

Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk

- *Finnes det tilgjengelig areal for vekst?*



Ragnar Tveterås (Prosjektleder),
Martin H. Bryde, Grunde Bruland,
Bård Misund, Cecilie Walde, Kursat
Kan Akbas, Andrea Viga Søndena

Stavanger, 14.november 2023

EXECUTIVE SUMMARY

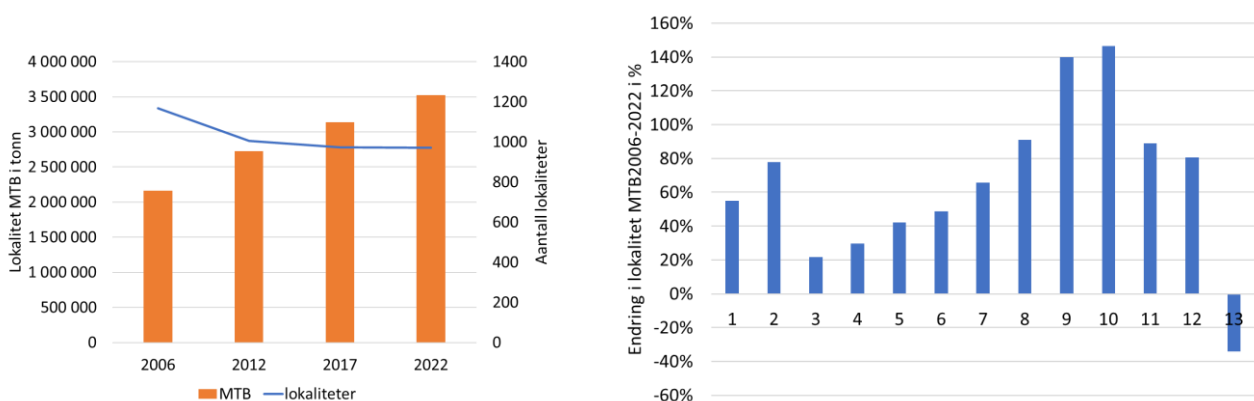
Denne rapporten analyserer mulighetene for å øke produksjonen av laks og ørret innaskjærs, altså i de mer skjermede kystområdene vi fram til nå har drevet havbruk. Rapporten peker på at samfunnet må innovere på flere områder dersom vi skal kunne øke produksjonen vesentlig. Vi erkjenner at med en vesentlig større konsentrasjon av levende laksefisk i fjordene er det helt nødvendig å ha en populasjon av robuste lakseindivider - mer robust enn det vi har i dag. Dette kan bare oppnås med gode livsbetingelser for laksen i alle faser av produksjonskjeden og en høy biosikkerhet. Hvis ikke vil veksten stoppe av seg selv. Det er svært krevende å realisere dette, og det stiller store krav til næring, myndigheter, og forskningsmiljøer. Vi mener at det er mulig å realisere en bærekraftig vekst dersom næring, myndigheter, og forskningsmiljøer sammen klarer å innovere på en rekke områder. I rapporten identifiserer vi forutsetningene for bærekraftig vekst i form av sentrale innovasjonsområder innen forvaltning, teknologi og drift.

Utfordringen for samfunn og næring

Produksjonen av laksefisk i den norske kystsonen har økt fra 150.000 tonn i 1990 til 1.650.563 tonn rundvekt i 2022. I Norge er det en uttalt målsetting å øke produksjonen vesentlig fra dagens nivå. Et produksjonsvolum på 5 millioner tonn i 2050 har blitt uttalt av mange politikere og andre. Spørsmålet er om en vesentlig økning av produksjonen – med 100%, 200% eller 300% - er mulig og bærekraftig i forhold til miljø, fiskevelferd og økonomi. Det som synes klart er at med dagens kunnskap, produksjonsteknologier og drift fra egg til slakteklar matfisk er dette ikke mulig. Det er store utfordringer med fiskevelferd og fiskehelse forårsaket av et komplekst samspill mellom sykdommer, andre lidelser hos laksen, lakselus og ulike tiltak i produksjonsprosessen som påvirker laksen. Påvirkningen av lakselus på vill laks vurderes av samfunnet å være høy langs deler av kysten. Samtidig er det viktig å understreke at det er store variasjoner langs kysten, med regioner hvor det er tilfredsstillende forhold på flere områder. Havbruksnæringen og samfunnet har demonstrert en enorm innovasjonsevne siden næringens barndom. Dagens produksjon hadde ikke vært mulig med kunnskapen og teknologien i 1990. I 2050 vil heller ikke næringen produsere med teknologien i 2023, men med en vesentlig oppgradert kunnskapsbase og teknologistruktur. Men dette kommer ikke av seg selv – det krever store løft fra næring, myndigheter og forskningsmiljøer.

