



Notat fra AP3 i PåLaks-prosjektet

Regulering og utvikling av fremtidens havbruksproduksjon – Scenarier for 2050

Marit Schei Olsen¹, Tonje Osmundsen¹, Bård Misund², Ellie Johansen³,
Andrea Viken Strand⁴, Shraddha Mehta⁴, Kristian Henriksen³ og Ragnar Tveterås²

 NTNU Samfunnsforskning AS	NOTAT	
	TITTEL Regulering og utvikling av fremtidens havbruksproduksjon – Scenarier for 2050 Notat fra AP3 til PåLaks-prosjektet	
	FORFATTERE Marit Schei Olsen (NTNU Samfunnsforskning), Tonje Osmundsen (NTNU Samfunnsforskning), Bård Misund (NORCE), Ellie Johansen (BDO), Andrea Viken Strand (SINTEF Ocean), Shraddha Mehta (SINTEF Ocean), Kristian Henriksen (BDO), Ragnar Tveterås (NORCE)	
	OPPDRAKSGIVER FHF	
GRADERING Åpen	OPPDRAKSGIVERS REF. Øyvind Hilmarson	
ISBN - 978-82-7570-753-4	PROSJEKTNR. FHF-prosjekt nr. 901833	ANTALL SIDER 40
DATO 22.03.2024	PROSJEKTLEDER (NTNU SF) Marit Schei Olsen	KVALITETSSIKRET AV Vilde Steiro Amundsen
SAMMENDRAG Dette notatet er en delleveranse i PåLaks-prosjektet («Økt kunnskap om klima-, natur- og miljøpåvirkninger fra ulike produksjonsformer for laks»). Prosjektet ledes av SINTEF Ocean, i samarbeid med NTNU Samfunnsforskning AS, NORCE og BDO, og er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF). NTNU Samfunnsforskning AS har ledet arbeidet med utvikling av scenarier for 2050 (arbeidspakke 3), og dette notatet oppsummerer resultatene fra dette arbeidet. De ulike scenariene er utviklet til bruk i videre analyser i PåLaks-prosjektet, der vi skal se nærmere på hvordan en fremtidig bruk av ulike produksjonsformer vil gi utslag på de forskjellige bærekraftsdimensjonene (miljø, sosial og økonomi). Notatet har to hoveddeler. I første del presenteres utfordringer knyttet til dagens produksjon, og hvordan ulike oppspill til endringer i regulering og rammeverk søker å gi svar på hvordan disse utfordringene kan møtes. Nye produksjonsformer, i form av semi- og lukket teknologi, dypdrift, landbasert produksjon, og havbruk til havs som en fremtidig aktivitet og nytt areal, spiller en sentral rolle i å svare ut disse utfordringene. I motsetning til konvensjonell merdteknologi som er godt utprøvd og billig, er det fortsatt tildels mye som gjenstår i utviklingen av nye teknologier, de krever større investeringer, og derfor må økt bruk stimuleres ved blant annet regulatoriske endringer. I andre del av notatet presenteres tre scenarier som ser på hvordan fremtidige utviklinger og regelverksendringer, og kombinasjoner av disse, kan føre til forskjellige fremtidsbilder for havbruksproduksjonen og bruk av ulike produksjonsformer. Følgende scenarier presenteres: Scenario 1, <i>Ambisjon om økt bærekraft med påfølgende nedgang i produksjonsvolum</i>. Scenario 2, <i>Ambisjon om stabilisering av produksjonen, og mer bærekraftig utnyttelse av dagens kapasitet</i>. Scenario 3, <i>Ambisjon om økt havbruksvirksomhet gjennom verdensledende teknologi for bærekraftig produksjon</i>.		

Forord

Dette notatet er en delleveranse i FHF-prosjektet *Økt kunnskap om klima-, natur- og miljøpåvirkninger fra ulike produksjonsformer for laks* – PåLaks (prosjektnummer 901833). I en egen arbeidspakke har vi utarbeidet scenarier for å skissere ulike fremtidsbilder for 2050, som i hovedsak er basert på mulige endringer i næringens rammevilkår og effekter av dette.

I dette notatet, før vi går over til å presentere scenariene, vil vi gi leseren en god forståelse av hvordan reguleringssystemet og næringens utfordringer ser ut i dag. Dette er et nødvendig bakteppe for å forstå hvilke potensielle utviklingsveier næringen kan oppleve fram mot 2050. Forvaltningen av havbruk har vært og er i voldsom endring, det er tilstrekkelig å peke på grunnrenteskatt, det pågående arbeidet med en dyrevelferdsmelding, oppfølging av Riksrevisjonens kritikk, og ikke minst rapporten fra Havbruksutvalget (NOU 2023:23), som sentrale arbeider som nå har satt havbruksreguleringen i spill. Samtidig er det mange pågående debatter om næringens aktivitet og reaksjoner på hendelser som kommer frem i media. Samfunnets forventninger til næringen og myndighetene som skal regulere den kan også få betydning for videre utvikling.

Scenariene er utviklet til videre analyser i PåLaks-prosjektet, der vi skal se nærmere på hvordan en fremtidig bruk av ulike produksjonsformer vil gi utslag på de forskjellige bærekraftsdimensjonene (miljø, sosial og økonomi).

Som en del av scenarioarbeidet ble det gjennomført digitale workshops med representanter fra havbruksnæringen, i tillegg til innspill fra samtaler og intervjuer også i andre deler av prosjektet. Vi ønsker å takke for alle innspill og gode diskusjoner.

Forfatterne står ansvarlige for alt innhold i denne delrapporten.

Trondheim, 22.03.2024

Marit Schei Olsen

NTNU Samfunnsforskning AS

Innhold

Innledning.....	4
Regulering av lakseproduksjonen i Norge – på vei inn i et nytt hamskifte?	5
Bærekraftig vekst på vent – havbruksreguleringen i spill	7
Sentrale utfordringer og fremtidige rammevilkår – drivere og barrierer for vekst	9
Miljøutfordringer	12
Fiskehelse og fiskevelferd	13
Tilgang på tillatelser til produksjon i sjø og på land	15
Trafikklyssystemet – indikatorer og handlingsregel for kapasitetsøkning	17
Energitilgang.....	19
Klimautfordringer og tilgang til proteiner/fôr	19
Økonomiske drivere og barrierer	20
Fremtidig utvikling av produksjonsvekst.....	23
Scenarier for 2050 – mulige fremtidsbilder.....	25
Arbeidsmøter og intervju med aktører	26
Scenario 1, 2 og 3.....	27
Scenario 1: Ambisjon om økt bærekraft med påfølgende nedgang i produksjonsvolum	28
Scenario 2: Ambisjon om stabilisering av produksjonen, og mer bærekraftig utnyttelse av dagens kapasitet	30
Scenario 3: Ambisjon om økt bærekraftig produksjon gjennom verdensledende teknologi.....	32
Referanser	34

Innledning

Dette notatet er en delleveranse i det pågående PåLaks-prosjektet (prosjektnummer 901833) finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF). Prosjektets fokus er nye produksjonssystemer og hvordan disse påvirker ulike bærekraftsdimensjoner. Tidligere i PåLaks-prosjektet er det gjennomført en kartlegging av bærekraftsindikatorer, samt livssyklusanalyser av hvordan nye produksjonsformer presterer i flere påvirkningskategorier enn klimagassutslipp og hvordan design- og driftsforskjellene mellom teknologiene påvirker deres miljøfotavtrykk.

Basert på tidligere forskning, samt arbeidsmøter og intervjuer med næring og andre, presenterer vi her ulike scenarier for hvordan havbruksnæringen kan utvikle seg mot 2050. Scenariene utforsker mulige utviklingsbilder som følge av endringer i reguleringer og rammeverk. I dette notatet beskriver vi derfor hvordan ulike regulatoriske grep kan ha effekt på utviklingen av næringen og fremtidig produksjon og bærekraft. Scenariene skal brukes videre i prosjektets siste fase, for å gi en helhetlig, og om mulig kvantitativ, vurdering av påvirkninger ulike produksjonsformer kan ha på klima, natur og miljø, samt sosial og økonomisk bærekraft.

Det foregår et omfattende arbeid med å utvikle og revidere eksisterende regulering og rammevilkår for havbruksnæringen, og dette kommer til å være retningsgivende for næringens videre vekst og utvikling. Havbruksutvalgets rapport ble levert til Nærings- og Fiskeridepartementet i september 2023, og det er ventet en stortingsmelding om dette arbeidet i 2025. Samtidig arbeides det med rammeverk for havbruk til havs, samt endringer i regelverket for landbasert havbruk. Det pågår også et arbeid med en dyrevelferdsmelding, som etter en del forsinkelser er ventet å komme i løpet av 2024. Fiskehelse og fiskevelferd er tema som har fått oppmerksomhet fra blant annet Riksrevisjonen, som i 2023 kom med kritikk av myndighetene for manglende tiltak og oppfølging av fiskehelse og fiskevelferd hos oppdrettslaks (Riksrevisjonen, 2023). Også Havforskningsinstituttet (Grefsrud et al., 2023) og Veterinærinstituttet (Sommerset et al., 2023) har nylig levert arbeider som viser at fiskevelferden bør bli bedre.

De siste ti årene har myndighetene initiert ulike tillatelsesordninger for å stimulere næringen til å utvikle og ta i bruk nye teknologiske løsninger som kan bidra til miljømessig bærekraftig vekst (Afewerki, Osmundsen, et al., 2023; Hersoug, 2022; Hersoug, Mikkelsen, et al., 2021; Osmundsen et al., 2022a). En rekke nye produksjonsteknologier er utviklet og flere aktører er i gang med uttesting av disse, men en stor andel, særlig fra utviklingstillatelsene, er enda ikke realisert. Det er en krevende prosess å teste ut nye produksjonsteknologier i form av tid, kompetanse, og ikke minst ressurser. Selv om vi begynner å se en kommersialisering av noen av teknologiene, blant annet teknologi for dypdrift og lukkede anlegg som har blitt utviklet og testet gjennom ordningen med utviklingstillatelser, må de fleste nye teknologiene karakteriseres som umodne. Dette betyr at det er stor usikkerhet knyttet til virkningen av teknologiene, og hvordan disse i fremtiden vil være en del av den norske (og internasjonale) lakseproduksjonen. I tillegg til usikkerheten knyttet til ulike produksjonsteknologier, er også mye avhengig av hvordan myndighetene velger å regulere næringen. Hvordan ulike regulatoriske grep vil påvirke i hvilken grad ulike teknologier tas i bruk er noe vi i dette notatet svarer på gjennom å skissere tre ulike scenarier for utviklingen av norsk havbruksnæring mot 2050.

Regulering av lakseproduksjonen i Norge – på vei inn i et nytt hamskifte?

En viktig oppgave for politikere og forvaltning er å regulere næringsvirksomhet og naturressursbruk etter samfunnets forventninger og på naturens premisser. Dette er til tider en vanskelig balansegang.

Norsk akvakulturnæring er en relativt ung næring, men har siden særlig tidlig 1990-tallet hatt en formidabel vekst, med økt produksjon og eksport (Asche et al., 2013; Asche & Bjørndal, 2011; Misund & Nygård, 2018). Økt produksjonseffektivitet kombinert med vedvarende høy etterspørsel og høye priser har ført til at lakseoppdrett og akvakulturs bidrag til sjømateksporten nå er større enn andelen fra fiskeri (Asche et al., 2022; Asche & Bjørndal, 2011; Kumar & Engle, 2016). De siste års ringvirkningsanalyser viser at havbruksnæringen (inkludert leverandørnæringen) har sterk økonomisk betydning, ikke bare i de områdene hvor lakseproduksjonen foregår, men over hele landet (Albertsen et al., 2022; Johnsen et al., 2022; Nyrud et al., 2023). Tidligere forskning viser flere og sammensatte årsaker til den formidable veksten de siste 30 årene. En rekke innovasjoner i produksjonen har bidratt til økt effektivitet. Selv om disse i hovedsak kan regnes som inkrementelle innovasjoner, har de ført til større produksjonsenheter og man har over tid tatt i bruk en rekke teknologier for bedre kontroll og oversikt over det som foregår i merdene (Afewerki, Asche, et al., 2023). Leverandørleddet har historisk vært den mest innovative delen av verdikjeden, og matfiskeleddet anvender hovedsakelig innovasjoner fra andre ledd (Bergesen & Tveterås, 2019).

Myndighetene har spilt en viktig rolle i produksjonsveksten, og har gjennom mange og skiftende reguleringer søkt å etterkomme både næringens behov for vekst og samfunnets behov for kontroll med produksjonen. Allerede på 1970-tallet kom den første oppdrettsloven, og på denne tiden var det å bidra til sysselsetting og utvikling i distriktene viktige reguleringshensyn. Samtidig ønsket man kontroll med veksten og markedet for å unngå at prisene ble for lave (Hersoug, Olsen, et al., 2021; Hersoug, 2022; Mikkelsen et al., 2018).

Et viktig styringsinstrument fra myndighetenes side har vært bruken av tillatelser (også kalt lisenser og konsesjoner). For å drive oppdrett i Norge må man ha både en produksjonstillatelse og en lokalitetstillatelse. Disse tillatelsene gir innehaveren et særskilt gode, ved at man får muligheten til å drive produksjon på allmennhetens areal mot de vilkårene som myndighetene har satt, og ved at man bidrar til verdiskaping både nasjonalt og lokalt. Dette blir gjerne karakterisert som en *samfunnskontrakt*, der næringen får tilgang til allmennhetens areal, og samfunnet krever noe tilbake i form av verdiskaping (Hersoug et al., 2020; Misund et al., 2023; Olsen et al., 2023). Den begrensede tilgangen til tillatelser har ført til at disse har blitt svært verdifulle, og har de siste årene økt fra ca. 50 til nesten 200 millioner kroner¹. At selskapene må betale for vekst har økonomisk betydning for kommuner og fylkeskommuner med havbruksproduksjon, som etter opprettelsen av et havbruksfond i 2016 får inntekter fra salg av tillatelser og kapasitetsvekst. I lengre tid hadde kommunene et ønske om å få mer igjen for at næringen får tilgang til deres kystareal og for tilrettelegging for økt produksjon (Sandersen & Kvalvik, 2015). Inntekten fra havbruksfondet er imidlertid avhengig av at næringen får kjøpe økt kapasitet (MTB), og at næringen har betalingsvilje for kjøp av slik vekst. Det er derfor en uforutsigbar inntekt for kommunene.

¹ Beregning basert på vederlag og auksjonspriser fra grønne tillatelser, verdi lagt til grunn i vurdering av utviklingstillatelser, samt auksjonspriser for kapasitetsøkning de siste årene (Osmundsen et al., 2022a)

Debattene i kjølvannet av forslag om grunnrenteskatt og produksjonsavgift har synliggjort kontroverser og uenigheter i hvordan det økonomiske overskuddet fra næringen skal forvaltes, særlig mellom havbrukskommuner og statlig nivå (Åm, 2021). Skatter har flere funksjoner, slik som korrigering av markedssvikt (f.eks. i form av en miljøavgift som skal kompensere samfunnet for forurensningskostnader) og innhenting av skatteproveny for å dekke felleskapets utgifter. Siden slutten av 1990-tallet har det blitt diskutert ulike modeller for beskatning av havbruksnæringen ut over den ordinære selskapsbeskatning, slik som arealavgift, eksportavgift, produksjonsavgift og overskudds- og kontantstrømbasert grunnrenteskatter. I 2002 ble det innført betaling for produksjonstillatelser til fast pris, men som varierte geografisk. I 2015 ble en særegen eiendomsavgift på sjøanlegg innført. I 2020 ble en produksjonsavgift introdusert og i 2023 ble en grunnrenteskatt implementert. Siden 2013 har salg av selskapstillatelser blitt gjort i økende grad med auksjoner. Alle disse modellene for beskatning av næringen, inkludert selskapsskatten, har til hensikt å innhente deler av den økonomiske renten (ekstraordinært overskudd). Selv om økonomisk teori forteller at en 'korrekt' utformet grunnrenteskatt ikke vil påvirke selskapenes drifts- og investeringsbeslutninger (dvs. at den er 'nøytral'), er denne påstanden omstridt (Arnason & Bjørndal, 2020) og vil kun være tilfelle under svært strenge forutsetninger. I praksis er alle skatter vridende (dvs. 'ikke-nøytrale') og innføringen av slike skatter kan påvirke næringens atferd gjennom effekter på drifts- og investeringsbeslutninger, men det er altfor tidlig å si i dag om innføringen av grunnrenteskatten i 2023 har hatt slike effekter². Imidlertid kan nivå på skattebetalinger knyttes til samfunnets aksept for lakseproduksjon og videre vekst. I havbrukskommuner er en rettferdig deling av overskuddet fra havbruk viktig for synet på næringen (Misund et al., 2023).

At man må ha en tillatelse for å drive lakseoppdrett har vært det viktigste elementet i reguleringssystemet (Asche & Roll, 2014), da dette har begrenset antall selskaper som kan drive med oppdrett, og er med på å påvirke lønnsomheten i næringen og den totale produksjonskapasiteten. Lokalitetstillatelsene forvaltes etter miljømessig påvirkning, men miljømessige hensyn har også kommet inn i produksjonstillatelsene gjennom de «grønne» tillatelsene og etter at tillatelsene ble innplassert i produksjonsområder ved innføringen av trafikklysmodellen. Som politisk virkemiddel er tillatelser et gunstig verktøy for å oppnå spesifikke, politiske mål, og variasjoner i de politiske målsettingene er den viktigste årsaken til at vi har sett variasjoner i tildelingskriteriene (Hersoug et al., 2019; Mikkelsen et al., 2018). Tillatelsene har vært brukt som et virkemiddel for å bestemme *hvem* som får drive med havbruk, og etter hvert *hvor* havbruksvirksomheten skulle foregå og vokse, og deretter *hvordan* produksjonen skulle foregå (Hersoug et al., 2019). Utformingen og tilpasningen av reguleringer har også vært brukt for å stimulere teknologiutvikling og samtidig legge til rette for bærekraftig vekst. Samtidig har den høye innovasjonstakten i næringen også skapt utfordringer for forvaltningen fordi reguleringssystemet, ved å tilpasse seg stadige endringer, blir mer fragmentert og komplekst som følge av lagvis regulering (Osmundsen et al., 2017; Osmundsen et al., 2022a).

