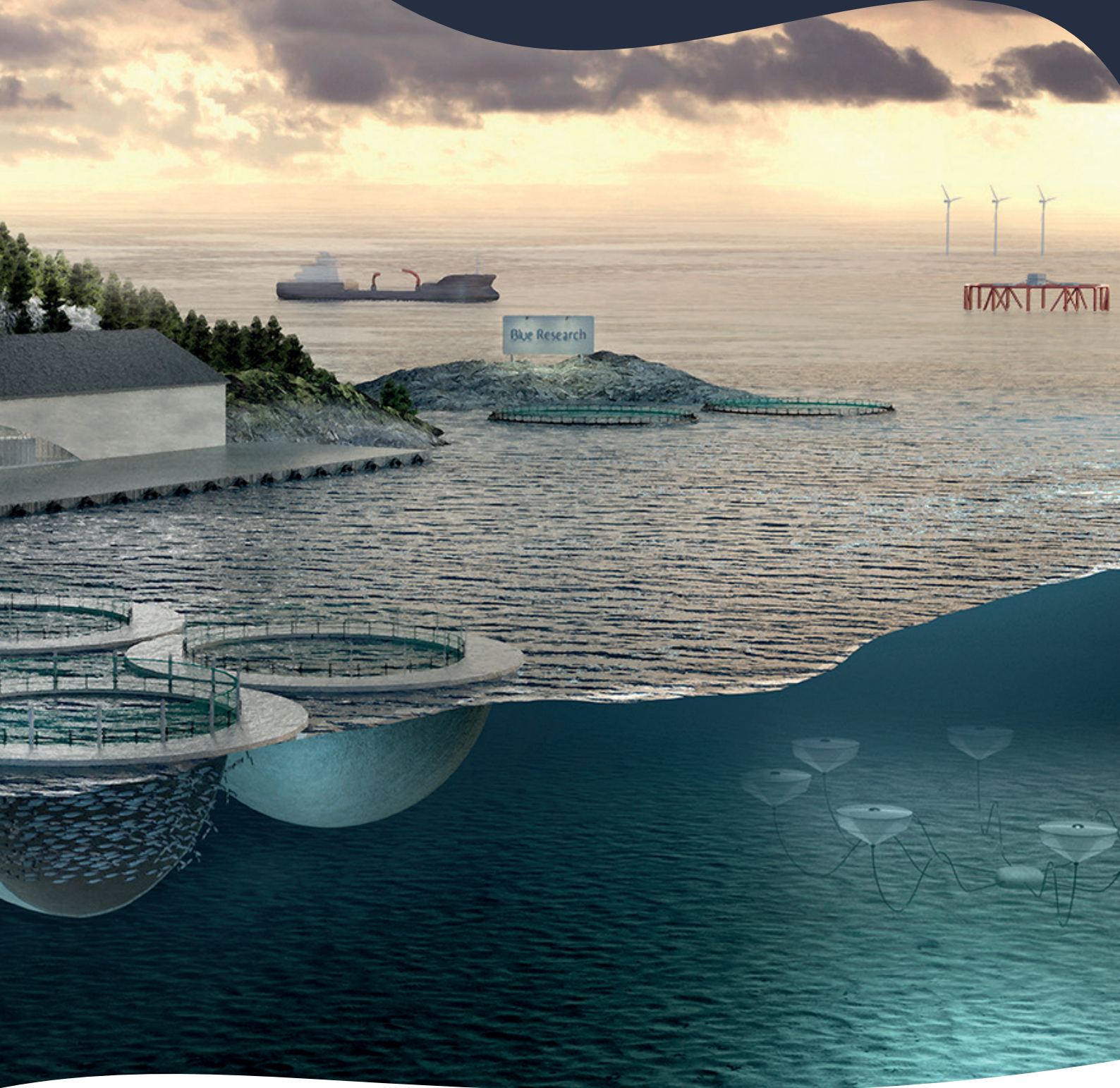


Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs

HOVEDRAPPORT

Ragnar Tveterås, Mads Hovland, Torger Reve, Bård Misund, Ragnar Nystøyl, Hans V. Bjelland, Andreas Misund, Øystein Fjelldal.



Centre for Innovation Research



KONTALI



Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs

Ragnar Tveterås, Mads Hovland, Torger Reve, Bård Misund, Ragnar Nystøyl, Hans V. Bjelland, Andreas Misund, Øystein Fjellidal.



NORCE



KONTALI



SINTEF

Stavanger, 7. desember 2020

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
1. Introduksjon.....	7
1.1. Forventninger skapt globalt og nasjonalt.....	7
2. Det globale sjømatmarkedet og laksemarkedet	10
2.1. Global produksjon av oppdrettsfisk	10
2.2. Fordeling av akvakultur produksjon mellom regioner og land	11
2.3. Produksjon av noen viktige arter oppdrettsfisk	13
2.4. Marin oppdrettsproduksjon av laksefisk.....	15
2.5. Global handel med laksefisk.....	18
2.6. Norsk eksport av sjømat og laksefisk til det globale markedet.....	18
2.7. Bærekraftig vekst i matproduksjon globalt	20
3. Produktivitetsvekst og bærekraft vekst i oppdrett	22
3.1. Negative eksterne effekter.....	22
3.2. Utviklingstrekk i norsk laksenæring.....	23
3.2.1. Tap av matfisk i merdene	23
3.2.2. Fiskesykdommer og antibiotika.....	24
3.2.3. Rømming av laksefisk.....	25
3.2.4. Lakselus	27
3.3. Produktivitets- og kostnadsutvikling i matfiskoppdrett.....	28
3.3.1. Utvikling i produktivitet relatert til MTB og fôr.....	28
3.3.2. Utviklingen i produksjonskostnader	30
3.3.3. Utvikling i lønnsomhet.....	32
3.4. Kostnader i ulike produsentland	36
3.5. Bærekraftig vekst - framtidens muligheter og utfordringer	37
3.6. Lavere langsiktige lønnsomhetsmarginer	37
3.7. Alternative produksjonsformer i framtiden	38
3.8. Landbasert oppdrett.....	39
4. Kunnskapsstatus for havbruk til havs	41
4.1. Strømforhold og laksen	41
4.2. Bølger og laksen	43
4.3. Strøm, bølger og implikasjoner for anlegg og drift	45
4.4. Rensefisk.....	46
4.5. Sykdommer og lakselus utaskjærs	46
4.6. Vanndybde	47
4.7. Kunnskapshull og implikasjoner for teknologiske konsepter.....	48
4.8. Andre brukerinteresser utaskjærs.....	48
5. Teknologiske konsepter.....	51
5.1. Utviklingstillatelse stimulerte til innovasjon.....	51
5.2. Innovasjon på mange områder	51
5.3. Kunnskap og teknologioverføring til havbruk	53
5.4. Bruk av oljeinstallasjoner	55
5.5. Noen erfaringer fra eksponerte lokaliteter	56
5.6. Standardisering.....	57
5.7. Digitalisering og automatisering	59

5.8.	Utvikling i andre land.....	61
5.A.	Appendix: Konsepter for eksponert og offshore havbruk.....	64
6.	Verdikjeden og leverandørene til havbruk til havs.....	92
6.1.	Ledd i verdikjeden i havbruk	92
6.2.	Definisjon av verdiskaping.....	93
6.3.	Verdiskaping og sysselsetting med ringvirkninger i hele sjømatnæringen	94
6.4.	Verdiskaping og årsverk med ringvirkninger i havbruk.....	94
6.5.	Sysselsetting og verdiskaping i leverandørnæringer til sjømat og olje&gass	96
6.6.	Sysselsetting og verdiskaping i sjømat baserte leverandørnæringer.....	97
6.7.	Sysselsetting og verdiskaping i olje&gass baserte leverandørnæringer	100
6.8.	Havbruksleverandørenes lønnsomhet	104
6.8.1.	<i>Utstysleverandører.....</i>	<i>104</i>
6.8.2.	<i>Fiskehelse.....</i>	<i>105</i>
6.8.3.	<i>Fôrselskaper.....</i>	<i>105</i>
6.8.4.	<i>Stamfisk og avl</i>	<i>106</i>
6.8.5.	<i>Settefisk</i>	<i>106</i>
6.8.7.	<i>Slakteri og prosessering.....</i>	<i>107</i>
6.8.8.	<i>Brønnbåter og fôrtransport.....</i>	<i>107</i>
6.8.9.	<i>Prosessering.....</i>	<i>108</i>
6.8.10.	<i>Oppsummering</i>	<i>108</i>
6.9.	Investeringer i verdikjeden til havbruksnæringen	109
6.10.	Leverandørene og innovasjon	111
7.	Investeringsanalyse for havbruk til havs.....	112
7.1.	Modell	113
7.2.	Teknologivalg.....	114
7.5.	Investeringsbehov	115
7.6.	Resultater	119
8.	Offentlige rammebetingelser for havbruk til havs	125
8.1.	Bærekraftig vekst for norsk havbruk	125
8.2.	Viktige hensyn i fremtidig regulering av havbruk.....	126
8.3.	Verdikjede perspektiv på reguleringer og andre rammebetingelser	127
8.4.	Anbefalinger fra «Havbruksforvaltning 2030»	128
8.5.	Ny kunnskap og innovasjon.....	129
8.6.	Regulering av multi-teknologi havbruk i ulike omgivelser	130
8.7.	Departementenes «Havbruk til havs» rapport peker retning.....	134
8.8.	Havområder og forvaltnings- og tilsynsmyndighet	134
8.9.	Arealer for havbruk til havs	136
8.10.	Kunnskapsbygging og innovasjon i havbruk til havs	138
8.11.	Teknologiutviklingstillatelser.....	139
8.12.	Framdrift i prosesser for forvaltning av havbruk til havs	140
9.	Scenarier for havbruk til havs	142
9.1.	Sentrale faktorer på tilbuds- og etterspørselssiden.....	142
9.2.	Etterspørselssiden – vekst i inntekt og etterspørsel etter laks	143
9.1.	Tilbudssiden – produktivitetsutvikling i ulike sektorer	146
9.2.	Verdiskaping	148
9.3.	Sysselsetting	149
9.4.	Kapital og investeringer.....	150
9.5.	Scenarier for verdiskaping, arbeidsplasser og investeringer	151
9.5.1.	<i>Norsk produksjon.....</i>	<i>151</i>
9.5.2.	<i>Norsk verdiskaping</i>	<i>152</i>

9.5.3.	Årsverk i Norge	153
9.5.4.	Investeringer i Norge	154
9.5.5.	Smolt og postsmolt behov i Norge	156
9.6.	Globalt havbruk gir også muligheter	157
10.	Veikart for havbruk til havs	160
10.1.	Tiltakenes art	161
10.2.	Veikart for tiltak	161
10.3.	Sette av areal og lokaliteter til havbruk	162
10.4.	Tildeling av tillatelser for havbruksproduksjon av laks til havs	164
10.5.	Teknisk standard og drift	165
10.6.	Sikre arbeidstakernes helse, arbeidsmiljø og sikkerhet (HMS)	165
10.7.	Fiskevelferd, biosikkerhet og ytre miljø - kunnskapsbasert forvaltning og drift	166
10.8.	Samordning av forvaltningsmyndigheter	166
10.9.	Stimulere kapasitetsoppbygging produksjon av storsmolt og postsmolt	166
10.10.	Sameksistens i havrommet	167
10.11.	Arena for styrking av konkurranseevnen og eksportpotensialet til norsk leverandørindustri 168	
10.12.	Læringsarena for drift og digitalisering av offshore havbruksanlegg	168
10.13.	Tilskudd og risikoavlastning for forskning og innovasjon (Fol)	169
11.	Avsluttende kommentarer og anbefalinger	170
	Referanseliste	171

Forord

Oppdragsgiver for denne rapporten er Stiiim Aqua Cluster i samarbeid med Norsk Industri, DnB, Stavanger Kommune, Rogaland Fylkeskommune og Greater Stavanger.

Ragnar Tveterås har vært prosjektleder. I arbeidet har prosjektgruppen hatt stort utbytte av møter med referansegruppe og individuelle intervjuer og møter med representanter for leverandørindustrien, havbruksnæringen, forskning og forvaltning. Dette har gitt oss verdifull kunnskap. Det må likevel understrekes at rapportforfatterne er ansvarlig for innholdet i denne rapporten.

Vi takker Stiiim Aqua Cluster med samarbeidspartnere for et spennende oppdrag.

Vi takker også alle som har bidratt med kunnskap og dokumentasjon til rapporten.

Stavanger, 7. desember 2020

Sammendrag

Det er laget en egen kort versjon av rapporten («executive summary») som oppsummerer analyser og anbefalinger.

1. Introduksjon

Verdens voksende befolkning etterspør stadig mer ernæringsrik mat. Bare ved å bruke havet blir vi i stand til å produsere den økte mengde proteinene verden trenger. I dag kommer kun 3% av maten fra havet, mens produksjonspotensialet er det mangedobbelte. Fiskeriene er ikke i stand til å dekke et slikt enormt gap. Løsningen er akvakultur. Men også kystbasert havbruk har sine begrensninger. Løsningen er industrielt havbruk til havs.

OECD har identifisert en rekke havbaserte vekstnæringer, men forutsetningen må være at havnæringene er bærekraftige (OECD, 2016, 2019).¹ For Norge fremstår havbruk til havs, sammen med flytende havvind, CO2 lagring til havs og havbasert mineralproduksjon som de mest lovende nye havnæringene. Størst verdiskapingspotensial finnes innen havbruk, og i motsetning til de andre nye havnæringene, kan havbruk til havs skaleres uten at staten behøver å bidra med store subsidier.

Havbruk er sannsynligvis også den næringen som kan bidra mest til å lukke det eksportgapet som oppstår i Norge etter hvert som olje- og gassproduksjonen reduseres. Norge trenger å skape 250.000 nye arbeidsplasser i privat sektor innen 2030 ifølge NHOs vegkart 2020. Det er altså ikke bare økt verdiskaping og økt eksport havbruksnæringen kan bidra med. Den vil også skape mange nye kunnskapsbaserte arbeidsplasser, ikke minst i leverandørindustrien. Dette er leverandørindustri som allerede finnes i Norge, men som trenger nye og mer krevende oppgaver.

Havbruk til havs gir Norge mulighet til å kombinere våre verdensledende havbaserte teknologier og kunnskapsbaser fra flere sektorer. I havbruk til havs møtes våre fremste klynger innen havbruk, offshorevirksomhet og maritim. Det er få teknologi- og kunnskapsområder hvor vi har like godt utgangspunkt til å skape globale konkurransefortrinn, og det er trolig vår mest lavthengende frukt når vi skal skape nye bærekraftige verdier fra havet. I de første prosjektene for havbruksanlegg til havs ser vi også en helt ny sammensetning av leverandører - fra havbruk, maritim og petroleumssektoren – som sammen innoverer og finner nye løsninger for å møte de særegne teknologiske og biologiske utfordringene som det åpne havet gir.

Dessuten vil behovet for sunn sjømat bare øke i årene fremover, og etterspørselen vil være global. Økt befolkning med økende kjøpekraft vil sikre prisutviklingen. Her kan vi bygge videre på flere tiår med inngående markedskunnskap innen sjømat fra store norske eksportører.

1.1. Forventninger skapt globalt og nasjonalt

I Regjeringens reviderte havstrategi (NFD, 2019) understrekes det at «Regjeringen skal legge til rette for at det skapes verdier og arbeidsplasser i de havbaserte næringene» (s. 13). FNs høynivåpanel for en bærekraftig havøkonomi under ledelse av statsminister Erna Solberg,

¹ Litteraturliste er presentert i hovedrapporten.

som nettopp la frem sin sluttrapport i desember 2020, sier at verdens fremtid langt på vei avhenger av at havet tas i bruk på en bærekraftig måte. «Ocean health is ocean wealth», for å bruke en spissformulering fra Vidar Helgesen som ledet Havpanelets arbeid fra norsk side.



Figur 1.1. Regjeringens havstrategi og det norske lederskapet i det internasjonale havpanelet har gitt visjoner og målsetninger som skal omsettes i praktisk politikk og virkemiddelbruk (Kilder: Forsider fra regjeringens oppdaterte havstrategi og Høynivåpanelets rapport)²

Ifølge det internasjonale høynivåpanelet kan vi i havet produsere opp til seks ganger så mye proteiner som i dag. Dette blir pekt på som kritisk for å sikre verdens befolkning nok sunne proteiner. Havbruk til havs er en av de «nye» næringene som løftes opp både i havstrategien og høynivåpanelet.

Neste steg er å ta dette ned fra store globale perspektiver og politiske erklæringer til handling i Norge. I 2018 fikk vi også en stor og viktig utredning som var et samarbeid mellom flere departementer, med tittelen «Havbruk til havs». Rapporten pekte på hvilken kunnskap og regelverk som allerede er på plass, og hvilke som manglet. Den pekte på mye faglig arbeid som skal gjøre på flere områder for å realisere offshore havbruk.

Havbruk til havs representerer en av de viktigste vekstnæringene som gir store omstillingsmulighetene for norsk økonomi. Dette gjelder spesielt leverandørsektoren til offshore petroleum. Norske leverandører til havbruksnæringen er teknologisk og biologisk verdensledende på flere områder. Likevel har det vært altfor lite oppmerksomhet på havbruksleverandørenes rammebetingelser og hvordan de kan bidra til bærekraftig omstilling og vekst. Det er i leverandørindustrien de fleste arbeidsplassene skapes, og det er her mye av innovasjons- og omstillingskraften ligger. Ambisjonene i regjeringens havstrategi kan følgelig ikke realiseres uten en innovativ og verdensledende leverandørsektor. Havbruksnæringen kan heller ikke flerdoble produksjonen og samtidig levere på FNs

² Regjeringens oppdaterte havstrategi, se [Blå muligheter – Regjeringens oppdaterte havstrategi](#). Høynivåpanelets rapport se, [full-report-ocean-solutions-eng.pdf \(oceanpanel.org\)](#).

bærekraftsmål uten at leverandørsektoren utvikler radikale innovasjoner. Derfor er det behov for kunnskap om leverandørsektorens muligheter og flaskehalser, herunder framtidig politikk og virkemiddelbruk i forhold til leverandørsektoren for at den skal være en motor for innovasjon i havbruk til havs.

Denne rapporten gir *estimer av verdiskapingspotensialet for havbruk til havs* gjennom kvalitative og kvantitative analyser av muligheter og utfordringer for tilbuds- og etterspørselssiden i det globale laksemarkedet. Dette omfatter ulike produksjonssystemer i oppdrett fra landbasert via konvensjonell innaskjærs til offshore havbruk. Analysene omfatter også mulige utviklingsbaner for global etterspørsel. Rapporten har et verdikjedeperspektiv, fordi offshore havbruk vil være avhengig av en verdikjede fra landbasert smoltproduksjon til sluttmarkeder. Rapporten vil gjennom scenariene si noe om potensialet for nye arbeidsplasser i verdikjeden for havbruk.

Utviklingen av havbruk til havs vil kreve mange typer tiltak fra offentlig og privat side. Rapporten tegner et konkret veikart for de tiltak som må gjennomføres av offentlige og private aktører i ulike faser. Veikartet vil si noe om hvilke tiltak som er mest kritiske for at man skal utløse store investeringer de nærmeste årene.

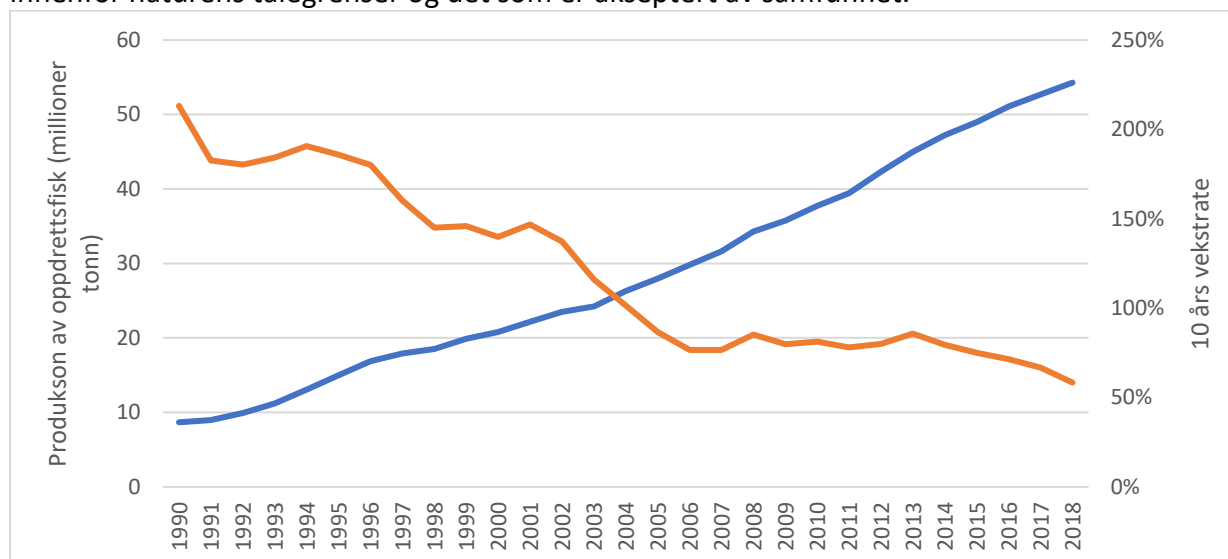
Rapporten er organisert som følger: Kapittel 2 gir en beskrivelse av det globale sjømatmarkedet og laksemarkedet spesielt. Kapittel 3 analyserer produktivitets og kostnadsutvikling i norsk laksenæring, herunder underliggende drivere og barrierer. I kapittel 4 gjør vi rede for kunnskapsstatus for havbruk til havs. Kapittel 5 gjør rede for teknologiske konsepter og innovasjon i havbruk til havs. I kapittel 6 drøfter vi sentrale forhold ved verdikjeden for havbruk til havs, med spesielt fokus på leverandørene. Kapittel 7 presenterer en investeringsanalyse for havbruk til havs, herunder hvordan bl.a. priser, kostnader og pris på tillatelser påvirker lønnsomheten til investeringsprosjekter. Kapittel 8 drøfter rammebetingelser for havbruk til havs, og hvordan disse kan påvirke investeringer og sysselsetting. I kapittel 9 presenteres en scenarioanalyse for det globale laksemarkedet, med fokus på havbruk til havs. I kapittel 10 presenterer vi et veikart for havbruk til havs, herunder en omfattende liste av tiltak for å realisere potensialet for bærekraftig vekst. Kapittel 11 gir avsluttende kommentarer og anbefalinger.

2. Det globale sjømatmarkedet og laksemarkedet

Dette kapitlet gir en analyse av tilbuds- og etterspørselssiden i det globale sjømatmarkedet og laksemarkedet. Det analyserer også viktige trender og drivere de neste ti årene.

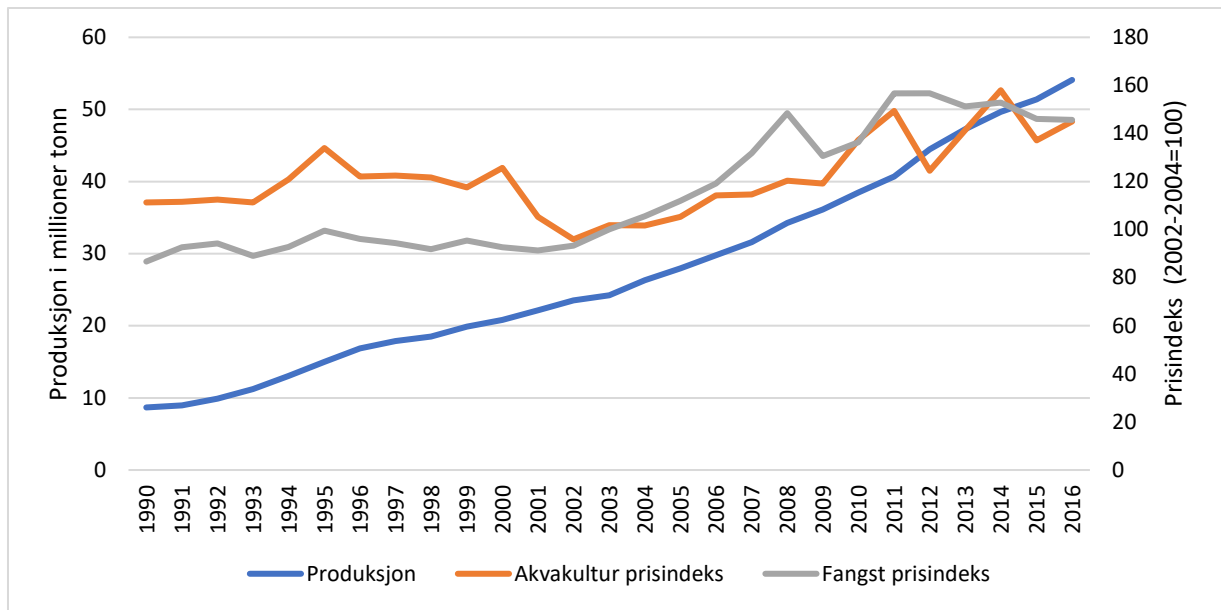
2.1. Global produksjon av oppdrettsfisk

Global produksjon av oppdrettsfisk har økt fra 9 millioner tonn i 1990 til 54 millioner tonn i 2016, altså en seksdobling. Figur 2.1 viser utviklingen i produksjon og 10-årig vekstrate. Fram til 2000 var den 10-årige vekstraten over 100%, dvs. at produksjonen av oppdrettsfisk mer enn doblet seg hvert tiår. Trenden i vekstraten var nedadgående. Mellom 2005 og 2013 har vekstraten ligget rundt 80%, men har falt med 20 prosentpoeng i perioden 2014 til 2018. Utfordringen for global akvakultur er å vokse med et stadig mindre miljøavtrykk per tonn produsert fisk. Over hele verden vil akvakultur være avhengig av at miljøavtrykket er innenfor naturens tålegrenser og det som er akseptert av samfunnet.



Figur 2.1. Global produksjon av oppdrettsfisk og % vekst over 10 år. Kilde: FAO.

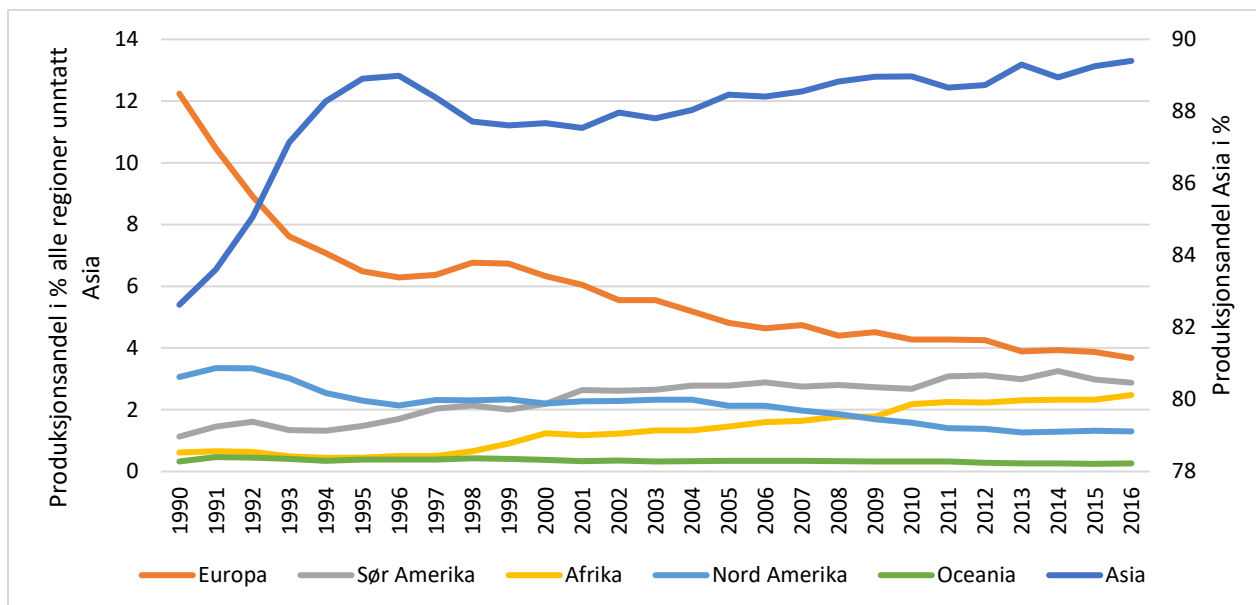
Veksten til akvakultur har delvis vært stimulert av stigende priser. Figur 2.2 viser utviklingen i prisindeksen for oppdrettet og villfanget fisk, altså et gjennomsnitt av prisene for mange arter. Prisutviklingen for oppdrettsfisk har vært positiv over tid, og i 2016 var prisindeksen 30% høyere enn i 1990. I samme periode steg prisene på villfanget fisk 67%. Vi ser at fram til 2010 hadde prisindeksen for akvakultur en konstant trend, og at stigningen i prisindeksen mot de historisk høyeste nivåene har vi sett de aller siste årene. Vi ser også at selv for en prisindeks, hvor svingninger i prisene på individuelle arter delvis viskes ut, så er det betydelig volatilitet. Dette illustrerer markedsrisikoen i akvakultur (se også Flaten, Lien og Tveterås, 2011; Øglend, 2013, Misund, 2018; Asche m.fl. 2019).



Figur 2.2. Global produksjon av oppdrettsfisk og prisindekser for akvakultur- og fangstsektoren. Kilder: FAO, UiS og Norges Sjømatråd.

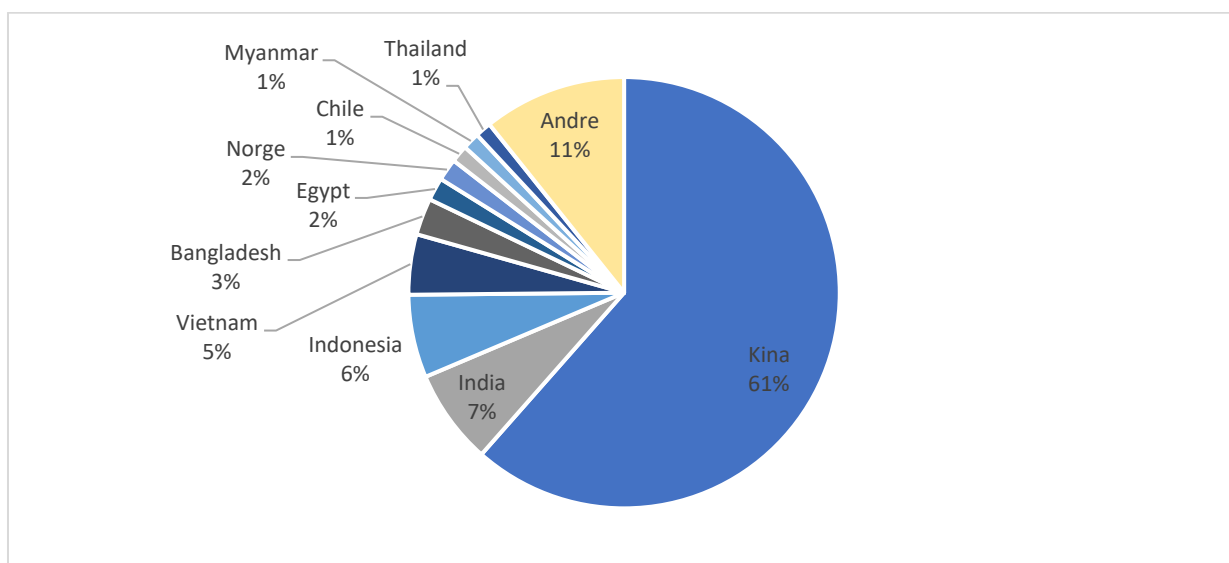
2.2. Fordeling av akvakultur produksjon mellom regioner og land

Innen akvakultur er Asia den helt dominerende regionen, med 90% av global produksjon, som vist i figur 2.3. Europa hadde tidligere over 10% av global produksjon, men andelen har falt til under 4%. Nord Amerika har også opplevd et fall fra 3% til 1,3% av verdens produksjon. Afrika og Sør-Amerika har siden 1990 økt sine andeler av verdens produksjon til hhv. 2,5% og 2,9%. Men bildet som tegner seg er altså et hvor OECD-landene i Europa og Nord-Amerika mister markedsandeler. Delvis kan dette forklares med betydelig konkurranse med andre brukerinteresser om de vann- og kystressursene som kan gi grunnlag for akvakultur, men det skyldes også omfattende reguleringer og tungroddede byråkratiske prosesser i Europa og Nord-Amerika (Abate et al., 2016; Bostock et al., 2010; Nielsen, 2011; Knapp og Rubino, 2016; Osmundsen et al., 2017; Garlock et al., 2020).



Figur 2.3. Andel av global akvakulturproduksjon til regioner. Kilde: FAO.

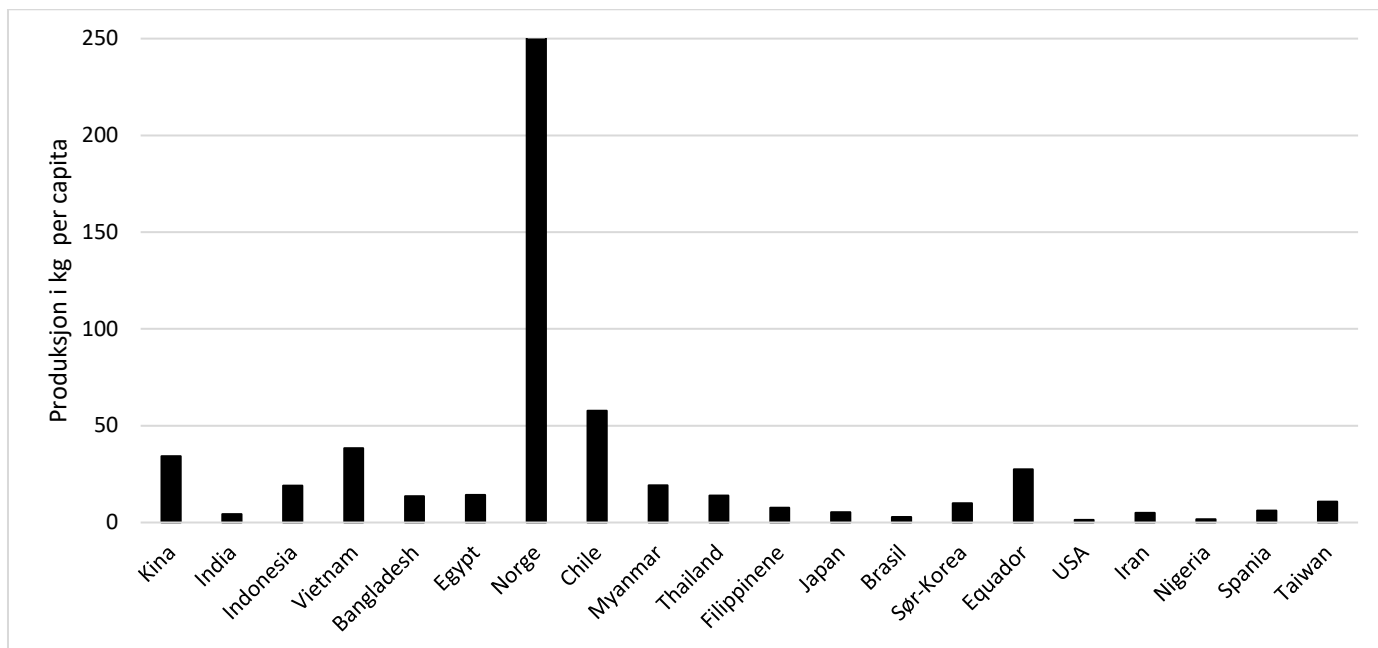
Når man bryter ned den globale produksjonen på land så er Kina dominerende med en produksjonsandel på 61%, som vist i figur 2.4. Deretter kommer India med 7%, Indonesia med 6%, og Vietnam 5%. Norge er på syvende plass med 1.7% av verdens akvakulturproduksjon. Det er verdt å merke seg at Norge er det eneste landet fra den vestlige verden. Syv av de ti største produsentlandene er asiatiske.



Figur 2.4. Andel av global akvakulturproduksjon til største produsentland i 2016. Kilde: FAO.

Det er interessant å analysere akvakultur-produksjonen i forhold til folketallet fordi det sier noe om selvforsyningsgraden for sjømat, og i hvilken grad et land har spesialisert seg i akvakultur. Norge er i en særstilling globalt, som det framgår av figur 2.5, med en produksjon på 252 kg per innbygger. Neste land er Chile, med 58 kg per innbygger. Vietnam produserer 38 kg per innbygger. Kina produserer 34 kg per innbygger. Norge har altså spesialisert seg i akvakultur i en grad som langt overgår det som er nødvendig for å dekke

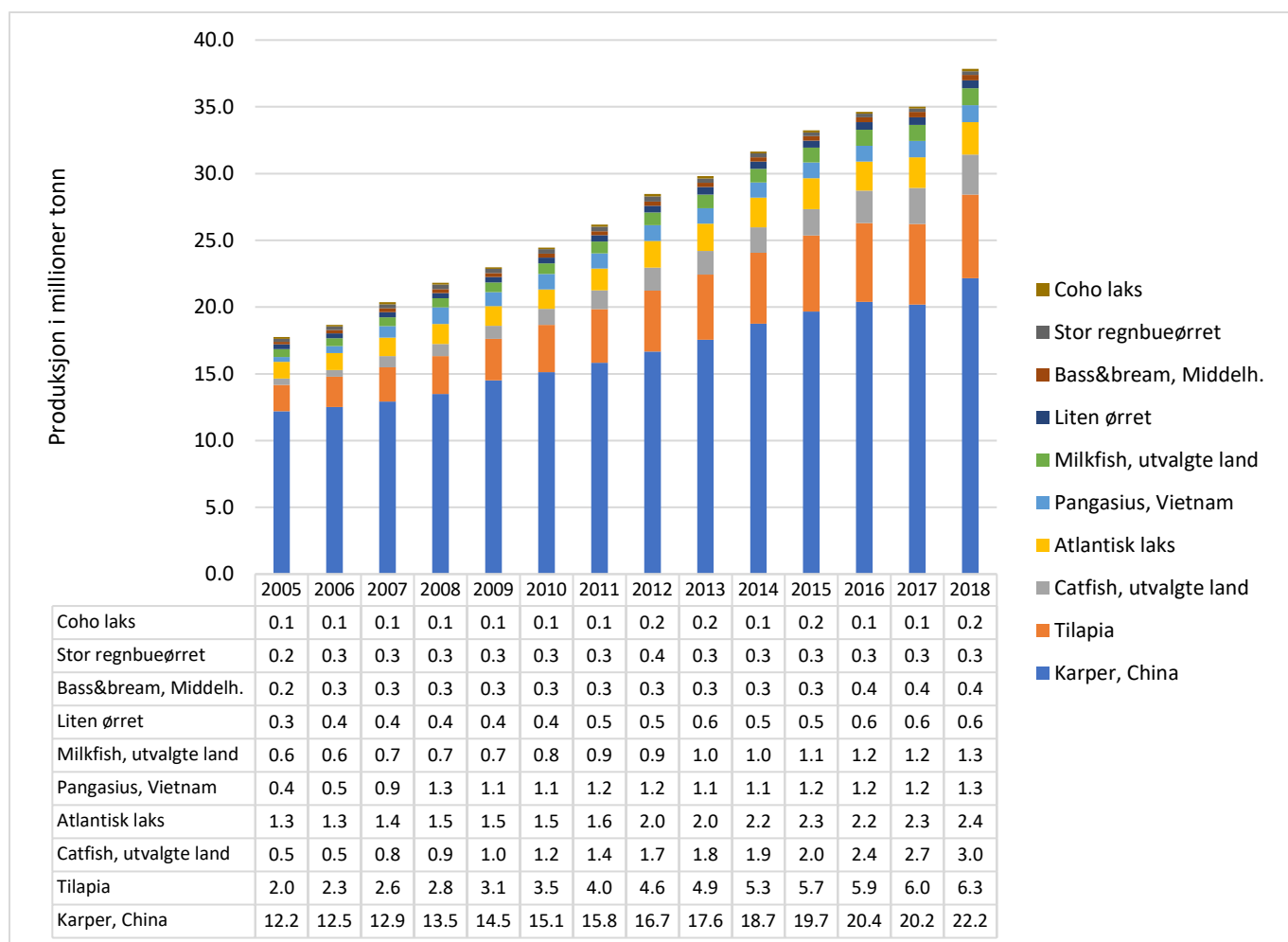
innenlands konsum. Det er også verdt å merke seg at Norge og Chile har spesialisert seg i havbruk, mens de fleste andre land har svært mye av produksjonen i ferskvann eller brakkvann.



Figur 2.5: Akvakulturproduksjon i kg per capita for tjue største produsentland i 2016. Kilde: FAO

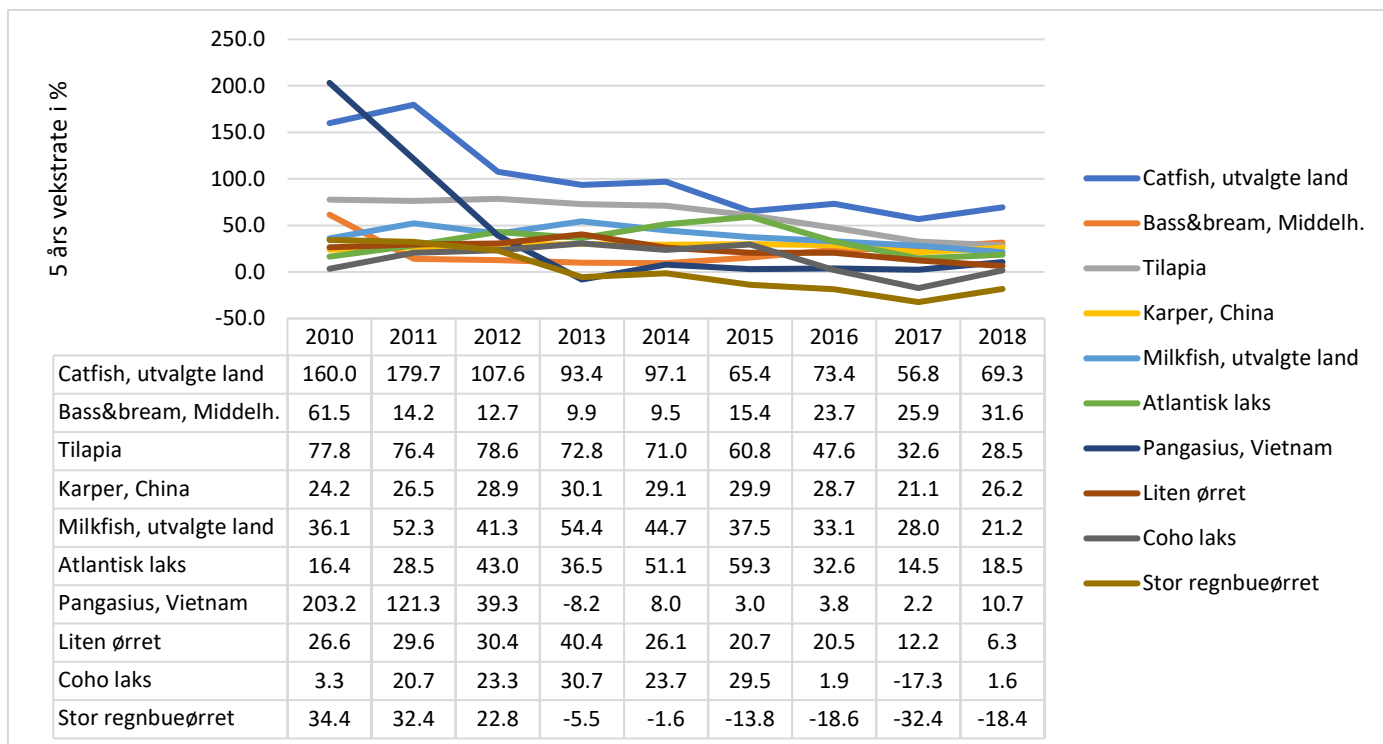
2.3. Produksjon av noen viktige arter oppdrettsfisk

Vi skal nå se på produksjonen av utvalgte oppdrettsarter som vi har nyere data for. Figur 2.6 viser produksjonsvolum frem til 2018. Karpesektoren i Kina er den klart største, med en produksjon på over 20 millioner tonn. Tilapia har passert 6 millioner tonn. Catfish er en sammensatt sektor, som litt avhengig av definisjon, har passert 4 mill. tonn når Pangasius i Vietnam er inkludert. Deretter kommer laksefisk, med en produksjon på ca 3 millioner tonn. Dette er også den største marine sektoren. Landbasert produksjon i ferskvann dominerer fremdeles i global akvakultur.



Figur 2.6. Produksjon av viktige arter av oppdrettsfisk. Kilde: GAA, Kontali.

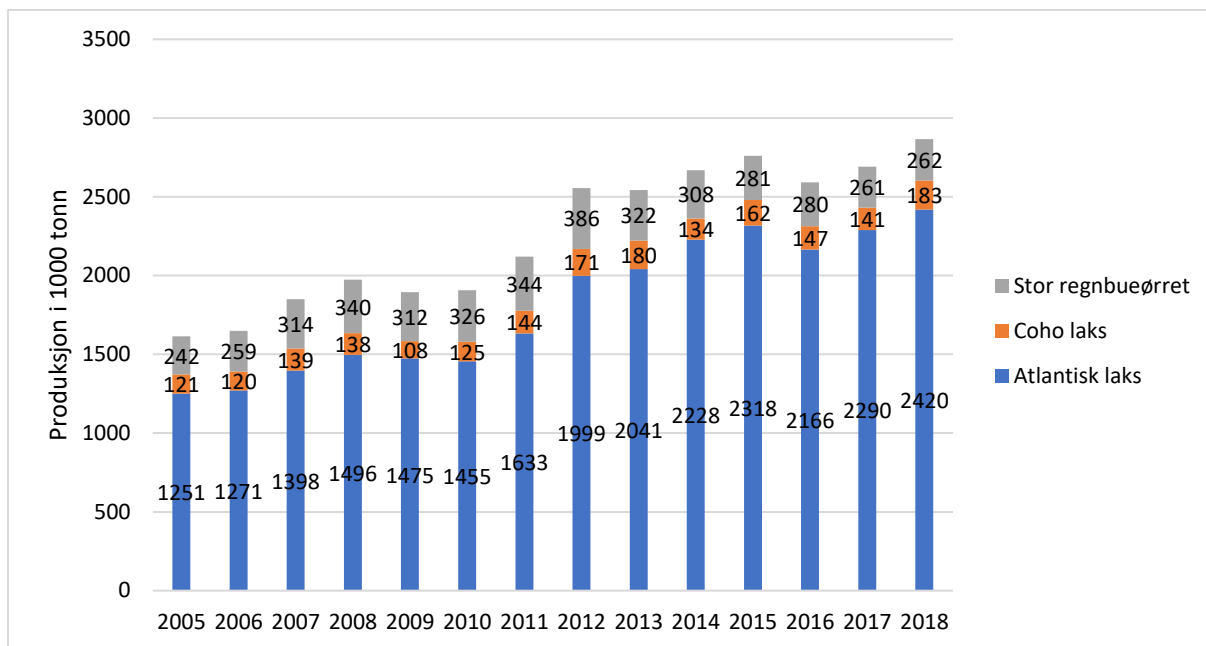
Vekstratene til de største artene er ganske forskjellig, som vist i figur 2.7. Fem årige-vekstrate for 2013-2018 er på ca 70% for Catfish, til negative vekstrater for stor regnbueørret på 18%. Atlantisk laks hadde en vekstrate på ca 19%. Pangasius i Vietnam har opplevd en markert reduksjon i vekstakten over de siste årene.



Figur 2.7. Fem års vekstrater i % for viktige arter av oppdrettsfisk. Kilde: GAA, Kontali.

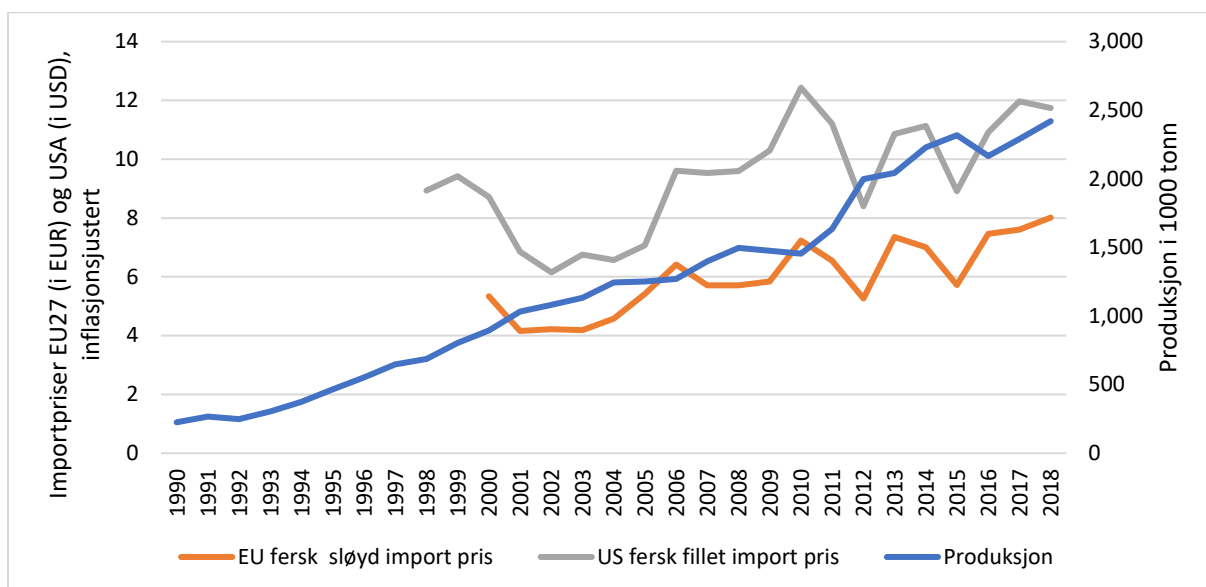
2.4. Marin oppdrettsproduksjon av laksefisk

Vi beveger oss så over til marin produksjon av laksefisk. Det handler primært om tre arter – atlantisk laks, Coho laks og stor regnbueørret. Atlantisk laks er den klart største av disse tre artene, med i overkant av 80% av produksjonen. I 2016 utgjorde marint oppdrett av laksefisk i underkant av 5% av global produksjon av laksefisk. I 2018 var den totale produksjonen av laksefisk ca 2.9 millioner tonn. Vi ser av figur 2.8 at produksjonen økte sterk fra 2005 til 2012, i gjennomsnitt 7% årlig vekst. Etter 2012 har veksten vært betydelig lavere, bare 2% gj.sn. årlig vekst. Litt oppsummert kan man si at viktige faktorer bak den lavere veksttakten har vært en kombinasjon av biologiske og miljømessige problemer og manglende lisens til vekst fra myndighetene.



Figur 2.8. Global produksjon av marint oppdrettet laksefisk. Kilde: Kontali.

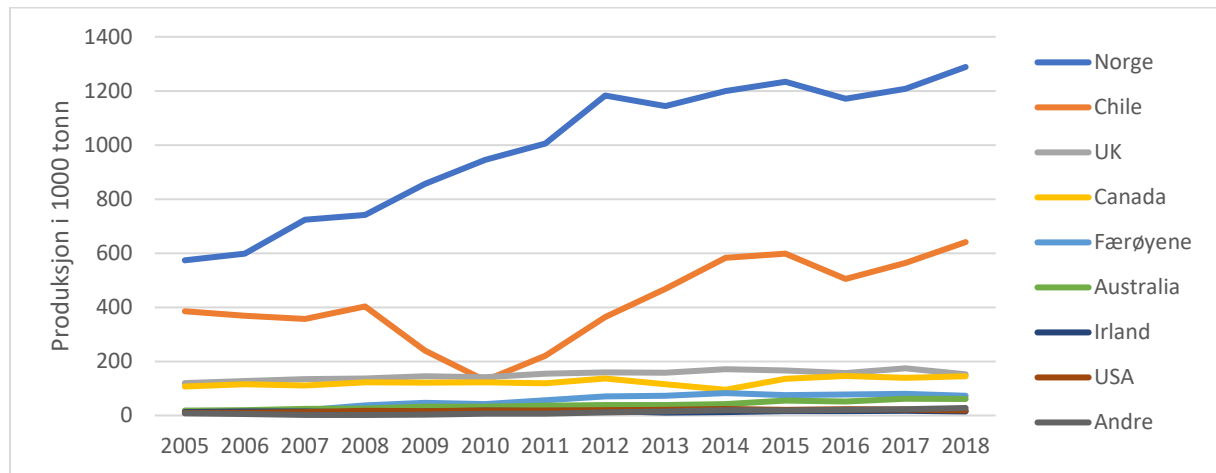
Figur 2.9 viser utviklingen i produksjonen av atlantisk laks, og importpriser til EU og USA. Produksjonen har økt betydelig over tid, og nærmer seg 2.5 millioner tonn. Veksttakten var høyest før og rundt tusenårsskiftet, og har siden sunket. De siste fem årene har vekstraten i gjennomsnitt ligget på 3.6%. Prisene har vist en økende trend over tid, drevet av positive skift i den globale etterspørselen. Produsentene av atlantisk laks har altså ikke klart å øke tilbudet i takt med etterspørselsveksten. De siste par årene har importprisen til EU vært nesten dobbelt så høy som i 2001-2002. Vi ser også at det er en betydelig volatilitet i prisene.



Figur 2.9. Global produksjon av atlantisk laks og importpriser til EU27 og USA. Kilde: Kontali, Norges sjømatråd/Eurostat (priser). Merk: Priser i 2018 er januar-juli gj.snitt.

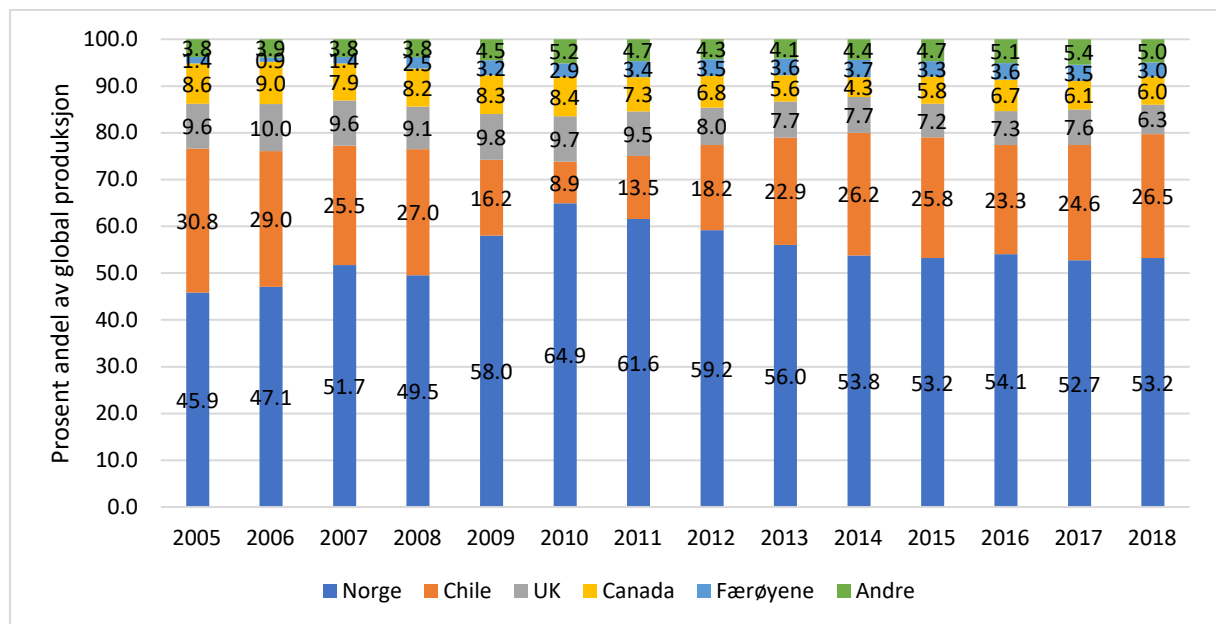
Figur 2.10 viser utviklingen i produksjonen av atlantisk laks til produsentland. Norsk produksjon har mer enn fordoblet seg i perioden 2005-2018, fra 600 tusen tonn til 1.3

millioner tonn. Chile opplevde en halvering av produksjonen fra 2008 til 2010 grunnet store sykdomsproblemer (Asche et al, 2009). Siden har produksjonen tatt seg opp, og er nå på nivåer rundt 600 tusen tonn. Det er verdt å merke seg at land som UK, Canada og USA – alle med betydelige arealer egnet for oppdrett av laksefisk – har produksjonsnivåer på godt under 200 tusen tonn. Dette skyldes i stor grad sterke aktører som ønsker å begrense produksjonen, som igjen har påvirket en restriktiv politikk fra myndighetens side.



Figur 2.10. Produksjon av atlantisk laks fordelt på produsentland. Kilde: Kontali.

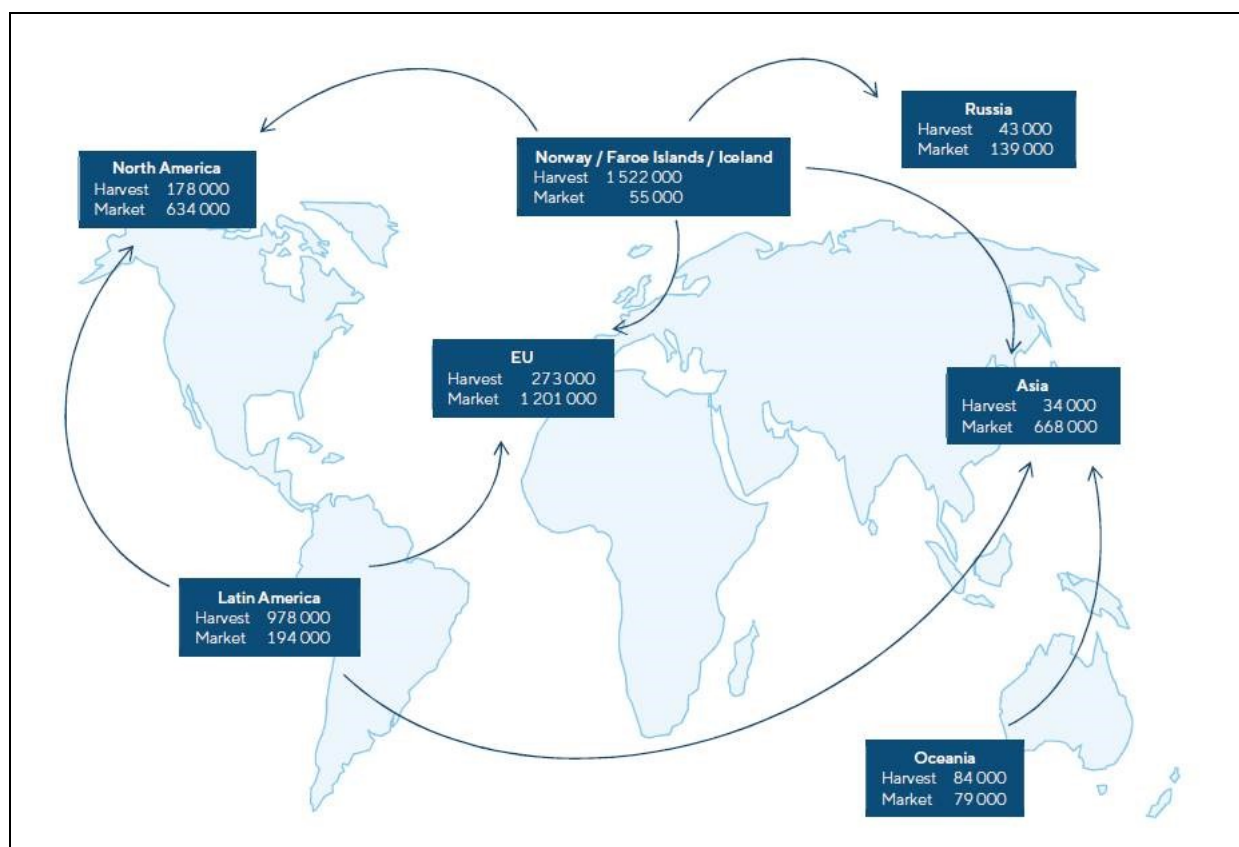
Norge er det klart største produsentlandet for atlantisk laks, med produksjonsandeler på mellom 46% og 65% gjennom perioden 2005-2018, og i dag på litt over 50%, som vist i figur 2.11. Chile har opplevd fluktuasjoner i sin produksjonsandel mellom 9% og 31%, drevet mye av sykdomsproblemer som også har påvirket produksjonskostnader. UK og Canada har gjennomgående hatt produksjonsandeler på 5-10%, og ligger i dag begge på rundt 6%. Færøyene har ca. 3% av markedet.



Figur 2.11. Prosentvis fordeling av produksjon av atlantisk laks. Kilde: Kontali.

2.5. Global handel med laksefisk

Oppdrettet laksefisk selges i et globalt marked. Det framgår av figur 2.12 de største markedene for oppdrettet laksefisk er EU (ca. 1,1 mill tonn i 2017), Nord-Amerika (550 tusen tonn), Asia eksklusive Japan (285 tusen tonn) og Japan (247 tusen tonn). Spesielt EU og Nord-Amerika har et betydelig tilbudsunderskudd på oppdrettet laksefisk, altså en betydelig negativ balanse mellom egenproduksjon og etterspørsel. Tilbudsunderskuddet dekkes av import. Pilene i figuren viser de viktigste eksport strømmene. Mye av norsk eksport går i til EU, men også til Nord-Amerika og Asia. Fra Chile eksporteres laksefisk til Nord-Amerika, EU og Asia.



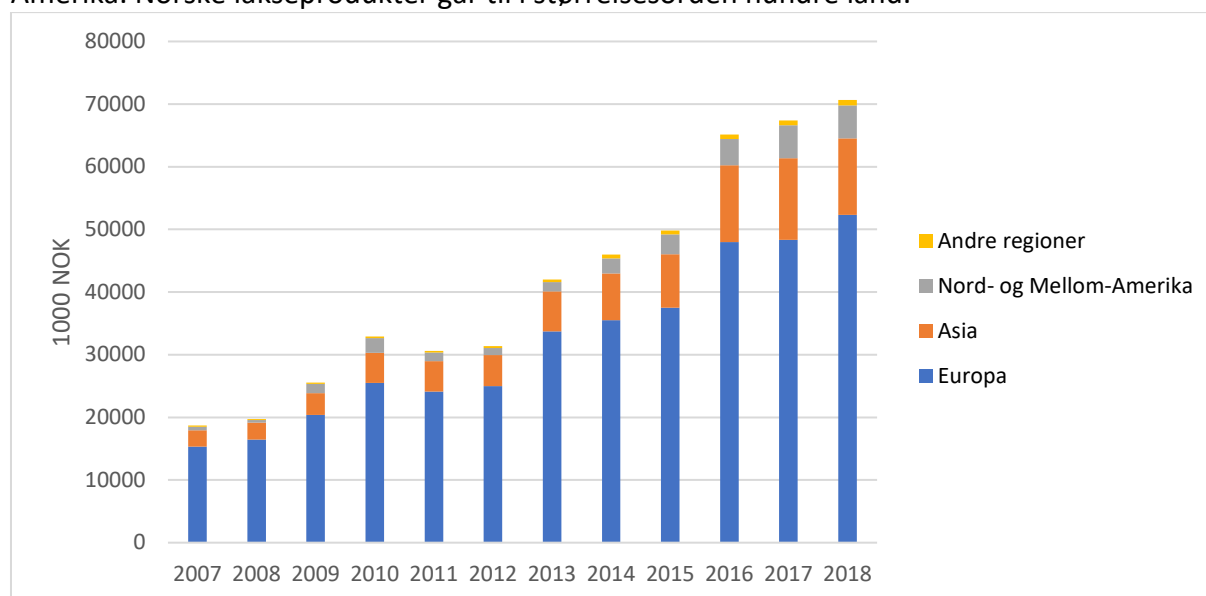
Figur 2.12. Global produksjon og handel i 2019 med oppdrettet laksefisk (Atlantisk laks, stor ørret, coho og chinook) i tonn. Kilde: Kontali.

Prisdannelsen for oppdrettet laksefisk er også global. Det globale tilbudet av atlantisk laks og den globale etterspørselen etter påvirker prisen som oppnås av produsentene. Det reflekteres i at prisen i ulike regioner, f.eks. Nord-Amerika og EU, tenderer å bevege seg opp eller ned i takt. Dette framgår av figur 2.9, som viste importprisene til USA og EU. For eksportprisen i norske kroner har også valutakursen en betydelig effekt.

2.6. Norsk eksport av sjømat og laksefisk til det globale markedet

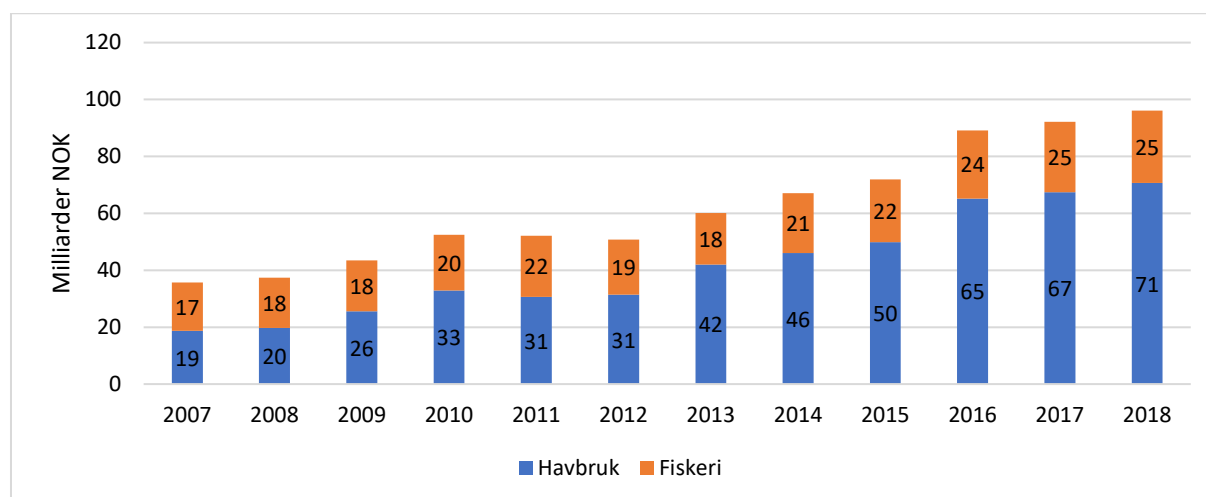
Den norske eksporten av laks og ørret var ca. 71 milliarder kroner i 2018, som vist i figur 2.13. Lakseprodukter eksporteres til hele verden, men våre nærmarkeder i Europa kjøper de største volumene. Andelen av eksporten som går til Europa, hvorav mesteparten går til EU

land, var på 74%. Omtrent 18% av eksporten gikk til Asia, og 8% til Nord- og mellom-Amerika. Norske lakseprodukter går til i størrelsesorden hundre land.



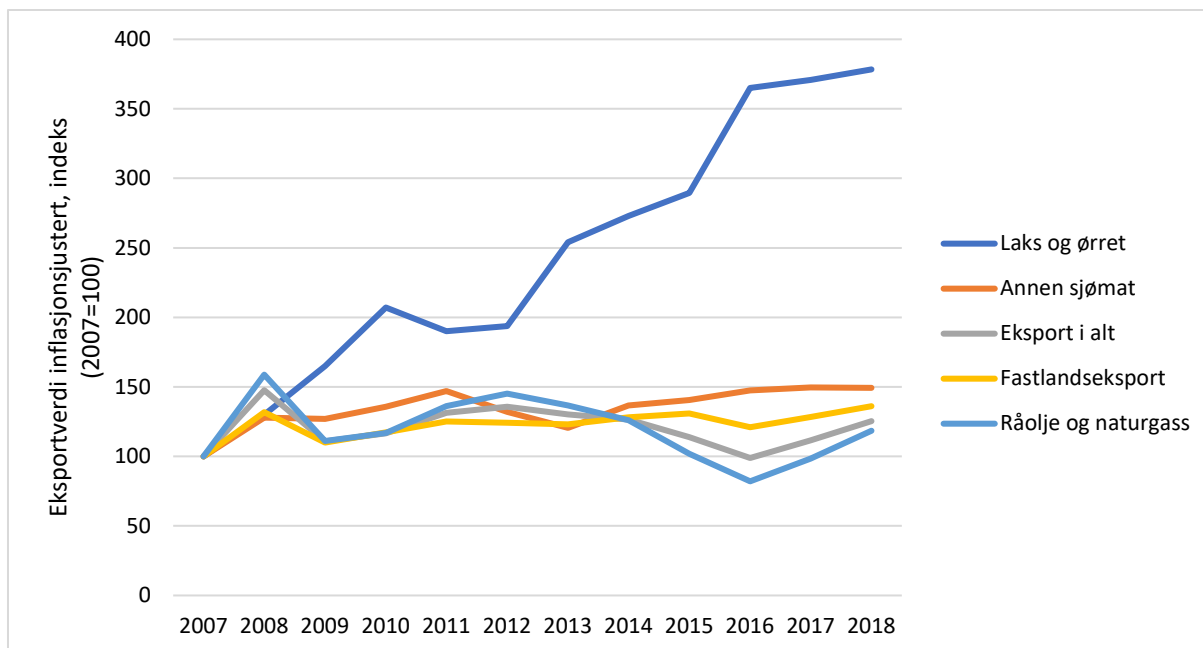
Figur 2.13. Eksportverdi for norsk laks og ørret til ulike verdensdeler. Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Den norske sjømateksporten har økt betraktelig de siste 10 årene, som vi ser av figur 2.14. Men eksporten av laks og ørret fra havbruksnæringen har økt enda raskere. Den totale norske sjømateksporten var i 2018 på 96 milliarder kroner. Av dette utgjorde laks og ørret fra havbruk 71 milliarder kroner. I 2007 utgjorde laks og ørret 52% av eksportverdien, mens i 2018 var andelen 74%.



Figur 2.14. Eksportverdi for norske sjømatprodukter. Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Eksporten av laks og ørret fra havbruksnæringen har hatt en formidabel vekst sammenlignet med de fleste andre næringer og total eksport. Dette framgår klart av figur 2.15. Her ser vi at eksportverdien i 2018 er nesten fire ganger så høy som i 2007, en økning på 278%. Annen sjømat har økt 50%. Totaleksporten har økt med 25%, mens fastlandseksporten har økt med 36%. Eksporten av råolje og naturgass har økt med 19%.



Figur 2.15. Eksportverdi indeks for laks og ørret sammenlignet med andre eksportkategorier, basert på inflasjonsjusterte tall. Kilde: Statistisk sentralbyrå.

I 2018 var eksportverdien for hele Norge (inkl. sokkelen) 997 milliarder kroner, for fastlandet 455 milliarder kroner, for råolje og naturgass 527 mrd kroner, og laks og ørret 70 mrd kroner.

2.7. Bærekraftig vekst i matproduksjon globalt

Behovet for en bærekraftig utvikling er en sterk drivkraft for både konsument- og bedriftsattferd, og ikke minst myndighetenes krav. Ifølge FN må verden doble sin matproduksjon innen 2050 for å fø en voksende befolkning. Mye av den økte matproduksjonen må komme fra havet. Havbruk har blitt pekt på som en viktig bidragsyter for å øke verdens matvareproduksjon.

Tabell 2.1: Nøkkeltall produksjon. Kilde: GSI og kildehenvisninger der (<https://globalsalmoninitiative.org>)

Art	Laksefisk	Fjørkre	Gris	Storfe	Sau
Produksjon i mill. tonn	3.2	107.1	118.2	66	9.3
Karbon avtrykk (gram CO ₂ ekv. per 40 gr ferdig produkt)	0.6	0.88	1.3	5.92	-
Landområde brukt per 100gr protein i m ²	3.7	7.1	11	102	185
Fôrfaktor (kg fôr per kg tilvekst)	1.2-1.5	1.7-2.0	2.7-5.0	6.0-10.0	-
Utbytte kjøtt i forhold til total kroppsvekt i %	68 %	46 %	52 %	-	38 %

En voksende global befolkning har behov for mer proteiner. Når man vurderer proteinproduksjon fra sjø og land gir FNs bærekraftsmål et rammeverk for sammenligning av kjøttproduksjon. Det handler bl.a. om ulike miljøavtrykk, produksjonskostnader, sysselsetting og hvordan proteinet bidrar til god helse.