Utvikling i lokalitetsstruktur og bruk av arealene

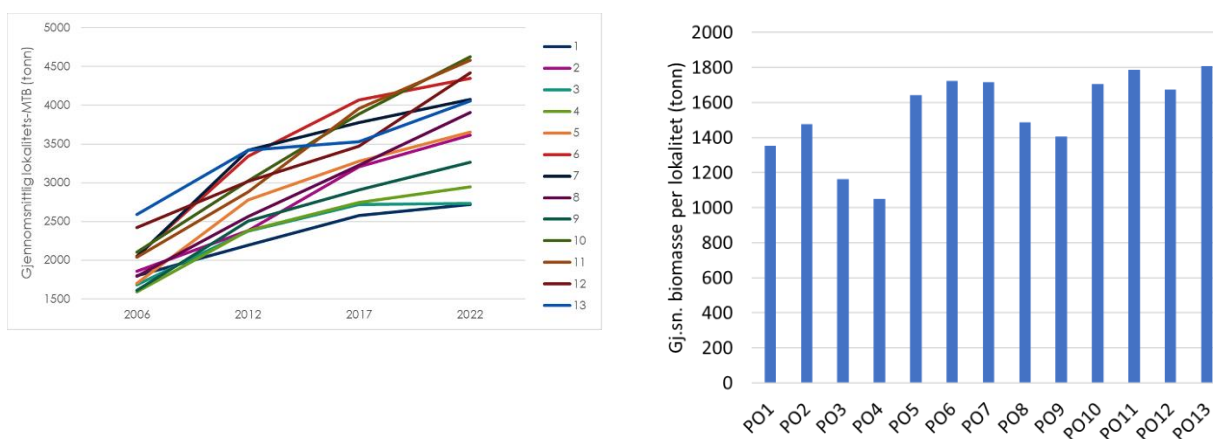
Siden 2006 har antallet godkjente matfisk lokaliteter blitt redusert, som vist i figur 1 (venstre panel), fra over 1100 til litt over 900 lokaliteter. Samtidig viser figur 1 at den tillatte mengden levende laks og ørret på lokalitetene, den såkalte lokalitets-MTB, har økt vesentlig, fra 2,1 millioner tonn til 3,5 millioner tonn. Veksten i lokalitets-MTB skyldes både at små lokaliteter har blitt byttet ut med større og at eksisterende lokaliteter har fått større tillatt biomasse. Det er store variasjoner i veksten i lokalitets MTB mellom produksjonsområdene, som vist på høyre panel i figur 1. Det er generelt større vekst i den nordlige delen av kysten. I PO3 økte lokalitets-MTB med bare 20%, mens i PO9 og PO10 økte lokalitets-MTB med henholdsvis 140% og 145%.



Figur 1. Utvikling i antall lokaliteter og lokalitet MTB for hele kysten (venstre), og i lokalitet MTB i produksjonsområde 1-13 (høyre) (Kilde: Fiskeridirektoratet)

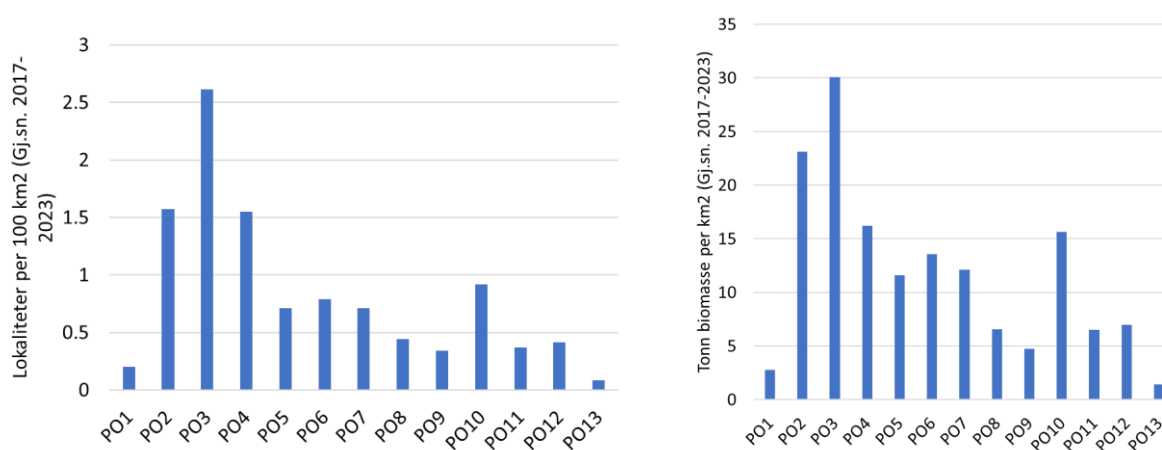
Fra 2006 til 2022 har det vært en betydelig økning i den gjennomsnittlige lokalitet MTB i alle produksjonsområdene, som vist i venstre side av figur 2. Den største MTB-veksten har vært i de nordligste fylkene, og den laveste på Vestlandet. Det har altså blitt tillatt å ha betydelig mer levende laks på lokalitetene. Når det gjelder den faktiske mengden med laks som står i merdene på lokalitetene, så har PO3 og PO4 den minste gjennomsnittlige biomassen, som vist i høyre side av figur 2. Det står vesentlig mer fisk lengre nord på kysten, i PO5-PO7 og PO10-PO13.

