene sine mer enn Norge. Samtidig er det klart at norske oppdrettere også vil øke lokalitetstilgangen og produksjonen, slik at konsekvensene antas å være små.

Tabell 9 *Matrise over sannsynlighet, konsekvens og risiko for norsk lakseoppdrett ved utvikling av ulike teknologier for oppdrett: Basis+-scenario*

Konsept	Teknologisk suksess			Økonomisk suksess		
	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko
Offshore	3	1	3	2	2	4
Landbasert	5	2	10	2	5	10
Lukket sjø, beskyttet	3	1	3	2	2	4
Lukket sjø, eksponert	1	1	1	1	2	2

4.4.2 Scenario II: Økte norske miljøkrav

I dette scenarioet antar vi at norske myndigheter stiller strengere miljøkrav til lakseproduksjonen. Dette kan eksempelvis komme i form av strengere krav til akseptabel dødelighet, strengere parasittgrenser, økt avstand mellom lokaliteter og utslippskrav. Vi antar at effekten av endringen vil være at produksjonskostnadene for basisalternativet øker. Det er vanskelig å tallfeste denne, men vi antar i dette scenarioet at det er snakk om en betydelig kostnadsøkning.

En oppsummering av vår vurdering av sannsynlighet, konsekvens og risiko for norsk oppdrettsnæring i dette scenariet er vist i Tabell 10.

Teknologisk suksess

Sannsynligheten for teknologisk suksess påvirkes ikke i dette scenariet, da teknologiutviklingen i hovedsak drives av internasjonale forhold. Konsekvensen endres imidlertid som følge av at kostnadene i basisalternativet nå er høyere. Konsekvensene av en slik utvikling vil være avhengig av utviklingen i basisalternativet. Merdteknologien har vist stor tilpasningsdyktighet, og med økte kostnader som truer norsk konkurransedyktighet, tror vi det vil bli et stort innovasjonspress blant norske produsenter og leverandører som vil redusere kostnadsulempen ved tiltakene.

Offshoreanlegg vil som før utvide produksjonsområdet betydelig i form av tilgjengelig areal, og områdene oppdrett kan drives i begrensede fortsatt av sjøtemperatur til hovedsakelig der oppdrett finner sted i dag. Den særnorske kostnadsøkningen gjør imidlertid andre land mer konkurransedyktige, og det er rimelig å anta at en større del av produksjonen vil flyttes til andre land som fortsatt benytter basisteknologien. I tillegg vil kostnadsøkningen føre til et negativt skift i den norske tilbudskurven, slik at den samlede norske produksjonen vil bli mindre enn i basisscenarioet. Samlet har vi vurdert dette til en middels negativ konsekvens.

Den samme argumentasjonen gjelder i stor grad landbasert teknologi. Skiftet i produksjonskostnader gjør landbasert produksjon mer konkurransedyktig. Transportkostnader gir incentiv til å etablere produksjon nær markedene, slik at norsk markedsandel vil synke. I forhold til basisscenarioet forventer vi at en ytterlig større andel av konsumet i markeder avhengig av flyfrakt vil produseres lokalt. Samlet gir dette en middels negativ konsekvens.

Om det utvikles lukkede anlegg i sjø vil produksjonsområdet øke. Utstrekningen fra kysten er ikke like stor som for offshoreteknologi, mens muligheten for å hente vann fra ulike dyp øker grensene langs kysten. Samlet vil trolig arealøkningen være mindre enn for offshore, samt at Norge med våre beskyttede lokaliteter i større grad enn andre land vil være posisjonert for å benytte denne teknologien. Kostnadsskiftet gjør imidlertid også her at andre lands basisteknologi vil øke sin

markedsandel og at norsk produksjon blir lavere enn ellers. Samlet har vi vurdert dette til moderat negativ konsekvens.