Aarset & Rusten (2007) har beskrevet næringens historie som ulike «hamskifter» knyttet til endringer i reguleringen og de konsekvenser det har hatt for næringsstruktur, teknologiutvikling og markedsadgang. Der reguleringen i næringens tidlige fase hadde som formål å støtte opp om en konkurransedyktig distriktsnæring, gikk den gradvis over til å regulere og styre næringens eierskapsstruktur. Her var det tydelig definerte politiske mål som skulle nås med spesifikt

² En nylig publisert artikkel dokumenterer at grunnrenteskatter vil påvirke bedriftenes driftsbeslutninger og investeringsinsentiver (Øglend et al., 2024).

utformete reguleringer. I senere tid har man gått over til at myndighetene i større grad utformer rammeverk som åpner for kontroll og overvåking av aktørenes atferd, eksempelvis med interkontroll-reguleringer, overgang til biomasse-regulering og teknologi-standarder. Dette innebærer at myndighetene lar aktørene overta beslutninger om egnede størrelser på merder, lokaliteter og fordeling av biomasse på godkjente lokaliteter og teknologi. Med andre ord har næringsaktørene nå større fleksibilitet til å bestemme hvordan produksjonen skal optimaliseres, men de får samtidig et større ansvar for å oppnå en utvikling som er i tråd med samfunnets behov. Havbrukspolitikken har dermed gått over i det som kan betegnes som en normalisering (Holm & Henriksen, 2016), hvor særegne kriterier og regler for å ivareta distriktspolitiske hensyn begrenses, mens økonomisk effektivitet og lønnsomhet er tydeligere prioritert. Dette gjenspeiles i dagens regime der tildeling av vekst er basert på miljøindikatorer og biomasse som i hovedsak tildeles ved auksjon.

Bærekraftig vekst på vent – havbruksreguleringen i spill

I dag er den norske havbruksnæringen verdensledende på produksjon av laks, og har i stor grad ledet an i kompetanse- og teknologiutvikling innen akvakultur (Afewerki, Asche, et al., 2023). Næringen har vist seg svært innovativ, og det at man tidlig samlet seg om én teknologi har blitt fremhevet som en av flere viktige årsaker til at Norge har fått en verdensledende posisjon. Selv om næringens evne til å løse utfordringer underveis ofte trekkes frem som en suksesshistorie, er det noen problemer som har vedvart og økt i omfang i takt med økende produksjonsvolum. Veksten og intensiveringen i produksjonen har over tid medført betydelige utfordringer knyttet til fiskevelferd, biosikkerhet og miljø. Håndtering av problemer med lakselus har fått stor oppmerksomhet både i næring og i samfunnet generelt, og til tross for at en rekke tiltak har blitt iverksatt og gitt gode resultater³, har også håndteringen av fisk i forbindelse med behandling gitt uheldige virkninger og utfordringer for særlig fiskevelferd (Osmundsen et al., 2020; Riksrevisjonen, 2023; Sommerset et al., 2023). Utfordringer med lus har også ført til høye produksjonskostnader og ytterligere press for å sikre lønnsomhet (Abolofia et al., 2017; Misund, 2022; Walde et al., 2023; Zhang et al., 2023).

I tillegg til kjente utfordringer med lus, utslipp og fiskehelse, vil også algeangrep, manetangrep, nye sykdommer og virus, og klimaendringer kunne påvirke næringen i fremtiden. Det er imidlertid usikkert i hvilken grad og hvordan dette vil påvirke næringen, også fordi dette avhenger av hvordan næringen driftes, hvilke produksjonsformer som tas i bruk og hvilken regulering man har. En rekke eksterne forhold virker også inn på næringens produksjon og utvikling. Eksempelvis har Menon vist til at Norge taper markedsandeler i det internasjonale markedet, og at veksten i norsk sjømateksport faktisk er lavere enn for sammenlignbare land (Albertsen et al., 2022). En viktig bekymring er at dette også handler om utviklingen av leverandørindustri, hvor redusert eksport kan føre til at leverandørindustrien får bedre vekstvilkår hos konkurrentland.

En innsatsfaktor som også kan bremse vekst i næringen er fôr som i dag har egne utfordringer knyttet til fotavtrykk og ressursknapphet. Fôrråvarene utgjør i dag 75% av klimafotavtrykket til norsk laks (Johansen et al., 2022). Det er også stor konkurranse om råvarene til fôr globalt. Forsyningslinjene knyttet til enkelte råvarer som soyaproteinkonsentrat og vitaminer, mineraler og aminosyrer til dyrefôr, er vurdert som sårbare grunnet ressursknapphet og geopolitisk risiko knyttet til få leverandører (Oslo Economics, 2023).

³ <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901858/>

Over lengre tid har ulike vekstambisjoner og tiltak for vekst blitt presentert, dog med noe uenighet om selve størrelsen på denne ambisjonen. Det har blitt påpekt at slik utviklingen går nå er den norske havbruksnæringen ikke i rute for å nå de politiske målene om vekst, og at vekst innenfor trafikklyssystemets rammer med fortsatt bruk av åpen merdteknologien ikke er tilstrekkelig for å nå målene (Albertsen et al., 2022; NOU 2023:23). De siste ti årene har vekstambisjonene i enda større grad enn tidligere vært knyttet til en betingelse om at veksten skal skje på naturens premisser, samt hva som er akseptabelt for samfunnet. «Bærekraftig vekst» er blitt begrepet som sammenfatter både mulighetene (vekst) og begrensningene (miljøpåvirkning) for fremtidens havbruk. I regjeringens havbruksstrategi – *Et hav av muligheter*, som ble lagt frem i 2021, gjentas ønsket om å legge til rette for bærekraftig vekst. Her løftes det frem at det er avgjørende å finne løsninger på bærekraftsutfordringer og å oppnå god fiskehelse og fiskevelferd for å sikre videre vekst i næringen. Strategien har blitt møtt med kritikk fordi den er lite konkret på mål og virkemidler (Grønvik & Grünfeld, 2021). En nylig utgitt rapport fra Akvaplan-niva (2023) viser at det er store variasjoner i kunnskapen om påvirkningsfaktorer, og at det er en del miljøpåvirkninger som ikke dekkes godt nok i gjeldende miljøregelverk. Særlig er det lite kunnskap om kombinerte effekter av ulike næringer, som igjen begrenser muligheten for økosystembasert forvaltning. Selv om forvaltningen bruker et allerede omfattende kunnskapsgrunnlag er det i denne rapporten fremhevet at forvaltningen må kunne håndtere usikkerhet nå og i fremtiden.

Etter en formidabel vekst de siste 30 årene, opplever næringen at veksten bremses og muligens stagnerer, samtidig som det er tydelige barrierer for vekst på flere områder som man også opplever i andre lakseproduserende land (Young et al., 2019). Oppdrett drives i et komplekst samspill med det marine miljøet, og påvirkes av en rekke faktorer som næringen ikke selv kan kontrollere. Høy dødelighet og redusert tilvekst og slaktekvalitet (blant annet forårsaket av avlusningsoperasjoner), økning i forekomst av sykdom (f.eks. gjellesykdom og virussykdommer) og vintersår, og negativ påvirkning på miljøet er i dag de viktigste biologiske faktorene som begrenser bærekraftig verdiskapning i oppdrett i sjøfasen (Tveterås et al., 2023). Det er essensielt å ivareta en god biosikkerhet langs kysten, men her er det i dag store variasjoner mellom geografiske områder med hensyn til praksis og områdeorganisering (Larsen et al., 2020). Det har i lang tid også vært svært begrenset tilgang til areal, i tillegg til at arealendringer er tidkrevende byråkratiske prosesser (Hersoug et al., 2020; Mikkelsen et al., 2019)⁴. Selv om arealstruktur har vært et sentralt tema siden Arealutvalget, ledet av Peter Gullestad, la frem sin rapport *Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen – areal til begjær* (Fiskeri- og Kystdepartementet, 2011) med forslag om en mer overordnet arealstruktur, har det vist seg utfordrende å få til endringer. Som vist av Hersoug (2020) har kommunenes arealforvaltning vært mindre egnet for å drive en god økosystembasert forvaltning. Forslag om branngater har stått sentralt i debatten, og ble også anbefalt ved inndelingen av produksjonsområder. Tveterås et al. (2023) gir en oppdatert og oversiktlig diskusjon om bærekraftig bruk av kystareal, og muligheter og begrensninger for vekst innenfor eksisterende areal.

Arealutfordringen handler om konflikter med andre interesser, men også mulige synergier mellom havnæringer, eksempelvis ved fremtidig havbruksproduksjon lengre ut til havs. Havbruksutvalget viser også til at arealstruktur og forbedringer her er viktige tiltak for å realisere bærekraftig vekst. En mulig løsning er teknologi og innovasjon, om man får utviklet teknologi som tilfredsstiller behovet for null utslipp av lus, god fiskehelse og velferd, og god produksjon. Å

⁴ FHF-prosjektet «Havbruksforvaltning 2030» (prosjektnummer 901391) har sett på viktige utfordringer og mulige endringer i arealforvaltningen (se eksempelvis Hersoug et al., 2020; Mikkelsen et al., 2019).

bytte åpne merder med nye teknologiske løsninger kan da fungere som branngater (dvs. buffersoner for å minimere smittespredning mellom produksjonsområdene) i områder med behov for dette, og kan også erstatte lokaliteter som ikke er egnet for produksjon i åpne merder. Dette vil imidlertid avhenge av at man har god nok teknologi, at noen er villige til å investere i den og at myndighetene tillater, eventuelt krever, en slik endring.

Dagens situasjon er unik ved at det de siste årene har pågått en storstilt teknologiutvikling i næringen, mye initiert av myndighetenes ulike tillatelsesordninger som grønne tillatelser, forskningstillatelser og utviklingstillatelser. Disse ordningene er ment å stimulere næringen til å utvikle og ta i bruk nye teknologiske løsninger som kan bidra til miljømessig bærekraftig vekst. Teknologiutviklingen har gitt både inkrementelle og mer radikale innovasjoner, men mange av disse teknologiene er ikke realisert ennå. Noen har begynt uttesting, og et fåtall kan karakteriseres som kommersialisert. Mangfoldet av produksjonssystemer som er under utvikling har stort potensial, men vil også kreve at man håndterer økt kompleksitet og nye risikoer, samt medføre nye kunnskapsbehov. Det er også viktig å anerkjenne at det er en krevende prosess i form av tid, kompetanse og ressurser å teste ut nye produksjonsteknologier. Selv om vi begynner å se en kommersialisering av noen av teknologiene, blant annet teknologi for dypdrift og lukkede anlegg utviklet og testet gjennom ordningen med utviklingstillatelser, må de fleste nye teknologiene karakteriseres som umodne. Dette betyr at det er stor usikkerhet knyttet til virkningen av teknologiene, og hvordan disse i fremtiden vil kunne være en del av den norske (og internasjonale) lakseproduksjonen.

Teknologiutviklingen har dessuten bremset opp det siste året, noe som kan tilskrives innføringen av grunnrenteskatt, i kombinasjon med flere forhold, som høy inflasjon, økte renter og økt arbeidsgiveravgift. En rapport utarbeidet for Sjømat Norge viser at det ett år etter innføringen av grunnrenteskatt er investeringer for 30 milliarder som fortsatt er satt «på vent», noe som særlig rammer underleverandørene hardt (NHHS Consulting, 2024). Usikkerhet og uforutsigbarhet gir dårlige kår for teknologiutvikling som krever store investeringer og hvor det er mye usikkerhet knyttet til hvordan teknologiene vil prestere. Leverandørindustrien er nøkkelen i denne teknologiutviklingen, men de er avhengige av næringens etterspørsel, investeringsevne og -vilje, og mulighet til å utvikle teknologien ved bruk av næringens areal og biomasse.

Sentrale utfordringer og fremtidige rammevilkår – drivere og barrierer for vekst

Det er tverrpolitisk forankret at akvakulturforvaltningen skal bidra til størst mulig verdiskaping innenfor bærekraftige rammer (NOU 2023:23)⁵. Kort sagt kan bærekraftig utvikling defineres som en utvikling der man over tid ikke reduserer velferdsnivået, som vil si at kommende generasjoner også etterlates en beholdning av økonomiske ressurser (inklusive miljø- og naturkapital). Bærekraftbegrepet deles gjerne i dimensjonene miljømessig, sosial og økonomisk bærekraft, i tillegg til at man ofte også legger til en institusjonell dimensjon. Utfordringen for myndighetene er å foreta avveininger mellom og innad i de ulike dimensjonene, når reguleringer skal utformes (Osmundsen, Amundsen et al., 2020). Dette må ivaretas med en balansert og helhetlig

⁵ NOU 2023:23 (side 55) viser også til tidligere dokumenter som Prop 1 S for Nærings- og fiskeridepartementet (2022-2023), Meld. St. 14 (2020-2021) og perspektivmeldingene fra 2013 og 2021.

tilnærming. Det som kan ha positiv innvirkning på én dimensjon kan vurderes til lite bærekraftig på en annen, og ulike virkemidler kan ha motstridende effekter. Hva som defineres som bærekraftig, og hvilke forventninger samfunnet har, vil også endres over tid. Dette innebærer at det er mange hensyn som skal ivaretas for å sikre både verdiskaping og at aktiviteten forstås som bærekraftig. Forvaltningen er avhengig av et godt kunnskapsgrunnlag for å drive presis og god regulering. Som en naturbasert næring innebærer akvakulturproduksjon komplekse sammenhenger som endrer seg over tid. Det vil si at beslutninger må fattes med en viss grad av usikkerhet, og et tidvis mangelfullt kunnskapsgrunnlag, blant annet med hensyn til naturens tålegrenser. Forvaltningen har også begrenset med ressurser og kapasitet til samordning, oppfølging og kontroll av næringens aktivitet. Det er derfor også viktig at reguleringer er effektive med hensyn til ressursbruk og de politiske målene man ønsker å oppnå.

Både biologisk og teknologisk innovasjon er sentralt for å utvikle løsninger for en mer bærekraftig produksjon. Med utviklingstillatelsene som ble lansert i 2015, har teknologiutviklingen i næringen skutt fart de senere årene. Tillatelsene ga en svært gunstig risikoavlastning, og ble en populær ordning med totalt 104 søknader. Både forvaltningen sitt arbeid med å behandle søknadene, og næringens innsats med å utvikle de (24) godkjente teknologiene, har vært tid- og ressurskrevende (Grünfeld et al., 2021; Moe Førre et al., 2022). Så langt er det et fåtall prosjekter som har ferdigstilt utviklingsarbeidet og konvertert tillatelsene⁶. Disse representerer semilukkede merder, og konsepter for dypdrift og mer eksponert drift. Noen få av disse kan karakteriseres som kommersialisert, i den forstand at de selges på det åpne markedet. I fremtiden vil dette også gjelde flere av teknologiene som nå er i utviklingsfasen, men det er for tidlig å si hvilke som vil 'overleve'. Et viktig poeng er at alle disse nye teknologiene fortsatt er umodne og det er stor usikkerhet knyttet til effektene av dem. Det er ikke mulig å si i dag hvilke teknologier som vil tas i bruk i større omfang, og etter hvert kanskje bli dominerende for produksjonen av laks. Frem mot 2050 kan også andre teknologier ha blitt utviklet enn de vi er kjent med i dag.

I forlengelsen av utviklingstillatelsene, og i kjølvannet av arbeidet med regjeringens *havbruksstrategi* (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021), ble det i 2021 foreslått en ordning med miljøteknologitillatelser⁷. I forslaget som ble sendt på høring ble det foreslått en tildeling på maksimalt 15 000 tonn (MTB) det første året. Minimumskrav til luse- og slamutslipp var definert, som i praksis betydde at tillatelsene ville gå til lukkede eller semilukkede anlegg i sjø. Tildelingen skulle skje enten ved auksjon for prekvalifiserte oppdrettere eller gjennom en såkalt innovasjonskonkurranse i likhet med tildelingsprosessen for grønne tillatelser i 2013. Høringssvarene ga i stor grad støtte til effektkrav, selv om noen ønsket strengere krav (til utslipp, dødelighet osv.), mens andre påpekte at det ville være svært krevende å innfri krav om blant annet rensing av slammet (IntraFish, 2022). Nærings- og fiskeridepartementet, ved flere fiskeriministere, har sagt at en avklaring av ordningen er straks klar⁸, men 2 år etter høringsfristen venter næringen fortsatt på en avklaring.

⁶ Se Fiskeridirektoratet for oppdatert oversikt over tildelte utviklingstillatelser og vedtak om konvertering: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser>

⁷ <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing-forslag-om-etablering-av-en-ny-ordning-for-tildeling-av-tillatelser-til-miljoteknologiformal/id2875765/>

⁸ Se for eksempel <https://www.intrafish.no/nyheter/miljoteknologiordningen-kommer-om-noen-uker/2-1-1390507>

Både utviklingstillatelsene og den foreslåtte miljøteknologitillatelsen ble sett på som viktige bidrag til at leverandørindustrien også fikk gode utviklingsvilkår og fortsatt kunne være konkurransedyktig internasjonalt. Leverandørindustrien er svært betydningsfull for innovasjon i havbruksnæringen, men er avhengig av lakseprodusentene (og deres vekstvilkår) for videre innovasjon og utvikling. Vilkårene til leverandørene er derfor tett koblet til myndighetenes insentiver for innovasjon og teknologiutvikling.

I 2022 kom Finansdepartementet med forslag om innføring av grunnrenteskatt på havbruk, som senere ble vedtatt av Stortinget i 2023. Innføringen av grunnrenteskatt har allerede ført til store endringer i industristrukturen og det har vært mye debatt om hvordan en slik skatt rammer særlig leverandørindustrien og videre teknologiutvikling. I første omgang ble ikke havbruk til havs innlemmet i grunnrenteskatteregimet, men det ble gitt signaler om at hvis havbruksproduksjon til havs blir lønnsom i fremtiden, kan en slik skatt innføres på et senere tidspunkt, noe som gir investeringsdisinsentiver. Denne usikkerheten førte til at enkelte aktører stanset sine investeringscaser for havbruk til havs⁹.

I 2022 begynte også arbeidet med en stortingsmelding om dyrevelferd, som er ventet å komme i løpet av 2024 etter noe forsinkelse. Oppmerksomheten rundt fiskevelferd har økt de siste årene, som blant annet skyldes høye dødelighetstall over flere år. Utfordringer med fiskehelse og fiskevelferd ble også påpekt av Riksrevisjonen som i 2023 kom med rapporten *Myndighetenes arbeid med fiskehelse og fiskevelferd i havbruksnæringen* (Dokument 3:12, 2022-2023). Riksrevisjonen kritiserer myndighetene for vedvarende utfordringer i næringen, manglende samarbeid, kontroll og oppfølging, og at det ikke er iverksatt tilstrekkelige tiltak for å redusere vedvarende utfordringer med sykdom og dårlig fiskevelferd i havbruksnæringen. Herunder peker de også på at kravene til risikostyring av driften i havbruksnæringen er lite konkret og utdatert som følge av utviklingen i næringsstruktur og driftsformer. Driftsregelverket har blitt mindre detaljert og mer funksjonsbasert, noe som gir selskapene et tydeligere ansvar for å vurdere om driften er helse- og velferdsmessig forsvarlig. Riksrevisjonen peker også på at regelverket gir næringen insentiver til å bruke avlusningsmetoder som gir dårlig fiskevelferd og økt dødelighet, og at regelverket burde gi større insentiver til kontinuerlig forbedring av metoder for å forebygge og fjerne lakselus. Noe av kritikken fra Riksrevisjonen rettes mot det fragmenterte tillatelsessystemet som gjør det krevende for forvaltningen å ha god oversikt over smitterisikoen i et område. Med de siste års utvikling i teknologi og produksjonsmetoder i næringen har ikke forvaltningen i tilstrekkelig grad fulgt opp negative konsekvenser som nye produksjonsformer kan ha for fiskevelferden.