Figur 2 viser også at forskjellene i gjennomsnittsstørrelse på lokalitetene har økt siden 2006. I 2006 varierte lokalitetene med ~1.000 tonn MTB, mens i dag er variasjonen i størrelse mellom produksjonsområdene på nærmere det dobbelte.



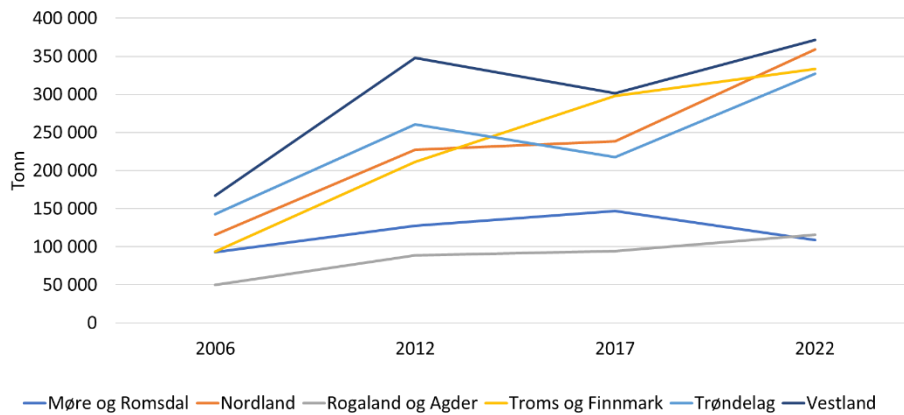
Figur 2. Utvikling i gjennomsnittlig lokalitet MTB i tonn i produksjonsområde 1-13 (venstre), og gjennomsnittlig biomasse per lokalitet i tonn (Kilde: Fiskeridirektoratet)

Hvis vi ser på den totale konsentrasjonen av levende laksefisk i produksjonsområdene målt ved antall tonn per kvadratkilometer, så har PO2 og PO3 den klart største tettheten, som vist i høyre side av figur 3. I PO8-PO9 og PO11-PO13 er det vesentlig lavere tetthet. Dette henger også sammen med tettheten av aktive lokaliteter, som vist i venstre del av figur 3. PO3 har den største lokalitetstettheten, fulgt av PO2 og PO4. Lavest lokalitetstetthet finner vi i fra PO5 og nordover, og spesielt lav lokalitetstetthet finner vi i PO8, PO9 og PO11-PO13.



Figur 3. Lokaliteter per km² (venstre) og tonn biomasse levende fisk per km² (høyre) i produksjonsområdene 1-13 (Kilde: Fiskeridirektoratet)

Når det gjelder utviklingen i produksjonen så er det de nordlige fylker som vokser mest, som vist i figur 4. Vestland fylke er fremdeles størst tross utfordringer med røde trafikkllys og biomassenedtrekk.



Figur 4. Utviklingen i produksjonen av laksefisk i fylkene 2006-2022 (Kilde: Fiskeridirektoratet)

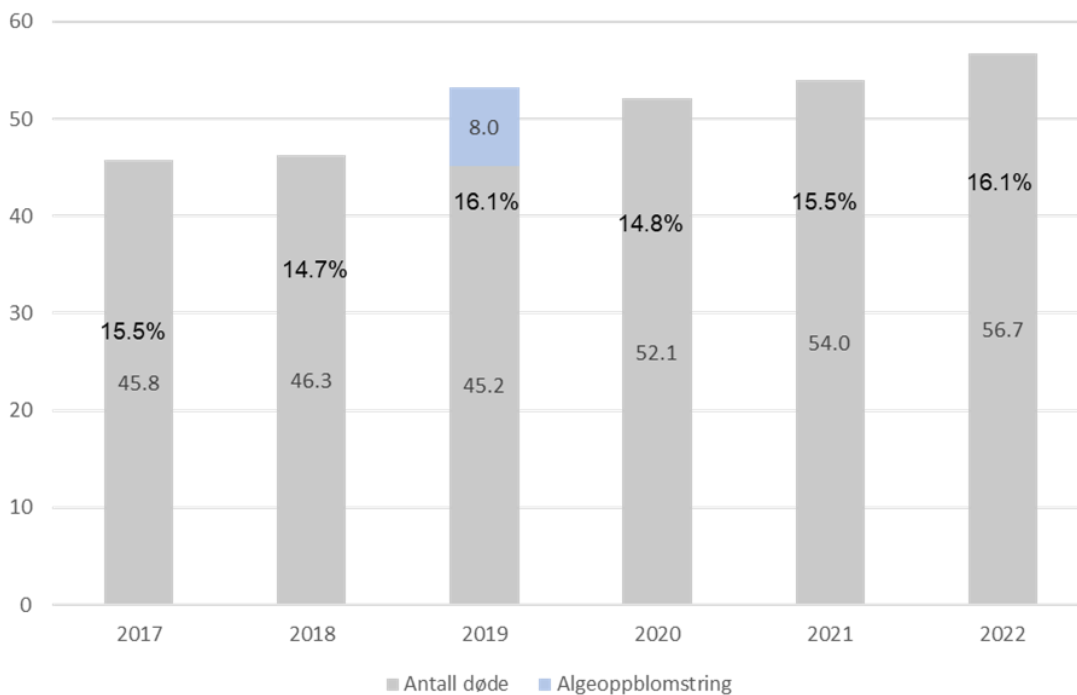
Intensivering av produksjonen utfordrer biosikkerhet og fiskehelse