Tabell 10 *Matrise over sannsynlighet, konsekvens og risiko for norsk lakseoppdrett ved utvikling av ulike teknologier for oppdrett: Økte norske miljøkrav*

Konsept	Teknologisk suksess			Økonomisk suksess		
	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko
Offshore	3	3	9	2	3	6
Landbasert	5	3	15	3	5	15
Lukket sjø, beskyttet	3	2	6	2	2	4
Lukket sjø, eksponert	1	2	2	1	3	3

Økonomisk suksess

Denne delen beskriver sannsynlighet og konsekvens for Scenario II dersom de ulike alternativene får økonomisk suksess gjennom å være konkurransedyktige på kostnader. Sannsynlighetene for dette er noe lavere enn for teknologisk suksess, men vil generelt være noe høyere enn i Scenario I som følge av kostnadsøkningen for basisteknologien i Norge.

Offshoreanlegg vil nå i noe større grad etableres i andre land som er begrenset av lokalitetstilgang for basialternativet. Norge vil imidlertid etter all sannsynlighet også få etablering av mange slike anlegg, men kostnadsøkningen gir redusert norsk produksjon som forklart tidligere. Konsekvensene anslår vi dermed som moderate.

Landbaserte anlegg vil som i Scenario I bli etablert i lavkostland og nær konsumentene slik at konsekvensen for norsk produksjon blir svært stor om disse anleggene blir en økonomisk suksess.

Norge har flest tilgjengelige lokaliteter for etablering av lukkede anlegg i beskyttede lokaliteter, og vil følgelig kunne «ta» en stor del av etablering av slike anlegg, mens mulighetene for slike anlegg i andre land er relativt begrensede på grunn av tilgangen på lokaliteter. Følgelig er hovedkonsekvensen for norsk produksjon nedgang som følge av økte produksjonskostnader. Det samme gjelder lukkede anlegg for eksponerte lokaliteter, med noe større betydning på grunn av det økte arealet som gjøres tilgjengelig i andre land.

4.5 Oppsummerende diskusjon av konsekvenser for norsk oppdrettsnæring

La oss oppsummere hovedtrekkene i diskusjonen av sannsynlighet og konsekvenser.

Vi ser at på vår skala for risiko, som går fra 1–25, er de fleste alternativene langt nede på skalaen; det er bare noen få ruter i tabellen med score på 10 eller høyere. For oppsummeringens skyld har vi lagt fargekoder inn i tabellene. Legg merke til at selv om vi har brukt en skjev skala her, er det ingen alternativer som scorer veldig høyt på både sannsynlighet og konsekvens samtidig.

Om vi ser på **Basis+-scenarioet**, ser vi at det bare er landbasert som i noen grad truer. De gule rutene har litt forskjellig tolkning:

- **10 poeng (Landbasert, teknologisk suksess):** Det er stor sannsynlighet for at landbasert vil lykkes teknologisk, men konsekvensene forventes å være relativt små, ettersom store

investeringskostnader gjør at det er vanskelig å få dette alternativet økonomisk konkurransedyktig.

- **10 poeng (Landbasert, økonomisk suksess):** Om landbasert skulle bli en økonomisk suksess, kan konsekvensene imidlertid bli store. På grunn av en moderat sannsynlighet for økonomisk suksess blir scoren likevel såpass lav som 10.

For scenarioet Miljøkrav finner vi to oransje ruter og tre gule. Vi kommenterer de tre med høyest risikoscore:

- **15 poeng (landbasert, teknologisk suksess):** Med høyere kostnader for basisalternativet kan landbasert bli en større trussel. Teknologisk suksess er fortsatt sannsynlig, og med høyere kostnader i basisalternativet blir konsekvensene større.
- **15 poeng (landbasert, økonomisk suksess):** Om landbasert blir en økonomisk suksess, blir konsekvensene store. Scoren blir «bare» 15 på grunn av moderat sannsynlighet, men altså store konsekvenser.
- **9 poeng (offshore, teknologisk suksess):** Vi ser også at offshore kan bli en teknologisk suksess. Med moderat sannsynlighet for at det blir en suksess, og med moderate konsekvenser, får vi en «gul trussel».