Proteinproduksjonen domineres globalt av fjørkre, gris og storfe. Vi ser av tabell 2.1 at oppdrett av laksefisk kommer svært godt ut sammenlignet med proteiner fra landjorda. Laksefisk har halvparten av karbonavtrykket til gris, og en tiendel av storfe. Videre legger laksefisk beslag på en tredjedel av landområdet sammenlignet med gris, og 27 ganger mindre landområde sammenlignet med storfe. Dette henger delvis sammenheng med at fôrfaktoren, den mengde fôr som er nødvendig for å oppnå ett kg tilvekst, er langt lavere for laksefisk enn gris og storfe. Fjørkre, dominert av kylling, er nærmest laksefisk når det gjelder ressursbruk. Men også fjørkre er mindre ressurseffektiv på viktige områder.

Implikasjonen av dette er at en framtidig ekspansjon av proteinproduksjon i akvakultur vil kreve mindre av jordas ressurser og være mer bærekraftig i flere dimensjoner enn en ekspansjon av kjøttproduksjon på land. Også for Norge bør ikke havbruk vurderes isolert. Alle matproduserende sektorer har miljømessige fotavtrykk, og spørsmålet er hvilke som kan gi en relativt sett mer bærekraftig vekst når man vurderer på et bredt sett av miljømessige, sosiale og økonomiske parametre.

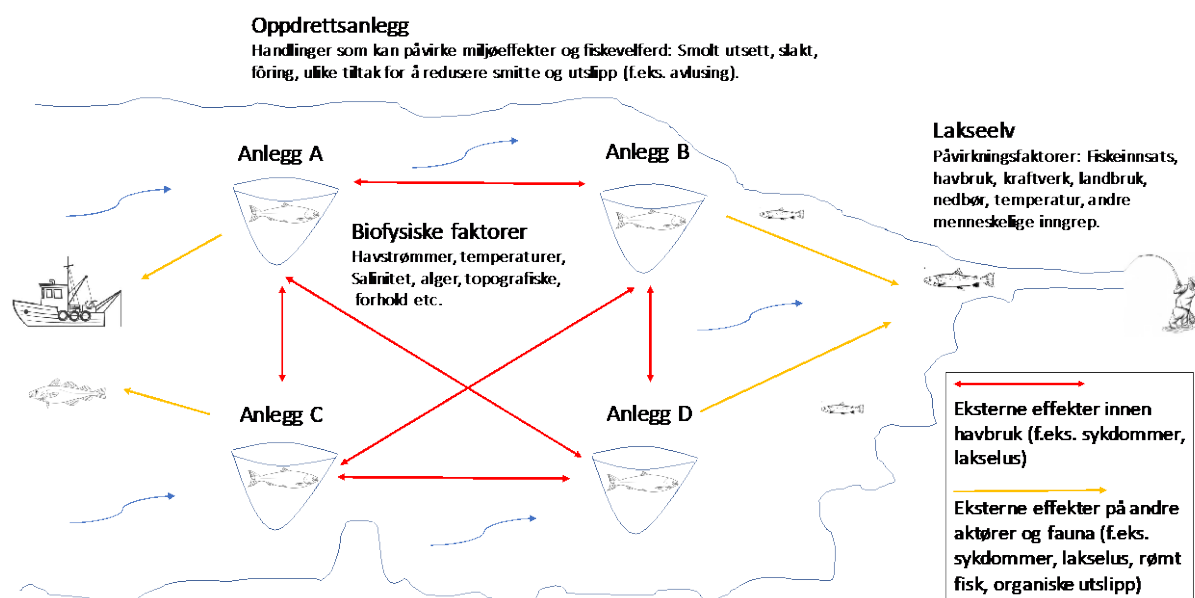
3. Produktivitetsvekst og bærekraft vekst i oppdrett

Dette kapitlet drøfter produktivets- og kostnadsutviklingen i lakseoppdrett, herunder underliggende drivere. Fokus er på innaskjærs oppdrett med konvensjonelle åpne merder. Vi vil også drøfte produktivitet og kostnader i landbasert oppdrett.

3.1. Negative eksterne effekter

Dersom oppdrettsanlegg ikke hadde noen effekt på omgivelsene ville mye av rasjonale for regulering av produksjonen falt bort. Hovedgrunnen til å regulere produksjonen til et havbrukselskap er at det påfører negative eksterne effekter i form av smitte og utslipp på andre aktører som det ikke internaliserer i sitt eget bedriftsøkonomiske regnskap og egne handlinger. Dette er en form for markedssvikt, altså at markedet ikke klarer å korrigere problemet på egen hånd. Ulike typer eksterne effekter er illustrert i figur 3.1. Andre aktører kan her være andre oppdrettsbedrifter, bedrifter i andre næringer, og husholdninger. Den negative eksterne effekten vil for andre bedrifter være redusert lønnsomhet og for husholdninger redusert velferd eller livskvalitet, som i prinsippet kan måles i kroner.

Produksjonen av oppdrettslaks på en lokalitet kan, via smittestoffer, lakselus, rømt laks m.m., være en mulig kilde til en negativ ekstern effekt for andre oppdrettsanlegg og lakseelver. Men det er viktig å presisere at det ikke er produksjonen i seg selv som er den negative eksterne effekten. Et selskap kan i prinsippet - gjennom teknologiske valg og tiltak i driften – redusere negative eksterne effekter for et gitt produksjonsvolum.



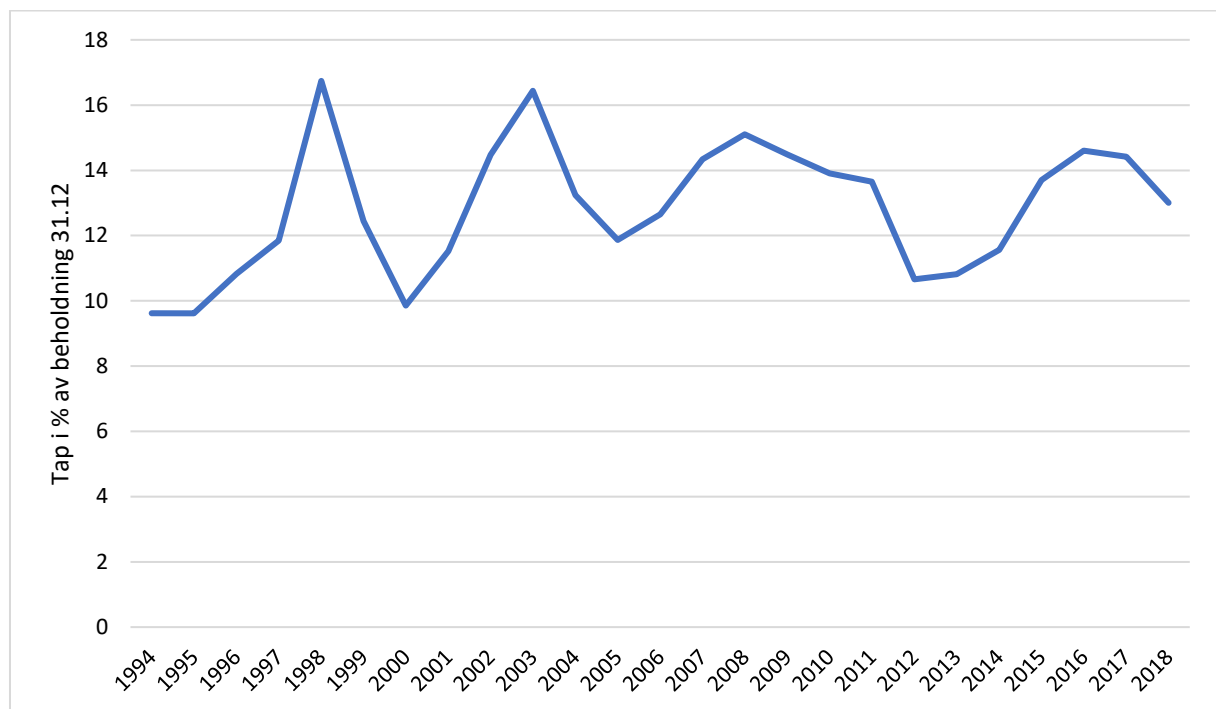
Figur 3.1. Påvirkninger på det akvatiske miljøet, fiskevelferd og andre økonomiske aktører

3.2. Utviklingstrekk i norsk laksenæring

I dag peker forskere og politikere på flere områder hvor havbruksnæringen bør øke sin bærekraft, og som vil være viktig for tillatelsen til vekst. Sentrale områder er dødelighet (tap av matfisk), fiskevelferd, lus og dens effekt på vill laksefisk, og rømming.

3.2.1. Tap av matfisk i merdene

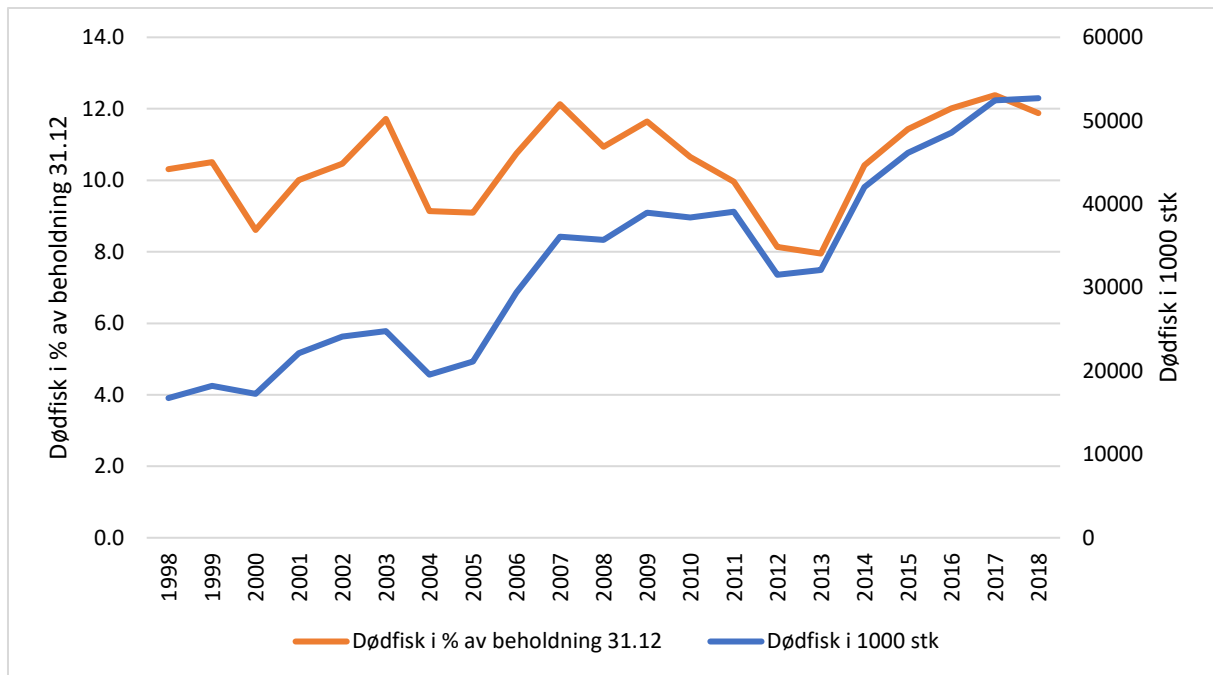
Andelen av matfisk som går tapt har ikke vist en endring i trenden over tid. Figur 3.2 viser utviklingen i tap av matfisk som følge av død, rømming, utkast slakteri, tellefeil og andre årsaker. Vi ser at tapsraten har variert mellom 10% og 17% over tid. De senere årene har tapsraten ligget mellom 13% og 15%.



Figur 3.2. Tap av matfisk i prosent av beholdning av fisk i merdene 31. Desember. Kilde: Fiskeridirektoratet.

Antall og relativ andel av død fisk i merdene i matfiskoppdrett er indikatorer både på fiskevelferd og smittepress fra ulike sykdommer. Figur 3.3 viser at andelen dødfisk av beholdning 31.12 har variert mellom 8% og 12% over tid. De siste årene har andelen dødfisk ligget rundt 12%, altså i den øvre enden av det historiske intervallet, trolig mye forårsaket av økt bruk av ikke-medikamentell lusebehandling. Havbruksnæringen har et forbedringspotensiale når det gjelder å redusere smittepress og heve fiskevelferden. Med et økende utsett av fisk over tid har også antallet dødfisk økt. I 2019 døde 56 millioner individer i matfisk³. I tillegg settes det ut årlig omtrent 50 millioner rensefisk, som er gjenstand for veldig høy dødelighet. Både i forhold til fiskens velferd og næringens omdømme i samfunnet har næringen en utfordring.

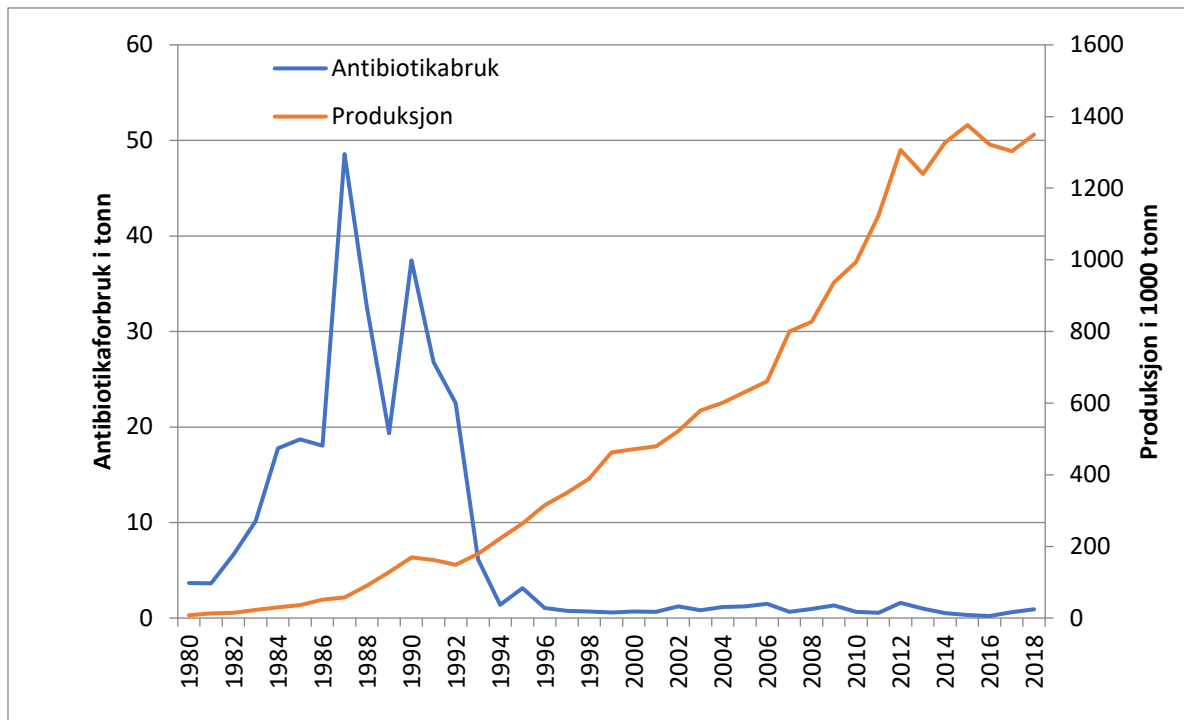
³ Matfisk av laks: 53 millioner og matfisk av regnbueørret: 3 millioner. I tillegg kommer dødfisk i settefiskfasen.



Figur 3.3. Død fisk i antall og prosent av beholdning av fisk i merdene 31. Desember. Kilde: Fiskeridirektoratet.

3.2.2. Fiskesykdommer og antibiotika

Fiskesykdommer har vært en utfordring for laksenæringen siden 1980-tallet. I oppdrett av dyr vil det alltid være smittestoffer. På 1980-tallet gav sykdommene Hitrasyen og furunkulose som store tap. Oppdretterne brukte da en nokså "primitiv" strategi for sykdomsbekjempelse ved å pøse på med store mengder antibiotika, jfr figur 3.4. På andre halvdel av 1980-tallet kom det vaksiner på markedet som etter hvert førte til at antibiotika forbruket i lakseoppdrett falt til svært lave nivåer, også sammenlignet med landbruket. All laksefisk i oppdrett vaksineres nå mot bakteriesykdommene. Vaksinene beskytter ganske effektivt mot sykdom. De bidrar på den måten både til lave tap på grunn av bakterielle sykdommer, og et svært lavt forbruk av antibiotika. Globalt er bruk av antibiotika både for mennesker og dyr et stort problem. Norsk havbruk har et svært lavt antibiotika forbruk sammenlignet med andre sektorer som oppdretter dyr på land, inklusive norsk landbruk.

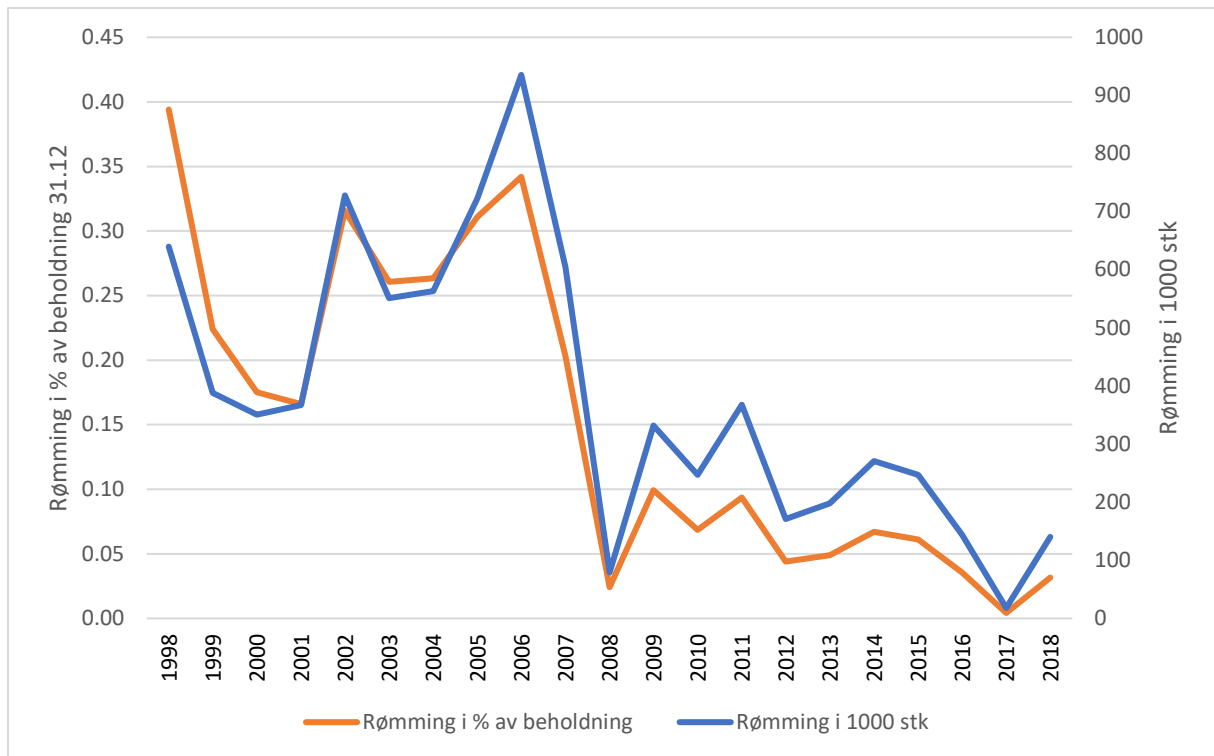


Figur 3.4. Bruk av antibiotika og produksjon av laks og ørret. Kilde: Fiskeridirektoratet.

3.2.3. Rømming av laksefisk

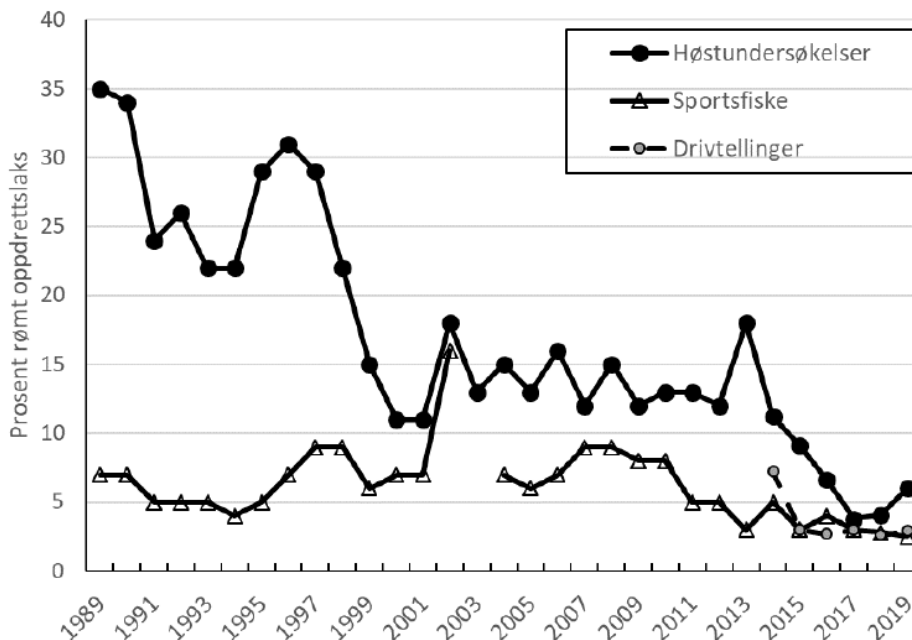
Rømming av matfisk er ikke ønskelig fordi det kan påvirke det genetiske materialet og overlevelsen til vill laksefisk, og dermed potensielt redusere størrelsen av ville laksebestander. Gjentatte rømminger kan ha en kumulativ effekt på det genetiske materialet. Dårlig vær og aktiviteter forut for lusebehandlinger øker sannsynligheten for rømming (Føre og Thorvaldsen, 2021). Figur 3.5 viser at over tid har rømming falt betraktelig både i absolutte antall og som prosent av beholdningen av levende fisk i merdene. De siste fem årene har det rømt i gjennomsnitt ca 123.000 oppdrettsfisk, som er ca. 13% av antallet fisk som rømte i 2006, da det rømte over 900 tusen fisk. I 2019 var det en stor enkelthendelse fra et landbasert settefiskanlegg, hvor det rømte 217.000 yngel⁴. Uten denne enkelthendelsen blir gjennomsnittet de siste 5 årene på ca. 80.000, som er under en tidel av 2006. Reduksjonen i rømmingen har kommet samtidig som produksjonen har økt. Denne utviklingen kan delvis forklares med innføring av NYTEK forskriften som setter tekniske standarder for havbruksanlegg, samt forbedringer i teknologi og driftsrutiner ut over dette.

⁴ <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2019/0819/Roemmingstall-fra-settefiskanlegg-i-Troms>.



Figur 3.5. Rømming av matfisk i antall og prosent av beholdning av fisk i merdene 31. Desember. Kilde: Fiskeridirektoratet.

Redusert omfang av rømming gjenspeiles også i en betydelig nedgang i andel oppdrettslaks som vandrer opp i lakseelvene, som dokumentert i tellinger presentert av Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning. Figur 3.6 viser en nedadgående trend i omfanget av rømt oppdrettslaks i norske elver de siste 30 årene.

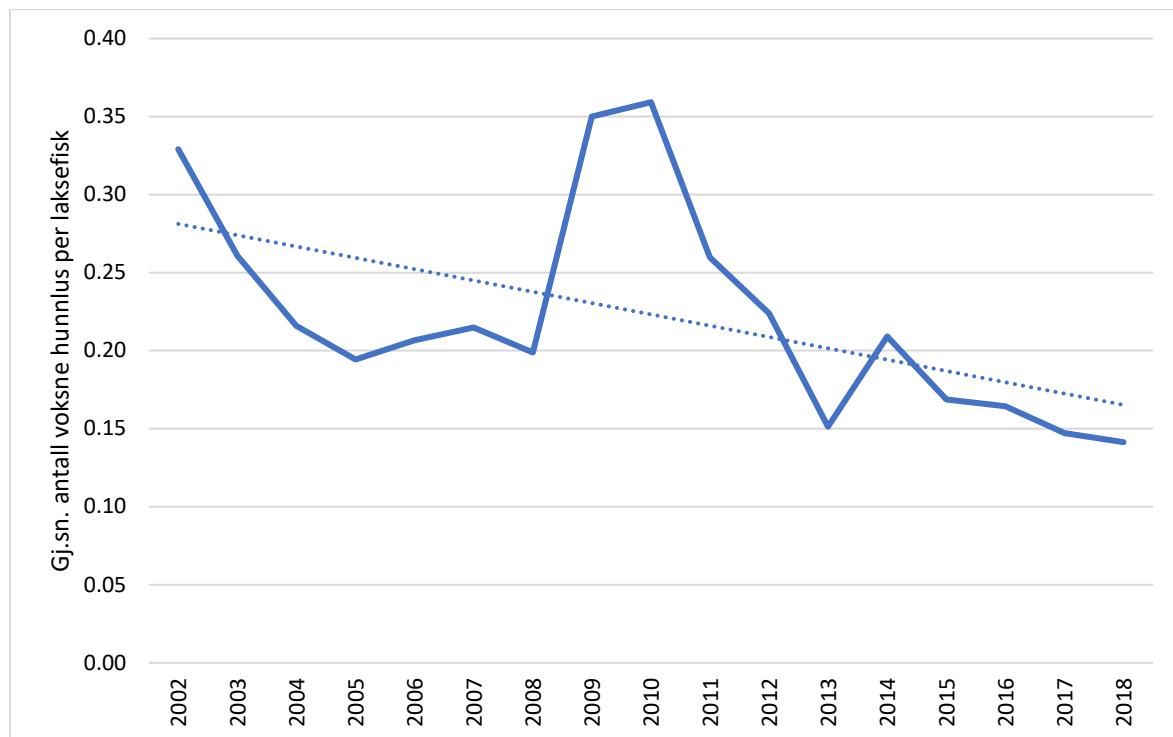


Figur 3.6. Innslaget av rømt oppdrettslaks i prøver fra sportsfiske og fiske like før gyting om høsten i perioden 1989-2017. Kilde: Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning.

3.2.4. Lakselus

De senere årene har det vært mye fokus på forekomsten av lakselus i havbruk. Laksefisk er verter for lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*), som er en parasitt. Lakselus kan føre til økt dødelighet, redusert tilvekst og lavere fiskevelferd hos både oppdrettet og vill laksefisk. Den kan gi økonomiske tap for lakseoppdrett, og i dag beregnes de direkte kostnadene for lakselus i norsk havbruk til over fem milliarder kroner (Iversen m.fl., 2017), men i tillegg kommer indirekte kostnader knyttet til redusert tilvekst (Abolofia m.fl., 2017). Lakselus representerer også en trussel for bestandene av vill laksefisk. Det er spesielt når smolt, altså ung laksefisk, vandrer fra vassdrag gjennom kystsonen og ut i havet at den er sårbar for lakselus.

Figur 3.7. viser utviklingen i gjennomsnittlig antall voksne hunnlus per laksefisk i havbruk. Vi ser av trendlinjen at det er en nedadgående trend i konsentrasjonen av lakselus per laksefisk i havbruk. Samtidig har produksjonen av laks vokst, og ambisjonen er å vokse videre. Da er det nødvendig å redusere populasjonen av lakselus ytterligere i flere regioner.



Figur 3.7. Gjennomsnittlig antall voksne hunnlus per laksefisk i havbruk. Kilde: www.lusedata.no.

Konsentrasjonen av lakselus varierer mye mellom fylkene langs kysten. Konsentrasjonen har over tid vært høyest på Vestlandet og i Midt-Norge, og betraktelig lavere i de to nordligste fylkene. Lakselus var begrunnelsen for innføring av 13 produksjonsområder i 2017 med et tilhørende trafikklyssystem⁵. Dette ble innført for å regulere regional produksjon med basis i modellert påvirkning på vill laksefisk via lakselus. Dersom et område får grønn status kan produksjonen av oppdrettslaks økes, får det gult kan produksjonen opprettholdes på dagens nivå, og med rødt kan myndighetene i prinsippet nedjustere produksjonen. Det er mye

⁵ Meld. St. 16 (2014–2015).

debatt om dette systemet, bl.a. om kunnskapsgrunnlaget og modellene for å fastsette status.

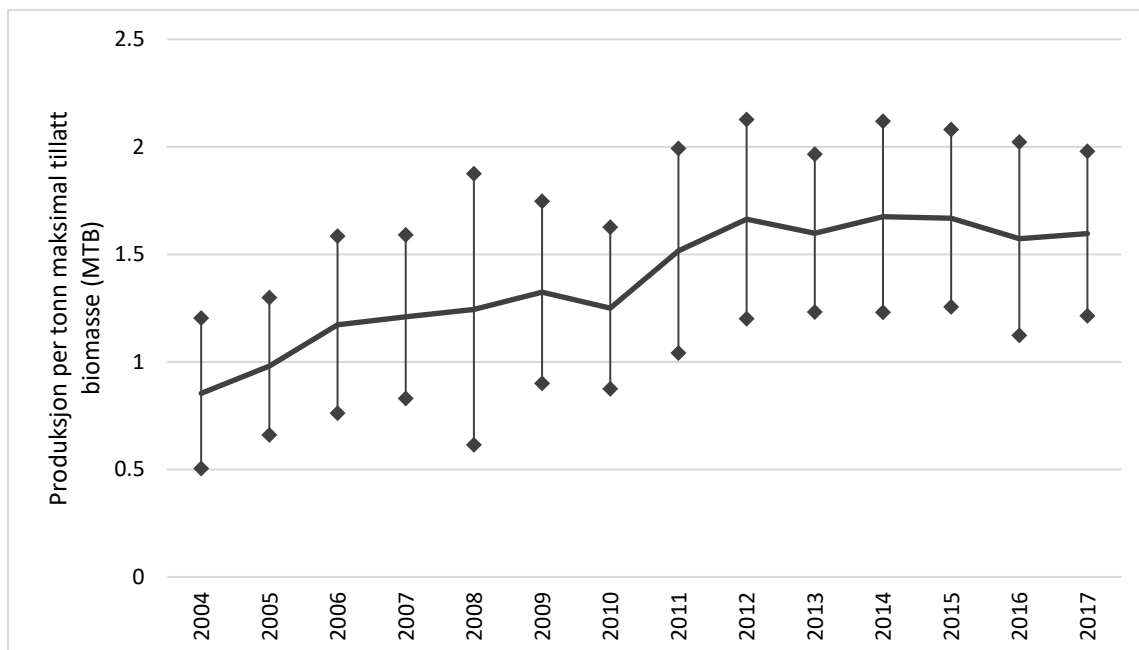
Det er behov for forskning for bedre å forstå sammenhenger mellom populasjoner av lakselus og påvirkning på vill laksefisk. I neste omgang er det behov for flere typer innovasjoner for å redusere den faktiske påvirkningen på vill laksefisk, og for å øke velferden til oppdrettslaks. Det blir investert store beløp i innovasjoner som skal bidra til reduksjon i lakselus populasjonene langs kysten. De siste 10 årene har investeringsnivået i havbruk økt 4-5 ganger, mye drevet av biologiske utfordringer som lakselus (Blomgren m.fl., 2019).

3.3. Produktivitets- og kostnadsutvikling i matfiskoppdrett

Havbruk har en betydelig økonomisk risiko. Kildene til den økonomiske risikoen i havbruk er (a) produksjonsrisiko (biologi, sykdom, uvær, temperaturer), (b) markedsrisiko (etterspørsel, handelshindringer, valutakurs), (c) annen politisk risiko (endringer i politikk og reguleringer i inn- og utland). Den økonomiske risikoen har over tid manifestert seg i priser, kostnader, lønnsomhet, produktivitet og vekst for næringen totalt og for enkelt selskaper. Vi viser både utviklingen over tid i forskjellige måltall, men også variasjonen innen et år representert ved standardavvik. Vi skal først se på utviklingen i produktivitet og kostnader i matfisk.

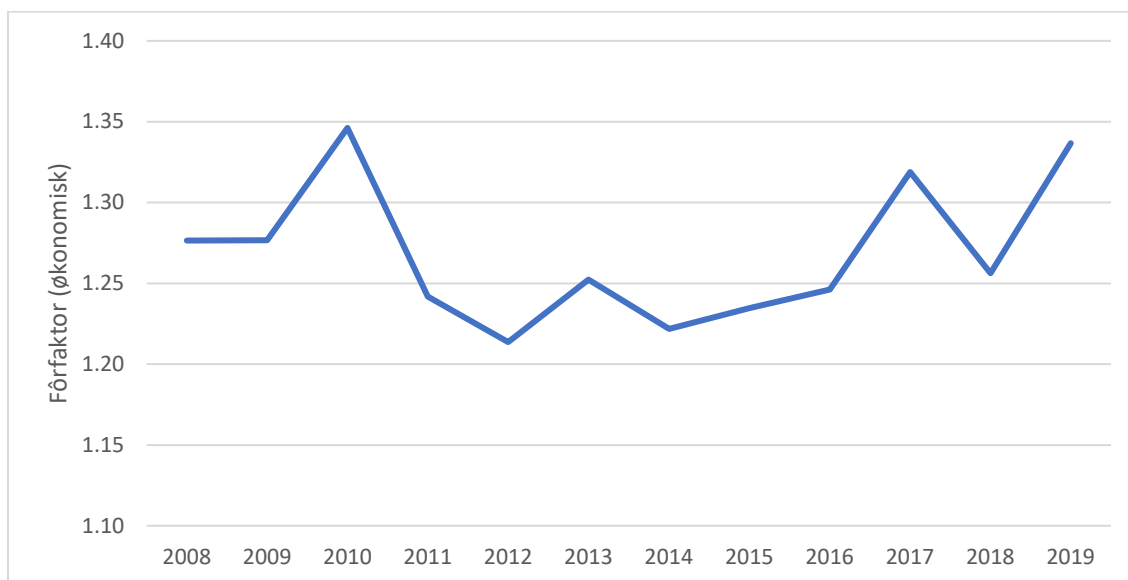
3.3.1. Utvikling i produktivitet relatert til MTB og fôr

Matfiskoppdrett reguleres delvis av maksimal tillatt biomasse (MTB), en begrensning på biomassen som maksimalt kan være i sjøen til enhver tid. For oppdrettsanleggene gjelder det å utnytte MTB mest mulig effektivt. Figur 3.8 viser utviklingen i produksjon per tonn maksimal tillatt biomasse, gjennomsnitt og +/- ett standardavvik. Vi ser at utnyttelsesgraden har økt betydelig over tid, fra i underkant av ett tonn produsert per tonn MTB i 2004 til cirka 1.6 tonn produsert per tonn MTB i 2017. Fra 2012 har det ikke vært en produktivitetsvekst i denne dimensjonen.



Figur 3.8. Produksjon per tonn maksimal tillatt biomasse, gjennomsnitt og +/- ett standardavvik. Datakilde: Fiskeridirektoratet.

Figur 3.9 viser utviklingen i fôrfaktor – fôrforbruk per kg fisk produsert, gjennomsnitt og +/- ett standardavvik. Dette er et sentralt produktivitetsmål, siden fiskefôr utgjør typisk 40-60% av produksjonskostnader. Vi ser at fôrfaktoren har fluktuert noe over tid. Fôrfaktoren øker når dødelighet øker og tilvekst er lavere, ofte knyttet til sykdommer og parasitter (lakslus). De siste par årene har fôrfaktoren økt noe sammenlignet med foregående år, noe som delvis indikerer at næringen har utfordringer med sykdommer og lakselus.

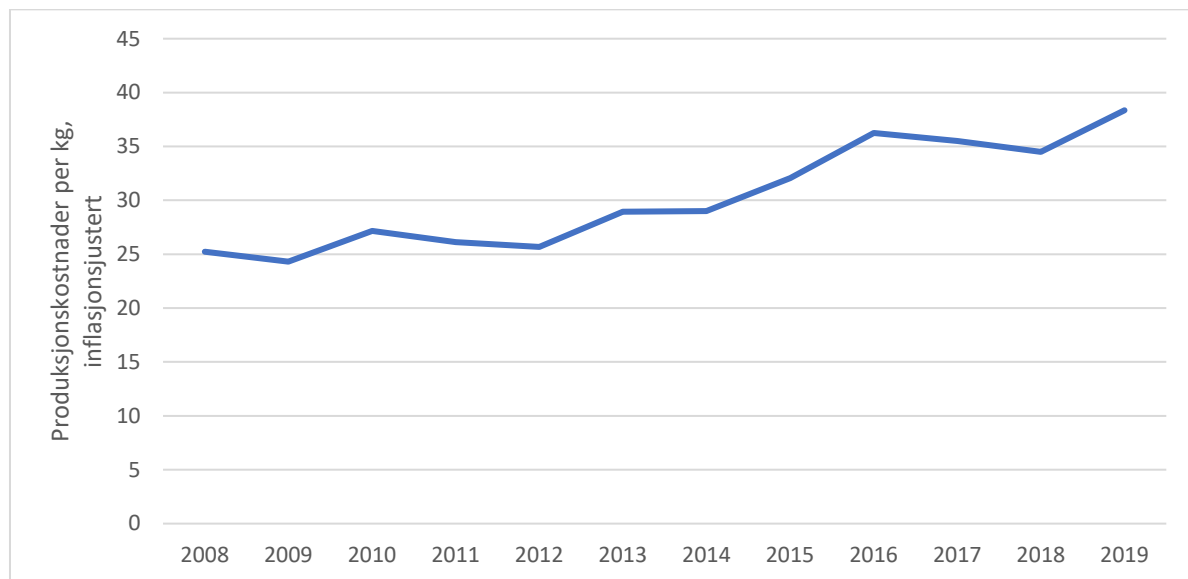


Figur 3.9. Økonomisk fôrfaktor – fôrforbruk per kg fisk produsert, gjennomsnitt. Kilde: Fiskeridirektoratet.

3.3.2. Utviklingen i produksjonskostnader

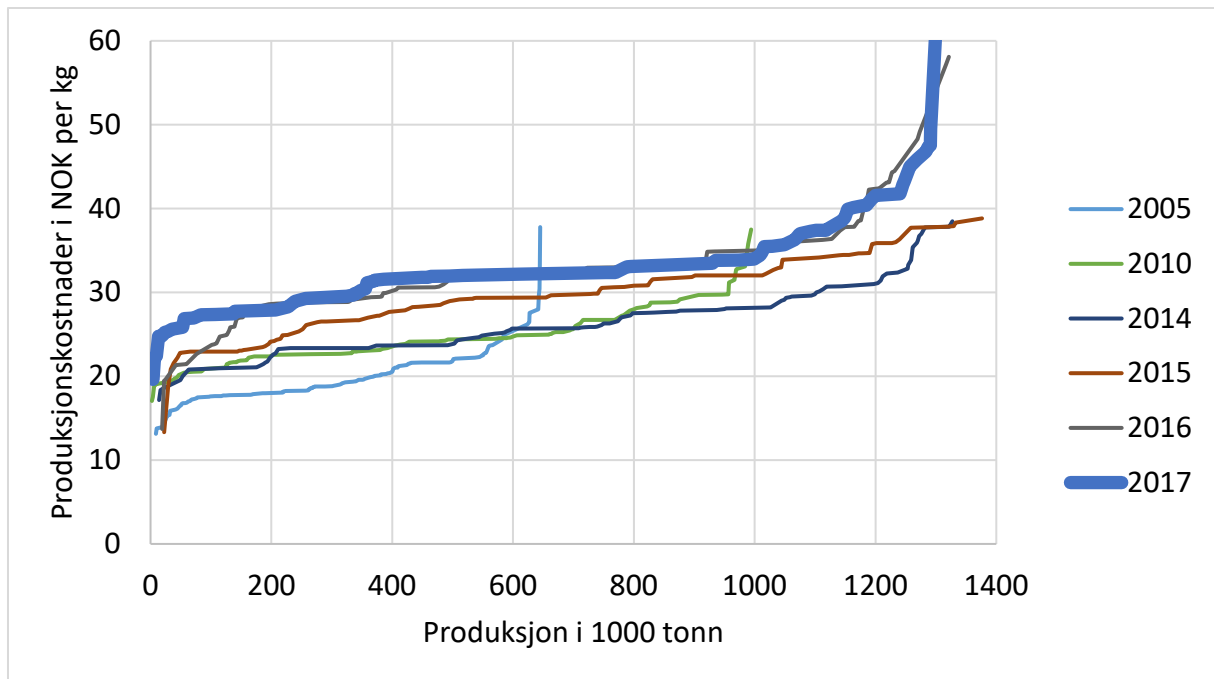
Oppdrett med åpne merder i kystsonen utnytter tjenester fra naturen på en effektiv måte (økosystemtjenester). Før negative eksterne effekter knyttet til sykdommer, parasitter og andre utslipp er åpen produksjon i kystsonen den mest kostnadseffektive produksjonsformen. Men etter hvert som produksjonen og antall lakseindivider har blitt mangedoblet på lokaliteter og i kystregioner har de negative eksterne effektene blitt større. Dette manifesterer seg i produksjonskostnadene til oppdrett, og det er også kostnader for andre aktører innen fiske av vill laksefisk og andre arter. Lakselus er i dag en betydelig eksternalitet og kostnadsdriver, men det er også andre biologiske utfordringer (f.eks. sykdom) som fører til perioder med høy dødelighet blant oppdrettslaks.

Figur 3.10 viser utviklingen i inflasjonsjusterte produksjonskostnader per kg rundfisk. I 2005 var produksjonskostnadene nede i 21 kroner per kg, mens i 2017 hadde disse steget til 36 kroner per kg. I 2019, har produksjonskostnaden steget ytterligere til 38,36 kr/kg rund fisk (43,2 kr/kg sløyd). Denne utviklingen i kostnadsproduktivitet kan delvis forklares med biologiske utfordringer som vi delvis har gjort rede for i kapittel 3.



Figur 3.10. Produksjonskostnad i NOK per kg (inflasjonsjustert, 2019=100), gjennomsnitt. Kilde: Fiskeridirektoratet.

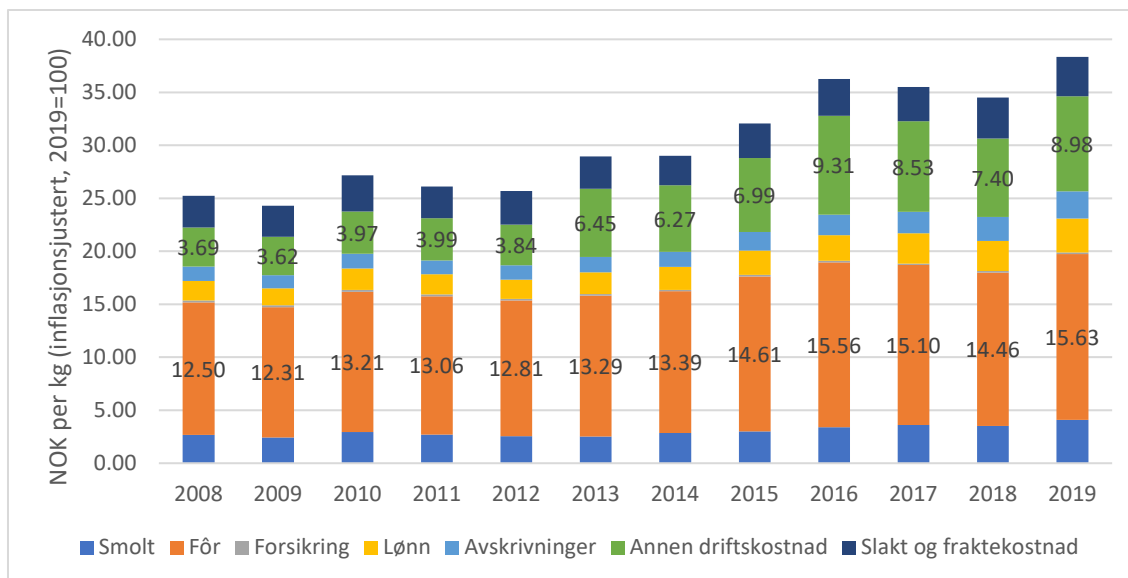
Figur 3.11 viser produksjonskostnadene per kg i norsk lakseoppdrett når selskapene er sortert fra laveste til høyeste kostnader. Kostnadskurvene kan betraktes som "kvasi" tilbudskurver. Figuren viser hvordan kostnadskurven har skiftet oppover fra 2005 til 2017. Videre manifesterer de biologiske eksternalitetene seg i en volatilitet i produktivitet, kostnader og lønnsomhet, både for lokaliteter, selskaper og regioner (jfr. Kumbhakar og Tveterås, 2003; Flaten, Lien og Tveterås, 2011).



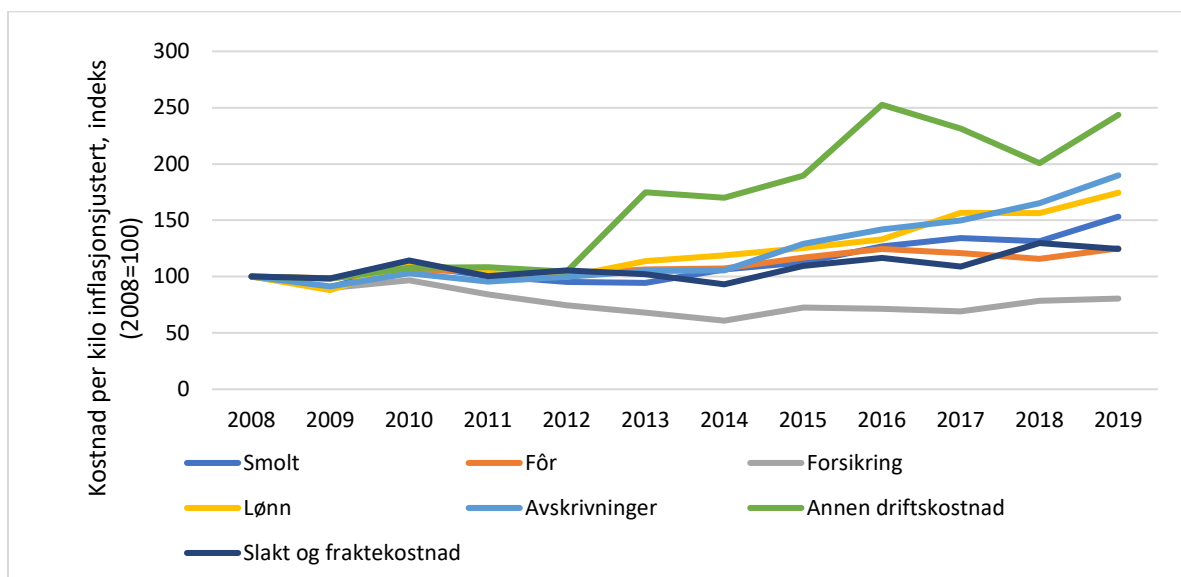
Figur 3.11. Produksjonskostnadene i norsk kystsonoppdrett har økt betydelig fra 2005 til 2017. Inflasjonsjusterte kostnader, 2017=100 (Datakilde: Fiskeridirektoratet).

Lakseoppdrett i kystsonen har et betydelig vekstpotensial som en bærekraftig produksjonsform med konkurransedyktige kostnader. Men for å være bærekraftig må det gjøres store investeringer i forskning og innovasjon, og i fullskala anlegg. I framtiden må man forvente høyere kostnader enn det man hadde rundt tusenårsskiftet, og betydelig biologisk drevet volatilitet i kostnader.

Som figurene ovenfor viste så har produksjonskostnader har økt de siste årene. Årsakene er økte kostnader knyttet til økte fôrkostnader, biologiske utfordringer som lus og sykdom, i tillegg til økt kapitalbinding som følge av økte investeringer (Iversen m.fl., 2017; 2018). Figur 3.12 viser sammensetningen av produksjonskostnaden over tid i kroner per kg, mens Figur 3.12 viser en indeks for kostnadsarter i matfiskoppdrett. Spesielt lus har hatt en stor innvirkning på kostnadsøkningen. De direkte kostnadene til lusebehandling fanges opp av «andre driftskostnader», mens andre kostnader som følge av redusert vekst, økt dødelighet og lavere gjennomsnittlig slaktevekt representerer indirekte lusekostnadene som gjør at det blir færre kilo å fordele kostnadene på, og som også har vært en viktig driver for økte produksjonskostnader.



Figur 3.12. Kostnadsutvikling per kilo produsert laks 2008-2019. Kilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse.

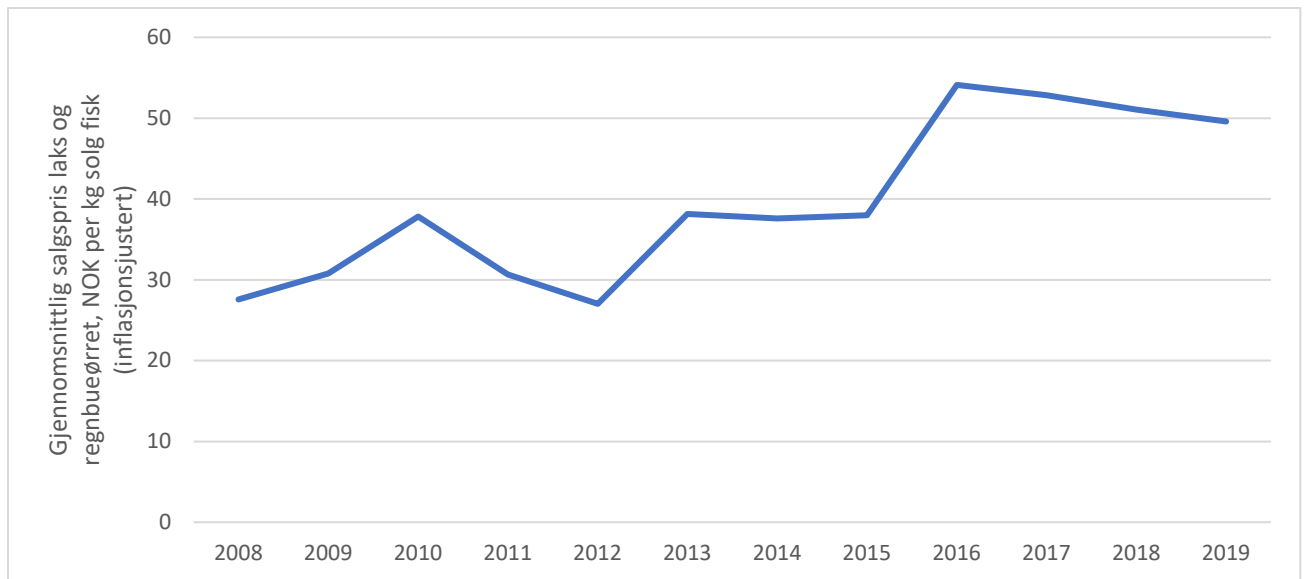


Figur 3.13. Indeks for kostnadsarter i matfiskoppdrett, inflasjonsjustert (2017=100). Datakilde: Fiskeridirektoratet.

3.3.3. Utvikling i lønnsomhet

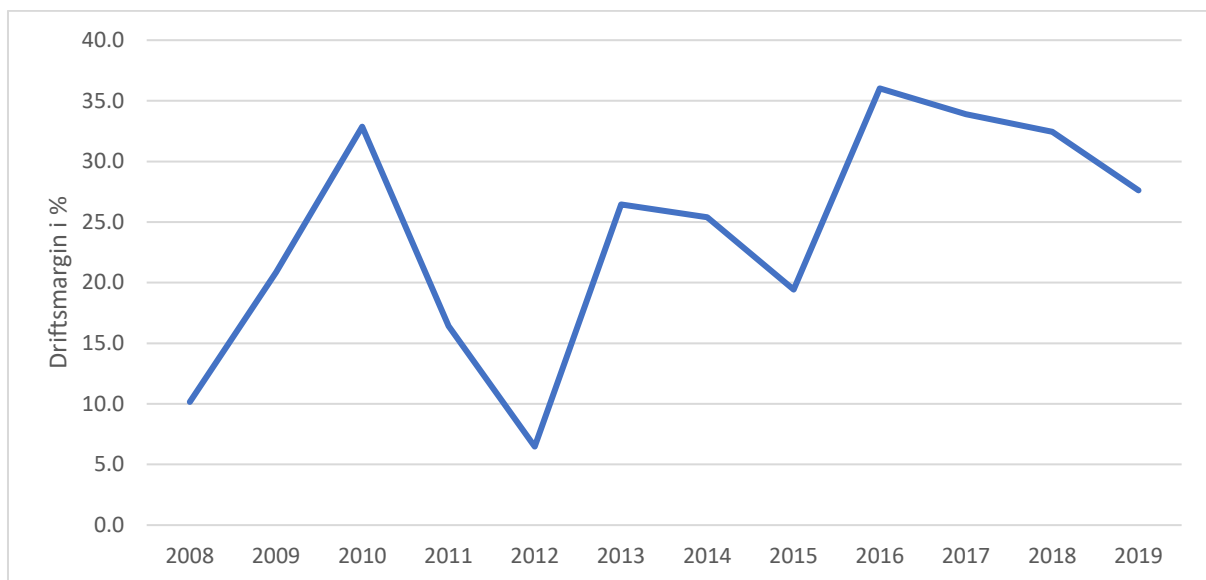
I det følgende skal vi se på utviklingen i lønnsomhet i matfiskoppdrett.

Først viser vi, i figur 3.14, utviklingen i gj.sn. inflasjonsjustert salgspris for laks og ørret fra matfiskanlegg levert til slakteri (kroner per kilo rundvekt, inflasjonsjustert). Vi ser at gj.sn. salgspris fra anlegg nådde en "all-time-high" på ca 54 kroner per kg i 2016, og i 2019 var ca 50 kr per kg, sammenlignet med tidligere pristopper på oppunder 40 kroner per kilo. Dette reflekterer, som tidligere påpekt at det globale tilbudet av laks ikke har klart å holde tritt med etterspørselsveksten.



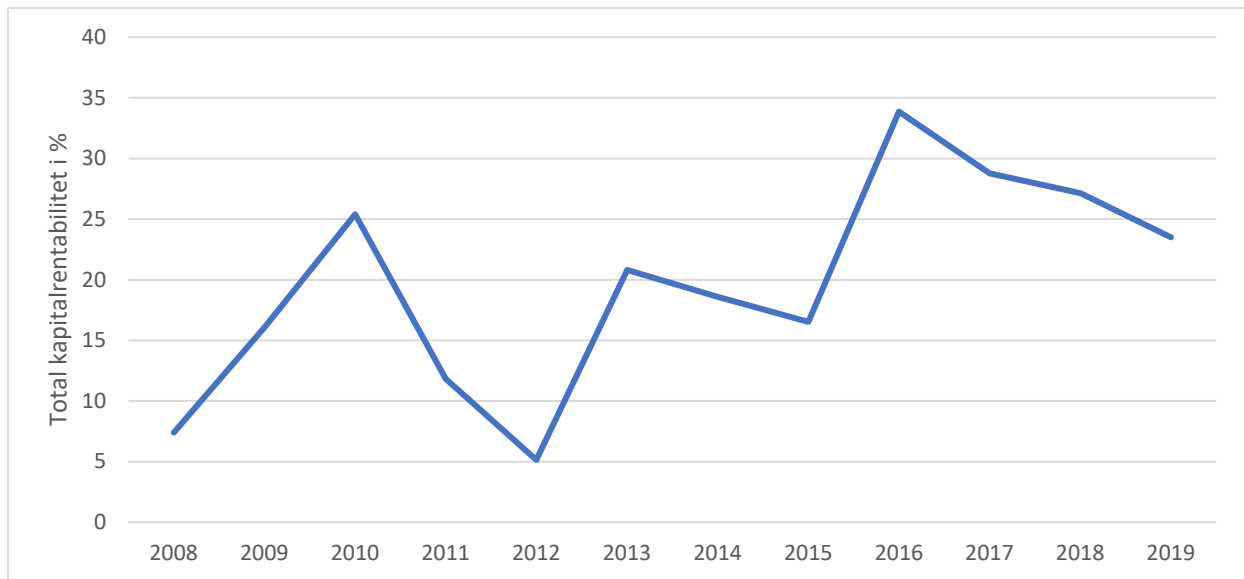
Figur 3.14. Salgspris fra matfiskanlegg (inflasjonsjustert), gjennomsnitt. Kilde: Fiskeridirektoratet.

Figur 3.15 viser utviklingen i driftsmarginen i % (altså driftsresultat i % av inntekter). Vi ser store fluktasjoner i driftsmarginen, noe som illustrerer den store økonomiske risikoen i matfiskoppdrett. I årene 2002 og 2003, som ikke er vist i figuren, var gj.sn. driftsmargin negativ, mens den f.eks. i 2016 og 2017 var over 30%. Over tid har selskapene hatt driftsmarginer som er høye sammenlignet med andre næringer. Spørsmålet er hvor mye av dette som kan betraktes som en risikopremie grunnet biologisk risiko og markedsrisiko.



Figur 3.15. Driftsmargin i % i matfiskselskaper, gjennomsnitt. Kilde: Fiskeridirektoratet.

Figur 3.16 viser utviklingen i total kapitalrentabiliteten i % (altså driftsresultat i % av sum eiendeler). Vi ser store fluktasjoner også for total kapitalrentabiliteten over tid. I 2002 og 2003, som ikke er vist her, var gj.sn. total kapitalrentabilitet negativ. De siste årene har den ligget på nivåer mellom 23% og 33%.



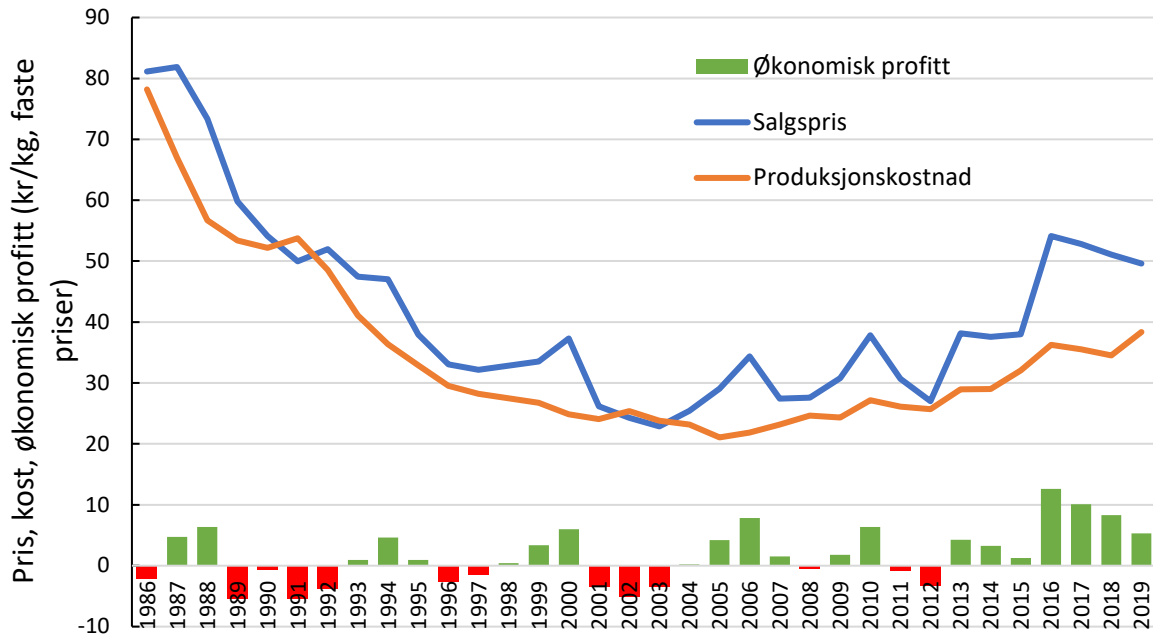
Figur 3.16. Totalkapitalrentabilitet i % i matfiskselskaper, gjennomsnitt. Kilde: Fiskeridirektoratet.

Perioden frem til midten av 2000-tallet kjennetegnes av økt produktivitet drevet av innovasjoner i teknologi, ernæring og fiskehelse. De store produktivetsforbedringene drev førte til et betydelig fall i kostnader over tid. Prisene fulgte etter i tråd med økonomisk teori (Figur 3.17). Siden midten av 2000-tallet har produktivetsveksten falt.

Produksjonskostnadene har gått fra å være drevet av produktivitet til å bli bestemt av eksterne faktorer som prisen på innsatsfaktorene og biologiske utfordringer (Asche og Oglend, 2016; Aponte og Tveterås, 2019). De siste 15 årene har produksjonskostnaden nesten doblet seg. Lakseprisen har også økt i perioden.

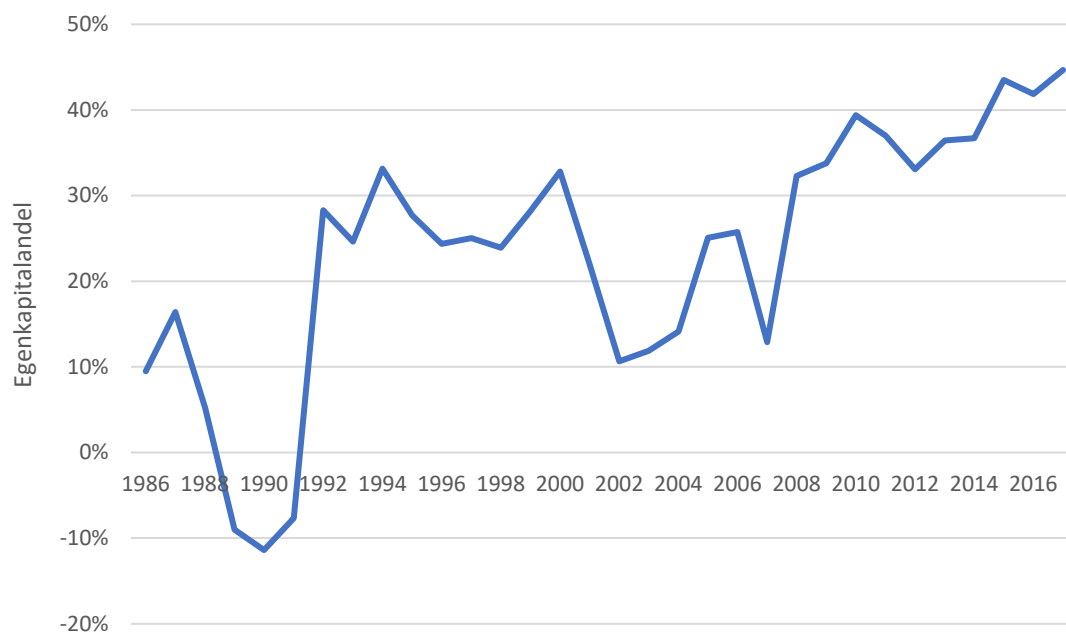
Nederste del av figur 3.17 viser den ekstraordinære lønnsomheten i havbruk. Ekstraordinær lønnsomhet er den delen av fortjenesten som er igjen etter at alle kostnader er dekket (driftskostnader, lønnskostnader og kapitalkostnader). Ekstraordinær avkastning omtales ofte som grunnrente⁶. I havbruk er nok den ekstraordinære avkastningen mye en reguleringsrente, og denne har variert mye over tid. Figuren viser at perioder med høy ekstraordinær lønnsomhet har blitt etterfulgt av perioder med svært svak lønnsomhet. I periodene 2002-2003, 2008, og 2011--2012 var den negativ, mens de siste fire årene har den vært høy.

⁶ Økonomisk rente som skyldes reguleringer kalles reguleringsrente.



Figur 3.17. Salgspris, produksjonskostnad og ekstraordinær lønnsomhet over tid (2017 = 100). Note: Den ekstraordinære lønnsomheten er beregnet som driftsinntekter minus kapitalkostnader (basert på markedsverdier av gjeld og egenkapital). Alle verdier er inflasjonsjustert med KPI (2015 = 100) og omregnet til kroner per kilo rundvekt.

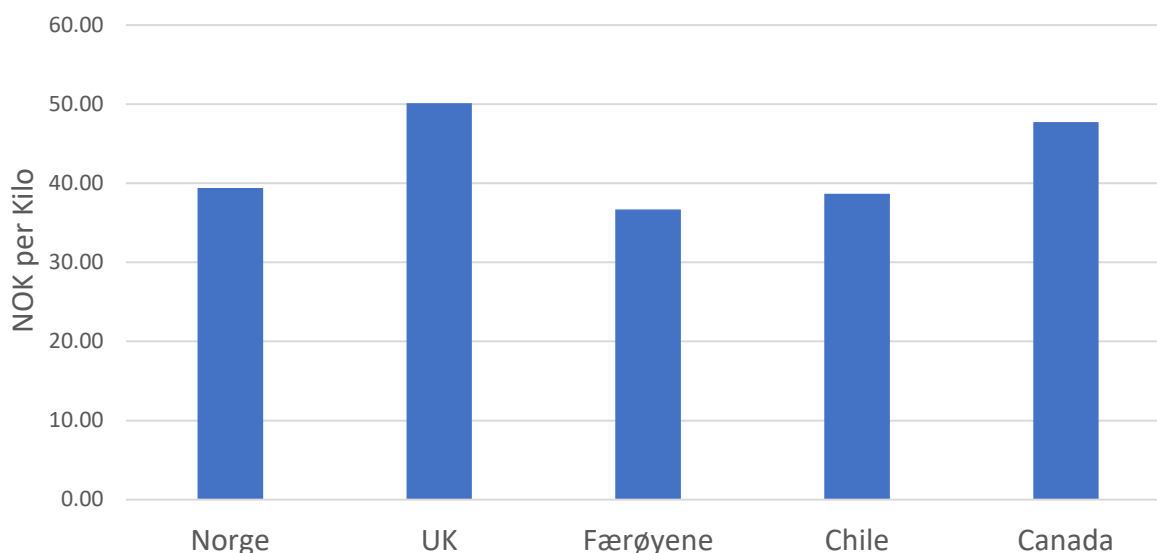
De store svingningene i lønnsomheten kommer som følge av at havbruk er en syklisk næring og gjenstand for betydelig markeds- og produksjonsrisiko. Selskaper i sykliske næringer bør ha høy andel egenkapital i sine balanser (høy soliditet). Høy gjeldsfinansiering (lav egenkapitalandel) vil være negativt siden bedriftene vil være mindre solide og motstandsdyktige mot dårlige tider, og dermed større sannsynlighet for konkurs. Dette så en i perioden 2001-2003 da en konkursbølge rammet næringen. De siste 10-15 årene har egenkapitalandelen omtrent doblet seg (Figur 3.18). Næringen har blitt mer solid og mer motstandsdyktig mot store prissvingninger.



Figur 3.18. Egenkapitalandel (soliditet) i havbruk. Kilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser.

3.4. Kostnader i ulike produsentland

I dag har norsk lakseoppdrett konkurransedyktige produksjonskostnader (Figur 3.18). Viktige faktorer som påvirker kostnadene er sykdoms- og lusekostnader, reguleringer knyttet til miljø, og kvaliteten på arbeidskraften.



Figur 3.18. Produksjonskostnader i Norge og de viktigste konkurrentland 2019. Kilde: Kontali Analyse.

3.5. Bærekraftig vekst - framtidens muligheter og utfordringer

Med riktig balanserte politiske rammebetingelser og vellykkede innovasjoner på kritiske områder er det betydelig potensiale for en høy bærekraftig vekst i norsk matfiskproduksjon av laks og den øvrige verdikjeden for havbruk. Følgende forhold kan påvirke veksten:

- a) Ny teknologi gir oppdrettsnæringen mulighet til å flytte ut i åpent hav eller på land. Dermed blir begrensninger knyttet til den norske kystallmenningen ikke lenger like kritiske. I innovasjoner som kan styrke konkurranseevnen til alternative teknologier til dagens kystsoneoppdrett i åpne merder ligger både store muligheter og trusler for norsk industrielt lederskap i framtiden.
- b) Oppdrettsselskapene har blitt globale og har muligheter til å flytte produksjon til andre land og til andre former for produksjon basert på politiske og andre rammebetingelser.
- c) Det må fortsatt forventes store svingninger i lønnsomhet knyttet til naturgitte forhold, sykdom og markedsrisiko. Fjorårets algeangrep er et aktuelt eksempel.
- d) Havbruksnæringens påvirkninger på miljø og fiskevelferd får økende oppmerksomhet fra myndigheter og opinion. F.eks. er lakselus er en reell underliggende utfordring som vil kreve fortsatt store investeringer i innovasjon på mange områder. Men reguleringer på nasjonalt og lokalt nivå har ikke tilstrekkelig forankring i god kunnskap. Det kan føre til at et stort potensial for økt verdiskaping ikke blir realisert.

Det er viktig å påpeke at komplekset av biologiske, miljømessige og teknologiske utfordringer som må løses også er nettopp det som gir høykostlandet Norge mulighet til å styrke sin ledende posisjon og øke verdiskapingen i havbruk.

I motsetning til de fleste andre internasjonalt konkurranseutsatte næringer har Norge innen havbruk mulighet til å lede an i innovasjoner som reduserer biologiske og miljømessige problemer. Dette skyldes at vi har en nasjonal klynge av ledende kunnskapsmiljøer og kapitalmiljøer i og rundt næringen som kan investere i forskning og innovasjon. Men innovasjoner vil hele tiden bli tilgjengelig for produsenter i andre land. Det vil alltid være et kappløp med tiden om å først innovere og utnytte ny kunnskap og teknologi.

Komplekse utfordringer gir store muligheter for vekst også i leverandørenes eksport av kunnskapsintensive investeringsvarer og tjenester. Andre land som ikke har en like sterk kunnskapsbase og like gode rammebetingelser vil ha vansker med å ta igjen Norges forsprang. Men da må næringen faktisk ha gode politiske rammebetingelser. Dette vil vi si mer om i dette kapitlet.

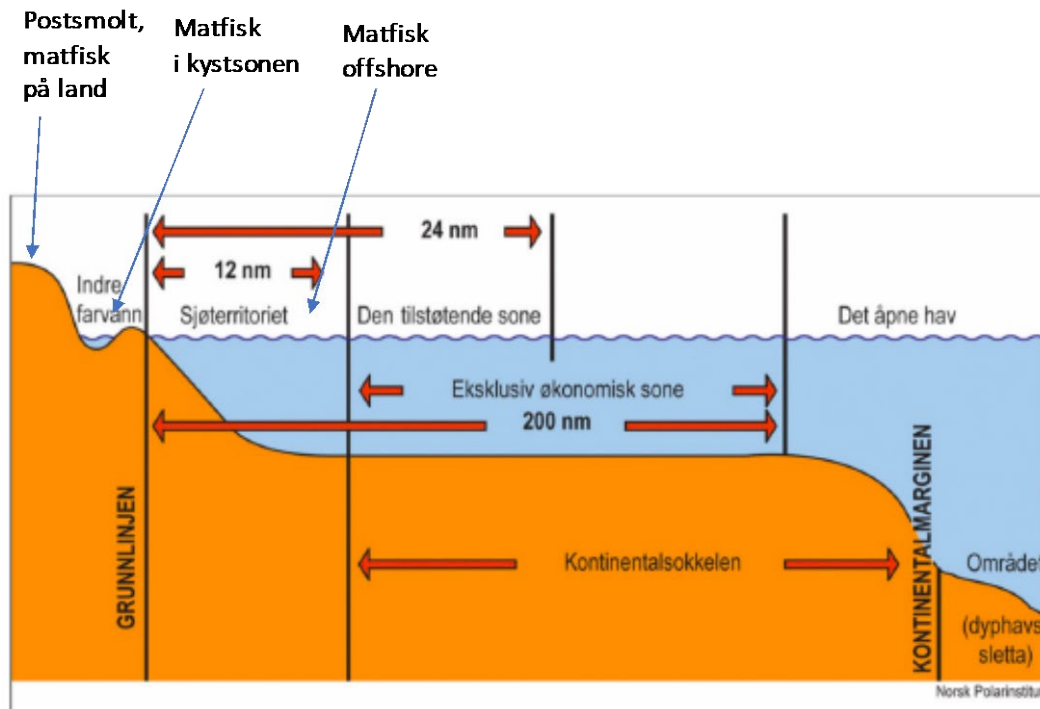
3.6. Lavere langsiktige lønnsomhetsmarginer

Vår vurdering er at de ekstraordinære lønnsomhetsmarginene vi har sett i lakseoppdrett ikke er bærekraftige på sikt. Marginene vil bli drevet ned fra dagens høye nivåer mot nivåer som er mer "normale" i forhold til andre næringer. Faktorene som vil bidra til dette er globalt høyere priser på råstoffer til laksefôret (som utgjør 60-70% av produksjonskostnadene), iboende biologiske utfordringer i kystsone oppdrett, og innovasjoner i produksjon på land og

utaskjærs som vil drive ned produksjonskostnadene og føre til etablering av en betydelig produksjon i en rekke land.

3.7. Alternative produksjonsformer i framtiden

Det vil i framtiden være flere ulike produksjonsformer, jfr. figur 3.19: (1) Oppdrett i kystsonen fra smolt til slakteklar matfisk (dagens teknologi), (2) oppdrett av postsmolt på land og så i kystsonen eller åpent hav, (3) oppdrett av matfisk i åpent hav (offshore anlegg), (4) oppdrett til slakteklar matfisk på land. Alle disse produksjonsformene kan skje i andre land. Spesielt (3) og (4) kan også skje i andre geografiske regioner enn i dag.