Oppdrett av laksefisk i Norge er en intensiv produksjon som drives i et komplekst samspill med det marine miljøet. I utgangen av 2022 stod ca. 436 millioner individer oppdrettslaks, i all hovedsak i åpne merder, i sjøen langs norskekysten (Akvakulturstatistikk oppdatert 12.10.2023, Fiskeridirektoratet.no). Til sammenligning var innsiget av villaks i Norge i 2022 beregnet til 458 000 individer (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2023).

Intensivering av enhver biologisk produksjon vil til slutt føre til problemer, spesielt fra smittsomme eller infeksjøs sykdommer (Håstein et al., 2005), dersom det ikke skjer innovasjoner som i tilstrekkelig grad kompenserer for intensiveringen. Dette er spesielt relevant for oppdrett i sjø hvor antallet oppdrettede individer har vokst dramatisk over de siste femti årene og produksjonen i all hovedsak foregår i åpne systemer. De lokale vannstrømmene der oppdrettslokaliteten er plassert, vil drive vannutvekslingen og spredningen av infeksjøs agens og uorganisk og organisk avfall. Dagens oppdrett i sjø er dermed gjenstand for sykdomsutbrudd, og påvirkning på omliggende marint miljø.

I dag er de viktigste biologiske faktorene som begrenser bærekraftig verdiskapning i sjøvannsfasen: høy dødelighet og redusert tilvekst og slaktekvalitet, blant annet forårsaket av gjentatte håndteringskrevende avlusningsoperasjoner, en bekymringsfull økning i forekomsten av bakterielle sykdommer som pasteurellose og vintersår, økende problemer med gjellesykdom, ulike virussykdommer, samt negativ påvirkning på miljøet, herunder villfisk og lokale bunnforhold. Ivaretagelse av biosikkerhet, det vil si hindre introduksjon av smitte og smittespredning langs kysten, er dermed et vesentlig element i bærekraftig bruk av kystarealene. Samtidig bør tiltakene som iverksettes for å hindre introduksjon av smitte og smittespredning ikke ha store negative konsekvenser for andre arter eller alvorlige bivirkninger for oppdrettsfisken.

Som belyst i Fiskehelse rapporten 2022 har sykdomsproblemer vært en av de viktigste utfordringene for oppdrettsnæringen i flere tiår. Dødeligheten i sjøfasen har vært stabilt høy over flere år, og den samlede sykdomsbyrden økene (Somerset et al., 2023). Figur 5 viser årlig dødelighet av oppdrettet atlantisk laks i sjø i perioden 2017-2022.



Figur 5. Årlig dødelighet av oppdrettet atlantisk laks i sjø i perioden 2017-2022 i millioner individer og prosent. Kilde: Fiskehelse rapporten, 2022.

Selv om dødelighetsraten har vært relativt stabilt de siste årene har en sett en endring i sammensetningen av dødeligheten, med en relativ økning i dødeligheten av større fisk (Misund 2022; Riksrevisjonen, 2023).

Biologiske forutsetninger for vekst

Det er store variasjoner i dødelighet både innad og mellom produksjonsområder, noe som vitner om at det finnes muligheter for forbedring av fiskehelsen. På lokaliteter med uakseptabel fiskehelse og velferd anbefales ikke ytterligere vekst uten at fiskehelse og velferd bedres samtidig som påvirkningene av lus på villaksbestanden og andre negative eksternaliteter holdes på et akseptabelt nivå. For øvrig må man komme til en felles enighet og definerte mål for hva som er akseptabel velferd og belastning for oppdrettsfisken og rensefisken. Det er dermed viktig at det videreutvikles verktøy for å klassifisere og vurdere velferdsstatus og nivået på belastninger oppdrettslaksen utsettes for. I tillegg vil standardiserte, høyoppløselige data med mulighet for å spore fiskegrupper gjennom hele livsløpet gjøre det mulig å bedre vurdere hvordan og hvilke faktorer som påvirker utfallet av produksjon i vesentlig grad. I dag mangler for eksempel informasjon om hvilken type merdteknologi som brukes langs kysten, informasjon som kan forbedre smittemodellering.