Senere samme år kom Havbruksutvalget med sin rapport NOU 2023:23 *Helhetlig forvaltning av akvakultur for bærekraftig verdiskaping*. Havbruksutvalget ble satt ned for å vurdere hvordan tillatelsessystemet for akvakultur bør innrettes for fremtiden, og hvordan hensyn som biosikkerhet, miljø og næringsutvikling skal ivaretas. Kort oppsummert ønsker utvalget en mer helhetlig arealplanlegging og en bedre lokalitetsstruktur, generiske tillatelser uten detaljstyring, direkte regulering av miljøpåvirkning, samt differensiert regulering der miljøpåvirkningen er uakseptabel. De anbefalte tiltakene vil generelt gi aktørene fleksibilitet til å gjøre egne avveininger (også med hensyn til teknologibruk), men samtidig gi individuelle insentiver til å redusere miljøpåvirkningen. Utvalget fremhever behovet for å sikre god fiskevelferd, god biosikkerhet og akseptabel miljøpåvirkning for videre vekst innen havbruk.

⁹ <https://www.dn.no/havbruk/politikk/grunnrenteskatt/salmar/salmar-aker-ocean-stopper-storstilte-planer/2-1-1551678>

Miljøutfordringer

Dagens åpne merdteknologi er en viktig årsak til de mange risikofaktorene som er knyttet til fiskeoppdrett, som kan illustreres med Figur 1, som vist i NOU 2023:23 (s 63), og som er utarbeidet av Havforskningsinstituttet (HI). Figuren illustrerer utfordringer på innsiden av merden knyttet til dyrevelferd for matfisk (laks og regnbueørret) og rensefisk, som igjen påvirkes av håndtering, sykdom, miljøforhold og domestiseringen av fisk. Påvirkninger mellom merden og det eksterne miljøet handler om sykdom (bakterier, virus, parasitter), rømt fisk (genetisk påvirkning og spredning av sykdom), samt hvordan utslipp (spillfôr, næringssalter osv.) kan påvirke villfisk, biologi i sedimentet, bunnslam, tang og tare, og andre organismer.



Figur 1 Illustrasjon hentet fra NOU 2023:23 (s 6), som viser eksterne virkninger av akvakultur på miljøet, samt risikofaktorer inni merden.

Havforskningsinstituttets risikorapporter og tilhørende kunnskapsstatus viser status på flere miljøpåvirkninger, herunder dødelighet hos oppdrettslaks i sjø, dødelighet hos utvandrende villaks (postsmolt) som følge av lakselus fra oppdrett, genetisk endring hos villaks som følge av rømt oppdrettslaks, forekomst av infeksiøs lakseanemi og pankreassykdom hos villaks som følge av virusmitte fra fiskeoppdrett, miljøeffekter som følge av utslipp av løste næringssalter, partikulære organiske utslipp og utslipp av kobber, samt miljøeffekter ved bruk av villfanget leppefisk i fiskeoppdrett (Grefsrud, Andersen, et al., 2022; Grefsrud, Bjørn, et al., 2022; Grefsrud et al., 2023). Fra 2023 har HI begynt å sammenstille de ulike risikovurderingene for dyrevelferd og miljøpåvirkninger for hvert produksjonsområde, herunder også styrken på kunnskapsgrunnlaget, for lett tilgjengelig oversikt over det overordnede risikobildet og hvordan dette varierer mellom de ulike geografiske områdene¹⁰. Nedenfor vil vi gi en kort oppsummering av HI sine vurderinger av påvirkninger som følge av oppdrettsvirksomhet.

¹⁰ Se Havforskningsinstituttets *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2023* for oppsummerende figurer for hvert produksjonsområde (Grefsrud et al., 2023).

Påvirkninger på villaks som følge av oppdrettsvirksomhet

Risikoen knyttet til dødelighet på utvandrende postsmolt som følge av lakselusmitte fra fiskeoppdrett vurderes som høy i både produksjonsområde 3 og 4. For produksjonsområde 2-5 og 7 vurderes det også å være høy risiko for negative effekter på sjøørret og sjørøye (Grefsrud et al., 2023).

Genetisk påvirkning grunnet rømt oppdrettslaks er også en trussel mot villaksen, men her viser HI til at det fortsatt mangler en del kunnskap om hvorfor enkelte laksebestander ser ut til å være mer utsatt for innkryssing enn andre. Enkelte områder ser ut til å ha vært mer sårbare enn andre. Rømt oppdrettslaks kan spre seg over store områder, så denne påvirkningen kan være på tvers av produksjonsområder. HI viser også til at større rømningshendelser fra lakseoppdrett stadig inntreffer, og vurderer seks av produksjonsområdene til å ha høy risiko for ytterligere genetiske endringer hos villaksen (Grefsrud et al., 2023).

For spredning av sykdom til villfisk blir risikoen for endring i forekomst av ILA hos villfisk som følge av smitte fra oppdrettsanlegg vurdert som lav for alle produksjonsområdene, og for pankreassykdom (PD) vurderes risikoen som lav i fire produksjonsområder (1, 2, 5 og 7) og moderat i tre produksjonsområder (3, 4 og 6). Her påpekes det imidlertid at kunnskapen som ligger til grunn for vurderingene er mangelfull, og at dette kan gi opphav til overraskende hendelser med kritisk store konsekvenser. HI påpeker også at for alle vurderinger av miljøpåvirkninger på villaksen bør dette ses i sammenheng med status for villaksbestandene i området, der enkelte kan være mer sårbare for ekstra belastning som følge av oppdrettsaktiviteten i området (Grefsrud et al., 2023).

Påvirkning av miljøet utenfor merden

Med dagens produksjon i åpne sjøanlegg slippes både næringssalter, spillfôr og fekalier direkte ut i miljøet. Kobberimpregnerte nøter er også en kilde til forurensning i det marine miljøet. Det er imidlertid vist til lav risiko knyttet til miljøeffekter som følge av økt tilførsel av næringssalter fra fiskeoppdrett, og det gjelder alle produksjonsområdene (Grefsrud et al., 2023). Også risiko for utslipp av partikulært organisk materiale på bløtbunn blir for alle produksjonsområdene vurdert som lav, og miljøundersøkelsene under anleggene er stort sett gode. Av fremmedstoffer som slippes ut i miljøet fra oppdrettsanleggene er det kobber som står for det største utslippet. Det finnes ikke data på forbruk i hvert enkelt produksjonsområde, så det er miljøundersøkelsene (c-undersøkelsene) som gir oversikt over tilstanden. En høy andel lokaliteter i produksjonsområde 3 og 4 skiller seg ut ved at disse har høye kobberverdier i bunnsedimentene. Også i produksjonsområde 2 og 5-7 er det flere lokaliteter med høye kobberverdier. Risikoen knyttet til utslipp av kobber vurderes som lav i produksjonsområde 8-13. Det påpekes imidlertid at man har begynt å erstatte kobber med andre stoffer, og økningen i bruken av disse gjør at det bør vurderes om disse stoffene også skal inkluderes i fremtidige risikovurderinger (Grefsrud et al., 2023).

Fiskehelse og fiskevelferd

Det er økende oppmerksomhet på hvordan fiskevelferd håndteres i havbruksnæringen, spesielt fra publikum/media og forvaltnings- og tilsynsmyndigheter. Dette er et utviklingstrekk vi forventer vil vedvare i årene som kommer, og den kommende stortingsmeldingen om dyrevelferd kan

forsterke oppmerksomheten og eventuelle reguleringstiltak for å bedre fiskevelferd og fiskehelse.

Det er flere årsaker til at oppmerksomheten rundt fiskevelferd har økt de siste årene, blant annet mediasaker og kritikkverdige forhold som har blitt avdekket i forvaltningstilsyn. Dette relateres også til insentivene som skapes av trafikklyssystemet, der fokuset på lus har gått på bekostning av ivaretagelse av fiskevelferd ved mye håndtering og avlusing. Særlig dødelighet har vært viet mye fokus, der blant annet Havforskningsinstituttets risikorapport for norsk fiskeoppdrett de siste årene har vist til en økning i dødeligheten (Grefsrud et al., 2023). Fiskehelserapportene fra Veterinærinstituttet har de siste årene vist en negativ trend hva gjelder dødelighet, og den estimerte dødeligheten for 2023 ligger på 16,7% (62,7 millioner fisk) (Sommerset et al., 2024). Det er imidlertid betydelige geografiske variasjoner, og produksjonsområde 3 hadde den høyeste dødeligheten (25%). Høsten og vinteren 2023 har det vært flere mediasaker om brudd på dyrevelferdsregler i lakseoppdrett, som har skapt mye debatt om utviklingen over tid, behov for økt tilsynsvirksomhet og eventuell påvirkning på næringens omdømme og tillit¹¹. For å håndtere disse utfordringene har det våren 2024 blitt lansert en rekke forslag, blant annet mål om å halvere dødeligheten innen 2030, etablering av et innovasjonssenter og innføring av ulike sanksjoner og endringer i regelverket.

Foreslåtte tiltak angående miljøutslipp, fiskehelse og velferd

Havbruksutvalget (NOU 2023:23) foreslår en handlingsregel for bærekraftig drift innen driftsregelverket. Handlingsregelen innebærer tiltak som lakselusgrenser, -avgifter og -kvoter differensiert etter miljøtilstanden i det enkelte produksjonsområdet. *Lakselusgrenser* innbefatter både maksgrense for gjennomsnittlig antall lakselus per fisk per lokalitet (som i dag), og en lavere tiltaksgrense. *Avgiften* foreslås innført på antall lakselus som overskrider tiltaksgrensen. *Lakseluskvote* baseres på totalt antall lakselus på produksjonsområdenivå for å begrense den totale belastningen per område hvis miljøtilstanden ikke er akseptabel. Kvoten kan utformes som en sesongtilpasset utslippskvote per selskap. Utvalget foreslår videre at man kan øke produksjonen ved å velge produksjonsteknologi med lavere miljøpåvirkning enn konvensjonell teknologi.

Utvalget anbefaler også at utslipp av miljøskadelige stoffer reguleres gjennom grenseverdier i regelverk, og at man utreder en avgift på miljøgifter som akkumuleres og reduserer kapasiteten (bæreevnen) til miljøet over tid, samtidig med en refusjonsordning for oppsamlet utslipp.

Havbruksutvalget (NOU 2023:23) kommer ikke med forslag som direkte knyttes til dødelighet, men peker på at tiltakene de anbefaler vil bedre fiskevelferden, gjennom å redusere utfordringene knyttet til biosikkerhet og miljø. De foreslår ikke andre type tiltak utover dette. Utvalget sier likevel at dersom deres forslag likevel ikke sikrer tilstrekkelig god fiskevelferd bør ytterligere tiltak innføres.

Riksrevisjonen (2023) gir i sin rapport en rekke anbefalinger for bedre oppfølging av hvordan næringen ivaretar og sikrer god fiskehelse og -velferd. Blant annet peker anbefalingene på at Mattilsynet i tilstrekkelig grad må følge opp avvik, og gjøre mer helhetlige vurderinger for å unngå

¹¹ Se eksempelvis utvalgte nyhetssaker: <https://e24.no/hav-og-sjoemat/i/MoOmkB/naer-63-millioner-oppdrettslaks-doede-i-sjoefasen-i-2023>, <https://ilaks.no/en-ending-ma-til/>, <https://www.intrafish.no/fiskehelse/myrseth-vil-ikke-sammenligne-dodelighetstall/2-1-1604240>

smitte i et område. Rapporten kan også leses som en sterk oppfordring til å være mer føre-var, samarbeide og følge opp tilsyn og kontroll i større grad, og at det bør innføres tilstrekkelige krav til rapportering og redusering av utfordringene med sykdom. Basert på Riksrevisjonens arbeid kan man forstå det slik at fremtidige krav og sanksjoner kan bli betydelig strengere enn i dagens regelverk. Slike krav vil sannsynligvis påvirke driftsreguleringene, og eventuelt sanksjoner for regelbrudd. Riksrevisjonen oppfordrer til mer konkrete krav til risikostyring, og viser blant annet til at myndighetene har vært kjent med at næringen har incentiver til å bruke avlusingsmetoder som gir dårlig fiskevelferd og økt dødelighet. Innføring av velferdsindikatorer, samt incentiver til kontinuerlig forbedring i metoder for å forebygge og fjerne lakselus, blir anbefalt. Riksrevisjonen viser til at Mattilsynet mener det er for høy dødelighet, særlig etter behandling mot lakselus, Og det pekes på et behov for andre metoder. Dagens praksis med rensefisk kritiseres også, fordi dette ikke er dyrevelferdsmessig forsvarlig.

Trafikklyssystemet var ment som et fleksibelt system som skulle videreutvikles, blant annet med at flere indikatorer skulle legges til. Flere har tatt til orde for at andre indikatorer bør inngå i trafikklyssystemet, og tidligere fiskeriministere har uttalt at dette er under utredning. Foreløpig er ingen konkrete forslag sendt på høring, men noen små endringer i trafikklyssystemet har likevel blitt innført. Høsten 2023 fastsatte Nærings- og fiskeridepartementet nye vilkår for unntaksvekst i trafikklyssystemet, som vil gjelde fra søknader i 2025. Den største endringen handler om kvalifikasjonsperioden, men også begrensninger i antallet ikke-medikamentelle behandlinger ble foreslått. Høringssvarene påpekte at det var positivt at velferdsaspektet ble tatt hensyn til i vurderingene av unntaksvekst, men at en begrensning på kun to ikke-medikamentelle behandlinger var for strengt, og innebar en for stor endring. Denne begrensningen ble i denne omgangen gjort noe romsligere, men departementet varsler at dette kan bli strammet inn i senere runder (Nærings- og fiskeridepartementet, 2023a, 2023b).

Som nevnt over er areal en sentral nøkkel som representerer både muligheter og begrensninger for vekstambisjonene, der særlig etablering av branngater kan bedre biosikkerheten og produksjonen i hvert område. Havbruksutvalget (NOU 2023:23) er opptatt av at man oppnår en bedre lokalitetsstruktur. Utvalget anbefaler en videreføring av produksjonsområdene, og at det innføres branngater. Anlegg som ikke påvirker biosikkerheten kan allikevel ligge i branngatene. Når det gjelder arealplanlegging foreslår utvalget at statlige myndigheter overtar større deler av ansvaret og myndigheten for å utarbeide og vedta arealplaner for sjøområdene. Utvalget foreslår også at det utredes en ny modell for tildeling av lokalitetstillatelser, med statlige myndigheter (Fiskeridirektoratet) som tildeler.

Tilgang på tillatelser til produksjon i sjø og på land

De viktigste mekanismene for å regulere vekst i produksjonen er tillatelser på selskaps- og lokalitetsnivå med MTB (maksimalt tillatt biomasse) som mengdebegrensning, trafikklyssystemet med handlingsregel og produksjonsområder. Tillatelser på selskapsnivå består av kommersielle tillatelser og en rekke særtillatelser. I tillegg til tillatelsene til oppdrett i sjø har det også blitt etablert tillatelser for landbasert matfiskproduksjon og det er igangsatt et arbeid med å åpne for havbruk til havs.

Tildelingen av tillatelser har møtt mye kritikk opp gjennom årene, særlig på grunn av mangel på forutsigbarhet ved *ad hoc* tildelinger, og at tildelingene ble oppfattet som skjønnhetskonkurranser. Forvaltningen har også fått kritikk for lite kontroll og oppfølging av de

særvilkårene som har fulgt tillatelsene. Dette påpekes også av Havbruksutvalget i NOU 2023:23. Særtillatelsene har hatt som formål å styrke næringen, blant annet ved undervisning, visningsaktivitet, og forskning. Den siste særtillatelsesordningen ble også en av de største, nemlig utviklingstillatelsene. Veksten gjennom særtillatelsene bidrar til en komplisert forvaltning, siden flere av disse tillatelsene ikke inngår i trafikklyssystemet. Det har derfor blitt foreslått å fjerne flere av særtillatelsene (NOU 2023:23).

Et nytt lovverk i 2016 gjorde det enklere med landbasert oppdrett og tillatelsene til dette har hittil vært vederlagsfrie, ikke begrenset i antall og tildelt løpende. Det har vært en betydelig interesse for disse, og flere søknader om tillatelser er under behandling. Nærings- og fiskeridepartementet innførte midlertidig stans i muligheten til å søke om nye tillatelser til akvakultur på land av matfisk, settefisk og stamfisk fra 20. desember 2022 (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022). Bakgrunnen for dette var et behov for tydeligere rammer for å skille hva som er akvakultur på land og i sjø, da en rekke søknader og nye teknologiske konsepter utfordret regelverkets skille mellom sjø og land. Havbruksstrategien (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021) påpekte at videre utvikling og vekst på land ikke må skje på bekostning av tillatelser i sjø, biosikkerhet og fiskehelse, miljøhensyn eller arealbruk i strandsonen. Tillatelsene til landbasert oppdrett omfattes ikke av trafikklyssystemet, men vil kunne påvirke omkringliggende miljø og økosystem (herunder sykdomssmitte til villfisk). Det pekes derfor på at et fremtidig virkemiddel kan være tydelige funksjonskrav for landbaserte anlegg for å sikre at disse ikke påvirker vekstmuligheten for kommersielle tillatelser i sjø. Forslag til nytt regelverk ble sendt ut i mai 2023, men høringsfristen ble utvidet fordi funksjonskravene som skulle ettersendes måtte utredes videre. I januar 2024 sier fiskeriministeren¹² at departementet tar sikte på å få på plass det nye regelverket for landbasert akvakultur tidlig i høst. *«Målet er å få et sett med regler som bidrar til at den etablerte praksisen med løpende vederlagsfri tildeling av tillatelser til landbaserte oppdrettsanlegg forbeholdes anlegg som ligger på land og som kan ses på som smittemessig adskilte fra nærliggende sjøanlegg.»* Et nytt regelverk var ventet å komme på høring etter kort tid, men det er foreløpig ikke klart når dette kommer.