Figur 3.19. Alternativer i framtidens oppdrett (Kilde figur: Norsk Polarinstitutt).

Den høye lønnsomheten vi har sett i noen av de senere årene gir et sterkt signal om å investere i næringen globalt. Innovasjoner og investeringer kommer til å drive ned lønnsomhetsmarginene over tid. Spørsmålet er bare i hvilke land ny produksjonskapasitet bygges opp? Dette henger delvis sammen med i hvilken grad investeringer vil skje på land, i kystsonen eller offshore. Teknologiske innovasjoner som gir tilstrekkelig biologisk og miljømessig robusthet og senker kostnadene i landbasert oppdrett, (semi-)lukket oppdrett i sjøen eller eksponert offshore oppdrett vil sterkt påvirke hvordan investeringer og produksjonsvekst vil fordeles mellom land. Det er vanskelig å predikere denne utviklingen. Men det som er klart er at det vil bli investert to-sifrede milliardbeløp i innovasjon og fullskala anlegg i hele spekteret fra land til offshore. Det har allerede blitt investert flere milliarder i offshoreanlegg. Om fem år vil vi vite mye mer om produktiviteten og produksjonskostnader til ulike produksjonsteknologier på sjø og land.

3.8. Landbasert oppdrett

Det skjer i dag en storstilt satsning på landbasert oppdrett, både i settefiskfasen og i matfiskfasen. Det er planer for å bygge kapasitet for produksjon av over 1,7 millioner tonn (WFE) laks i landbaserte anlegg (Kontali, 2020), hovedsakelig i Nord-Amerika, Norge og Europa. Dersom alle planer realiseres innen 2030 vil det utgjøre omtrent 1/3 av all produksjon av atlantisk laks. Siden mange prosjekt er i planleggings- eller oppstartsfasen, er det fortsatt svært usikkert på hvor mye produksjonskapasitet som vil kunne komme fra landbaserte anlegg. Slike anlegg er også arealkrevende (Hilmarsen m.fl., 2018).

I tillegg har det vært investert store beløp i produksjon av postsmolt (Blomgren m.fl., 2019), hvor det produseres fisk opptil 1-1,5 kg som så settes ut i sjø. I landbasert matfisk oppdrettes fisk til slaktestørrelse.

I motsetning til sjøbasert akvakultur, trenger ikke landbasert oppdrett akvakulturtilatelse, noe som gir en betydelig lavere inngangsbarriere for nye aktører. Det er også langt mindre geografiske begrensninger. Landbaserte anlegg kan derfor plasseres nærmere sluttmarkedene i bl.a. USA, Kina og Europa.

Landbaserte anlegg er svært kapitalkrevende. Det må investeres i eiendom, fysiske anlegg, resirkuleringsanlegg og utstyr for slambehandling. I tillegg kommer investeringer i arbeidskapital. Det finnes lite erfaringsdata fra landbasert matfiskproduksjon, men det finnes økonomiske studier av lønnsomheten i landbaserte anlegg. Bjørndal og Tusvik (2019, 2020) gjør økonomiske analyser av landbaserte postsmoltanlegg og matfiskanlegg. Ifølge forfatterne vil landbaserte RAS-anlegg innebære investeringer i bygg og vannbehandlingsutstyr på rundt 100-125 kroner per kilo rundvekt. Til sammenligning vil investeringer i fysiske anleggsmidler i åpne merder i sjø ligge på rundt en tiendepart av dette (Misund m.fl., 2020). Men, konvensjonelt lakseoppdrett krever en akvakulturtilatelse, som i Norge koster rundt 150-160 millioner kroner, noe som alene tilsvarer rundt 100 kroner per kilo rundvekt. Landbaserte anlegg slipper å betale for akvakulturtilatelse, som er en konkurransefordel.

Det er også lite kunnskap om produksjonskostnadene i landbasert oppdrett. I dag er de direkte og indirekte kostnadene knyttet til lus i sjøbasert oppdrett høye. Denne kostnaden vil unngås i landbasert oppdrett. På den andre siden vil høye kapitalinvesteringer gir høyere avskrivninger. I tillegg kommer nye kostnader til vannbehandling. Energikostnadene er også høyere i landbasert oppdrett enn i sjøbasert oppdrett. Energibruk er en faktor som gjør at landbasert oppdrett har et høyere klimaavtrykk per produsert kilo. Men dette må ses i sammenheng med hvor produksjonen skjer, og hvilken energikilde (vannkraft, kull, gass osv.) som brukes.

Det er foreløpig lite kunnskap og erfaringsdata fra landbasert oppdrett, og hvor erfaringsgrunnlaget er foreløpig spredt på få aktører med kort tidshistorikk (Hilmarsen m.fl., 2018). Enkelte anlegg har kommet i gang med produksjon, f.eks. Atlantic Sapphire i USA og Fredrikstad Seafood i Norge, men landbasert er fortsatt i en startfase, og tiden vil vise om denne type teknologi vil være lønnsomt.

Det er lite kunnskap om risiko i landbaserte anlegg. På den ene siden vil oppdrettere ha full kontroll over miljøet, i motsetning til i åpne merder i sjø hvor de er prisgitt vannkvaliteten til vannet som strømmer inn i anleggene. Full kontroll over vannmiljøet gjør at problemene med lakselus kan unngås. På den andre siden vil fisketettheten være langt høyere enn i sjøen, noe som gjør det enklere for smitte å spre seg i et anlegg. Denne risikoen kan delvis motvirkes ved å inndele anlegget i isolerte soner, som kan forhindre smitte mellom fisk i ulike soner.

Man må også skille mellom landbasert produksjon av storsmolt, postsmolt og matfisk. Dette handler delvis om bruk av ferskvann versus brakkvann/sjøvann. Produksjonsdata fra større RAS-anlegg har vist at det er mulig å oppnå god overlevelse og vekst av fisk når den kommer i sjø (Sommerset m.fl., 2020). En rekke hendelser med høy dødelighet i RAS-anlegg de siste årene har sannsynligvis skyldtes dannelse av giftig H₂S (Sommerset n.fl., 2020), noe som illustrerer at selv om landbasert oppdrett kan løse noen utfordringer som lus og rømming, kan nye utfordringer oppstå som resultat av høyere fisketettheter og gjenbruk/resirkulering av vann. Dårlig vannkvalitet er en av de største kildene til risiko i RAS-anlegg (Hjeltnes m.fl., 2012). I tillegg til RAS-anlegg bygges det også gjennomstrømningsanlegg. Også for gjennomstrømningsanlegg for laks er det store kunnskapsmangler.

Det er vanskelig å vurdere hvor kostnadseffektive og konkurransedyktige landbasert produksjon av matfisk vil være. Det er grunn til å anta at produksjonskostnadene typisk vil være betydelig høyere enn for sjøbaserte anlegg. Lavere transportkostnader er et fortrinn for landbaserte anlegg nær store markeder langt fra Norge og Chile, f.eks. Kina og USA. Landbasert matfiskproduksjon i Norge har ikke dette fortrinnet. Samtidig vil det være et økende behov for postsmolt i Norge. Flere forhold taler for en fordeling av landbasert matfiskproduksjon mellom produsentland som er vesentlig forskjellig fra den vi ser for sjøbasert produksjon, hvor Norge vil ha en lavere markedsandel av den landbaserte matfiskproduksjonen i verden, men kan ha en betydelig postsmolt produksjon på land.

4. Kunnskapsstatus for havbruk til havs

Dette kapitlet gjør rede for kunnskapsstatus på en rekke kunnskapsområder som er kritiske for havbruk til havs. Havbruk til havs møter nye utfordringer på mer utsatte lokaliteter. Strømforhold og bølgeaktiviteten er mer krevende, og vanddybdene større. Dette stiller nye krav til teknologiske konsepter, noe vi drøfter her. Ute på havet er det også andre brukerinteresser som det er nødvendig for havbruk å etablere en hensiktsmessig sameksistens med.

4.1. Strømforhold og laksen

Laksens svømmekapasitet avhenger av flere faktorer og det er spesielt fiskens størrelse, temperaturen i vannet, fiskens helse og hvor lenge fisken svømmer i ulike svømmehastigheter som har betydning for fiskens svømmekapasitet. Det er derfor ikke enkelt å gi en bestemt grenseverdi for fiskens svømmekapasitet. Atlantisk laks har kapasitet til å jobbe intenst over lengre tid, men med visse begrensninger. Laks er ektoterme, som betyr at havtemperaturen dikterer kroppstemperaturen og dermed kroppsfunksjonene (Hvas et al., 2019). Svømmekapasiteten til laks er best ved temperaturer mellom 13 til 18 °C og er redusert ved temperaturer rundt 3 °C

Den nåværende strømklassifiseringen i NS9415 definerer 5 kategorier, fra lav eksponering til ekstrem eksponering, men denne standarden tar ikke eksplisitt hensyn til fiskevelferd og svømmekapasiteten til fisken (Jónsdóttir et al., 2019). Mye av problematikken rundt dette kan trolig knyttes til uklar kriterier for optimal produksjon med hensyn til fiskevelferd.

Tabell 4.1. Definisjoner av strømklassifiseringer sett i forhold til endringer i kritisk svømmekapasitet(u-crit) og atferd (Jónsdóttir et al., 2019).*

----- Strøm -----		Svømmeoppførsel
Hastighet (cm s ⁻¹)	Klassifisering	
0-10	Veldig svak	Svømmer fritt
10-20	Svak	Svømmer fritt
20-40	Moderat	Sirkulært svømmemønster forstyrret; Noen fisk står mot strømmen
40-50	Betydelig	Flertallet står mot strømmen
50-60	Sterk	All fisk står mot strømmen

> 60	Veldig sterk	Overstiger kritisk svømmehastighet
------	--------------	------------------------------------

*Tabellen er oversatt fra engelsk til norsk.

Analyser av hyppigheten og hvor vedvarende ulike strømklassifiseringer er i forhold til begrensningene i svømmekapasiteten til fiskearter kan bli vurdert med tanke på optimal fiskeatferd og velferd (Jónsdóttir et al., 2019).

For det annet er det en klar tendens til at store laks har en bedre svømmekapasitet, noe som ikke er så overraskende i forhold til andre arter. En mulig strategi for eksponert oppdrett kan derfor være å produsere større smolt innen den settes i sjøen. En annen strategi som nyttes er å produsere laksen fra smolt til den blir bortimot 1 kg på mer skjermete lokaliteter og deretter flytte den til mer eksponerte forhold frem til slaktestørrelse. Kombinasjonsbruk av skjermet og eksponert lokalitet er eksempelvis hyppig benyttet på Færøyene. Ved begge strategier reduseres risikoen for dårlig velferd når fisken er på sin mest sårbare størrelse.⁷

Strømforholdene på en oppdrettslokalitet påvirker både fiskehelse, vannkvalitet og teknologisk utforming av merder. Lokaliteter med gode strømforhold gir bedre vannutsiftning og mer oksygen til laksen, i tillegg til bedre fjerning av organisk materiale og mindre akkumulering av næringsstoffer på sjøbunnen. Noen oppdrettsanlegg med lav vannutsiftning har blitt forlatt på grunn av dårlig vannkvalitet og fiskehelse, og for vannkvaliteten er det positivt med mer eksponerte lokaliteter med høyere strømhastighet og vannutsiftning.

I tillegg til å vurdere kritisk svømmehastighet er det også relevant å observere fiskens svømmehastighet over tid. Vedvarende svømmehastighet er hvilken svømmehastighet fisken kan ha over en 4 timers periode og forskernes observasjoner indikerer at en «typisk» fisk har en vedvarende svømmekapasitet på 80% av kritisk svømmehastighet. Den vedvarende svømmekapasiteten kan benyttes som en velferdsindikator for fiskens svømmekapasitet på eksponerte lokaliteter, hvor strømforholdene er langt mer vilkårlige enn i et laboratorium med systematiske strømhastigheter.

De siste årene har forskere undersøkt laksens evne til å håndtere høyere strømhastigheter som finnes på eksponerte lokaliteter, og dens toleranse for vannstrømmer.. Innaskjærs er det lavere strømhastigheter enn til havs, og oppdrettslaksen kan selv velge svømmehastigheten (Hvas m.fl., 2020). Svømmehastigheten i oppdrettsmerder varierer normalt mellom 0,3 til 0,9 kroppslengder per sekund (KLs^{-1}), men hastigheten kan av og til komme opp i 2,8 KLs^{-1} (Oppedal m.fl., 2019). Villaks som vandrer til havs har hastigheter på rundt 1 KLs^{-1} (Weihs, 1973; Drenner m.fl., 2012), ikke langt unna den mest energieffektive svømmehastigheten på rundt 1,5 KLs^{-1} (Hvas og Oppedal, 2017; Hvas m.fl., 2017a). Andre studier finner at strømhastigheter på 1,5 KLs^{-1} kan gi noe redusert vekst i forhold til strømhastigheter på 0,8 KLs^{-1} .

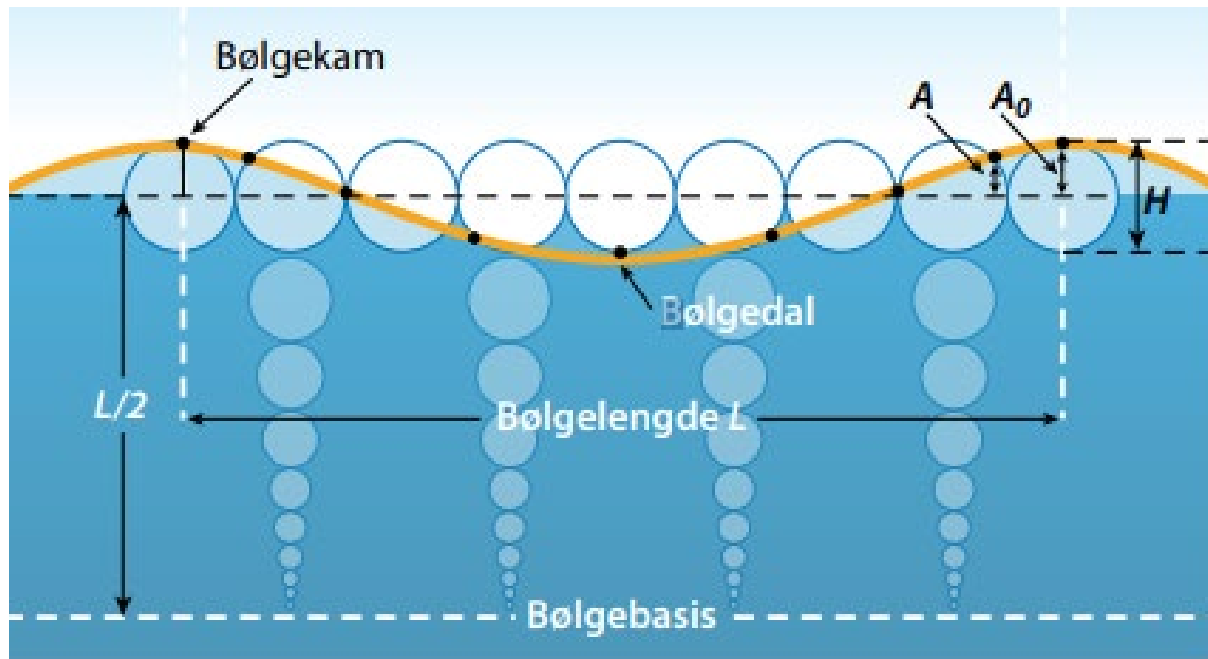
⁷ Se for øvrig Havforskningsinstitutt rapport av Malthe Hvas, Ole Folkedal og Frode Oppedal «Havbasert oppdrett – hvor mye vannstrøm tåler laks og rensefisk?», <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-37>.

Moderate strømhastigheter ($\sim 1 \text{ KLS}^{-1}$) kan gi en relativ økning i muskelmasse og proteininnhold, sammenlignet med laks som er eksponert mot lave strømhastigheter (Solstorm m.fl., 2015). Det er også påvist andre positive effekter av moderate strømhastigheter som forsinket kjønnsmodning (Waldrop m.fl., 2018) og forbedringer i blodsirkulasjonssystemet hos laksefisk (McKenzie m.fl., 2012). Innaskjærs er oppdrettslaksen eksponert mot lavere strømhastigheter enn det som er identifisert som optimalt, så høyere strømhastigheter opp til et visst nivå kan derfor gi bedre kvalitet, helse og toleranse for stress hos laksen (Hvas m.fl., 2020).

Til havs kan havstrømmene tidvis være sterkere enn laksens foretrukne svømmehastighet (Hvas m.fl., 2020). Da vil laksen skifte svømmeatferd, f.eks. gå fra å svømme i ring til å stå stille i strømmen (Johansson m.fl., 2014; Hvas m.fl., 2017b). Kortere perioder med slike strømhastigheter vil trolig ikke ha særlig negativ effekt på laksen, men vil muligens ha positive helseeffekter, som beskrevet ovenfor. Men, strømhastigheter over laksens tåleevne over tid kan redusere veksthastigheten ved at laksen bruker mer energi på svømming og mindre til fordøyelse og vekst (Solstorm m.fl., 2015). Kronisk høye strømhastigheter kan føre til at laksen over tid blir utmattet og utsatt for større dødelighet.

4.2. Bølger og laksen

Bølger dannes som oftest av vind. Flere faktorer påvirker bølgeformasjonen som; 1) vindhastighet, 2) tidsperioden vinden har blåst over et område, 3) avstanden den har blåst over et hav (strøklengde), og 4) topografien. Bølger i sjø er ikke regulære, altså har bølgene forskjellig form, retning, høyde og periode over tid – selv i samme sjøtilstand. Bølger har sirkelformede bevegelser, med avtagende størrelse på sirklene nedover i dypet. Dersom en ser for seg at vannmassene er oppdelt i partikler, kan en beregne bevegelsene og hastighetene til partikler i ulike posisjoner i bølgen. Høyere bølger gir større bølgepartikkelbevegelser og ved samme bølgehøyde gir typisk korte bølger større bølgepartikkelbevegelse enn i lange bølger. Figur 4.1 illustrerer en bølge og dens partikkelbevegelser. Bølgenes partikkelbevegelser er størst i overflaten og blir gradvis mindre i dypet.



Figur 4.1. Generelle banebevegelser for vannpartikler i bølger (Kilde: (Myrhaug & Pettersen, 2014))

Bølger i sjø er ikke regulære. Bølgene forskjellig form, retning, høyde og periode over tid. Bølgens karakteristikk er derfor noe komplekse og vil ha høy statistisk variasjon selv i samme sjøtilstand, ofte betegnet av signifikant bølgehøyde, forkortet H_s . Signifikant bølgehøyde defineres som gjennomsnittet av de 1/3 høyeste bølgene. Forenklet kan man anta at den mest typiske bølgen i en sjøtilstand er halvparten så høy som den signifikante bølgehøyden og en maksimal bølgehøyde vil være to ganger høyere enn en signifikant bølgehøyde.

Storm kan være krevende for laks hvis den ikke har mulighet til å gå tilstrekkelig dypt. Bølgepartikkelhastighetene endrer retning og følger en sirkelbevegelse. Det betyr at fisken i løpet av relativt få sekunder må svømme mot bølgepartikkelbevegelsene i en sirkel for å beholde sin posisjon. Dette gjentas så lenge stormen varer, og en storm kan vare i flere timer. Det er ikke åpenbart hva fisken gjør i en slik situasjon, da det ikke forsket tilstrekkelig på dette enda. Det synes riktignok rimelig å anta at fisken svømmer ned i vannmassene for å redusere påkjenningen fra bølgene. I laksens naturlige habitat i Nord-Atlanteren er dybden typisk på flere hundre meter.

Det hevdes ofte at laksen er en overflatefisk, men laksen klarer å svømme dypt for å unngå de høyest bølgekraftene i overflaten. Nylig forskning viser at villaksen oppholder seg ca. 83% av tiden i dybder ned til 10 meter, men kan dykke ned til 324-740 meter (Strøm m.fl., 2018). Enkeltindivider dykket helt ned til 900 meter⁸.

Bølger vil påvirke både fiskens velferd og merdkonstruksjonene. Det er utført få studier på hvordan bølger påvirker fiskeatferden- og velferden (Hvas et al., 2020), men en studie som er gjort på Færøyene, dokumenterer at laksen trekker nedover i bølger (Johannesen et al. 2020). Dette er naturlig ettersom bølgepartikkelbevegelsene er størst øverst i vannoverflaten.

⁸ https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=595406

Dersom en sammenligner bølgepartiklenes hastighet med strøm (vannmassenes hastighet) innser en at bølgepartiklenes hastighet kan være mye høyere enn typisk strømhastighet i sjø, selv på eksponerte lokaliteter. Bølgepartiklenes hastighet kan også være mye høyere enn laksens svømmekapasitet. For høye bølger ser en at det er betydelige bølgepartikkelbevegelser langt ned i dypet. Ettersom det allerede er forskning som viser hvordan laksen håndterer strøm er det nærliggende å sammenligne bølgepartiklenes hastigheter med strøm. Likevel er det en viktig forskjell – bølgepartiklene beveger seg i sirkler, mens strømmen har omtrentlig samme retning.

Det er nødvendig med mer forskning på hvordan fisk opptrer i bølger. Bølger har høyest partikkelbevegelser i overflaten. Siden fisken trekker nedover i dybden ved høye bølger synes det som en rimelig antagelse at merdens bunn må ha en minimumsdybde som står i forhold til lokalitetens bølgekarakteristikk, eventuelt at merd med fisk kan trekkes nedover i bølger. Videre kan en regne med at fisk som søker nedover i bølger, men hvis den stoppes for tidlig av notbunnen, kan den samles der og det kan medføre en svært høy tetthet av fisk. Dette kan igjen påvirke vannets oksygeninnhold og fiskens svømmekapasitet. En stormtilstand kan vare i flere timer og dermed utfordre fiskens vedvarende svømmekapasitet. I tillegg kan fisken ufrivillig møte notveggen eller notbunnen og gi fisken skader. Alt dette kan gi mulig utmattelse og død som resultat.

4.3. Strøm, bølger og implikasjoner for anlegg og drift

Økt strømforhold på eksponerte lokaliteter har implikasjoner for strukturene, fortøyningene og nøtene (åpne merder/løsninger). Deformasjon og drakrefter på nøtene har konsekvenser for notvolumet i tradisjonelle merder. På Færøyene har en vist at en strømhastighet på 35 cm per sekund har redusert notvolumet med 40% som følge av at notbunnen ble løftet opp og notveggene deformert (Hvas et al., 2017). Høy grad av merddeformasjon er uheldig for fiskevelferden og merdteknologi på eksponerte og offshore lokaliteter må tilpasses miljøforholdene og tåle kreftene fra strøm og bølger på disse lokalitetene.

Som følge av laksens begrensninger mht. strømhastigheter, er det svært viktig å prioritere fiskevelferden ved dimensjonering av anlegg. Ulike teknologiske løsninger må tilpasses miljøforholdene for å sikre en god fiskehelse og -velferd. Økt soliditet eller tette (not)løsninger i et anlegg vil også kreve et behov for sterkere rammefortøyninger for å redusere risikoen for havari/ulykker og rømmingshendelser.

Utforming og design av havbruksinstallasjonene må ta hensyn til strømforholdene og fôring. Fôr blir transportert av strømmen i dens hastighet, noe som kan resultere i fôrspill. Dette har også økonomiske og biologiske konsekvenser ved at fôrfaktoren økes og at tilveksten reduseres. Suboptimale strømforhold kan resultere i at fisken får dårligere tilvekst, økt fôrspill, som igjen kan påvirke fiskehelsen.

Strømforholdene kan også ha innvirkning på opptak av dødfisk og graden av svinn i anleggene. Sterk strøm kan forårsake at dødfisken legger seg til konstruksjonenes vegger/sider og synker dermed ikke ned til dødfisksystemet. Dette er selvfølgelig avhengig av hvilke type innovasjon og konstruksjon som det er snakk om, og hvordan dødfisksystemet er designet og integrert i konstruksjonen. Dette er for eksempel ikke gjeldene for lukkede systemer hvor det ikke er noe gjennomstrømming fra havet. Problemet med sterk strøm og registrering av dødfisk er at det kan bli en økt sannsynlighet for avvik i antallet fisk og biomasse når det forekommer svinn og fisk som ikke blir registrert.

Strukturelle barrierer som demper kreftene fra bølger og strøm kan benyttes permanent eller periodevis på enkelte av havbruksinstallasjonene for å beskytte fisken. Bølger kan skade både strukturer og rammefortøyninger, samtidig som det kan ha negativ effekt på fiskevelferd. Nedsenkning av merdene er en annen strategi for å unnslippe høye strøm- og bølgekrefter i overflaten, og kan redusere lusepåslag. Nedsenkbare merder trenger tilførsel av luft eller ved at en lar merden med fisk komme opp til overflaten for lufttilgang. (Hvas et al., 2020).

Norske offshoremiljøer har opparbeidet høy kompetanse og har lang erfaring til å designe og bygge konstruksjoner som tåler miljølastene i havet, inkludert bølgekreftene. Denne kunnskapen og erfaringen vil være viktig for utvikling og evaluering av ulike teknologiske konsepters evne til å tilby fisken god fiskevelferd.

4.4. Rensefisk

Rensefisk som rognkjeks er mer sårbare for strøm enn laksefisker. Svømmekapasiteten til rensefisken er betydelig lavere for kontinuerlig svømming, noe som skaper utfordringer på eksponerte lokaliteter. Rensefisk blir derfor ikke anbefalt på lokaliteter som er vurdert med moderate eller sterke strømforhold (Hvas et al., 2019).

4.5. Sykdommer og lakselus utaskjærs

Smittespredning

Smittepress og spredning av parasitter, patogener og virus har utgjort et problem for næringen helt siden oppstarten på 1960-tallet. Utviklingen av vaksiner og smittesoner har tidligere redusert både smitte av enkelte sykdommer og antibiotikabruk. Imidlertid er veterinærmyndighetene bekymret for luse- og sykdomssituasjonen i havbruk. Lakselus er en betydelig utfordring i lakseoppdrett og medfører store kostnader for oppdrettsbedrifter (Abolofia m.fl., 2017). Nivået på lakselus på vill laksefisk brukes i dag til å styre veksten i næringen (Misund, 2019; Osmundsen m.fl., 2020). Videre er det omfattende utfordringer knyttet til virussykdommer som ILA, PD, CMS og HSMD (Vedeler, 2017; Sommerset m.fl., 2020).

Lakselus

I hvilken grad offshore/eksponerte lokaliteter forhindrer lusepåslag og smitte er ikke ennå tilstrekkelig dokumentert. Havforskningsinstituttet har gjennomført en studie på smittespredning av lakseluslarver mellom havbrukslokaliteter, kystlokaliteter til havs og til havlokaliteter (Ådlandsvik, 2019). Et av hovedresultatene er at smitte fra åpne anlegg som befinner seg 20-30 nautiske mil i nord fra grunnlinjen kan smitte kystlokaliteter. Ved smitte til havs følger spredningen den dominerende strømmretningen.

Det anbefales at det utføres en grundig utredning av strømforholdene før etablering av lokaliteter til havs, der smittespredning og strømforhold utgjør sentrale deler av undersøkelsen.

Sykdomsspredning

Sannsynligheten for utvikling og spredning av sykdom er høy også på eksponerte lokaliteter. Det påpekes av HI at anleggene kan tiltrekke seg villfisk (også ville laksefisker) på grunn av fôrspill og faeces som øker tettheten av verter rundt anlegget og dermed bidra til smittespredning (Albretsen et al., 2019). Det ansees likevel som utfordrende å vurdere påvirkning og påvirkningsgraden fra eksponerte lokaliteter på ville laksefisker. Årsaken til dette er manglende kunnskap på vandringsruter og gyteområder for ville laksefisker. Muligheten og evnen til å modellere smittespredningen fra eksponerte lokaliteter eksisterer, men kompliseres av manglende kunnskap om vandringsruter og beiteområder.

Videre kan det oppstå utfordringer med virussykdommer som Viral hemoragisk septikemi (VHS) eller infeksjøs hematopoetisk nekrose (IHN) (Regjeringen, 2018). Dette er liste-2 sykdommer som ikke er påvist i Norge. Utbredelsen av VHS er globalt, men Norge har fristatus fra denne virussykdommen, men det er usikkert hvor grensene går, altså hvor langt fra kysten fristatusen strekker seg. Det er også knyttet usikkerhet til smittespredning fra brønnbåter og fisketransport, samt hvordan mobile produksjonskonsepter kan bidra til økt smitte.

4.6. Vanndybde

Dybde utgjør en av utfordringene med eksponert havbruk ettersom vanndybde har innvirkning på installasjonen og vedlikeholdet av fortøyningsystemer. Lengden på fortøyningsystemene er vanligvis 3-5 ganger av vanndybden på lokaliteten (Chu et al., 2020). I tillegg så vil fortøyningsystemene også kreve økt dimensjonering og andre/alternative forankringsløsninger (alt etter bunnforholdene og dimensjonene til konstruksjonen). Norske offshoremiljøer har kompetanse og erfaring til å dimensjonere konstruksjoner og fortøyning, men høy dybde vil være kostnadsdrivende. For vindmøller er flytende havvind mye dyrere enn bunnfaste havvindmøller.⁹

⁹ Se NVE notat nr 15/2019 om «Dybde og kompliserte bunnforhold gjør havvind i Norge dyrere enn i Europa», https://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019_15.pdf.

4.7. Kunnskapshull og implikasjoner for teknologiske konsepter

Det vi har beskrevet over er kunnskapsstatus per i dag om oppdrett på eksponerte lokaliteter. Fortsatt er det en del kunnskapshull, som må tettes med forsknings- og utviklingsarbeid. Det må legges til rette for uttesting og oppskalering av innovasjoner. Det vil også være behov for utstrakt erfaringsoverføring mellom aktørene i denne fasen.

Det er kunnskapsmangler om laksens atferd og implikasjoner av biofysiske forhold på teknologiske konsepter. Vi kan ikke si veldig mye om hvor dypt laksen ønsker å oppholde seg når det er bølger i og rundt anlegget. I tillegg til bølgene kan være strøm, mens vi vet at kronisk eksponering mot høye strømhastigheter kan være dødelig for laksen, vet vi ikke om en enkelt høy bølge kan føre til død.

Det er en betydelig variasjon i notdybde blant de teknologiske konseptene vi har sett på. Laksen i dypet vil bli påvirket av bølger i overflaten, men vi kan ikke med sikkerhet si om en sjøstand på eksempelvis Hs 15 m vil være skadelig for fisk på 40-50 m dybde. Muligens må merdene stå tomme under årstiden når de høyeste bølgene inntreffer, spesielt i en tidligfase før en har etablerte kriterier. Fiskens størrelse må også tilpasses miljøkreftene, som betyr et økt behov for stor postsmolt ved bruk av eksponerte og offshorelokaliteter. En annen usikkerhet er transport av laks i brønnbåt. Laks har høye stressnivåer og økt dødelighet i løpet av den første måneden i sjø etter en transport i brønnbåt med 3 – 5,5 m bølgehøyder (Iversen et al, 2005), som betyr at bølgeaktivitet ved brønnbåttransporten kan være en begrensende faktor ved eksponert havbruk.

4.8. Andre brukerinteresser utaskjærs

Konfliktpotensialet eller sameksistens i havområdene

Ulike industrier som kan komme i konflikt med offshore havbruk er fiskeri, skipstrafikk, friluftsliv og turisme, marine verneområder, forsvarsinteresser, olje og gass, fornybar energi til havs (havvind), telekabler, lagring av CO₂ under havbunnen, og mineralutvinning (Regjeringen, 2018; Senter for hav og Arktis, 2020).

I tillegg kommer flere vernede områder. Forvaltningsplanene for de norske havområdene har identifisert enkelte områder som særlig verdifulle og sårbare i miljø- og ressursammenheng, såkalte særlig verdifulle områder (SVO) (Albretsen et al., 2019)

Havbruksanlegg ute til havs kan resultere i økt skipstrafikk i havområdene, her spesielt med tanke på frakt av personell, utstyr, fôr, levering av ensilasje, transport/levering av fisk og servicetjenester (inkl. fiskehelsetjenester, inspeksjoner, veterinærer ol.).

En nylig rapport av Senter for hav og Arktis, Menon og SINTEF Ocean har undersøkt konflikter og sameksistens i havområdene (Senter for hav og Arktis, 2020). De mest sentrale funnene i studien er at;

- De fleste havområdene brukes av flere aktører og det er stor grad av overlapp mellom næringene i bruken av arealene.
- Havnæringene er blant de fremste i Norge til å samarbeide om teknologi og innovasjon.

- Dialog, tillit og felles oppfatninger av kunnskapsgrunnlaget og reguleringer ser ut til å være en premissgiver for videre god sameksistens. Disse elementene er viktige for å redusere eventuelle konfliktnivåer.
- Sameksistens blir ofte forbundet med arealbruk. Havnæringene kan imidlertid sameksistere på andre måter også. Interaksjonen kan være preget av samhandling
- Selv om areal fremheves som det viktigste punktet av mange, blir også samarbeid og bruk av samme teknologi, kunnskapsutveksling, og påvirkning på hverandres ressurser fremhevet.

Status for sameksistens, samhandling og samordning i havrommet i dag:

Rapporten til Senter for hav og arktis dokumenterer at det er generelt god sameksistens mellom aktørene i havrommet i dag, men noen områder er preget av mer konflikt enn andre. Området "bruk av samme areal"(3.58 av 5) er preget av mest konflikt, etterfulgt av "virksomhetene forurenses hverandres ressursgrunnlag"(3.38 av 5). Det er også identifisert områder hvor partene ser det største potensiale til å hente ut synergier og samhandling, og det er "dra nytte av samme kompetanse"(3.43 av 5), etterfulgt av "drar nytte av samme teknologi"(3,34 av 5).

Rapporten kartlegger også arealbruken. Norskehavet det havområdet med minst identifisert arealbruk, som tyder på mindre utfordringer knyttet til areal her enn i øvrige forvaltningsplanområder. Arealområdene til de "nye " aktørene, som offshore havbruk dekker områder for fiskeriaktivitet med 40%.

I forvaltningsplanområdet for Nordsjøen-Skagerrak er det mange aktører, og havområdet beskrives som de mest komplekse med hensyn til antall arealbrukere.

I havområdene innenfor territoriallinjen og grunnlinjen vil det være stor grad overlapp (70%) av offshore havbruk og havbasert fiskeri. Det er også en betydelig overlapp i havnæringenes verdikjeder – faktisk er det svært få andre næringer som har så stor overlapp. Havbruk, olje og gass og fiskeri er knyttet sammen gjennom utstyrsleverandører og verft som bygger fartøy til næringsspesifikke rederier. Her er det muligheter for å hente ut synergier ved samhandling gjennom verdikjeden.

Rapporten til Senter for hav og Arktis identifiserer fem kanaler hvor det kan skje samhandling i verdikjeden:

1. Kunder og leverandører kan bruke hverandres verdikjeder
2. Aktørene kan dele infrastruktur
3. Teknologi utviklet i en næring kan anvendes i en annen, og næringer kan samarbeide om teknologiutvikling, samt at de kan samlokaliseres i klynger.
4. Bedriftene kan dele innsatsfaktorer, og
5. Aktørene kan utveksle kompetanse og samarbeide om utdanning av arbeidskraft.

Noen former for samhandling kan gjøre det mulig å hente ut synergieffekter, mens andre kan være en kilde til konflikt.

Eksemplifisert for havbruk til havs kan en tenke seg at et sambruk med andre næringer kan kreve trening og sertifisering av brukere, utvikling av navigasjonshjelpemidler, styringssystemer for å unngå kollisjon, overvåking av område og fartøy, og fysisk tiltak på overflate og havbunn.

Mulig synergier kan hentes ut ved å kombinere kartlegging og miljøstudier, utvikle felles kommunikasjon og kontrollsystemer, felles drift og operasjonskontroll, felles bruk av personell og personelltransport, kombinerte (service) fartøy, i tillegg til deling av infrastruktur og systemer og utvikling av kombinerte/integrerte konstruksjoner

Det vil potensielt oppstå utfordringer og hindringer i form av konflikt i behov og krav mellom/for de forskjellige operasjonene, driftsorganisasjoner med forskjellige kunnskapsbasert, driftsmodeller og forretningsmodeller, økt marin begroing, lyd og støy fra vindturbiner, kabler osv. I tillegg kan noen områder være for grunt for oppdrett av fisk. Det kan oppstå utfordringer knyttet til store avstander for transport av fôr og fisk. Ikke minst kan mulige hindringer være underutviklet regelverk og forvaltning, samt høy økonomisk risiko.

Det er viktig at havbruksnæringen tar innover seg både konfliktpotensiale og mulige synergier i forhold til andre brukerinteresser. Myndighetene har selvfølgelig en viktig rolle i regulering av bruken av havet og samspillet mellom ulike brukerinteresser. Men havbruksnæringen er nok tjent med å selv lære mer om og gå i dialog med andre brukerinteresser.

5. Teknologiske konsepter

I dette kapitlet drøfter vi en rekke forhold ved eksponerte havbruksteknologier og drift på eksponerte lokaliteter. Det er her vært betydelige innovasjoner de siste årene og mye læring. I et eget appendix på slutten av dette kapitlet presenterer vi over tyve konsepter for eksponerte farvann.

5.1. Utviklingstillatelser stimulerte til innovasjon

I 2015 åpnet Fiskeridirektoratet opp for tildeling av utviklingstillatelser for havbruk, en midlertidig ordning med særtillatelser som skal tilrettelegge for betydelig innovasjon og investeringer for å løse miljø- og areal utfordringene til næringen. Både lukkede, semilukkede og eksponerte konsepter var aktuelle under denne midlertidige ordningen. Hittil har 20 søkere fått tilsagn om utviklingstillatelser, mens 82 av søkerne har fått avslag på sine konsepter. Når det gjelder eksponerte konsepter har syv fått tilsagn, det er pågående avklaringer for to konsepter, og 16 har fått avslag, jfr figur 5.1. Flere av disse er i ankeprosess i Nærings- og fiskeridepartementet.



Figur 5.1. Eksponerte havbrukskonsepter og status i forhold til utviklingstillatelse

5.2. Innovasjon på mange områder

Anlegg på eksponerte lokaliteter må dimensjoneres og konstrueres med tanke på større krefter fra bølger, strøm og vind, og deformasjon av not under sterke strømforhold. Merdstrukturene som skal benyttes på eksponerte lokaliteter vil ha behov for nye og

innovative funksjoner og metoder for trenging, fangst, transport, føring, avlusing og levering av fisk. Dette krever at havbruksnæringen tilføres mye ny teknologisk kunnskap i tillegg til den store kompetanse som allerede er i havbrukssektorene og de mer tradisjonelle leverandørene til havbruksnæringen. Dette har allerede skjedd i de første prosjektene for eksponerte havbruksanlegg.

Mange leverandører har arbeidet sammen med havbrukssektorer i innovasjonsprosesser på havbruksanlegg for eksponerte farvann. I figur 5.2 vises diversiteten av leverandører fra havbruk, petroleum og maritim sektor som har levert teknologi og kunnskap til de fem prosjektene for eksponert havbruk som er vist øverst i figuren.



Figur 5.2. Mange leverandører fra havbruk, petroleum og maritim sektor har levert teknologi og kunnskap til de fem prosjektene for eksponert havbruk som er vist i denne figuren.¹⁰

Det har blitt utviklet ulike innovative løsninger for havbruk på eksponerte lokaliteter. For eksempel er det konsepter med dype, robuste faste merder, mens andre har valgt nedsenkbare merder. Ulike konsepter beregnet delvis for ulik grad av eksponering vil kreve ulike løsninger. Et mangfold av teknologiske løsningene vil ha behov et tilstrekkelig fleksibelt sett av regulatoriske rammevilkår, både i forhold til lokalisering, miljøpåvirkning, sameksistens, men også ulike operasjonelle behov. Herunder menes det logistikk-løsninger,

¹⁰ Oversikt over leverandører og bilde av anlegg er hentet fra: <https://www.salmar.no/havbasert-fiskeoppdrett-en-ny-aera/>, <https://www.nordlaks.no/havfarm/havfarm1>, https://www.atlantisfarming.no/atlantis/rapporter/01_%20atlantis%20subsea%20farming%20faktaark%201.pdf, <https://arctic-offshore-farming.s3.eu-north-1.amazonaws.com/Arctic+offshore+produktark.pdf>, <https://www.mnh.no/aquatraz/>.

som transport/levering av fisk, servicefartøy (spyling, inspeksjon), fôrmottak, ensilasjelevering, og transport av personell.

Innføringen av havbruk til havs vil mest sannsynlig kreve en enorm omstilling av leverandørindustrien og tredjepartsaktører med tanke på tilpassinger til teknologien og miljøforholdene på ulike lokaliteter. Fôr og ensilasjefartøy må muligens implementere og utvikle nye teknologiske løsninger som ivaretar strukturell integritet, er tilpasset fortøyningsystemet, overføringsløsningene på konseptet og overordnet sikkerhet på anleggene.

Tredjepartsaktører har også viktige roller. Dette omfatter veterinærer, tilsyn og ulike instanser som skal sikre fiskevelferd og at havbruksinstallasjonene driftes forskriftsmessig, både teknologisk og biologisk. Bunnundersøkelser, sediment og vannprøver på de eksponerte lokalitetene gjennomføres av tredjepartsaktører for å dokumentere miljøtilstanden, før-, under- og etter produksjonen. Dybde, strøm- og bølgeforhold utgjør elementer som kan vanskeliggjøre gjennomføringen av disse undersøkelsene ettersom man blir avhengig av et "værvindu". Mange av de samme prinsippene er gjeldene for servicefartøy med tilhørende teknologisk utstyr, som må være tilpasset miljøbetingelsene og omfanget av installasjonen, noe som igjen vil kreve en betydelig investering i ROV/AUV, hydraulisk utstyr, utformingen av servicefartøy og kompetansekrav blant personellet. Dette er avhengig av funksjonene og teknologiske løsningene som alt er integrert i installasjonene, og hvilke behov de har for notvask, avlusing, fortøyningsarbeid etc.

Ringvirkningene av nye installasjoner til havs vil gå gjennom hele verdikjeden til havbruksnæringen, spesielt ettersom det vil kreve en omstilling i majoriteten av leddene. Eksempelvis på settefisksiden som potensielt må produsere post-smolt (0,5 kg til 1 kg) i større grad beregnet på eksponerte lokaliteter, i tillegg til mer smolt om veksten i næringen øker. Dette kan kreve større/flere smoltanlegg på land.

Interaksjonen mellom fartøy og de ulike installasjonene vil også kreve en omstilling rent teknologisk og kompetansemessig. Ulike tilkoblingsfunksjoner mellom installasjon og fartøy, dynamiske posisjoneringsverktøy, og kybernetiske systemer kan muligens være nødvendige verktøy for sikre arbeidsoperasjoner på eksponerte lokaliteter.

Det har også blitt påpekt at distansen mellom lokaliteter og landbaser/fasiliteter har en direkte påvirkning på driftskostnadene (Chu et al., 2020). Transport og logistikk-løsninger utgjør en kostnadsdriver som bør utredes, spesielt i forhold til distanse, transport hyppighet og lastekapasitet.

5.3. Kunnskap og teknologioverføring til havbruk

SINTEF-rapporten *Potensialet for utvikling av tverrgående teknologier og teknologisk utstyr til bruk i marin, maritim og offshore sektorer*¹¹ har undersøkt mulighetsrommet for synergier og samarbeid mellom industriene som benytter seg av havrommet. Dette retter spesielt imot teknologiske løsninger og kompetanse som kan bidra til å utvikle havnæringene videre.

¹¹ <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/?pubid=1348788>

Innenfor den maritime sektoren er det flere teknologiske løsninger som ble vurdert, som blant annet;

- Løsninger som skal bidra til at fôrflåter ivaretar logistikk, overføring av dynamisk posisjonering (DP) til brønnbåter og fartøy som har interaksjoner med merd- og anleggsstrukturer.

Fra olje og gass sektoren så er det et mangfold av teknologiske løsninger med potensiell anvendelse i offshore havbruk:

- ROV og AUV teknologi for inspeksjon av anlegg og nøter, miljøovervåkning, og systematisk overvåkning av det marine miljøet før og etter operasjoner.
- Sensorer for overvåkning av installasjoner og økt forståelse av miljøets påvirkning på strukturer og innretninger. Dette er også aktuelt med tanke på utviklingen av optimale dimensjonerte løsninger.
- Optimal fôrflåte – optimalisering av havbrukssystemer. Forankring (strekkestag osv.)
- Nedsenkbare fôrslanger for optimal arealutnyttelse. Benytte kunnskap om rørkonstruksjoner for utvikling av mer robuste fôrslanger.
- Dimensjonering og dimensjoneringsmetoder for installasjoner på eksponerte lokaliteter.
- Kompetanse på operasjoner i krevende miljø
- Metodikk for å redusere feilmarginer (ref. barriere- og risikostyring), spesielt med tanke på uakseptable forhold som rømming og luseproblematikk.
- Mer kunnskap om "Baseline" før aktiviteter settes i gang. Redusere miljøavtrykk. Løsninger for miljøovervåkning gjennom moderne teknologi og barrierestyring.
- Sikrere installasjonsmetoder.

Fra havvind vurderes følgende teknologier relevante for offshore havbruk:

- Overføring av fartøyteknologi for installasjon og intervensjon av merder og havbrukskonstruksjoner.
- Havbunnsanalyser. Samme teknologi kan benyttes for analyser av hav/sjøbunnen, før, under og etter aktivitetene.

Et av hovedpunktene fra informantene som deltok i denne studien er at det eksisterte flere barrierer som forhindrer teknologioverføring. Regelverk og rammebetingelser, kostnadsnivå og proteksjonisme, kulturforskjeller og politikk utgjorde her sentrale barrierer. I denne undersøkelsen mente også 26% av informantene (n=82) at de største barrierene var mellom offshore petroleum og havbruk (Holte et al., 2016). Kompetanse og teknologioverføring fra offshore og byggbransjen til havbruk har også tidligere blitt påpekt som mulighet som burde utforskes videre i rapporten fra teknologirådet (Teknologirådet, 2012).

I SINTEF-rapporten ble det gjennomført dybdeintervjuer med informanter fra de ulike havnæringene. Flere av informantenes perspektiver på fremtidig utvikling av havbruksnæringen rettet seg mot teknologisk utvikling, herunder design og konstruksjon av havbruksmerder. Forutsetningen var at næringen øker kompetansen relatert til design og utforming av produksjonskonseptene/systemene som ivaretok de designkriterier diktert av det operasjonelle miljøet. Det ble her påpekt at designstandarden som blir benyttet nå er utilstrekkelig, noe som resulterer i underdimensjonerte konstruksjoner, både med tanke på merdstrukturer og fortøyninger. Videre ble fjerndrift og økt systemtenkning (design av

fôrflåter og oppdrettslokalteter) på eksponerte lokaliteter fremhevet. I tillegg til økt verdikjedestyring, og tilhørende effektiviseringsprosesser, samt økt industrialisering.

Et viktig moment som ble understreket av informantene var at teknologi ikke kunne overføres og adapteres helt ukritisk imellom næringene. Skalering og tilpassing var en nødvendighet for optimal tverrsektoriell teknologi og kunnskapsoverføring. Tverrsektoriell teknologi og kunnskapsoverføring fordrer nedbryting av "barrierer" som eksisterer mellom industrisektorene, spesielt med tanke på proteksjonisme, regulering og rammebetingelser samt kostnadsnivå.

Siden Sintef analysen ble gjort har havbruksleverandører og havbruksselskaper opparbeidet seg mye erfaring med samarbeid med teknologileverandører og kunnskapsmiljøer fra petroleumssektoren og maritim sektor. Det er mye som tyder på at flere har vært gjennom læringsprosesser hvor flere av de nevnte utfordringene har blitt overvunnet eller redusert.

5.4. Bruk av oljeinstallasjoner

I norske havområder er det mange petroleumsfelter med oljeinstallasjoner, jfr figur 5.3. Bruk av offshore oljeinstallasjoner til havbruk blir mer aktuelt etter hvert som produksjonen på disse opphører de neste tiårene. Dette handler også om teknologi- og kunnskapssynergier mellom offshore og eksponert havbruk. Oljeinstallasjonene er tilpasset og dimensjonerte for å håndtere ekstreme miljøbetingelser. En rekke av utviklingskonseptene som er sendt inn til Fiskeridirektoratet er i tillegg designet og utformet etter oljeinstallasjoner.

Etterbruk av oljeinstallasjoner til formål som havbruk er en tematikk som hittil ikke er særlig utredet eller belyst. Det har blitt understreket at det behøves studier som klargjør hva slags viten, teknologi og regelendringer som må eksistere skal gjenbruk av plattformer muliggjøres (Holte, 2020). Barrierer i form av eksisterende regelverket og høye driftskostnader forhindrer tilretteleggingen av etterbruk oljeplattformer.



Figur 5.3. På petroleumsfeltene som er markert i figuren er det installasjoner som i framtiden kan være base for havbruk til havs (Kilde: Norsk Petroleum)¹²

¹² For kart, se [Interaktivt kart - Norskpetroleum.no](https://www.norskpetroleum.no).

Betongunderstellet til enkelte oljeinstallasjoner kan bli stående igjen, i tillegg så har disse konstruksjonene lang levetid som gjør at de muliggjør gjenbruk, til f.eks. havbruksaktiviteter eller havvind. Områdene hvor disse konstruksjonene befinner seg har alt redusert maritim trafikk og andre marine/maritime aktiviteter. Disse betongkonstruksjonene kan fungere som fôrstasjoner, oppbevaring av fôr utstyr eller innkvartering av mannskap. Gjenbruk av slike installasjoner kan bidra til mer bærekraftig dekommisjonering.

5.5. Noen erfaringer fra eksponerte lokaliteter

Mowi, Sandsvåg på Færøyene

Mowi (tidligere Marine Harvest) har presentert noen av erfaringene som de hadde med den eksponert lokaliteten Sandsvåg på Færøyene hvor det benyttes sirkulære plastmerder. Dette er altså ikke et av konseptene under utviklingstillatelser, men er nyttig som referanse. Oseanografiske målingsforsøk viste at det kunne forventes en signifikant bølgehøyde på 7 meter og overflatestrøm opptil 1 m/s. På denne lokaliteten ble det satt 120 000 smolt med en snittvekt på 370 gram. Under den første produksjonssyklusen gikk driften fint frem til en vinterstorm som varte mellom 2-3 uker resulterte i at de måtte nødslakte fisken. Årsaken til dette var at stormen skapte deformasjon av noten i en så omfattende grad at fisken fikk ristskade og måtte slaktes ut med hensyn til fiskevelferd. En mulig forklaring på deformasjonsgraden var at lokaliteten kunne være påvirket av sterkere undervannsstrømmer enn forventet. Strømforholdet på 5 meter ble her målt til 1,24 m/s. Det blir likevel understreket at tilveksten på fisken var god frem til vinterstormene slo inn.

SalMar Ocean, Ocean Farm 1, Trøndelag

Konseptet Ocean Farm 1 er presentert nærmere i appendix på slutten av kapitlet, sammen med andre konsepter. Sluttrapporten til Ocean Farm 1 (OF1) oppsummerer resultatene fra de første produksjonssyklusene (G2017 og G2019) i havmerden til SalMar Ocean. I rapporten står det at fisken ble observert med ekkolodd og kamera og at fisken viste sunn atferd. Det fremkommer også at perioder med høy vannstrøm og høye bølger ikke virket å påvirke fiskens atferd i noe særlig grad.

Det ble påpekt her at det er flere indikatorer på god fiskevelferd som ble oppfylt under produksjonen. Fisken på OF1 viste et rikere atferds repertoar enn det man har observert i konvensjonelle merder.

Fisken tok i bruk hele merddybden, viste stim dannelse og reagerer med atferdsendring på fôring. I oppsummeringsrapporten til Åkerblå så blir det rapportert om at ingen tellinger av lakselus var over grensen i lakselusforskriften. Det høyeste registrerte antall kjønnsmodne hunnlus var 0,35 i uke 31. Forebyggende tiltak: Undervannsfôring, isolert lokalitet og rensefisk ble benyttet. Det ble ikke noe behov for avlusinger under utsettet. Fiskehelsen og

fiskevelferden vurderes som totalt sett god under produksjonen av første generasjon på Håbranden.

Under G2019-utsettet så var det høyere dødelighet av rensefisk. Fiskevelferden har vært god for laksen, men den har til dels vært problematisk for rensefisken. Men det ble vurdert som et generelt problem på flere lokaliteter og ikke bare havmerden. Under G2019-utsettet ble det heller ikke utført noen avlusinger, og det ble ikke påvist noen spesielle sykdommer eller håndtering eller miljørelaterte skader.

I evalueringen av OF1-prosjektet så fremheves og påpekes det flere forbedringspunkter. Eksempelvis så påpekes det at skal fartøysoperasjoner (fôr, ensilasje og fisk) gjennomføres sikkert på mer eksponerte lokaliteter enn Frohavet så vil det kreve en ytterligere utvikling av lossesystemer. Dette er mest sannsynligvis overførbart til de fleste fartøyoperasjonene som sentrerer rundt en eksponert lokalitet. Flere av fartøyene som har transportert og levert gods til OF1 har i stor grad vært utrustet med modifisert utstyr som har vært tilpasset installasjonen. Ensilasjebåten til Scanbio har vært utrustet med 100m lasteslange. Personelltransporten har hatt gyrostabilisator. På brønnbåten til Rostein AS (Ro Fjell) ble det installert DP, ny kran med vinsjesystem for å håndtere en 60m lang laste/losseslange, samt maritim bredbåndsradio for utveksling av sikkerhetsmessige og operasjonelle parametere mellom fartøy og installasjon.

Atlantis, Sinkaberg Hansen/ Akva Group, Skrubholmen

Atlantis er presentert nærmer i appendix på slutten av kapitlet. Sentrale funn fra produksjon med Atlantis nedsenkbar merd er at fiskens adferd og velferd var god, og den lærte seg å bruke luftkuppelen for å fylle svømmeblæren. Fôrfaktor, tilvekst, dødelighet og slakteresultat viser normale verdier sammenlignet med en ordinær produksjon i konvensjonelle åpne anlegg. I testperioden har ikke lusens livssyklus og utvikling i Atlantis skilt seg nevneverdig ut fra det vi kjenner som normal utvikling i tradisjonelle merder. Siden det registreres lusepåslag i nedsenket posisjon, tyder det på at noen larver har befunnet seg på dypet i det de når det infektive stadiet. Det har også tidligere vært registrert påslag på andre lokaliteter hvor fisk har stått dypt, men da i mindre grad enn i tradisjonelle overflatemerder.

Fra Atlantis prosjektet anbefales at det at man ved senere utsett skal gjøre følgende tiltak: Få bedre kunnskap om fiskens oppførsel når merden heves til overflaten, etterstrebe å sette ut mest mulig lusefri fisk, på hele anlegget, utvikle forbedrede løsninger når det gjelder luftkuppel, kablingsystemet og bøylene.

5.6. Standardisering

Kravene til teknisk standard er en av årsakene til at norsk oppdrett har opplevd den suksessen den har. Dagens regelverk er i stor grad hjemlet i forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg (NYTEK-forskriften, 2011), og da refererer vi som regel til NS9415. Denne forskriften inneholder krav til konstruksjon, utstyr og drift av flytende akvakulturanlegg på norsk landterritorium, territorialfarvann, på kontinentalsokkelen og i Norges økonomiske sone. Forskriften har som hensikt å forebygge rømming av fisk gjennom sikker teknisk drift.

Den er tilpasset konvensjonelle oppdrettsmerder, men inneholder likevel elementer som kan benyttes når produksjonen flyttes lengre ut på havet.

Havbruk til havs vil stille større krav til sikker teknisk drift enn det NS9415 allerede dekker. Anleggene må tåle betydelige naturkrefter og det vil føre til utfordringer for personell- og utstyrssikkerhet, biomasse og fartøy som skal til og fra anleggene. Dette innebærer også en utfordring i form av logistikk og beredskap. Anleggene må på tross av dårlig vær være utstyrt med løsninger for fôr, forsyninger og kraft for å sikre kontinuerlig drift.

I et forprosjekt utført av Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) anslår de at en standard for klassifisering av taps- og dødsårsaker vil gi et økt resultat på rundt 5 mrd. NOK per år (NCE Seafood Innovation, 2020).

Kortisolnivåene til fisken som ble transportert ble redusert jo lengre tid det gikk mellom lasting og lossing av fisken, men dårlig vær utgjorde en ekstra stresskilde på fisken (Iversen et al., 2005). Det er flere hensyn som må ivaretas under transport av fisk til eksponerte lokaliteter, og det er flere faktorer som muligens bør inkluderes forskrifts- og forvaltningsmessig også.

Kartlegging av seilingsruter med hensyn til værforholdene i regionene, samt med andre eksponerte anlegg og potensielle smitte- og buffersoner. Flere eksponerte havbruksanlegg utaskjærs vil kunne kreve utarbeidingen av nye smittesoner og forhåndsregler for å håndtere og forebygge sykdomsproblematikk.

Som nevnt tidligere så vil det muligens være en utfordring med transport av levende fisk til og fra eksponerte anlegg med tanke på fiskevelferden. Dårlig vær i form av høye bølger kan potensielt påvirke fiskevelferden negativt. Samtidig så kan dette vanskeliggjøre mottak og levering av fisk til anleggene.

I forskriften pekes det på at transporten skal gjennomføres uten unødvendige opphold. Det vil være grunn til å tro at dette kan være en reell problemstilling for anlegg ute til havs. Levering av fisk til anleggene vil avhenge av et "værvindue". Gjennomføringen av arbeidet i stor grad avhenge av god planlegging og gode data om værforholdene på lokaliteten.

I tillegg så kommer fartøyenes tilpasningsgrad til ulike produksjonskonsepter mht. levering, overføring og mottak av fisk. Behov for nye teknologiske løsninger og utstyr på fartøyene som tilrettelegger og muliggjør disse arbeidsoperasjonene. Det understrekes også i forskriften at mannskapet/skipperen skal ha god/tilstrekkelig kunnskap om fiskevelferden og transportmetoden. Økt kunnskap rundt fiskevelferd og transport til mer værharde lokaliteter vurderes som nødvendig.

Etableringen av installasjoner/anlegg på lokaliteter langs kysten gjøres under betingelser fra NYTEK-forskriften og NS9415. Hovedpoengene i NS9415 og NYTEK er at komponentene til et anlegg skal dimensjoneres ut ifra de gitte forutsetningene på lokaliteten, herunder miljø- og værforhold.

Den nåværende versjonen av NS9415:2009 viser ikke eksplisitt til konstruksjoner på eksponerte lokaliteter. En revidert versjon av NS9415 går nå ut på høring og skal etter planen publiseres i 2021, og denne vil inkludere nye oppdrettskonstruksjoner. I tillegg forventes det

endringer i NYTEK forskriften som følger av denne revideringen. I gjennomgangen av regelverk knyttet til havbruksinstallasjoner offshore (Sjøfartsdirektoratet og Fiskeridirektoratet, 2017) blir det fremhevet at NS9415 og NYTEK har flere mangler, og at det eksisterer flere regulatoriske utfordringer med havbruk til havs:

- NS9415 setter fokus på å hindre rømming fra konvensjonelle havbruksanlegg. Tekniske krav og drift av anlegg som ikke er relatert til rømming er ikke inkludert.
- NYTEK gir hjemmelsgrunnlag til å benytte andre standarder så lenge sikkerhetsnivået er på samme nivå som i NS9415. Vanskelig å definere hva som ligger i "tilsvarende sikkerhetsnivå".
- NS9415 har lavere sikkerhetsnivå enn andre maritime næringer og petroleumsnæringer (50 års returperiode vs. 100 års returperiode). Lite egnet begrepsbruk i standarden og NYTEK forskriften med tanke på mer eksponerte havbruksinstallasjoner.
- Mobile anlegg kan være utfordrende med tanke på lanterneføring. De nåværende sikkerhetssonene i akvakulturforskriften vil være lite egnet for nye installasjoner.

Videre bør det gjøres vurderinger av bemanningsbehov, f.eks. knyttet til teknologiske løsninger/innovasjoner som fjernstyrte/autonome systemer. Det vil være et økt kompetansekrav blant de instansene som utfører tilsyn. Nye teknologiske innovasjoner og konstruksjoner vil ha andre forutsetninger enn konvensjonelle oppdrettsanlegg som ligger innaskjærs, som nødvendiggjør utvikling av ny og mer omfattende forvaltningskompetanse.

5.7. Digitalisering og automatisering

Digitalisering og automatisering kan bidra til økt verdiskapning og sikrere drift i sjømatnæringen, samt redusere miljøavtrykket. Nye typer teknologiske konsepter som skal driftes lengre fra fastlandet krever nye teknologiske og automatiserte løsninger for at havbruk til havs skal bli en suksess. Store deler av verdikjeden og dens forskjellige enkeltprosesser må tilpasses den nye driftstypen.

Digitalisering åpner et hav av muligheter for oppdrettsnæringen. Digitale løsninger kan fortelle oss hvilke lokaliteter som er best egnet for produksjon med tanke på omringende miljø, gi oss større innsikt inn i om fisken trives i merden, og forutsi sykdomsutbrudd og lusesmitte. Digitalisering handler både om å kunne produsere mer og bedre data, men også å sikre at den blir utnyttet på en effektiv måte. Desto mer som måles, desto bedre beslutninger kan man ta.

Digitalisering forbedrer mange enkeltprosesser, men det kan tid før resultatene av digitalisering materialiseres. For eksempel er SalMars Ocean farm 1 er utstyrt med kameraer, ekkolodd og diverse sensorisk utstyr som bidrar til bedre forståelse av produksjonsprosessene under vann. Dataen som genereres, kan føres inn i maskinlæringsprogrammer som kan brukes til å optimalisere produksjonsprosessene.

Det vil dukke opp nye problemstillinger og løsninger som følge av digitaliseringen. Standardisering er en forutsetning for digitalisering, og det bør etableres mekanismer og standarder som sikrer distribusjon og formidling av informasjonen som hentes inn. Dette vil bidra til at også mindre oppdrettere får være med på utviklingen. Flere av de store utfordringene til oppdrettsnæringen er problemer som de fleste aktørene opplever, deriblant utfordringer knyttet til biologi og fiskehelse. Digitalisering kan bidra til økt kunnskap på disse områdene og er dermed noe hele næringen vil dra nytte av. Det bør være rom for samarbeid og deling av erfaringer samtidig som man kan konkurrere på andre områder. Utvikling av teknologi og prosessor som støtter opp under en bærekraftig utvikling er et fellesanliggende for oppdrettsnæringen.

Økt grad av automatisering kan bidra til en bærekraftig utvikling i havbruk, spesielt for havbruk til havs som kan innebære nye driftsmåter. Et typisk automasjonssystem består av sensorer som måler tilstanden i anlegget og en datamaskin som setter denne informasjonen sammen og presenterer det til en operatør som tar avgjørelser. Mennesket fortsatt vil spille en viktig rolle i prosessen. Desto mer automatisert et system blir, desto viktigere blir operatøren når systemet feiler.

Automatisering skaper muligheter for effektivisering av driften på forskjellige måter. Et selskap med flere havanlegg i drift kan bemanne alle anleggene enten fra en kontrollenhet på land eller fra ett eller to av anleggene såfremt miljømessige og biologiske forhold ivaretas. Dette vil bidra til å redusere risikoen for personell og støttefartøy samtidig som det åpner for at anleggene kan driftes i værutsatte perioder uten bemanning.

Roboter vil i stor grad være i stand til å ta over flere av arbeidsoppgavene til havs, og kan fungere som en slags vaktmester. Også disse kan styres fra en kontrollenhet på land.

Også for biologien åpner automatisering for store forbedringer. Fisk i merden kan utstyres med mikrochip som måler viktige vitale verdier og velferdsindikatorer. Det kan benyttes roboter i merden som kan identifisere og eliminere lus ved hjelp av laser. Nylig har Mattilsynet åpnet for disposisjon til å telle lakselus automatisk (iLaks, 2020). Dette representerer et stort fremskritt for automatisering, optimalisert drift og fiskevelferd.

Digitale tvillinger på land åpner også for nye måter å utdanne operatører på, enten om de skal arbeide på anlegget eller fra land. Trening i simulator representerer den per dags dato mest egnete og sikreste måten å bygge opp kunnskap. I Norge har vi blant annet gode erfaringer med dette fra petroleumsnæringen. SalMar har i forbindelse med Ocean Farm 1 benyttet en simulator for å forberede sine ansatte og personell fra støttefartøy på havbruksoperasjoner.

Ett av de viktigste områdene for havbasert oppdrett hvor automatisering kan bidra er beregning av operasjonsvinduer og kontroll av tilhørende miljø. Trygge og pålitelige operasjonsvinduer er avgjørende for eksponert/offshore oppdrett, og automatiserte systemer kan bidra til et godt datagrunnlag. Samtidig som man går lengre ut blir store områder viktigere å overvåke. Sensorer og andre instrumenter som overvåker blant annet strøm, vær, algeoppblomstring og havbunn blir viktig for å dokumentere miljøpåvirkning i henhold til lover og regler.

5.8. Utvikling i andre land

Investeringer i eksponert havbruk er ikke eksklusivt for Norge. Det foregår en satsning på offshore lakseoppdrett også i Kina, Portugal, Sør-Korea, Chile¹³, Skottland¹⁴, Australia¹⁵ og Japan¹⁶. Globalt, er det igangsatt flere prosjekter for utvikling av installasjoner for produksjon av flere arter på eksponerte lokaliteter, f.eks. Cobia utenfor kysten av Panama¹⁷, Almaco Jack fish utenfor kysten av Florida¹⁸, Mexico (striped bass), New Zealand (King salmon¹⁹) og Ecuador. Spesielt Kina har ambisiøse planer²⁰.

Det er funnet et havområde i Gulehavet som har fordelaktige sjøtemperaturer som egner seg for lakseoppdrett. Strategien til kinesisk offshore lakseoppdrett er beskrevet i Figur 5.4. Stor smolt skal produseres på land for så å bli overført til sjø for en vekstfase opp til 10 måneder.

Culture pattern— “Mountain and sea relay”



Figur 5.4. Mulig strategi for lakseoppdrett i Kina. Kilde: Professor Dong Shuanglin, Ocean University of China.

Det er identifisert ytterligere områder som egner seg for offshore havbruk i denne regionen, som vist i figur 5.5.

¹³ <https://www.fishfarmingexpert.com/article/chile-draws-up-a-road-map-for-offshore-salmon-farming/>

¹⁴ <https://fstjournal.org/features/33-3/offshore-fish-farming>

¹⁵ <https://www.huonaqua.com.au/our-approach/future-fish-farming/offshore-farming/>

¹⁶ <https://www.japantimes.co.jp/news/2017/10/03/business/norway-japan-tap-new-tech-start-large-scale-offshore-salmon-farming/#.Xbyli7KUmfA>

¹⁷ <https://www.fishfarmingexpert.com/article/offshore-fish-farming-is-the-way-forward-say-scientists/>

¹⁸ <https://www.npr.org/sections/thesalt/2019/09/18/761978683/the-battle-over-fish-farming-in-the-open-ocean-heats-up-as-epa-permit-looms?t=1572636520202>

¹⁹ <https://www.kingsalmon.co.nz/our-environment/potential-relocation/>

²⁰ <https://ilaks.no/kinas-kommende-oppdrettsflate-understreker-viktigheten-av-teknologivalg-og-utvikling/>



- Bottom cages in Yellow Sea (rigs)
- Deep water from South China Sea (vessels)
- North/South Korea

Figur 5.5. Noen områder som er vurdert egnet for offshore havbruk i Asia. (Kilde: DnB)

Resultatene fra uttestingen av «Deep Blue No.1 / Shenlan 1», vist i figur 5.6, hevdes å ha gitt lovende resultater. Det er planlagt et nytt offshore anlegg «Deep Blue No. 2 / Shenlan 2» som er tre ganger større²¹. Et tredje havbasert anlegg, «Xan Lin», er nylig sjøsatt ved Chudao, øst i Kina²².

Blooming of offshore and far-offshore mariculture in China



Deep Blue 1, Shandong



Dehai 1, Guangdong



Changjing 1, Shandong



Zhenyu 1, Zhejiang



Chengshan 1, Zhejiang



5

Figur 5.6. Eksempler på satsning på offshore havbruk. (Kilde: Professor Dong Shuanglin, Ocean University of China.)

²¹ <https://ilaks.no/hvor-langt-er-havbasert-lakseoppdrett-kommet-i-kina/>

²² <https://ilaks.no/nytt-kinesisk-havanlegg-sjosatt-med-norsk-hoyteknologi/>

I Kina har anleggene Shenlan 1 & 2 blitt utviklet for produksjon av laks 130 nautiske mil fra Rizhou i Shandong provinsen. Shenlan 1 skal kunne oppbevare 1 mill. fisk. Konstruksjonene er bygget av Wuchang Shipbuilding Industry Group som også har bygd SalMars Ocean farm 1 (OF1). Konstruksjonene har et nesten identisk design, men Shenlan 1 er nedsenkbar i motsetning til OF1 som ikke er fullstendig nedsenkbar. Investeringene ligger på rundt 4.3 mrd. yuan, eller 382 millioner NOK etter dagens kurs.

Selskapet De Maas SMC har designet delvis nedsenkbare anlegg for det kinesiske sjømatelskapet Fujian Fuding Seagull Fishing Food Co med en investeringskostnad på rundt 123.3 mill. euro. Keppel Corporation i Singapore har også arbeidet med å tilpasse offshoreinstallasjoner til havbruksformål. Selskapet Innovasea i USA har utviklet flere teknologier og konsepter for eksponert havbruk. De har to konsepter, "SeaStation" og "Evolution Pen" som har blitt utviklet med tanke på lokalisering på værharde lokaliteter. Disse konseptene er nedsenkbare, som betyr at de kan senkes under overflaten når det er dårlig vær.

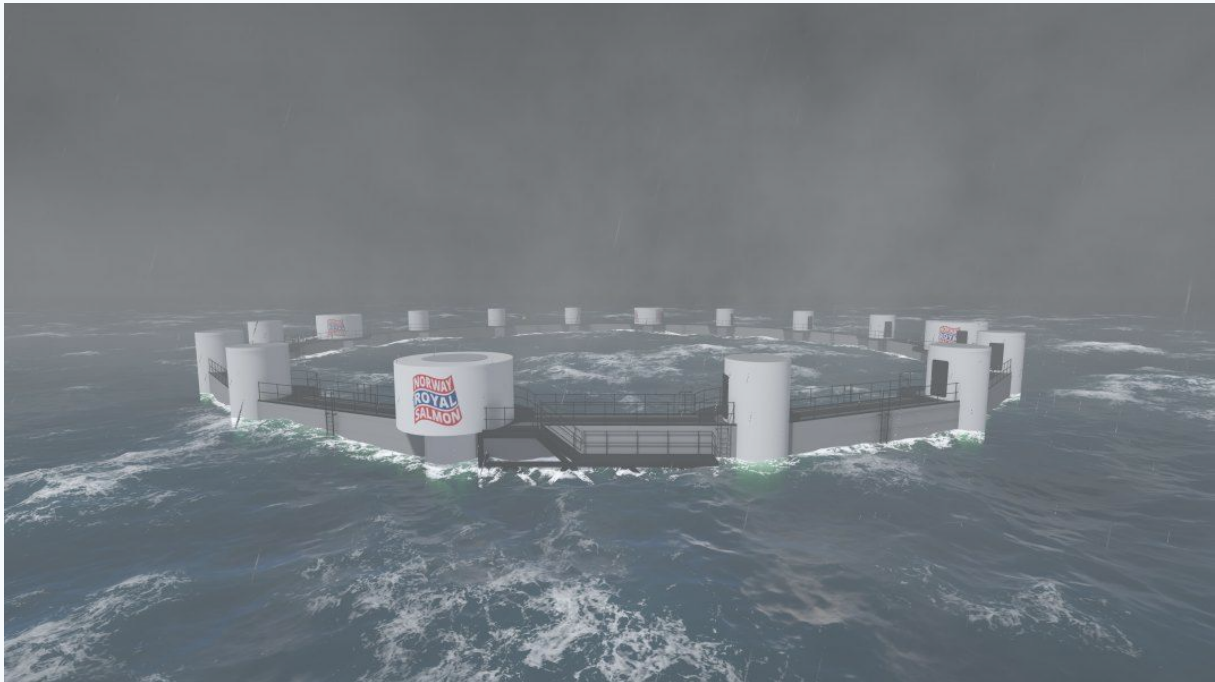
Presentasjonen av utviklingen i andre land i dette avsnittet er ikke uttømmende. Den viser imidlertid at teknologiutvikling ikke bare foregår i Norge, men også med stor kraft også i Kina og andre land. Tiden er en faktor her. For at norsk leverandørindustri skal få konkurransekraft globalt, er det viktig at det norske hjemmemarkedet utvikles. Dette skjer først og fremst gjennom at myndighetene evner å etablere nødvendige reguleringer og andre tiltak som åpner for investeringer i havbruksanlegg i Norge.