I dag er det stor grad av enighet om de faglige prinsippene og hvilke elementer som inngår i beste praksis for smittesikring både i bransjen og i forvaltningen (Larsen et al., 2020). Det pekes likevel på vesentlige avvik fra det som anses som felles målbilde for beste praksis og dagens praksis. Det er blant annet stor variasjon mellom geografiske områder når det kommer til lokalitetsbruk, områdeorganisering og biosikkerhetspraksis i sjø. Det er heller ingen enhetlig praksis for bruk av generasjonssoner og branngater eller hvordan kjørerregler for utveksling av biologisk materiale, båter og utstyr skal utformes (Larsen et al., 2020). Pågående arbeid med etablering av et nasjonalt biosikkerhetsråd, forsterking av områdeorganiseringen, og etablering av felles standard, retningslinjer og myndighetsregulert ansvar ved blant annet teknisk design, vannbehandling og drift av brønnbåter, avlusningsenheter og helse –og smitteovervåking av smolt og rogn anbefalt i Larsen et al., 2020, er essensielle elementer for å ivareta en god biosikkerhet langs kysten.

Ved storskala implementeringen av for eksempel håndteringskrevende ikke-medikamentelle avlusninger har ikke fiskens biologi blitt ivaretatt. Det burde stilles høyere krav til dokumentasjon og følgeforskning ved

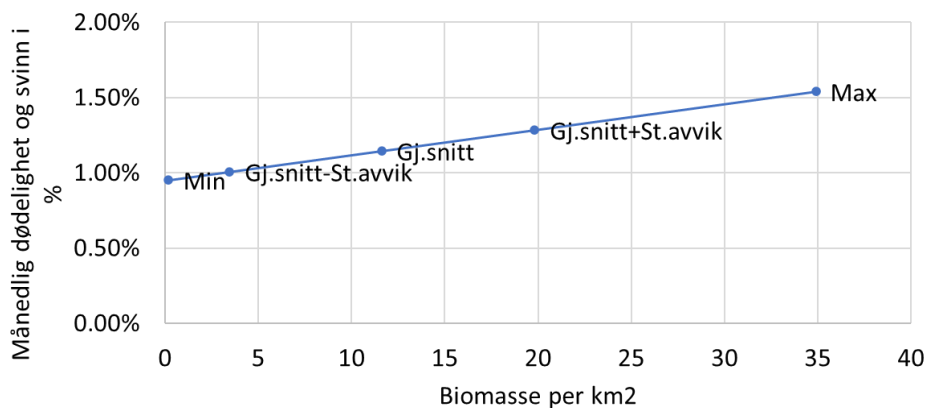
utvikling av ny teknologi med hensyn på fiskevelferd, og hva som er akseptabel bruk av andre arter som ulike type rensefisk. I tillegg peker Riksrevisjonen på at myndighetene ikke har iverksatt tilstrekkelige tiltak for å redusere vedvarende utfordringer med sykdommer og dårlig fiskevelferd i havbruksnæringen (Riksrevisjonen, 2023).

Optimalt arealbruk langs kysten er krevende både for næring og myndighet. Oppdrett er kontekstuel i tid og rom, med mange faktorer som må hensyntas, og som kan endre seg over tid og ha motstridende interesser. Den komplekse interaksjonen og dynamikken rundt oppdrett av laksefisk gjør det vanskelig å finne en institusjonell ordning som blir oppfattet av alle brukere som legitim, rettferdig og effektiv i alle sammenhenger (Pettersen et al., 2015a). Framtidige begrensninger på vekst knyttet til fiskehelse og -velferd må også ses i sammenheng med innføring av nye reguleringer og virkemidler som gir oppdretterne sterkere incentiver og bedre muligheter til å investere i teknologier som kan gi bedre fiskevelferd og lavere utslipp, samt ikke er urettferdig mot oppdrettere som har god praksis og gode resultater mht. fiskevelferd og luseutslipp m.m. For at oppdrettsnæringen skal bli bærekraftig, må de strukturelle utfordringene som adresseres for eksempel både i Larsen et al. (2020) og av Riksrevisjonen (2023) håndteres, og en nasjonal, helhetlig og langsiktig biosikkerhetsstrategi må på plass.

Bærekraftig bruk av kystarealene er avhengig av hvor godt biosikkerhet, utslipp, rømning og ikke minst oppdretts- og rensefiskens helse og velferd er ivaretatt i den teknologiske utviklingen av både nye oppdrettsløsninger og bruk av etablert teknologi. For å oppnå dette må det tilrettelegges for datadeling på tvers av selskaper, geografiske områder og mellom ulike interessenter, implementering av incentiver som fremmer beste praksis i næringen, og enda bedre samarbeidet mellom næring, myndighet og forvaltning.