Riksrevisjonens undersøkelse viser at Mattilsynet har mangelfulle retningslinjer og utfordringer med å vurdere hvilke konsekvenser ulike typer landanlegg har for fiskens helse og velferd, og viser til at forskrift om krav til teknisk standard ikke omfatter fiskehelse og -velferd, kun rømningssikkerhet. Landanlegg har også utfordringer på dette området, men sykdoms- og velferdsutfordringene er annerledes enn de som er i sjø, samtidig som smitte fra landanlegg kan spres til nærliggende sjøanlegg. Flere teknologiske løsninger for landbasert oppdrett har vært prøvd ut så langt, men få har lyktes med matfiskproduksjon (av laks) over lengre tid og i større skala. Imidlertid skjer det mye på denne fronten, men også her er det opplevd utfordringer med sykdom, fiskehelse, og teknologi/menneskelig svikt som har forårsaket fiskedød og økonomiske tap.

Det pågående arbeidet med en tillatelsesordning for havbruk til havs er en tidkrevende prosess både med tanke på å få på plass nødvendige bestemmelser og konsekvensutredninger, men også for å utvikle de teknologiske løsningene. Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet kartla i 2019 egnede områder for akvakultur som vil foregå lengre til havs enn det som er vanlig i dag, og det har blitt anbefalt tre områder for konsekvensutredning med formål om tilrettelegging for havbruk til havs. I januar 2021 opprettet Nærings- og fiskeridepartementet en prosjektgruppe

¹² Viser til skriftlig svar på spørsmål fra Sivert Bjørnstad - <https://www.intrafish.no/politikk/svarer-pa-nar-departementet-vil-ha-et-nytt-regelverk-for-landbasert-pa-plass/2-1-1587797>

for arbeidet med å tilrettelegge for havbruk til havs, hvor det arbeides med areal og tillatelser, HMS for arbeidstakere, teknisk regelverk, fiskehelse og fiskevelferd, og ytre miljø. Dette arbeidet vil foregå over flere år, og en rekke avklaringer må på plass før et reguleringsrammeverk for havbruk til havs er klart. Denne prosessen pågår parallelt med andre endringer i akvakulturreguleringer, og mandatet til Havbruksutvalget omfattet ikke havbruk til havs og et kommende regelverk for dette. Foreløpige utredninger og vurderinger har vist til potensielle vekstmuligheter og verdiskapingspotensial for havbruk til havs, i tillegg til enorme kunnskapsbehov og vurderinger som må gjøres i det videre arbeidet (se eksempelvis Grünfeld & Grønvik, 2023; SINTEF Ocean, 2022; Tveterås et al., 2020). Myndighetsarbeidet i forkant av etableringen av havbruk til havs vil være omfattende og kan ha potensielle store effekter på produksjon og ringvirkninger. Usikkerheten er imidlertid stor og tidshorisonten lang.

Trafikklyssystemet – indikatorer og handlingsregel for kapasitetsøkning

Trafikklyssystemet¹³ ble innført i 2017, og er myndighetenes verktøy for å legge til rette for bærekraftig vekst i næringen. De kystnære sjøarealene er delt inn i 13 geografiske produksjonsområder. Handlingsregelen i trafikklyssystemet gir mulighet til vekst dersom påvirkningen på miljøet i de enkelte produksjonsområdene vurderes som akseptable. Det er imidlertid opp til myndighetene å sette grensene for hva som tillates av produksjon og påvirkning på miljøet. En oppnevnt ekspertgruppe oppsummerer status og gir råd om hvilken effekt lakselus, og dermed oppdrettsnæringen, har på villaks. Deretter fastsetter departementet, ved Fiskeriminister, tilstandsgrad (grønt, gult, eller rødt lys) for hvert produksjonsområde. Trafikklyssystemets handlingsregel kan tildele inntil 6% vekst annet hvert år, i de områdene hvor påvirkningen er vurdert til akseptabel (grønt lys).

Det er foreslått mange endringer de siste årene, men få er iverksatt og på flere områder gjenstår det fortsatt mange avklaringer. Flere fiskeriministere har varslet at det arbeides med forslag om flere indikatorer til trafikklyssystemet¹⁴, blant annet utslipp og dødelighet, men konkrete forslag til politisk behandling ligger ikke på bordet.

Flere interessenter, blant annet Dyrevernalliansen (2022), har foreslått at dødelighet må bli innført som en indikator i trafikklyssystemet, da stadig høye dødelighetstall er et tegn på et underliggende velferdsproblem. Behandling og håndtering av fisken er blant faktorene som utsetter laksen for belastninger som kan medføre økt dødelighet. Velferdsutfordringer og dødelighet er derfor også en (utilsiktet) konsekvens av lus som indikator for vekst, og det har derfor blitt tatt til orde for at det kan være behov for flere indikatorer i trafikklyssystemet for å begrense slike effekter.

Forslag til endringer i tillatelsessystemet og trafikklyssystemet:

NOU (2023:23) anbefaler at selskapstillatelser tildeles ved auksjon som hovedregel. Selskapstillatelser kan i dag overføres, men ikke leies ut. Utvalget foreslår at muligheten for utleie av selskapstillatelse innføres. Dette forslaget innbefatter ikke lokalitetstillatelser.

¹³ <https://trafikklyssystemet.no>

¹⁴ Se eksempelvis <https://www.intrafish.no/politikk/skjaran-tenker-hoyt-om-flere-indikatorer-til-trafikklyssystemet/2-1-1155482>

NOU (2023:23) anbefaler at alle selskapstillatelser er knyttet til ett spesifikt produksjonsområde, men foreslår å utrede behovet for fleksibilitet utenfor produksjonsområdet av hensyn til effektivitet. Lokalitetstillatelser, uavhengig av om produksjonen skjer på land, i sjø, til havs eller i ferskvann, bør ha samme rammevilkår hvis produksjonen har lik påvirkning på miljøet. Det foreslås utredet videre hvilke miljøforhold det er aktuelt å inkludere.

Særtillatelser:

NOU (2023:23) foreslår å utvikle særtillatelsene visning, undervisning og fiskepark, og at forskningstillatelser blir utredet nærmere for å sikre konkurranse og at man oppfyller formålet. Andre særlige driftsvilkår bør ikke knyttes til tillatelsene, men håndteres i driftsregelverket. De foreslår videre å utvikle ordningen med unntaksvekst, begrunnet i at unntaksveksten baseres på historiske resultater, og ikke legger begrensninger på fremtidig lusepåvirkning.

Etter søknadsfristen for utviklingstillatelser utløp i 2017 har det blitt diskutert om det kommer en ny runde med «utviklingstillatelser 2.0». Høsten 2021 ble et forslag om miljøteknologitillatelser sendt på høring. Disse tillatelsene skulle tildeles med særlig strenge og permanente miljøkrav blant annet knyttet til lakselus, rømming og utslipp. Formålet med tillatelsene var å bidra til utvikling av teknologi som løser næringens miljøutfordringer, og å ta i bruk nye arealer langs kysten.

Havbruksutvalget ble, i et tilleggsmandat, bedt om å vurdere tiltak for å fremme teknologiutvikling for bærekraftig vekst, herunder den foreslåtte miljøteknologitillatelsen. I tråd med sine anbefalinger om å fjerne de fleste særtillatelsene, foreslår utvalget i stedet en ordning med miljøfleksibilitet. Dette innebærer en økning i tillatelseskapasitet i ordinære tillatelser ved oppfyllelse av særskilte miljøkrav. Dette kan blant annet skje gjennom å ta i bruk null- eller lavutslippsteknologi. For å sikre økt bruk og utvikling av ny teknologi som reduserer miljøpåvirkning ønsker NOU (2023:23) å motivere gjennom prisede utslipp og offentlig støtte, men uten tildeling av særtillatelser.

Trafikklyssystemet – indikatorer og handlingsregel for vekst

NOU 2023:23 anbefaler en videreføring av handlingsregelen i trafikklyssystemet, som en vekst i form av tildeling av økt tillatelseskapasitet. For å styrke insentivene og bevege seg mot en langsiktig likevekt der miljøpåvirkningen er akseptabel, foreslås også en handlingsregel innen driftsregelverket.

De iverksatte og foreslåtte tiltakene over peker i hovedsak mot at tillatelsessystemet i fremtiden vil bli mer generisk, og det er stor usikkerhet om flere tillatelsesordninger vil bli brukt som verktøy for vekst i fremtiden – herunder også tillatelser for landbasert og til havs der pågående avklaringer er krevende og også påvirkes av andre reguleringer. I hovedsak vil vekst i større grad avhenge av miljøtilstand og reduksjon av miljøpåvirkning, gjennom trafikklyssystemet og eventuelle miljøfleksibilitet/konverteringsordninger med funksjonskrav. Utformingen av den foreslåtte miljøfleksibilitetsordningen vil muligens være det enkeltstående tiltaket med potensielt størst effekt på vekst innenfor produksjonsområdene, mens kommende tillatelser for havbruk til havs også kan gi stor effekt på totalproduksjonen dersom dette blir realisert i stor skala. Effekten av tilgang på økt biomasse avhenger også av hvordan dette kombineres med arealstruktur, økonomiske insentiver og eventuelle andre reguleringer (som kan innebære innstramminger vedrørende driftsregulering, fiskevelferd, lusekvoter og avgifter, indikatorer i trafikklyssystemet og strengere krav til biosikkerhet).

Energitilgang

Nye teknologiformer og drift av disse vil kreve ny kompetanse. De vil også ha ulike infrastrukturbehov, eksempelvis tilgang til kraft/energi, som også er pekt på som en utfordring i den kommende utviklingen av næringen. Fram til nå har det vært et kraftoverskudd i Norge som man nå er i ferd å miste, og det samme gjelder gunstige og konkurransedyktige strømpriser. I rapporten *Kraftløftet* beskriver NHO (2024) situasjonen rundt kraftbehovet i Norge som prekær. Det er et økende behov for kraft i alle næringer som overstiger tilgjengelig nettkapasitet og produksjonskapasitet. Ifølge rapporten *Lavutslippsscenario Norge*, utgitt av Statkraft (2023), vil behovet i Norge øke med mellom 30 og 90% fra 2023. Det er flere bedrifter som får avslag på forespørsel om å knytte til kraftnettet grunnet manglende kapasitet de neste ti årene. I tillegg er det behov for mer fornybar energi for å fase ut fossile brennstoff og drivstoff, som foreløpig står for halvparten av Norges energiforbruk. I *Lavutslippsscenario Norge* predikeres det at kraftproduksjonen vil øke 30-70% mot 2050. Mesteparten av denne veksten vil drives frem av vindkraftproduksjon på land og til havs. Vannkraft vil gi fleksibilitet i kraftnettet i Norge. Det antas også at energiproduksjon i Europa vil bli grønnere innen 2030 (Statkraft, 2023).

Innen oppdrettsindustrien er ca. 45% av alle anlegg i sjø drevet helt eller delvis på dieselgenerator (Nistad et al., 2021). Landbaserte anlegg vil kunne kobles på kraftnettet, men disse har et høyere energiforbruk per kg laks produsert enn andre produksjonsformer. Beliggenheten til oppdrettsanlegg har stor betydning for om det er mulig å koble seg på kraftnettet eller ikke. Bruk av fartøy i oppdrettsnæringen og deres energibærere har også stor innvirkning på næringens energibehov i framtiden. Ifølge Nistad et al. (2021) var det totalt 1 745 fartøy i bruk i næringen i 2020, hvorav kun 32 var elektriske eller hybride fartøy.

Klimautfordringer og tilgang til proteiner/fôr

Falconer et al. (2022) har kartlagt hvordan klimaendringer kan påvirke norsk lakseoppdrett og hvilke tilpasninger oppdrettere kan gjøre. Klimaendringer kan føre til økte temperaturer i sjø og marine hetebølger, høyere sjønivå, forsuring av havet, reduserte oksygennivåer i havet og økt mengde avrenning til havet grunnet er nedbør. Disse effektene kalles stressorer. Forfatterne undersøkte om det var en kobling mellom de nevnte stressorene og påvirkning på de ulike stegene i verdikjeden for lakseoppdrett, med avl og klekkeri, settefiskproduksjon og matfiskproduksjon. For avl, klekkeri og settefiskproduksjon ble det trukket frem at økt fare for flom kan skade bygninger og infrastruktur, og stormer kan føre til strømbrudd. Hetebølger eller økt mengde regn kan utløse skred og ras som også kan skade infrastruktur. Disse faktorene utgjør også en risiko for matfisk produksjon i landbaserte anlegg. Tilgjengeligheten av inntaksvann kan også bli påvirket ved at det på sommertid kan bli tørkeperioder. Her vil RAS-systemer ha en fordel over gjennomstrømningsanlegg ettersom mesteparten av vannet resirkuleres i RAS. Vannkvaliteten kan også reduseres ved at temperaturen økes eller at oksygennivået reduseres. For matfiskproduksjon ble det identifisert 22 mulige påvirkninger fra stressorene, som skader på infrastruktur, redusert HMS og mer komplikasjoner under drift grunnet mer ekstremvær (Falconer et al. 2022). Økt temperatur i sjøen kan føre til blant annet økt begroing på konstruksjoner, endring i spredning av utslipp (fekalier, fôrspill, legemidler, antibegroingsmidler osv.), flere sykdomsutbrudd, mer parasitter som lakselus, flere oppblomstringer av giftige alger og forekomster av maneter. Dette igjen kan føre til økt dødelighet og redusert fiskevelferd. Økende sjøtemperaturer kan ha negativ påvirkning på fiskevelferd i sør, mens det lengre nord i Norge kan føre til at det blir gunstigere forhold for

lakseoppdrett i sjø (Sandvik et al., 2022). Bruk av ny teknologi kan redusere negative påvirkninger, og trekkes fram som et tiltak for tilpasning av klimaendringer.

Økte temperaturer som følge av klimaendringer kan også påvirke tilgangen til marine ingredienser til fôr gjennom stigende havtemperaturer og marine hetebølger (Arimitsu et al., 2021; Brodeur et al., 2019), samt dyrket fôr andre steder i verden grunnet tørke og ekstremvær. Foreløpig importeres 92% av alle fôringrediensene (Aas et al., 2022) og vekst i norsk lakseoppdrett vil føre til behov for økte fôrressurser. Flere rapporter har sett på mulighetene for å gå bort ifra den kontroversielle fôringrediensen soyamel og kartlagt nye ingredienser som kan dekke opp dette behovet (se eksempelvis Almås et al., 2020, 2023). Disse inkluderer insekter, lavtrofiske organismer, mesopelagisk fiskeri, mikro- og makroalger, restråstoff fra trevirke, encellede organismer med mer. Den norske regjeringen lanserte også et samfunnsoppdrag for bærekraftig fôr i 2022, der det er et mål at alt fôr til oppdrettsfisk og husdyr skal komme fra bærekraftige kilder og bidra til reduksjon av klimagassutslipp i matsystemene (Meld. St. 5, 2022-2023). Regjeringen ønsker å øke selvforsyningsgraden og det er derfor også et mål at mer av fôringrediensene produseres i Norge. For oppdrettsfisk er det foreslått et mål om 25% norskproduserte ingredienser innen 2034 (Norges Forskningsråd, 2023). Tilgang på fôr og bærekraftig fôr vil derfor kunne være en barriere for vekst i oppdrettsindustrien i Norge.

Økonomiske drivere og barrierer

Generelt om drivere av investeringer - effekter av skatter

Investeringer er en sentral driver for økonomisk vekst (Kaldor, 1957; Solow, 1956). En rekke faktorer påvirker selskapers investeringsbeslutninger, slik som lønnsomhet (Andrén & Jankensgård, 2015; Fazzari et al., 1988; Landazuri-Tveteraas et al., 2023), usikkerhet (Abel, 1983; Bernanke, 1983; Mohn & Misund, 2009, 2011) og skatt (Ahi et al., 2024; Djankov et al., 2010; Dobbins & Jacob, 2016). Skatt kan imidlertid påvirke selskapers drifts- og investeringsbeslutninger på ulikt vis. Begrepet 'nøytralitet' står her sentralt. Hvis en skatt fører til at bedriftene ikke endrer sine drifts- og investeringsbeslutninger etter at skatten er innført, kan vi si at skatten er nøytral. I økonomilitteraturen er det beskrevet ulike former for nøytrale skatter (Bonds & Devereux, 1995; Brown, 1948; Garnaut & Ross, 1979). Disse modellene er teoretiske, og skattenes nøytralitetssegenskaper er sterkt avhengig av validiteten til forutsetningene. I praksis finnes det ikke nøytrale skatter, kun ulik grad av nøytralitet. Noen skatter vil være mer nøytrale enn andre. Overskuddsskatter med friinntekt eller kontantantstrømskatter blir ansett som de mest nøytrale skattene som finnes, og kan brukes til å hente inn økonomisk renter til felleskapet, slik som grunnrenter. I Norge blir slike skatter brukt i petroleum, vannkraft, vindkraft og havbruk, mens det finnes svært få tilfeller av slike skatter i andre land.

Hvis en skatt er (tilnærmet) nøytral vil den ikke påvirke bedriftenes atferd på en slik måte at verdiskaping går tapt, dvs. skatten gir ikke samfunnsøkonomisk effektivitetstap. 'Vridende' skatter kan gi tapt verdiskaping og moderne skattesystemer har typisk en målsetning om minst mulige vridende skatter. Et unntak er når vridninger er ønsket, som med miljøskatter. Hensikten med miljøavgifter og -skatter er nettopp å redusere miljøskadelig atferd – en påvirkning av bedriftens beslutninger i ønsket retning. I tillegg vil en miljøskatt prise en miljøskade og dermed være i tråd med "forurenser betaler"-prinsippet. Slike vridende og effektivitetsfremmende skatter er foretrukket i et godt skattesystem, selv om de ikke alltid er like enkle å innføre i praksis. En effektivt innrettet miljøavgift krever at skatten treffer den miljøskadelige aktiviteten, at skaden

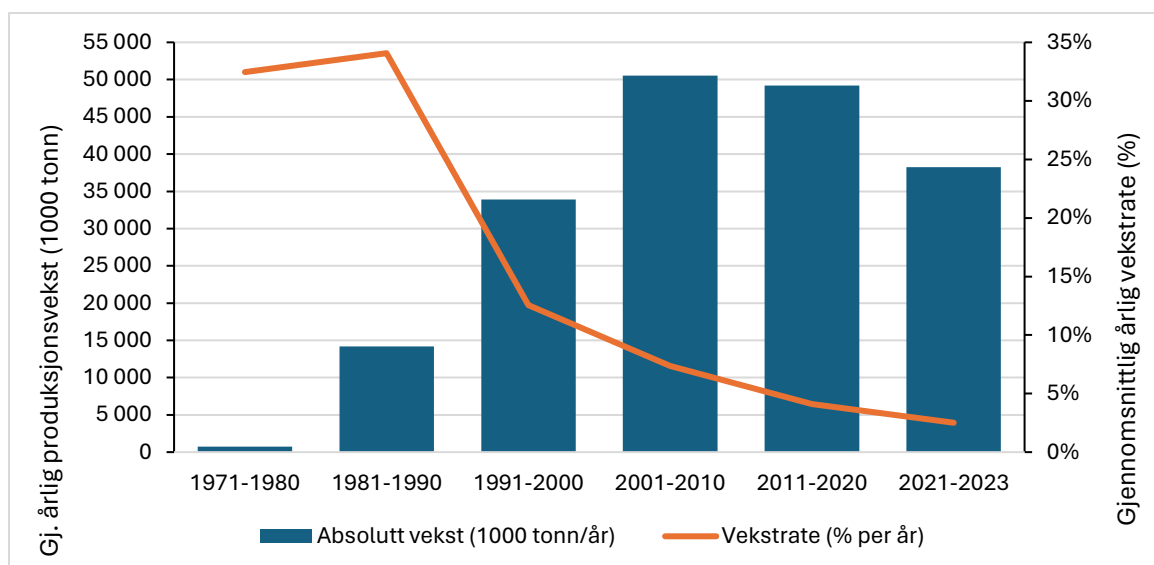
ikke varierer over tid på året eller geografisk, og at det er mulig å verdsette miljøskaden. I havbruk finnes det ikke mange miljøskatter, da det trolig er vanskelig å innføre av flere årsaker. Hvis en bruker lakselus som et eksempel er det vanskelig å beregne den økonomiske verdien av miljøskaden, og den varierer over tid og mellom produksjonsområder. Videre kan luseproblemet i havbruk kategoriseres som en non-point source pollution (Cojocaru et al., 2023; Jensen et al., 2024), som vil si at det ikke er enkelt å identifisere den eksakte utslippskilden til f.eks. en lakselus i en fjord. Både reguleringer og miljøskattlegging av non-point source pollution har vist seg å være lite effektivt (Xepapadeas, 2011), og dette virker også å være tilfellet i havbruk (Larsen & Vormedal, 2021; Osmundsen et al., 2017).