5.A. Appendix: Konsepter for eksponert og offshore havbruk

Konseptene vi har fokusert på er konsepter som er ment for enten eksponert og/eller offshore oppdrett. Vi har prøvd å identifisere alle konsepter som passer disse kriteriene, men det kan være konsepter som har uteblitt. Vi har også bevisst valgt å se vekk i fra konsepter som enten er lukket i sjø eller lukket i skip eller på plattform.

Innholdet i faktaboksene er satt sammen av informasjon fra selskapenes hjemmesider, nyhetssaker og andre åpne kilder og dokumenter fra Fiskeridirektoratets temaside for utviklingstillatelser. Selskapene har også fått muligheten til å revidere faktaboksene til sine egne konsepter, og derfor kan de forskjellige faktaboksene ha noe ulikt oppsett og innhold.

Norway Royal Salmon – Arctic Offshore Farming



Illustrasjon Arctic Offshore Farming. Kilde: <https://www.arcticoffshorefarming.no>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Norway Royal Salmon. Leverandører: Design: Aker Solutions, for øvrige se liste på hjemmeside

Farvann: Eksponert/Offshore. Rammeverk designet for Hs 15m, utprøving på Hs 6.5m

Merdvolum: 120.000 m³

Vekt: ca 3000 tonn

Bredde/diameter anlegg: 67 m diameter indre not, 79 m ytre not.

Høyde anlegg: 21 m fra nedre pongtong til søyletopp.

Dybde not: 34 m

Kapasitet: 600.000 fisk/3 000 tonn MTB per merd

Merder: Halvt nedsenkbar rigid stålstruktur, nedsenkbar notpose

Energitilførsel/-konsum: strømforsyning fra fôrflåte. Redundant kabel

Fortøyning av anlegg: 3 X 3 liner per merd.

Investeringskostnad anlegg: Ca 700 mill. NOK

Prosjektfase: Under bygging. Planlagt utsett våren 2021

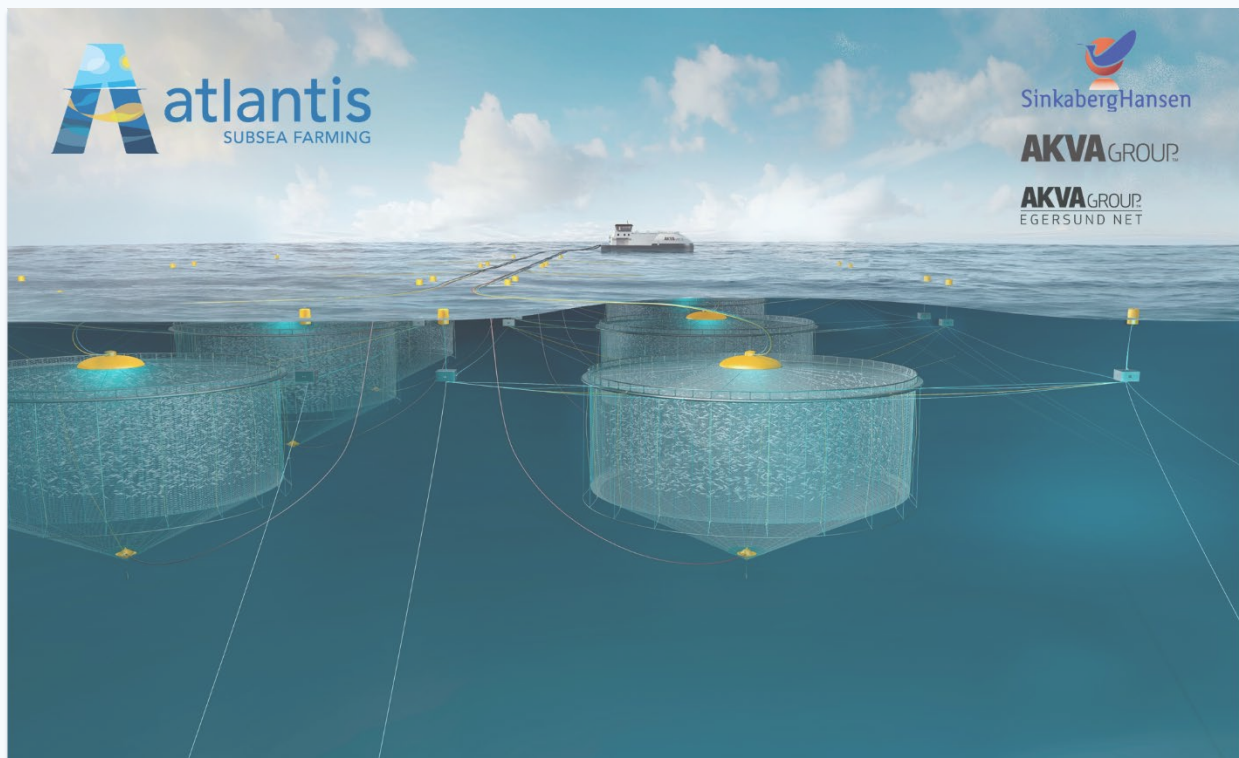
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Fellesholmen, NNV for Tromsø

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (7.7 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Anlegget består av to merder i tillegg til felles flåte. Dobbel not med utspiling fra stiv bunnring. Nedsenket drift (11m neddykking av nottak), luftlommer for justering av svømmeblære integrert i konstruksjonen. Vannføring.

Hjemmeside: <https://www.arcticoffshorefarming.no/>

Atlantis Subsea Farming – Atlantis



Illustrasjon Atlantis Subsea Farming. Kilde: <https://www.atlantisfarming.no/forside>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: AKVA group, Egersund Net, SinkabergHansen. Leverandører: For øvrige se liste på hjemmeside

Farvann: Planlagt utsett Januar 2021 i Hs 4,4. Designet for Hs 5.

Merdvolum: Ca 40 700m³

Vekt: Ca 35 tonn per merd (uten fortøyning)

Bredde/diameter anlegg: 160 m omkrets

Fra flyter til bunnring 15 meter, fra bunnring til spiss med Lift Up 15 meter

Kapasitet: 200.000 fisk per merd

Merder: Nedsenkbar, bygd i PE-rør som fylles med vann for senking og luft for heving.

Energitilførsel/-konsum: Strømforsyning fra flåte

Fortøyning av anlegg: Vanlig rammefortøyning

Investeringskostnad anlegg: 79,9 mill NOK for prosjekt med en tillatelse og fire enheter.

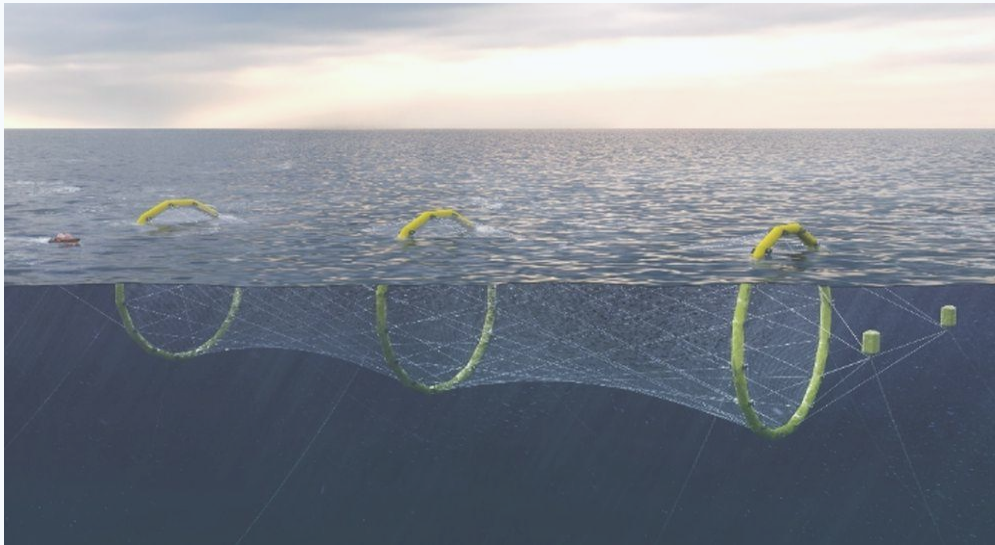
Prosjektfase: Gjennomført to utsett med fisk med en merd. Bygger 3 nye merder for utsett i 2021. Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Gjerdinga og Skrubbholmen, Trøndelag, Otervika, Nordland.

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (1 tillatelse)

Ytterligere informasjon: Flyter er nedsenket på 30 m dybde 80-90% av driftstiden. Heve- og senkefunksjonen kan styres fra fôrflåte eller fra land. Undervannsføring er kombinert med luftkuppel for fisken.

Hjemmeside: <https://www.atlantisfarming.no/forside>

Pelaqua Farming AS – WaveFlex



Illustrasjon Waveflex. Kilde: <https://ilaks.no/nei-nei-og-nei-til-utviklingsprosjekter/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Pelaqua Farming AS,

Leverandører:

- Design: Pelaqua AS
- Engineering: Entail AS
- 3. Part: Aquastructures, Global Maritime AS
- Not: Selstad
- Fôrsystem: Graintec
- Oppdrett: Bremnes Seashore og Austevoll Melaks

Merdvolum:

- Prototype: 34 000 m³
- Fullskala: 270 000

Vekt:

- Prototype: 100 tonn stål
- Fullskala 2000 tonn stål

Bredde/diameter anlegg:

- Prototype: Ringene har diameter på 25 m. Lengde 120 m
- Fullskala: Ringene har diameter på 50 m. Lengde 240 m

Høyde anlegg:

- Prototype: 25m høyde
- Fullskala: 50m høyde

Dybde not:

- Prototype: 22.5m
- Fullskala: 45m

Kapasitet:

- Prototype: 150 000 fisk, 780 tonn MTB
- Fullskala: 1,2 mill fisk. 6 234 tonn MTB

Merder:

- 1 prototype
- 1 fullskala anlegg

Farvann: Eksponert/Offshore. Rammeverk designet for Hs 15m, utprøving fullskala på Hs 7m

Energitilførsel/-konsum:

- Prototype: strømforsyning fra fôrflåte. Redundant kabel
- Fullskala: intern strømforsyning

Fortøyning av anlegg:

- Fleksibelt forankret til sjøbunn

Investeringskostnad anlegg:

- Prototype: 31 MNOK
- Fullskala: 340 MNOK

Prosjektfase:

- Gjennomført tidlig fase engineering, modellforsøk, 3. part verifikasjon

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet:

- Prototyp: Litle Lunnøy / Hattasteinen
- Fullskala: Brennevinsgrunnen i Boknafjorden, alternative lokasjoner bearbeides.

Status utviklingstillatelse: Avslag (9 tillatelser), klage til behandling hos Departementet.

Ytterligere informasjon: Waveflex er designet på naturens premisser og følger bølgene.

Derfor har anlegget lave bygge- og driftskostnader. Dette muliggjør produksjon av fisk på kommersielle betingelser i eksponerte farvann.

Mer om konseptet på <https://vimeo.com/436082851> .

Roxel Aqua - Octopus



Illustrasjon Octopus. Kilde:

<https://www.plastforum.no/article/view/635443/to-nye-avslag-fra-fiskeridirektoratet>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Roxel Aqua

Farvann: Åpent hav / eksponert

Merdvolum: ~44000 m³

Vekt: Varierer med antall merder

Bredde/diameter anlegg: Varierer med antall merder

Høyde anlegg: 90-100m

Dybde not: 35m som kan trekkes ned

Kapasitet: 1100 tonn per merd. Hele anlegget 20.000 – 40.000 mT

Merder: Nedtrekkbare merder

Energitilførsel/-konsum: Fornybar energi

Fortøyning av anlegg: Bunnfast. Merder fortøyes vertikalt og evt. horisontalt

Investeringskostnad anlegg: ~1,1 mrd for 10000 mT. ~1.5 mrd for 40000 mT.

Prosjektfase: Detaljfase

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Sirafjorden

Status utviklingstillatelse: Avventer svar

Ytterligere informasjon: Konseptet kan stå i åpen sjø, er skalerbart, benytter gjenbruk (sirkulær økonomi) og kan bygges / modifiseres i Norge. Gir god fiskevelferd ved å trekke ned merdene for å kunne redusere lusepåslag, alger, høy overflatestrøm, bølger og gir optimal temperatur for fisken. Bunnfast for komfort og sikkerhet ved marine operasjoner.

Hjemmeside: <https://roxel.no/aqua/>

Ocean Aquafarms – Hex Box



Illustrasjon Hex Box. Kilde: <https://www.oceanaquafarms.com>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Leverandører: Design:, for øvrige se liste på hjemmeside
Farvann: Standard: Inntil Hs 10. Harsh: Hs 10-12,5. Exposed: Hs over 12,5
Merdivolum: Standard: 425.000 m³. Harsh: 315.000 m³. Exposed: 315.000 m³
Vekt: Standard: 6 500 tonn. Harsh: 8 000 tonn. Exposed: 10 500 tonn.
Bredde/diameter anlegg: 90 m diameter
Høyde anlegg: 46,5 m til topp av boligkvarter
Dybde not: Standard: 90 m. Harsh: 70 m. Exposed: 70 m.
Kapasitet: Standard: 10 600 tonn. Harsh: 7 900 tonn. Exposed: 7 900 tonn.
Merder: Halvt nedsenkbar heksagonal ringpontong
Energitilførsel/-konsum: Energinøytral, Hybrid batteri-løsning med tre vindmøller og dieselgenerator (kun som back-up).
Fortøyning av anlegg: Offshore type basert på maritim standard DNVGL
Investeringskostnad anlegg: Avhenger av utstyrsnivå og type Hex Box
Prosjekt fase: Konsept og forprosjektering utført. Neste steg er detaljprosjektering og bygging.
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Ønsker utprøving i Boknafjorden, Rogaland
Status utviklingstillatelse: Avslag (13 tillatelser)
Ytterligere informasjon: Hex Box kan leveres i tre ulike versjoner som vist over; Hex Box Standard, Hex Box Harsh og Hex Box Exposed.

Hjemmeside: <https://www.oceanaquafarms.com/>

Nordlaks – Stasjonær (Havfarm 1) og dynamisk (Havfarm 2)



Bilde av Havfarm Jostein Albert. Kilde: <https://www.nordlaks.no/pressekit-havfarm>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Nordlaks Oppdrett

Design: NSK Ship Design

Farvann: Eksponert. Havfarm 1: HS 6 m på lokalitet. Havfarm 1 og 2 kan tilpasses andre lokaliteter.

Merdvolum, havfarm 1: 69 000 m³ per not. Totalt 6 nøter.

Vekt, havfarm 1: Ca. 33 000 tonn

Bredde/diameter havfarm 1: Lengde: 385 m. Bredde: 59,5 m.

Høyde anlegg: 52,07 m

Dybde not: 56 m

Kapasitet: 10 000 tonn MTB

Merder: Stål

Energitilførsel/-konsum: Landstrøm, back-up dieselgeneratorer samt nødgenerator

Fortøyning av anlegg: Havfarm 1: Turret i baugen, og 11 fortøyningslinjer. Havfarm 2: Ulike forankringssystemer utredes for avlastning og redusering av drivstofforbruk.

Investeringskostnad anlegg: Ca. 1 mrd NOK.

Prosjektfase: Havfarm 1 i drift ved Ytre Hadseløy. Lokalitet til Havfarm 2 uavklart.

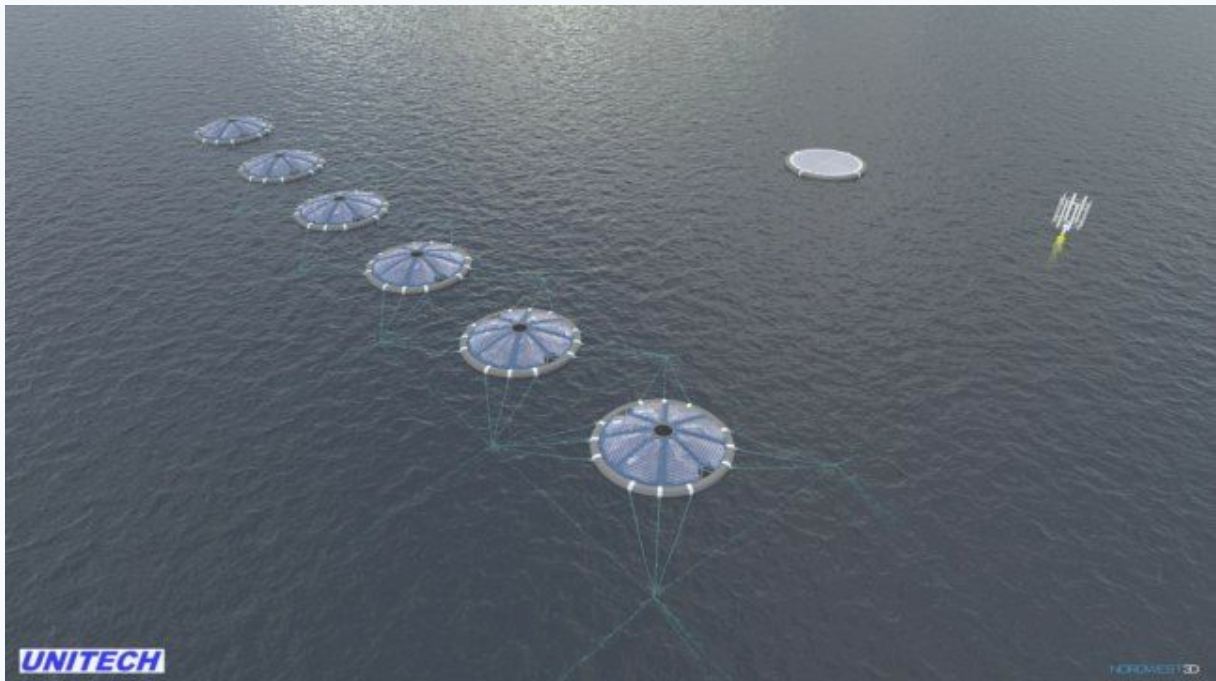
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Ytre Hadseløya i Nordland

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (21 tillatelser) fordelt på Havfarm 1 og Havfarm 2

Ytterligere informasjon: Havfarm 1 kan roteres rundt fortøyningspunktet for å tilpasse orientering til forholdene. Havfarm 2 vil basere seg på dynamisk posisjonering og kan flyttes mellom områder for optimalisering av produksjonsforhold.

Hjemmeside: <https://www.nordlaks.no/havfarm>

Unitech - Salmo Solar



Illustrasjon Salmo Salar. Kilde: <https://nmec.no/salmo-solar/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Unitech, Bremnes Seashore m.fl.

Farvann: Designet for Hs 8. På ønsket lokalitet er Hs 5,2.

Merdvolum: 111000 m³

Bredde/diameter anlegg: Omkrets 200 m

Høyde anlegg: 3,5 m flytekrage

Dybde not: 50 m

Kapasitet: 200 000 fisk per merd

Merder: 6

Energitilførsel/-konsum: Energibehov dekkes av sol, vind og bølger

Fortøyning av anlegg: Rammefortøyning 120x120 m, dvs. 120x720 m for hele anlegget.

Investeringskostnad anlegg: 300 mill NOK for utvikling av konsept.

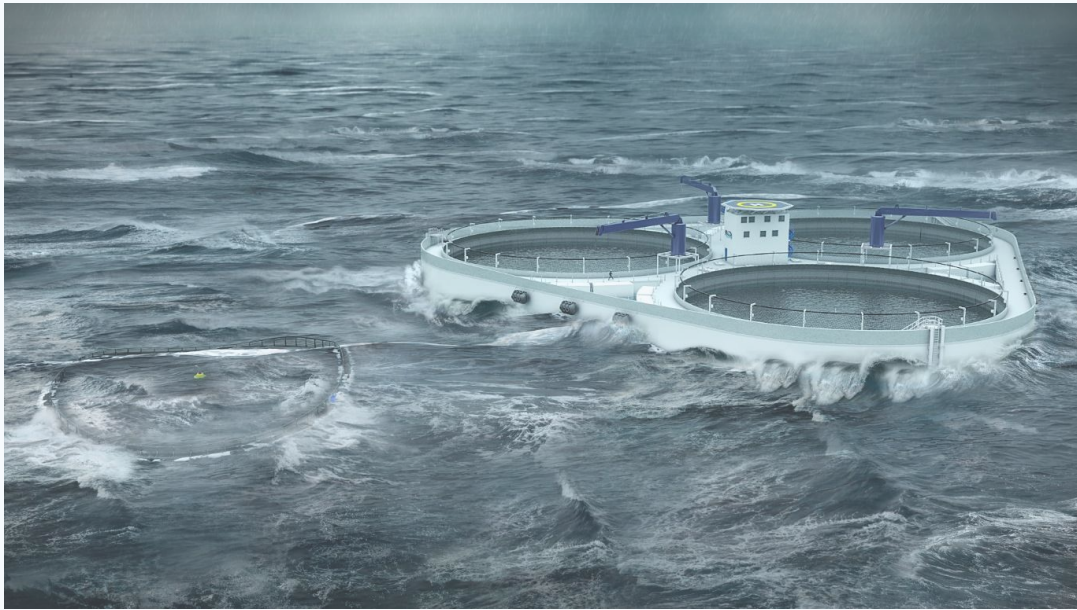
Prosjektfase: Utviklingsfase.

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Alstein ved Randaberg, Rogaland

Status utviklingstillatelse: Avslag (4 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Konseptet kan deles i to hoveddeler: Et system for eksponert oppdrett og ett energisystem.

Astafjord Ocean Salmon – Øymerd



Illustrasjon Øymerd. Kilde <https://www.kleiva-fiskefarm.no/oymerd>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Gratanglaks AS, Kleiva Fiskefarm. Leverandører: Kværner, Design: Bemlotek, for øvrige se liste på hjemmeside

Farvann: Konseptet dimensjoneres for Hs 6

Merdvolum: 3 x 83.600 m³

Vekt: 19.270 MT (uten utrustning)

Bredde/diameter anlegg: Hver notpose er 49,5 m i diameter. Hver langsideside er 132 m lang.

Høyde anlegg: 11 m høy, hvor 8 m er under vann.

Dybde not: 60,9 m

Kapasitet: 1,2 mill fisk. 400 000 fisk per not.

Merder: Triangulær flyter i betong med tre sirkulære åpninger for notposer.

Energitilførsel/-konsum: Ser på mulighet for landstrøm, alt etter plassering

Fortøyning av anlegg: To ankerlinjer ut fra hver langsideside

Investeringskostnad anlegg: 700 mill NOK

Prosjektfase: Gjennomført FEED, modelltest og tredjepartsverifisering av DNV GL, klar til detaljprosjektering og bygging.

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Troms, Steinavær

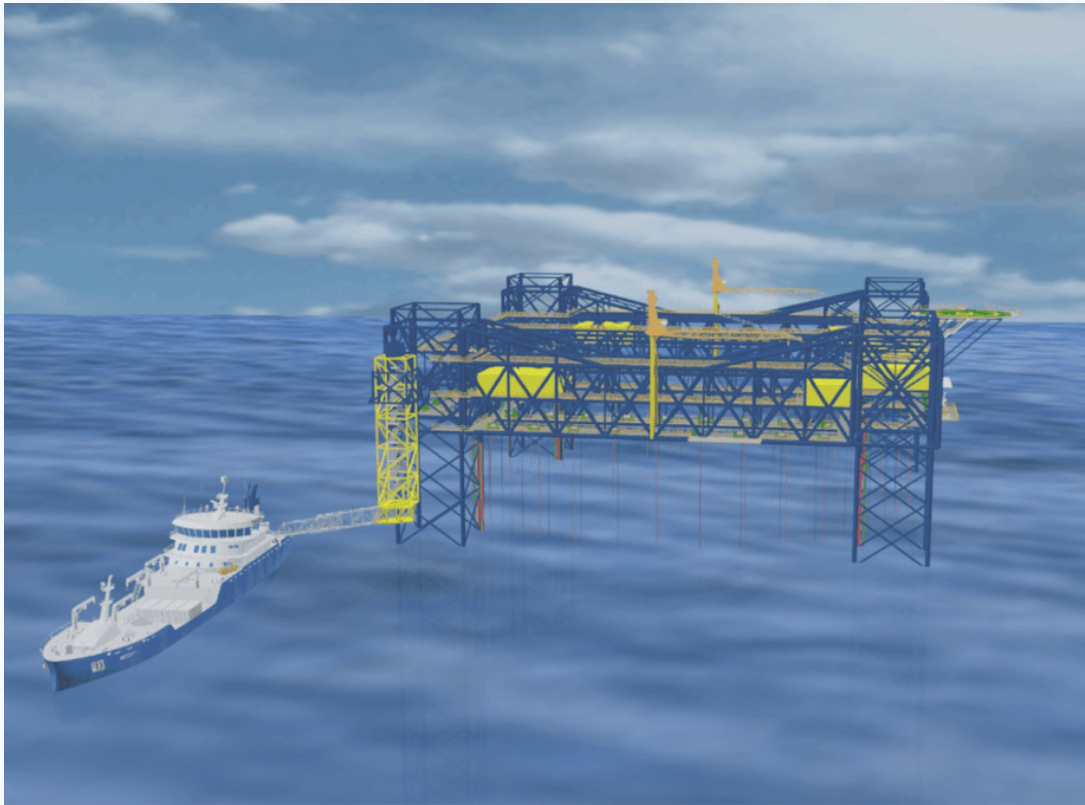
Status utviklingstillatelse: Avslag (8 tillatelser), behandling i departementet

Ytterligere informasjon: I senter av merden ligger et driftsbygg i tre etasjer med helikopterdekk på taket. Har gjennomført tester i SINTEF Oceans havlaboratorium.

Konstruksjonen er spesielt designet for nordlige forhold, hvor vi har funnet løsninger for å hindre isingsproblematikk. 8 meters betongvegg under vannflate fungerer som et permanent «luseskjørt». Offshore oppdrett bidrar også i positiv retning med tanke på å unngå algeproblematikk.

Hjemmeside: <https://www.gratanglaks.no/oymerd>

Erko Seafood – North Sea Fishfarm



Illustrasjon North Sea Fishfarm. Kilde: <https://www.kyst.no/article/nei-til-north-sea-fishfarm/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Erko Seafood. Design: Erko Seafood / Global Maritime

Farvann: Dimensjoneres for Hs 14,5

Merdvolum: 344.000 m³

Vekt: ca 19000 tonn

Bredde/diameter anlegg: 117m x 117m

Høyde anlegg: 141m (legger ved 90m dyp.)

Dybde not: Nedsenkbar

Kapasitet: 2,5 mill fisk. 12 480 tonn MTB

Merder: Firkantet plattform i stål. Sylindrisk notpose

Energitilførsel/-konsum: Intern hybridløsning, landstrøm, grønnenergi

Fortøyning av anlegg: Festes med sugearker på lokaliteter med 80m til 120 m dyp.

Investeringskostnad anlegg: Ca. 1,3 mrd NOK

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Oseberg, Ekofisk og tilsvarende

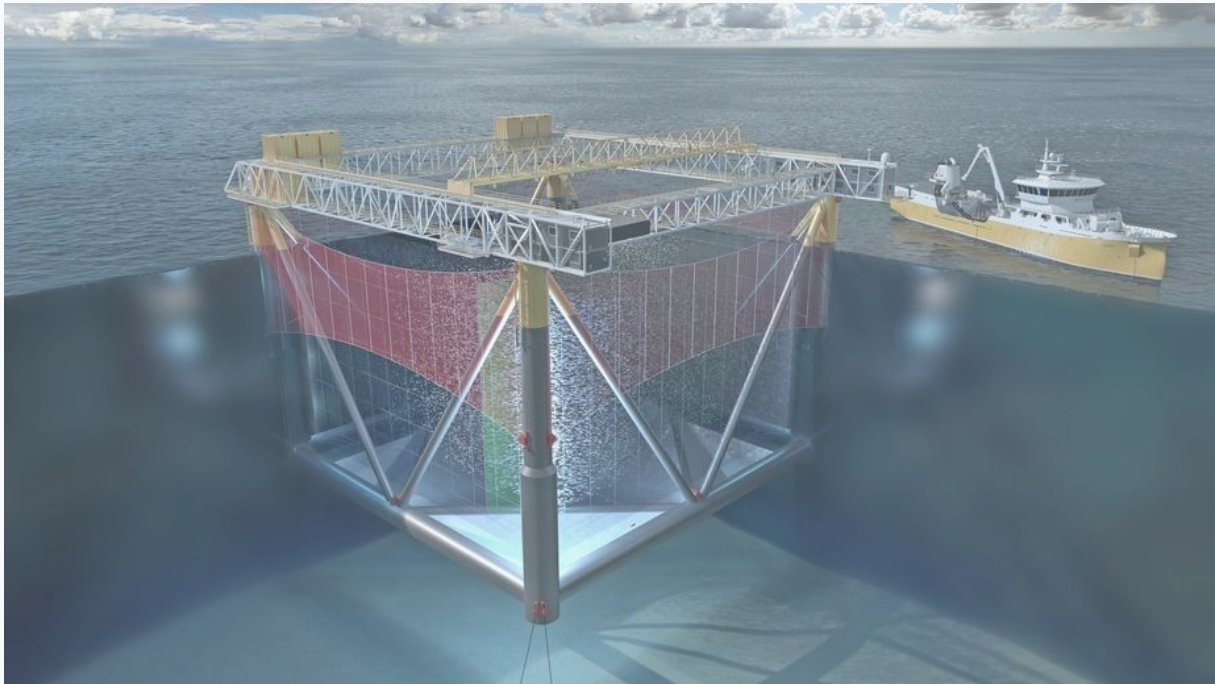
Status utviklingstillatelse: Avslag (16 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Notposen kan ved hjelp av vaiersystem og vinsjer heves og senkes.

Hjemmeside: <https://erkoseafood.no/>

<https://www.globalmaritime.com/>

Erko Seafood – GM Aqua Design



Illustrasjon GM Aqua Design. Kilde: <https://www.kyst.no/article/avslag-til-konseptet-gm-aqua-design/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Erko Seafood. Design: Global Maritime

Farvann: Skal tilpasse lokaliteter opptil Hs 7m

Merdvolum: 196.000 m³

Vekt: ca 4800 tonn

Bredde/diameter anlegg: 78m x 78m c/c søyler

Høyde anlegg: 57m

Dybde not: 40m

Kapasitet: 1.092.000 fisk/5 460 tonn MTB per merd

Merder: Flytende, halvt nedsenkbar oppdrettsplattform

Energitilførsel/-konsum: Intern hybridløsning, landstrøm, grønnenergi / snitt 80kW

Fortøyning av anlegg: Passiv 4 punkts

Investeringskostnad anlegg: Ca 480 mill. NOK

Prosjektfase: Avventer tilbakemelding fra Næring og Fiskeridirektoratet

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Ved Lindesnes, Vest-Agder

Status utviklingstillatelse: Avslag (7 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Utenpå og utskiftbar notposen skal det monteres et ekstra nett (strømførende) for å inaktivere lus.

Hjemmeside: <https://erkoseafood.no/>

<https://www.globalmaritime.com/>

Evne AS – Wave Master



Illustrasjon Wave Master. Kilde: <https://www.kyst.no/article/nei-til-konseptet-wave-master/>

Spesifikasjoner

Eierselskap: Evne AS

Leverandører: EVN AS, Can Systems AS, CFD Marine AS, Kongsberg Maritime AS, Selstad AS og flere..

Design: EVN AS

Farvann: Designet for Hs 15 og havstrømmer opptil 1 m/s (ca 2 knop)

Merdvolum: Ca 82.000m³ x 5 merder gir totalt ca 410.000m³

Vekt: Ca 6800 tonn totalt

Bredde/diameter anlegg: 466 m lengde og i overkant av 50m bredde

Høyde anlegg: Avhengig av fyllingsgraden i fôrtankene

Dybde not: 72m

Kapasitet: 1,5 mill fisk. 300 000 fisk per notmodul. 7 800 tonn MTB totalt.

Merder: Modulær konsept i stål. Syv moduler, vippebaug, fôrflåte og fem notmoduler.

Energitilførsel/-konsum: Landstrøm med backup av trykkluft i tanker og generatorer

Fortøyning av anlegg: Forankret på svai gjennom en turrett.

Investeringskostnad anlegg: Ca 700 mill NOK

Prosjektfase: Arbeider for dialog med Nærings og Fiskeridepartementet

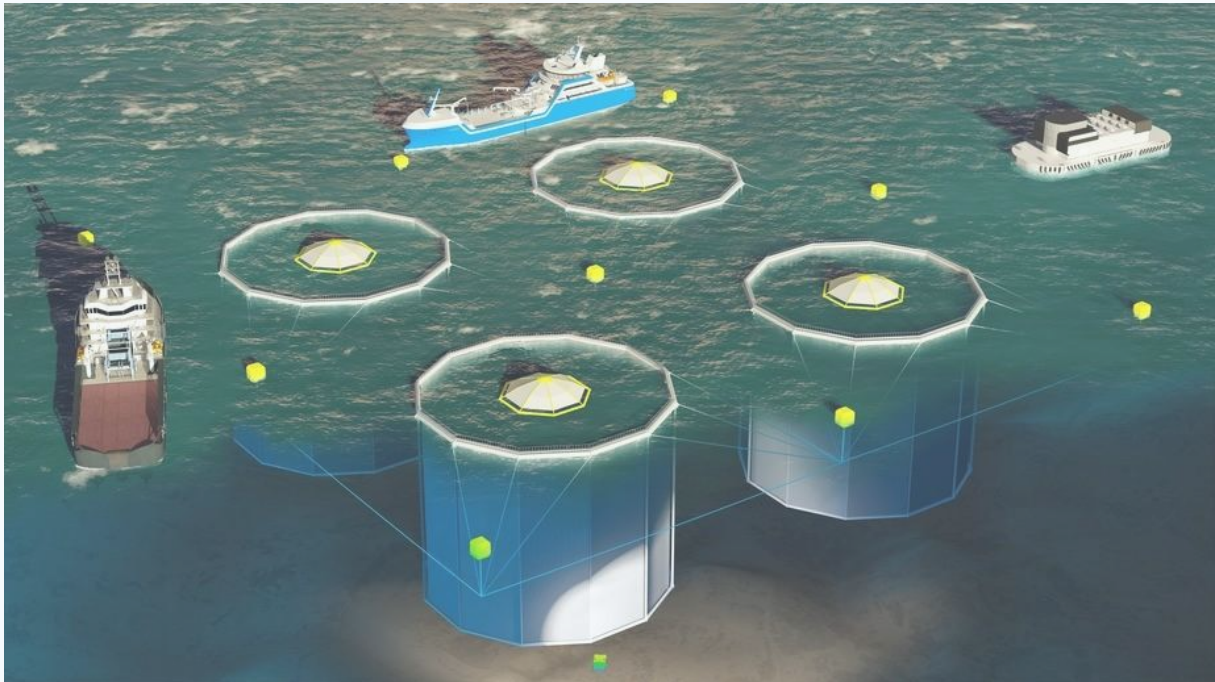
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Nordland

Status utviklingstillatelse: Avslag (10 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Wave Master er den første utgaven av EVN AS sine Autonomous Offshore Fish Farming Vessels.

Hjemmeside: <https://evnas.no/project-wave-master/>

Nekst AS – Havliljen



Illustrasjon Havliljen. Kilde: <https://www.kyst.no/article/gir-groent-lys-videre-for-nekst-konsept/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Leverandører: Design:, for øvrige se liste på hjemmeside

Farvann: Dimensjonert for Hs 5.

Merdvolum:

Vekt:

Bredde/diameter anlegg: 50 m diameter per merd

Høyde anlegg:

Dybde not: 30 m

Kapasitet: To tillatelser à 780 tonn MTB per enhet.

Merder: Nedsenkbar.

Energitilførsel/-konsum:

Fortøyning av anlegg:

Investeringskostnad anlegg: Ca. 900 mill NOK

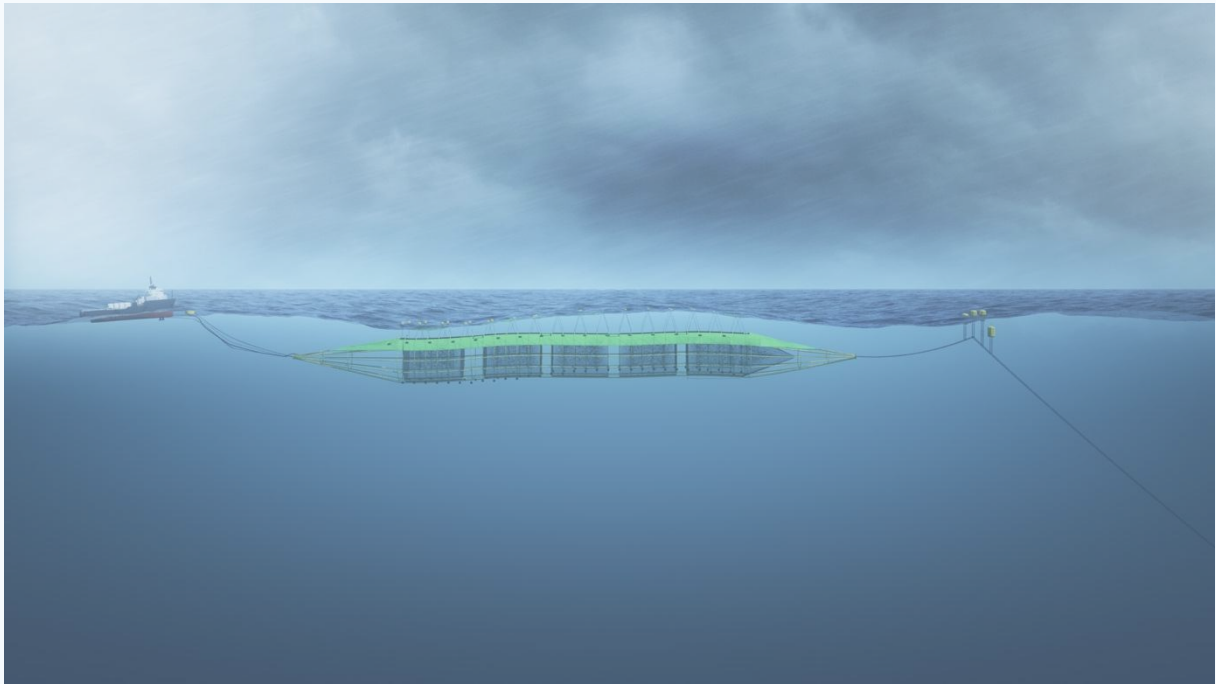
Prosjektfase:

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Florø

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (2 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Fisken vokser til 2,7 kg på land før de settes i anlegget.

Gigante Offshore AS - Offshoremerd



Illustrasjon Offshoremerd. Kilde: <http://www.giganteoffshore.no>

Spesifikasjoner

Farvann: Designet for å ligge i overflaten ved Hs 6. Kan senkes ned til 30 m dyp ved høyere Hs.

Merdvolum: 290.000 m³

Bredde/diameter anlegg: 500 m lang. Midtre seksjon 300 m lang. 40 m diameter.

Dybde not: 40 meter

Kapasitet: 2,2 mill fisk fordelt på fem notposer

Merder: Sylinderformet konstruksjon i polyetylen (PE).

Energitilførsel/-konsum: Underplanleging Hydrogen drift og diesel som reserve.

Fortøyning av anlegg: Fortøyd på svai. Merden kan da rotere rundt forankringspunktet.

Investeringskostnad anlegg: Investerings kostnader 402 mill kr, totalt kost 640 mill kr

Prosjektfase: Testfase. Gjennomført tester med testmodell som er 80 m lang med 8 m diameter. Konstruksjonen er godkjent etter NS 9415 får Hs 6.

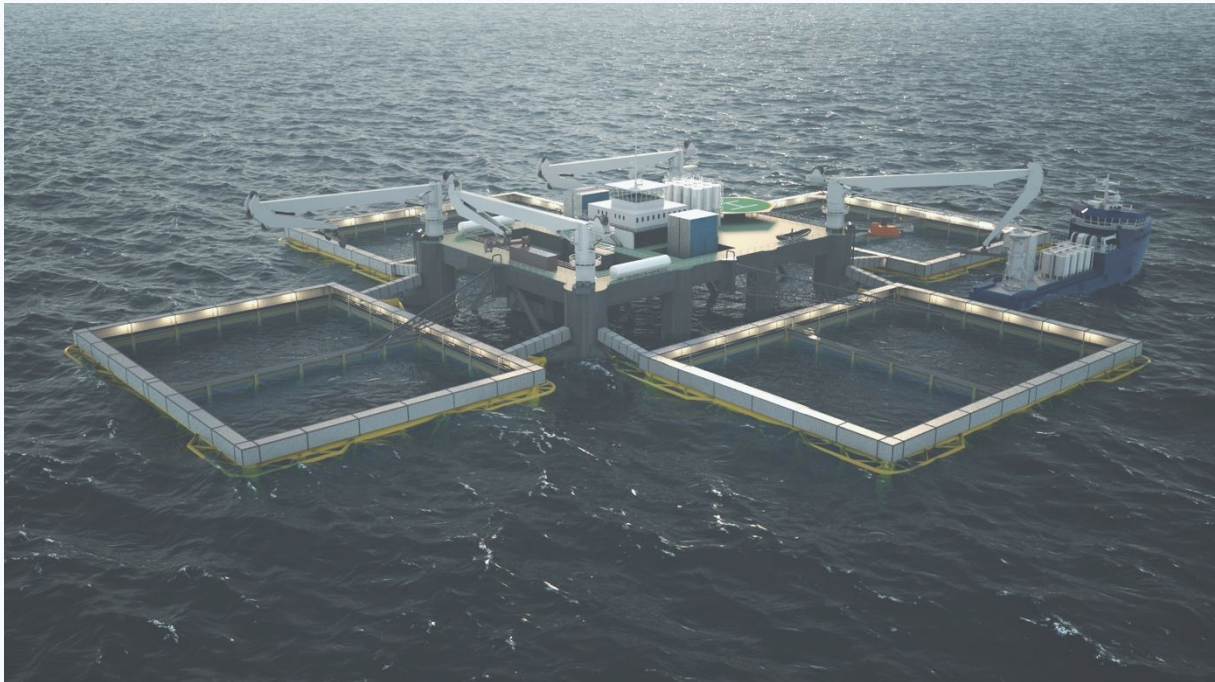
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Nordland

Status utviklingstillatelse: Avslag (9 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Styres og betjenes fra integrert basefartøy.

Hjemmeside: <http://www.giganteoffshore.no/>

Viewpoint Seafarm



Illustrasjon Viewpoint Seafarm. Kilde: <https://www.kyst.no/article/stiller-seg-undrende-til-avslaget-fra-fiskeridirektoratet/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Viewpoint Seafarm AS. Viewpoint AS er morselskap eiet av grundere av teknologien, NovaSea AS og Valinor AS

Farvann: Eksponert/Offshore. Bassengtestet ved HS 11. Estimert til å fungere i HS 15.

Merdvolum: 600.000 m³

Bredde/lengde anlegg: 220m/220m

Høyde anlegg: 30m

Dybde not: 35m + notspiss, total dybde 55m

Kapasitet: 15 000 tonn MTB

Merder: 8 kvadratiske merder

Energitilførsel/-konsum: Diesel generator og batteripakke, men åpen for landstrøm og fremtidig vindkraft som primær energikilde.

Fortøyning av anlegg: Standard havbunnsanker

Investeringskostnad anlegg: Ca. 800 mill. NOK

Prosjektfase: FEED (Front End Engineering & Design)

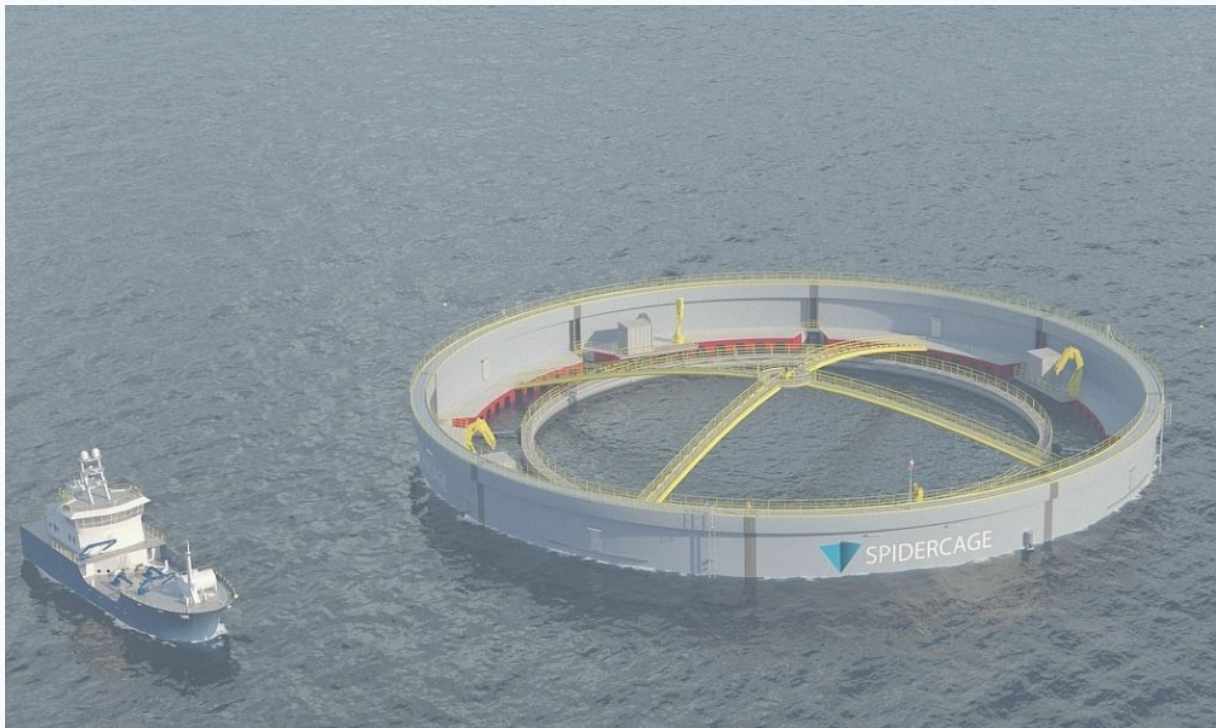
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Eksponerte lokaliteter opp til Hs 11

Status utviklingstillatelse: Avslag (20 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Modulært havanlegg. Gjenbruk av oljerigger. Ballasteringsystem for heving og nedsenkning av flytekrage.

Hjemmeside: <https://www.viewpointaqua.no/seafarm/>

Nova Sea AS - Spidercage



Illustrasjon Spidercage. Kilde: <https://www.viewpointaqua.no/spidercage/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Viewpoint Spidercage AS. Viewpoint AS er morselskap eiet av grundere av teknologien, NovaSea AS og Valinor AS

Farvann: Eksponert. Bassengtestet i forhold til Utviklingsøknad ved HS 8

Merdvolum: 100 000 m³

Vekt: 10.000t

Bredde/diameter anlegg: 100m diameter på ytre bølgebryter, 70m diameter not

Høyde anlegg: 24m (12m under vannlinje, 12m over vannlinje)

Dybde not: 55 m + notspiss, total dybde 74m

Kapasitet: 3120 tonn MTB

Merder: Sirkulær flytekrage omkranset av rigid bølgebryter, passiv kompensert innermerd.

Energitilførsel/-konsum: Diesel generator og batteripakke, men åpen for landstrøm og fremtidig bølgekraft produksjon

Fortøyning av anlegg: Standard havbunnsanker

Investeringskostnad anlegg: Ca. 450 mill. NOK

Prosjektfase: FEED (Front End Engineering & Design). Planlagt første utsett Q1 2023

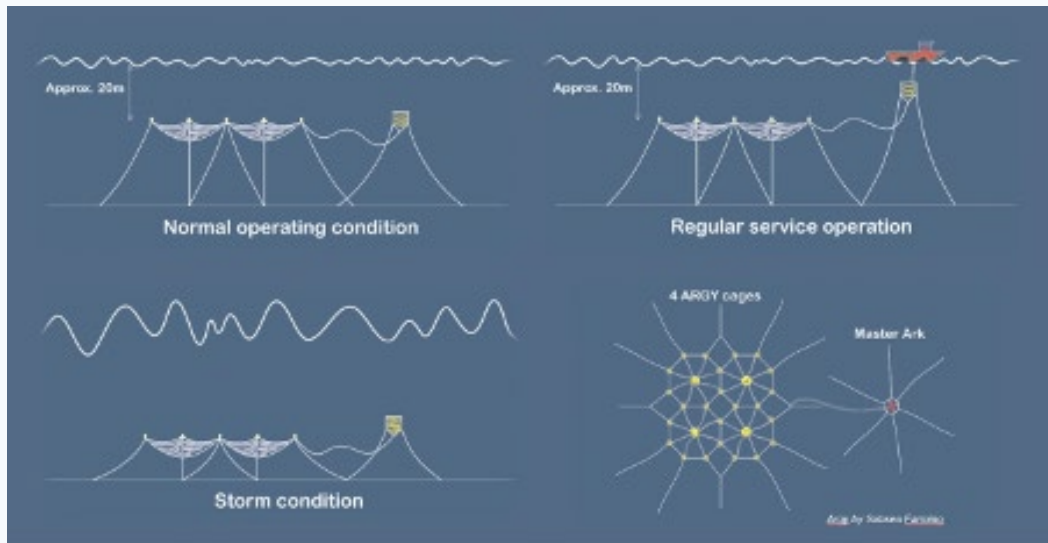
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Træna, Nordland

Status utviklingstillatelse: Tilsagn - 4 tillatelser

Ytterligere informasjon: Mulighet for fjernoperasjon av flere enheter fra land

Hjemmeside: <https://www.viewpointaqua.no/spidercage/>

Subsea Farming – Argy



Illustrasjon Argy. Kilde: <https://www.inocap.no/subsea-farming-26800s.html>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Subsea Farming AS.

Design: Subsea Farming AS

Leverandører: [i dialog; ingen avtaler inngått]

Farvann: Designet for $H_s \infty$; i utgangspunktet ingen grense; ingen designmessige endringer med høyere (eller lavere) H_s ; kun et spørsmål om hvor langt ned under havoverflaten man velger å senke merdene i en ekstremværsituasjon

Merdvolum: 59.000 m³ per merd; 236.000 m³ i en klynge bestående av fire merder i en felles forankringsstruktur

Vekt: [en konstruksjon bestående av wire og bøyer]

Bredde/diameter anlegg: Omkrets ca. 260 m

Høyde anlegg: 40 m

Dybde not: 35 m

Kapasitet: 200 000 fisk per merd; 800.000 per klynge á fire merder

Merder: Nedsenkbare. Kan forankres separat eller i klynger.

Energitilførsel/-konsum: Energibehov dekkes av batterier [aggregat, sol, vind og bølger]

Fortøyning av anlegg: 8 liner per merd; 12 liner for klynge med fire merder

Investeringskostnad anlegg: Utviklingsprosjekt ca. 575 mill. NOK for til sammen 350.000 m³; i kommersiell versjon ca. 215 mill. NOK med nedsenket fôrsilo eller ca. 160 mill. uten fôrsilo for 236.000 m³ i klynge av fire merder.

Prosjektfase: Modellert og simulert i OrcaFlex; simuleringer verifisert av DNV-GL, avventer avgjørelse på klage på avslag på søknad om utviklingstillatelse.

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Ikke spesifisert; ønsker testing under utviklingsprosjektet på henholdsvis H_s 3 og H_s 4-6 av hensyn til tilgjengelighet for kontinuitet i utviklingsarbeidet.

Status utviklingstillatelse: Avslag (6 tillatelse)

Ytterligere informasjon: Anlegget er autonomt og driftes i nedsenket tilstand (20 meter neddykking av nottak) gjennom hele produksjonssyklusen; kan kombineres med nedsenket

fôrsilo eller konvensjonell fôrflåte i overflateposisjon; luftekuppel for justering av svømmeblære; vannfôring; trenging og uttak av fisk i nedsenket tilstand uten manuelle operasjoner eller interaksjon mellom båt og merd.

Hjemmeside: <https://www.inocap.no/subsea-farming-26800s.html>

SalMar – Ocean Farm



Illustrasjon Ocean Farm. Kilde: <https://www.salmar.no/en/gallery/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Salmar. Leverandører: Design: Global Maritime, for øvrige se liste på hjemmeside

Farvann: Eksponert. På lokalitet høyeste målte HS 3,3.

Merdvolum: 250.000 m³

Vekt: 7300 tonn

Bredde/diameter anlegg: 110 m

Høyde anlegg: 69 m

Dybde not: 43 m

Kapasitet: 6 000 tonn MTB

Merder: Halvt nedsenkbart skrog. Rigid hovednett. Ytre sekundærnett

Energitilførsel/-konsum: Aggregat

Fortøyning av anlegg: 8 forankringslinjer til havbunn

Investeringskostnad anlegg: Ca. 720 mill NOK

Prosjektfase: I drift. Gjennomført to utsett.

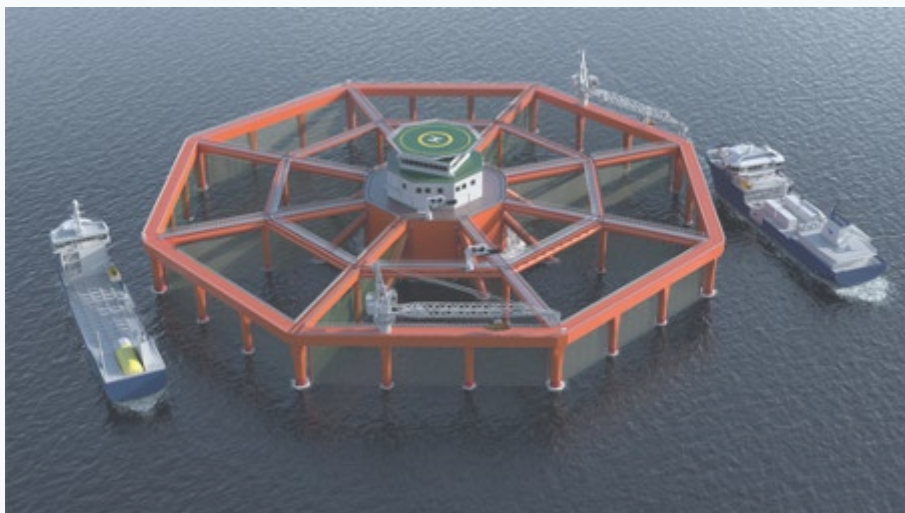
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: I drift på lokalitet Håbranden, Frohavet, Trøndelag

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (8 tillatelser). Omgjort til ordinære matfiskstillatelser.

Ytterligere informasjon: Sentermodul inneholder kontrollrom, lugarer, siloer for lagring av fiskefor, maskinrom og laboratorium.

Hjemmeside: <https://www.salmar.no/havbasert-fiskeoppdrett-en-ny-aera/>

Mariculture – Smart Fish Farm



Illustrasjon Smart Fish Farm. Kilde: <https://www.tu.no/artikler/24-personer-skal-kunne-bo-pa-dette-oppdrettsanlegget/458841>

Spesifikasjoner

Farvann: Offshore. Designet for HS 15

Merdivolum: 510.000 m³

Bredde/diameter anlegg: 151 m

Høyde anlegg: 80 m

Dybde not: 63 m

Kapasitet: 12 750 tonn MTB

Merder: 8 avlukkede merder

Energitilførsel/-konsum: Aggregat

Fortøyning av anlegg: 8 forankringslinjer til havbunn.

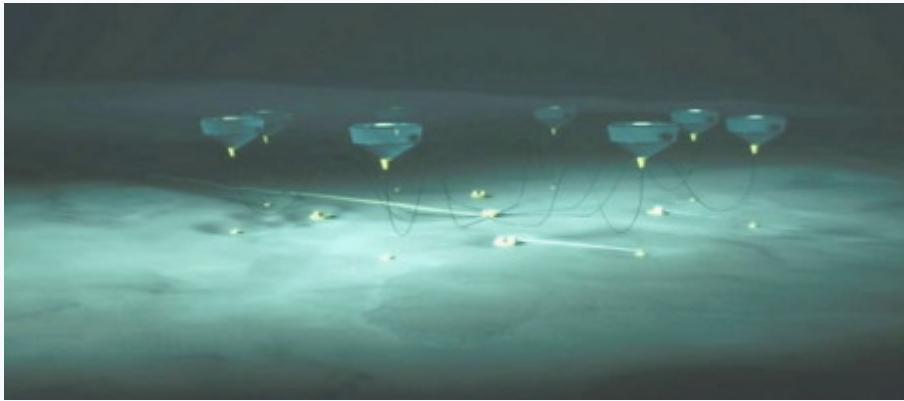
Investeringskostnad anlegg: Ca. 1,5 mrd NOK

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: SV for Frøyabanken

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (8 tillatelser)

Ytterligere informasjon: En sentral søyle som inneholder lugarer, kontroll rom, dødfisk oppsamling, rom for forskning, rom for avliving/utblødning m.m. Helikopter for personelltransport og evakuering.

Mowi – Aquastorm



Illustrasjon Aqua Storm. Kilde: <https://www.kyst.no/article/aquastorm-fikk-nej/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Mowi

Farvann: Planlagt for bruk på lokaliteter med øvre Hs 5.

Merdvolum: Ca. 50 000 m³ per merdkonstruksjon

Bredde/diameter anlegg:

Høyde anlegg:

Dybde not:

Kapasitet:

Merder: Nedsenkbare. Holdes 15 m under havoverflate. Kan senkes ned mot 50 m.

Energitilførsel/-konsum: Forsynes av stigerør(risere) på havbunnen.

Fortøyning av anlegg:

Investeringskostnad anlegg: 3,1 mrd NOK i utviklingskostnader

Prosjektfase:

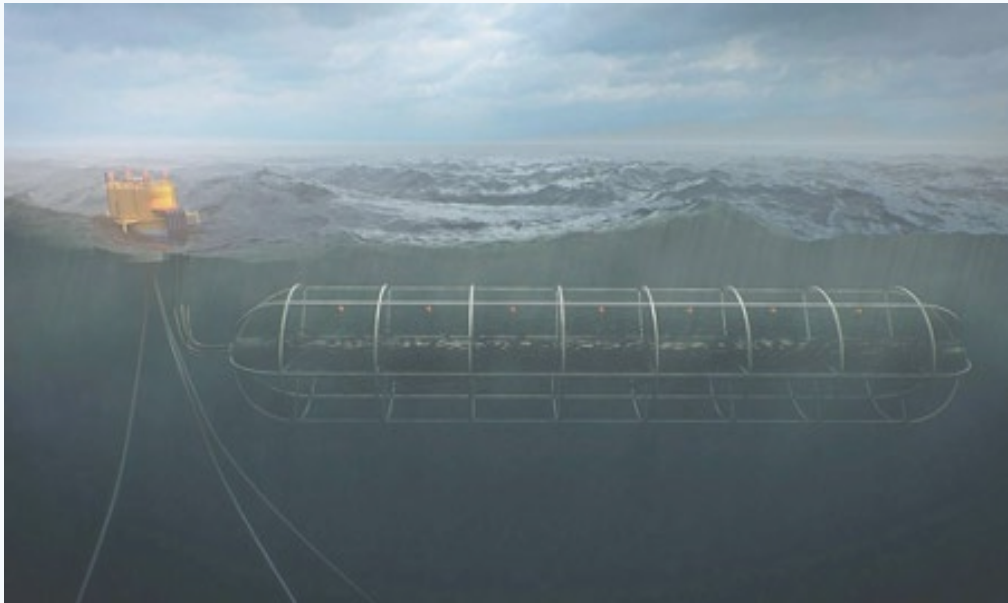
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Roan kommune, Trøndelag

Status utviklingstillatelse: Avslag (36 tillatelser)

Ytterligere informasjon:

Hjemmeside: <https://mowi.com/no/>

Mowi – Beck Cage



Illustrasjon Beck Cage. Kilde: <https://ilaks.no/nytt-avslag-for-marine-harvest-og-beck-cage/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Leverandører: Design:, for øvrige se liste på hjemmeside

Farvann: I overflaten tåler anlegget opp til Hs 2. Nedsenket kan den «motstå» Hs 15.

Merdvolum: Ca. 20 000 m³

Bredde/diameter anlegg: 100 m lang og 16 m diameter

Kapasitet: 4 600 tonn

Merder: Nedsenkbare stålbur. Kan senkes ned til 50 m.

Energitilførsel/-konsum:

Fortøyning av anlegg: Fortøyningsline i fibertau. Bunnforhold avgjør typen anker som brukes.

Investeringskostnad anlegg:

Prosjektfase:

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Frøya, Trøndelag

Status utviklingstillatelse: Avslag (6 tillatelser)

Ytterligere informasjon:

Hjemmeside: <https://mowi.com/no/>

Midt-Norsk Havbruk – Aquatraz



Illustrasjon Aquatraz. Kilde: <https://www.mnh.no/aquatraz/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: Midt-Norsk Havbruk eier merdene. Seafarming Systems har rettighetene til teknologien. Leverandører: For øvrige se liste på hjemmeside

Farvann: De fleste av dagens oppdrettslokaliteter og lokaliteter hvor konvensjonelle anlegg ikke kan benyttes som følge av for dårlige strømforhold.

Merdvolum: 50.000 – 60 000 m³

Vekt: Ca. 500 -1000 tonn

Størrelse: 160 m omkrets

Dybde til bunnterne: 20 – 30 m

Dybde not: 32 m

Kapasitet: 2 250 – 3 000 tonn biomasse

Teknologi: Hevbar stiv semilukket stålkonstruksjon

Energitilførsel/-konsum: 20 – 30 kW vannforsyning med back up nødaggregat

Fortøyning av anlegg: Konvensjonell rammefortøyning

Investeringskostnad anlegg: 50 – 70 mNOK

Prosjektfase: 4 merder i drift

Benyttede lokaliteter: Eiterfjorden, Kyrøyan og Årsetfjorden i Trøndelag.

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (4 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Aquatraz er utviklet gjennom fire generasjoner. Tre av fire generasjoner er i drift, mens generasjon 4 er under utvikling.

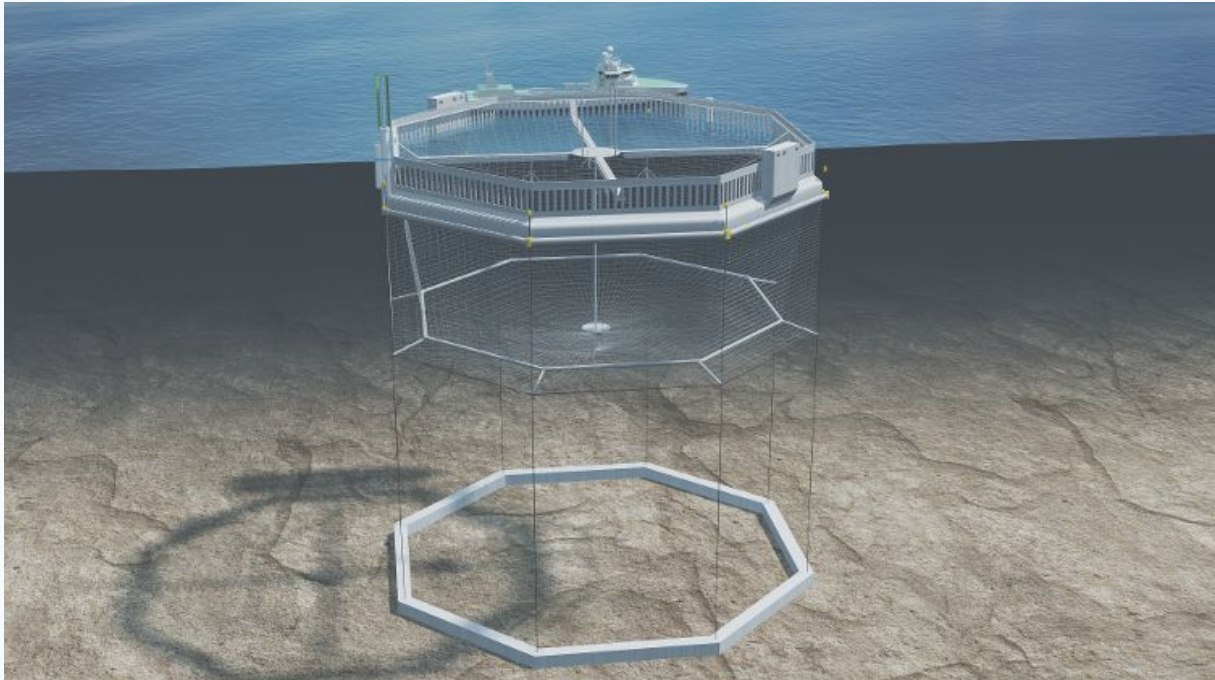
Hjemmesider:

www.aquatraz.com

www.seafarmingsystems.com

<https://www.mnh.no/aquatraz/>

Grieg Seafood - Blue Farm



Illustrasjon Blue Farm. Kilde: <https://www.blue-farm.no>

Spesifikasjoner

Eierselskaper: BluePlanet, Egersund Net, Akva Group og RS-X

Farvann: Designet for å tåle Hs 15. Minst 100 m dybde.

Merdvolum: ca. 0,7 mill. m³

Vekt: ca. 9500 tonn

Bredde anlegg: 125 m

Høyde betong-krage: ca. 20 m (dels avhengig av maks bølgehøyde) Dybde not: ca. 60 m. Vi vil vurdere en dypere not

Kapasitet: Ca. 7 000 tonn slaktefisk per merd pr år

Merder: Strekkforankret betongstruktur

Energitilførsel: Vertikal vindturbin og batteri på merd

Anker: Betong-ring og sugeankre tilpasset havbunn.

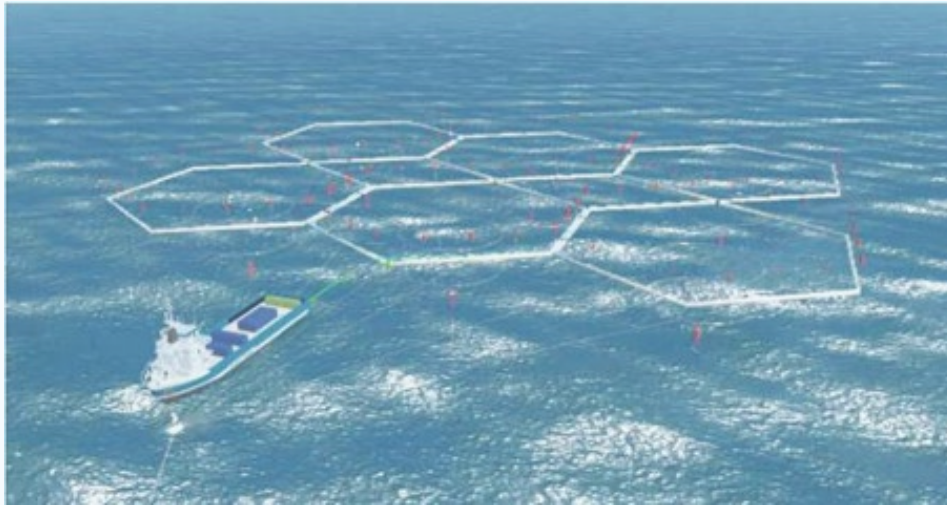
Prosjektfase: konseptutvikling pilot

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: pilot innaskjærs/utaskjærs Rogaland

Status utviklingstillatelse: Venter på avklaring fra Fiskeridirektoratet.

Hjemmeside: <https://www.blue-farm.no/>

Offshore Salmon AS - Avalon



Illustrasjon Avalon. Kilde: <https://www.tekfisk.no/havbruk/offshore-salmon-klager-pa-avslaget-de-har-fatt/2-1-550300>

Spesifikasjoner

Eierselskaper:

Farvann: Anlegget er designet for å tåle Hs 10.

Bredde/diameter anlegg: Total omkrets 390 m og totalt areal 11 000 m².

Dybde not: 20 m

Merder: Nedsenket felles rammestruktur for seks merder.

Fortøyning av anlegg: Forankres på svai. Kan roteres rundt forankringspunktet

Status utviklingstillatelse: Avslag (7 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Merdene senkes ned til 15-25 m dyp under normal drift og heves for å la fisken fylle svømmeblæren med luft. Et serviceskip er permanent fortøyd sammen med strukturen.

Blom Fiskeoppdrett AS – OceanGlobe



Illustrasjon OceanGlobe. Kilde: <https://ilaks.no/blom-fikk-avslag-pa-soknad-om-utviklingstillatelser-for-oceanglobe/>

Spesifikasjoner

Eierselskaper:

Farvann: Ordinære og eksponerte/offshore lokaliteter. Utført analyser av konseptet opp til Hs 4,0.

Merdvolum:

Vekt:

Bredde/diameter anlegg: 160 m omkrets

Høyde anlegg:

Dybde not:

Kapasitet:

Merder: Not deles opp i notmoduler

Energitilførsel/-konsum:

Fortøyning av anlegg:

Investeringskostnad anlegg:

Prosjektfase:

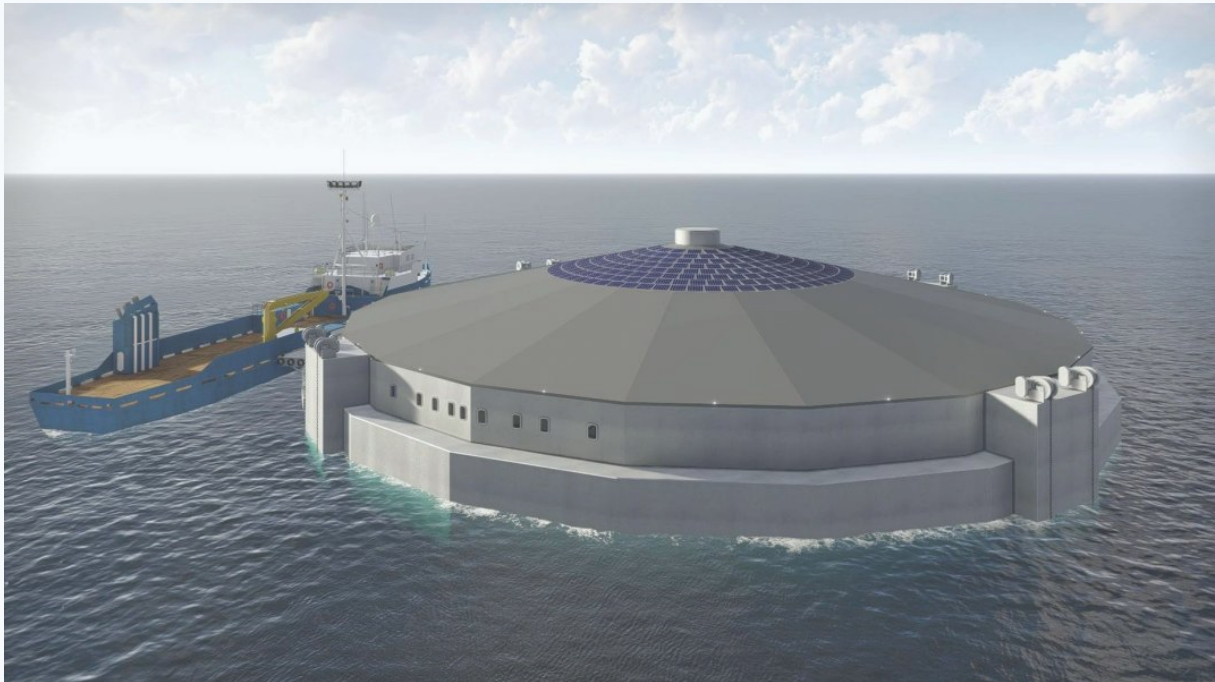
Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Ønsker å teste konseptet på en av to eksisterende lokaliteter, 11738 Otterholmen eller 11667 Gardskråneset.

Status utviklingstillatelse: Avslag (6 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Konseptet har fire forskjellige driftsposisjoner: Halvt nedsenket, nesten fullt nedsenket, fullt nedsenket og sikkerhetsposisjon.

Hjemmeside: <https://www.blomsea.no/>

Måsøval Fiskeoppdrett – Aqua Semi



Illustrasjon Aqua Semi. Kilde: <https://ilaks.no/masoval-fiskeoppdrett-fikk-fire-utviklingstillatelser-for-aqua-semi/>

Spesifikasjoner

Farvann: Strømsterke lokaliteter. Designet for å tåle Hs 3,5

Merdvolum: 75 000 m³

Vekt: Ca 4000 tonn

Bredde/diameter anlegg: 67,5 m diameter innvendig tank

Høyde anlegg: 38 m høy plattform

Dybde merd: 25,5 m dypgang ved normal drift.