5 Oppsummering og konklusjoner

Hovedspørsmålet i denne rapporten har vært om ny oppdrettsteknologi, som i mindre grad enn dagens notbaserte produksjonskonsept er avhengig av Norges naturgitte fortrinn, kan true Norges konkurranseposisjon som verdens fremste produsent av oppdrettslaks.

Vår hovedkonklusjon er at det skal mye til for å true hegemoniet til det effektive notbaserte produksjonskonseptet i norsk lakseoppdrett. Det notbaserte produksjonskonseptet har vist seg svært fleksibelt og tilpasningsdyktig. Vi har til en viss grad diskutert, men ikke å forsøkt å tallfeste, hvordan dette vil utvikle seg om det kommer sterkere konkurranse fra lukkede anlegg. Det er imidlertid rimelig å anta at det fortsatt finnes et effektiviseringspotensiale i denne driftsformen. Press på lønnsomheten vil utløse sterkere fokus på effektivisering blant produsentene, og det vil ikke minst føre til et sterkere fokus på innovasjon blant både produsenter og de mange innovative leverandørene som i dag har en produktportefølje tilpasset dette produksjonskonseptet.

Store sjokk, som for eksempel økte miljøkostnader, kan imidlertid forandre dette bildet. På lang sikt kan også et effektivisert landbasert oppdrett nærme seg konkurransedyktighet. Vi ser også at landbasert oppdrett i lavkostland kan være en trussel.

Kombinasjonsmodeller, hvor mer av laksens vekst (for eksempel opp til 1 kg) foregår i lukkede anlegg i sjø eller på land, vil sannsynligvis vokse fram. Dette gir mange av fordelene ved lukkede anlegg, samtidig som man begrenser investeringene betydelig i forhold til å ha hele tilvekstfasen i lukkede anlegg.

Naturgitte fortrinn blir kanskje mindre viktig med nye produksjonskonsepter, men andre fortrinn er også meget viktige, og vanskelige å kopiere. Norsk oppdrettsnæring nyter godt av nærhet til det viktige europeiske ferskfiskmarkedet, sterke kunnskapsmiljøer og en ledende leverandørindustri, god infrastruktur og god forvaltning. Ikke minst har næringen en vanskelig kopierbar styrke i det samarbeidet som oppstår mellom alle disse aktørene, og de klyngeeffekter som dermed skapes.