Måten skatter innføres på er også viktig. Selv om det innføres en (tilnærmet) nøytral skatt kan innføringen påvirke selskapenes forventninger om fremtidige skatteendringer (Kyndland & Prescott, 1977). Da vil en nøytral skatt ikke lenger være nøytral. Skrinlegginger av investeringsbeslutninger for havbruk til havs er et eksempel på dette. Selv om det fra selskapenes ståsted er foretrukket at det ikke innføres en grunnrenteskatt for havbruk til havs, vil en innføring av særskatten etter at investeringene er gjennomført kunne gi en svakere lønnsomhet sammenlignet med hvis skatten ble innført med en gang.

Miljøskatter og direktereguleringer er eksempler på mekanismer som (i prinsippet) kan gi redusert miljøskade. I praksis, av de grunner som er beskrevet over, vil politikere ofte foretrekke direkte reguleringer. Det er tilfelle i dag for havbruk, og det er grunn til å tro at direkte reguleringer også vil være den foretrukne mekanismen også i fremtiden. Miljøskatter og direkte reguleringer er eksempler på “pisk”-virkemidler som har til hensikt å redusere den miljøskadelige aktiviteten. Alternativt kan en tenke seg “gulrot”-mekanismer, slik som subsidier. Subsidier kan komme i ulike former. Noe av disse kan brukes til å stimulere investeringer i produksjonsformer som har lavere miljøskade enn andre teknologier (Cojocaru et al., 2023). Slike subsidier kan forsvares hvis de bidrar til å redusere det samfunnsøkonomiske effektivitetstapet som miljøforurensning gir. I havbruk kan dette gjelde insentivordninger som fremmer investeringer i nullus- eller lavlus-teknologi, f.eks. lønnsom konvertering mellom åpne og lukkede anlegg (Skår et al., 2024; Tveterås et al., 2023).

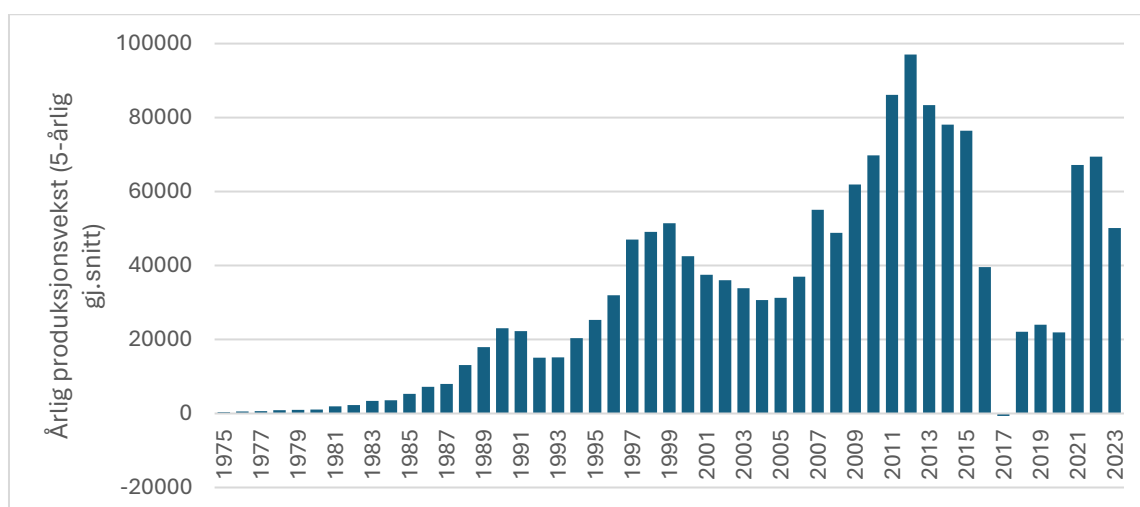
Historisk utvikling av produksjonsvekst

Hvilke faktorer har drevet produksjonsveksten historisk sett? For å kunne si noe om fremtidig produksjonsvekst kan analyser av historiske drivere for produksjon være et nyttig utgangspunkt. Siden det kommersielle gjennombruddet på begynnelsen av 1970-tallet har produksjonsveksten i norsk lakseoppdrett vært høy, tidvis med tosifret årlige vekstrater (Figur 2). Den årlige vekstraten har over tid falt, og gir inntrykk av en fallende produksjonsvekst over tid. Men, som figuren viser, kan vekstrater målt i prosent være misvisende da det er veksten målt i tonn som har en økonomisk verdi. Den høyeste produksjonsveksten har vært mellom 2001 og 2020.



Figur 2 Produksjonsvekst i oppdrett av Atlantisk laks og regnbueørret 1971-2023, både gjennomsnittlige absolutt vekst (1000 tonn per år) og gjennomsnittlig prosentvis årlig vekst. Datakilde: FAO.

Hvis en ser kun på de siste årene, fra 2021, gis et inntrykk av svakt fallende produksjon. Men det kan være misvisende å konkludere om vekst eller stagnasjon ut fra kortere perioder. Figur 3 viser 5-årlig gjennomsnittlig produksjonsvekst. Her ser vi at produksjonsveksten er syklisk, med perioder med lavere vekst etterfulgt av perioder med høyere vekst. På slutten av 1980- og 1990-tallet var det perioder med høy produksjonsvekst, noe som førte til lavere priser og perioder med lavere produksjonsvekst i begynnelsen av 1990- og 1980-tallet. Dette var også perioder med store omveltninger i næringen som følge av lave laksepriser, slik som finansielle problemer og konkurser (Misund, 2017; Zhang & Tveterås, 2022), dumping-beskyldninger (Asche, 1997, 2001; Kinnucan & Myrland, 2006) og restrukturering og konsolidering av næringen (Asche et al., 2013; Pandey et al., 2023). I perioden frem til 2005 var produksjonsveksten drevet av produktivitetsforbedringer. Innovasjoner i teknologi, vaksiner og ernæring førte til lavere produksjonskostnader og tilbudsvekst, som førte til at lakseprisene falt. Produktinnovasjon gjorde at laks ble gjort tilgjengelig for større kundegrupper og verdikjeden for oppdrettet laks og regnbueørret ble utvidet.

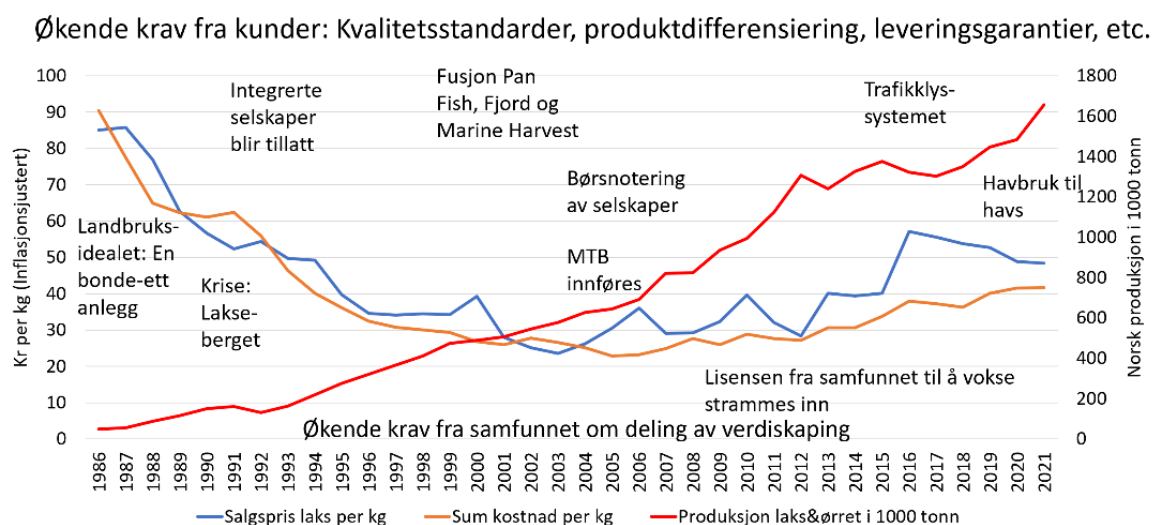


Figur 3 Gjennomsnittlig årlig produksjonsvekst (5-årlig gjennomsnitt) i tonn Atlantisk laks og regnbueørret. Datakilde: FAO.

Produktivitetsforbedringene avtok mot midten av 2000-tallet (Vassdal & Sørensen Holst, 2011), og produksjonsveksten falt (Figur 3). I 2005 kom MTB-systemet, som ble innført med et betydelig gap mellom tillatt produksjonskapasitet og anvendt kapasitet. Dette ga en formidabel vekst de neste årene, helt til MTB-grensene ble nådd i 2012.

Mellom 2012-2017 sto produksjonen stille. Blant årsakene er økte bekymringer hos myndighetene for økt smittepress av lakselus på villaks. I 2013 ble luseforskriften strammet inn og lusegrensene senket til 0,2 og 0,5 modne hunnlus per fisk. Samtidig ble kjemiske avlusningsmidler mindre effektive pga. økt resistens hos lakselusen, og mindre skånsomme avlusningsteknikker ble benyttet, noe som har hatt en negativ effekt på slaktestørrelse og dødelighet av stor fisk (Barrett et al., 2022; Overton, Dempster, et al., 2019; Overton, Oppedal, et al., 2019).

Etter 2017 har det vært en økt produksjonsvekst, med ulike mulige årsaker. I 2017 ble trafikklyssystemet innført, med tildeling av MTB-vekst i grønne produksjonsområder. Det har også vært en to runder med MTB-nedtrekk i produksjonsområde 3-5, men uten at dette har medført en produksjonsnedgang, noe som tilsier at innføringen av trafikklyssystemet totalt sett har gitt en produksjonsvekst. Videre har det vært en økt bruk av postsmolt, noe som gir høyere MTB-utnyttelse og økt produksjon. I tillegg har det blitt tildelt en del ikke-kommersielle tillatelser. Andelen av disse har økt over tid, og i perioder har slike tillatelser representert 21% av totalt antall tillatelser og 17% av total MTB-kapasitet (Hersoug, Olsen, et al., 2021). Figur 4 oppsummerer utviklingen i havbruksnæringen fra 1980-tallet til i dag.



Figur 4 Utvikling som har endret forretningsmodellen i havbruk.

Fremtidig utvikling av produksjonsvekst

Den formidable produksjonsveksten i norsk havbruk har ikke vært gradvis, men har kommet i form av sykler med høy vekst etterfulgt av perioder med lavere produksjonsøkning. Tiden med den 'enkle' veksten synes å være forbi, og en ytterligere intensivering av produksjonen med dagens teknologi vil være utfordrende. Antall lokaliteter har falt de siste 20 årene, og det er svært vanskelig å få frigitt nye lokaliteter. Det har vært en betydelig vekst i lokalitets-MTB siden 2005, spesielt i Nord-Norge, men også her vil det fremover være begrenset vekstmuligheter med konvensjonell åpen merdteknologi. Slik vekst skje gjennom effektivitetsforbedringer, endringer i

lokalitetsstruktur, bedre biosikkerhet o.l., men med dagens reguleringsregime og produksjonsform vil denne veksten være lav. Alternative produksjonsteknologier virker i dag å være den mest lovende alternative måten å frembringe en høyere veksttakt på.

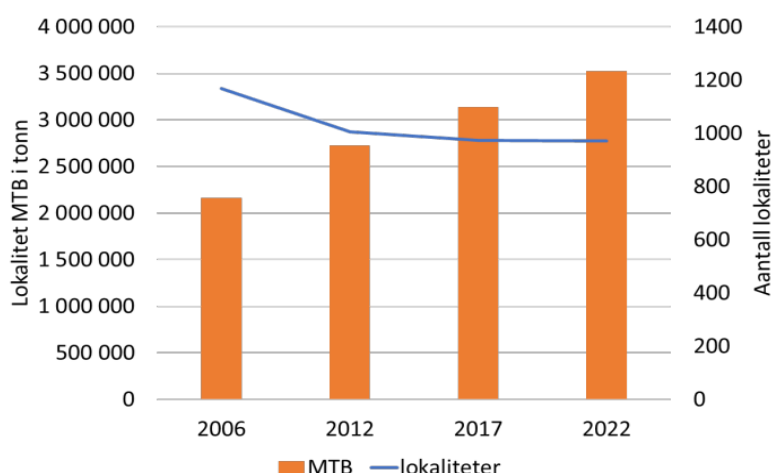
Siden 2021 har produksjonen av laks og regnbueørret stått stille på rundt 1,6 millioner tonn rundvekt. Det er vanskelig å si om dette betyr at produksjonen har stagnert, eller at en er inne i en periode med redusert vekst. Som diskusjonen over viser er produksjonsveksten i havbruk syklisk.

Faktorer som taler for **fremtidig økt produksjon** er:

1. **Fortsatt mulighet for høyere kapasitetsutnyttelse.** Total lokalitets-MTB er betydelig høyere enn total selskaps-MTB. Med en produksjonssyklus som går over to kalenderår blir den effektive lokalitetskapasiteten halvert. Men, med en kortere produksjonssyklus, som bruk av postsmolt gir muligheter for, er det potensielt mulig å redusere produksjonssyklusen til ett år inkludert brakklegging, noe som kan gi grunnlag for høyere kapasitetsutnyttelse og økt produksjon.
2. **Bruk av barriereteknologi.** I dag er lakselusen det største hinderet for vekst, og behandlinger mot lakselusen har gitt lavere slaktevekt og økt dødelighet av stor fisk. Teknologi som bidrar til redusert lusesmitte, kan bidra til at lakselus ikke lenger er en begrensende faktor for vekst. I tillegg kan redusert behov for behandlinger gjøre at en større andel av fisken går til slakt.
3. **Bruk av ny produksjonsteknologi** (annet enn barriereteknologi). Det er mulig å øke produksjonen i landbaserte anlegg og ved å flytte produksjonen lengre ut fra kysten, enten i mer eksponerte farvann (eksponert havbruk) eller til havs (havbruk til havs).
4. **Mer effektiv regulering.** Havbruk har hatt en veldig rask utvikling, og typisk vil reguleringen ikke holde tritt med utviklingen i næringen. Næringen, sett i fra et verdikjedeperspektiv, er innovativ (Afewerki, Asche, et al., 2023; Bergesen & Tveterås, 2019) og det er rom for å gjøre reguleringen av næringen mer effektiv (NOU 2023:23).

Faktorer som taler **mot økt produksjon** er:

1. **Strengere fiskehelse- og miljøreguleringer.** Samfunnsendringer og preferanseskift kan her være drivende, på flere nivåer. Det kan skje endringer i preferanser hos konsumenter, relatert til f.eks. dyrevelferd og forurensning. EUs Grønne Giv og EU-taksonomien er en viktig drivkraft som kan påvirke bankers (og andre finansørers) betingelser for å finansiere havbruksselskaper. Myndighetene kan på sin side innføre strengere fiskehelse- og miljøreguleringer. Alle disse driverne kan være med å påvirke havbruksselskapenes drifts- og investeringsbeslutninger.
2. **Reduksjon av fleksibilitet i MTB-systemet.** En mer restriktiv tildeling av særtillatelser (som foreslått i NOU 2023:23) kan påvirke selskapenes fleksibilitet og dermed produksjon. I dag representer særtillatelser en betydelig andel av næringens produksjonskapasitet.
3. **Arealknapphet.** Over tid har det blitt færre lokaliteter. I dag er det ~20% færre lokaliteter enn i 2005 (Tveterås et al., 2023). Imidlertid har lokalitetene blitt større, spesielt i Nord-Norge, slik at lokalitets-MTB har vokst med 67% siden 2005. Dette skyldes delvis at lokalitets-MTB på eksisterende lokaliteter har økt, men også at mindre lokaliteter har blitt erstattet med større lokaliteter. Det er svært vanskelig for oppdrettsselskaper å få nye lokaliteter, så det er vanskelig å se for seg en betydelig vekst drevet av tildeling av nye lokaliteter for produksjon med konvensjonell åpen merdteknologi.



Figur 5 Antall lokaliteter og lokalitets-MTB siden 2005. Figur hentet fra Tveterås et al. (2023).

Scenarier for 2050 – mulige fremtidsbilder

Formålet med de scenariene vi presenterer her er å vise mulige veier fram mot ulike fremtidsbilder. Slik gjennomgangen av historiske og pågående utviklingsløp over har vist, er det stor kompleksitet og usikkerhet forbundet med hva som vil forme og påvirke havbruksnæringen. For å bryte ned denne kompleksiteten har vi utarbeidet scenarier som skisserer tre ulike utviklingsløp. Å lage scenarier frem til 2050 er en utfordrende oppgave fordi vi fortsatt vet lite om hvordan både teknologiutviklingen og næringens rammevilkår vil fremstå i fremtiden. Det er også umulig å vite med sikkerhet hvilke virkninger eksterne forhold vil få, særlig fordi 2050 er langt frem i tid.