Kapasitet: 800 000 fisk

Merder: Semi-lukket

Energitilførsel/-konsum: I hovedsak landstrøm med tilgjengelig dieselaggregat. Solceller og vindturbiner vurderes.

Investeringskostnad anlegg: Omtrent 500 mill NOK.

Prosjektfase: Prosjektering/ Bygging

Ønsket/eksempel på egnet lokalitet: Tenkt lokalisert i nærheten av Måøydraga og/eller ved Hakflua, Frøya

Status utviklingstillatelse: Tilsagn (4 tillatelser)

Ytterligere informasjon: Planlagt utsett i løpet av 2023 grunnet forsinkelser knyttet til covid-19.

Hjemmeside: <http://masoval.no>

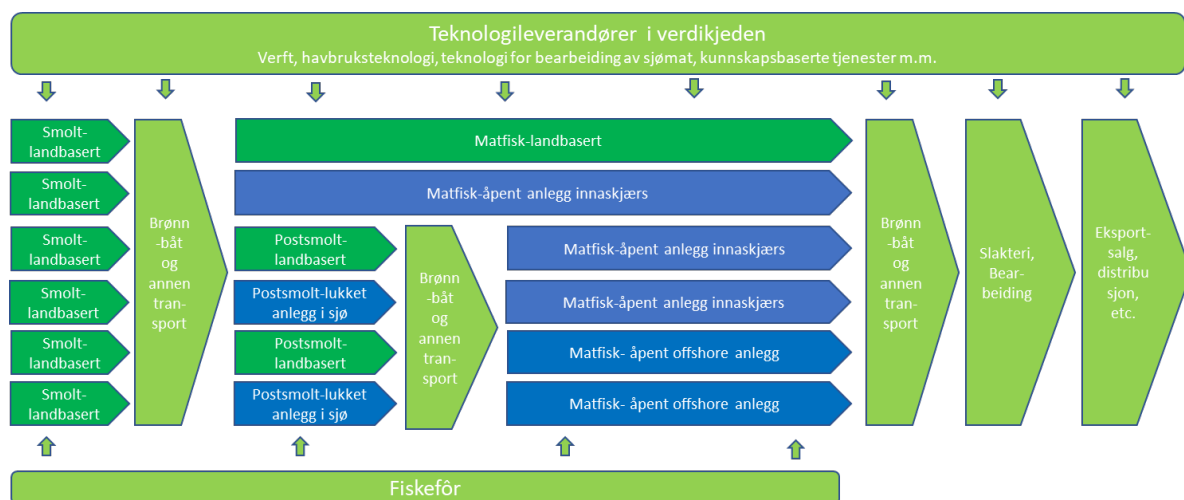
6. Verdikjeden og leverandørene til havbruk til havs

I dette kapitlet presenterer vi verdikjeden for havbruk generelt og for havbruk til havs spesielt. Vi presenterer også leverandørsektoren for olje&gass, fordi denne vil være en sentral bidragsyter for havbruk til havs.

I havbruk, petroleum og maritime verdikjeder har leverandørene de siste tiårene stått for svært mye av innovasjonene. Leverandørsektoren i de havbruksbaserte og petro-maritime leverandørsektorene representerer sammen kunnskapsbaser som gir et svært godt utgangspunkt for teknologisk innovasjon i havbruk til havs.

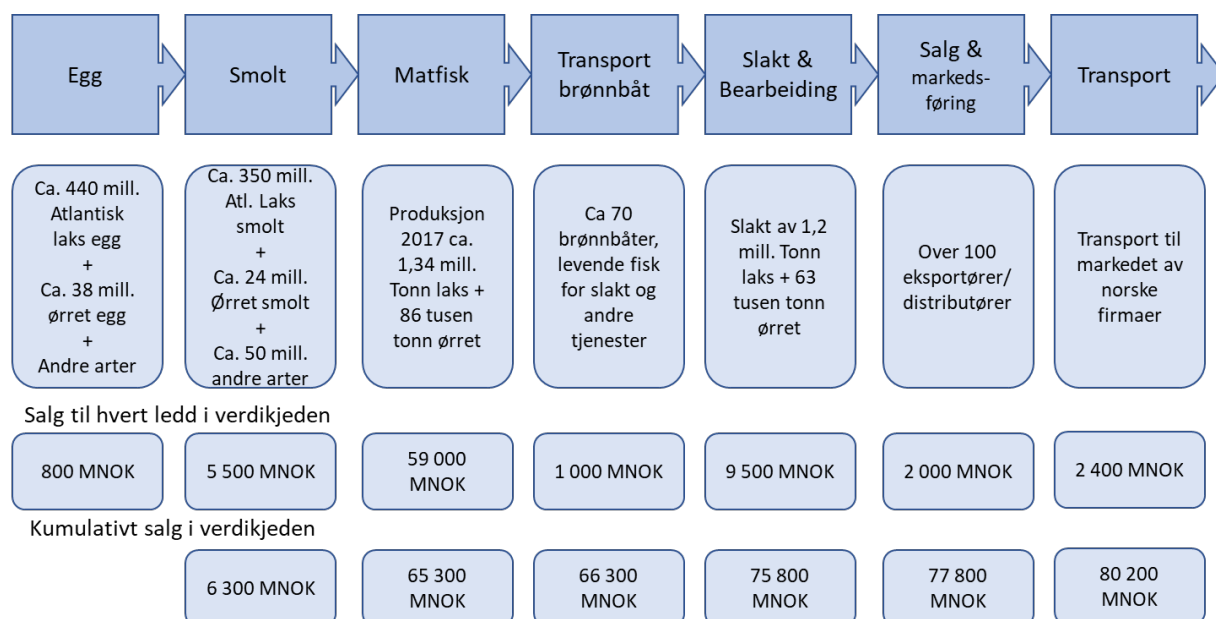
6.1. Ledd i verdikjeden i havbruk

Sjømatnæringen deles vanligvis i to sektorer, havbruk og fangst, som hver har sin egen verdikjede som består av leverandører, produksjon/fangst, bearbeiding og handel (grossist/salg). Figur 6.1 viser ledd i verdikjeden for havbruk i framtiden, hvor vi også har inkludert matfiskproduksjon på land og matfiskproduksjon i åpent hav i tillegg til tradisjonelt havbruk i åpne merder innaskjærs. I dag domineres selve matfiskleddet av matfisk i åpne merder innaskjærs.



Figur 6.1. Verdikjeden for laksefisk i framtiden

Figur 6.2 viser ulike ledd i verdikjeden, med fokus på laksen i ulike stadier. Her er altså ikke fôrprodusenter, utstyrsleverandører og andre leverandører med. Denne figuren viser også antallet aktører og salgsværdi i de ulike leddene i verdikjeden.



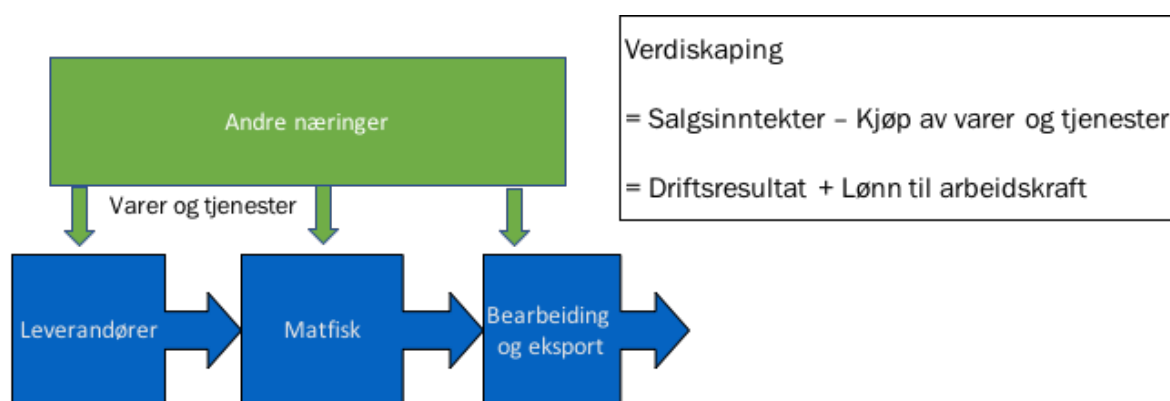
Figur 6.2. Ledd og salgsverdi i verdikjeden for laksefisk i Norge i 2019 (Kilde: Kontali)

6.2. Definisjon av verdiskaping

Verdiskaping (eller bruttoproduktet) er salgsinntekt minus kjøp av varer og tjenester. Verdiskapingen fordeles mellom eiere i form av kapitalinntekter (overskudd), sysselsatte i form av lønn og offentlig sektor i form av skatter og avgifter.

Den totale verdiskapingen knyttet til en verdikjede i havbruksnæringen kan defineres som (se også figur 6.3 under):

Total verdiskaping = Verdiskaping leverandører til havbruksnæringen + Verdiskaping i havbruksnæringen + Verdiskaping i bearbeiding og eksport + Verdiskaping i andre næringer som leverer til havbruksverdikjeden (Ringvirkninger)



Figur 6.3. Verdiskaping fra havbruksverdikjeden

6.3. Verdiskaping og sysselsetting med ringvirkninger i hele sjømatnæringen

Før vi går inn på verdikjeden for havbruk ser vi på sjømatnæringen totalt, som også omfatter fiskeriene. Det er litt ulike estimater på den totale verdiskapingen i sjømatnæringen totalt med ringvirkninger. Analysene fra en rapport av Norce, Nofima og Menon viser at i 2019 var verdiskapingen i i sjømatnæringen med ringvirkninger 127 milliarder kroner (Johnsen et al, 2020). I en rapport av Sintef finner man at den totale verdiskapingen i sjømatnæringen er noe lavere, 100 milliarder kroner med ringvirkninger (Johansen et al, 2020). Noe av utfordringen med denne type analyser er estimering av ringvirkningene, og dette kan bidra til avvik.

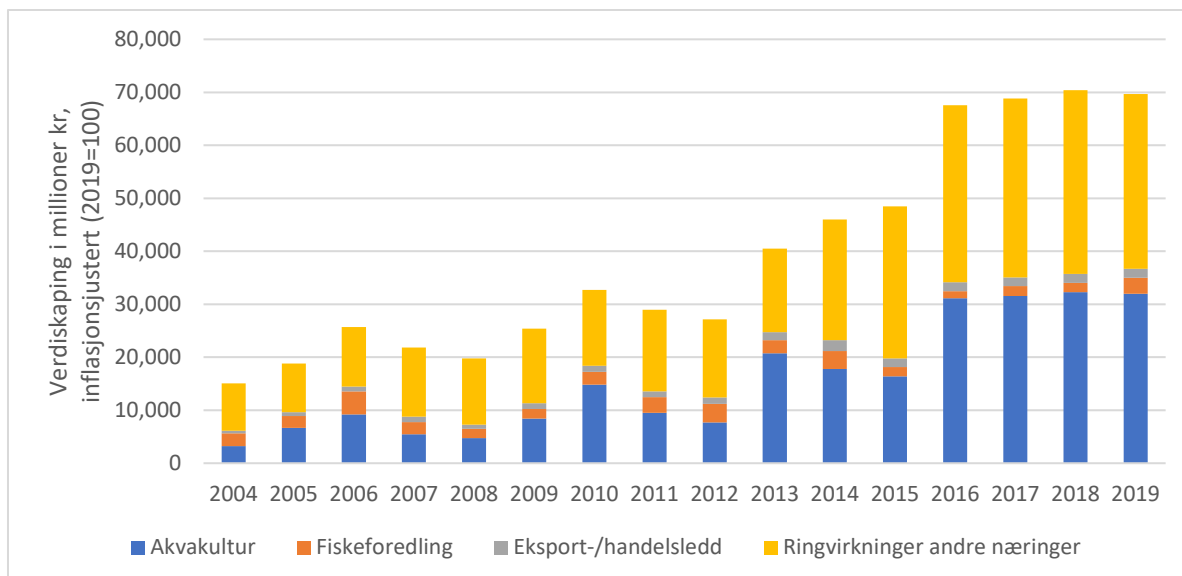
Når det gjelder sysselsetting med ringvirkninger i sjømatnæringen estimerer rapporten fra Norce, Nofima og Menon 78.000 årsverk (92.000 personer). Av dette er 44.400 årsverk direkte i sjømatnæringen, mens 47.600 årsverk er indirekte i ringvirkningsnæringene. Sintef rapporten estimerer 60.000 årsverk i tilknytning til sjømatnæringen. Utfordringene med estimering av årsverk når man inkluderer ringvirkninger er omtrent de samme som for verdiskaping.

6.4. Verdiskaping og årsverk med ringvirkninger i havbruk

Vis er nå på verdiskapingen knyttet til havbruksnæringen. Sintef har gjort årlige ringvirkningsanalyser med data tilbake til 2004.²³

Verdiskapingen i den havbruksbaserte verdikjeden har mangedoblet seg fra 2004. Fra 2013 til 2019 har også verdiskapingen økt med ca 40%, til tross for at produksjonsvolumene har stagnert. I havbruk kommer mesteparten av den økte verdiskapingen de senere årene som følge av økte salgspriser og lønnsomhet i matfiskleddet. I tillegg viser figur 6.4 at ringvirkningene fra havbruksvirksomhet har økt betydelig. Med andre ord, oppdrettsaktiviteten har ført til økt verdiskaping bl.a. i leverandørleddet. Dette er spesielt tydelig fra 2013 og utover. Økte produksjonskostnader og betydelige investeringer kjennetegner de siste 4-5 årene i havbruk. Dette har gitt betydelige ringvirkninger i verdikjeden til havbruk.

²³ Den nevnte rapporten av Norce, Nofima og Menon (Johnsen et al, 2020) identifiserer ikke verdikjeden for havbruk eksplisitt.



Figur 6.4. Verdiskaping i verdikjeden til havbruk, med ringvirkninger, i millioner kroner inflasjonsjustert (2019=100). Kilde: Sintef (2020).

Verdikjeden til havbruk skapte verdier for ca. 70 milliarder kroner i 2019. Matfisk- og settefisk

leddet sto for litt under halvparten av verdiskapingen. Verdiskapingen knyttet til ringvirkninger fra andre næringer er litt større enn verdiskapingen i akvakultur. Dette omfatter bygging av havbruksanlegg, tjenester til akvakultur, fiskefôr, brønnbåter, mm. Verdiskapingen fra eksportleddet var marginalt. Den lave verdiskapingen i fiskeforedlingsleddet på omtrent 4-5% av totalen viser at det er et stort potensial for økt verdiskaping i havbruk. Økt videreføring vil gi flere arbeidsplasser. Videre vil mer videreføring sørge for økt tilgang av restråstoff i Norge. Økt utnyttelse av restråstoff vil øke i betydning for fremtidens sjømatnæring.

Figur 6.5. viser relativ andel av de ti viktigste næringssektorene med ringvirkningseffekter fra norsk havbruk.



Figur 6.5. Relativ andel av de ti viktigste næringssektorene med ringvirkningseffekter fra norsk havbruk. Kilde: Sintef (2018).

Syssetningen i den havbruksbaserte verdikjeden har økt over tid år i takt med positiv volumvekst, som vist i figur 6.6. Når man tar med ringvirkningsnæringene har det vært noe stagnasjon de senere årene. I 2019 er det estimert i underkant av 40.000 årsverk i den havbruksbaserte verdikjeden med ringvirkninger. Antall direkte sysselsatt i primærleddet av havbruk har steget jevnt, fra 3 500 årsverk i 2007 til anslagsvis 8 300 årsverk i 2019. Det er likevel ikke mer enn ca. 12 200 årsverk direkte sysselsatt i verdikjede havbruk. Dette er medregnet 3 000 årsverk innen slakting og foredling av laks og vel 940 årsverk innen grossist/eksportvirksomhet.



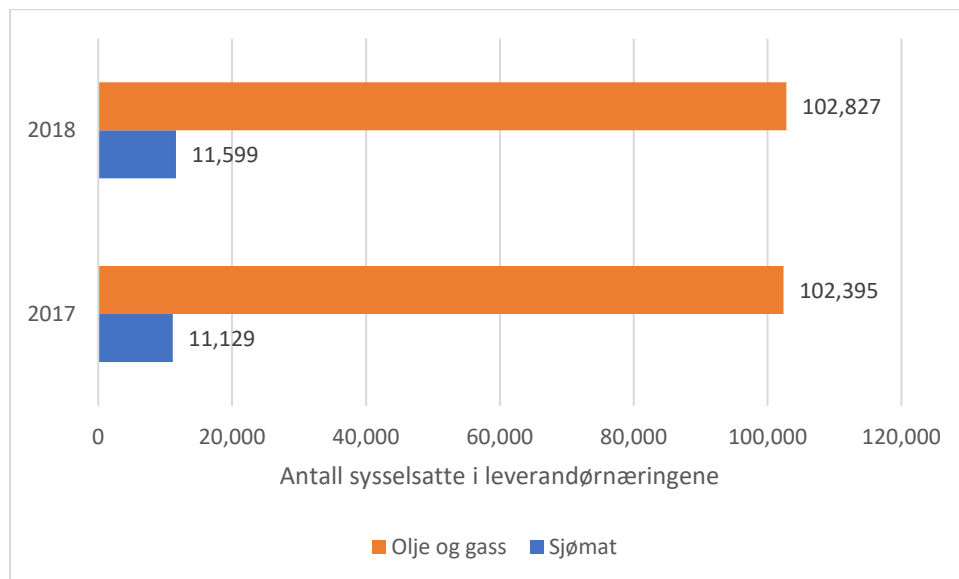
Figur 6.6. Antall sysselsatte årsverk i verdikjeden til havbruk, med ringvirkninger. Kilde: Sintef (2020).

6.5. Syssetning og verdiskaping i leverandørnæringene til sjømat og olje&gass

Vi skal nå se nærmere på leverandørnæringenes syssetning og verdiskaping. Vi ser allerede at havbruk til havs i mye større grad enn tradisjonelt havbruk får leveranser av varer og tjenester fra leverandører i petroleum (olje&gass) og maritim sektor. Siden leverandørsektoren til havbruk har en betydelig overlapp med leverandørsektoren til fiskerier når det gjelder teknologi, kunnskap og leveranser så har vi valgt å vise leverandørene til sjømat i det følgende. Likeledes vil olje&gass leverandørene slik de er definert her også ha en betydelig grad av overlapp med leverandører til annen maritim sektor, men vi har likevel valgt å betegne det som «olje&gass» i figurene som følger.

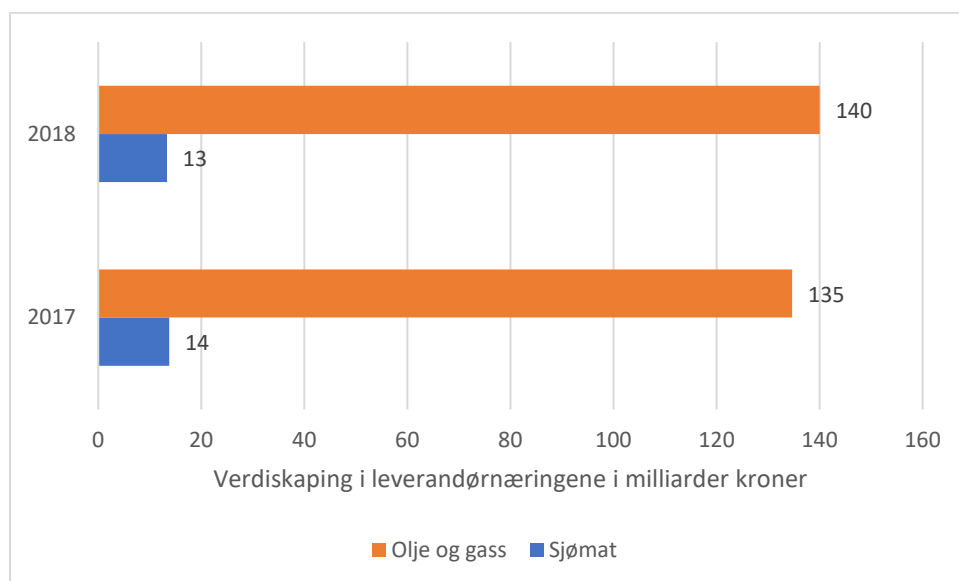
I figur 6.7 vises antall sysselsatte i leverandørsektorene til sjømat og olje&gass. Vi ser at leverandørsektorene slik de er definert her er av ulike størrelsesorden: Olje&gass sysset over 100.000 personer, mens sjømat syssetter i overkant av 10.000 personer. Merk at

tallene her ikke er direkte sammenlignbare med tallene vi har presentert tidligere for havbruksverdikjeden på grunn av forskjeller i definisjoner.



Figur 6.7. Antall sysselsatte i leverandørnæringer til sjømat og olje&gass

Når vi sammenligner verdiskapingen til leverandørene til sjømat og olje&gass finner vi et lignende forhold som for sysselsetting, jfr. figur 6.8. Verdiskapingen i 2018 var ca 140 milliarder kroner i olje&gass, og ca 13 milliarder i sjømat.

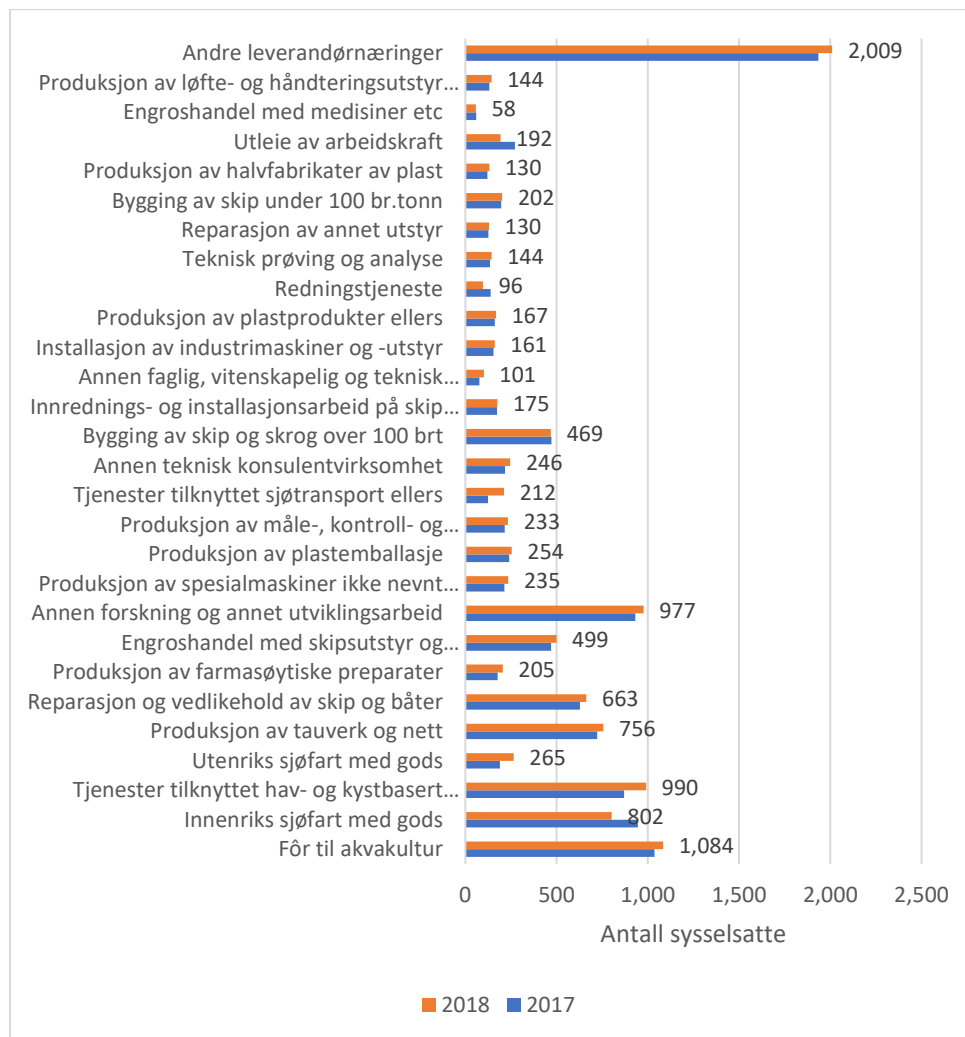


Figur 6.8. Verdiskaping i leverandørnæringer til sjømat og olje&gass

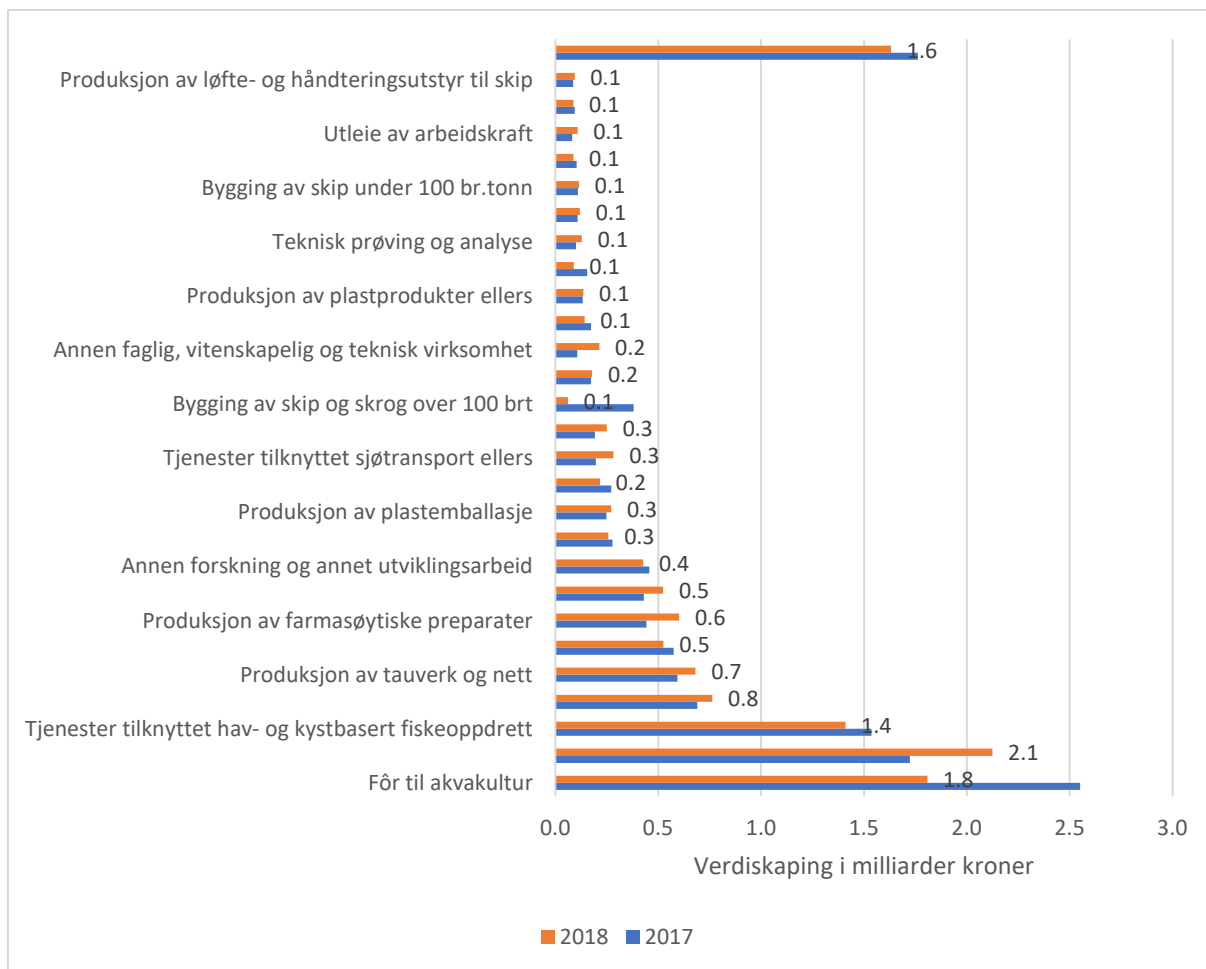
6.6. Sysselsetting og verdiskaping i sjømat baserte leverandørnæringer

I dette avsnittet viser vi sysselsetting og verdiskaping i sjømat baserte leverandørnæringer i større detalj. Figur 6.9 og 6.10 viser fordelingen av henholdsvis sysselsatte og verdiskaping i leverandørsektorer etter NACE klassifiseringen. Selv om den statistiske klassifiseringen av

selskaper ikke alltid er like meningsfull og informativ, så gir dette en viss oversikt over diversiteten i leverandørnæringer.

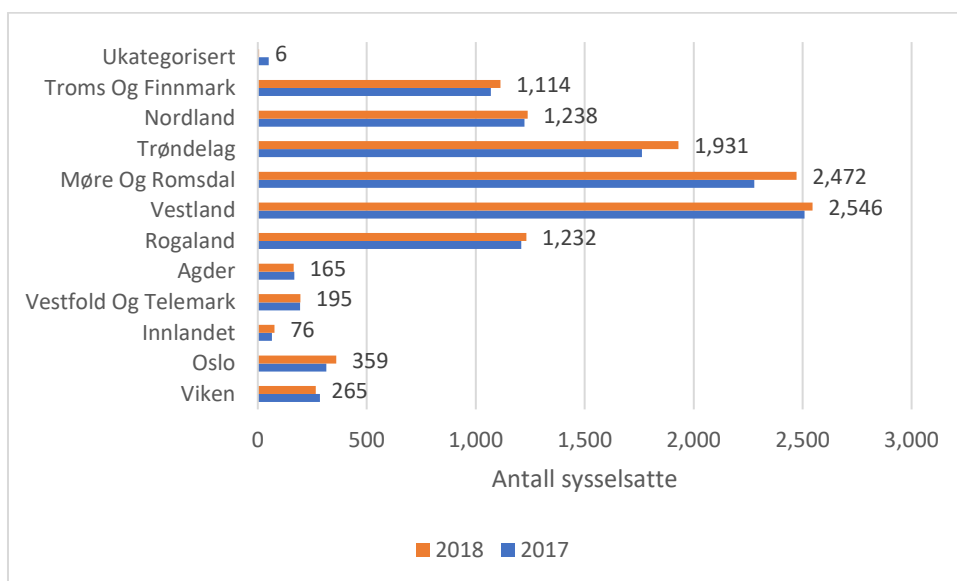


Figur 6.9. Antall sysselsatte i leverandørnæringer til sjømat

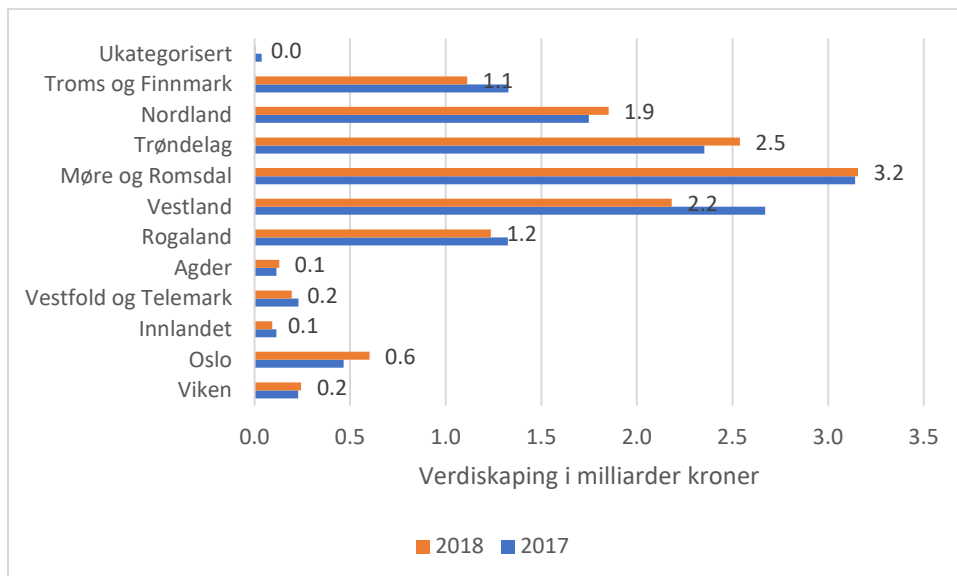


Figur 6.10. Verdiskaping i leverandørnæringer til sjømat

Vi ser så på fordelingen av leverandører til sjømatnæringen etter fylker. Figur 6.11 og 6.12 viser fordelingen av henholdsvis antall sysselsatte og verdiskaping etter fylker. Vi ser at hovedtyngden av både sysselsetting og verdiskaping er langs kysten fra Rogaland til Troms og Finnmark. De største fylkene er Vestland, Møre&Romsdal og Trøndelag.



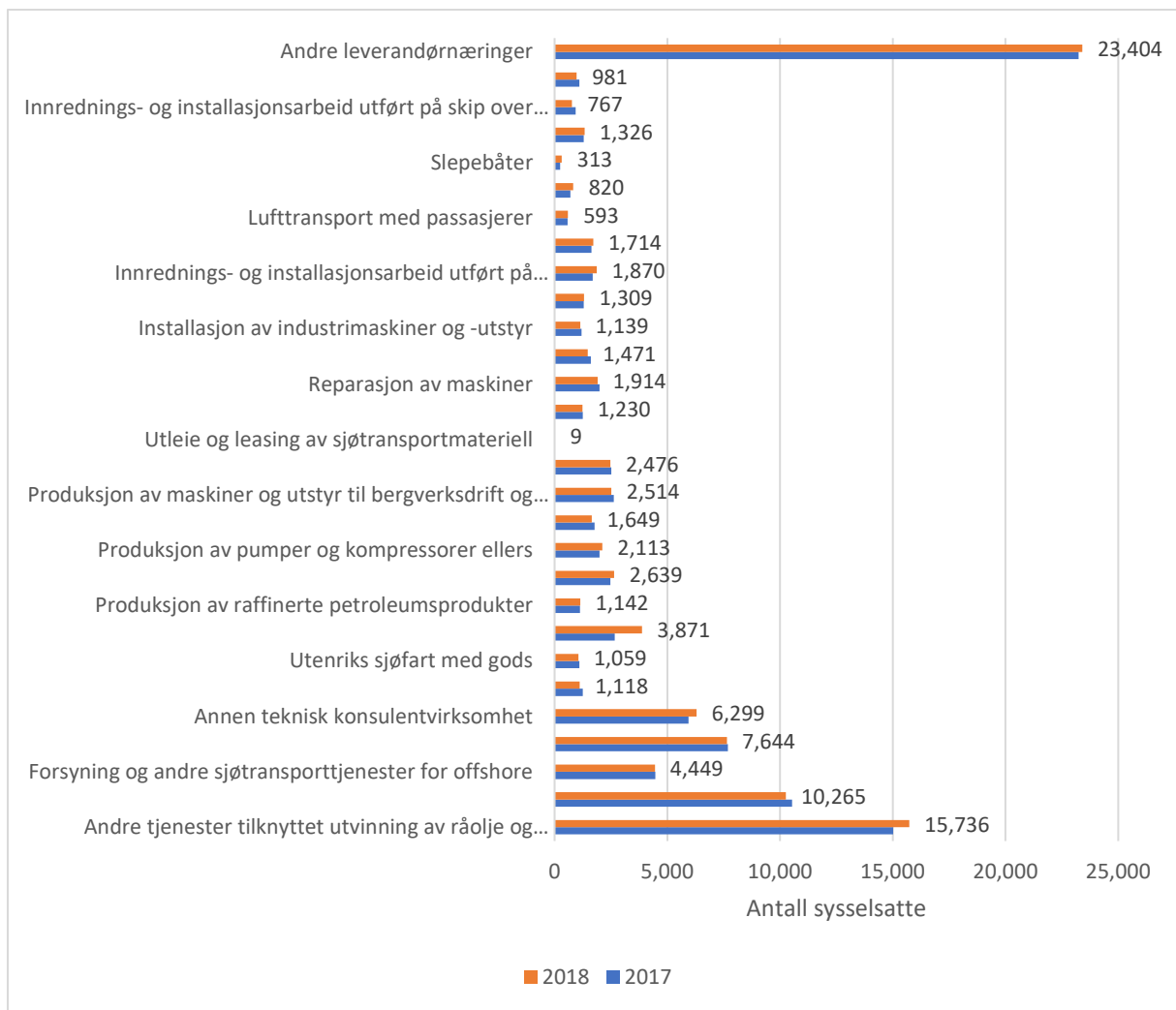
Figur 6.11. Antall sysselsatte fordelt på fylker i leverandørnæringer basert på sjømat



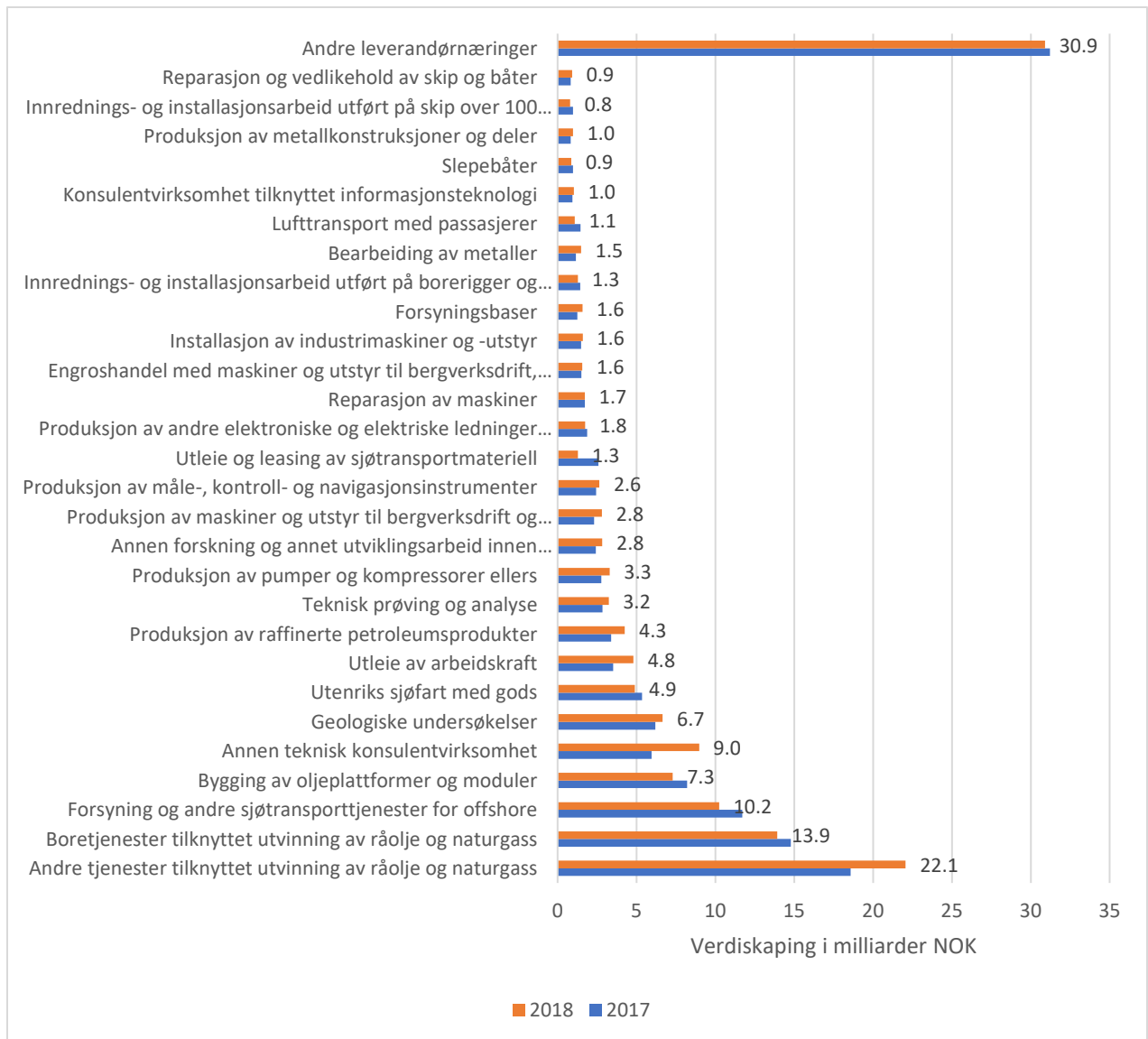
Figur 6.12. Verdiskaping fordelt på fylker i leverandørnæringer til sjømat

6.7. Sysselsetting og verdiskaping i olje&gass baserte leverandørnæringer

I dette avsnittet viser vi i større detalj sysselsetting og verdiskaping i olje&gass baserte leverandørnæringer, som havbruk i eksponerte farvann allerede bruker i større grad enn tradisjonelt havbruk. Figur 6.13 og 6.14 viser fordelingen av henholdsvis antall sysselsatte og verdiskaping i leverandørsektorer etter NACE klassifiseringen. Også for olje&gass er den statistiske klassifiseringen av selskaper ikke alltid like meningsfull og informativ, men gir likevel oversikt over diversiteten i leverandører.

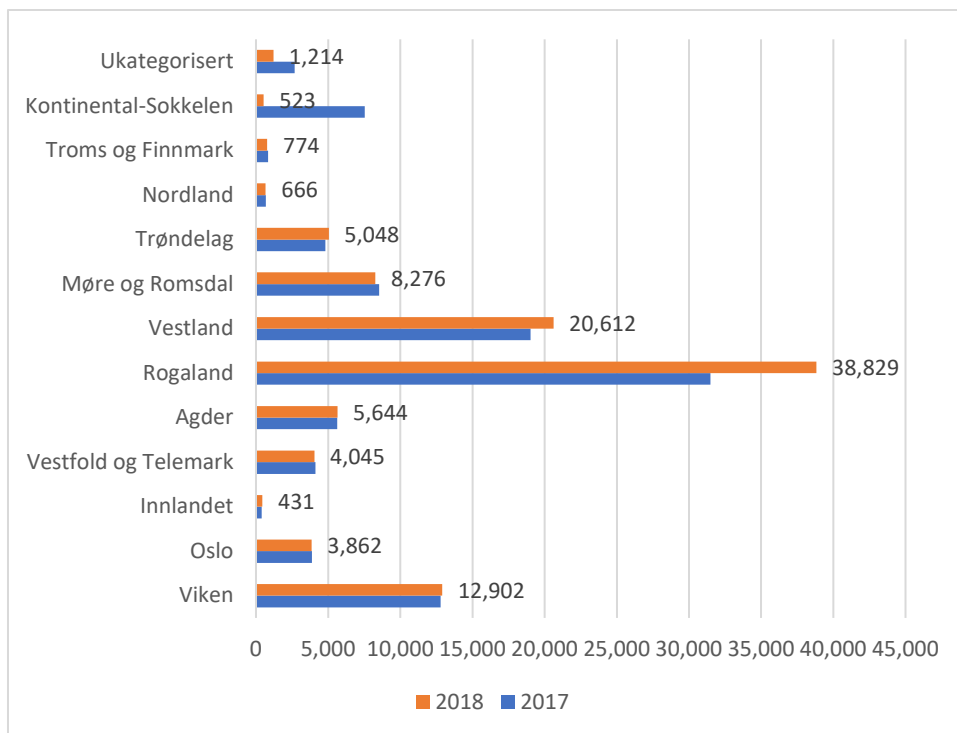


Figur 6.13. Antall sysselsatte i olje&gass baserte leverandørnæringer

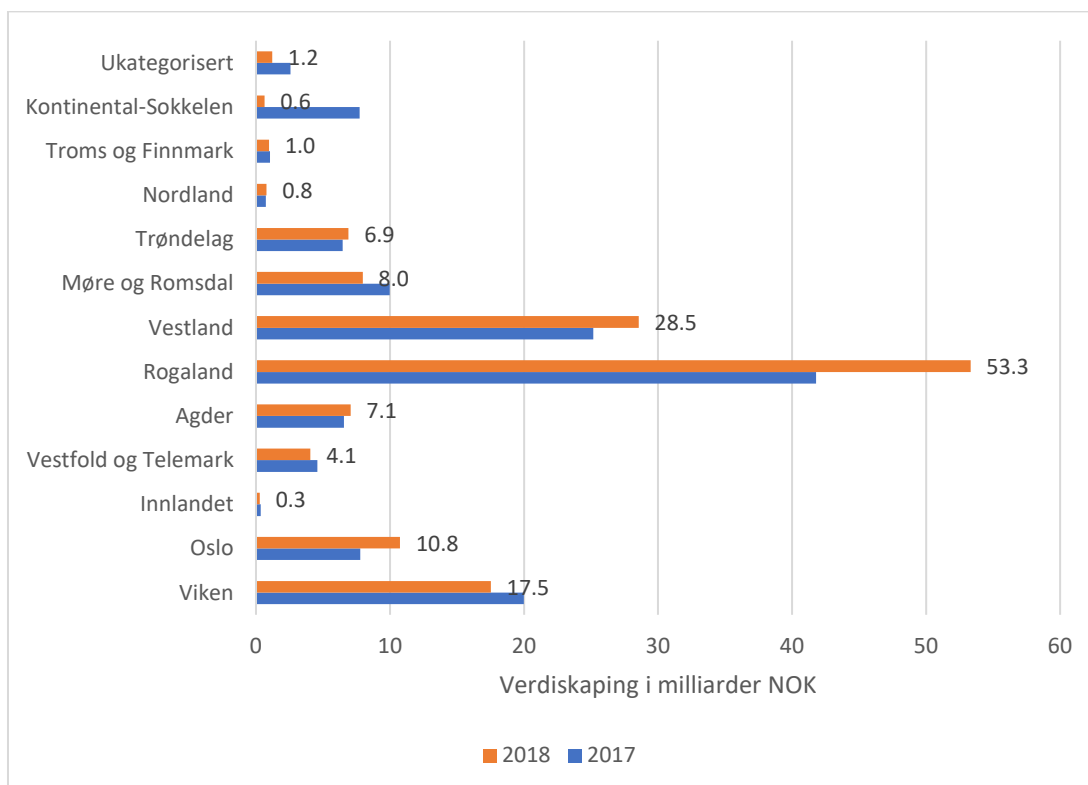


Figur 6.14. Verdiskaping i olje&gass baserte leverandørnæringer

Vi ser så på fordelingen av leverandører til olje&gass etter fylker. Figur 6.15 og 6.16 viser fordelingen av henholdsvis sysselsatte og verdiskaping etter fylker. Vi ser at Rogaland er det klart største fylket målt i sysselsatte og verdiskaping, fulgt av Vestland, Viken, Møre&Romsdal og Oslo..



Figur 6.15. Antall sysselsatte fordelt på fylker i olje&gass baserte leverandørnæringer



Figur 6.16. Verdiskaping fordelt på fylker i olje&gass baserte leverandørnæringer

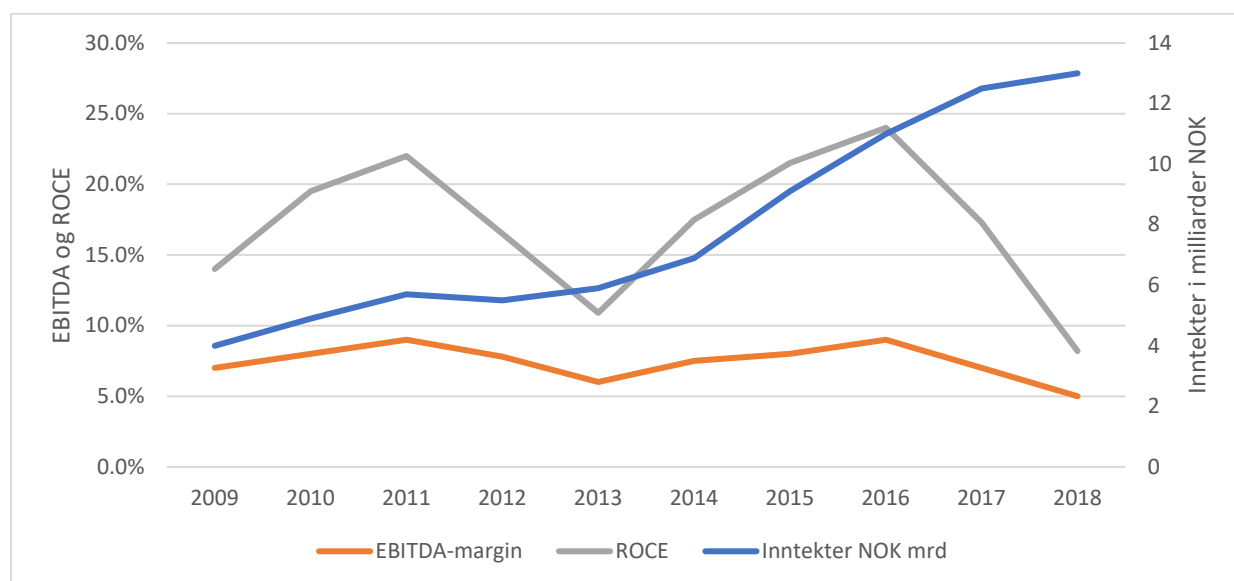
6.8. Havbruksleverandørenes lønnsomhet

Et kjennetegn ved sterke klynger er at det er en velutviklet leverandørsektor med kraft til å innovere. Leverandørene er også viktige for innovasjonsevnen til havbruk. Derfor er det nødvendig at de har tilstrekkelige økonomiske incentiver til å innovere, og lønnsomheten deres bør derfor være tilstrekkelig høy. Dersom de ikke har finansielle muskler til å gjøre dette selv, delvis pga. for lav lønnsomhet, så er det viktig å vurdere tiltak som kan stimulere til innovasjoner hos leverandørene. Det er til syvende og sist leverandørene som skaper mye av lønnsomheten i havbruk. I perioden frem mot midten av 2000-tallet var innovasjoner i produksjonsteknologi, ernæring og fiskehelse en viktig driver for produktivitetsveksten og fallet i produksjonskostnadene. I dag er innovasjon viktig for å kunne løse biologiske og arealutfordringer i havbruk, samt å øke produktiviteten.

Under presenteres utvikling i omsetning (salgsinntekter) og lønnsomheten (avkastning på sysselsatt kapital og EBITDA²⁴-margin) for ulike type leverandører. EBITDA-margin er et mål på lønnsomhet i forhold til salg av varer og tjenester, mens sysselsatt kapital sier noe om lønnsomhet i forhold til hvor mye kapital som er investert i bedriften. Det er vanskelig å sammenligne lønnsomhet på tvers av sektorer ved hjelp av nøkkeltall. I noen industrier vil driftsmarginer naturligvis være lavere enn andre industrier. Avkastning på sysselsatt kapital kan være lav i industrier med høy kapitalbinding. Bruk av begge lønnsomhetsmålene kan gi et innblikk i endring i lønnsomhet over tid, og en indikasjon på forskjeller i lønnsomhet mellom ulike typer selskaper.

6.8.1. Utstysleverandører

Utsstysleverandører (f.eks. AKVA Group og Steinsvik) har hatt en betydelig økning i omsetning siden 2012, jfr. figur 6.17. Avkastning på sysselsatt kapital har variert mellom 10-20% de siste 10 årene, men falt i 2017 og 2018. EBITDA-marginen er moderate 5-10%.

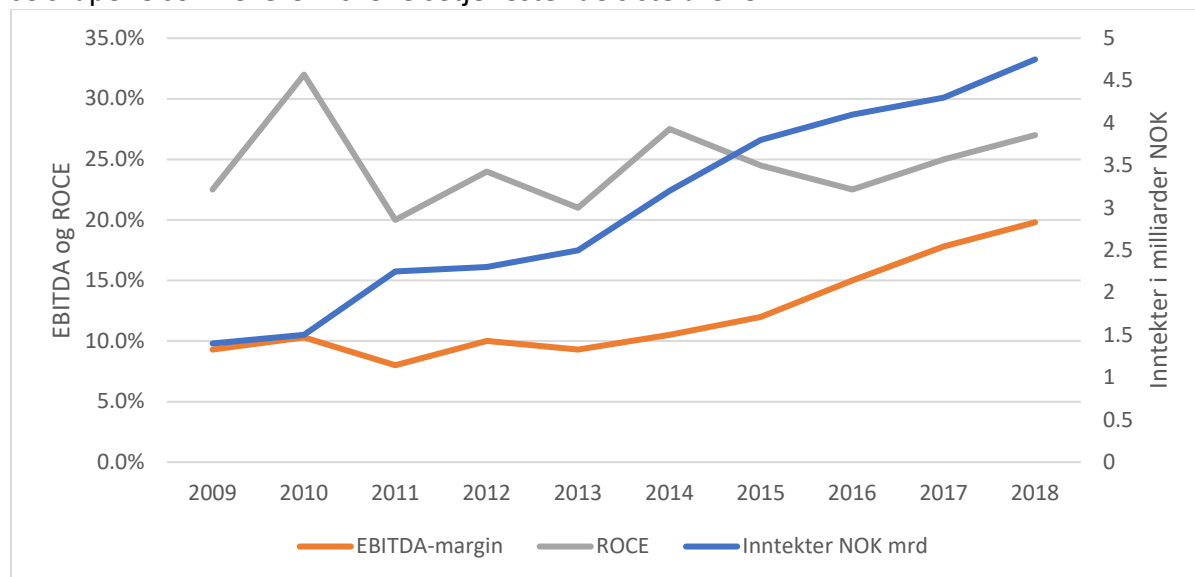


Figur 6.17. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største utstysleverandørene. Kilde: EY (2020)

²⁴ EBITDA står for 'earnings before interest, taxes, depreciation and amortization' som er driftsresultat før avskrivninger. EBITDA brukes av finansanalytikere som et mål på kontantstrøm før skatt.

6.8.2. Fiskehelse

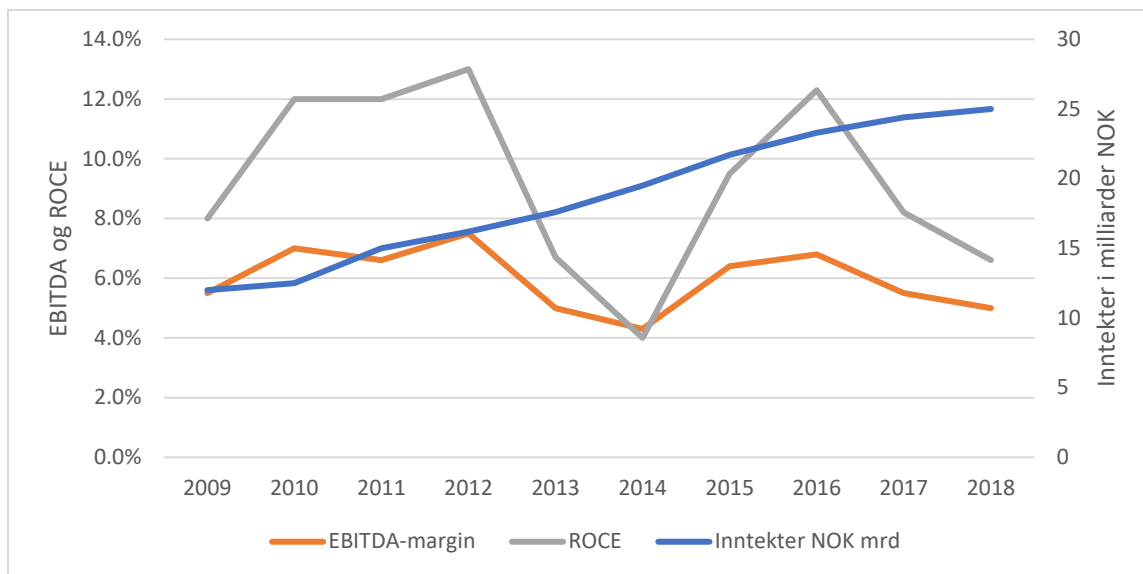
Det har vært en betydelig økning i inntektene til de største fiskehelseselskapene de siste 10 årene, jfr. figur 6.18. Siden 2009 har avkastning på sysselsatt kapital (ROCE) vært mellom 20% og 32%%, og rundt 25% de siste årene, som indikerer en veldig god lønnsomhet i denne sektoren. EBITDA-marginen har økt de siste årene og indikerer økt lønnsomhet blant selskapene som leverer fiskehelsetjenester de siste årene.



Figur 6.18. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største fiskehelseleverandørene. Kilde: EY (2020).

6.8.3. Fôrselskaper

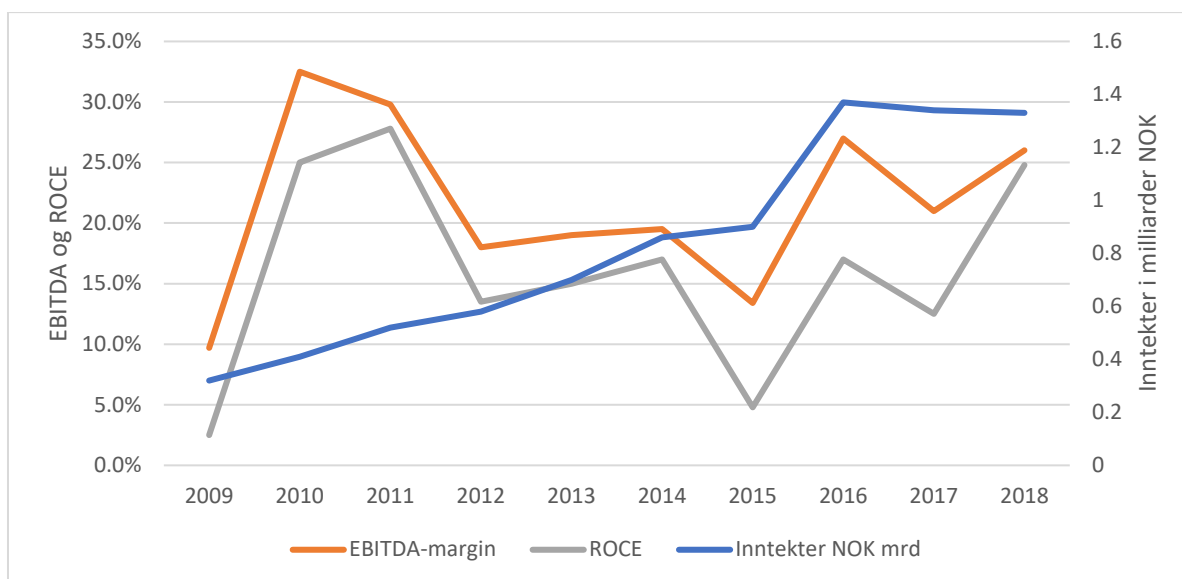
Også blant fôrselskapene har salgsinntektene økt, fra rundt 12 milliarder kroner i 2009 for de 5 største selskapene til ca 25 milliarder kroner i 2018, jfr. figur 6.19. Lønnsomheten målt ved avkastning på sysselsatt kapital har i denne sektoren variert mellom 4-14%, som ikke er spesielt høyt, og har sunket i 2017 og 2018. Dette tyder på at lønnsomheten i denne sektoren har vært under press. I 2014 etablerte MOWI en egen fôrproduksjon, og forsvant som kunde for de etablerte fôrselskapene. EBITDA har fluktuert mellom 4-7%.



Figur 6.19. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største fôrleverandørene. Kilde: EY (2020).

6.8.4. Stamfisk og avl

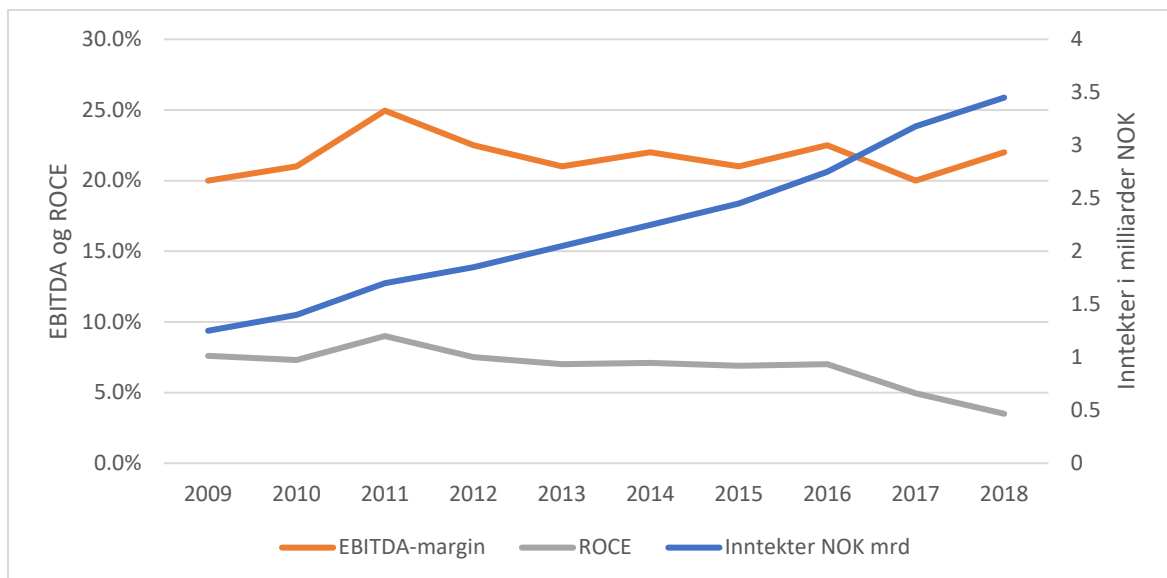
De største selskapene innen stamfisk og avl har hatt en betydelig økning i omsetningen de siste 10 årene, og så har det flatet noe ut, jfr. figur 6.20. Lønnsomheten har variert mye de siste årene, og fluktuert mellom 3% og 27%, men har vært økende siden 2015. EBITDA-margin har variert mellom 10 og 32%, med nivåer rundt 25% de siste årene.



Figur 6.20. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største stamfiskselskapene. Kilde: EY (2020).

6.8.5. Settefisk

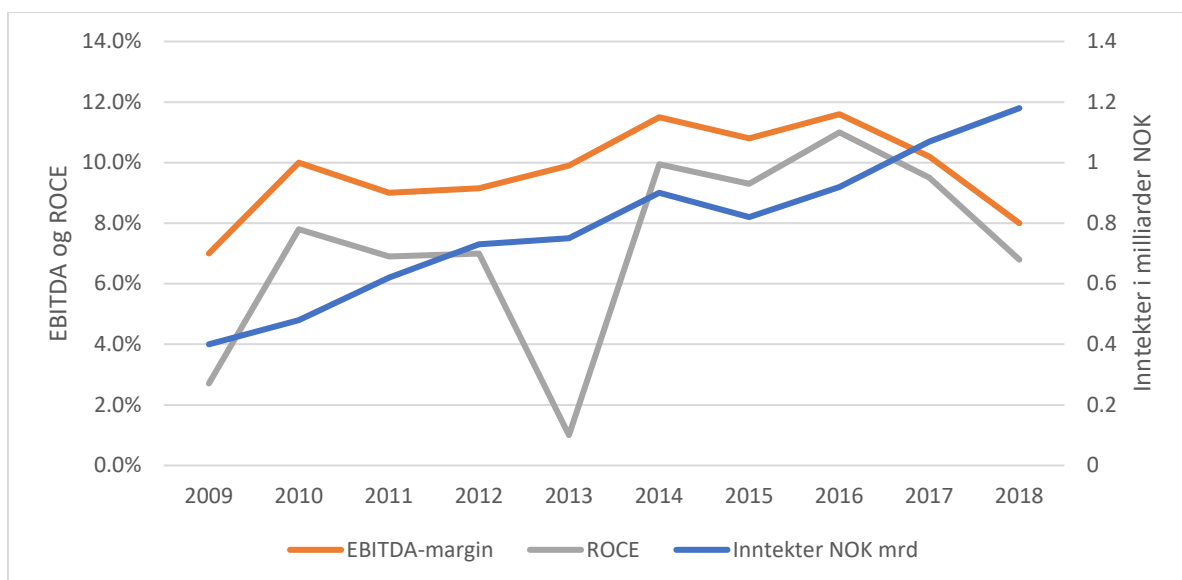
Omsetningen blant de største settefiskselskapene har tredoblet seg de siste 10 årene, jfr. figur 6.21. Lønnsomheten blant settefiskprodusentene er lavere enn i matfisk. Avkastning på sysselsatt kapital har falt i samme periode fra nivåer rundt 7% til 3.5% i 2018. Imidlertid er EBITDA-margin på 20-25%.



Figur 6.21. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største settefiskeselskapene. Kilde: EY (2020).

6.8.7. Slakteri og prosessering

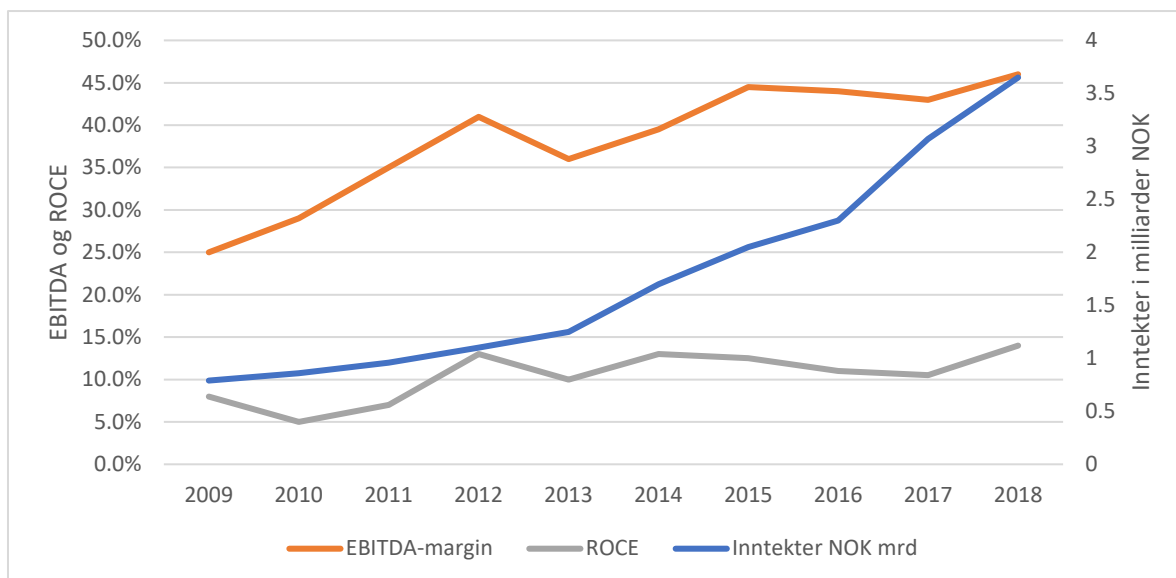
Omsetningen blant de største slakteri og prosesseringsselskapene har tredoblet seg de siste 10 årene, jfr figur 6.22. Lønnsomheten i denne sektoren har historisk vært svak, med avkastning på sysselsatt kapital (ROCE) mellom 1 og 11%. De siste årene har ROCE vært rundt 8%, men fallende. EBITDA marginen har variert mellom 7% og 12%, og falt i 2017 og 2018 ned mot 6%.



Figur 6.22. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største slakteriselskapene i Norge. Kilde: EY (2020).

6.8.8. Brønnbåter og fôrtransport

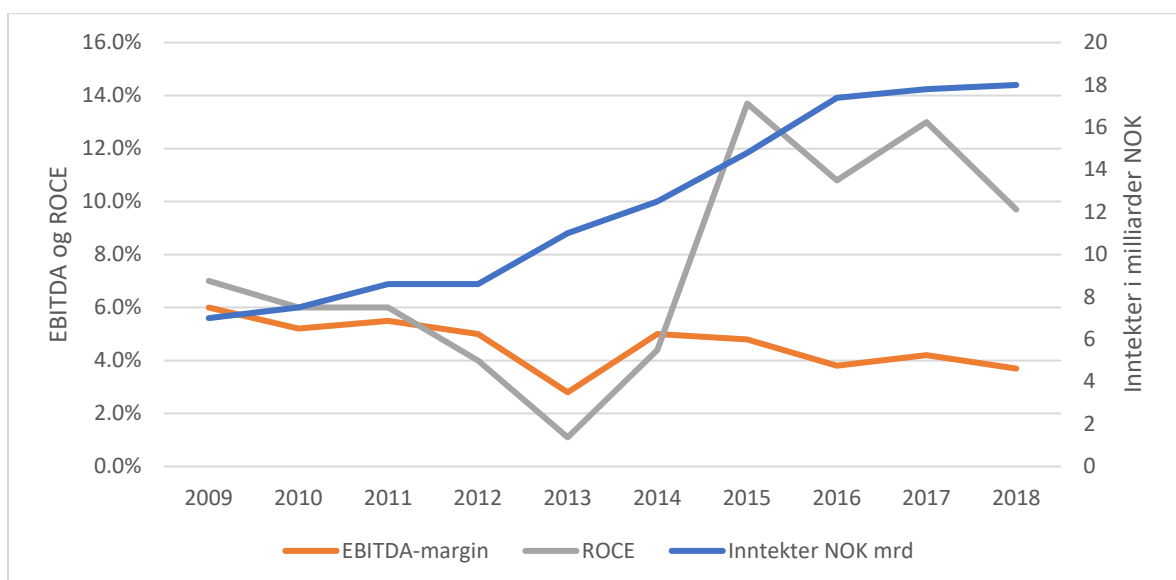
Omsetningen blant de 5 største brønnbåt- og fôrtransportrederiene har blitt firedoblet de siste 10 årene, jfr. figur 6.23. Avkastning på sysselsatt kapital har fluktuert mellom 5% og 14%, men hadde sitt høyeste nivå i 2018. Den moderate ROCE kan skyldes store investeringer i fartøy. EBITDA marginen har steget fra 25% til 45%.



Figur 6.23. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største sjøtransportselskapene i Norge. Kilde: EY (2020).

6.8.9. Prosessering

Også blant de største lakseprosesseringsselskapene har omsetningen økt betydelig de siste 10 årene, jfr. figur 6.24. Avkastning på sysselsatt kapital (ROCE) har steget fra lave nivåer til nivåer rundt 10-12% de siste årene. EBITDA marginene har vært synkende og rundt 4% de siste årene.



Figur 6.24. Utvikling i lønnsomhet for de 5 største prosesseringsselskapene i Norge. Kilde: EY (2020).

6.8.10. Oppsummering

Lønnsomheten i matfiskleddet er høyest i verdikjeden til havbruk. I likhet med matfiskproduksjon, har omsetningen økt i alle de andre leddene i verdikjeden. Dette kan skyldes delvis økte produktpriser og delvis høyere volum. Lønnsomheten er moderat til god i

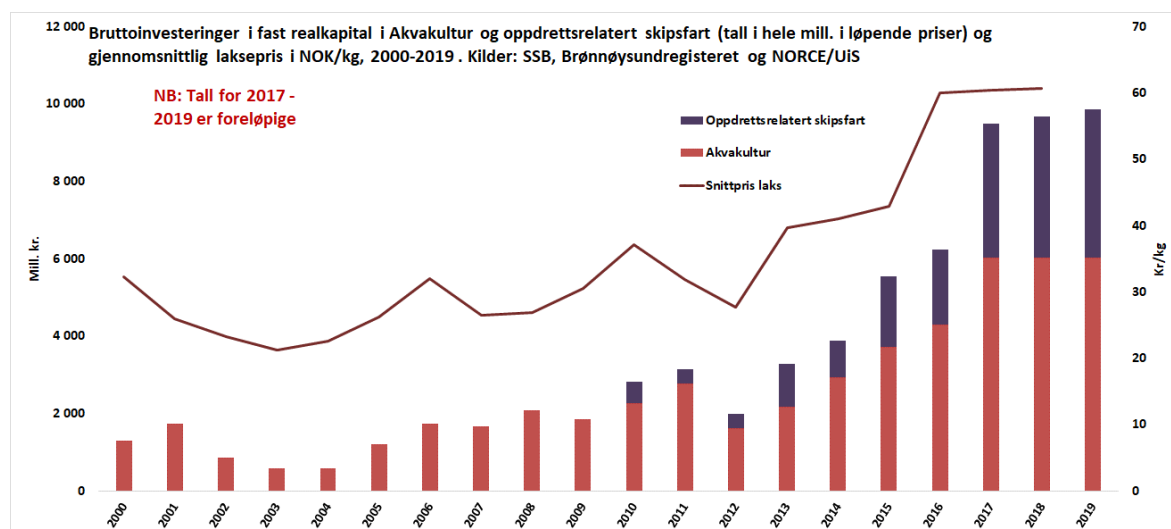
de fleste delene av verdikjeden, men til dels betydelig lavere enn i matfiskproduksjon. Lønnsomheten målt ved ROCE og/eller EBITDA-margin virker å være høyest blant fiskehelse- og sjøtransportsselskapene, og lavest i prosessering og slakterilledet. Fiskefôr selskapene har hatt fallende og relativt svak lønnsomhet. Når det gjelder utstyrsleverandørene har også lønnsomheten vært fallende, og er relativt lav. Dette kan også ha implikasjoner for deres evne til å foreta store investeringer i innovasjonsprosjekter med høy teknologisk og finansiell risiko.