Konsentrasjon av levende laks, og biologiske og økonomiske resultater

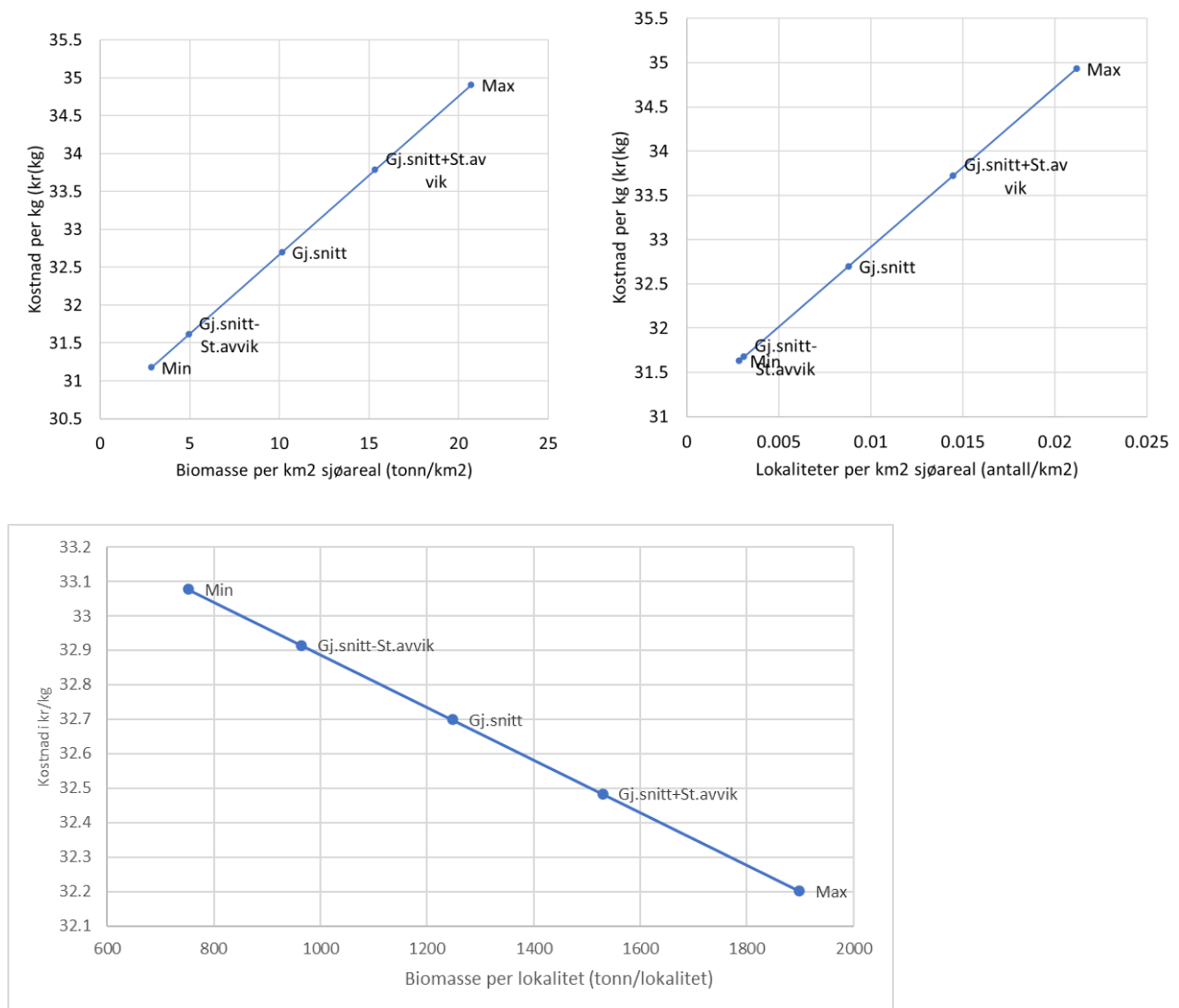
En økning i produksjonen i kystsonen medfører at vi konsentrerer stadig flere levende laksefisk på lokaliteter og større produksjonsområder. Spørsmålet er hva økende konsentrasjoner av lakseindivider betyr for viktige bærekraftsdimensjoner, og for biologiske og økonomiske resultater? Vi har gjort omfattende analyser på biologiske og økonomiske data fra havbruksnæringen for årene 2012-2022, hvor vi har kombinert data på lokalitetsnivå, selskapsnivå, produksjonsområde-nivå og fylkesnivå. Vi har kjørt et batteri av statistiske regresjonsmodeller hvor vi måler effektene på biologiske og økonomiske variabler av økt konsentrasjon av biomasse på lokalitetsnivå og i større områder, hvor vi kontrollerer for sjøtemperaturer, sesongspesifikke og årsspesifikke effekter.