6 Referanser

- Aarset, B., S.E. Jakobsen, A. Iversen & G.G. Ottesen (2004). Lovverk, teknologi og etableringsbetingelser i norsk havbruk. Fase I. Bergen, SNF: 63.
- Aarset, B., S.E. Jakobsen, A. Iversen & G.G. Ottesen (2005). Lovverk, teknologi og etableringsbetingelser i norsk havbruk. Fase II. Bergen, SNF: 98.
- Ådlandsvik, B. (2008). Marine Downscaling of a future climate scenario for the North Sea. *Tellus* 60A, pp. 451–458.
- Alne, H., M. Oehme, M. Thomassen, B. Terjesen & K.-A. Rørvik (2011). Reduced growth, condition factor and body energy levels in Atlantic salmon *Salmo salar* L. during their first spring in the sea. *Aquaculture Research*, **42**, pp. 248–259.
- Andreassen, O., J.P. Johnsen & B. Hersoug (2010). Oppdrettsnæringen minimale arealbeslag er i svak vekst og sterk endring. *Norsk Fiskeoppdrett*, **8**.
- Anon (2011). Vurdering av eutrofieringssituasjonen i kystområder, med særlig fokus på Hardangerfjorden og Boknafjorden. Rapport fra ekspertgruppe oppnevnt av Fiskeri- og kystdepartementet i samråd med Miljøverndepartementet, **83**.
- Ayer, N.W. & P.H. Tyedmers (2009). Assessing alternative aquaculture technologies: life cycle assessment of salmonid culture systems in Canada. *Journal of cleaner production*, **17**: 3, pp. 362–373.
- Boulet, D., A. Struthers & É. Gilbert (2010). Feasibility Study of Closed-containment Options for the British Columbia Aquaculture Industry, Innovation & Sector Strategies, Aquaculture Management Directorate, Fisheries and Oceans Canada.
- Braaten, B., G. Lange & A. Berghheim (2010). Vurdering av nye tekniske løsninger for å redusere utslippene fra fiskeoppdrett i sjø. Stavanger/Bergen, Klif - Klima- og forurensningsdirektoratet, **50**.
- Buck, L.E. (2012). US Development of Offshore Aquaculture: Regulatory, Economic, and Political Factors, University of Washington.
- DFO (2008). Assessing potential technologies for closed-containment saltwater salmon aquaculture. Fisheries and Oceans Canada Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep 2008/001: 17.
- Ellingsen, I.H., P. Dalpadado, D. Slagstad & H. Loeng (2008). Impact of climatic change on the biological production in the Barents Sea. *Climatic Change*, **87**, pp. 155–175.
- Empananza, E.J.M. (2009). Problems affecting nitrification in commercial RAS with fixed-bed biofilters for salmonids in Chile. *Aquacultural Engineering*, **41**: 2, pp. 91–96.
- Fiske, P., R. Lund & L.P. Hansen (2006). Relationships between the frequency of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in wild salmon populations and fish farming activity in Norway, 1989–2004. *ICES Journal of Marine Science*, **63**, pp. 1182–1189.
- Fiskeridirektoratet (2011). Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskproduksjon, laks og regnbueørret. Fiskeridirektoratet, Bergen.
- Hald Olsen, B. (2012). How Billund Aquaculture has designed a RAS facility called "Langsand Laks AS" for a yearly production of 1.000 tons 4-5 kg salmon. Foredrag.
- Henriksen, K., T. Rosten, B.F. Terjesen, Y. Ulgenes & U. Winther (2013). Overgang til lukkede oppdrettsanlegg i sjø – teoretisk beregning av endret arealbehov. Closed-containment systems in sea – theoretical considerations on changed area need. In Norwegian, English abstract. *VANN*, **47**: 04, pp. 535–544.