Scenarier kan utvikles og brukes på mange forskjellige måter, også innen havbrukssektoren. I FHF-prosjektet «Havbruksforvaltning 2030» benyttet man scenarier hvor betydningen av makt og arealforvaltning var det sentrale. Tveterås et al. (2021) og Albertsen et al. (2022) utviklet vekstscenarier i henholdsvis rapportene *Bærekraftig vekst med lukkede anlegg i sjø*, og *Ringvirkningsanalyse av havbruksnæringen*, hvor de skisserte lav-, middels- og høy-vekst scenarier for å vurdere ulike effekter av økt (fremtidig) produksjon, eksempelvis ringvirkninger og investeringsbehov.

Scenarier er fremtidsbilder som er sterkt forenklede og stiliserte, det gjelder også for scenariene som presenteres her. Variasjonen i scenariene ligger i konsekvensene av endringer på utvalgte faktorer, slik som ulike regulatoriske virkemidler, ambisjoner og effekter av eksterne påvirkninger. Våre scenarier viser hvordan endringer i rammevilkår, med hovedvekt på regulering, kan bidra til ulike utviklingsløp for norsk havbruksnæring. I lys av at bærekraft er et nødvendig og sentralt termometer for hvilken rolle havbruksnæringen skal ha i fremtiden, er hvilken ambisjon man har for bærekraft styrende i de ulike scenariene. Scenariene skal bidra til økt forståelse av hva som kan tenkes å være utslagsgivende for fremtidig utvikling og mulige kombinasjoner av teknologiske produksjonsformer.

Vi har satt noen forutsetninger som gjelder for alle scenariene, og diskusjonene om fremtidig utvikling: i) Vi antar at det på nasjonalt nivå fortsatt vil være et ønske om at Norge er en ledende produsent av laks, og at man samtidig vil beskytte den norske villaksen etter de forpliktelsene vi allerede har på dette området. ii) Globalt vil det være et stadig økende behov for å produsere mer mat fra havet og med havbruk. iii) Areal vil fortsatt være en begrenset ressurs, så vi forventer økt konkurranse om areal og det vil i fremtiden være nødvendig å håndtere sameksistens med andre interesser/næringer. iv) De tre bærekraftsdimensjonene miljø, økonomi og sosial/samfunn vil stå sterkt også i fremtidens regulering.

Scenariene er i hovedsak basert på endringer i reguleringer og politikk, og utvalgte eksterne faktorer som potensielt kan ha stor påvirkning på utviklingen av næringen og hvilke produksjonsformer som vil være en del av lakseproduksjonen i fremtiden. Den viktigste begrensningen i ethvert scenario er usikkerheten om fremtiden, men det er samtidig verdien ved å bruke scenarier som arbeidsmetodikk, at usikkerheten utforskes og effekten av ulike endringer vurderes. I tillegg kan 'jokere' eller 'sorte svaner' (plutselige, uventede og kanskje sjokkerende begivenheter/hendelser som i utgangspunktet virker usannsynlig) ha en voldsom effekt på utviklingen, dersom slike inntreffer. Når vi lager scenario for 2050 – altså mer enn 25 år frem i tid, for en næring som er ca. 50 år ung – vil detaljgraden også være ganske lav. Eksempelvis vil utforming av regulering ramme bedrifter ulikt, avhengig av størrelse, geografisk plassering, eierskap og struktur. Dette har vi ikke tatt særlig høyde for i scenariene. Selv om fremtidig bedriftsstruktur også vil være avgjørende for vekst og utvikling, er heller ikke dette noe som står sentralt i scenariene. Videre beregninger og vurderinger av bærekraft og produksjonsformer gitt ulike utviklingsløp vil gjøres i de sammenfattende analysene i prosjektets sluttrapport.

Arbeidsmøter og intervju med aktører

I november/desember 2023 ble det gjennomført to digitale arbeidsmøter med representanter fra næringen og dens organisasjoner. Hvert arbeidsmøte varte i 2 timer. Til sammen deltok 13 personer som representerte havbruksbedrifter og -organisasjoner som hadde erfaring med ulike produksjonsformer, i tillegg til fasilitatorer fra prosjektgruppen. Det har også blitt gjennomført intervjuer i prosjektet med både næringsaktører, forskere og andre fagpersoner. Innspillene fra arbeidsmøtene og intervjuer bidro med å underbygge scenariene, spesielt med hensyn til drivere og barrierer, og hva som kan påvirke implementering av ulike produksjonsformer.

Målet med arbeidsmøtene var ikke å utarbeide scenarier, men å få innspill på særlig to problemstillinger:

- 1) Hva er viktige drivere og barrierer for fremtidig vekst – med et langsiktig tidsperspektiv til 2050?
- 2) Hvordan påvirker disse faktorene teknologiutvikling og overgang til ulike produksjonsformer?

I tillegg til diskusjoner om påvirkningsfaktorer og produksjonsformer, ble det også drøftet usikkerheter rundt dette og fremtidig utvikling generelt.

Prosjektgruppen hadde på forhånd utarbeidet et oversiktsbilde som viste de mest sentrale temaområdene og påvirkningsfaktorer. Denne oversikten ble delt med deltagerne og brukt som utgangspunkt til diskusjon. Dette var ikke en uttømmende liste, men deltagerne var stort sett

enige i at disse faktorene var sentrale, og at ulike kombinasjoner av dem var sannsynlig i den fremtidige utviklingen av næringen. De utvalgte temaene og påvirkningsfaktorene var knyttet til:

- etablering/tillatelsesregime (produksjonstillatelser, lokalitetstilgang, MTB, trafikklyssystemet og handlingsregel)
- driftsoppfølging og kontroll (indikatorer trafikklyssystemet, funksjonskrav, konvertering, endringer i driftsregulering)
- forvaltningsstruktur
- kapasitet og utvikling av verdikjeden (inkl. tilgang til energi)
- økonomiske faktorer (skatter og avgifter, markedssituasjon og kapitaltilgang)
- biologiske og klimamessige faktorer (sykdom, virus og klimaendringer)

Scenario 1, 2 og 3

De ulike elementene i hvert scenario, samt variasjoner av dem, er oppsummert i Figur 6. Videre presenteres hvert scenario i mer detaljerte beskrivelser.

Scenario 1 Ambisjon om økt bærekraft med påfølgende nedgang i produksjonsvolum	Scenario 2 Ambisjon om stabilisering av produksjonen, mer bærekraftig utnyttelse av dagens kapasitet	Scenario 3 Ambisjon om økt bærekraftig produksjon gjennom verdensledende teknologi
• Samfunnets og markedets interesser står sentralt, bevaring av villaks som nå er sterkt truet • Tillatelsessystemet forenkles, særtillatelser fases ut • Trafikklyssystemet innrettes for grønn (ikke gul) fargelegging, og utvides med flere indikatorer • Antall lokaliteter reduseres - branngater (uten bruk av teknologi) • Strengere driftsregulering og sanksjoner - biosikkerhet, velferd, miljøpåvirkning • Lavere intensitet, redusert behov for nye produksjonsformer, svake insentiver for ny teknologi • Mindre lønnsomhet, lavere inntekter fra auksjon, økt beskatning • Svekket leverandørindustri, dyr og umoden teknologi • Dypdrift på egnede lokaliteter, noe lukket teknologi • Ikke havbruk til havs • Landbasert brukes i hovedsak til smoltproduksjon	• Næringen vil sikre optimal utnyttelse av dagens kapasitet og imøtekomme krav om bærekraftig produksjon • Reguleringssystemet fører til en overføring av MTB til aktører som kan imøtekomme strenge krav til bærekraftig produksjon • Unntaksvekst fjernes • Miljøfleksibilitet røde og gule områder, kan reversere nedtrekk av MTB • Tiltaksgrense for lus, lusekvote, og strengere regulering for avlusing og dødelighet • Branngater med mulighet for lavutslippsteknologi • Teknologier med minimale utslipp videreutvikles og blir mer lønnsomme • Geografiske forskjeller ang. behov for lukket teknologi, og dypdrift • Null- og lavutslippsteknologi brukes, men ikke tilstrekkelig insentiver til betydelige investeringer • Mer effektiv utnyttelse, reduserer miljøpåvirkning og dødelighet • Høy lønnsomhet, økt skattebyrde • Noe økning i landbasert, men mangel på energi er barriere • Havbruk til havs i startfasen, egen verdikjede	• Teknologien sentral for å realisere myndigheters og næringens ambisjoner om økt produksjon • Havbruksdirektorat - arealomstrukturering og branngater med lukket teknologi • Større produksjon i nye produksjonsformer - noe redusert lusepress i konvensjonell teknologi • Miljøfleksibilitetsordning, økt biomasse ved konvertering, høye funksjonskrav • Miljøteknologitillatelser, øker farten på teknologiutvikling • Strengere driftsregelverk og gunstige skatteordninger bidrar til større omløpshastighet på teknologi- og innovasjonssiden • Produksjonsvekst, redusert lønnsomhet, men ikke økt skattebyrde • En sterk leverandørindustri • Havbruk til havs for å utvide produksjonen med nye arealer • Landbasert øker - viktig del av verdikjeden til havbruk til havs-produksjonen

Figur 6 Oppsummering scenario 1, 2 og 3.

Scenario 1: Ambisjon om økt bærekraft med påfølgende nedgang i produksjonsvolum

I år 2050 har akvakulturnæringen i Norge gjennomgått betydelige endringer som følge av en myndighetsstyrt ambisjon om produksjon med lavere utslipp/påvirkning på miljø, noe som har ført til nedgang i produksjonsvolum. I scenario 1 står *samfunnet og markedets forventninger til bærekraft* sentralt.

Bakteppe

Over mange år har næringen slitt med vedvarende problemer med lus, for høy dødelighet og uakseptabel fiskevelferd. Økende fokus på bærekraft i samfunnet har gitt strengere krav til lavere lusegrense, bedre fiskevelferd og biosikkerhet. Dette kan ha sin opprinnelse hos myndigheter, kunder/konsumenter eller de som finansierer investeringer (f.eks. banker og investorer). Bærekraftsrapportering har bidratt til å synliggjøre næringens miljøkonsekvenser for investorer og banker.

Av ulike årsaker er bestanden av vill laksefisk stadig nedadgående, og den er nå vurdert som sterkt truet. I tillegg til at man tar grep i andre næringer (blant annet vannkraft), blir reguleringene i havbruk strengere for å beskytte villaksen.

Situasjonen har gjort at stadig flere produksjonsområder nå er vurdert som røde eller gule. Det er dermed lite produksjonsvekst å få kjøpt, bortsett fra i Nord-Norge hvor konkurransen om lokaliteter har tilspisset seg

Den norske havbruksproduksjonen i 2050?

Politikerne har respondert på kravet om økt bærekraft i næringen, og har sett at næringen ikke evner å finne tilstrekkelige løsninger selv. Biosikkerhet, fiskevelferd og bedre vern av villaksen står sterkt i ambisjonene om en mer bærekraftig havbruksproduksjon. Myndighetene har, basert på Dyrevelferdsmeldingen fra 2024, implementert flere velferdsindikatorer, og Mattilsynet har fått mandat til å iverksette drastiske tiltak dersom lokaliteter overskrider dødeligheten i ulike faser i sjø. Krav til fiskevelferd har også ført til at næringen ikke bruker rensefisk lengre.

Tillatelsessystemet er forenklet og særtillatelser er faset ut. Trafikklyssystemet har blitt utvidet med flere indikatorer blant annet dødelighet/fiskevelferd samt effekter av lakselus på sjøørreten. I tillegg endres trafikklyssystemet slik at det styrer mot grønn og ikke gul fargelegging av produksjonsområdene, ihht. anbefalingen fra Havbruksutvalget (NOU 2023:23). Forslaget fra Havbruksutvalget om en mer helhetlig arealplanlegging har ikke blitt realisert. NOU-en ble til en stortingsmelding som splittet stortingspolitikere og skapte konflikt mellom lokalpolitikere og staten om hvem som bør regulere arealtilgangen og arealbruken. For å bedre biosikkerheten har Fiskeridirektoratet trukket tilbake enkelte lokaliteter i et forsøk på å opprette branngater mellom produksjonsområdene. I tillegg har det vært ansett som nødvendig å fjerne lokaliteter i enkelte fjorder som har blitt vurdert som svært viktige for innsiget av villaks, og for å redusere tetthet av anlegg i enkelte produksjonsområder. Det har derimot ikke blitt foretatt en helhetlig omstrukturering av areal.

Det har også blitt strengere regulering av miljøforhold rundt merdene og strengere biosikkerhetskrav i og mellom produksjonsområdene. Næringen har bygget opp nye strukturer, rutiner og samarbeid innenfor hvert av produksjonsområdene for å imøtekomme strengere reguleringer. Det er opprettet krav til kontroll på alle faktorer innenfor samme område, for å unngå transport av smitte mellom områdene. Smoltproduksjon og transport foregår innad i

samme område som produksjonen i sjø. Mindre transport er også ment å bidra til mindre miljøfotavtrykk fra dette leddet i verdikjeden.

Behovet for nye produksjonsformer er redusert, som en følge av bedre lokalitetsstruktur og lavere intensitet på produksjon, også på store lokaliteter. Større avstand mellom anleggene og utvidelse med flere branngater har redusert behovet for ny teknologi. Myndighetenes insentiver for overgang til ny teknologi har vært for svake på grunn av uenighet om hva som er riktig «medisin» for å insentivere overgang til ny produksjonsteknologi. For næringen selv har økte produksjonskostnader og stagnasjon i produksjonsvolum gjort at det er mindre investeringsvilje, spesielt når mye av den lovende teknologien fortsatt er dyr sammenlignet med konvensjonelle merder, i tillegg til at den oppfattes som for umoden.

I kombinasjon med høye produksjonskostnader og større investeringer i en rekke luseforebyggende tiltak/teknologi, har selskapene i stor grad vurdert gevinsten ved annen teknologi til å være mindre enn å fortsette med åpen/delvis åpen merdteknologi. Lukket teknologi er i bruk, men det er kostbart og brukes stort sett av de som har bygd kompetanse på og erfaring med driftsformen. På grunn av strengere regulering på dødelighet, og for å unngå håndtering og behandling av fisk, har det derimot blitt mer vanlig **med dypdrift** på gode lokaliteter. Kravene til bedre kontroll med fiskevelferd er krevende, og kun de best egnede lokalitetene får gode nok resultater med dypdrift.

Leverandørindustrien ble betydelig svekket etter innføringen av grunnrenteskatt og det ble etter hvert full stopp på forskningstillatelser som kunne brukes til forskning på effekter av ny teknologi. Luseforebyggende teknologi utvikles og forskning rundt tiltakene forsterkes. Den voldsomme teknologiutviklingen gjennom utviklingstillatelsene ble en dyr erfaring da leverandørindustrien etter hvert mistet flere og flere bestillinger på grunn av svekket lønnsomhet i næringen, i tillegg til at det var få myndighetsinitierte insentiver til overgang til ny produksjonsteknologi. Leverandørindustrien ser et større potensial i utlandet, hvor tilgangen på lokaliteter med åpne merder er relativt sett mindre enn i Norge, og hvor ny teknologi blir ansett som helt nødvendig for å drive med akvakultur. Man ser en betydelig grad av internasjonal skattemobilitet til land hvor andre skatteregimer kan gi bedre lønnsomhet.

Landbaserte anlegg brukes i hovedsak til produksjon av smolt. For å tilpasse seg kravene til at all produksjon skal foregå innenfor ett produksjonsområde, har smoltanleggene justert volumet slik at de svarer ut kravene. Både politikere og samfunnet generelt har økt bevissthet og motstand mot store naturinngrep, slik at landbaserte anlegg med behov for vannressurser er vanskelig å få etablert. I tillegg gjør energibehovet det for dyrt med matfiskproduksjon på land.

Svak investeringsvilje i ny teknologi har også gått utover utviklingen av havbruk til havs. Det har ikke blitt grunnrenteskatt på havbruk til havs, teknologileverandørene har oppmerksomheten rettet mot utlandet og flere av de store aktørene ser at det kan være mye å hente på å etablere seg i andre land hvor det er større muligheter til å vokse basert på bruk av mer skjermet teknologi. Det er fortsatt mye usikkerhet knyttet til havbruk til havs-produksjon med tanke på fiskevelferd og biosikkerhet.

I mange kystkommuner er havbruksbedriftene fortsatt viktige hjørnestensbedrifter, men med flere røde og gule produksjonsområder som ikke tillater vekst og mindre lønnsomhet, er det også færre auksjoner for økt MTB, og staten oppnår lavere priser på de auksjonene som avholdes. Dette gjør også at kystkommunene historisk sett får lavere bidrag fra Havbruksfondet.

Beskatningen av næringen øker. Proveny fra salg av MTB stagnerer på grunn av mangel på tilgang til nye arealer. Siden det er liten tilgang til nye lokaliteter og begrenset vekst på eksisterende lokaliteter, har lokalitets-MTB blitt bindende for produksjonen og marginalverdien av selskapstillatelser faller, noe som fører til lavere skatteinntekter fra auksjonene. Grunnrenteskattesatsen øker for å gi økt skatteproveny fra havbruksvirksomhet, i kombinasjon med produksjonsavgifter. Skattene fører til redusert produksjonsintensitet¹⁵. Videre har det blitt innført vridende skatter som skal gi incentiver til å redusere luse- og sykdomssmitte, samt strengere reguleringer. Kombinasjonene av strengere reguleringer for fiskehelse, sykdommer og lusesmitte, økt skattebyrde og en høyere andel av vridende skatter, fører til reduksjon i både lønnsomhet og produksjonen.

Scenario 2: Ambisjon om stabilisering av produksjonen, og mer bærekraftig utnyttelse av dagens kapasitet

I år 2050 har akvakulturnæringen i Norge gjennomgått betydelige endringer som følge av at næringen har tatt grep for å håndtere vedvarende problemer, sikre optimal utnyttelse av dagens kapasitet og imøtekomme krav fra både samfunn og marked om bærekraftig produksjon. I scenario 2 står *næringens ambisjon om bærekraft* sentralt.

Bakteppe

Omdømmet til næringen har lenge lidd under kritikk av for høye dødelighetstall og at næringen ikke får kontroll på luseproblemene. For å unngå ytterligere svekking av omdømmet tar næringen og myndighetene en «fot i bakken» og enes om nye mål om stabilisering for en mer bærekraftig produksjon innenfor de arealene og produksjonskapasiteten man har i dag, til tross for at dette er ensbetydende med fortsatt høye kostnader. Næringen er selv sin egen kritiker som ønsker å bedre dagens tilstand før man kan vokse, flere tar til orde for å erkjenne at utfordringene har blitt så store at bærekraftig vekst er en utopisk visjon om man ikke først klarer å stabilisere produksjonen og samtidig redusere miljøpåvirkning.