Figur 6. Regresjonsmodeller predikerer at dødelighet øker med biomasse per km² (Datakilde: Fiskeridirektoratet)

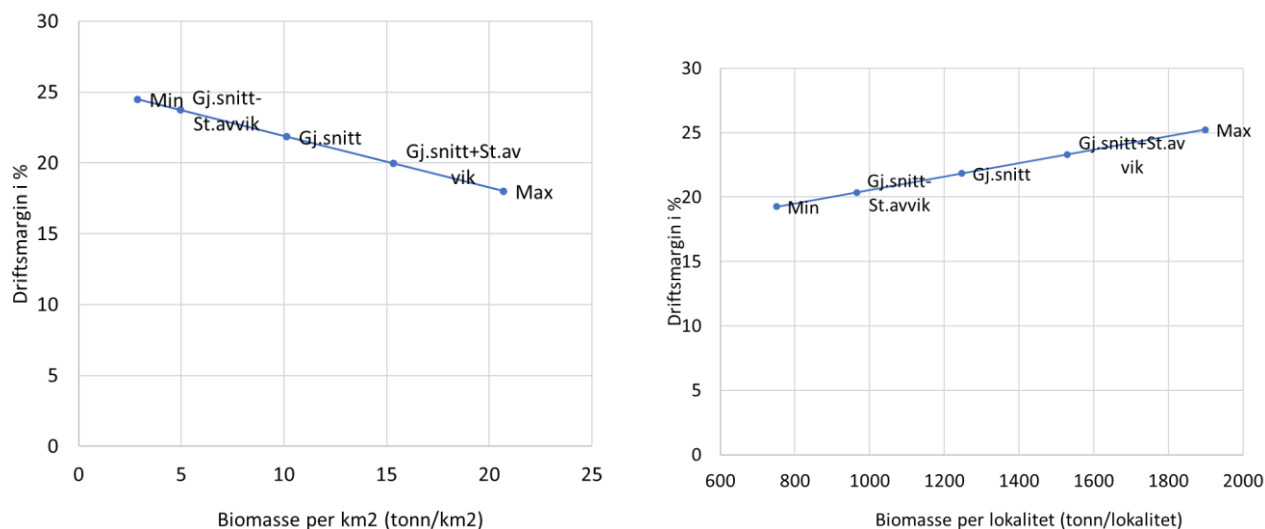
De statistiske modellene viser at dødelighet, økonomisk førfaktor og påslag av lus øker signifikant med tetthet av lokaliteter og biomasse av levende laks per km² sjøareal (se f.eks. figur 6). Altså, i gjennomsnitt vil en

vesentlig økning i biomassen og produksjonen føre til dårligere (og til dels uakseptable) biologiske resultater. Videre finner vi at også på lokalitetsnivå svekkes i gjennomsnitt de biologiske resultatene med økt biomasse.



Figur 7. Sammenhenger mellom arealbruk og kostnader per kg fra regresjonsmodeller (Datakilde: Fiskeridirektoratet)

De statistiske regresjonsmodellene på de økonomiske resultatene gir mer sammensatte funn. Produksjonskostnadene per kg øker med biomassetetthet og antall lokaliteter i et større område (øvre del av figur 7). Men produksjonskostnadene er samtidig stabile eller synker med økt biomasse på lokalitetsnivå (nedre del av figur 7). Lønnsomheten målt ved driftsmargin synker med biomasse og antall lokaliteter i et større område (figur 8, venstre panel). Men driftsmarginen øker med høyere biomasse på lokaliteter (figur 8, høyre panel). Ut fra økonomiske hensyn bør vi altså konsentrere biomassen på færre og større lokaliteter.