6.9. Investeringer i verdikjeden til havbruksnæringen

Vekst i havbruksnæringen er avhengig av investeringer i alle ledd i verdikjeden. Dette omfatter også investeringer i innovasjoner som kan løse biologiske og miljømessige utfordringer. Siden 2012 har produksjonen av oppdrettslaks vokst i et saktere tempo. Dette skyldes delvis reguleringer knyttet til miljøpåvirkninger fra havbruk og delvis ulike biologiske utfordringer. Stortingsmelding 16 (2014-15) «*Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett*», har som formål å legge til rette for forutsigbar og miljømessig bærekraft. Disse ambisjonene ligger bak innføringen av trafikklyssystemet som kom i 2017. Strengere reguleringer har stimulert til økte investeringer i teknologi for å redusere utfordringer knyttet til lus og arealmangel. De nærmeste årene vil en trolig se økte investeringer knyttet til utviklingstillatelser.

Figur 6.25 viser at investeringene i oppdrett var relativt lave tidlig på 2000-tallet, med en foreløpig topp i 2011, før de igjen tok av etter 2012. Det som driver investeringene, er høy laksepris, generelt høy lønnsomhet, nye forskrifter for settefiskanlegg og lus, og behov for håndtering av miljø- og fiskehelseutfordringer.

I tillegg har det også vært en betydelig vekst i oppdrettsrelatert skipsfart, brønnbåter, bløggébåter, slaktebåter og servicefartøy. Disse fartøysinvesteringene drives av strengere krav på lakselus, økning i behandlingsfrekvens, resistens for kjemikalier og overgang til mekanisk lusebehandling

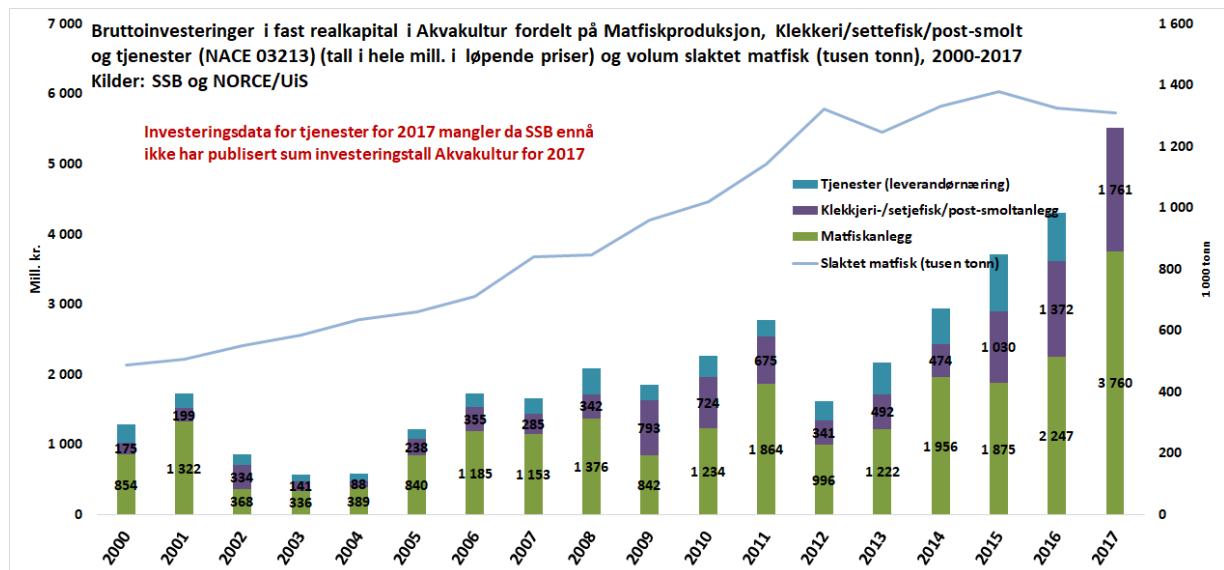


Figur 6.25. Bruttoinvesteringer i fast realkapital i akvakultur, 2000-2019 (mill. kr, løpende priser), investeringer i oppdrettsrelatert skipsfart (mill. kr, løpende priser), 2011-2019 og laksepriser, 2000-2017. Kilder: SSB, Brønnøysundregisteret, Fiskeridir. og NORCE/UiS

For å få fortgang i prosessen med å utvikle ny teknologi som kan løse miljø- og arealutfordringene oppdrettsnæringen står overfor, ble en ordning med utviklingstillatelser etablert i 2015. Fiskeridirektoratet mottok 104 søknader fra både eksisterende og nye oppdrettsselskap. Totalt ble det søkt om 904 tillatelser med et MTB-mengde på 703 360 tonn, tilsvarende omtrent 90% av dagens kapasitet.

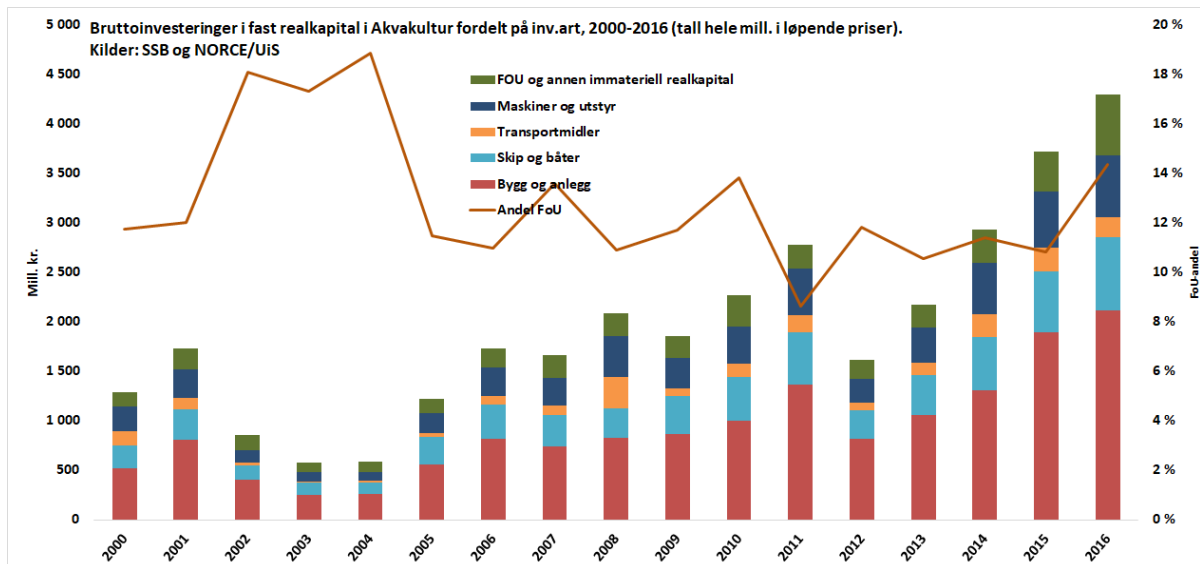
Figur 6.26 nedenfor viser at veksten i investeringer etter 2004 stort sett samsvarte med sterk vekst i oppdrettsvolum. Etter at veksten i oppdrettsvolum flatet ut rundt 2012, har vi sett tiltakende vekst i investeringer i klekkeri/settefisk/post-smoltanlegg. Veksten i investeringer i settefiskanlegg skyldes i hovedsak ny forskrift / behov for oppgraderinger av eksisterende anlegg. Veksten i investeringer i post-smolt skyldes: 1) Behov for robust smolt og 2) ønske om å korte ned produksjonssyklusen for å bedre utnytte kapitalutstyr og MTB-kapasitet gjennom større fisk i merdene.

Vi ser også at det er vekst i investeringer relatert til tjenester (tjenester som kommer i tillegg til det som registreres som oppdrettsrelatert skipsfart).



Figur 6.26. Investeringer i fast realkapital i akvakultur fordelt på del av næring (mill. kr, løpende priser) og slaktevolum (tusen tonn), 2000-2017. Kilder: SSB, Fiskeridir. og NORCE/UiS

For å håndtere næringens biologiske og miljømessige utfordringer har det blitt gjennomført store investeringer i FoU og teknologier som representerer innovasjoner. Noe av dette er knyttet til utviklingskonsesjoner og handler om utvikling av helt nye konsept for sjøbasert oppdrett. I 2016 utgjorde FoU hele 14% av samlede investeringer i oppdrett, jfr figur 6.27.



Figur 6.27. Bruttoinvesteringer i fast realkapital i Akvakultur fordelt på investeringsart, 2000-2016 (mill. kr, løpende priser). Kilder: SSB og NORCE/UiS

6.10. Leverandørene og innovasjon

I havbruk, petroleum og maritime verdikjeder har leverandørene de siste tiårene stått for svært mye av innovasjonene.²⁵ Leverandørsektoren i de havbruksbaserte og petro-maritime leverandørsektorene representerer sammen kunnskapsbaser som gir et svært godt utgangspunkt for teknologisk innovasjon i havbruk til havs. I prosjektene på eksponerte/offshore anlegg som har blitt bygget så langt ser vi også en langt større diversitet av leverandører og større andel av leverandører fra petroleum og maritim sektor.

I dette kapitlet har vi analysert lønnsomheten til ulike deler av leverandørsektoren i havbruk. Både i petroleum og havbruk er det ikke leverandørsektoren som har hatt de største lønnsomhetsmarginene og finansielle robustheten. Den ofte svake lønnsomheten vi ser har delvis stått i kontrast til den store betydningen leverandørene har for innovasjonsevnen og lønnsomheten til havbruks- og oljeselskaper. Det er viktig å ha en realistisk forståelse av leverandørenes finansielle posisjon når man skal utforme innovasjonspolitik for havbruk til havs, spesielt siden skala og risiko i innovasjonsprosjekter typisk er større her enn innaskjærs. Dette har betydning i forhold til virkemidler for risikoavlastning i innovasjonsprosesser, og dermed offentlig virkemiddelbruk.

²⁵ Innovasjon i havbruk er drøftet i Asche, Roll og Tveterås (2012 a,b) og Bergesen og Tveterås (2019).

7. Investeringsanalyse for havbruk til havs

Havbruk til havs krever store investeringer i anlegg og biomasse av levende fisk før inntektene strømmer inn, og har høy finansiell risiko. Når det skal investeres milliardbeløp i enkeltanlegg vil kapitaleiere måtte gjøre vurderinger av investeringsprosjektet på linje med det man gjør i andre sektorer. Utfordringen for samfunnet er å lage rammevilkår som omfatter utforming og prising av tillatelser som gjør samfunnsøkonomisk lønnsomme investeringer også attraktive å investere i for private investorer. Det må også understrekes at vi nå er på den bratte delen av læringskurven for havbruk til havs, og det skal innoveres mye og erverves mer kunnskap de neste årene for å få ned investeringer og kostnader per produsert kilo fisk.

Med basis i spennet av investeringskostnader som har blitt oppgitt for ulike offshore havbruksanlegg til Fiskeridirektoratet og andre, har vi gjort analyser av nåverdi (NPV) for tre stiliserte offshore konsepter – «Offshore 1», «Offshore 2» og «Offshore 3» - og sammenlignet disse med konvensjonelt innaskjærs anlegg.

I de siste årene har vi sett høye prisnivåer og lønnsomhetsmarginer. Disse marginene er ikke normale i et historisk perspektiv for lakseoppdrett, og ligger betydelig over det langsiktige gjennomsnittet. På sikt vil lønnsomhetsmarginene forventes å bli drevet nedover av etablering av ny kapasitet, noe som er vanlig i enhver industri med høy lønnsomhet. Vår forventning er at de langsiktige marginene i havbruk vil bli lavere enn det vi ser i dag, delvis drevet av lavere laksepriser og delvis høyere kostnader, drevet av bl.a. høyere priser på innsatsfaktorer, f.eks. fôrråstoffer.

De siste årene er det utviklet en rekke konsepter for ny oppdrettsteknologi som skal imøtekomme næringens areal- og -miljøutfordringer. En høy ekstraordinær lønnsomhet koblet med incentiver for innovasjon (f.eks. ordningen med utviklingstillatelser) har resultert i en rekke ulike konsepter for ny havbruksteknologi. Disse varierer mht. utfordring de skal møte, størrelse, teknologivalg, osv. (Misund m.fl., 2019). De ulike konseptene kommer hovedsakelig i følgende kategorier: Havbruk til havs (offshore), semi-lukket i sjø, lukket i sjø, Lukket på land (landbasert).

Selv om mange prosjekter ennå er i tidligfase, skjer det en storstilt satsning på landbasert oppdrett, både nasjonalt og internasjonalt²⁶. Tre selskaper involvert i landbasert oppdrett, Atlantic Sapphire (ticker: ASA), Salmon Evolution (ticker: SALME-ME) og Andfjord Salmon (ticker: ANDF-ME), er allerede børsnotert, og flere har planer om børsnotering.

Selv om satsningen på landbasert oppdrett er større i omfang enn annen ny teknologi som offshore, lukkede anlegg i sjø og semi-lukkede anlegg, har en også kommet et stykke på vei i utprøvingen av ny teknologi i sjø, både offshoreanlegg og semi-lukkede anlegg. Salmar sin Ocean Farm 1 nærmer seg slutten av andre produksjonsyklus og har startet arbeidet med utvikling av en ny generasjon Ocean Farm i tillegg Mariculture (Smart Fish Farm). MidtNorsk Havbruk har utviklet tredje generasjon Aquatraz (semi-lukket) og er i ferd med å utvikle 4.

²⁶ <https://finansavisen.no/nyheter/sjomat/2020/07/13/7545196/sjomatanalytiker-spar-lys-fremtid-for-landbasert-oppdrett>

generasjon semi-lukket merd. Selskapene rapporterer lovende resultater for fiskehelse, overlevelse, vekst, og fôrfaktor.

Imidlertid er det lite offentlig tilgjengelig informasjon om produksjonskostnader for ulike nye teknologier. Fiskeridirektoratet har gjennomført statistikk på lønnsomhet i norsk oppdrett av laks og ørret tilbake til 1986. Et tilsvarende datasett på ny teknologi finnes ikke. Siden teknologiene er i oppstartings- og uttestingsfasen, finnes heller ikke gode erfaringsdata. Dette gjør det svært utfordrende å regne på lønnsomheten i prosjektene. Videre er det grunn til å anta at etter hvert som ny teknologi uttestes, og forbedres, vil innovasjoner føre til kostnadsreduksjoner på sikt.

I tillegg er det stor usikkerhet rundt fremtidige laksepriser. En skal derfor være varsom med å legge for mye vekt på dagens høye lønnsomhetsmarginer som grunnlag for fremtidig lønnsomhet i næringen. Det blir derfor gjort en rekke følsomhetsanalyser på priser og kostnader.

Ifølge økonomisk teori skal lakseprisen på sikt bevege seg mot marginalkostnaden til den dyreste teknologien. Hvilken teknologi som vil representere den dyreste teknologien er også svært usikkert. I dag ser det ut som at landbasert teknologi er den dyreste, men hvis offshore havbruk lykkes og landbasert teknologi ikke er tilstrekkelig lønnsom, kan det hende at offshoreanlegg (evt. lukkede anlegg i sjø) blir den dyreste teknologien.

For å fange opp hvordan lønnsomheten til ulike teknologier påvirkes av disse usikkerhetene (laksepris, kostnader, risiko, osv.), gjøres det en rekke sensitivitetsanalyser for å vise noe av utfallsrommet. Videre vil effektene på lønnsomheten av ulike former for vederlag for tillatelser, reduksjon i produksjonskostnader som følge av bedret fiskehelse, vekst og overlevelse, samt avkastningskrav.

7.1. Modell

Standard nåverdiberegninger brukes for å beregne investeringsprosjektene lønnsomhet.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{FCFF_t}{(1+k)^t}$$

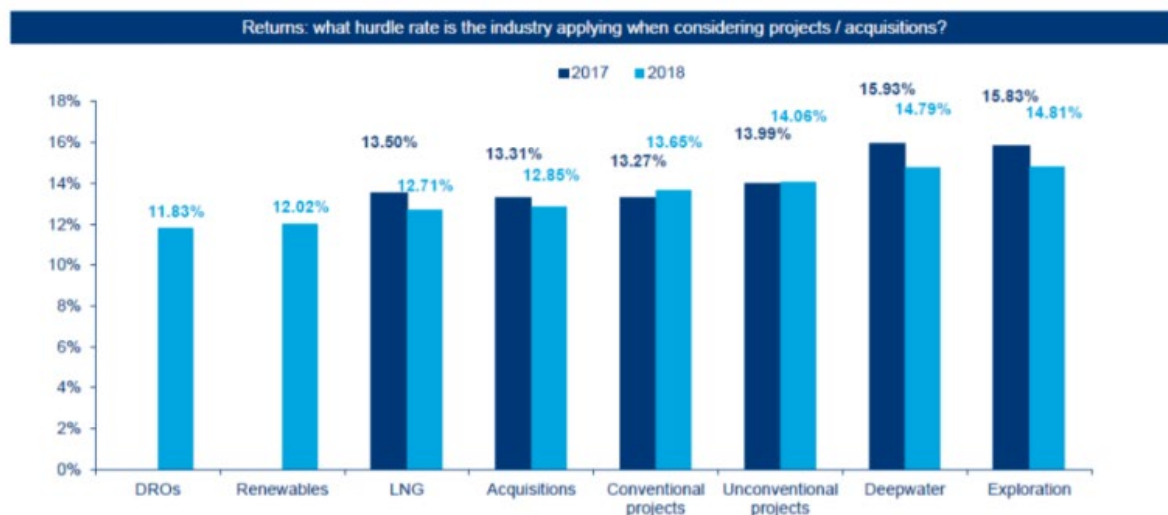
Nåverdien av et prosjekt er summen av fremtidige frie kontantstrømmer ($FCFF$, som er en kontantstrøm fra drift etter skatt, fratrukket investeringer), diskontert til dagens verdi med et avkastningskrav (k) som reflekterer den systematiske risikoen i prosjektets kontantstrøm²⁷.

De fremtidige kontantstrømmene beregnes ut fra forutsetninger om laksepris, produksjonskostnader (OPEX), produksjon, og antagelser om investeringer i varige driftsmidler (CAPEX), arbeidskapital og akvakulturtillatelser.

Avkastningskravet skal representere risikoen til kontantstrømmene i prosjektet. I praksis er dette svært vanskelig å gjøre dette på en eksakt måte med utgangspunkt i teoretiske

²⁷ Se Misund og Nygård (2018) og Misund (2018) for analyser av systematisk risiko i oppdrettsselskaper.

modeller. En relevant tilnærming er å sammenligne risikoen i prosjektet med andre investeringer med tilsvarende risiko. For et avkastningskrav i konvensjonelt havbruk kan en bruke et avkastningskrav som anvendes til prising av børsnoterte lakselskaper. Det er vanlig å bruke et avkastningskrav rundt 8-10% (Misund m.fl. 2020). For investeringer i ny teknologi er det ikke relevant å bruke samme avkastningskrav som i konvensjonell oppdrettsvirksomhet. Risikoen er høyere, og avkastningskravet bør derfor være høyere. Ifølge finansteori vil økt kapitalintensitet gi en høyere operasjonell gearing (*operational leverage*) som vil resultere i et høyere avkastningskrav enn investeringer som er mindre kapitalintensive (Lev, 1974). Et relevant sammenligningsgrunnlag er investeringer i energisektoren. Figur 7.1 under viser avkastningskrav for ulike områder i energi. Avkastningskravene varierer mellom 11 og 16%. Et relevant avkastningskrav for ny teknologi kan tenkes å ligge i området 10-16%. Sensitivitetsanalyser vil vise hvordan prosjektenes lønnsomhet vil påvirkes av valg av avkastningskrav.

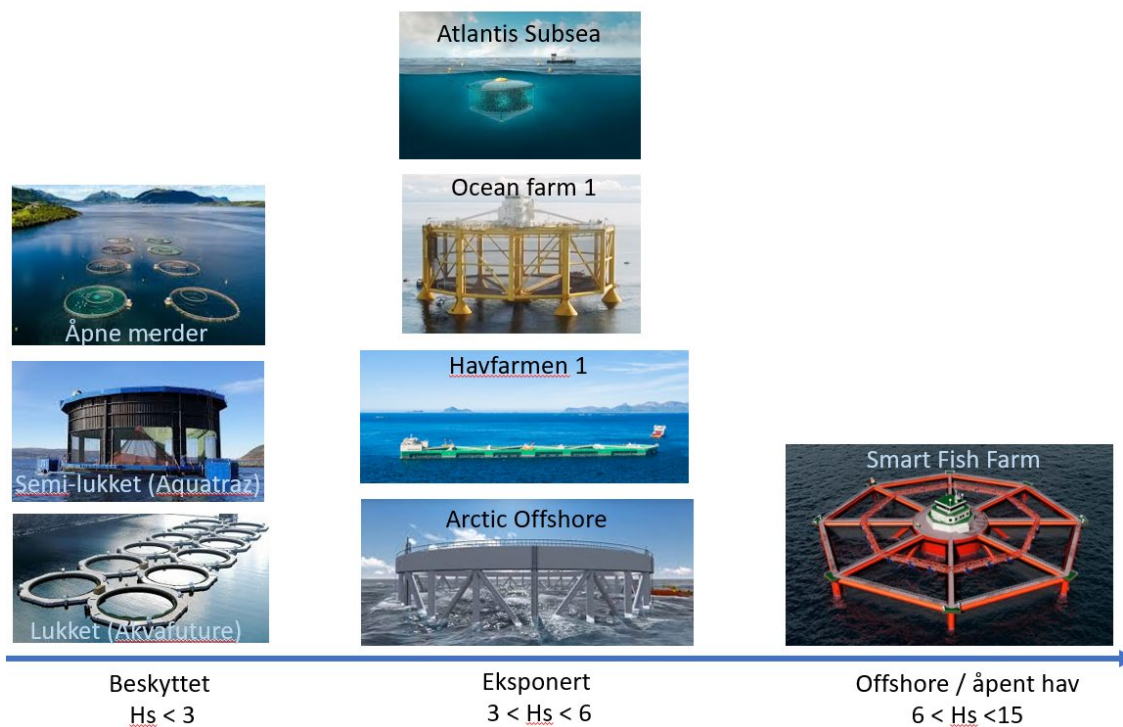


Figur 7.1. Avkastningskrav for ulike type prosjekter i energisektoren. Kilde: Wood MacKenzie (2018).

7.2. Teknologivalg

Det er stor variasjon i type teknologi, fra teknologi for havbruk på land, innaskjærs, og til havs i åpent farvann. Videre er det ulik grad av lukking av merdene, fra åpne merder i konvensjonell teknologi og havbruk til havs, til semi-lukkede og lukkede på land og til sjøs. For eksponert havbruk er det vanlig å skille konseptene etter dimensjonering for ulik bølgeksposering, dvs. Hs (*significant wave height*). Hs er definert som gjennomsnittshøyde av den høyeste tredjedel av bølger. Figuren under viser havbrukskonsepter etter fordelingen av bølgehøyder

Åpne merder, lukkede og semi-lukkede anlegg i sjø er i kategorien «beskyttet». Konsepter som Ocean Farm, Havfarmen og Arctic Offshore kommer i kategorien «eksponert», mens Smart Fish Farm/ Mariculture skal plasseres i åpent hav og tåle Hs på opptil 15 meter.



Figur 7.2. Havbrukskonsepter etter toleranse for bølgehøyde (Hs)

7.5. Investeringsbehov

Selv om det finnes lite informasjon om produksjonskostnadene for ny teknologi har utviklingstillatelsesordningen gitt innsikt i investeringskostnadene til konseptene. Fiskeridirektoratet har offentliggjort brev og vedtak fra søknadene til utviklingstillatelser, i tillegg til at selskapene som har fått tildelt utviklingstillatelser har offentliggjort rapporter som beskriver tekniske, biologiske og miljømessige erfaringer fra ordningen²⁸.

²⁸ <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser>

Tabell 7.1. Investeringsbehov for ulike konsepter.

Konsept	Utvikler	Investeringsbehov (MNOK)	Kapasitet (tonn MTB) og antall tillatelser (i parenteser)
Akvakultur-tillatelse		150	780 (1)
Arbeidskapital		32,5	780 (1)
Beskyttet Hs < 3			
Konvensjonell (stor lokalitet)		111	3 900 (5)
Semi-lukket (Aquatraz)	Midtnorsk Havbruk	170	3 120 (4)
Lukket (Akvafuture)	Akvafuture	152	1 560 (2)
Eksponert 3 < Hs < 6			
Ocean Farm 1	Salmar	720 ²⁹	6 240 (8)
Havfarmen 1	Nordlaks	960	10 140 (13)
Havfarmen 2	Nordlaks	1000	10 140 (13)
Arctic Offshore	NRS	656	5 990 (8)
Spider cage	Nova Sea	415	3 120 (4)
Atlantis Subsea	AKVA Group	58	780 (1)
Offshore Hs 6 < Hs < 15			
Smart Fish Farm	Salmar	1459	12 480 (16)

Kilde: Fiskeridirektoratet.

Basert på denne informasjonen og egne vurderinger har vi laget stiliserte offshore teknologier – «Offshore 1», «Offshore 2», «Offshore 3» - som vi sammenligner med et konvensjonelt innaskjærs anlegg. Tabell 7.2. presenterer en oversikt over investeringsbehovet for disse ulike kategorier havbruksteknologi.

Tabell 7.2. Investeringsbehov for ulike kategorier havbruksteknologi

Teknologi	Investeringsbehov per 780-tonn-MTB tillatelse (MNOK)	Investeringsbehov per kg MTB-kapasitet
Akvakulturtillatelse (kommersiell)	150-160	192-205
Arbeidskapital (biomasse) ³⁰	32	42
Konvensjonell (kun CAPEX)	20	26
Offshore 1 (3,5 < Hs < 6,5)	75	95
Offshore 2 (3,5 < Hs < 6,5)	90	115
Offshore 3 (6,5 < Hs < 15)	105	133
Semi-lukket i sjø	50	67
Lukket i sjø	80	100
Landbasert ³¹	120-140	156-181

²⁹ Salmar Ocean Farming [sluttrapport](#).

³⁰ Basert på en produksjonskostnad på 27,77 kr/kg (sum av smolt, fôr, forsikring, lønn og annen driftskostnad). Kilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse 2018. Antar en produksjon (levende vekt) per tillatelse på 1,5 ganger MTB-kapasiteten.

³¹ Kilde: Bjørndal og Tusvik (2018), SNF «Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan oppdrett»: [https://www.snf.no/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2fFiles%2fFiler%2fPublications%2fR07_18_\(2\).pdf](https://www.snf.no/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2fFiles%2fFiler%2fPublications%2fR07_18_(2).pdf)

Driftskostnader

Det finnes veldig lite informasjon og kunnskap om driftskostnader til ny havbruksteknologi. En må derfor ta utgangspunkt i produksjonskostnadene til konvensjonelt havbruk, som vist i tabell 7.3. Tabellen viser kostnader per kilo rundvekt. 2020-tallene er beregnet fra 2018-tallene til Fiskeridirektoratet, men omregnet til sløydvekt, og økt med 2% årlig inflasjon i to år. Avskrivninger blir i modellen beregnet ut fra investeringer i varige driftsmidler (CAPEX) og relevante avskrivningssatser som reflekterer levetiden til eiendelene. Finanskostnader er ikke en driftskostnad, men en finansieringskostnad, så de blir ikke tatt med i beregningene i modellen.

Tabell 7.3. Produksjonskostnader for oppdrett av laks og ørret i åpne merder, basert på Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser (2018).

Kostnad per kg	2018		2020	
	rundvekt	sløydvekt	rundvekt	sløydvekt
Smoltkostnad pr. kg	3.44	4.03		
Fôrkostnad pr. kg	14.15	16.56		
Forsikringskostnad pr. kg	0.15	0.17		
Lønnskostnad pr. kg	2.80	3.27		
Avskrivninger pr. kg	2.19			
Annen driftskostnad pr. kg	7.24	8.48		
Netto finanskostnad pr. kg	0.12			
Slaktekostnad inkl. fraktkostnad pr. kg	3.79	4.44		

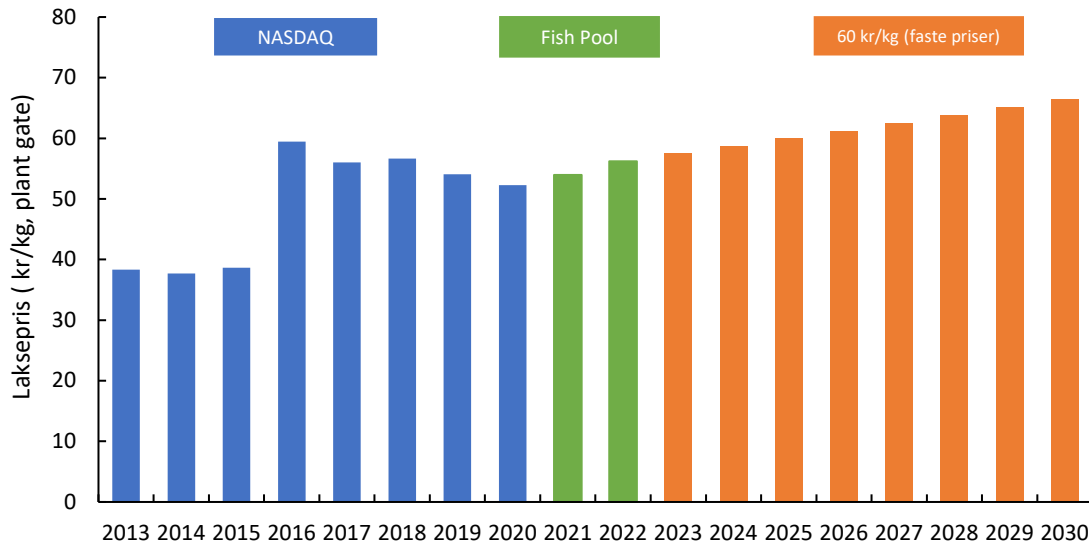
Produksjonskostnadene i konvensjonelt havbruk har økt betydelig de siste 10 årene, som følge av økte lusekostnader, høyere kapitalintensitet og økte fôrkostnader (Iversen m.fl., 2019). Oppdretternes direkte og indirekte lusekostnader er store (Abolofia m.fl., 2017).

Det er imidlertid vanskelig å estimere produksjonskostnadene til ny teknologi. På den ene siden vil høyere investeringsnivå føre til høyere avskrivninger. Samtidig kan de mer kapitalintensive sjøanleggene ha en lengre levetid enn sjøanleggene med åpne merder, og dermed lengre avskrivningstid. I tillegg kan det være økte kostnader knyttet til driftsutstyr på anlegg i mer eksponerte farvann. Kanskje vil lønningene være høyere, og driften mer energikrevende. Isolert sett tilsier dette høyere produksjonskostnader. På den andre siden er det grunn til å tro at bedret fiskehelse, økt overlevelse og mindre luseproblemer vil føre til lavere produksjonskostnader sammenlignet med konvensjonelt havbruk (se Tabell 7.3).

Foreløpige erfaringer fra eksponerte anlegg, lukkede og semi-lukkede anlegg i sjø tilsier bedre fiskehelse og høyere overlevelse, mindre lusekostnader og lavere fôrfaktor. Dette vil trekke i motsatt retning, mot lavere produksjonskostnader sammenlignet med konvensjonelt havbruk. Det er vanskelig å bedømme hva de faktiske produksjonskostnadene kommer til å bli. Vi har derfor valgt å ta utgangspunkt i Fiskeridirektoratets kostnadsdata, men vil gjøre sensitivitetsanalyser på produksjonskostnadene. I tillegg vil vi spesifikt analysere case hvor en antar at dødeligheten faller fra 15% til 5%, fôrfaktoren faller fra 1,25 til 1,1, og betydelig reduserte lusebehandlingskostnader. Dette scenariet skal forsøke å illustrere effekten på lønnsomheten til ny teknologi hvis en lykkes med å forbedre fiskehelse og vekst.

Laksepriser

I base case brukes Fish Pool-priser for 2021 og 2022, og 60 kr/kg (faste priser, men omgjort til nominelle priser med 2% årlig forventet inflasjon) fra og med 2023. Vi tar utgangspunkt i laksepris (plant gate, ex fac³²) på 57,5 kr/kg (tilsvarende 60 kr/kg FOB Oslo). Bruk av laksepriser på dagens nivå gir et øyeblikksbilde av lønnsomheten. På sikt kan lønnsomhetsmarginene falle. For å fange opp denne usikkerheten gjøres det sensitivitetsanalyser med laksepriser mellom 25 og 75 kr/kg. Markedskreftene forventes å bidra til lavere marginer på sikt, altså lavere priser dersom kostnadene holder seg på samme nivå. Så base case laksepris scenariet vi presenterer i figur 7.3 krever sensitivitetsanalyser.



Figur 7.3. Historiske priser, Fish Pool priser og basis scenario for laksepriser fra 2023 (nominelle priser). Kilder: Nasdaq, Fish Pool og egne beregninger.

Vederlag for akvakulturtillatelser

For å drive akvakulturvirksomhet kreves det en akvakulturtillatelse (jmf. Akvakulturloven). På land kan akvakultur drives vederlagsfritt, men i sjø må det betales et vederlag. I 2017 kom trafikklyssystemet som åpnet opp for vekst i produksjonsområder med tilfredsstillende nivåer på lakselus på vill laksefisk. I grønne områder selges annethvert år inntil 6% vekst i MTB til en kombinasjon av fastpris og auksjonering. I 2017/2018-runden ble 2% vekst solgt til fastpris, mens 4% vekst ble solgt i auksjoner. I 2020-runden ble 1% solgt til fastpris, mens 5% ble solgt gjennom auksjon. Til sammen ca. 4 mrd. kroner ble hentet inn til fellesskapet i 2017/2018, og tilnærmet 7 mrd. kroner i 2020. Gjennomsnittlig auksjonspris for en akvakulturtillatelse i 2020 var ca. 162 mrd. NOK mot ca. 150 mrd. NOK i 2017/2018. I 2019 betalte MOWI ca. 150 MNOK per akvakulturtillatelse³³ ved kjøpet av K. Strømmen Fiskeoppdrett. Det er grunn til å anta at markedsprisen på akvakulturtillatelser ligger i dag på rundt 150-160 MNOK per tillatelse i snitt.

³² Med plant gate menes lakseprisen etter at laksen er slaktet og pakket, og før den transporteres. Prisdifferansen mellom FOB Oslo og plant gate-prisen er omtrent 2,50 kr/kg (Misund m.fl., 2020).

³³ Kilde: MOWI Annual Report, note 22, side 209: <https://mowi.com/investors/reports/>

I våre investeringsanalyser vil det gjøres analyser av effekten av vederlag for akvakulturtillatelse på lønnsomheten i prosjektene. Konseptene som har fått utviklingstillatelse har mulighet til konvertering til ordinære kommersielle akvakulturtillatelse mot et vederlag på 10 MNOK. Dette var imidlertid en spesialordning, og vi vil analysere effekten på lønnsomheten med et vederlag på 162 millioner kroner per akvakulturtillatelse.

Det er grunn til å tro at dagens markedspriser på tillatelse vil påvirkes av økt tilbud av oppdrettslaks fra ny teknologi (landbasert, offshore osv.), som kan legge press på lønnsomhetsmarginene, og dermed betalingsviljen og markedsprisen for akvakulturtillatelse. Dette er en dynamikk som er svært vanskelig å modellere, spesielt i starten av en oppskaleringsfase som næringen befinner seg i nå. Fremtidens teknologimiks er svært vanskelig å predikere. Vi tar utgangspunkt i situasjonen til en enkeltaktør som ikke påvirker markedsprisene på akvakulturtillatelse.

Andre forutsetninger

Vi legger også til grunn en ordinær selskapskatt på 22% og en produksjonsavgift på 40 øre/kg fra 2022. I investeringsanslagene er det antatt at investeringen gjøres av et enkeltstående selskap som må gjøre de nødvendige investeringer i infrastruktur i tillegg til selve sjøanleggene. Det antas investeringer i fôrflåte, landanlegg med strømforsyning, små og store arbeidsbåter, samt kontorbygg. Beregningene gjøres ut fra en investering tilsvarende 10 ordinære akvakulturtillatelse (dvs. 10 stk. 780 tonn MTB-akvakulturtillatelse).

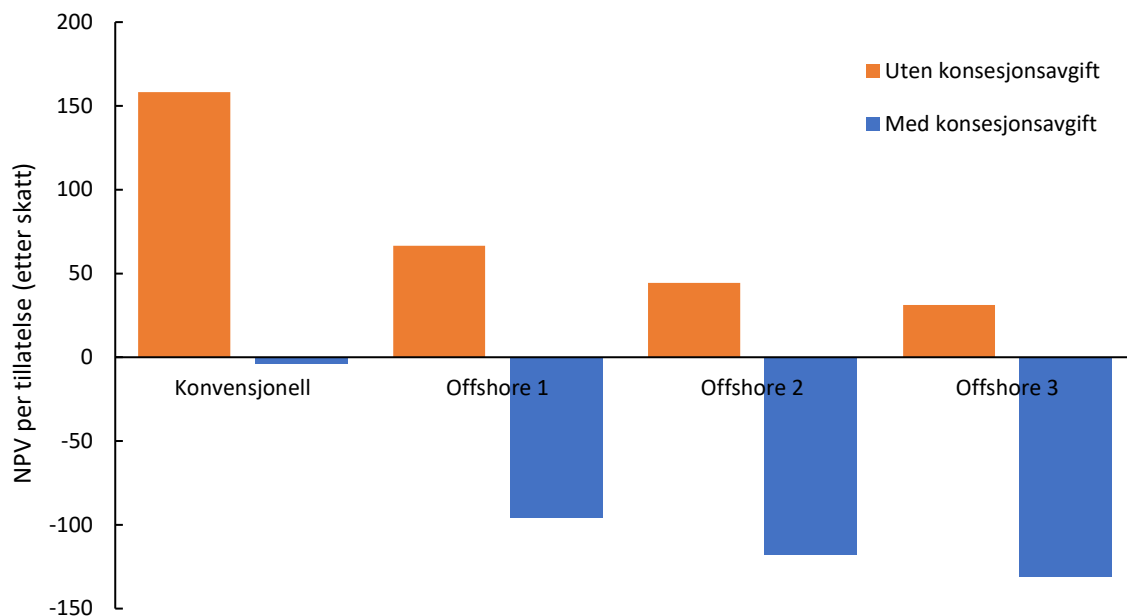
7.6. Resultater

Resultatene av analysen presenteres som følger. Først vises en sammenligning av lønnsomheten til ulike typer teknologi med base case prisscenariet (Fish Pool 2021-2022, og en fastpris på 57,5 kr/kg deretter). De påfølgende analysene viser følsomheten av endringer i laksepriser og produksjonskostnader på investeringslønnsomheten til de ulike konseptene. Til slutt viser resultatene fra en analyse av et scenario hvor produksjonskostnadene til offshoreanleggene faller som følge av bedret fiskehelse, lavere dødelighet og lavere fôrfaktor.

Figur 7.4 viser stor variasjon i lønnsomheten til investeringer i ulike havbruksteknologi. Ser en bort fra vederlag for akvakulturtillatelse er investeringer i konvensjonell teknologi (åpne merder) utvilsomt det mest lønnsomme. Gitt våre prisforutsetninger er lønnsomheten til investeringer i konvensjonell teknologi langt mindre lønnsomt, i Figur 7.4 er nåverdien omtrent 0 MNOK per akvakulturtillatelse. Her må det imidlertid bemerkes at markedsprisen til akvakulturtillatelse vil variere med lakseprisen. Den implisitte lakseprisen (flat) som gir en modellverdi lik markedsverdi på akvakulturtillatelse er 56,6 kr/kg i vår modell, ikke langt unna Fish Pool-prisen for 2021³⁴.

³⁴ Fish Pool-pris for 2021 hentet ut 23/11/2020.

Videre ser vi at hvis de tre offshoreprosjektene må betale et vederlag for akvakulturtillatelse på 162 MNOK, vil alle tre konseptene bli ulønnsomme ved med våre prisforutsetninger. Senere i dette kapitlet analyseres hvordan endringer i prisforutsetningene påvirker lønnsomheten, både med og uten vederlag for akvakulturtillatelse.

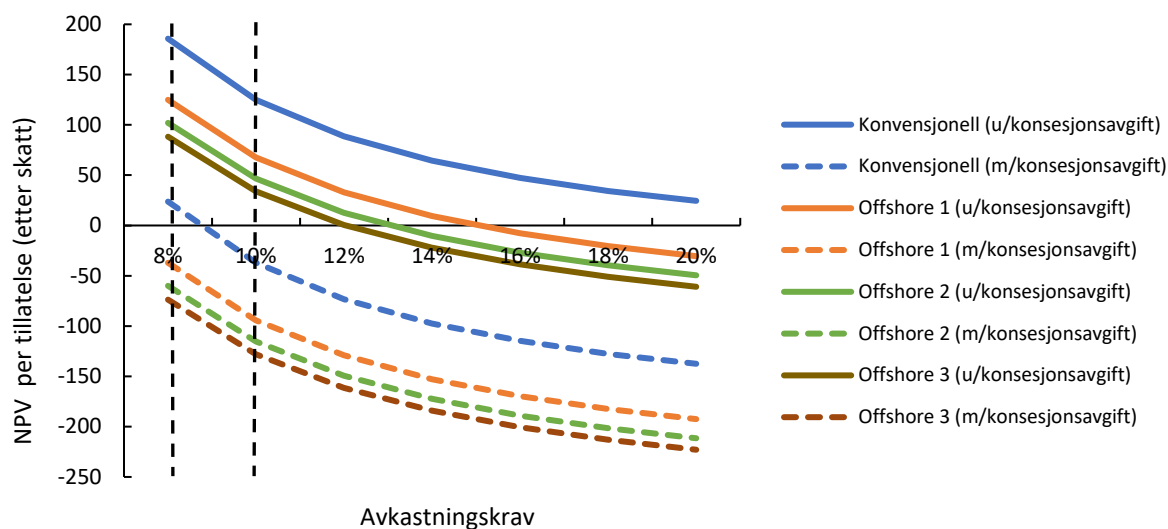


Figur 7.4. Nåverdien av investeringer i ny teknologi og tre offshorekonsept (Offshore 1, Offshore 2 og Offshore 3), med og uten vederlag for akvakulturtillatelse (162 MNOK/tillatelse).

Avkastningskravet som anvendes i lønnsomhetsanalyser av offshoreinvesteringer er ikke kjent. Aksjeanalytikere som følger de børsnoterte lakseoppdrettere bruker rundt 8-10% for verdsetting av disse selskapene. Avkastningskravene er basert på beta (systematisk risiko) for selskaper som anvender konvensjonell teknologi. Da det ikke finnes relevante markedsdata kan tilsvarende analyser for å estimere beta for investeringer i nye teknologier ikke gjennomføres.

Avkastningskravet som anvendes på investeringer i offshoreteknologi bør imidlertid være høyere enn for konvensjonelt havbruk siden nye teknologier er mer kapitalintensive og har høyere operasjonell risiko, og dermed et høyere avkastningskrav. Vi har anvendt 10% i de foregående analysene, men gitt at avkastningskravet som anvendes er usikkert, har vi gjort en følsomhetsanalyse på avkastningskravet i figur 7.5, mellom 8% og 20%. I oljebransjen anvendes avkastningskrav mellom 10 og 16%.

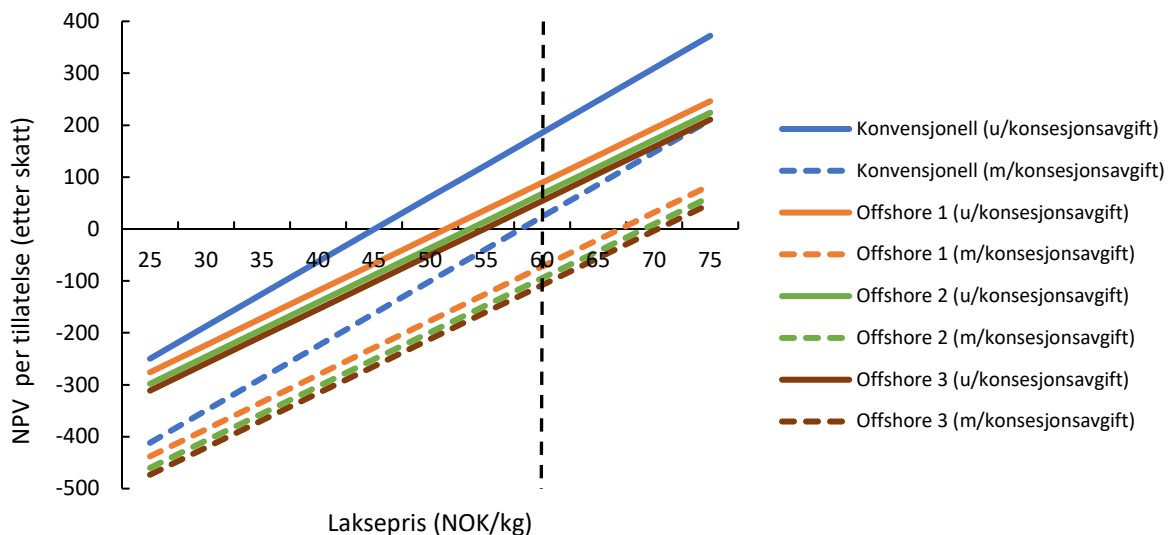
Følsomhetsanalysen viser at investeringer i offshoreanlegg er lønnsomme med våre prisforutsetninger og avkastningskrav under 12%, hvis det ikke betales vederlag for akvakulturtillatelse. Hvis offshoreinvesteringer også innebærer vederlag for akvakulturtillatelse i samme størrelsesorden som for konvensjonell teknologi, vil ikke prosjektene være lønnsomme uansett valg av avkastningskrav mellom 8% og 20%.



Figur 7.5. Nåverdi (NPV) etter skatt til anlegg med ulike avkastningskrav og med/uten konsesjonsavgift

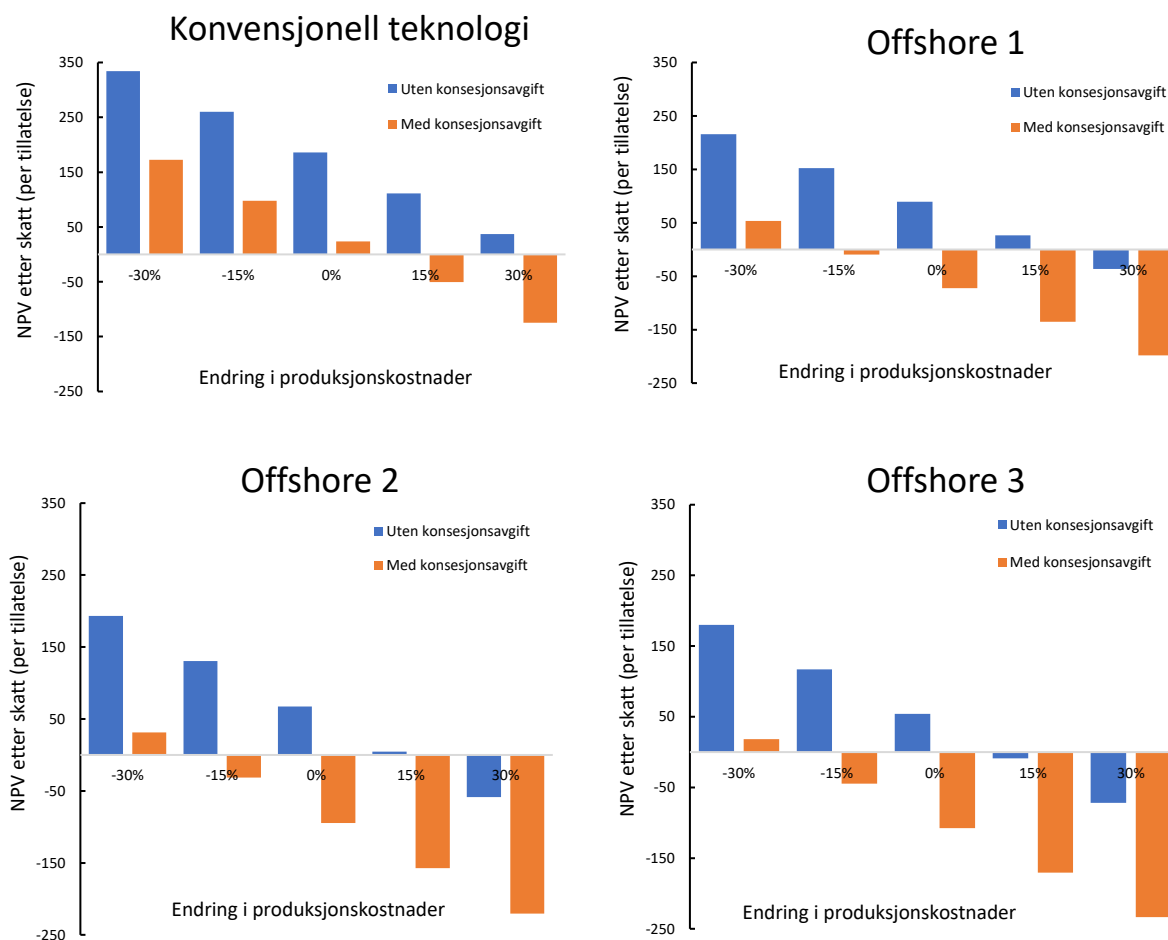
I de siste årene har vi sett høye prisnivåer og lønnsomhetsmarginer. Disse marginene er ikke normale i et historisk perspektiv for lakseoppdrett, og ligger betydelig over det langsiktige gjennomsnittet. På sikt vil lønnsomhetsmarginene forventes å bli drevet nedover av etablering av ny kapasitet, noe som er vanlig i enhver industri med høy lønnsomhet. Vår forventning er at de langsiktige marginene i havbruk vil bli lavere enn det vi ser i dag, delvis drevet av lavere laksepriser og delvis høyere kostnader, drevet av bl.a. høyere priser på innsatsfaktorer, f.eks. fôrråstoffer.

Figur 7.6 viser ulike laksepriser og hvordan dette påvirker nåverdien til offshore anleggene og et konvensjonelt innaskjærs anlegg. Her er det benyttet konstante fastpriser, med 60 kr/kg som basis (sort stiplet vertikal linje). Vi ser at det konvensjonelle anlegget er lønnsomt målt i nåverdi ned til 42 NOK per kg, uten konsesjonsavgift på 150 millioner kroner per 780 tonn maksimal tillatt biomasse (MTB) tillatelse. De tre offshore konseptene blir ulønnsomme på priser rundt 50 NOK per kg, uten konsesjonsavgift. Når anleggene betaler en høy konsesjonsavgift, tilsvarende de nivåer som betales for MTB innaskjærs, viser figuren at investeringsprosjektene blir ulønnsomme på betydelig høyere prisnivåer.



Figur 7.6. Nåverdi (NPV) etter skatt til anlegg med ulike laksepriser med/uten konsesjonsavgift

Figur 7.7 viser hvor følsom lønnsomheten til de ulike konseptene ved opptil 30% økning og reduksjon i produksjonskostnadene. Også her er det brukt flate laksepriser (konstante fastpriser, 60 kr/kg).



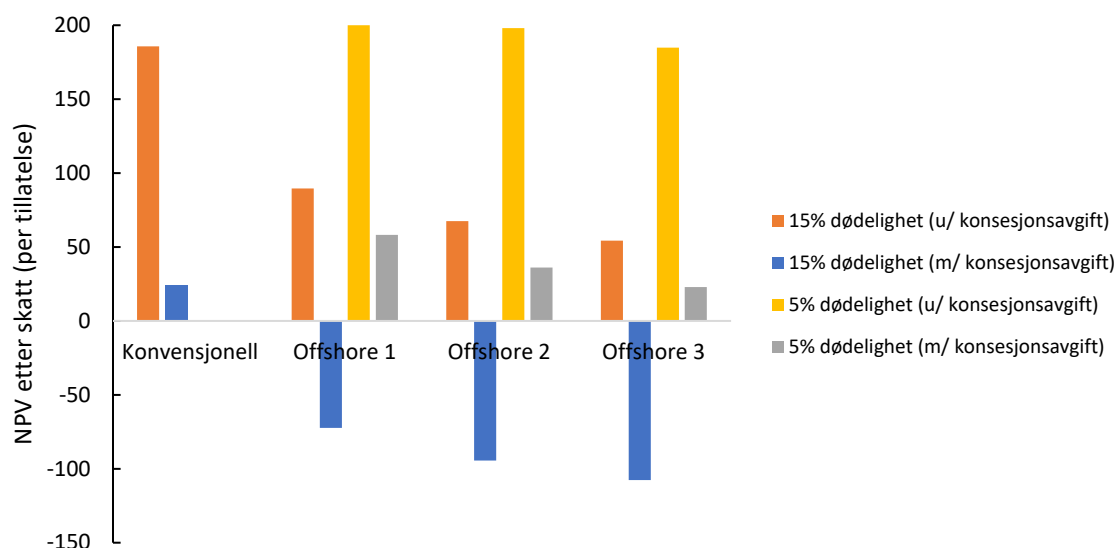
Figur 7.7. Følsomhet til nåverdi (NPV) etter skatt for ulike produksjonskostnader og med/uten konsesjonsavgift

Fordelene med offshore havbruk er todelt. For det første kan nye arealer med lengre avstand til øvrig havbruksproduksjon og mindre sykdomspress brukes til havbruk, og for det andre viser foreløpige resultater fra eksponert havbruk at luseutfordringene er mindre. Ocean Farm og Atlantis Subsea rapporterer om bedre tilvekst, lavere dødelighet og langt mindre luseutfordringer enn konvensjonelt havbruk.

For å fange opp disse erfaringene fra eksponert havbruk (i tillegg til erfaring fra andre teknologier som f.eks. det semi-lukkede anlegget Aquatraz), har vi laget et scenario som fanger opp effektene av:

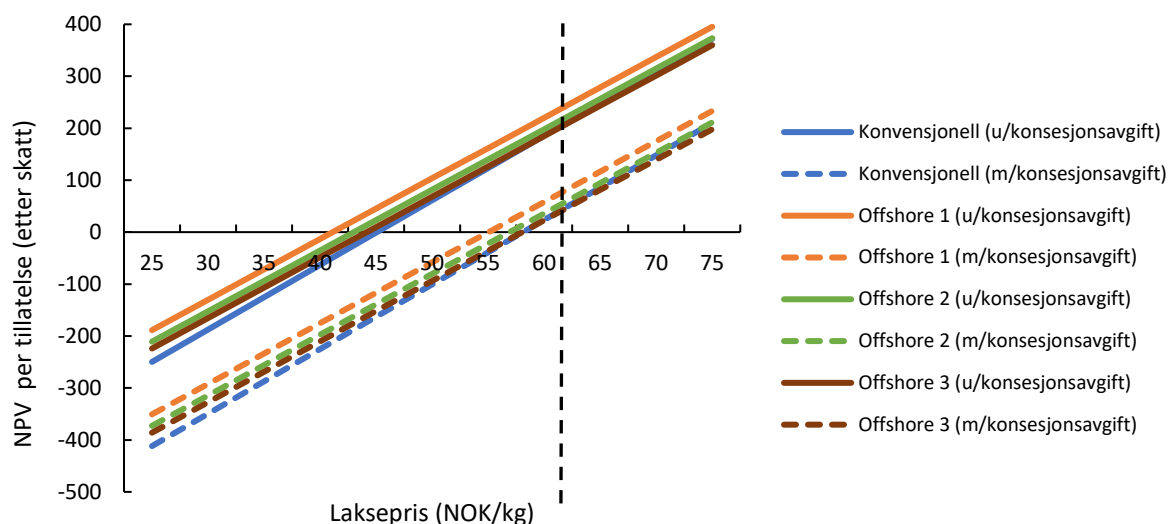
1. Redusert dødelighet (5% mot 15% i konvensjonell havbruk).
2. Redusert førfaktor (1,1 mot 1,25 i konvensjonell havbruk).
3. Økt produksjon som følge av redusert dødelighet.

Resultatene er veldig tydelige, som vist i figur 7.8. En reduksjon i dødelighet fra 15% til 5% gir vesentlig forbedret økonomi for offshoreprosjektene. I likhet med de andre følsomhetsanalysene er det her brukt flate laksepriser (konstante fastpriser, 60 kr/kg).



Figur 7.8. Nåverdi etter skatt til offshore anlegg med lavere kostnader som følge av bedre fiskehelse

Følsomhetsanalysen på pris gjentas med dette scenariet med lavere dødelighet og bedre tilvekst og fiskehelse i offshoreanlegg (ingen endring i konvensjonelt havbruk). Vi ser av figur 7.9 at lønnsomheten til offshoreanlegg er bedre enn tilsvarende for konvensjonelt havbruk. Analysen viser at redusert dødelighet og bedret fiskehelse i ny teknologi kan gjøre den konkurransedyktig i forhold til havbruk i åpne merder.



Figur 7.9. Nåverdi (NPV) etter skatt til anlegg med ulike laksepriser med/uten konsesjonsavgift når offshoreteknologiene fører til bedre fiskehelse og redusert dødelighet

Det er grunn til å anta at fremtidige innovasjoner og læring vil bidra til å senke både investerings- og produksjonskostnadene per kilo laks de neste tiårene. Våre analyser viser at forbedringer i fiskehelse, reduserte luseutfordringer, og bedre fôrfaktor kan gjøre investeringer i offshore havbruk konkurransedyktig med innaskjærs havbruk.

Det vi vet om investeringer i ny teknologi er at kostnadene synker raskt ved økende volumer, noe som skyldes læringskurven, produktivitetsvekst og reduserte leverandørkostnader. Det er følgelig viktig å raskt komme opp i volumer som gir reduserte produksjonskostnader for å oppnå varig konkurransekraft.

Utfordringen til samfunnet er å utforme tillatelser og prising av disse som gjør det tilstrekkelig lønnsomt å investere i ulike faser fra 2021 til 2050. I den tidlige fasen vi er i nå - hvor det er behov for mye innovasjon og læring gjennom pilot produksjon - er det hensiktsmessig å utforme tillatelser som muliggjør investeringer i kostbar teknologiutvikling med lav eller ingen avkastning.

8. Offentlige rammebetingelser for havbruk til havs

De bedriftene som skal investere i havbruk til havs er helt avhengig av offentlige rammebetingelser før de kan ta investeringsbeslutninger. Et system for areal tildelinger og produksjonstillatelser er helt nødvendig, men en rekke andre tiltak må også på plass. De offentlige rammebetingelsene for havbruk til havs må ses i sammenheng med rammebetingelsene til øvrig norsk havbruksnæring, for global akvakultur, og for andre matproduserende sektorer som landbruket. Videre må rammebetingelsene for havbruk til havs ses i sammenheng med de som gjelder for andre havnæringer, som petroleum, havvind, fiskerier og maritim transport.³⁵ Når det gjelder konkurransen om arbeidskraft og kapital må rammebetingelsene sammenlignes med næringslivet for øvrig. Helhetlige og konsistente bærekraftsvurderinger må altså gjøres på tvers av sektorer.

I dette kapitlet begynner vi med en bred inngang til rammebetingelser og regulering for havbruksnæringen, før vi setter søkelyset på havbruk til havs.

8.1. Bærekraftig vekst for norsk havbruk

Aldri har det vært tydeligere enn i dag hvor avhengig havbruksnæringen er av samfunnet for å vokse på en bærekraftig og lønnsom måte. Fremtidig vekst i havbruksnæringen er avhengig av aksept fra samfunnet, noe som avhenger mye av at den leverer på sentrale bærekraftsmål. Regulering og rammevilkår vil stå sentralt for at næringen skal vokse på en bærekraftig og lønnsom måte. God politikk og forvaltning krever mye kunnskap fra flere fagområder. Politikere og forvaltning strever med mange aspekter i politikken overfor havbruksnæringen, ikke minst hvordan de skal regulere produksjonen.

I Norge er det en bred politisk konsensus om at havbruk skal gi oss en betydelig vekst i arbeidsplasser, verdiskaping og skatteinntekter i framtiden. Politikere fra en rekke partier har gjentatte ganger erklært at målet for havbruk er en bærekraftig produksjon på 5 millioner tonn i 2050. Dagens overordnede politikk slik den er uttrykt i Stortingsmelding 16 (2014-15) er at regjeringen vil (s. 9-12):

- *føre en fremtidsrettet næringspolitikk som bidrar til størst mulig samlet verdiskaping.*
- *Legge til rette for forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i lakse- og ørretoppdrettsnæringen.*
- *Benytte miljømessig bærekraft som den viktigste forutsetningen for å regulere videre vekst i oppdrettsnæringen.*

Dette er i tråd med formålsparagrafen til akvakulturloven (§ 1), som sier at: *”Loven skal fremme akvakulturnæringens lønnsomhet og konkurransekraft innenfor rammene av en bærekraftig utvikling, og bidra til verdiskaping på kysten.”*

³⁵³⁵ En sammenligning av de juridiske rammebetingelsene i havnæringene gis i rapporten til Arntzen de Besche (2018) «Komparativ analyse av de juridiske rammebetingelsene for havnæringene».

8.2. Viktige hensyn i fremtidig regulering av havbruk

Politiske målsetninger og økonomiske effektivitetshensyn tilsier at følgende bør tas i betraktning når man utformer fremtidig politikk og regulering av akvakulturproduksjon:

- Reguleringer bør baseres på forskningskunnskap og dokumentasjon: Politikk og forskrifter skal benytte best tilgjengelig kunnskap, fortrinnsvis transparent forskningsbasert kunnskap.
- Regelverk skal bidra til effektiv bruk av hav og andre akvatiske miljøer: Kystområder, elver og innsjøer har verdi for både produksjon og fritidsaktiviteter. Reguleringer bør erkjenne at forskjellige geografiske områder har ulik økonomisk verdi for forskjellige produksjons- og fritidsaktiviteter, og disse økonomiske verdiene bør vurderes eller estimeres. I noen havområder er den samfunnsøkonomiske verdien av havbruk høy i forhold til annen produksjon og fritidsaktiviteter, og dette bør tas hensyn til i regulering.
- Reguleringer bør sikre at dyrevelferdsmessige standarder blir oppfylt: Kunnskapen og vektleggingen av fiskevelferd har økt over tid, og politikk og reguleringer bør sikre et akseptabelt nivå for fiskevelferd.
- Reguleringer bør bidra til den internasjonale konkurransekraften til havbrukssektoren: Norsk lakseoppdrett konkurrerer internasjonalt med laks produsert i andre land, og med proteiner fra annen fisk og dyr på land, noe som innebærer at virkningene av forskrifter på f.eks. kostnadskonkurransevne må vurderes. Akvakultur av laks skal kunne konkurrere på like vilkår med andre private sektorer om arbeid og kapital.
- Reguleringer bør gi riktige insentiver for beslutninger om investeringer og produksjonsaktiviteter i havbruk på kort og lang sikt: Havbruksselskaper tar beslutninger som involverer store og risikable investeringer i fast kapital og biomassekapital. Retningslinjer og forskrifter bør ikke påføre investeringer unødvendige økonomiske risikoer, og stimulere bedrifter til å ta avgjørelser som fører til internalisering av eksterne effekter og effektiv bruk av knapp kapital, arbeidskraft og andre ressurser.
- Reguleringer bør bidra til konsistente bærekraftsstandarder på tvers av landbruks- og akvakultur sektorer når det gjelder miljø- og klimaeffekter, matvaresikkerhet, ernæringsmessige hensyn, produktivitet og dyrevelferd: Et kilo kjøtt produsert fra havbruk og jordbruk bør være underlagt de samme standarder for vurdering og balansering av økonomiske, sosiale og miljømessige hensyn, jfr. FNs bærekraftige utviklingsmål. Ulike standarder kan føre til samfunnsøkonomiske ineffektivitetstap. Eksterne miljøeffekter bør behandles likt i sektorer av økonomien, og spesielt i sektorer for jord- og vannmatproduksjon. For eksempel har et tonn Co2 som slippes ut til atmosfæren den samme effekten på klimaet enten det stammer fra jordbruk eller havbruk.
- Reguleringer bør begrense de samfunnsøkonomiske kostnadene for å sikre overholdelse av regulering i offentlig og privat sektor: Dette inkluderer utforming av systemer som involverer både offentlig og privat sektor for behandling av søknader og overvåking av etterlevelse (tilsyn), å finne passende balanser mellom offentlig regulering og bedriftens interne

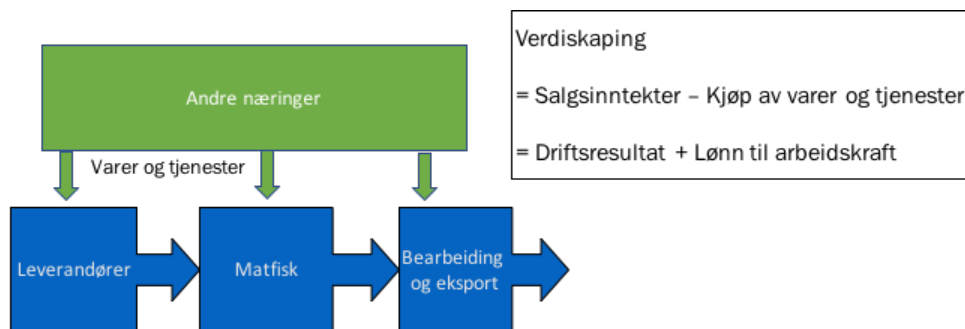
kontrollsystemer med tredjeparts sertifisering, og sikre likebehandling av havbruksbedrifter på tvers av regioner og andre dimensjoner.

- Reguleringer bør gi incentiver til innovasjoner som tar hensyn til både interne og eksterne kostnader ved akvakulturproduksjon: Dette inkluderer teknologier som er lukkede eller semi-lukkede og som dermed har lite eller intet smittepress og miljøutslipp. Det inkluderer også teknologier som tillater produksjon i havområder som kan bidra mindre til eksterne kostnader, for eksempel åpne havområder. Det inkluderer også innovasjoner som reduserer smittepress og utslipp fra eksisterende oppdrettsanlegg innaskjærs med åpne merder.
- Reguleringer bør ha mekanismer som gir inntekter til statlige og lokale myndigheter for å finansiere offentlige tjenester: Dette inkluderer prising av nye lisenser (gjennom auksjonering eller andre mekanismer) og offentlige avgifter eller avgifter på produserende selskaper (f.eks. overskudd, produksjon, miljøutslipp). Skattestrukturen og skattenivået må utformes for å ta hensyn til de andre hensynene som presenteres her (f.eks. internasjonal konkurransevne og incentiver til å innovere).

8.3. Verdikjede perspektiv på reguleringer og andre rammebetingelser

Når samfunnet skal vurdere reguleringer og andre rammebetingelser for ulike produksjonssystemer for matfisk, kan det være hensiktsmessig å vurdere effekter på verdiskaping i et verdikjedeperspektiv. Den totale verdiskapingen knyttet til en verdikjede i havbruksnæringen kan defineres som (se også figur 8.1 under):

Total verdiskaping = Verdiskaping leverandører til havbruksnæringen + Verdiskaping i havbruksnæringen + Verdiskaping i bearbeiding og eksport + Verdiskaping i andre næringer som leverer til havbruksverdikjeden (Ringvirkninger)



Figur 8.1. Verdiskaping fra havbruksverdikjeden

Dersom det er negative eksterne effekter fra et matfisk produksjonssystem og det er mulig å kvantifisere disse negative effektene i form av redusert verdiskaping kan den totale verdiskapingen knyttet til en verdikjede i havbruksnæringen defineres som:

Total verdiskaping = Verdiskaping leverandører til havbruksnæringen + Verdiskaping i havbruksnæringen + Verdiskaping i bearbeiding og eksport + Verdiskaping i andre næringer

som leverer til havbruksverdikjeden (Ringvirkninger) – **Tapt verdiskaping knyttet til eksterne effekter.**

Et slikt analytisk rammeverk kan brukes til å sammenligne verdikjedene for ulike matfisk teknologier, f.eks. åpne anlegg innaskjærs og offshore anlegg. Men verdiskaping er ikke nødvendigvis det endelige kriteriet for å tillate vekst. Det bør påpekes at selv om økt produksjon kan gi en betydelig netto økning i verdiskaping, så kan det være at de negative eksterne effektene anses som uakseptable fra samfunnets side selv om de målt i tapt verdiskaping er små, og at verdikjeden derfor likevel ikke får lisens til å øke produksjonen.

8.4. Anbefalinger fra «Havbruksforvaltning 2030»

Prosjektet «Havbruksforvaltning 2030» - med forskere og eksperter fra Nofima, UiT, UiS, Norce, NTNU Samfunnsforskning og Advokatfirmaet Haavind AS - har nylig lagt frem analyser av en rekke forhold ved norsk havbruksforvaltning, og gitt anbefalinger for havbruksforvaltningen fram mot 2030. Prosjektet har sitt fokus på innaskjærs oppdrett, men det er en rekke analyser og anbefalinger som også er relevante for havbruk generelt.



Figur 8.2. Prosjektet «Havbruksforvaltning 2030» gir en rekke anbefalinger for forvaltningen av norsk havbruksnæring³⁶

De viktigste anbefalingene fra prosjektet «Havbruksforvaltning 2030» er følgende (Robertsen mfl, 2020):

³⁶ For mer om prosjektet, se FHF sin hjemmeside [Havbruksforvaltning 2030 \(fhf.no\)](https://www.fhf.no/).

- «Det er for tiden ikke behov for produksjonsregulerende tiltak ut fra markedshensyn.
- Maksimal tillatt biomasse (MTB) bør inntil videre opprettholdes - primært for å regulere risiko og effekter i forhold til biosikkerhet og miljø.
- I 2030 bør samfunnet ha etablert reguleringsmekanismer på lokalitets og områdenivå som regulerer mer direkte, igjen basert på risiko i forhold til biosikkerhet og miljøeffekter.
- I 2030 bør samfunnet ha etablert kvotesystemer og prismekanismer for disse som gir økonomiske insentiver til innovasjon.
- Havbrukselskaper som reduserer smittepress og miljøutslipp vil da kunne belønnes med muligheter for økt produksjon.
- Selv om tidsavgrensning av tillatelser og lokaliteter kan gi noe større rom for å endre bruken av sjøarealene over tid, anbefales dette ikke. Men man bør vurdere andre virkemidler for å kunne få til endret lokalitetsstruktur over tid, både av hensyn til biosikkerhet og økonomisk mer effektiv drift.
- Det anbefales ikke at kommunene skal kunne stille spesifikke miljøkrav til havbruksnæringen. Dette er en oppgave for den sentrale miljøforvaltningen.
- Arealbruken i sjøområdene (ut til grunnlinja + 1 nautisk mil) bør primært planlegges gjennom interkommunalt samarbeid.
- Økt områdesamarbeid vil kunne løse flere av havbruksnæringens utfordringer. Dette samarbeidet bør så langt mulig være basert på frivillighet.
- Havbruksnæringen vil fram mot 2030 kunne utvikle seg i ulike retninger, alt avhengig av hvordan de ulike bærekraftdimensjonene operasjonaliseres og avveies mot hverandre. Det anbefales at sosial bærekraft vektlegges sterkere enn i dag, noe som først og fremst innebærer at havbruksnæringen må styrke sin legitimitet overfor kommuner og lokalsamfunn. Det kan bl.a. skje ved en gunstigere fordelingsnøkkel i Havbruksfondet og ved å gi kommuner og fylkeskommuner større innflytelse på hvilke selskap som får tilgang på lokaliteter i angjeldende kommune/fylkeskommune.»

8.5. Ny kunnskap og innovasjon

Vi kan forvente innovasjoner på mange områder frem mot 2030 - biologiske, teknologiske og organisatoriske innovasjoner. Innovasjoner vil til dels være et svar på utfordringer og muligheter havbrukssektoren opplever i dag. Men nye og uventede biologiske, miljømessige og markedsmessige utfordringer og muligheter vil også dukke opp, og skape nye behov for å innovere. Mye av innovasjonen vil være basert på ny forskningsbasert kunnskap.

Ny forskningsbasert kunnskap og innovasjoner vil skape nye strukturelle forhold for myndigheters politikk og regulering i 2030. Spesielt kan innovasjoner forventes å endre:

- (1) Miljømessige og biologiske eksterne effekter fra akvakultur, og følgelig kostnader som påføres andre anlegg, sektorer og husholdninger.
- (2) Valg av reguleringer basert på nye teknologiske muligheter for måling av utslipp og effekter på miljøet og andre interessenter.
- (3) Kostnader ved forskjellige forskrifter som tar sikte på å begrense eksterne effekter.

Potensielle kilder til negative eksterne effekter er følgende forskjellige typer "utslipp": (1) Sykdommer, (2) lakselus, (3) organiske utslipp, (4) rømning av laks, og (5) kjemikalier. I dag begrenser myndighetene indirekte utslipp fra oppdrettssteder gjennom en kombinasjon av

begrensninger på maksimal tillatt biomasse (MTB), begrensninger på tettheten av fisk i merdene og antall fisk i hver merd, begrensninger på lakselus per individuell laks, sanitær krav og standarder for produksjons- og transportaktiviteter og tekniske standarder.