Et viktig grep er å få en optimal utnyttelse av tilgjengelige ressurser, herunder utsett, gjennom bærekraftige tiltak og ny teknologi, samt en vektlegging av dokumenterbare resultater for å sikre samfunnet og markedets tillit til at man driver på en bærekraftig måte. Næringen erkjenner at uten en slik tillit vil det bli vanskelig på sikt å øke dagens produksjon.

Tilgangen på energi er begrenset og energiprisene har økt, noe som er en klar barriere for enkelte produksjonsformer.

Den norske havbruksproduksjonen i 2050?

Med et stadig økende fokus på miljø og bærekraft, har næringen investert betydelige ressurser i å utvikle og implementere ny teknologi som sikrer stabil produksjon samtidig som miljøpåvirkningen reduseres. Dette har vært drevet av behovet for å diversifisere produksjonsteknologien for å oppnå bedre bærekraft og redusere negative miljøkonsekvenser.

Hensynet til naturen står sterkt, og det er i hovedsak teknologier med minimale utslipp som må videreutvikles og bli mer lønnsomme. Strategien for å unngå reduksjon i produksjonen er derfor å benytte lukket produksjonsteknologi på lokaliteter som er lite egnet for åpne merder.

¹⁵ Se Øglend et al. (2024)

Myndighetene har fulgt opp næringens ønske om tydeligere regulering på miljø og fiskehelse, og innført strengere regulering på avlusing (tiltaksgrense og avgift), lusekvote (produksjonsområde) og miljøfleksibilitet i røde og gule områder. Muligheten for unntaksvekst er fjernet. Slik ønsker man å bli kvitt de utilsiktede effektene av å ligge for høyt på lusegrensen og sikre at man reduserer lusepresset i produksjonsområdene, samtidig som man tilbyr næringen insentiver til å gå bort fra åpne merder på lokaliteter som er mindre egnet til denne produksjonsformen. Miljøfleksibilitetsordningen har bidratt til at flere selskaper har investert i dyrere teknologi, i hovedsak semilukkede og lukkede systemer, for å sikre at de kan opprettholde dagens produksjonsnivå. Disse tiltakene har blant annet ført til en reduksjon av naturpåvirkning, særlig i områder som har hatt problemer med utslipp, blant annet i terskelfjorder. Dette har da også gjort at forholdene er bedre for de åpne merdene som er på gode lokaliteter.

Målet til både næring og forvaltning er å ha mer lavutslippsteknologi på lokaliteter som ligger i grenseområdene for produksjonsområdene. Det brukes derfor lukket teknologi for å opprette branngater. Dette er for å unngå en omfattende revidering av arealstrukturen, med de kostnadene det kan medføre for både myndigheter og næring, samtidig som man øker biosikkerheten i og mellom produksjonsområdene. Det er imidlertid geografiske forskjeller, og noen områder har større behov for lukket teknologi, mens andre i større grad har tatt i bruk teknologi for dypdrift.

En rekke virkemidler er iverksatt for å gi mer effektiv produksjon. Med mer effektiv produksjon menes at innsatsfaktorer som fôr, smolt, arbeidskraft, MTB-kapasitet osv. brukes mer produktivt, enten ved at en kan oppnå samme produksjon med mindre nivå på innsatsfaktorer, eller økt produksjon gitt samme nivået på innsatsfaktorene. Den økte produktiviteten vil gi en mer effektiv bruk av naturressurser.

Miljøfleksibilitetsordningen gir insentiver til å reversere nedtrekk i røde produksjonsområder, ved at nedtrukket MTB kan anvendes i lav- eller null-lusteknologi (f.eks. nedsenkbare eller semilukkede/lukkede anlegg). Når nedtrekk i selskaps-MTB reverseres vil oppdretter kunne øke produksjonen sammenlignet med det som er mulig med nedtrukket MTB. Insentivene er derimot ikke tilstrekkelige for å gi betydelige investeringer i denne type teknologi utover reversering av MTB i røde produksjonsområder.

Strengere krav og reguleringer vil flytte produksjonskapasiteten mellom selskapene, dvs. effektivt overføre MTB fra selskaper som ikke møter myndighetene og samfunnets strengere krav til fiskevelferd og utslipp av organiske og uorganiske forbindelser, til selskaper som møter disse kravene.

Det har blitt restriksjoner på trafikk og flytting av fisk mellom produksjonsområder, noe som gjør at det blir noe mindre effektiv produksjon, men høyere biosikkerhet. For å bevare noe av fleksibiliteten er det nødvendig med bedre områdesamarbeid og her har næringen selv fått på plass gode avtaler. Økt fokus på fiskehelse og -velferd har resultert i redusert dødelighet blant oppdrettsfisken.

Leverandørindustrien leverer merdteknologi som tilrettelegger for bærekraftig vekst. Investeringskostnaden reduseres noe da teknologien er uttestet, verifisert og er nå på et industrielt nivå.

Det har vært noe økning i landbasert produksjon, men utviklingen har vært begrenset på grunn av manglende tilgang på energi. Den landbaserte produksjonen er en kombinasjon av postsmolt

og matfisk. De få matfiskanleggene som eksisterer, produserer for et begrenset marked som er villige til å betale premium for høy kvalitet med lite negative eksternaliteter.

Det har tatt lang tid å få på plass et fungerende rammeverk for havbruk til havs, men det er nå i startfasen. Den første utbyggingen startet med kun ett område, i Nord-Norge. Det er få aktører som er involverte, fordi det kun er enkelte aktører som har sett seg råd til de nødvendige investeringene. Næringen har på plass en egen verdikjede for havbruk til havs og biosikkerhetshensynene har vært grunnleggende for hvordan satsingen er organisert. Man har begynt å diskutere grunnrenteskatt igjen, i og med at produksjonen ser ut til å bli vellykket.

Scenario 3: Ambisjon om økt bærekraftig produksjon gjennom verdensledende teknologi

I år 2050 har akvakulturnæringen i Norge gjennomgått betydelige endringer som følge av at både myndigheter og næring har høye ambisjoner for mer bærekraftig mat fra havet, og tilgangen på stadig mer avanserte produksjonsformer gjør at produksjonen kan intensiveres. I scenario 3 står *teknologien* sentralt i å realisere myndigheter og næringens ambisjoner om økt produksjon.

Bakteppe

Både næring og myndigheter har sett at den eneste måten man kan opprettholde og øke den svært viktige lakseproduksjonen og sikre norsk konkurranseevne innen akvakultur, er å ta i bruk nye produksjonsformer. Til tross for vedvarende problemer med utslipp og fiskevelferd setter man sin lit til at stadig mer avansert teknologi vil kunne løse problemene. Teknologioptimismen rår, og en sterk leverandørindustri setter sitt preg på utviklingen.

En sentral del av strategien har vært å bruke ny teknologi for å maksimere produksjonen og effektiviteten. Dette inkluderer implementering av avanserte overvåkningssystemer, automatiserte fôringssystemer og optimalisering av vekstforholdene for oppdrettsfisken. Samtidig har det vært en satsing på å utvikle teknologiske løsninger som muliggjør økt utnyttelse av eksponerte områder til havs.

Myndighetene er en driver og sparringspartner for næringen for å øke omfanget og intensiteten i havbruk. Mye skyldes det nå 15 år gamle Havbruksdirektoratet som har bidratt til å samkjøre de ulike sektorinteressene.

Den norske havbruksproduksjonen i 2050?

Havbruksdirektoratet har fått gjennomført en omfattende omstrukturering av areal. Direktoratet har bidratt til å utvikle temaplaner, hvor havbruk har vært en sentral del av aktivitetene som er prioritert langs kysten. Selv om dette i liten grad har medført tilgang på nye arealer, har kommunene fått mulighet til å kreve bruk av annen teknologi for å opprettholde produksjonen på dårlige lokaliteter. Det er tydelige branngater mellom produksjonsområdene, men med mulighet for å bruke lukket teknologi i disse gatene.

Det har blitt større produksjon i nye produksjonsformer, som gjør at lusepresset reduseres noe på konvensjonell drift. Det er i liten grad mulig å øke produksjonen i åpne merder, men det har blitt lettere å holde fisken frisk og uten lus. Produksjonsveksten skjer gjennom miljøfleksibilitetsordning som tilbyr økt biomasse ved konvertering, og i en periode var det også mulig å ta i bruk miljøteknologitillatelser for å øke farten på teknologiutviklingen. Kravene for konvertering i miljøfleksibilitetsordningen og for tilgang på miljøteknologitillatelser har vært

svært høye funksjonskrav, og har krevd mye av både leverandører og produsenter.

Miljøteknologitillatelsene har vært svært viktige for leverandørindustrien, som også har kunnet ta i bruk disse for å få til fullskala uttesting av teknologien. Miljøteknologitillatelsene har vært tildelt som en midlertidig ordning.

Overgang til mer bærekraftig teknologi har vært en nødvendig utvikling, selv om det har ført til ytterligere konsolidering og færre produksjonsselskaper. Det er noen av aktørene i næringen som ikke har holdt følge med utviklingen, spesielt de som ikke har vært villige til å investere og ta sjansen på overgangen til nye produksjonsformer. Gjennom aktiv bruk av et stadig strengere driftsregelverk har myndighetene kunnet påvirke at teknologier som ikke presterer blir byttet ut. Samtidig har det vært gunstige skatteordninger, slik at man fortløpende har tatt i bruk ny og mer lovende teknologi. Dette har medført større omløpshastighet på teknologi- og innovasjonsiden.

Innovasjoner i teknologi, forbedringer i reguleringen av havbruk, samt insentivordninger og strengere reguleringer/miljøskatter, har vært viktige drivere for gjennombrudd for nye teknologier. Produksjonsveksten har tatt seg opp, men lønnsomheten har falt og derfor har ikke skattebyrden økt. Det er heller ikke innført grunnrenteskatt i havbruk til havs, men det er etablert et nytt generelt grunnrenteskatteregime som innebærer at hvis nye grunnrenteskatter innføres eller skattesatsen økes, kompenseres investorer for ulempen. Investeringsinsentivene bevares, og grunnrenteskattene blir oppfattet som mer nøytrale.

Oppdrettsaktører har lenge operert med en høy laksepris og ser et skift i drifts- og investeringskostnader. Det stilles krav til bedre overvåkning og større bruk av digitale verktøy for å ivareta kontroll på fisken. Det er behov for annen kompetanse og høyere utdanningsnivå enn tidligere for å sikre forståelse for alle applikasjoner anlegg har. Leverandørindustrien vokser i takt med næringen, med en betraktelig økning i omsetning. Det blir mange om ballen og vi ser en økning i antall teknologileverandører.

For å imøtekomme behovet for økt arealtilgang og utvikling av nye produksjonsområder, har næringen også investert i å utvide produksjonen til havs. Dette har åpnet for nye muligheter for offshore-oppdrett og utnyttelse av mer eksponerte områder, men det har også utfordret næringen til å tilpasse seg kortere vindu for ulike operasjoner, noe som krever en mer effektiv logistikk og planlegging. Den stadig viktigere landbaserte næringen er en viktig del av verdikjeden til havbruk til havs-produksjonen, da det å sikre god fiskevelferd er avhengig av postsmolt, som bidrar til kortere tid i sjø og maksimering av tillatt produksjon. Flere lykkes med produksjon på land. Biologiske parametere er under kontroll som følge av større investeringer og teknologiutvikling på landsiden. Det er allikevel en diskusjon rundt hva man godtar av landbasert produksjon, ettersom anleggene er svært synlige gjennom større naturinngrep, de krever mye energi og de er i større konkurranse med andre næringer, samt at man er opptatt av tilgjengelige vannressurser.

Det har vært en økende grad av bearbeiding av oppdrettsprodukter i Norge, noe som har bidratt til å legge til rette for økt verdiskaping og eksport av norske sjømatprodukter. Denne økte graden av bearbeiding har også bidratt til å styrke norsk oppdrettsnærings konkurransekraft og posisjon som en ledende aktør innen bærekraftig havbruk. Både blant kystkommunene og i samfunnet generelt er det stor stolthet rundt Norges posisjon som produsent av bærekraftig sjømat. Samfunnsaksepten har økt med stigende grad av bearbeiding og antall arbeidsplasser. Det har blitt tydelig for veldig mange at uten denne produksjonen vil Norge miste styrken som ligger i solide kystsamfunn.

Referanser

- Abel, A. B. (1983). Optimal Investment Under Uncertainty. *The American Economic Review*, 73(1), 228–233.
- Abolofia, J., Asche, F., & 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.
<https://doi.org/10.1086/691981>
- Afewerki, S., Asche, F., Misund, B., Thorvaldsen, T., & Tveteras, R. (2023). Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Reviews in Aquaculture*, 15(2), 759–771.
<https://doi.org/10.1111/raq.12755>
- Afewerki, S., Osmundsen, T., Olsen, M. S., Størkersen, K. V., Misund, A., & Thorvaldsen, T. (2023). Innovation policy in the Norwegian aquaculture industry: Reshaping aquaculture production innovation networks. *Marine Policy*, 152, 105624.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105624>
- Ahi, J. C., Blomgren, A., Guttormsen, A. G., & Misund, B. (2024). *Resource rent taxation and indirect subsidization of investment projects on the Norwegian Continental Shelf*. SSRN Working paper. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4764629
- Akvaplan-niva. (2023). *Environmental impacts of aquaculture and coexisting industries. Miljøkonsekvenser av akvakultur og sameksisterende næringer*. Akvaplan-niva AS Report: 2023 63547.01.
- Albertsen, M. O., Grønvik, O., Johnsen, P. F. F., & Fjose, S. (2022). *Ringvirkningsanalyse av havbruksnæringen. Høy produktivitet og god vekst, men har havbruksnæringen nok kraft til å fortsette veksten?* Menon-publikasjon Nr. 96/2022. Menon Economics.
- Almås, K. A., Josefsen, K. D., Mehta, S., Hagemann, A., Malzahn, A., Schröder, M. B., Nymark, M., & Aursand, I. G. (2023). *Veikart for industriell fremstilling av norske fôrråvarer (protein)*. Rapport (2023:00517). SINTEF Ocean. <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/barekraftig-for/rapport--industriell-fremstilling-av-norske-forravarer---signed.pdf>
- Almås, K. A., Josefsen, K., Gjøsund, S. H., Skjermo, J., Forbord, S., Jafarzadeh, S., Sletta, H., Aasen, I., Hagemann, A., Chauton, M. S., Aursand, I., Evjemo, J. O., Slizyte, R., Standal, I. B., Grimsmo, L., & Aursand, M. (2020). *Bærekraftig fôr til norsk laks*. Rapport. SINTEF Ocean. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2758913/Rapport%2bB%25C3%25A6rekraftig%2bf%25C3%25B4r%2btil%2bnorsk%2blaks.%2b2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andrén, N., & Jankensgård, H. (2015). Wall of cash: The investment-cash flow sensitivity when capital becomes abundant. *Journal of Banking & Finance*, 50, 204–213.
<https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2014.10.010>
- Arimitsu, M. L., Piatt, J. F., Hatch, S., Suryan, R. M., Batten, S., Bishop, M. A., Campbell, R. W., Coletti, H., Cushing, D., Gorman, K., Hopcroft, R. R., Kuletz, K. J., Marsteller, C., McKinstry, C., McGowan, D., Moran, J., Pegau, S., Schaefer, A., Schoen, S., ... Von Biela, V. R. (2021). Heatwave-induced synchrony within forage fish portfolio disrupts energy flow to top pelagic predators. *Global Change Biology*, 27(9), 1859–1878.
<https://doi.org/10.1111/gcb.15556>
- Arnason, R., & Bjørndal, T. (2020). *Rents and rent taxation in Norwegian aquaculture*. Rapport.
- Asche, F. (1997). Trade Disputes and Productivity Gains: The Curse of Farmed Salmon Production? *Marine Resource Economics*, 12(1), 67–73.
- Asche, F. (2001). Testing the effect of an anti-dumping duty: The US salmon market. *Empirical Economics*, 26(2), 343–355. <https://doi.org/10.1007/s001810000043>
- Asche, F., & Bjørndal, T. (2011). *The Economics of Salmon Aquaculture* (2nd edition). Wiley-Blackwell.
- Asche, F., Eggert, H., Oglend, A., Roheim, C. A., & Smith, M. D. (2022). Aquaculture: Externalities and Policy Options. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(2), 282–305.
<https://doi.org/10.1086/721055>

- Asche, F., & Roll, K. H. (2014). Oppdrettsnæringen. I O. Flåten & A. Skonhoft (Red.), *Naturressursenes økonomi* (s. 344–377). Gyldendal Akademisk.
- Asche, F., Roll, K. H., Sandvold, H. N., Sørvig, A., & Zhang, D. (2013). Salmon Aquaculture: Larger Companies and Increased Production. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 322–339. <https://doi.org/10.1080/13657305.2013.812156>
- Barrett, Luke T., Oldham, T., Kristiansen, T. S., Oppedal, F., & Stien, L. H. (2022). Declining size-at-harvest in Norwegian salmon aquaculture: Lice, disease, and the role of stunboats. *Aquaculture*, 559, 738440. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738440>
- Bergesen, O., & Tveterås, R. (2019). Innovation in seafood value chains: The case of Norway. *Aquaculture Economics & Management*, 23(3), 292–320. <https://doi.org/10.1080/13657305.2019.1632391>
- Bernanke, B. S. (1983). Irreversibility, Uncertainty, and Cyclical Investment. *The Quarterly Journal of Economics*, 98(1), 85. <https://doi.org/10.2307/1885568>
- Bonds, S. R., & Devereux, M. P. (1995). On the design of a neutral business tax under uncertainty. *Journal of Public Economics*, 58(1), 57–71. [https://doi.org/10.1016/0047-2727\(94\)01471-Y](https://doi.org/10.1016/0047-2727(94)01471-Y)
- Brodeur, R., Hunsicker, M., Hann, A., & Miller, T. (2019). Effects of warming ocean conditions on feeding ecology of small pelagic fishes in a coastal upwelling ecosystem: A shift to gelatinous food sources. *Marine Ecology Progress Series*, 617–618, 149–163. <https://doi.org/10.3354/meps12497>
- Brown, E. C. (1948). TAX ALLOWANCES FOR DEPRECIATION BASED ON CHANGES IN THE PRICE LEVEL. *National Tax Journal*, 1(4), 311–321. <https://doi.org/10.1086/NTJ41789784>
- Cojocar, A. L., Jensen, F., Misund, B., Nielsen, R., Pincinato, R. B., & Tveterås, R. (2023). A Flexible Policy Instrument to Encourage Externality Abatement Technologies in Salmon Aquaculture [Preprint]. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4548791>
- Djankov, S., Ganser, T., McLiesh, C., Ramalho, R., & Shleifer, A. (2010). The Effect of Corporate Taxes on Investment and Entrepreneurship. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(3), 31–64. <https://doi.org/10.1257/mac.2.3.31>
- Dobbins, L., & Jacob, M. (2016). Do corporate tax cuts increase investments? *Accounting and Business Research*, 46(7), 731–759. <https://doi.org/10.1080/00014788.2016.1192985>
- Dyrevernalliansen. (2022, september 20). *Dødelighet som indikator i trafikklyssystemet*. [Nyhetssak dyrevern.no]. dyrevern.no. <https://dyrevern.no/oppdrettsfisk/dodelighet-som-indikator-i-trafikklyssystemet/>
- Falconer, L., Telfer, T. C., Garrett, A., Hermansen, Ø., Mikkelsen, E., Hjøllø, S. S., McAdam, B. J., & Ytteborg, E. (2022). Insight into real-world complexities is required to enable effective response from the aquaculture sector to climate change. *PLOS Climate*, 1(3), e0000017. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000017>
- Fazzari, S., Hubbard, R. G., & Petersen, B. (1988). Financing constraints and corporate investment. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, 141–195.
- Fiskeri- og Kystdepartementet. (2011). *Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen - areal til begjær*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/arealutvalget/id647391/>
- Garnaut, R., & Ross, A. C. (1979). The Neutrality of the Resource Rent Tax. *Economic Record*, 55(3), 193–201. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1979.tb02221.x>
- Grefsrud, E. S., Andersen, L. B., Bjørn, P. A., Grøsvik, B. E., Hansen, P. K., Husa, V., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Samuelsen, O., Sandlund, N., Solberg, M. F., & Stien, L. H. (2022). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022—Risikovurdering. Effekter på miljø og dyrevelferd i norsk fiskeoppdrett*. Rapport fra havforskningen 2022-12. Havforskningsinstituttet.
- Grefsrud, E. S., Andersen, L. B., Grøsvik, B. E., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Hansen, P. K., Husa, V., Sandlund, N., Stien, L. H., & Solberg, M. F. (2023). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2023—Produksjonsdødelighet hos oppdrettsfisk og miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett*. Rapport fra havforskningen 2023-6. Havforskningsinstituttet.