- Hersoug, B. & J.P. Johnsen (2012). *12 teser om kystsoneforvaltning og norsk fiskeoppdrett. Kampen om plass på kysten- interesser og utviklingstrekk i kystsoneplanlegging*. Universitetsforlaget: pp. 61–281.
- Iversen, A., T. Brustad & S. Jahnsen (2010). Innovasjon i sjømatnæringen. Rapport nr. 24/2010, Nofima, Tromsø.
- Kristensen, T., Å. Åtland, T. Rosten, H. Urke & B.O. Rosseland (2009). Important influent- water quality parameters at freshwater production sites in two salmon producing countries. *Aquaculture Engineering*, **41**, pp. 53–59.
- Marine Harvest (2012). Salmon farming industry handbook 2012. Marine Harvest.
- Mathisen, F. (2011). Utsett av stor smolt. Landbasert produksjon av 1 kg settefisk i resirkulert sjøvann? Retrieved 08/10/11, from: <http://aqkva.no/images/stories/foredrag2011/frodemathisen.pdf>.
- McDaid Kapetsky, J., J. Aguilar-Manjarrez & J. Jenness (2013). A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 549. FAO, Rome.
- Melsom, A, V.S. Lien & W.P. Budgell (2009). Using the Regional Ocean Modeling System (ROMS) to improve the ocean circulation from a GCM 20th Century Simulation. *Ocean Dynamics*, **59**: 6, pp. 969–981.
- Oehme, M., F. Grammes, H. Takle, J.-L. Zambonino-Infante, S. Refstie, M.S. Thomassen, K.-A. Rørvik & B.F. Terjesen (2010). Dietary supplementation of glutamate and arginine to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) increases growth during the first autumn in sea. *Aquaculture*, **310**: 1–2, pp. 156–163.
- Robertsen, R., O. Andreassen & A. Iversen (2012). Havbruksnæringens ringvirkninger i Troms. Rapport nr. 28/2012, Nofima, Tromsø.
- Roll, K., A. Bergheim & A. Gravdal (2008). Profitability analysis of the NIRI technology for land-based salmon farming. IRIS report 226/2008. International Research Institute of Stavanger, Stavanger.
- Rosten, T., B. Terjesen, Y. Ulgenes, K. Henriksen, E. Biering & U. Winther (2013). Lukkede oppdrettsanlegg i sjø – økt kunnskap er nødvendig. More knowledge is needed about aquaculture in closed fish farms at sea. *VANN*, **48**: 01, pp. 5–13.
- Rosten, T.W., Y. Ulgenes, K. Henriksen, B.F. Terjesen, E. Biering & U. Winther (2011). Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg - forprosjekt. Trondheim, SINTEF: 76.
- Shainee, M., H. Ellingsen, B.J. Leira & A. Fredheim (2013). Design theory in offshore fish cage designing. *Aquaculture*, 392–395(0), pp. 134–141.
- Skladany, M., M.R. Clausen & B. Belton (2007). Offshore aquaculture: The frontier of redefining oceanic property. *Society and Natural Resources*, **20**, pp. 169–176.
- Summerfeldt, S., T. Waldrop, C. Good, J. Davidson, P. Backover, B. Vinci & J. Carr (2013). Freshwater growout trial of St John river strain Atlantic salmon in a commercial-scale, land-based, closed-containment system. The Conservation Fund's Freshwater Institute, Shepherdstown.
- Teknologirådet (2012). Fremtidens lakseoppdrett. Rapport 01/12, Teknologirådet, Oslo.
- Terjesen, B. F., S.T. Summerfelt, S. Nerland, Y. Ulgenes, S.O. Fjæra, B.K. Megård Reiten, R. Selset, J. Kolarevic, P. Brunsvik, G. Bæverfjord, H. Takle, A. Kittelsen & T. Åsgård (2013). Design, dimensioning, and performance of a research facility for studies on the requirements of fish in RAS environments. *Aquacultural Engineering*, **54**, pp. 49–63.
- Terjesen, B.F., T.W. Rosten, Y. Ulgenes, K. Henriksen, I.J. Aarhus & U. Winther (2013). Betydning av vannmiljøet ved produksjon av laksefisk i lukkede systemer i sjø. Water quality requirements

for efficient farming of Atlantic salmon in closed systems. In Norwegian, English abstract.
VANN, **48**, pp. 14–27.

Timmons, M. & J. Ebeling (2007). *Recirculating Aquaculture*. Ithaca, NY, Cayuga Aqua Ventures.

Vedlegg

Tabell 11 Forutsetninger i produksjonskostnadsmodell

	Basis	Landbasert resirkulering	Merd offshore	Lukket eksponert	Lukket beskyttet
Produksjon	10.000	3.300	10.000	3.300	3.300
Produktivitet (kg/kbm/år)	30	180	30	70	80
Investering (kr per kbm)	219	10.000	500	4.000	2.500
Omløpsmidler (kr/kg)	23	20,6	23	23	23
Levetid anlegg (år)	6,7	20	10	10	10
Dødelighet (%)	20	10	20	15	15
Smoltpris	8,75	6	8,75	8,75	8,75
Økonomisk fôrfaktor	1,26	1,1	1,26	1,2	1,15
Pris fôr	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88
Forsikring fisk	0,5 %	0,25 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
Forsikring anlegg	0,15 %	0,10 %	0,15 %	0,15 %	0,15 %
Oksygen (kg/kg fôr)		0,35			
Pris oksygen (kr/kg)		2			
Slam (kg/kg fôr)		0,25			
Pris slam (kr/kg slam)		0,5			
Alkalinitet (kg/kg fôr)		0,25			
Pris alkalinitet		0,25			
Ansatte		10			
Pris (kr/årsverk)		650			