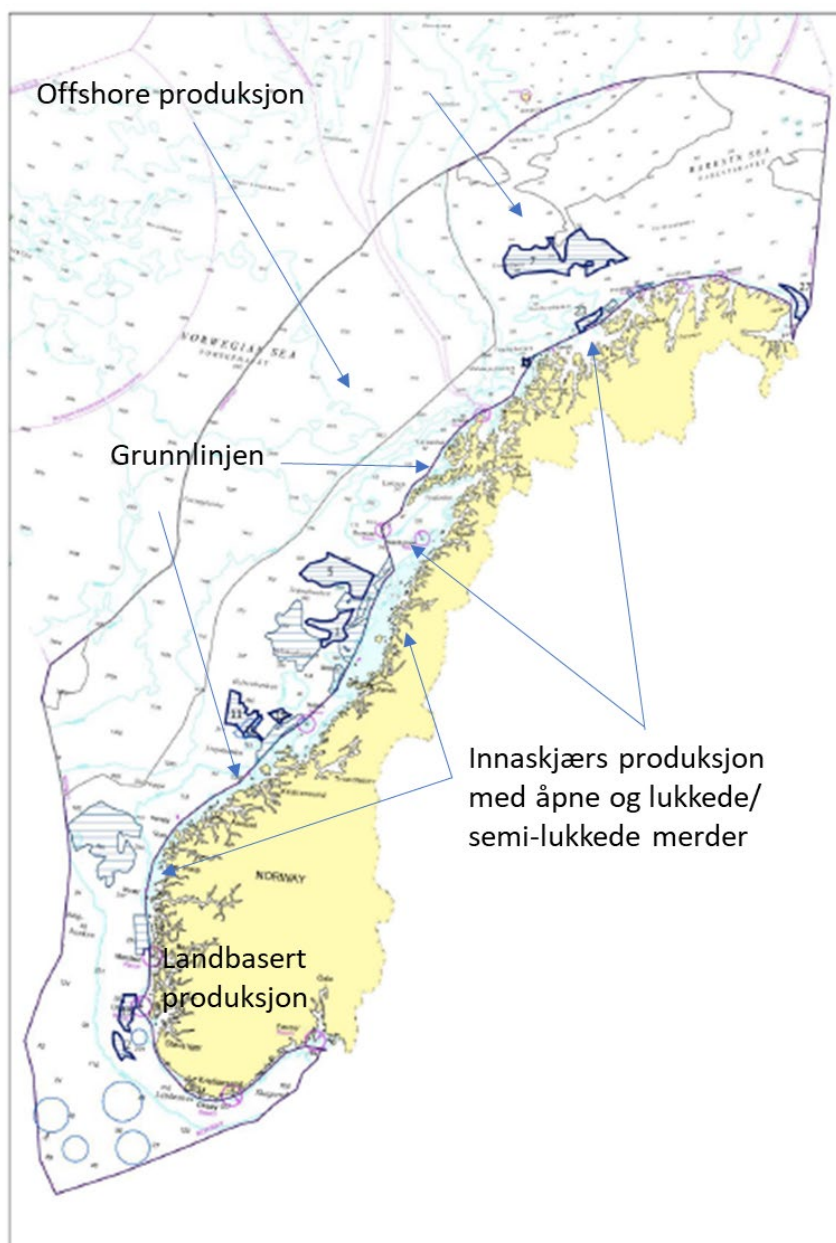
Nåværende regulering av havbruk, med bruk av MTB-regulering for havbrukslokaliteter, selskaper og produksjonsområder, er ikke den mest direkte hvis målet er å redusere utslipp og sykdomspress fra produksjonsaktiviteter. Regulering av utslippsnivåer vil være mye mer direkte. Den nåværende bruken av MAB skyldes delvis at nåværende måleteknologier ikke tillater myndighetene å måle utslipp og smittepress med tilstrekkelig presisjon og tilstrekkelig lave kostnader. I fremtiden kan innovasjoner øke målepresisjonen og redusere kostnadene for:

- Utslipp og effekter på bunnfauna på lokaliteter og større områder.
- Populasjon av parasitter (lakselus), spredning og effekter av disse, og bidraget fra de enkelte oppdrettslokalitetene til bestandsdynamikken for parasitter.
- Smittepress, effekter av sykdommer og bidrag fra de enkelte havbruksanlegg.

Mot 2030 og utover bør vi forvente at kunnskapen vår om forhold i det marine økosystemet økes, inkludert rollene som akvakultur har. I fremtidig regulering av havområder bør epidemiologiske modeller (med hydrodynamiske og biologiske delmodeller) gi mye sterkere prediktiv kraft for havområder og lokaliteter, og dermed et mye bedre kunnskapsgrunnlag for effektiv myndighetsregulering.

8.6. Regulering av multi-teknologi havbruk i ulike omgivelser

Norsk havbruk er i ferd med å bevege seg fra en teknologi for produksjon av matfisk av laks, til flere teknologier, eller et multi-teknologi havbruk. Dette omfatter teknologier som utnytter ulike deler av norsk geografi, jfr. figur 8.3, herunder lukkede anlegg på land, åpne anlegg innaskjærs og utaskjærs, og lukkede/semi-lukkede anlegg innaskjærs. Den dominerende produksjonsteknologien i akvakultur av laks er fremdeles åpne merder innaskjærs. I Norge gjenspeiler reguleringene dette. Fokuset er først og fremst på hvordan man best kan regulere lakseoppdrett og miljøutfordringene næringen skaper basert på denne produksjonsteknologien.

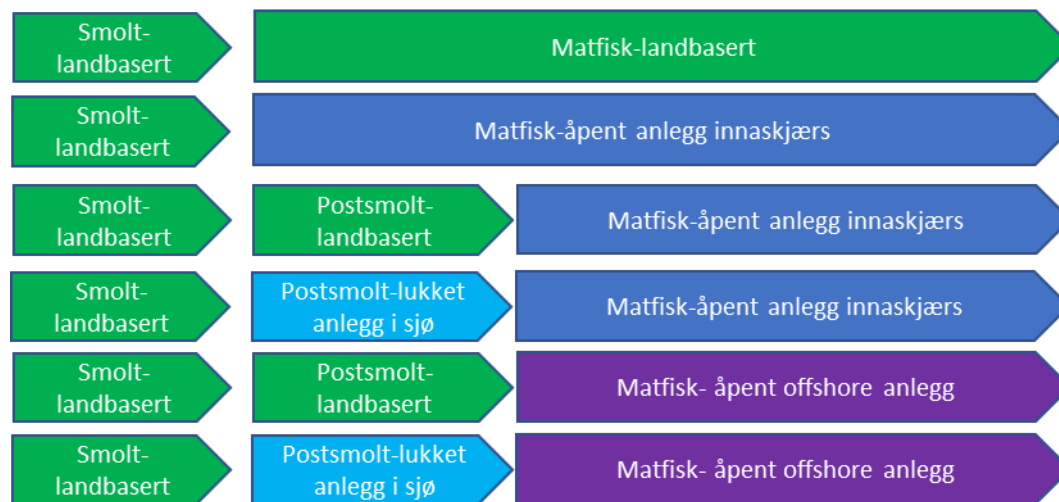


Figur 8.3. Produksjon på land, innaskjærs og offshore er alternativer (Kilde figur: Fiskeridirektoratet)

De siste årene har lakseprodusenter opplevd økte bærekrafts utfordringer. Offentlige debatter knyttet til miljøpåvirkninger og deling av verdiskaping med det øvrige samfunn nasjonalt og lokalt har ytterligere påvirket lisensen til å øke produksjonen og øvrige rammebetingelser for produksjonen. For å overvinne disse utfordringene har det blitt foretatt betydelige investeringer i FoU og innovasjoner som har ført til fremveksten av nye teknologier for lakseproduksjon som delvis er utenfor reguleringssystemet for innaskjærs oppdrett med åpne merder, og som kan forventes å redusere miljøpåvirkningen.

Disse teknologiene spenner fra landbasert anlegg via lukkede eller semi-lukkede produksjonssystemer innaskjærs til anlegg for havbruk til havs. Dette spekteret av teknologier kan gi nye muligheter for sosial aksept og følgelig for industrien å vokse på en bærekraftig måte. Imidlertid kan de nye teknologiene også ha større miljøavtrykk enn

dagens konvensjonelle teknologi på noen områder, for eksempel klimaavtrykk. Videre tillater disse teknologiene forskjellige kombinasjoner av teknologier i forskjellige ledd i verdikjeden fra smolt via postsmolt til matfiskproduksjon, som vist i figur 8.4.



Figur 8.4. Verdikjeder med ulike teknologiske konfigurasjoner og lokaliseringer

En sentral utfordring er å utforme konsistente reguleringer for ulike akvakultur teknologier og omgivelser (land, innaskjærs, utaskjærs) som tar hensyn til forskjellene i miljøpåvirkninger, brukerkonflikter, andre samfunnsmessige påvirkninger og produktivitet, og balansere disse hensynene på riktig måte. Ulike teknologier for lakseproduksjon vil trolig møte en rekke sameksistensutfordringer med andre brukerinteresser og forventninger fra lokalsamfunnene om en rettferdig deling av økonomisk avkastning.

Forskjellige produksjonsteknologier i ulike omgivelser vil ha ulike bedrifts- og samfunnsøkonomiske karakteristika og produktivitet. Investeringskostnader, finansiell risiko, produksjonskostnader og eksterne kostnader per kilo lakseproduksjon kan forventes å variere på tvers av produksjonssystemer, som landbaserte oppdrettsanlegg, lukkede oppdrettsanlegg i sjø og offshore oppdrettsanlegg. En sentral utfordring for myndighetene er å gi incentiver til akvakulturbedrifter til å foreta investeringer hvor de internaliserer eksterne miljømessige og sosiale kostnader og fordeler ved forskjellige teknologier. Ideelt sett bør reguleringer avstemme samfunnets avveininger med oppdrettsselskapenes investeringsbeslutninger.

Det synes å være en konsensus i det norske samfunnet om at lakseoppdrettsnæringen, i tillegg til å betale ordinære skatter og avgifter, skal gi ekstraordinære inntekter til staten og lokalsamfunn for å finansiere offentlige tjenester. I dag gjøres dette gjennom salg av ny produksjonskapasitet (MTB) og en produksjonsavgift per kilo produsert laks. Utformingen av skatter og avgifter kan sammen med andre kvantitative reguleringer ha betydelige effekter på innovasjon og investering i forskjellige teknologier med forskjellige biologiske og miljømessige eksterne effekter. I dag betales det høye priser for ny maksimal tillatt biomasse (MTB) i konvensjonelt lakseoppdrett. Men det tok mange år med innovasjon før konvensjonelt lakseoppdrett oppnådde en økonomisk avkastning som ga incentiver til beslutningstakere i havbrukselskaper til å betale høye avgifter for ny produksjonskapasitet. Ny teknologi som lukkede / semi-lukkede anlegg og offshore anlegg vil ikke kunne betale de

samme høye avgiftene for ny MTB i de tidlige stadiene som konvensjonelle åpne anlegg. Den nye MTB kapasiteten brukes også ofte på eksisterende åpne anlegg, hvor det ikke må foretas andre investeringer i kapitalutstyr.

De høye avgiftene som for øyeblikket betales, reflekterer delvis at begrensede volumer ny kapasitet blir gjort tilgjengelig av myndighetene. Dette er en konsekvens av vurderinger av bærekraften i veksten som er gjort i trafikklyssystemet, knyttet til lakselusindusert dødelighet for vill laksefisk. Imidlertid forventes lukkede / semi-lukkede oppdrettsanlegg og offshore oppdrettsvirksomhet tilstrekkelig langt ute i havet å ha ingen eller mindre effekt på villaks gjennom lakselus. Hvis bærekraftig vekst i verdiskaping og sysselsetting er et mål for samfunnet, er en reguleringsmekanisme å innføre separate tillatelse klasser for lukkede / semi-lukkede anlegg og offshore anlegg med prising av produksjonskapasitet som gir tilstrekkelig insentiver for investorer som vurderer ulike investeringsalternativer.

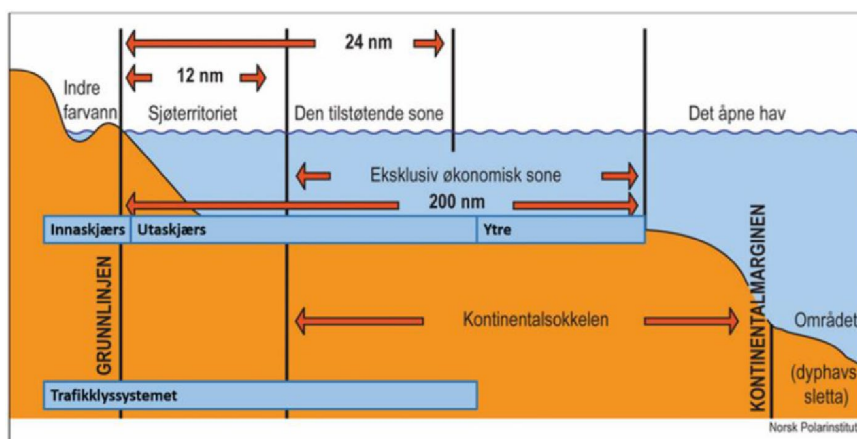
Tabell 8.1 foreslår en mulig differensiering av regulering med separate typer produksjonstillatelser for landbaserte anlegg, åpne anlegg innaskjærs, lukkede eller semi-lukkede anlegg og offshore anlegg. I prinsippet kan disse forskjellige produksjonstillatelsene ha separat pris for ny produksjonskapasitet, gjennom egne faste priser eller separate auksjoner for ny MTB.

I noen produksjonsområder kan man i framtiden forvente at det i perioder ikke vil være bærekraftig å utvide produksjonen på grunn av høye negative miljø eksternaliteter, f.eks. når produksjonsområdet har rødt lys i trafikklyssystemet. På den annen side kan økning i produksjon ved hjelp av lukket eller semi-lukket teknologi være bærekraftig, eller økning i produksjon i de eksponerte havområdene utenfor kan være bærekraftig. Men da må samfunnets prising av ny produksjonskapasitet gi insentiver som gir konkurransedyktig avkastning på private investeringer i disse alternativene. Dette er mulig ved separat auksjonering eller passende faste priser for lukkede, semi-lukkede eller offshore produksjonstillatelser.

Tabell 8.1. Kommersiell tillatelse for ulike produksjonssystemer

Produksjonsteknologi	Kommersiell tillatelse
Landbasert	«Gratis» etablering begrenset av utslippstillatelser, tilgang til vann, energi etc.
Åpne merder innaskjærs	MTB og trafikklyssystem, priset av samfunnet for ny kapasitet (eksisterende)
Lukket/semi-lukket innaskjærs	Spesifikk lisens med utslipp / tekniske standarder / krav, regulering av produksjonskapasitet (MTB) og prising (ny)
Åpne merder utaskjærs	Spesifikk lisens med regulering av produksjonskapasitet (MTB), prising (ny), og strengere krav til kompetanse mm.

Utvidelsen av oppdrettsproduksjon til eksponerte og åpne farvann får også konsekvenser for offentlig forvaltning av flere sider ved virksomheten, og vil involvere ulike myndigheter.



Figur 8.6. Farvann og definisjoner (Kilde: Departementenes (2018) «Havbruk til havs» rapport)

En struktur for forvaltning og tilsyn som i all hovedsak bygger på eksisterende forvaltnings- og tilsynsmyndigheter er presentert i tabell 8.2. Her skiller det mellom «tradisjonelt oppdrett», «eksponert oppdrett» og «offshore oppdrett». Det som i tabellen defineres som «eksponert oppdrett» kan avgrenses av områder innenfor og inntil 1 nautisk mil utenfor grunnlinjen med en signifikant bølgehøyde større enn 4m. Eksponert oppdrett følger her eksisterende forvaltnings- og tilsynsregime, foruten tekniske byggekrav og HMS for personell underlagt Sjøfartsdirektoratet.

Offshore oppdrett er utenfor grunnlinjen, men innenfor norsk økonomisk sone. Et viktig spørsmål er hvor mange nautiske mil bred en buffersone skal være. Det har blitt antydnet en buffersone på 20-30 nm. Men bredden på en slik buffersone bør være fundert på forskningsbasert kunnskap om smittepress, herunder for lakselus.

Tabell 8.2. Havområder, forvaltnings- og tilsynsmyndigheter*

Område	Produksjons-tillatelse	Vekst-regulering	Tilsyn HMS/arbeids-forhold	Tilsyn Tekniske byggekrav	Tilsyn Biologi	Tilsyn Miljø	Tildelings- og koordinerende myndighet
Tradisjonelt oppdrett	Tillatelser innaskjærs (MTB)	Trafikklys-systemet	Arbeids-tilsynet Arbeidsmiljø-loven	Fiskeri-direktoratet NYTEK/ NS9415	Mattilsynet	Fylkes-mannen	Fylkes-kommunen
Eksponert oppdrett	Tillatelser innaskjærs (MTB)	Trafikklys-systemet	Sjøfarts-direktoratet -Skipssikker-hetsloven -Skips-arbeiderloven	Sjøfarts-direktoratet -Maritimt regelverk -NYTEK/ NS9415	Mattilsynet	Fylkes-mannen	Fylkes-kommunen
Buffersone?							
Offshore oppdrett		Reguleringer ut fra andre bærekrafts-hensyn?	Sjøfarts-direktoratet -Skipssikker-hetsloven -Skips-arbeiderloven	Sjøfarts-direktoratet -Maritimt regelverk Fiskeri-direktoratet -NYTEK/ NS9415	Mattilsynet	Miljø-direktoratet	Fiskeri-direktoratet

*Omarbeidet versjon av tabell presentert av SalMar Ocean.

Et spørsmål er om havbruksforvaltningen i framtiden skal organiseres på en annen måte, for eksempel gjennom en egen havbruksforvaltning. Dette reiser mange vanskelige

avgrensninger. Dersom havbruk til havs først skal etableres etter en radikal omorganisering av havbruksforvaltningen så er det en betydelig risiko for at dette vil forsinke investeringer og etablering av nye arbeidsplasser vesentlig. Men det er klart at klarering av arealer, tildeling av tillatelser og gjennomføring av tilsyn med den eksisterende forvaltningsstrukturen vil involvere flere ulike typer myndigheter. Effektive og bærekraftige forvaltningsprosesser vil forandre en betydelig grad av koordinering av ulike forvaltningsmyndigheter, og at en forvaltningsmyndighet får utøve en form for ledelse av prosessene. Når det gjelder tilsyn med ulike sider av driften på offshore havbruksanlegg, er det nødvendig med koordinering og vurdering av digitale løsninger som gjør at fysisk tilsyn ute på anleggene av medarbeidere fra tilsynsmyndigheten kan begrenses.

Figur 8.7 viser definisjoner og tenkning i departementenes (2018) «Havbruk til havs» rapport når det gjelder ulike farvann («innaskjærs», «utaskjærs» og «ytre områder») og offentlige aktører i arealprosesser, prosesser for lokalitetsklarering og tildeling av tillatelser for produksjon. Yttergrensene for produksjonsområdene kan bli endret. Kunnskapsgrunnlaget for dagens yttergrenser i trafikklyssystemet er usikkert. Det foreslås et eget vekstregime for «Ytre områder», utenfor trafikklyssystemet.



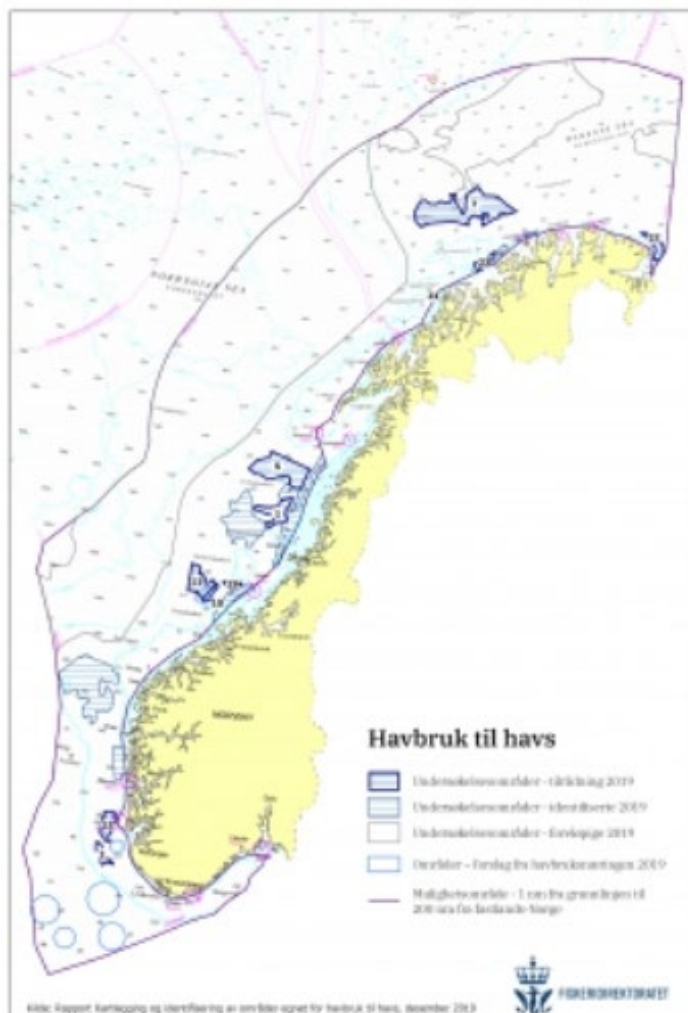
Figur 8.7. Ulike farvann og offentlige aktører, prosesser for lokalitetsklarering og tildeling av tillatelser for produksjon (Kilde: Departementenes (2018) «Havbruk til havs» rapport)

8.9. Arealer for havbruk til havs

For at havbruksanlegg skal etableres til havs må det settes av arealer, og tildeles arealer («blokker») og lokaliteter. Det er i dag ikke noe forbud mot etablering av akvakulturanlegg til havs utenfor plan- og bygningslovens virkeområde. Lokalisering til havs forutsetter, på lik linje med lokalisering innaskjærs, at de generelle vilkårene for tildeling av akvakultur tillatelse er oppfylt, som beskrevet i akvakulturlovens § 6.

Fiskeridirektoratet har i samarbeid med Havforskningsinstituttet kartlagt og identifisert områder som kan være egnet for havbruk til havs, og anbefaler 11 områder som kan være aktuelle for konsekvensutredning.³⁷ Disse områdene er av Fiskeridirektoratet definert som:

- Område 1 Sklinnabanken
- Område 2 Norskerenna sør
- Område 5 Trænabanken
- Område 7 Tromsøyflaket
- Område 10 Frøyabanken sør
- Område 11 Frøyabanken nord
- Område 13 Indrebakken
- Område 15 Haltenbanken sør
- Område 21 Fugløybanken
- Område 23 Lopp havet
- Område 27 Vardø



Figur 8.8. Aktuelle områder for havbruk til havs er presentert i en rapport og egen kartløsning (Kilde: Fiskeridirektoratet)

³⁷ Se Fiskeridirektoratets hjemmeside, [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no).

Kartleggingen av arealene har vært avgrenset til området utenfor én nautisk mil utenfor grunnlinjen og innenfor Norges eksklusive økonomiske sone. Ifølge Fiskeridirektoratet vil det på et senere tidspunkt måtte gjennomføres en konsekvensutredning av alle eller enkelte av de identifiserte områdene. I tillegg til de 11 områdene som anbefales for konsekvensutredning i første omgang, er det identifisert 12 områder som kan være aktuelle på et senere tidspunkt.

Fiskeridirektoratet har gitt ut en egen rapport om «Kartlegging og identifisering av områder egnet for havbruk til havs».³⁸ Rapporten inneholder ikke en fullstendig kartlegging av norske havområder, og Fiskeridirektoratet påpeker at det vil også være andre områder som kan være egnet for havbruk til havs.

Det kan være ulike løsningsalternativer for tildeling av areal eller blokk i «Ytre områder», eventuelt også utaskjærs områder utenfor trafikklyssystemet:

1. Ett driftsselskap (operatør), med flere selskaper som kan gå sammen i et konsortium.
2. MTB-taket for blokken deles i ulike tillatelser, med separate prosesser for klarering av lokaliteter.
3. MTB-taket for blokken deles i ulike tillatelser, og lokalitetene inngår som en integrert del av tillatelsen

For de to siste løsningsalternativene kan enten myndighetene eller søker angi hvor aktuelle lokaliteter kan være.

Innenfor produksjonsområdene utaskjærs og innaskjærs kan en mulighet være å ha «fleksibilitetsregler» med felles biomassetak både i og mellom produksjonsområder, som drøftet i et notat av Wikborg Rein Advokatfirma (2020). Særtillatelser som såkalte teknologiutviklingstillatelser kan også være aktuelt her.

8.10. Kunnskapsbygging og innovasjon i havbruk til havs

I denne rapporten har vi tidligere påpekt at selv om offentlige og private aktører har investert mye i kunnskapsbygging og innovasjonsprosesser, gjenstår det mye FoU og innovasjon i havbruk til havs. Vi har fremdeles begrenset med kunnskap om teknologiske, biologiske og miljømessige forhold. I krevende eksponerte havområder er det viktig å ha sikker drift, for mennesker, oppdrettsfisk og miljøet. Videre så trenger vi mer kunnskap om hvilke tekniske konstruksjoner, digitale løsninger og andre forhold som vil gi konkurransedyktige produksjonskostnader og avkastning på investeringer. Det skal trolig innoveres på mange områder, og det er nødvendig med omfattende forskningsbasert dokumentasjon og analyser.

Det er bedriftene i verdikjeden for havbruk til havs som må stå for mye av investeringene og kostnadene knyttet til kunnskapsbygging og innovasjon. Leverandørene har alltid hatt en sentral rolle i innovasjonsprosesser i havbruk, og det har de også i havbruk til havs. Men leverandørene har ofte utfordringer knyttet til finansiering og finansiell robusthet. Flere

³⁸ Se Fiskeridirektoratets hjemmeside, [Kartlegging og identifisering av områder egnet for havbruk til havs \(fiskeridirektoratet.no\)](https://www.fiskeridirektoratet.no).

forhold gjør kunnskapsbygging og innovasjon krevende i havbruk til havs, forhold som også er til stede i andre sektorer (Arrow, 1962; Dosi, 1988; Martin og Scott, 2000):

- store investeringsbehov – som kan være fra mange millioner til over en milliard kroner,
- høy risiko for å mislykkes av tekniske, organisatoriske eller markedsmessige årsaker,
- manglende finansieringsmuligheter i markedet – svakt utviklede kapitalmarkeder for prosjekter med høy innovasjonsgrad, og konvensjonelle banker og finansieringsinstitusjoner har liten appetitt på finansiering av slike prosjekter pga. høy risiko og begrensede exit muligheter,
- firmaers manglende muligheter for å «appropriere» en tilstrekkelig andel av den samfunnsøkonomiske verdiskapingen som innovasjoner gir i sine bedriftsøkonomiske overskudd.

Dette betegnes i litteraturen gjerne som en «markedssvikt» (Freeman og Soete, 1999). Det kalles en markedssvikt fordi markedet da ikke gir de investeringer i forsknings- og innovasjons prosesser (Fol prosesser) som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det blir rett og slett for lite investeringer i forhold til det som ville gitt mest avkastning for samfunnet. Slike former for markedssvikt er også til stede på en rekke områder hvor bedrifter i havbruk til havs må bygge kunnskap og innovere. Markedssvikt i forsknings- og innovasjonsprosesser skaper en rolle for offentlig politikk og virkemiddelbruk.

Den innovasjonspolitiske verktøykassen omfatter utdanning og forskningspolitikk, offentlige reguleringer og andre tiltak som påvirker den økonomiske og geografiske organiseringen av verdikjedene, skatteincentiver, og offentlige reguleringer og virkemidler som påvirker i hvilken grad bedriftene har like konkurransevilkår

Flere virkemidler er aktuelle for å korrigere for markedssvikt og sikre kunnskapsbygging og innovasjon i havbruk til havs, f.eks.:

- Offentlig støtte til testing av prototyper i bassen o.l.
- Offentlig støtte til vitenskapelig dokumentasjon og vitenskapelige artikler.
- Arenaer med kunnskapsbygging og kunnskapsdeling på viktige områder knyttet til teknologi og drift.
- Teknologiutviklingstillatelser, som beskrives nærmere i neste avsnitt.

Det fins ordninger og programmer som forvaltes av Forskningsrådet, Innovasjon Norge og andre som kan være aktuelle her. Men det må undersøkes nærmere om sentrale forsknings- og innovasjonsområder i havbruk til havs er tilstrekkelig dekket av offentlige Fol programmer og andre tiltak.

8.11. Teknologiutviklingstillatelser

Teknologitillatelser kan være et virkemiddel for å fremme teknologiutvikling og oppskalering av ny teknologi.

Teknologiutviklingstillatelser skal ivareta flere hensyn:

- **Bærekraftig vekst:** Teknologiutviklingstillatelser skal bidra til å løse biologiske, miljømessige og teknologiske utfordringer i næringen, og dermed skape grunnlag for bærekraftig produksjonsvekst i eksponerte farvann

- **Teknologisk diversitet:** Det er nødvendig med en diversitet av teknologiske konsepter som utprøves for å finne de som kan konkurrere på produksjonskostnader og være bærekraftige.
- **Øke innovasjonstempo:** Teknologiutviklingstillatelser skal bidra til å hurtigere få fram nye teknologiske oppdrettskonsepter for eksponerte farvann.
- **Kunnskapsdeling:** Kunnskap fra teknologiutviklingstillatelser skal deles med hele næringen og samfunnet, herunder bidra til økt kunnskap om fiskens biologi, helse og velferd på eksponerte lokaliteter. Det skal være klart definerte krav til FoU aktivitet og dokumentasjon fra teknologiutviklingstillatelser, herunder transparens og deling av kunnskap.
- **Håndtere markedssvikt i FoU:** Teknologiutviklingstillatelser skal utformes slik at de gir incentiver til betydelige private investeringer og finansiell risikotaking for det enkelte utviklingsprosjekt

Teknologiutviklingstillatelser innebærer ingen direkte finansiell støtte fra staten, i form av utbetalinger fra staten. Det vil for utviklingsprosjekter innen offshore havbruksteknologi være store investeringer og høy finansielle risiko for utvikling og dokumentasjon. Investeringene blir gjerne i hundre millioner klassen (i anlegg og biomasse) med årlige kostnader på flere titalls millioner kroner.

Suksess i innovasjonsprosessen, altså et teknologisk konsept med tilstrekkelig robusthet i forhold til hydrodynamiske krefter, biologisk ytelse, fiskevelferd, produktivitet og lønnsomhet, er langt fra sikkert for investor. Det er derfor nødvendig at en teknologiutviklingstillatelse har en prising, varighet og biomasse (MTB) som kan gi FoU prosjektet en rimelig totaløkonomi for private aktører som skal finansiere prosjektet. Det handler om en akseptabel nåverdi for investering med relativt høyt avkastningskrav (10-20%) pga. høy risiko. I motsetning til utviklingstillatelsene skal ikke MTB kunne flyttes innaskjærs inn i produksjonsområdene. Det er et spørsmål om det skal være en konvertering til en kommersiell utaskjærs tillatelse etter en gitt tid og med definerte krav til en gitt pris.

Teknologiutviklingstillatelser er særlig innrettet mot leverandørene, som har en sentral rolle i innovasjonsprosessene og samtidig ofte mangler finansiell kapasitet og robusthet.

8.12. Framdrift i prosesser for forvaltning av havbruk til havs

Det er mye som skal på plass i etablering av forvaltning av havbruk til havs. Det omfatter arealavklaring, konsekvensutredninger, regler for tildeling av tillatelser, arbeidsrettslig regelverk, finansiering og sikkerhet, teknisk standard og drift, regler for ytre miljø, fiskevelferd og helse, og tilsyn. Dette er ressurs- og tidkrevende prosesser, og de krever til dels koordinering mellom departementer og etater. Det har blitt antydnet at «ad hoc-løsninger» kan etableres slik at et ufullstendig regelverk ikke skal sinke fremdriften i prosjekter.

Juridiske rammevilkår er delvis på plass for å regulere havbruk til havs. Det handler delvis om at de juridiske rammene må tilpasses og utfylles, det må foretas endringer i lover og forskrifter, og om utvidelse av geografisk virkeområde for eksisterende lovverk.

Framdriften i prosessene er avhengig av godt samarbeid mellom departementer og etater, og mellom næring, politikere og forvaltning. Det er viktig med gjensidig kunnskapsutveksling i prosessene som skal lede til et hensiktsmessig forvaltningsregime for havbruk til havs. I denne rapporten blir det presentert et veikart for havbruk til havs som inneholder anbefalinger om tiltak og innretningen av disse.

9. Scenarier for havbruk til havs

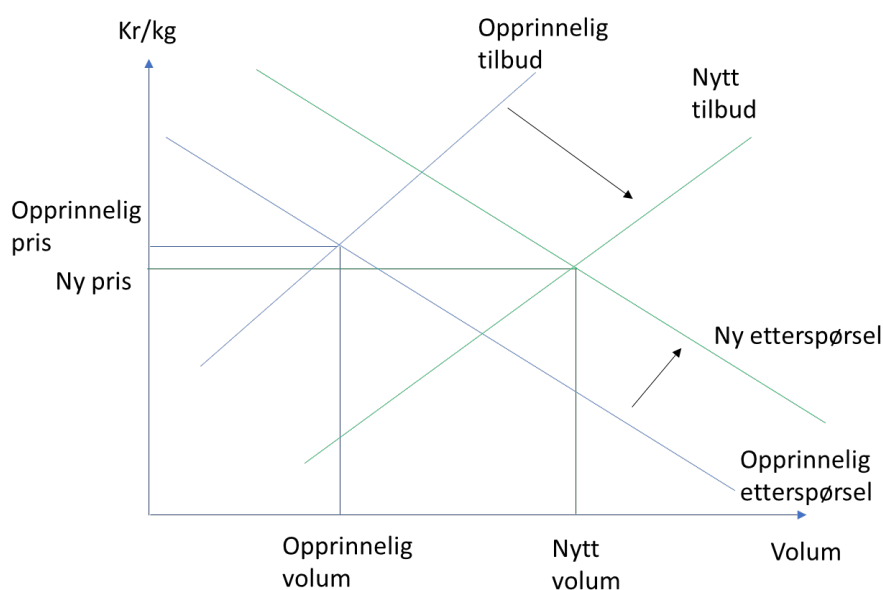
I dette kapitlet presenterer vi scenarier for framtidig produksjon i havbruk til havs og hva det kan bety for hele verdikjeden i form av verdiskaping, sysselsetting og investeringer.

9.1. Sentrale faktorer på tilbuds- og etterspørselssiden

Veksten i volum og pris for sjømat bestemmes av utvikling på både tilbuds- og etterspørselssiden, som illustrert i figur 9.1. Over tid har vi sett en enorm vekst i produksjonen av sjømat fra akvakultur globalt som har blitt drevet av både etterspørselsvekst og innovasjoner og investeringer på tilbudssiden (Tarlock m.fl., 2020). I en scenarieanalyse er det nødvendig å gjøre analyser og antagelser om både tilbud og etterspørsel.

Posisjonen og helningen til tilbudskurven bestemmes av priser på innsatsfaktorer (f.eks. fôr, smolt, arbeidskraft) og i hvilken grad produsenter kan øke produksjonen uten at produktiviteten synker. Her vil både menneskeskapte, biologiske og regulatoriske kapasitetsbeskrankninger påvirke helningen. Posisjonen til etterspørselskurven bestemmes både av preferanser og inntekt. Normalt vil økt inntekt føre til et positivt skift i etterspørselen. I hvilken grad dette fører til at det omsettes økt volum vil avhenge av hvor elastisk (bratt) tilbudskurven er og i hvilken grad denne kan skifte utover i takt med økt etterspørsel.

For atlantisk laks var positive skift i både etterspørsels- og tilbudskurven medvirkende til en stor økning i produsert volum til lavere priser fram mot omtrent 2005. Etter dette har tilbudssiden i laksenæringen hatt større utfordringer med å øke kapasiteten volummessig og med tilstrekkelig lave kostnader. Dette har ført til at volumveksten har vært lavere, og prisen på atlantisk laks har økt. Årsakene til dette er både biologiske utfordringer knyttet til sykdom og lakselus, og at myndighetene i produsentlandene har vært relativt restriktive med å tillate økning i produksjonen (Osmundsen, Almklov og Tveterås, 2017).



Figur 9.1. Både skift i etterspørselskurven og tilbudskurven for sjømat påvirker volum og pris

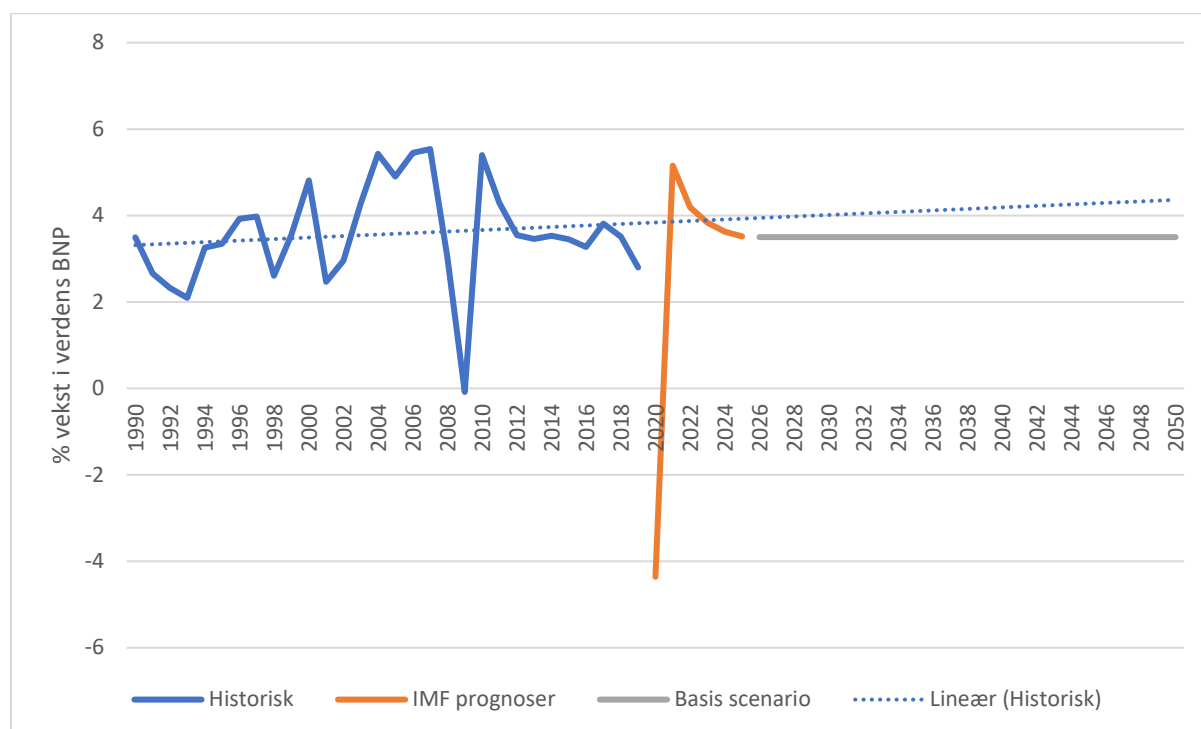
Vi vil peke på følgende faktorer som sentrale drivere for scenariene våre:

- På etterspørselssiden vil utviklingen i befolkning og inntekt være sentrale faktorer som påvirker etterspørselen etter sjømat generelt og laks spesielt.
- På tilbudssiden vil investeringer, innovasjoner og faktorpriser påvirke utvikling i produksjonskostnader og kapasitet, og her vil også myndighetenes politikk og reguleringsregimer være avgjørende.
- Vi skiller mellom utviklingen i tre produksjonsformer: (1) innaskjærs oppdrett i sjøen, (2) landbasert oppdrett og (3) utaskjærs (offshore) oppdrett. Markedsandelene til disse tre produksjonsformene vil avhenge av kostnadsutvikling og reguleringer.

9.2. Etterspørselssiden – vekst i inntekt og etterspørsel etter laks

En vekst i global etterspørsel etter laks er drevet fram av en voksende middelklasse, økt kunnskap om laks som sunn mat, og produktinnovasjoner som har gitt globale konsumenter et stadig større produktspekter av lakseprodukter.

I våre scenarier er utviklingen i verdens inntekt, representert ved bruttonasjonalproduktet (BNP), en avgjørende driver for utviklingen i verdens etterspørsel etter laks. Veksten i verdens BNP er for årene 2020-2025 basert på International Monetary Fund (IMF) sin prognose, og deretter antar vi i basis scenariet en årlig vekst på 3.5%, jfr. figur 9.2.

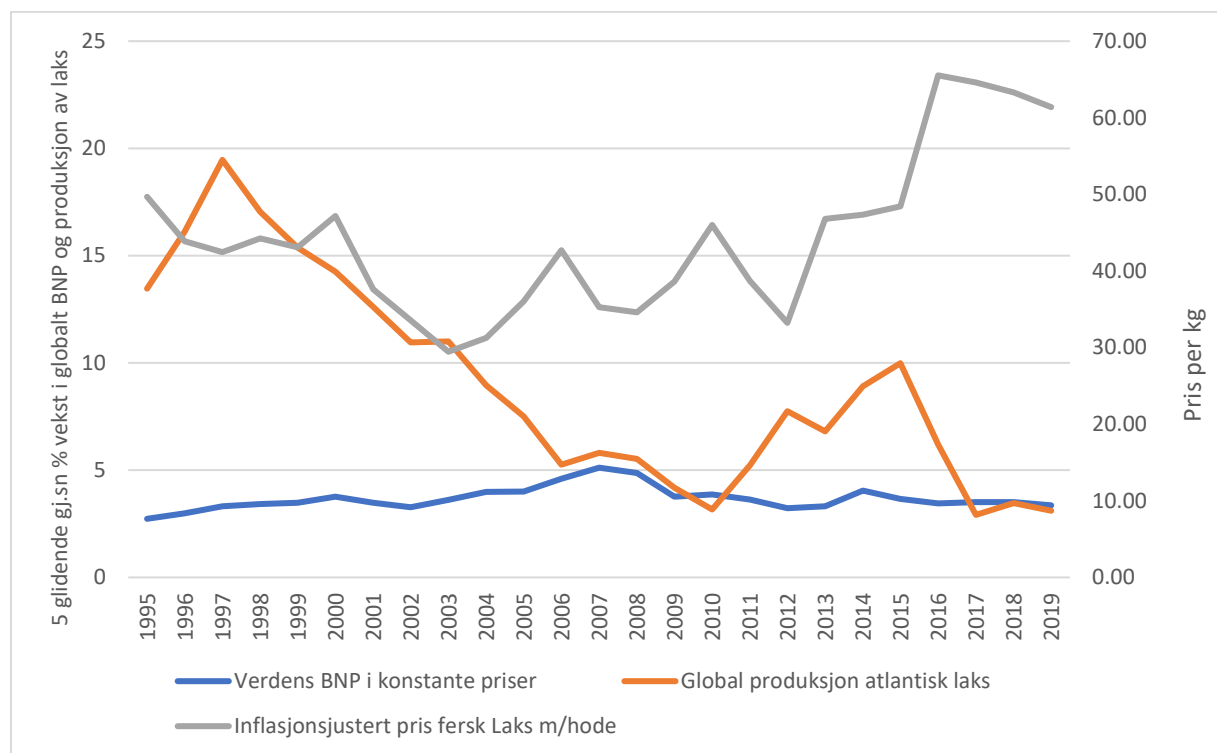


Figur 9.2. Historisk vekst i verdens BNP, IMF BNP prognoser 2020-2025, og basis scenario BNP 2026-2050 (Kilde historikk og prognose 2020-2025: International Monetary Fund)

Et viktig forhold er sammenhengen mellom inntektsvekst og vekst i etterspørselen etter sjømat generelt og atlantisk laks spesielt. Forskningsstudier finner typisk at

etterspørselastisiteten for laks varierer rundt 1, altså at 1% økning i inntekt fører til 1% økning i etterspørselen etter laks (Xie et al., 2009; Sha et al., 2015).

Figur 9.3 viser den prosentvise utviklingen i verdens inntekt representert ved brutto nasjonalprodukt (BNP) og global produksjon av laks fra 1995 til 2019. Det framgår av figuren at lakseetterspørselen fram til 2005 vokste raskere enn verdens BNP, mens deretter har den prosentvise veksten i lakseetterspørselen vært på linje med eller over den globale BNP veksten. Figuren viser også en representativ laksepris, og det er verdt å merke seg at veksten i prisene fra 2013 har nok redusert veksten i lakseetterspørselen de senere årene. De siste ti årene har produksjonen av atlantisk laks i gjennomsnitt økt årlig med 5,8%, mens verdens BNP økte med 3,6%.

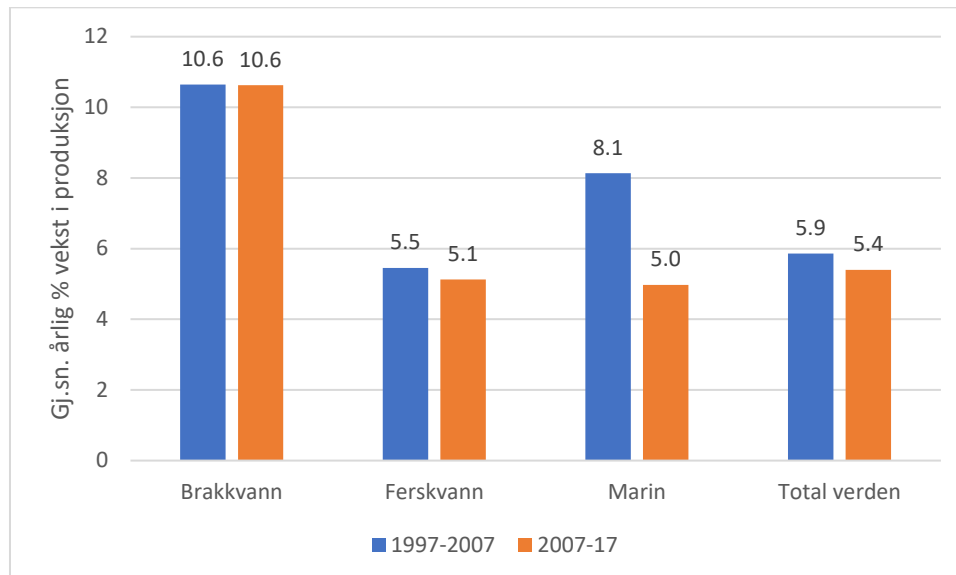


Figur 9.3. Prosentvis vekst i verden BNP og produksjonen av laks, samt prisutviklingen for fersk laks. Kilder: IMF, Kontali.

I basisscenariet antar vi at etterspørselen etter atlantisk laks øker noe raskere enn verdens BNP, med 4% per år. Det betyr at for hver 1% inntektsøkning, representert ved globalt BNP, øker verdens lakseetterspørsel med 1,1%.

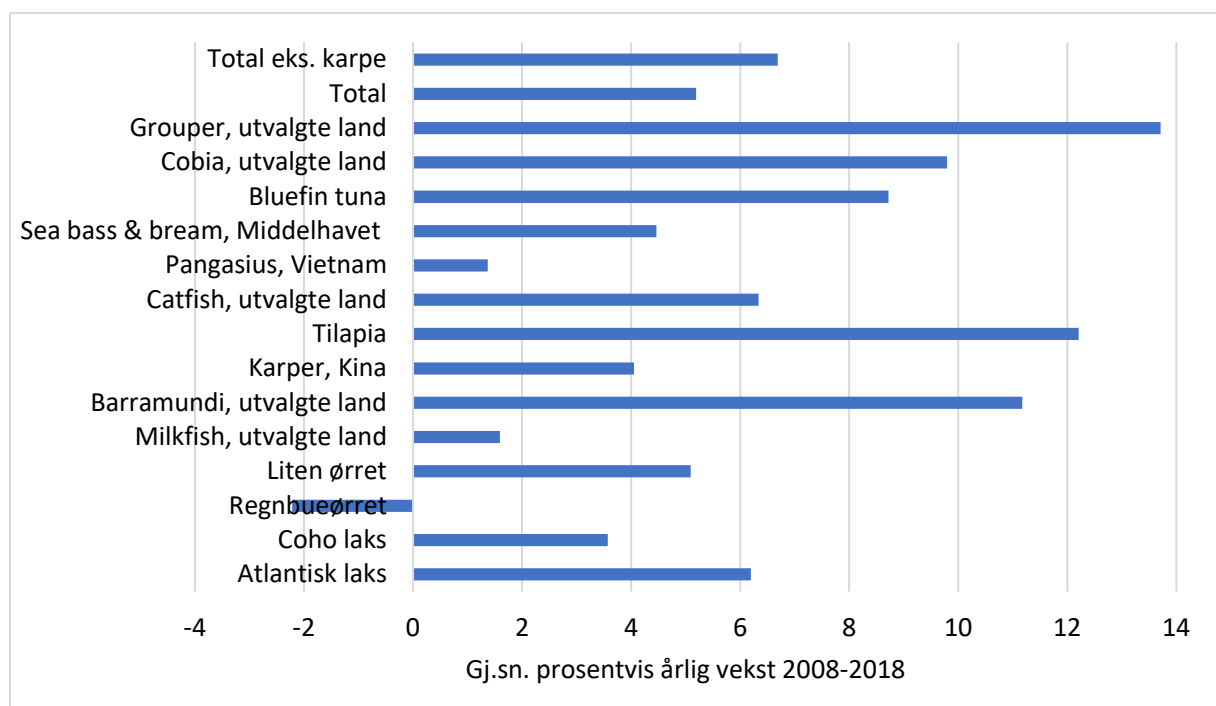
For å sette vekstratene til atlantisk laks i perspektiv, skal vi se på vekst i et større globalt perspektiv. Verdens globale produksjon av fisk og andre arter i 2018 var på 179 millioner tonn. Av dette var 96 millioner tonn (54%) fra fangstsektoren, mens 82 millioner tonn ble produsert i akvakultur (46%). Fangstsektoren er ikke i stand til å øke produksjonen sin framover, og har i et par tiår opplevd stagnasjon, fordi verdens bestander av villfisk er fullt utnyttet eller overutnyttet. Dette betyr at akvakultursektoren må stå for fremtidig produksjonsvekst for å møte økt etterspørsel fra verdens befolkning. Dette har også vært en viktig driver for høye vekstrater i akvakulturproduksjon de siste tiårene.

Figur 9.4 viser gjennomsnittlig prosentvis årlig vekst i produksjon av oppdrettsfisk i verden. Vi ser her at verdens produksjon av oppdrettsfisk økte med 5,9% i tiårsperioden 1997-2007, og med 5,4% i perioden 2007-2017. Produksjonen i marine farvann, som også omfatter atlantisk laks, økte med 8,1% i tiårsperioden 1997-2007, og med 5% i perioden 2007-2017.



Figur 9.4. Gjennomsnittlig prosentvis årlig vekst i produksjon av oppdrettsfisk i verden.
Kilde: FAO

Figur 9.5 viser gjennomsnittlig årlig prosentvis vekst i produksjonen av utvalgte oppdrettsarter for perioden 2008-2018. Vi ser at atlantisk laks lå omtrent på samme nivå som total veksten for disse artene, rundt 6%.



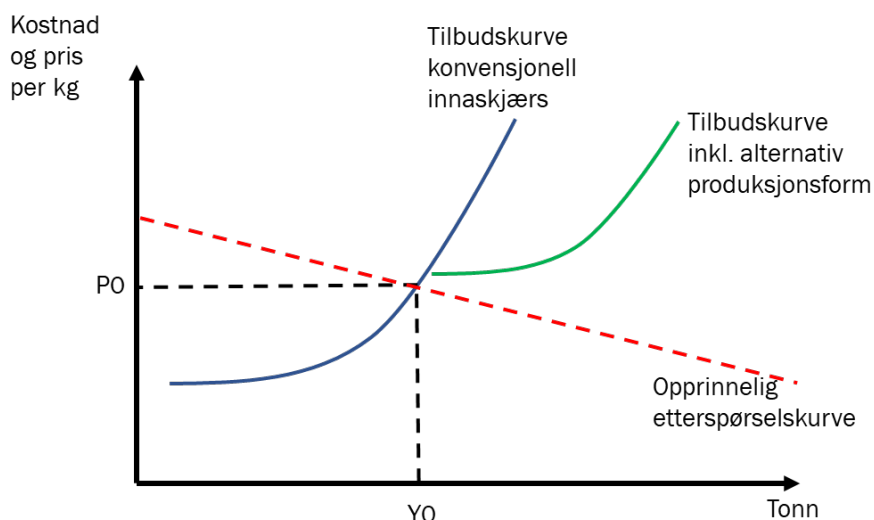
Figur 9.5. Gjennomsnittlig årlig vekst i produksjonen av oppdrettsarter 2008-2018. (Kilder: Kontali, Global Aquaculture Alliance)

Det kan også nevnes at når Verdensbanken i 2013 laget sine scenarier for veksten i verdens sjømatproduksjon mot 2030, i rapporten «*Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture*», så forutsatte man en vekstrate på 3% årlig for akvakultur sektoren globalt, og antok videre at laks ville opprettholde sin markedsandel (World Bank, 2013; Kobayashi m.fl., 2015). I rapporten «*OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*» antas en gjennomsnittlig årlig vekstrate for akvakultur produksjon av fisk på 2,3% fra 2020 til 2029 (OECD-FAO, 2020). Vi antar videre at lakseprisen fram mot 2050 holder seg omtrent på dagens nivå i konstante 2020 priser, rundt 60 kroner målt ved eksportpris på fersk laks med hode.

9.1. Tilbudssiden – produktivitetsutvikling i ulike sektorer

Ut fra vurderinger og forutsetninger om produktivitetsutviklingen til innaskjærs lakseoppdrett i sjø, landbasert lakseoppdrett og utaskjærs (offshore) lakseoppdrett gjør vi en fordeling av produksjonen mellom disse tre sektorene både for Norge og øvrige verden. Den økende produksjonen og markedspenetrasjonen til landbasert og offshore havbruk er basert på en forutsetning om at produktiviteten reflektert i lavere produksjonskostnader utvikler seg relativt bedre enn i innaskjærs havbruk. Dette betyr ikke at produksjonskostnadene i offshore og landbasert oppdrett må komme på linje med innaskjærs havbruk. Men det må innebære at produksjonskostnadene blir tilstrekkelig lave i forhold til betalingsviljen i markedene til at det blir rom for vekst i disse sektorene.

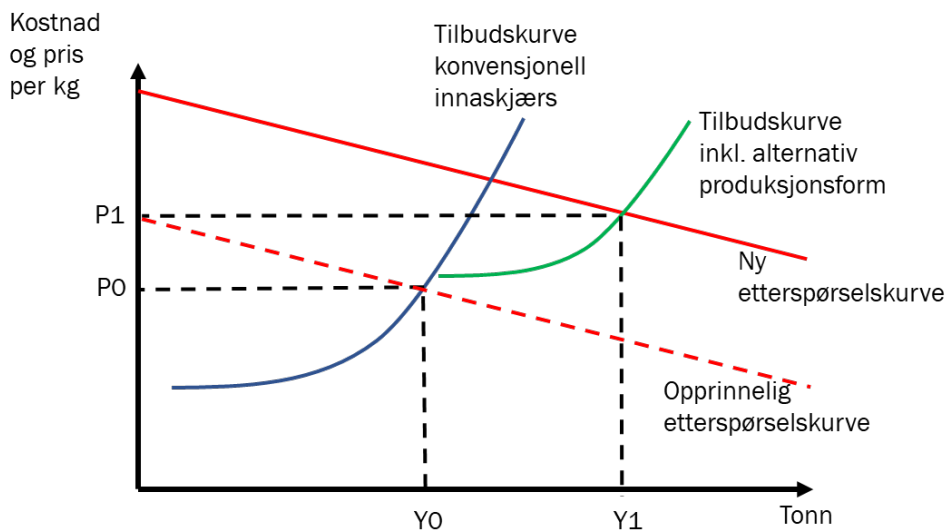
Dette er illustrert i figur 9.6, hvor det er en tilbudskurve som representerer produksjonskostnadene (eller mer presist grensekostnadene) for konvensjonell innaskjærs oppdrett. I tillegg er det en tilbudskurve for alternative produksjonsformer – landbasert og offshore oppdrett – som ligger på et høyere nivå enn konvensjonelt. Med den etterspørselskurven for laks som er vist i figur 9.6 er det ikke rom for de alternative produksjonsformene. Produksjonskostnadene til de alternative teknologiene er for høye, så all laks produseres av konvensjonell sektor.



Figur 9.6. Laksemarked med etterspørsel som ikke gir rom for alternative teknologier

Men hvis verdens etterspørsel etter laks øker tilstrekkelig blir det også rom for de alternative produksjonsformene, som vist i figur 9.7. Fremdeles er innaskjærs oppdrett i sjø den

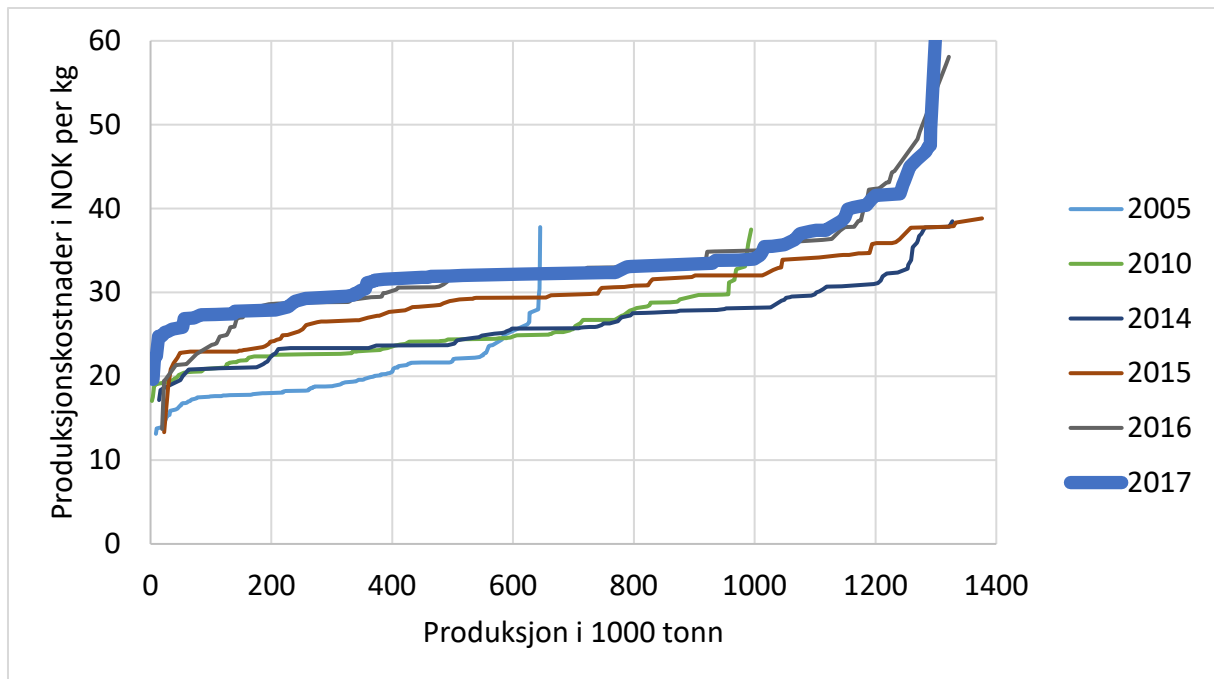
dominerende sektoren (med produksjonsvolum Y_0), men nå er det også en betydelig produksjon til de alternative sektorene (med produksjonsvolum $Y_1 - Y_0$) til noe høyere kostnader.



Figur 9.7. Laksemarked med etterspørsel som gir rom for alternative teknologier

For innaskjærs havbruk er det rimelig å anta at noe av produksjonen i fremtiden kan bli lukket eller semi-lukket, drevet av smittepress og miljømessige utfordringer. Men det er grunn til å anta at lukket og semi-lukket produksjon i sjø vil ha en noe høyere produksjonskostnad enn høyproduktive anlegg med åpne merder. Figur 9.8 viser produksjonskostnadene per kg i norsk innaskjærs lakseoppdrett når selskapene er sortert fra laveste til høyeste kostnader. Kostnadskurvene kan betraktes som "kvasi" tilbudskurver. Figuren viser hvordan kostnadskurven har skiftet oppover fra 2005 til 2017. Videre manifesterer de biologiske eksternalitetene seg i en volatilitet i produktivitet, kostnader og lønnsomhet, både for lokaliteter, selskaper og regioner (jfr. Kumbhakar og Tveterås, 2003; Flaten, Lien og Tveterås, 2011)³⁹.

³⁹ De siste ti årene har også prisusikkerheten økt (Asche, Misund og Oglend, 2018; Misund, 2018). Hovedårsaken til den økte volatiliteten er en stram tilbudsside.



Figur 9.8. Produksjonskostnadene i norsk kystzoneoppdrett har økt betydelig fra 2005. Inflasjonsjusterte kostnader, 2017=100 (Datakilde: Fiskeridirektoratet).

Lakseoppdrett innaskjærs har et betydelig vekstpotensial som en bærekraftig produksjonsform med konkurransedyktige kostnader. Men for å være bærekraftig må det gjøres store investeringer i forskning og innovasjon, og i fullskalaanlegg. I framtiden må man forvente høyere kostnader enn det man hadde rundt tusenårsskiftet, og betydelig biologisk drevet volatilitet i kostnader.

Norge har siden 1990 hatt en global markedsandel på mellom 40% og 70% for atlantisk laks. I 2019 var markedsandelen 52%. Vi antar i basisscenariet at Norge har en andel av verdens lakseproduksjon på 40-50% fram mot 2050, med noe variasjon over tid. Dette innebærer at Norge klarer å opprettholde sin konkurranseevne over tid.

9.2. Verdiskaping

Scenarieanalysen omfatter også utviklingen i verdiskapingen knyttet til havbruk, for hele verdikjeden og inklusive ringvirkninger. Verdiskaping (eller bruttoproduktet) for en bedrift er salgsinntekt minus kjøp av varer og tjenester. Verdiskapingen fordeles mellom eiere i form av kapitalinntekter (overskudd), sysselsatte i form av lønn og til offentlig sektor i form av skatter og avgifter.

Estimatene bygger på tall fra Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse for matfisk og Sintefs rapport "Nasjonal betydning av sjømatnæringen" (Richardsen m.fl. 2019, 2020). Den totale verdiskapingen knyttet til havbruksnæringen kan defineres som: Total verdiskaping = Verdiskaping leverandører til matfisk + Verdiskaping i matfisk + Verdiskaping i bearbeiding og eksport + Verdiskaping i andre næringer som leverer til havbruksverdikjeden (Ringvirkninger).

For årene 2016-2018 har Richardsen m.fl. (2019) i en Sintef rapport estimert følgende verdiskaping i sektorer knyttet til akvakultur:

Tabell 9.1. Verdiskaping i sektorer knyttet til akvakultur i løpende mill. NOK

Sektor	2016	2017	2018
Akvakultur	29140	30070	31570
Fiskeforedling	1240	1750	1720
Eksport-/handelsledd	1530	1590	1650
Ringvirkninger andre næringer	31270	32140	33920
TOTAL	63180	65550	68860
TOTAL EKS AKVAKULTUR	34040	35480	37290

Kilde: Richardsen m.fl. (2019).

For våre verdiskapingsscenarier baserer vi oss på historiske forholdstall mellom eksportverdi og verdiskaping i ulike ledd av verdikjeden og ringvirkninger fra Sintef sine analyser.

Verdiskaping i matfiskleddet er definert som følger:

Verdiskaping i matfiskleddet = (Produksjon laks)(Verdiskaping i matfiskleddet per produsert kg)*

Verdiskaping i matfiskleddet per produsert kg er definert som følger:

*Verdiskaping i matfiskleddet per produsert kg = (Inflasjonsjustert eksportpris fersk laks med hode) * (Forholdstall eksportpris/verdiskaping matfisk)*

Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkninger er definert som følger:

Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkninger = (Produksjon laks)(Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkninger per produsert kg)*

Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkninger per produsert kg er definert som følger:

*Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkninger per produsert kg = (Inflasjonsjustert eksportpris fersk laks med hode) * (Forholdstall eksportpris/verdiskaping øvrig verdikjede og ringvirkninger)*

9.3. Sysselsetting

Havbruk skaper arbeidsplasser i hele verdikjeden, samt i ringvirkningsnæringer. Dette er vist i tabell 9.2, som bygger på Sintef rapporten til Richardsen m.fl. (2019). Tabellen viser at av cirka 42.000 årsverk knyttet til havbruk i 2018, utgjør akvakultur (matfisk og settefisk) cirka 8.200 årsverk, mens 34.150 årsverk er i øvrig verdikjede og ringvirkningssektorer.

Tabell 9.2. Årsverk i sektorer knyttet til akvakultur

Sektor	2016	2017	2018
Akvakultur	6 900	7 600	8 200
Fiskeforedling	2 890	2 920	2 950
Eksport-/handelsledd	900	900	910
Øvrig verdikjede og ringvirkninger	28 450	29 140	30 290
TOTAL	39 140	40 560	42 350
TOTAL EKS AKVAKULTUR	32 240	32 960	34 150

Kilde: Richardsen m.fl. (2019).

I vår scenarieanalyse drives utviklingen i sysselsetting av produksjonsveksten i matfisk. Vi tar utgangspunkt i forholdstall basert på Sintef rapporten til Richardsen m.fl. (2019), som vist i tabell 9.3.

Tabell 9.3. Årsverk per 1000 tonn matfisk produsert i sektorer knyttet til akvakultur

Sektor	2016	2017	2018
Akvakultur	5.2	5.8	6.1
Fiskeforedling	2.2	2.2	2.2
Eksport-/handelsledd	0.7	0.7	0.7
Ringvirkninger andre næringer	21.5	22.4	22.4
TOTAL	29.6	31.1	31.4
TOTAL EKS AKVAKULTUR	24.4	25.3	25.3

Kilde: Richardsen m.fl. (2019).

I økonomien er det over tid en vekst i arbeidsproduktiviteten. Havbruk har siden begynnelsen av 1990-tallet hatt en betydelig vekst i arbeidsproduktiviteten som har ført til at man kan produsere betydelige kvanta oppdrettslaks med relativt få sysselsatte. Vi antar også for perioden 2020-2050 at det vil være en vekst i arbeidsproduktiviteten over tid som fører til at 1000 tonn med laks kan produseres med færre årsverk i akvakultur, øvrig verdikjede og ringvirkningssektorer.

9.4. Kapital og investeringer

Når havbruksproduksjonen over tid vokser er det nødvendig med investeringer i kapitalutstyr i hele verdikjeden og ringvirkningsnæringer, f.eks. fôrfabrikker, smolt- og postsmoltproduksjon, matfiskanlegg, brønnbåter, og slakterier.

I scenarioanalysen ser vi bare på investeringer i kapitalutstyr – i bygninger, fartøy, kjøretøy, maskiner, mm. – ikke på investeringer kjøp av tillatelser for å produsere laks (MTB) eller biomasse. Hvis tillatelser og biomasse er inkludert er totale investeringer og kapitalbinding mye høyere.

I scenarioanalysen foretas investeringer i ulike ledd i verdikjeden og ringvirkningsnæringer både for å (1) øke produksjonskapasiteten og (2) erstatte produksjonsutstyr som har blitt utslitt eller av andre grunner må skiftes ut.

Investeringer i produksjonsutstyr for å øke produksjonskapasiteten i år t er gitt ved:

$$(Investering \text{ økt produksjonskapasitet})_t = (Investering \text{ per nytt tonn produsert}) * [(Produksjon \text{ laks})_{t+1} - (Produksjon \text{ laks})_t]$$

Investeringer i år t for å erstatte produksjonsutstyr som har blitt utslitt eller av andre grunner må skiftes ut, er gitt ved:

$$(Investering \text{ for å erstatte kapitalslit})_t = (Kapital)_{t-1} * (Kapitalslit \text{ i \% av kapital})_{t-1}.$$

Totalkapital i år t er gitt ved:

$$(Kapital)_t = (Kapital)_{t-1} + (Investering \text{ økt produksjonskapasitet})_t + (Investeringer \text{ for å erstatte kapitalslit})_t - (Kapitalslit)_t.$$

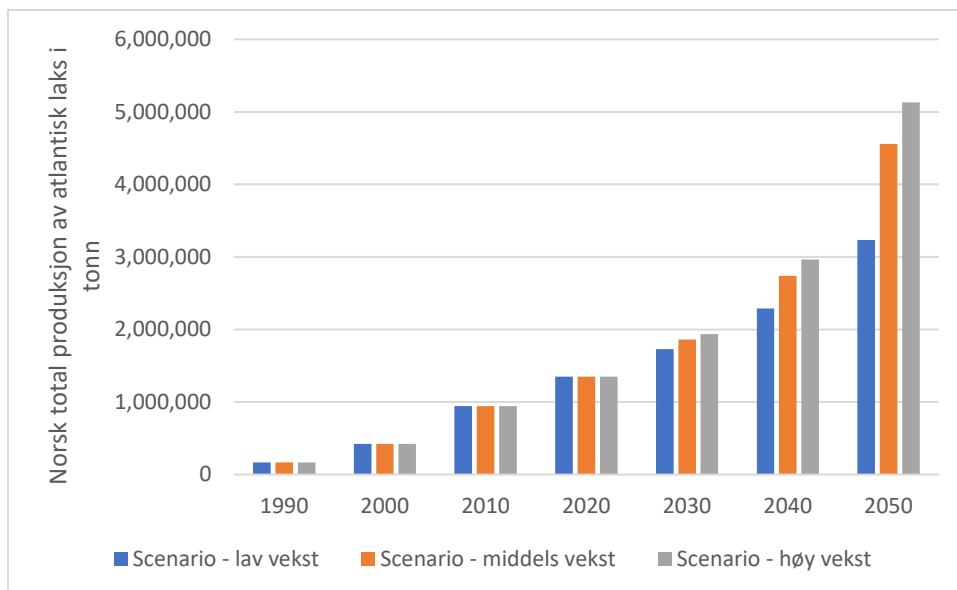
9.5. Scenarier for verdiskaping, arbeidsplasser og investeringer

Vi presenterer i det følgende scenarieanalyser for global og norsk lakseoppdrett mot 2050, med spesielt fokus på havbruk til havs. Vi kvantifiserer hva scenariene kan bety for hele verdikjeden i form av verdiskaping, sysselsetting og investeringer. Utviklingen i volum og pris for laks og annen sjømat bestemmes av utvikling på både tilbuds- og etterspørselssiden. Over tid har vi sett en enorm vekst i produksjonen av sjømat fra akvakultur globalt, og laks spesielt, som har blitt drevet av både etterspørselsvekst og innovasjoner og investeringer på tilbudssiden.

I våre scenarier er vi relativt nøkterne når det gjelder utviklingen i etterspørselen etter laks i forhold til vekst i verdensøkonomien. Historisk har lakseetterspørselen vokst hurtigere i forhold til inntektsutviklingen i de globale markedene enn det vi bygger inn i scenariene. Men på tross av en relativ nøkternhet gir scenariene store perspektiver når det gjelder den framtidige verdikjeden for laks.

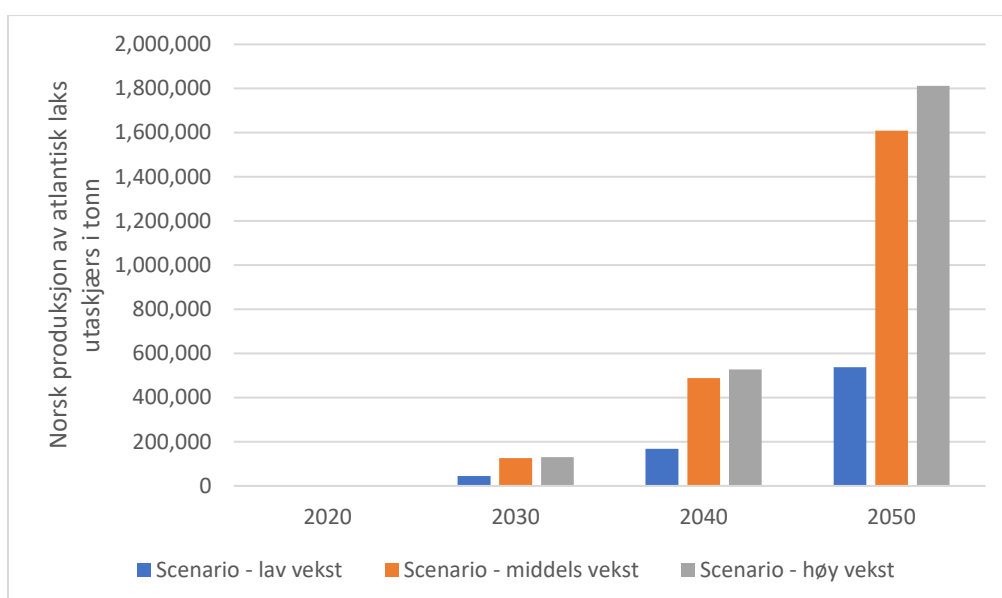
9.5.1. Norsk produksjon

Vi presenterer her tre scenarier med ulik vekst i global og norsk produksjon av laks. Som vist i figur 9.9 spenner de tre scenariene «Lav», «Middels» og «Høy» vekst fra en produksjon på litt over 3 millioner tonn til litt over 5 millioner tonn laks i 2050.