- Grefsrud, E. S., Bjørn, P. A., Grøsvik, B. E., Hansen, P. K., Husa, V., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Samuelsen, O., Sandlund, N., Solberg, M. F., & Stien, L. H. (2022). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022—Kunnskapsstatus. Effekter på miljø og dyrevelferd i norsk fiskeoppdrett*. Rapport fra havforskningen 2022-13. Havforskningsinstituttet.
- Grünfeld, L., Lie, C. M., Basso, M. N., Grønvik, O., Iversen, A., Espmark, Å. M. O., & Jørgensen, M. R. (2021). *Evaluering av utviklingstillatelser for havbruksnæringen og vurdering av alternativer ordninger for fremtiden*. 150/2021. Menon Economics. https://www.menon.no/wp-content/uploads/2021-150-Teknologiutvikling_havbruk_.pdf
- Grünfeld, L. A., & Grønvik, O. (2023). *Tillatelsesregime for havbruk til havs*. Menon-publikasjon Nr. 107/2023. Menon Economics.
- Grønvik, O., & Grünfeld, L. A. (2021). *Havbruk: Nye virkemidler for vern av miljø, bedre fiskevelferd og økt verdiskaping*. Menon-publikasjon 79/2021. Menon Economics.
- Hersoug, B. (2022). “One country, ten systems” – The use of different licensing systems in Norwegian aquaculture. *Marine Policy*, 137, 104902. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104902>
- Hersoug, B., Mikkelsen, E., & Karlsen, K. M. (2019). “Great expectations” – Allocating licenses with special requirements in Norwegian salmon farming. *Marine Policy*, 100, 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.11.019>
- Hersoug, B., Mikkelsen, E., & Osmundsen, T. C. (2021). What’s the clue; better planning, new technology or just more money? - The area challenge in Norwegian salmon farming. *Ocean & Coastal Management*, 199, 105415. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105415>
- Hersoug, B., Mikkelsen, E., Robertsen, R., & Osmundsen, T. (2020). *Arealforvaltning av norsk havbruksnæring. Vurdering av scenarioer i «Havbruksforvaltning 2030»* (9/2020). Nofima.
- Hersoug, B., Olsen, M. S., Gauteplass, A. Å., Osmundsen, T. C., & Asche, F. (2021). Serving the industry or undermining the regulatory system? The use of special purpose licenses in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture*, 543, 736918. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736918>
- Holm, P., & Henriksen, E. (2016). *Om legitimitetsspørsmål i ressurs og kvotepolitikk. En utredning for Nærings- og fiskeridepartementet* (20/2016; s. 38). Nofima.
- IntraFish.no (2022, januar 24). *En rekke forslag til den nye ordningen med miljøteknologitillatelser*. <https://www.intrafish.no/politikk/en-rekke-forslag-til-den-nye-ordningen-med-miljoteknologitillatelser/2-1-1148112>
- Jensen, F., Tveterås, R., & Nielsen, R. (2024). The traffic light system. Is it a solution to a nonpoint pollution problem? *Aquaculture Economics & Management*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/13657305.2024.2301993>
- Johansen, U., Nistad, A. A., Ziegler, F., Mehta, S., Langeland, M., Wocken, Y., & Hognes, E. S. (2022). *Greenhouse gas emissions of Norwegian salmon products*. Report 2022:01198. SINTEF. https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/3044084/Rapport_klimafotavtrykk.pdf?sequence=1
- Johnsen, P. F. F., Rognsås, L. L., Erraia, J., Grønvik, O., Fjose, S., Blomgren, A., Fjelldal, Ø., Robertsen, R., Iversen, A., & Nyrud, T. (2022). *Ringvirkninger av sjømatnæringen i 2021*. Menon-publikasjon nr. 126/2022. Menon. <https://www.menon.no/wp-content/uploads/2022-126-Ringvirkninger-av-sjomatnaeringen-2021-1.pdf>
- Kaldor, N. (1957). A Model of Economic Growth. *The Economic Journal*, 67(268), 591. <https://doi.org/10.2307/2227704>
- Kinnucan, H. W., & Myrland, Ø. (2006). The Effectiveness of Antidumping Measures: Some Evidence for Farmed Atlantic Salmon. *Journal of Agricultural Economics*, 57(3), 459–477. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2006.00060.x>
- Kumar, G., & Engle, C. R. (2016). Technological Advances that Led to Growth of Shrimp, Salmon, and Tilapia Farming. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(2), 136–152. <https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1112357>

- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1977). Rules Rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans. *Journal of Political Economy*, 85(3), 473–492.
- Landazuri-Tveteraas, U., Misund, B., Tveterås, R., & Zhang, D. (2023). Determinants of investment behavior in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 27(4), 790–808. <https://doi.org/10.1080/13657305.2023.2208541>
- Larsen, J. S., Ervik, L.-C., Klakegg, B. R., Sandberg, M. G., Johansen, E., & Holmøy, R. (2020). *Smittesikring og biosikkerhet i norsk lakseproduksjon. Sluttrapport—Mål og tiltak for styrket biosikkerhet*.
- Larsen, M. L., & Vormedal, I. (2021). The environmental effectiveness of sea lice regulation: Compliance and consequences for farmed and wild salmon. *Aquaculture*, 532, 736000. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736000>
- Meld. St. 5 (2022-2023). (2022-2023). *Langtidsplan for forskning og høyere utdanning 2023-2032*. Kunnskapsdepartementet.
- Mikkelsen, E., Karlsen, K. M., & Osmundsen, T. (2019). *Endringer i arealplanleggingen i sjøområder? Mulig betydning for havbruk*. Rapport 11/2019. Nofima.
- Mikkelsen, E., Karlsen, K. M., Robertsen, R., & Hersoug, B. (2018). *Skiftende vindretning—Særlige hensyn for tildeling av tillatelser til lakseoppdrett*. Rapport 26/2018. Nofima.
- Misund, B. (2017). Financial ratios and prediction on corporate bankruptcy in the Atlantic salmon industry. *Aquaculture Economics & Management*, 21(2), 241–260. <https://doi.org/10.1080/13657305.2016.1180646>
- Misund, B. (2022). *Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko? NORCE*.
- Misund, B., & Nygård, R. (2018). Big Fish: Valuation of the World's Largest Salmon Farming Companies. *Marine Resource Economics*, 33(3), 245–261. <https://doi.org/10.1086/698447>
- Misund, B., Olsen, M. S., Osmundsen, T. C., & Tveterås, R. (2023). The Political Economy of Salmon Aquaculture: Value Sharing and Societal Support for Aquaculture in Norway. *Marine Resource Economics*, 38(4), 365–390. <https://doi.org/10.1086/726242>
- Mohn, K., & Misund, B. (2009). Investment and uncertainty in the international oil and gas industry. *Energy Economics*, 31(2), 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.10.001>
- Mohn, K., & Misund, B. (2011). Shifting sentiments in firm investment: An application to the oil industry. *Applied Financial Economics*, 21(7), 469–479. <https://doi.org/10.1080/09603107.2010.534060>
- NHHS Consulting. (2024). *Lakseskatten. Ett år med tapte muligheter*. NHHS Consulting.
- NHO. (2024). *Kraftløftet. For å sikre nok kraft til bedrifter, husholdninger og klima. LO og NHOs tiltaksplan for økt kraft- og nettilgang i Norge mot 2030*. Næringslivets Hovedorganisasjon (NHO). https://www.nho.no/contentassets/61b54f1aecb9463ea60dce599b517007/kraftloftet_i_akteraktiv.pdf
- Nistad, A. A., Hognes, E. S., Jenssen, J. I., Winther, U., Johansen, U., & Hermansen, T. S. (2021). *Potensialet for redusert klimagassutslipp og omstilling til lavutslippsamfunnet for Norsk oppdrettsnæring. Status for dagens næring, fremtidig utvikling og potensialet for reduserte klimagassutslipp*. Rapport av Asplan Viak, SINTEF. <https://7649011.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/7649011/Rapport%20-%20Energi%20og%20klimakartlegging%20havbruk%20-%20Av%20Asplan%20Viak%20og%20SINTEF%20Ocean.pdf>
- Norges Forskningsråd. (2023). *Et samfunnsloft for bærekraftig fôr. Samfunnsoppdrag om bærekraftig fôr: Forslag til mål og organisering*. https://www.forskningsradet.no/siteassets/et-samfunnsloft-for-barekraftig-for_15nov2023.pdf

- NOU 2023:23. (2023). *Helhetlig forvaltning av akvakultur for bærekraftig verdiskaping*. Nærings- og Fiskeridepartementet.
- Nyrud, T., Iversen, A., Bendiksen, B. I., Robertsen, R., & Steinsbø, S. (2023). *Havbruksnæringens ringvirkninger—Verdiskaping og sysselsetting 2022*. Nofima rapportserie 32/2023. Nofima.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021). *Et hav av muligheter—Regjeringens havbruksstrategi. Strategi*.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2022, desember 20). *Midlertidig stans i muligheten til å søke om tillatelser til akvakultur på land*. Pressemelding. Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/midlertidig-stans-i-muligheten-til-a-soke-om-tillatelser-til-akvakultur-pa-land/id2952346/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2023a, april 13). *Foreslår nye endringer i unntaksbestemmelsen i trafikklyssystemet i havbruk*. Pressemelding. Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/foreslar-nye-endringer-i-unntaksbestemmelsen-i-trafikklyssystemet-i-havbruk/id2971382/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2023b, september 29). *Nye regler for unntaksvekst i havbruk i 2025*. Pressemelding. Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nye-regler-for-unntaksvekst-i-havbruk-i-2025/id2996270/>
- Olsen, M. S., Amundsen, V. S., & Osmundsen, T. C. (2023). Exploring public perceptions and expectations of the salmon aquaculture industry in Norway: A social license to operate? *Aquaculture*, 574, 739632. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739632>
- Oslo Economics. (2023). *En gjennomgang av sårbarheten i globale forsyningskjeder for matvarer. På oppdrag fra Nærings- og fiskeridepartementet*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/2617bce77a8240c784c5b4a1d55c12fd/oe-rapport-60-2023-med-vedlegg.pdf>
- Osmundsen, T., Almklov, P., & Tveterås, R. (2017). Fish farmers and regulators coping with the wickedness of aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 21(1), 163–183. <https://doi.org/10.1080/13657305.2017.1262476>
- Osmundsen, T., Amundsen, V. S., Alexander, K. A., Asche, F., Bailey, J., Finstad, B., Olsen, M. S., Hernández, K., & Salgado, H. (2020). The operationalisation of sustainability: Sustainable aquaculture production as defined by certification schemes. *Global Environmental Change*, 60, 102025. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.102025>
- Osmundsen, T. C., Olsen, M. S., Gauteplass, A., & Asche, F. (2022a). Aquaculture policy: Designing licenses for environmental regulation. *Marine Policy*, 138, 104978. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104978>
- Osmundsen, T. C., Olsen, M. S., Gauteplass, A., & Asche, F. (2022b). Aquaculture policy: Designing licenses for environmental regulation. *Marine Policy*, 138, 104978. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104978>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.12.002>
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2019). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398–1417. <https://doi.org/10.1111/raq.12299>
- Overton, K., Oppedal, F., Stien, L. H., Moltumyr, L., Wright, D. W., & Dempster, T. (2019). Thermal delousing with cold water: Effects on salmon lice removal and salmon welfare. *Aquaculture*, 505, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.046>
- Pandey, R., Asche, F., Misund, B., Nygaard, R., Adewumi, O. M., Straume, H.-M., & Zhang, D. (2023). Production growth, company size, and concentration: The case of salmon. *Aquaculture*, 577, 739972. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739972>
- Riksrevisjonen (2023). *Myndighetenes arbeid med fiskehelse og fiskevelferd i havbruksnæringen*. Dokument 3:12 (2022-2023).

- Sandersen, H. T., & Kvalvik, I. (2015). Access to aquaculture sites: A wicked problem in Norwegian aquaculture development. *Maritime Studies*, 14(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s40152-015-0027-8>
- Sandvik, A. D., Hvas, M., & Ådlandsvik, B. (2022). Utfordringer for oppdrettsnæringen i et klima i endring. *Naturen*, 146(6), 252–258. <https://doi.org/10.18261/naturen.146.6.4>
- SINTEF Ocean. (2022). *Forskning og utvikling for realisering av havbruk til havs. Innspill til strategiske prioriteringer mot 2040. Første versjon*. Rapport gitt ut av arbeidsgruppe ved NTNU, SalMar Aker Ocean, og SINTEF Ocean. https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/a4_havbruk-til-havs_korrektur3.pdf
- Skår, K., Løkslett, H., Misund, B., Sandvik, A. D., Stige, L. C., Taranger, G. L., & Tveterås, R. (2024). *Sluttrapport «FRA RØD TIL GRØNN KYST»*. Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland. Rapport 9/2024. Veterinærinstituttet. Veterinærinstituttet. https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2024/sluttrapport-fra-rod-til-gronn-kyst/_attachment/download/cf3305b9-0aa0-4005-bd9c-9c997923b86a:dba0249227b9489c3b4c69020043c18712e68311/2024_9_Sluttrapport%20-%20Fra%20r%C3%B8d%20til%20gr%C3%B8nn%20kyst.pdf
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.
- Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Moldal, T., Oliveira, V. H. S., Svendsen, J. C., Haukaas, A., & Brun, E. (2024). *Fiskehelserapporten 2023. Rapport 8a/2024*. Veterinærinstituttet.
- Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Oliveira, V. H. S., Moldal, T., Bornø, G., Haukaas, A., & Brun, E. (2023). *Fiskehelserapporten 2022. Rapport 5a/2023*, utgitt av Veterinærinstituttet 2023. Veterinærinstituttet.
- Statkraft (2023). *Lavutslippsscenario Norge*. Rapport. Statkraft. <https://www.statkraft.no/globalassets/0/.no/7-kampanjer/lavutslipp/2023/statkraft-lavutslippsscenario-norge-2023.pdf>
- Tveterås, R., Bruland, G., Bryde, M. H., Handeland, S., Misund, B., Nilsen, A., & Solberg, T. (2021). *Bærekraftig vekst med lukkede anlegg i sjø*. FLO SJØ / Stiim Aqua Cluster.
- Tveterås, R., Bryde, M. H., Bruland, G., Misund, B., Walde, C., Akbas, K. K., & Søndena, A. V. (2023). *Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk—Finnes det tilgjengelig areal for vekst?* Stiim Aquacluster. https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2023/11/Rapport_Baerekraftig-arealbruk-i-havbruksnaeringen.pdf
- Tveterås, R., Hovland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøyl, R., Bjelland, H. V., Misund, A., & Fjelldal, Ø. (2020). *Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs. Kort rapport*. Centre for Innovation Research, UiS.
- Vassdal, T., & Sørensen Holst, H. M. (2011). Technical Progress and Regress in Norwegian Salmon Farming: A Malmquist Index Approach. *Marine Resource Economics*, 26(4), 329–341. <https://doi.org/10.5950/0738-1360-26.4.329>
- Walde, C. S., Bang Jensen, B., Stormoen, M., Asche, F., Misund, B., & Pettersen, J. M. (2023). The economic impact of decreased mortality and increased growth associated with preventing, replacing or improving current methods for delousing farmed Atlantic salmon in Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 221, 106062. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.106062>
- Xepapadeas, A. (2011). The Economics of Non-Point-Source Pollution. *Annual Review of Resource Economics*, 3(1), 355–373. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083110-115945>
- Young, N., Brattland, C., Digiovanni, C., Hersoug, B., Johnsen, J. P., Karlsen, K. M., Kvalvik, I., Olofsson, E., Simonsen, K., Solås, A.-M., & Thorarensen, H. (2019). Limitations to growth: Social-ecological challenges to aquaculture development in five wealthy nations. *Marine Policy*, 104, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.022>

- Zhang, D., Sogn-Grundvåg, G., & Tveterås, R. (2023). The impact of parasitic sea lice on harvest quantities and sizes of farmed salmon. *Aquaculture*, 576, 739884.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739884>
- Zhang, D., & Tveterås, R. (2022). Influence of Price Variability and Financial Ratios on Business Failure in the Atlantic Salmon Industry. *Marine Resource Economics*, 37(2), 183–200.
<https://doi.org/10.1086/718380>
- Øglend, A., Asche, F., & Martin, H. (2024). Rent Formation and Distortions due to Quotas in Biological Production Processes. *Resource and Energy Economics*, 101438.
<https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2024.101438>
- Åm, H. (2021). A critical policy study on why introducing resource rent taxation in Norwegian salmon aquaculture failed. *Marine Policy*, 131, 104692.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104692>
- Aarset, B., & Rusten, G. (Red.). (2007). *Havbruk: Akvakultur på norsk*. Fagbokforlaget.
- Aas, T. S., Ytrestøl, T., & Åsgård, T. (2022). *Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. Faglig sluttrapport*. Rapport 2/2022. Nofima.
<https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2977260>