Figur 9.9. Tre scenarier for norsk total produksjon av atlantisk laks

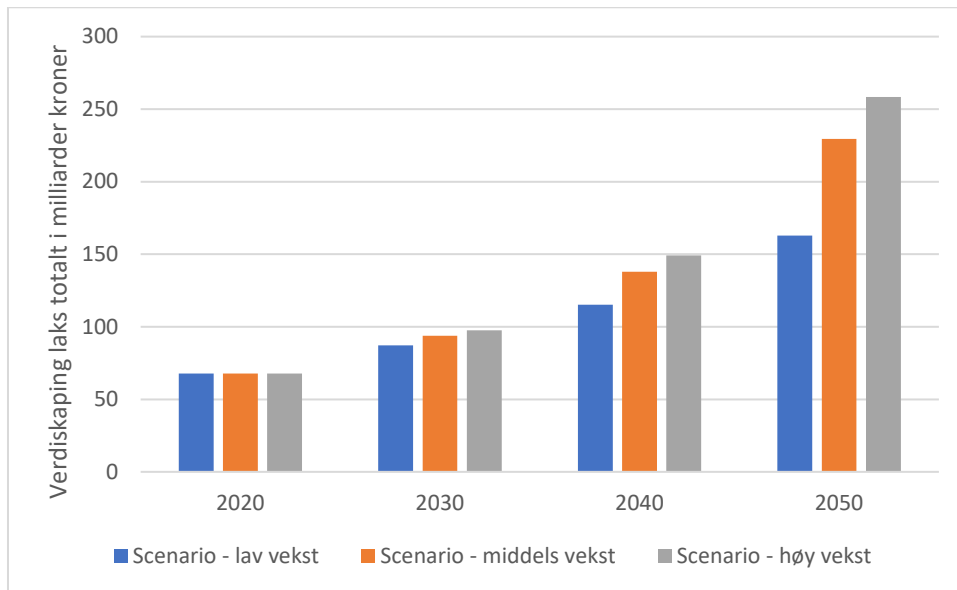
Havbruk til havs tar i scenariene en økende andel av produksjonen. Dette bygger på ulike forutsetninger om offentlige rammevilkår og produktivitetsvekst i havbruk til havs, også relativt til innaskjærs og landbasert produksjon. I lavvekstscenariet antar vi også delvis at havbruk til havs får en svært treg start fordi prosessene med tilrettelegging av reguleringsregime og andre rammevilkår i Norge skjer i et sakte tempo, og at reguleringene ikke får en tilstrekkelig effektiv utforming som sikrer nok konkurransekraft og bærekraftig vekst utaskjærs. I våre tre scenarier går utaskjærs havbruk fra omtrent ingen produksjon i 2020 til en produksjon – avhengig av scenario – på 50-130 tusen tonn i 2030, og videre mot 2050 fra lavvekst-scenariet på 540 tusen tonn til høyvekst scenariet på hele 1,8 millioner tonn, som vist i figur 9.10.



Figur 9.10. Tre scenarier for norsk utaskjærs produksjon av atlantisk laks

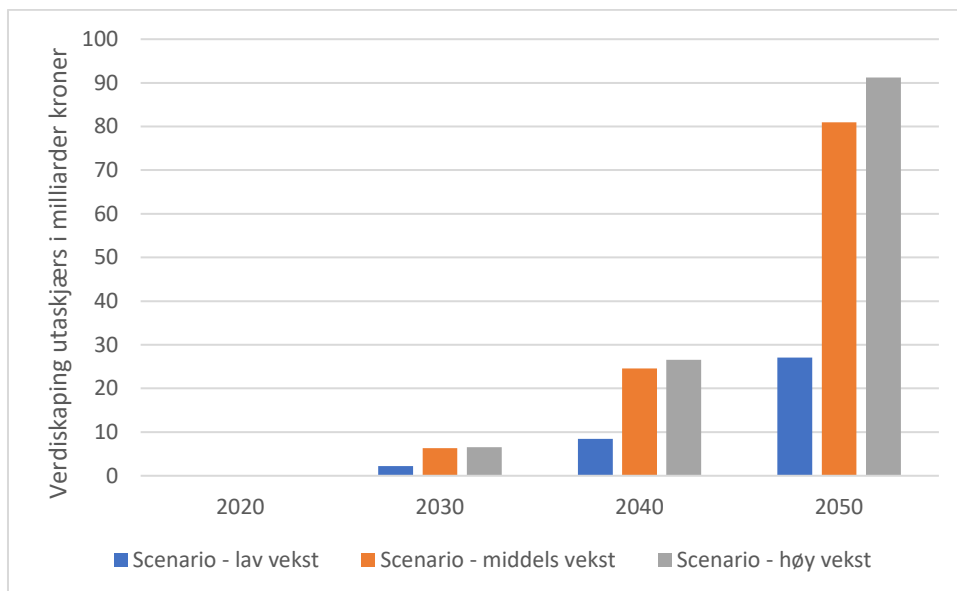
9.5.2. Norsk verdiskaping

Disse scenariene leder til en verdiskaping for den totale norske lakseverdikjeden med ringvirkingsnæringer – målt i faste 2020 kroner - på 87-100 milliarder kroner i 2030 til 160-260 milliarder kroner i 2050, som vist i figur 9.11.



Figur 9.11. Tre scenarier for verdiskaping i den norske verdikjeden for atlantisk laks

For havbruk til havs leder scenariene til en verdiskaping for verdikjeden med ringvirkingsnæringer – målt i faste 2020 kroner - på 2-7 milliarder kroner i 2030 til 30-90 milliarder kroner i 2050, jfr. figur 9.12.

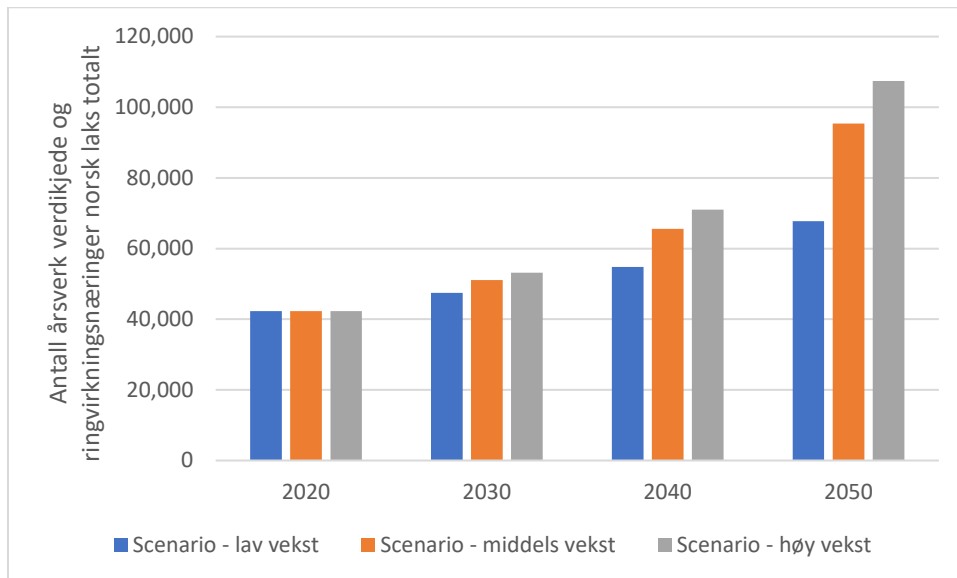


Figur 9.12. Tre scenarier for verdiskaping i norsk utaskjærs verdikjedi for atlantisk laks

9.5.3. Årsverk i Norge

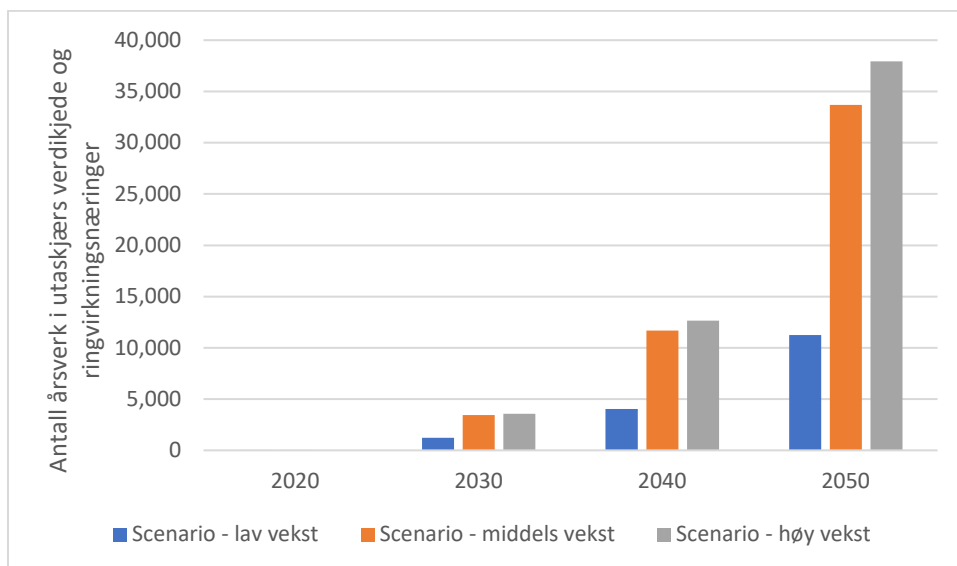
Det kan bli skapt mange nye arbeidsplasser i tilknytning til norsk havbruksnæring mot 2050. Men vi forutsetter en fortsatt betydelig vekst i arbeidsproduktiviteten, som innebærer at det blir stadig færre direkte og indirekte årsverk per produsert tonn laks mot 2050. Likevel leder

scenariene våre til en sysselsetting for den totale norske lakseoppdrettsbaserte verdikjeden med ringvirkningsnæringer på 47-53 tusen årsverk i 2030, og til 67-107 tusen årsverk i 2050, jfr figur 9.13.



Figur 9.13. Tre scenarier for antall årsverk i den norske verdikjeden atlantisk laks

For havbruk til havs leder scenariene til en sysselsetting for verdikjeden med ringvirkningsnæringer på 1300-3600 årsverk i 2030 til 11300-37000 årsverk i 2050, jfr. figur 9.14, selv om vi også her antar en betydelig vekst i arbeidsproduktiviteten.

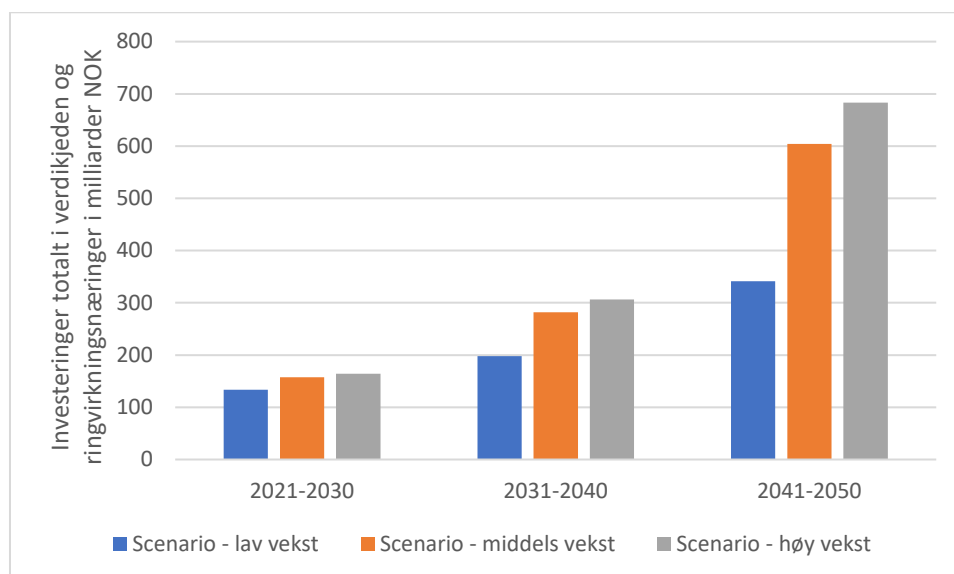


Figur 9.14. Tre scenarier for antall årsverk i den norske verdikjeden for utaskjærs havbruk

9.5.4. Investeringer i Norge

Det er nødvendig med enorme investeringer mot 2050 for å bygge og vedlikeholde kapasitet i alle ledd i verdikjedene for laks. Scenariene våre leder til investeringer i tiårsperioden 2021-2030 for den totale norske lakseoppdrettsbaserte verdikjeden på 133-164 milliarder kroner, jfr. figur 9.15. Det er viktig å merke seg at vi her *ikke* har inkludert investeringer i

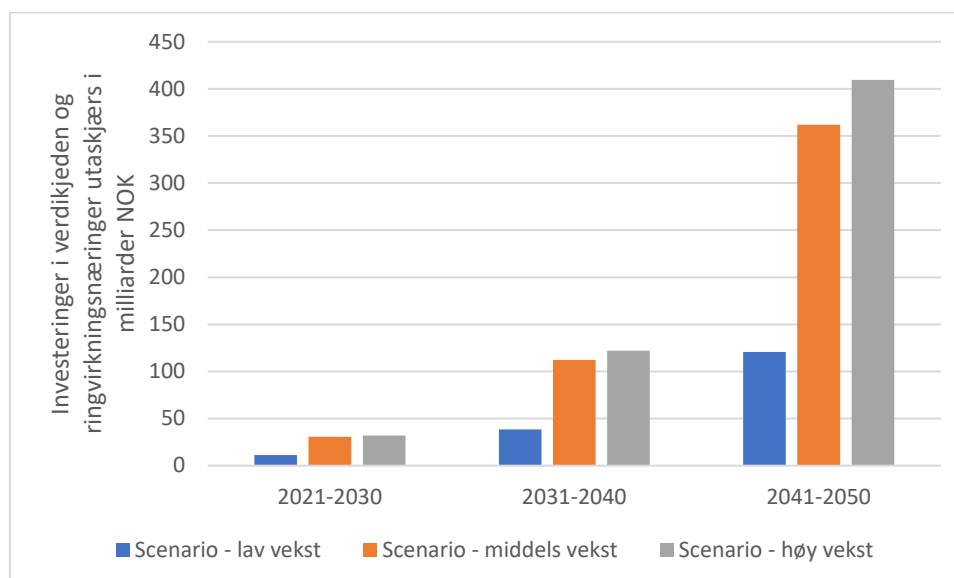
akvakulturtillatelser (MTB) som havbrukselskapene betaler til samfunnet, bare investeringer i bygninger, maskiner, fartøy, havbruksanlegg mm. I tiårsperioden 2041-2050 øker investeringene til hele 340-680 milliarder kroner.



Figur 9.15. Tre scenarier for investeringer i den norske verdikjeden atlantisk laks

For havbruk til havs leder scenariene våre til investeringer for verdikjeden i tiårsperioden 2021-2030 fra bare 11 milliarder kroner i lav vekst scenariet med regulatorisk tregghet utaskjærs, til 32 milliarder kroner i høyvekst scenariet. Jfr figur 9.16. Igjen, vi har her *ikke* inkludert investeringer i akvakulturtillatelser (MTB) som havbrukselskapene betaler til samfunnet, bare i kapitalutstyr. Et usikkerhetsmoment er også ledetiden til investeringene. For våre produksjonsscenarier er det mulig at investeringene må gjøres tidligere enn det vi har antatt pga. byggetiden, og da vil investeringene i perioden 2012-2030 bli høyere enn det vi har antatt her.

I tiårsperioden 2041-2050 øker investeringene til 120 milliarder kroner i lav vekst scenariet til formidable 400 milliarder kroner i høyvekst scenariet.

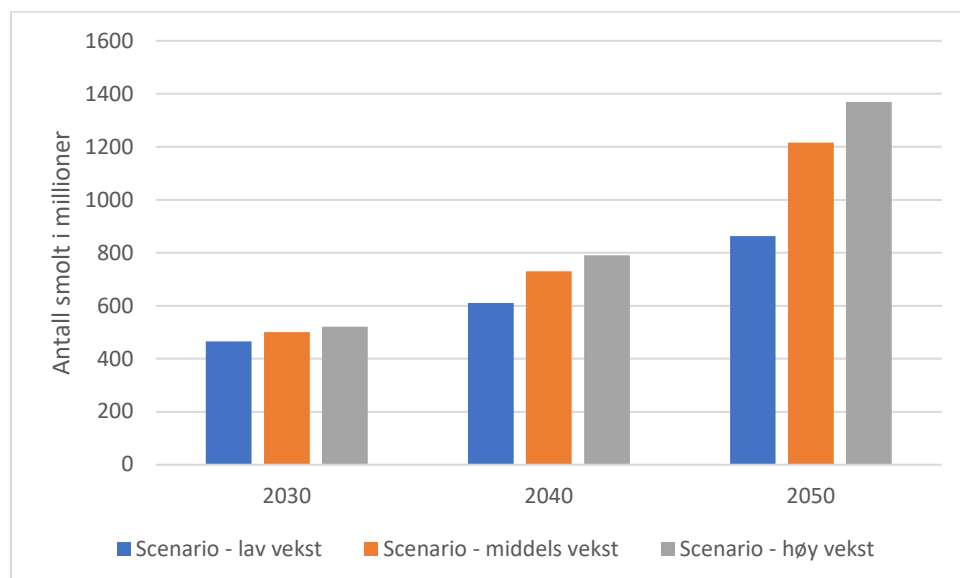


Figur 9.16. Tre scenarier for investeringer i den norske verdikjeden for utaskjærs havbruk

9.5.5. Smolt og postsmolt behov i Norge

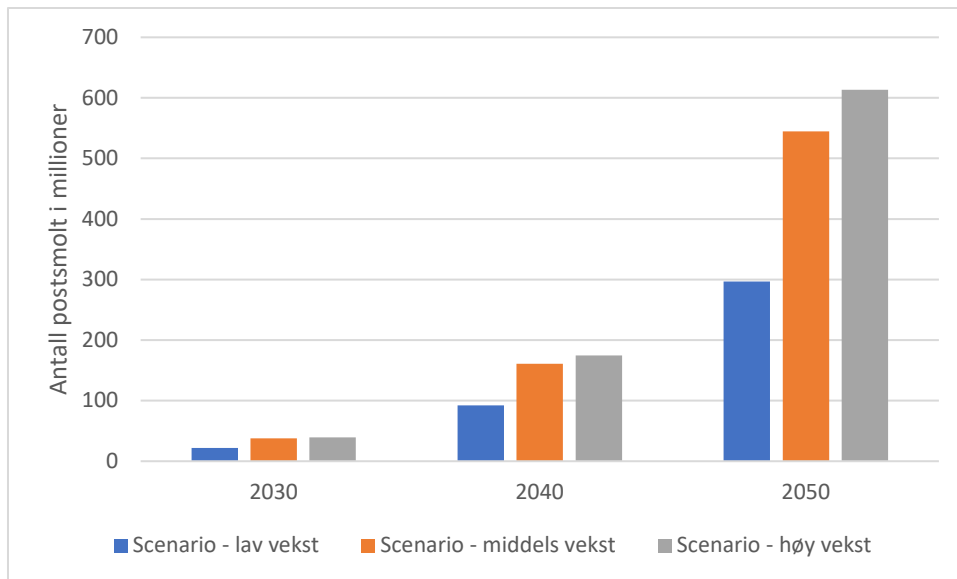
Vi har også laget scenarier for etterspørsel etter smolt (herunder storsmolt) og postsmolt i de ulike scenariene. Veksten i lakseproduksjonen fører til en tilsvarende økning i etterspørselen etter smolt, mens havbruk til havs vil være en viktig driver for en større prosentvis vekst i etterspørselen etter postsmolt. Vi antar imidlertid også at deler av innaskjærs havbruk vil etterspørre mer postsmolt for å kutte produksjonstiden i åpen merd i sjø og redusere eksponeringen mot lakselus mm.

I 2030 spenner våre scenarier fra 465 til 521 millioner individer smolt (herunder storsmolt) som blir etterspurt fra matfisk, jfr. figur 9.17. Dette øker videre til et spenn fra 610 til 790 millioner individer smolt som blir etterspurt fra matfisk i 2040. I 2050 spenner våre scenarier fra hele 862 millioner til 1,37 milliarder individer smolt som blir etterspurt fra matfisk.



Figur 9.17. Etterspørsel etter smolt og storsmolt i millioner individer

Når det gjelder postsmolt er havbruk til havs den sektoren som relativt sett etterspør mest. Siden denne sektoren er relativt liten i 2030 er også etterspørselen mer beskjeden, men allikevel betydelig i antall individer. I 2030 spenner våre scenarier fra 22 til 40 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisksektoren, jfr. figur 9.18. Dette øker videre til et spenn fra 92 til 175 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisk i 2040. I 2050 spenner våre scenarier fra hele 297 til 613 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisk.



Figur 9.18. Etterspørsel etter postsmolt i millioner individer

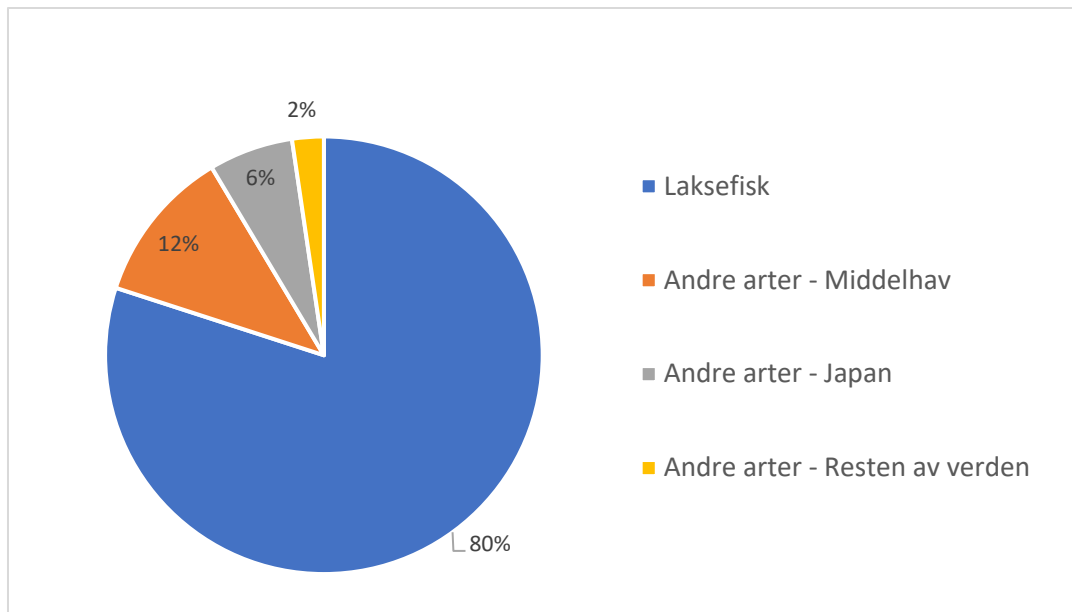
Vi har sett at for havbruk til havs så er det et stort spenn i våre scenarier når det gjelder verdiskaping, sysselsetting og investeringer. Mye av dette spennet knytter vi til det norske samfunnets evne til å få på plass gode reguleringer og få disse på plass tilstrekkelig hurtig.

9.6. Globalt havbruk gir også muligheter

Selv om laksenæringen i Norge er det naturlige utgangspunktet for å bygge en verdikjede for offshore havbruk, ligger det også store muligheter internasjonalt. Norge står for bare litt over en million tonn av nærmere 60 millioner tonn oppdrettsfisk som produseres globalt. Mye av dette volumet vil også i framtiden produseres på land og innaskjærs, og per i dag produseres bare i underkant av 4 millioner tonn i marine farvann.

Det er verdt å merke seg at merdbasert oppdrett av laksefisk (diadrome⁴⁰ arter) utgjør en betydelig andel av dagens produksjon av marin fisk, og blant de øvrige volumer – jfr. figur 9.19 – er det spesielt middelhavs-regionen (seabass, seabream, meagre samt tunfisk), som representerer de største volumer av merdbasert oppdrett. Utover disse segmentene, er den største produksjonen av marin fisk i akvakultur i Japan, Sør-Øst-Asia, Kina, og til dels i Oceania, men mye av denne produksjonen skjer i dammer og poller på land. Av merdbaserte sjøbaserte operasjoner, er nok Japan og Australia, med seabream-arter, amberjack, tunfisk, cobia og ulike grouper-arter som de viktigste.

⁴⁰ Diadrome betyr at de lever deler av livssyklusen både i fersk- og i sjøvann.



Figur 9.19. Estimert fordeling av produksjon i marin oppdrett i 2018 (Kilde: Kontali, FAO)

Men i mange land er eksponerte havområder de som gir best vannkvalitet og minst konflikter med andre aktører. Det er ikke tilgangen på utaskjærs arealer som begrenser produksjonen globalt i framtiden. Det handler mer om man klarer å utvikle offshore havbruksteknologier som gir lave nok produksjonskostnader, samtidig som de har tilstrekkelig biosikkerhet og akseptable miljøkonsekvenser. Prisene på oppdrettsfisk har steget over tid, men det er stor variasjon i prisnivå mellom arter og derfor nivå på produksjonskostnader som kan gi lønnsomhet.

Typisk for de fleste marine arter som det er etablert oppdrett i kommersiell skala på, er at disse er foretrukket i høypris-segmenter av markedet, og dermed kan forsvare høye investeringskostnader. Flere av de marine artene er kjent som robuste mot vær og påkjenninger i de sene deler av livssyklusen, og kan dermed være godt egnet også for produksjon på eksponerte lokaliteter. Sektorer eller arter som allerede kan utpeke seg som kandidater til å etterspørre teknologi, og prosjekterings- og driftskompetanse til havbaserte operasjoner er: Tunfisk arter (makrellstørje), *Seabass* arter, *Seabream* arter, *Meagre*, *Amberjack* arter (Kingfish), *Barramundi*, *Cobia*, *Grouper* og *Snapper* arter. Kontali har i vårt prosjekt gjort en scenarieanalyse som indikerer at produksjonen av disse artene kan nå 1,4 millioner tonn i 2030 og 3,3 millioner tonn i 2050, som vist i tabell 9.4.

Tabell 9.4. Historisk produksjon og et scenario laget av Kontali for framtidig produksjon av utvalgte marine arter som er kandidater for havbruk til havs

Arter	1990	2000	2010	2020E	2030	2040	2050
European bass & bream, meagre	5	137	236	475	770	1260	1950
Thunfisk arter	0	4	13	33	55	90	140
Japansk Amberjack	161	137	139	140	165	200	250
Andre Amberjack arter	0	0	0	1	5	10	20
Cobia	0	3	3	6	15	40	100
Grouper/snapper	54	94	111	210	320	550	800
Barramundi	1	3	10	15	25	40	60
Total utvalgte arter	221	377	513	880	1355	2190	3320

Sammen med laks i andre land representerer andre marine arter et potensiale for investeringer og leverandørtjenester etter 2030 som ligger på flere titalls milliarder kroner, og hvor norske leverandører har muligheter til å ta betydelige markedsandeler. Men her er det nødvendig å utvikle strategier for etablering i markeder som på flere måter er forskjellige fra det norske hjemmemarkedet. Norske leverandører, f.eks. Akva Group, har allerede tilegnet seg verdifull kompetanse om eksport til markeder med helt andre rammevilkår, og norske havbrukselskaper produserer også i flere land, noe som gir et fundament for framtidig eksport.

10. Veikart for havbruk til havs

Store ressurser har blitt brukt av det norske samfunnet for å bygge kunnskap og innovere i havbruk til havs. Investeringer har blitt gjort i FoU institusjoner, leverandørindustri og havbruksselskaper. Vi har dokumentert i denne rapporten at den betydelige innovasjonsaktiviteten har gitt mange konsepter og mulige prosjekter. Mange medarbeidere er allerede sysselsatt i næringslivet langs hele kysten for å løse oppgaver og skape framdrift i prosjekter til havs. Som vi har vist i denne rapporten er potensialet for å skape mange flere direkte og indirekte arbeidsplasser stort, i tillegg til betydelige positive ringvirkninger og synergier langs hele kysten. Men en forutsetning for å utløse dette potensialet og skape nødvendige insentiver og forutsigbarhet for private investeringer er at myndighetene iverksetter flere nødvendige tiltak.

Det er mange tiltak som skal på plass for å utløse investeringer og etablering av produksjon i havbruk til havs. I denne rapporten presenterer vi et omfattende sett med konkrete tiltak. Det å sikre tilstrekkelig framdrift er kritisk for å skape en bærekraftig vekst fra nå og mot 2030, og her hviler mye av ansvaret på våre politiske myndigheter og offentlige forvaltningsorganer.

Helheten og elementene i tiltakene som presenteres her skal sikre en bærekraftig utvikling av havbruk til havs som omfatter alle de tre dimensjonene i FNs bærekraftsmål – økonomisk, miljømessig og sosial bærekraft. I tråd med bærekraftshensynene skal tiltakene bidra til samfunnsmessig ansvarlig kunnskapsbygging og innovasjon (som på engelsk betegnes «Responsible Research and Innovation» - RRI).

Et viktig kunnskapsgrunnlag for tiltakene er rapporten «Havbruk til havs» som ble utgitt i 2018 av en interdepartemental arbeidsgruppe. Her ble det gjort en rekke tilrådinger om tiltak fra myndighetenes side, som det i betydelig grad gjenstår å gjennomføre. I en rekke av tiltakene som beskrives her bygger vi på denne rapporten.

Utbyggingen av havbruk til havs må skje stegvis. Men de neste stegene kan tas nå. Den stegvise tilnærmingen begrunnes generelt i bærekraftshensyn, og spesielt med hensyn til biosikkerhet, teknologiutvikling og HMS for menneskene som skal drifte havbruk til havs. Det er svært viktig for samfunnet å lære av og få dokumentert erfaringene fra produksjonsaktiviteter. I praksis betyr det (1) at ikke alle arealer som ut fra en helhetlig vurdering kan settes av til havbruk til havs blir åpnet opp for produksjon, og (2) tildeling av tillatelser for akvakultur produksjon av laks skjer over flere runder mot 2030 og i et tempo og omfang som vurderes som bærekraftig økonomisk, miljømessig og sosialt.

Det er et omfattende sett med tiltak som må gjennomføres for å realisere en bærekraftig utbygging av havbruk til havs. Tiltakene vil kreve deltagelse av flere departementer og forvaltningsorganer, kunnskapsmiljøer, næringsaktører og andre berørte parter. En viktig utfordring er å få organisert prosessene på en hensiktsmessig måte og få satt av tilstrekkelig budsjettmessige og menneskelige ressurser både i offentlig og privat sektor. Det vil trolig være hensiktsmessig å organisere flere av prosessene som prosjekter med både offentlig og privat deltagelse, og gjerne organisert med en styrings-/referansegruppe og prosjektgruppe.

Noen tiltak er helt nødvendige for å utløse de første investeringene og havbruksproduksjon til havs. Vi vil senere framheve disse tiltakene spesielt.

10.1. Tiltakenes art

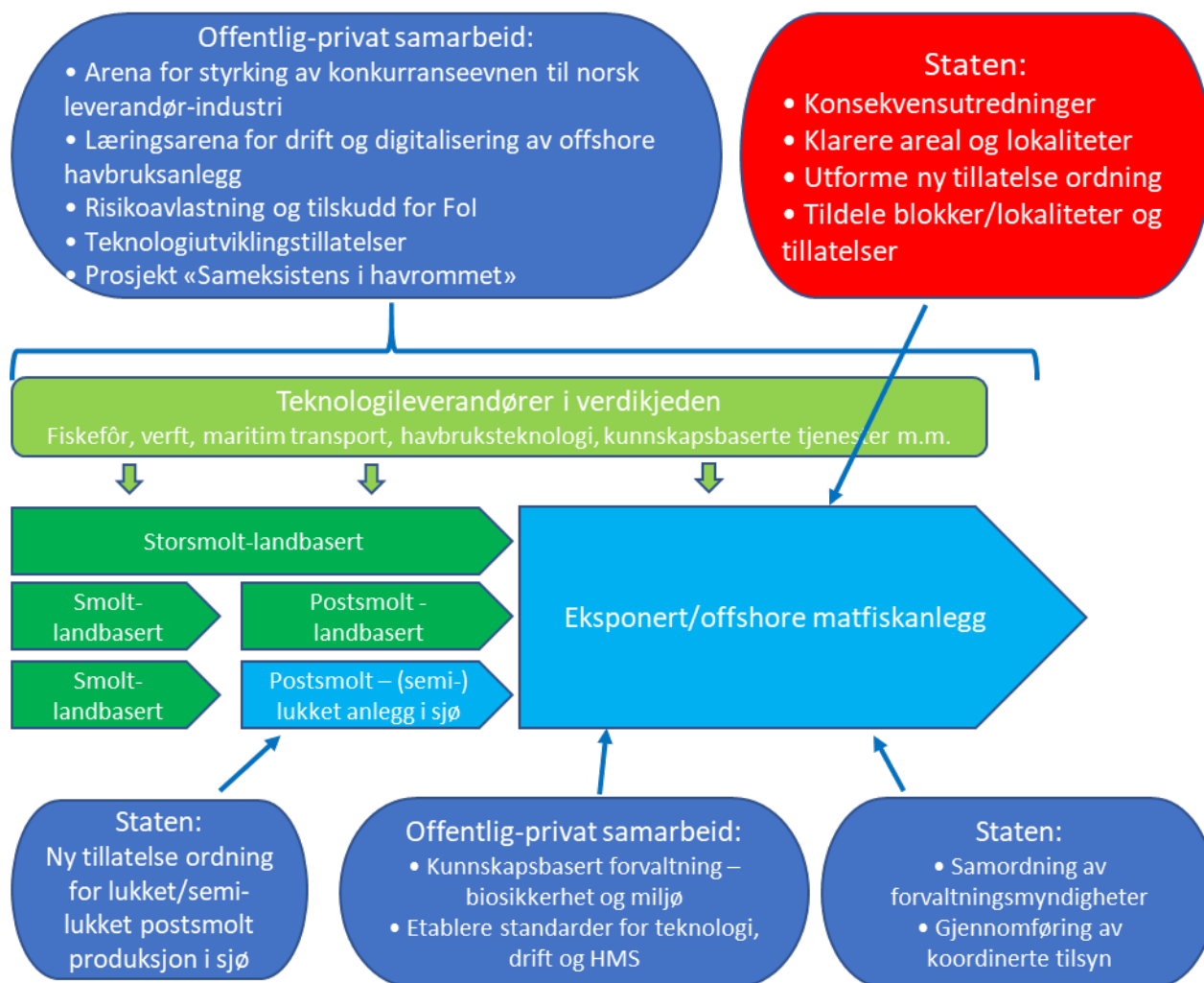
Tiltakenes art kan grupperes som følger:

- Endring, dispensasjon fra eller etablering av nye lover og forskrifter
- Vedtak fra myndighetene sin side innenfor eksisterende lover og forskrifter
- Etablering og oppbygging av kapasitet og kompetanse i offentlige forvaltningsorganer
- Forskning og utvikling
- Læring og kunnskapsoverføring
- Offentlige økonomiske tilskudd og risikoavlastning

10.2. Veikart for tiltak

Havbruk til havs krever en hel verdikjede som er i stand til å levere havbruksanlegg, fôr, smolt, postsmolt, transport tjenester, vedlikeholdstjenester og til slutt en slakteklar fisk.

Figur 10.1 viser verdikjeden og en samlet framstilling av tiltakene på overskriftsnivå i denne verdikjeden. Noen tiltak er helt nødvendige for å utløse de første investeringene og havbruksproduksjon til havs, og disse er i den røde boksen. Disse tiltakene kan bare initieres av den norske staten, selv om utføringen av f.eks. deler av arbeidet med konsekvensutredninger kan delvis finansieres og gjennomføres av private aktører.



Figur 10.1. Tiltak for å utløse investeringer i verdikjeden for havbruk til havs

Under kommer en nærmere beskrivelse av tiltakene skissert i figuren.

10.3. Sette av areal og lokaliteter til havbruk

Formål: Sette av tilstrekkelige egnede arealer og lokaliteter for havbruk utenfor plan- og bygningslovens virkeområde, gjerne i flere faser.

Vurderinger:

Vi forholder oss til dels til begreper og definisjoner, som er vist i figur 10.2, fra den interdepartementale rapporten «Havbruk til havs» (2018).



Figur 10.2. Arealer, lokaliteter og tillatelser knyttet til område definisjoner (Kilde: Interdepartemental «Havbruk til havs» rapport, s. 10)

Utenfor plan- og bygningslovens geografiske virkeområde er det staten som er planmyndighet. Her gjelder tradisjonelt et sektorprinsipp, noe som betyr at de statlige forvaltningsorganer som forvalter en næring som har planmyndigheten og kan sette i gang prosesser for å sette av areal. Et sentralt eksempel er Olje- og energidepartementet og Oljedirektoratet som styrer arealprosesser for petroleumsvirksomhet, havvind og mineralutvinning på havbunnen. Fiskeridirektoratet har fått i oppdrag å identifisere aktuelle områder for havbruk og har med bistand fra Havforskningsinstituttet identifisert 11 områder.⁴¹ Ut over de 11 områdene som tilrås for konsekvensutredning i første omgang, er det identifisert 12 områder som kan være aktuelle på et senere tidspunkt.

Tiltak: Det pekes her på følgende tiltak:

- (a) Det er nødvendig å gjennomføre en konsekvensutredning av de 11 områdene (eller blokkene) som Fiskeridirektoratet har identifisert som aktuelle i sin kartleggingsrapport. Myndighetene bør prioritere konsekvensutredning for noen av de 11 områdene som er mest aktuelle ut fra nærhet til kysten og andre kriterier.
- (b) Det bør også gjennomføres konsekvensutredning av andre utvalgte områder (blokker) som er mer kystnære, og som er beskrevet i kartleggingsrapporten til Fiskeridirektoratet.
- (c) Myndighetene bør ikke avvente utfallet av alle konsekvensutredningene, men gjennom vedtak åpne opp for havbruk sekvensielt for blokker hvor konsekvensutredningen konkluderer at det er forsvarlig å etablere havbruksproduksjon.
- (d) Når det gjelder valg av lokaliteter for av havbruksanlegg innenfor blokker som har blitt åpnet for havbruk, må dette vurderes i sammenheng med tildeling av tillatelsesvolum og hensyn til biosikkerhet og miljø. Det er mulig å tenke seg at havbruksanlegg kan flyttes til andre lokaliteter innenfor et område på basis av ny kunnskap fra driftsfasen mm.

⁴¹ Se <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tema/Havbruk-til-havs>

(e) Det bør vurderes å endre de ytre (vestlige) grensene for produksjonsområder basert på faglige vurderinger av luseindusert press på bestander av vill laksefisk og andre hensyn.

10.4. Tildeling av tillatelser for havbruksproduksjon av laks til havs

Formål: Tildele tillatelser for havbruksproduksjon til havs som ivaretar hensyn til (a) biosikkerhet, (b) øvrige miljø, (c) sikker og pålitelig drift, (d) samfunnets behov for ytterligere kunnskap og innovasjon, (e) havbruksnæringens behov for forutsigbarhet og konkurransedyktig økonomisk avkastning, og (f) samfunnets behov for økonomiske ringvirkninger og skatteinntekter.

Tiltak: Følgende tiltak må gjennomføres:

(a) I indre områder – altså eksponerte områder innenfor produksjonsområdene – skal trafikklyssystemet fortsatt gjelde for vekstregulering. (Men som påpekt tidligere bør det vurderes om de ytre grensene for produksjonsområdene bør endres.)

(b) I ytre områder – altså områder utenfor produksjonsområdene – etableres det egne klasser med tillatelser. Det foreslås å tildele to nye typer tillatelser for ytre områder, altså utenfor dagens produksjonsområder: (I) Almennelige kommersielle tillatelser og (II) teknologiutviklingstillatelser (særtillatelser). Det må tildeles tillatelser med en hensiktsmessig varighet, volum (MTB) og prising (vederlag til samfunnet). For prising av kommersielle tillatelser må myndighetene gjøre en vurdering av om det skal være en form for auksjon eller fast pris. Det er viktig at prisingen reflekterer at det i havbruk til havs vil være langt større investeringer og økonomisk risiko enn i tradisjonell innaskjærs lakseoppdrett.

(c) Det bør vurderes å tildele teknologiutviklingstillatelser i eksponerte områder innenfor dagens produksjonsområder for testing av havbruksinstallasjoner beregnet på utaskjærs produksjon. Slike eksponerte lokaliteter vil ofte være lengre ute (vest) i et produksjonsområde, men det må foretas en faglig vurdering av konsekvenser i forhold til luseindusert press på villaks og andre forhold knyttet til biosikkerhet og miljø.

(d) Teknologiutviklingstillatelser skal ha som formål å stimulere til kunnskapsbygging og innovasjon som kan bidra til å skape en verdensledende og lønnsom leverandørindustri, og må pålegges særlige krav til dokumentert FoU aktivitet og tilgjengeliggjøring av resultater fra denne, samt ha en avgrenset varighet. Det må være en hensiktsmessig differensiering mellom kommersielle tillatelser og teknologiutviklingstillatelser som kan omfatte varighet, volum (MTB) og prising. Omfanget av teknologiutviklingstillatelser må være begrenset når det gjelder antall tillatelser.

(e) Det må vurderes hvor stor total kapasitet et område (blokk) skal ha ut fra biologiske og miljømessige hensyn. Denne kapasiteten kan settes i form av maksimal tillatt biomasse (MTB).

(f) De bør etableres mekanismer som gir flere selskaper muligheter til å ha eierinteresser og havbruksanlegg i produksjon innenfor samme blokk, men samtidig ivaretar hensyn til biosikkerhet og miljø. Det er trolig nødvendig med koordinering av produksjonsaktiviteter innenfor en blokk for å begrense smittepress mm. Her kan det vurderes om et konsortium av selskaper kan søke eller om det etableres et partnerskap i ettertid. Dette tiltaket er delvis motivert ut fra hensynet til at mindre aktører også skal kunne etablere seg, og sikre en diversitet av selskaper som kan øke innovasjonskraften i havbruk til havs.

(g) Det må etableres et sett med krav til operatørselskap av en havbrukstillatelse, som omfatter spesifiserte krav knyttet til fysiske installasjoner (havbruksanlegg mm), kompetanse, risikostyring og sertifiseringer i forhold til biosikkerhet, rømming, andre miljømessige hensyn, HMS, mm. Disse kravene må operatør kunne dokumentere, evt. sertifiseres på, ved søknad om tillatelse, eller før drift av tillatelse kan iverksettes.

(h) Det bør etableres en overgangsordning med tildeling av tillatelser i den grad det krever tid å få på plass et permanent lovregulert regime for havbrukstillatelser til havs. Tildeling av tillatelser innenfor en midlertidig ordning kan gi myndighetene verdifull kunnskap på mange områder basert på erfaringer fra produksjonen. Antallet tillatelser må være avgrenset. Gitt at også midlertidige tillatelser vil kreve store investeringer i havbruksanlegg så må det ligge en nødvendig forutsigbarhet i form av konvertering til tillatelser innenfor en mer permanent lovregulering utaskjærs.

10.5. Teknisk standard og drift

Formål: Sikre at havbruksinstallasjoner til havs og fartøy som betjener disse har tilstrekkelig høye teknisk standard og hensiktsmessige standarder for drift i forhold til biosikkerhet, miljø, HMS mm. Tekniske krav må være på nivå med andre havnæringer utaskjærs i Norge, som maritim transport og petroleum. I den grad det er nødvendig med regulering gjennom lover og forskrifter er det er samtidig viktig å sikre kostnadmessig konkurransekraft.

Tiltak: Det må utredes nærmere hvilke tekniske krav som skal gjelde for havbruk til havs, samt hvilke regler knyttet til tekniske løsninger som skal gjelde. Reguleringer kan gjøres direkte gjennom forskrifter og utvikling av standarder (Norsk Standard) som kan forankres i forskrifter som henviser til disse. For havbruksinstallasjoner til havs må det vurderes om kravene til teknisk standard i NYTEK-forskriften og NS 9415 er tilstrekkelige for å sikre en forsvarlig teknisk standard for å hindre rømming. NS 9415 skal blant annet bli mer teknologinøytral, og et revidert forslag kommer nå på høring. Det er viktig å sikre at denne reviderte versjonen tilfredsstillende behøver for havbruk til havs. Alternativt må en egen standard utvikles. Det vises forøvrig til tilrådninger i den interdepartementale rapporten «Havbruk til havs», avsnitt 9.5.

10.6. Sikre arbeidstakernes helse, arbeidsmiljø og sikkerhet (HMS)

Formål: Sikre at arbeidsplassene på havbruksinstallasjoner til havs og fartøy som betjener disse har høye standarder for HMS, på linje med andre havnæringer utaskjærs i Norge, som maritim transport og petroleum, og innenfor rammene som settes av lover og forskrifter. Samtidig må HMS standardene ikke bidra til uforholdsmessig høye kostnader knyttet til arbeidskraft.

Tiltak: Det vises til drøftinger og tilrådninger i den interdepartementale rapporten «Havbruk til havs», avsnitt 10.4-10.5. Slik vi forstår det er det påbegynt en prosess av Nærings- og fiskeridepartementet og Arbeids- og sosialdepartementet for å vurdere og avklare hvilket arbeidsrettslig regelverk som skal gjelde for havbruk til havs. Det er uklart hva tidshorisonten for dette er. Det bør vurderes om (a) fremtidig offshore havbruksvirksomhet på norsk sokkel bør reguleres på linje med norsk næringsvirksomhet, (b) arbeidsmiljøregelverket for petroleumsbransjen anses som mest hensiktsmessig for havbruksinnretningene, som i

praksis er produksjonsplattformer, og (c) fleksibilitet i arbeidstidsordningene for å sikre at dyrevelferd m.m. ivaretas samtidig som arbeidstakerne sikres nok hviletid i perioder med høy aktivitet og/eller dårlig vær, eller hvis mannskapsskiftene av ulike årsaker blir forsinket.

10.7. Fiskevelferd, biosikkerhet og ytre miljø - kunnskapsbasert forvaltning og drift

Formål: Sikre at forvaltning og næring har best mulig kunnskap og erverver seg ny kunnskap basert på erfaringer og data fra havbruksproduksjon til havs.

Tiltak: Følgende tiltak foreslås:

(a) Det vurderes nærmere hvilke krav som skal stilles til operatører av havbruksinstallasjoner til havs når det gjelder innsamling og deling av dokumentasjon (ut over det som kreves i dagens lover og regler) av biosikkerhet, fiskehelse, fiskevelferd, miljøeffekter mm som grunnlag for kunnskapsgrunnlag og kunnskapsbygging hos forvaltningsmyndighetene og blant næringsaktørene. Når havbruksanlegg blir etablert vil digital sensorikk på disse anleggene være viktige verktøy for å samle inn data som deles med samfunnet.

(b) Det vurderes om samfunnet trenger mer systematisk og forskningsbasert kunnskap om vandringsruter og oppholds-/beiteområder i havet for viktige arter av villfisk, og mer kunnskap fra bruk av spredningsmodeller for partikler og smittestoff for å vurdere risiko for smitteoverføring mellom oppdrettsfisk og villfisk ved produksjon og for spredning av utslipp/forurensning.

(c) Det vurderes om samfunnet bør utvikle systematisk og forskningsbasert overvåkningsmetodikk for biosikkerhet og miljøutslipp. Dette kan omfatte modeller og kartløsninger som setter sammen flere kartdata med relevant kunnskap om naturmiljøet for mer effektivt å vurdere miljøpåvirkning på en lokalitet, som strømforhold, dybde og spredningsmodeller for utslipp.

10.8. Samordning av forvaltningsmyndigheter

Formål: Sikre en mest mulig samordnet og effektiv offentlig forvaltning av havbruk til havs, herunder avsetting av areal, tildeling av tillatelser og tilsyn med drift.

Tiltak: Regjeringen bør etablere et prosjekt ledet av Nærings- og fiskeridepartementet med deltagere fra relevante etater som skal levere et forslag til organisering som kan gi en mest mulig samordnet og effektiv offentlig forvaltning av havbruk til havs, herunder avsetting av areal, tildeling av tillatelser og tilsyn med drift.

Fiskeridirektoratet bør være den koordinerende myndigheten for havbruk til havs, og tildeles nødvendige ressurser som koordineringsoppgavene krever.

10.9. Stimulere kapasitetsoppbygging produksjon av storsmolt og postsmolt

Formål: Stimulere til at tilstrekkelig kapasitet bygges opp i produksjonen av storsmolt og postsmolt, slik at det også er rom for tilførsel til en voksende havbruksproduksjon utaskjærs.

Vurderinger:

Som vi har drøftet tidligere vil havbruk til havs være avhengig av en betydelig produksjon av storsmolt og postsmolt. Det investeres mye i landbaserte anlegg for postsmolt og matfisk. Det er imidlertid usikkert hvor store volum av postsmolt landbaserte anlegg vil være i stand til å produsere, og hvor sterk konkurransen med havbruk innaskjærs vil være om storsmolt og postsmolt. Lukkede eller semi-lukkede oppdrettsanlegg i sjø har allerede demonstrert gode biologiske resultater i postsmolt fasen. Utfordringen for disse er at de må konkurrere med konvensjonelle åpne anlegg om MTB, med en helt annen betalingsevne. Tilgangen på ny MTB begrenses i dag av trafikklyssystemet. Det er en mulighet å lage en egen klasse tillatelser for lukkede/semilukkede anlegg i sjø som er «trafikklysnøytrale», altså har null utslipp av lakselus.

Tiltak: Det bør vurderes å etablere en ny tillatelse klasse for lukkede/semilukkede anlegg i sjø med dokumenterte null utslipp av lus. Nye volum MTB for disse anleggene tilbys av myndighetene mot et vederlag som fastsettes i form av en fastpris eller auksjon. Prisingen må ta hensyn til investeringer, risiko og kostnader for lukkede/semilukkede anlegg, og sikre en konkurransedyktig avkastning for investeringsprosjekter.

10.10. Sameksistens i havrommet

Formål: Bidra til en god sameksistens med andre sektorer i havrommet og bærekraftig bruk av havressursene, og derigjennom styrke mulighetene for en betydelig havbruksbasert verdiskaping i framtiden.

Vurderinger: En god sameksistensen med andre sektorer i havet (fiskerier, petroleum mfl.) og en felles bærekraftsforståelse mellom disse sektorene samt andre samfunnsaktører vil påvirke havbruksnæringens muligheter til å få aksept til å produsere i nye havområder hvor det tradisjonelt har vært andre aktører som har rådet grunnen. Med bakgrunn dette, er det tatt flere initiativer og gjennomført prosjekter for å utrede sameksistensen i havrommet i dag og fremover, f.eks. forankret i Senter for hav og Arktis gjennom prosjektet «Sameksistens og bærekraft i det blå».⁴²

For havbruksnæringen er ikke disse utfordringene noe nytt, næringen har mange år levd med dialog og sameksistensutfordringer i kystsonen hvor man finner dagens oppdrettslokalteter. Basert på de historiske sameksistenserfaringene fra kystsonen, som også omfatter en rekke konflikter med andre brukerinteresser og problemer med å få tilgang på arealer og vekstmuligheter, vil det være fornuftig av havbruksnæringen å ha en proaktiv tilnærming til dialog med andre aktører utaskjærs i havrommet. Næringen bør ikke overlate i for stor grad til myndighetene å skape en god dialog med andre brukerinteresser og finne løsninger, men bidra aktivt selv.

Tiltak: Havbruksnæringen etablerer et felles prosjekt med formål om å styrke dialogen med andre sektorer i havrommet og øke gjensidig øke kunnskapen om ulike sektors forståelse av bærekraftig bruk av havressursene, med sikte på å finne gode løsninger for sameksistens og realisering av synergier. Dette prosjektet kan etableres av sentrale organisasjoner i

⁴² For mer om dette se rapportene fra «Sameksistens og bærekraft i det blå », <https://www.havarktis.no/prosjekter/sameksistens-og-baerekraft>.

tilknytning til havbruksnæringen. Et poeng som ble belyst i prosjektet «Sameksistens og bærekraft i det blå», var behovet for et felles datagrunnlag og deling av (sanntids)data. Dagens konflikter mellom havnæringene har ofte bakgrunn i uenighet om kunnskapsgrunnlag. Av den grunn vil et kunnskapsdatagrunnlag som er basert på sanntidsdata over f.eks. de ulike aktørenes næringsaktivitet, gi færre misoppfatninger og føre til bedre sameksistens. Disse aspektene bør være en del av et slikt prosjekt.

10.11. Arena for styrking av konkurranseevnen og eksportpotensialet til norsk leverandørindustri

Formål: Sikre at den norske leverandørindustrien til havbruk til havs får høy konkurransekraft i Norge og internasjonalt, og derigjennom bidra til tilstrekkelig økt verdiskaping og nye arbeidsplasser i Norge.

Vurderinger: Havbruk til havs kan bidra til den nødvendige omstillingen av norsk næringsliv, herunder den norske industrien som i betydelig grad har levert til petroleumsnæringen. Men leveransene til havbruk til havs vil være i konkurranse med utenlandsk industri, og man kan ikke ta for gitt at norsk leverandørindustri vinner i konkurransen i den grad som er nødvendig for å skape nye arbeidsplasser. Gjennom tiltak som sikrer et forutsigbart hjemmemarked for ny teknologi og nye driftskonsepter, styrkes både oppdretteres og leverandørers evne til å lykkes internasjonalt.

Havbruk til havs kan lære fra havvind. Innenfor havvind har Norsk Industri fått tildelt 10 millioner kroner i støtte fra Olje- og energidepartementet (OED) til prosjektet «Utvikling av norske leveransemodeller innenfor havbruk».⁴³

Tiltak: Etablere et offentlig og privat finansiert prosjekt "Utvikling av norske leveransemodeller innenfor havbruk til havs». Aktuelle temaer for dette prosjektet er å vurdere og foreslå tiltak hvordan konkurransekraften til norsk leverandørindustri kan styrkes gjennom bærekraftsmål for miljø og klima, reguleringer av havbruk til havs, standardisering, sertifisering, fabrikkasjonsvennlige design, krav til kompetanse for operatører av havbruksanlegg, pilot prosjekter, teknologiutviklingstillatelser, kunde-leverandør allianser etc.

10.12. Læringsarena for drift og digitalisering av offshore havbruksanlegg

Formål: Øke kompetansen til havbruksnæringen om flere forhold i drift av havbruksanlegg til havs på områder hvor felles læring er naturlig og effektivt.

Vurderinger:

Havbruksanlegg til havs vil operere under mer krevende værforhold og typisk med større biomasse av levende fisk enn anlegg innaskjærs. Krevende værforhold er allerede på dagens mest eksponerte lokaliteter forbundet med drifts- og sikkerhetsmessige utfordringer. Selv om mange av de nye anleggskonseptene og tilhørende teknologi vil kunne bøte på noen av

⁴³ Se <https://www.norskindustri.no/dette-jobber-vi-med/energi-og-klima/norsk-industri-om-vindkraft/nytt-prosjekt-skal-fa-fart-pa-norske-leveranser-til-havvind/>.

disse utfordringene, vil det kreves målrettet arbeid for å utvikle sikker og effektiv drift av anleggene. På en rekke områder er det naturlig med kunnskapsoverføring og felles læring mellom selskapene i verdikjeden for havbruk til havs. Det er behov for å støtte denne utvekslingen ved å etablere en organisasjon som støtter opp om kunnskapsoverføring og bidrar til å etablere «best practice», identifiserer kompetanse- og sertifikatbehov for ansatte på anlegg til havs og utvikler kurstilbud for dette, i samarbeid med leverandører av opplæringstjenester. Å samle erfaringer innen automasjon, havbruksrobotikk, sensorikk, overvåkning, fiskevelferd og operasjon av havbasert oppdrettsanlegg vil også bidra til å identifisere forsknings- og innovasjonsbehov.

Tiltak: Etablere et felles læringscenter for leverandører og havbrukselskaper om havbruk til havs med privat og offentlig samfinansiering. I første fase etableres en prosjektgruppe bestående av aktører fra verdikjeden for havbruk til havs og offentlig sektor som skal foreslå et mandat, oppgaver og finansieringsmodell for senteret.

10.13. Tilskudd og risikoavlastning for forskning og innovasjon (Fol)

Formål: Sikre at myndighetenes virkemiddelbruk innen forskning og innovasjon (i Forskningsrådet, Innovasjon Norge, mm.) i tilstrekkelig grad er innrettet mot kunnskaps- og innovasjonsbehov i havbruk til havs.

Vurderinger:

Det er betydelige kunnskapsbehov og innovasjonspotensiale innen havbruk til havs. Denne rapporten har avdekket betydelige kunnskapsbehov knyttet til biologi, biosikkerhet, miljøeffekter og drift som krever forskningsbasert dokumentasjon. Videre er det behov for å innovere på en rekke områder, også for å bli mer kostnadseffektive og styrke konkurranseevnen til havbruk utaskjærs. Erfaringsmessig krever innovasjonsprosesser betydelige investeringer og har betydelige risikoelementer. Leverandørsektoren står i betydelig grad for innovasjonsaktiviteten innen havbruk, men mangler ofte finansiell styrke til å bære investeringer og risiko. Det er nødvendig å avklare nærmere hvilke flaskehalsene det er knyttet til forskningsbasert kunnskapsproduksjon og innovasjon.

Tiltak: Utrede om myndighetenes virkemiddelbruk innen forskning og innovasjon (Fol) i tilstrekkelig grad er innrettet mot kunnskaps- og innovasjonsbehov i havbruk til havs, og foreslå tiltak for å sikre nødvendig Fol aktivitet.

11. Avsluttende kommentarer og anbefalinger

Norge har en strukturell avhengighet av store eksportinntekter fra petroleum. Men på tross av store inntekter fra petroleum sektoren har Norge de siste månedene hatt et underskudd på handelsbalansen med utlandet. Når petroleumseksporten faller i framtiden vil dette underskuddet bli permanent hvis ikke eksportinntekter fra nye næringer erstatter de som krymper.

Dette er noe av bakteppet for at vi trenger også havbruk til havs. For regjeringen betyr dette i praksis at den evner å omsette visjoner for havøkonomien til helt praktiske tiltak i form av nye regler og standarder, arealtildeling og prosedyrer for lisenstildeling.

Gjennom utviklingstillatelsene ble mange fagmiljøer og kommersielle miljøer mobilisert i utvikling av havbruksinnovasjoner. Det har til sammen blitt investert flere milliarder kroner i utvikling av en rekke konsepter. To år har gått siden regjeringen kom med sin «Havbruk til havs» rapport som pekte på mye av det arbeidet som måtte gjøres fra offentlig side for å ta steget ut i havet. Utfordringen for samfunnet nå er å lage et rammeverk som gir mulighet for betydelige investeringer og mange nye arbeidsplasser. Dette rammeverket må også bidra til at havbruk til havs blir bærekraftig i alle dimensjoner i FNs bærekraftsmål – økonomisk, miljømessig og sosialt. I denne rapporten har vi gjort rede for tiltakene i et slikt rammeverk.

Referanseliste

- Abate, T., Nielsen, R. & Tveterås, R. (2016). Stringency of Environmental Regulation and Aquaculture Growth: A Cross-country Analysis. *Aquaculture Economics & Management*, 20(2), 201-221. <https://doi.org/10.1080/13657305.2016.1156191>
- Abolofia, J., Asche, F. og Wilen, J. E. (2017). The Cost of Lice: Quantifying the Impacts of Parasitic Sea Lice on Farmed Salmon. *Marine Resource Economics*, 32(3), 329-349.
- Albretsen, J., Beck, A.C., Biuw, M., Husebråten, M., Kutti, T., Kvamme, B.O., Skagseth, Ø., Utne, K.R., Vikebø, F. & Imr, V.W. (2019). *Havbruk til havs–Fysiske miljøbetingelser og økosystempåvirkning*. Rapport fra Havforskningen 2019-41. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-41>
- Arntzen de Besche. (2018). *Komparativ analyse av de juridiske rammebetingelsene for havnæringene*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/d161745585a5452aa351c4894bb35c53/komparativ-analyse-av-de-juridiske-rammebetingelsene-for-havnaringene.pdf>
- Arrow, K. (1962). Economic welfare and the allocation of resources for invention. National Bureau of Economic Research Inc. The rate and direction of inventive activity: *Economic and Social Factors*, 609-626.
- Asche, F., Hansen, H., Tveterås, R. og S. Tveterås (2009). The Salmon Disease Crisis in Chile. *Marine Resource Economics* 24(4), 405-411.
- Asche, F., Misund, B., & Oglend, A. (2019). The case and cause of salmon price volatility. *Marine Resource Economics*, 34(1), 23-38.
- Asche, F. og A. Oglend (2016). The relationship between input-factor and output prices in commodity industries: The case of Norwegian salmon aquaculture. *Journal of Commodity Markets* 1(1), 35-47.
- Bjørndal, T., & Tusvik, A. (2018). *Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan oppdrett*.
- Bjørndal, T. and A. Tusvik (2019). Economic analysis of land based farming of salmon, *Aquaculture Economics & Management*, 23(4), 449-475.
- Bjørndal, T. and A. Tusvik (2020). Economic analysis of on-growing of salmon postsmolts, *Aquaculture Economics & Management*, <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1737272>.
- Blomgren, A.; Fjellidal, Ø.M., Quale, C.; Misund, B., Tveterås, R., og B.H. Kårtveit (2019). *Kartlegging av investeringer i fiskeri og fangst, akvakultur og fiskeindustri, 1970 – 2019*. (NORCE Rapport 2019/12). Hentet fra <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmloi/handle/11250/2621211>
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Little, D., Ross, L., Handisyde, N., Gatward, I., & Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2897-2912.

Brealey, A., Myers, S.C & F. Allen (2018). *Principles of Corporate Finance*. 13 ed. New York: McGraw-Hill Education.

Chu, Y., Wang, C., Park, J.C. og P. Lader (2020). Review of cage and containment tank designs for offshore fish farming. *Aquaculture*, 519, 734928.

Dosi, G. (1988). Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 1120-1171.

Drenner, S.M., Clark, T.D., Whitney, C.K., Martins, E.G., Cooke S,J, et al. (2012) A synthesis of tagging studies examining the behaviour and survival of anadromous salmonids in marine environments. *PLoS One* 7, 1–13.

EY (2019). The Norwegian aquaculture analysis (2018). <https://www.ey.com/no/no/newsroom/news-releases/2019-01-10-the-norwegian-aquaculture-analysis-2018>.

Fiskeridirektoratet. (2018). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2018*. Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoekelser-for-laks-og-regnbueoerret>

Flaten, O., Lien, G., & Tveterås, R. (2011). A comparative study of risk exposure in agriculture and aquaculture. *Food Economics-Acta Agriculturae Scandinavica*, Section C, 8(1), 20–34.

Freeman, C. & Soete, L. (1999). *The economics of industrial innovation*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Føre, H.M. og T. Thorvaldsen (2021). Causal analysis of escape of Atlantic salmon and rainbow trout from Norwegian fish farms during 2010–2018. *Aquaculture* 532, 736002.

Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Bjørndal, T., Kumar, G., Lorenzen, K., & Tveterås, R. (2020). A global blue revolution: aquaculture growth across regions, species, and countries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 107-116.

Hilmarsen, Ø., Holte, E.A., Brendeløkken, H., Høyli, R. og E.S. Hognes (2018). *Konsekvensanalyse av landbasert oppdrett av laks – matfisk og post-smolt*. Sintef Rapport. <https://www.sintef.no/en/publications/publication/?pubid=1613480>.

Holte, E.A., Sønvisen, S.A. og I.M. Holmen (2016). *Havteknologi-Potensialet for utvikling av tverrgående teknologier og teknologisk utstyr til bruk i marin, maritim og offshore sektorer*-MT2015 A-182.

Hvas, M., Folkedal, O. og F. Oppedal (2019). *Havbasert oppdrett–hvor mye vannstrøm tåler laks og rensefisk?:* Bergen: Havforskningsinstituttet.

Hvas, M., Folkedal, O., Imsland, A. og F. Oppedal (2017a). The effect of thermal acclimation on aerobic scope and critical swimming speed in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Experimental Biology* 220: 2757–2764.

Hvas M., Folkedal O., Solstorm D., Vågseth T., Fosse J.O., Gansel L.C. m.fl. (2017b). Assessing swimming capacity and schooling behaviour in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* with experimental push-cages. *Aquaculture* 473: 423–429.

Hvas, M., Folkedal, O. og F. Oppedal (2020a). Fish welfare in offshore salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 1-17.

Hvas M. og F. Oppedal (2017). Sustained swimming capacity of Atlantic salmon. *Aquaculture Environment Interactions* 9, 361–369.

Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Hess, E. J., Rolland, K. H., Garshol, L. D., & Marthinussen, A. (2019). Kostnadsutvikling og forståelse av drivkrefter i norsk lakseoppdrett. Faglig sluttrapport. *Nofima rapportserie*.

Johannesen, Á., Patursson, Ø., Kristmundsson, J., Dam, S. og P. Klebert (2020). How caged salmon respond to waves depends on time of day and currents. *PeerJ* 8, e9313.

Johansson, D., Laursen, F., Fernö, A., Fosseidengen, J.E., Klebert, P., Stien, L.H. et al. (2014). The interaction between water currents and salmon swimming behaviour in sea cages. *PLoS One* 9: e97635.

Jónsdóttir, K.E., Hvas, M., Alferdsen, J.A., Føre, M., Alver, M.O., Bjelland, H.V. og F. Oppedal (2019). Fish welfare based classification method of ocean current speeds at aquaculture sites. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 249-261.

Knapp, G., & Rubino, M. C. (2016). The political economics of marine aquaculture in the United States. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 24, 213–229.

Kontali (2020). Utsikter for landbasert laks – Ved et paradigmeskifte?

Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: the role and opportunity for aquaculture. *Aquaculture economics & management*, 19(3), 282-300.

Kumbhakar, S. C., & Tveterås, R. (2003). Risk preferences, production risk and firm heterogeneity. *Scandinavian Journal of Economics*, 105(2), 275-293.

Lev, B. (1974). On the association between operating leverage and risk. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis* 9(4), 627-641.

Martin, S., & Scott, J. T. (2000). The nature of innovation market failure and the design of public support for private innovation. *Research policy*, 29(4-5), 437-447.

McKenzie, D.J., Hoglund, E., Dupont-Prinet, A., Larsen, B.K., Skov, P.V., Pedersen, P.B. et al. (2012) Effects of stocking density and sustained aerobic exercise on growth, energetics and welfare of rainbow trout. *Aquaculture* 338: 216– 222.

Meld.St.16 (2014-15). ”Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett.” Nærings- og fiskeridepartementet.

Misund, A.U. (2019). From a natural occurring parasitic organism to a management object: historical perceptions and discourses related to salmon lice in Norway. *Marine Policy* 99, 400–406.

Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R. & Rolland, K.R. (2020). *Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag. Faglig sluttrapport*. UiS Rapport nr. 88/2020. <https://doi.org/10.31265/usps.46>

Misund, B., Tveterås, R. Blomgren, A., Fjellidal, Ø. M. & Quale, C. (2019). Betydelige investeringer i utviklingstillatelser. *Norsk Fiskeoppdrett* 8/2019, side 136-139.

Misund, B. og R. Nygård (2018). Big Fish: Valuation of the world’s largest salmon farming companies. *Marine Resource Economics*.

Misund, B (2018). Volatilitet i laksemarkedet. *Samfunnsøkonomen* 2/2018, 41-54.

Misund, B. (2018). Determinants of the Atlantic salmon futures risk premium. *Journal of Commodity Markets* 2(1), 6-17.

Myrhaug, D., & Pettersen, B. (2014). Havrommet og havmiljøet. I J. Amdahl, S. Berge, F. Dukan, A. Endal, J. Hals, H. Holm, . . . Werenskiold, *Havromsteknologi, et hav av muligheter* (s. Kapittel 1). Bergen: NTNU Institutt for Marin teknikk & Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.

NCE Seafood Innovation. (2020, September 15). *Styrket fiskevelferd og redusert dødelighet starter med bedre klassifisering av tapsårsaker*. <https://seafoodinnovation.no/2020/09/15/styrket-fiskevelferd-og-reduisert-dodelighet-starter-med-bedre-klassifisering-av-tapsarsaker/>

NYTEK-forskriften. (2011). *Forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg* (NYTEK-forskriften) (FOR-2011-08-16-849). Hentet fra <https://lovdata.no/forskrift/2011-08-16-849>

iLaks. (2020, November 24). iLaks. Hentet fra <https://ilaks.no/dette-er-en-historisk-dag-for-maskinlaering-og-automatisering-av-prosesser-i-havbruk/>

OECD-FAO (2020), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*, FAO, Rome/OECD Publishing, Paris.

Osmundsen, T., Almklov, P., & Tveterås, R. (2017). Fish farmers and regulators coping with the wickedness of aquaculture. *Aquaculture Economics and Management*, 21, 163-183.

Osmundsen, T. C., Olsen, M. S., & Thorvaldsen, T. (2020). The making of a louse-Constructing governmental technology for sustainable aquaculture. *Environmental Science & Policy*, 104, 121-128.

- Regjeringen (2018). Havbruk til havs. Ny teknologi – nye områder. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruk-til-havs/id2625352/>
- Richardsen, R., Myhre, M.S., Bull-Berge, H. & Grindvoll, I.L.T. (2018). *Nasjonal betydning av sjømatnæringen*. Sintef rapport 2018:00627. Trondheim.
- Richardsen, R., Myhre, M.S., Tyholt, I.L. & Johansen, U. (2019). *Nasjonal betydning av sjømatnæringen*. Sintef rapport 2019:00469. 20. juni 2019. Trondheim.
- Robertsen, R., Hersoug, B., Karlsen, K.M., Mikkelsen, E., Misund, B., Osmundsen, T., Solås, A., Sørgård, B., Dahl, I.V. & Tveterås, R. (2020). *Hvem skal bestemme hva? Havbruksforvaltning 2030*, Nofima notat.
- Senter for hav og Arktis (2020). *Sameksistens og bærekraft I det blå. Rapport 1*. Skrevet av Menon Economics og SINTEF Ocean for Senter for Hav og Arktis. https://www.havarktis.no/files/Sameksistens-og-b%C3%A6rekraft_Rapport-1-Status_ENDELIG.pdf
- Sha, S., Santos, J. I., Roheim, C. A., & Asche, F. (2015). Media coverage of PCB contamination of farmed salmon: The response of US import demand. *Aquaculture Economics & Management*, 19(3), 336-352.
- Solstorm, F., Solstorm, D., Oppedal, F., Fernö, A., Fraser, T.W.K. og R.E. Olsen (2015) Fast water currents reduce production performance of post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interaction* 7, 125– 134.
- Sommerset, I., Walde, C.S., Bang Jensen, B., Bornø, B., Haukaas, A. og E. Brun (2020). *Fiskehelserapporten 2019*. Veterinærinstituttet.
- Strøm, J.F., Thorstad, E.B., Hedger, R.D. og A.H. Rikardsen (2018). Revealing the full ocean migration of individual Atlantic salmon. *Animal Biotelemetry* 6(2). <https://doi.org/10.1186/s40317-018-0146-2>
- Teknologirådet (2012). *Fremtidens lakseoppdrett*. Oslo.
- Vedeler, H.V. (2017). Viral diseases in salmonid aquaculture: Quantifying economic losses associated with three viral diseases affecting Norwegian salmonid aquaculture. Masteroppgave NHH. <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/handle/11250/2484546>
- Waldrop, T., Summerfelt, S., Mazik, P. og C. Good (2018). The effects of swimming exercise and dissolved oxygen on growth performance, fin condition and precocious maturation of early-rearing Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Research* 49, 801– 808.
- Weihls, D. (1973) Optimal cruising speed for migrating fish. *Nature* 245: 48– 50.
- Wood MacKenzie (2018). Wood MacKenzie’s second ‘State of the Upstream Industry’ survey.
- World Bank (2013). *Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture*. Washington, DC: World Bank.

Xie, J., Kinnucan, H. W., & Myrland, Ø. (2009). Demand elasticities for farmed salmon in world trade. *European Review of Agricultural Economics*, 36(3), 425-445.

Øglend, A. Recent trends in salmon price volatility. *Aquaculture Economics & Management* 17(3), 281-299.

Ådlandsvik, B. (2019). *Havbruk til havs–smittespredning*. Rapport fra Havforskningen.