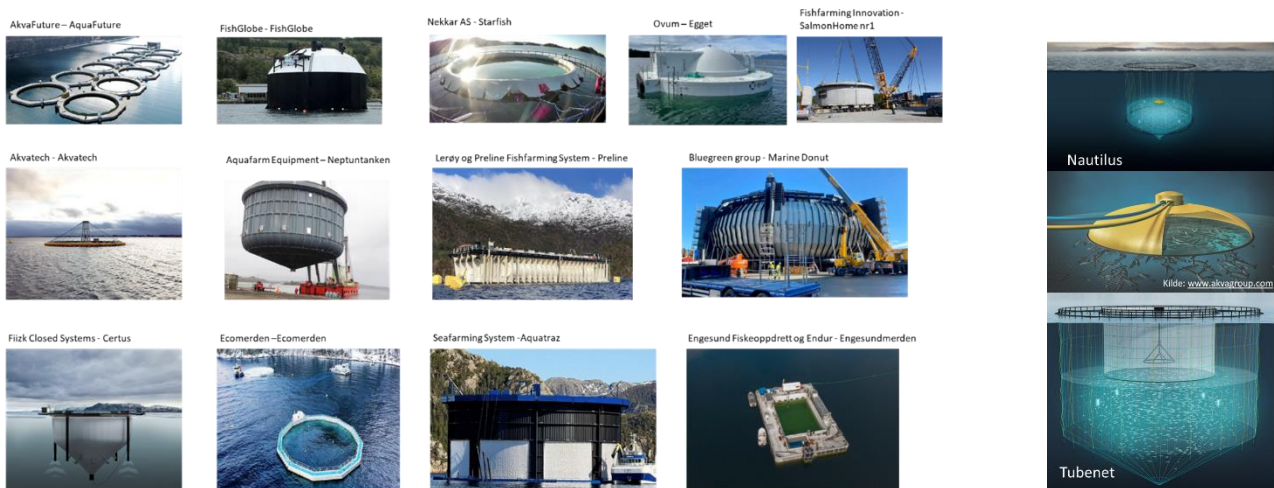
Figur 8. Sammenhenger mellom driftsmargin og biomasse per km² i sjøområder (venstre) og konsentrasjon av biomasse på lokalitet (høyre) og fra regresjonsmodeller (Datakilde: Fiskeridirektoratet)

Det er viktig å være varsomme i bruken av disse statistiske funnene. Vi understreker at de statistiske resultatene er gjennomsnittlige sammenhenger. Det er lokaliteter med mye biomasse som har god overlevelse og tilvekst, og det er områder med høy anleggstetthet og mye biomasse per km² som har gode biologiske resultater. Utfordringen er å identifisere lokaliteter med gode naturgitte forhold for å ha mye levende laks med god velferd, og ha «state-of-the-art» teknologier og drift som bidrar til dette. Også for større områder i kystsonen er det mulig øke biomassen av laks med en kunnskapsbasert lokalitetsstruktur, og en hensiktsmessig koordinering av produksjon, brakklegging og andre tiltak for å styrke biosikkerheten. De statistiske resultatene er basert på et datasett med biologiske og økonomiske utfall som var et resultat av den kunnskap, teknologi og drift man hadde i dataperioden 2012-2022. Jobben til næring og samfunn er å bygge ny kunnskap og innovere i teknologier og drift som kan «knekke» de negative statistiske sammenhengene som vi finner.

Teknologisk innovasjon

Bærekraftig vekst i lakseproduksjonen krever teknologiske innovasjoner på mange områder – anleggskonsepter, fôr, genetikk, vaksiner, behandlingsmetoder, digitale teknologier for tilstandsovervåkning og beslutningsstøtte, osv. Vellykket innovasjon i hele denne teknologiske bredden er nødvendig for å gjøre vekst mulig.

Selv om åpne anlegg alltid vil være den dominerende teknologien målt i biomasse, vil alternative anleggskonsepter med høyere grad av styring med inntak og utslipp av sjøvann bli stadig viktigere for å sikre bærekraft. Slike lukkede/semilukkede og nedsenkbare/dypdrifts-konsepter kan være for deler av produksjonskjeden fra smolt til slakteklar matfisk, eller for hele produksjonskjeden. Den mest bærekraftige kombinasjonen av anleggskonsepter vil variere langs kysten, mye drevet av ulikheter når det gjelder topografiske forhold, sjøtemperatur og hydrodynamiske forhold, smittepress og marin fauna.



Figur 9. Lukkede/semi-lukkede anlegg (venstre) og dypdrift anlegg (høyre)

Vi vet i dag ikke hva de bærekraftige kombinasjonene av anleggskonsepter vil være fordi teknologiene fremdeles er i en tidlig fase og fordi vi mangler omfattende, systematisk forskningsbasert dokumentasjon av en rekke parametere. Videre er det blandede erfaringer med de få semi-lukkede konseptene som har hatt laks i sjøen, både gode og dårlige når det gjelder biologisk, teknisk og økonomisk ytelse. Dette skaper også stor usikkerhet for havbruksselskapene som skal investere i teknologier med lavere utslipp. Det er i dag krevende for dem å gjøre investeringsanalyser for teknologier med investeringskostnad fra 100 millioner kr til godt over en milliard kr. Derfor er det helt nødvendig å akkumulere mer produksjonserfaringer med konsepter fra ulike leverandører, og ikke minst dokumentere og dele kunnskapen fra disse.

Det er i dag ikke virkemidler som bidrar til dette i tilstrekkelig grad. Vi anbefaler derfor at myndighetene, i tråd med Havbruksutvalgets anbefalinger om miljøfleksibilitet, utvikler en ordning for konvertering av MTB til lukket MTB som gir tilstrekkelige incentiver for investering, samt utvikler et forskningsprogram for systematisk måling og dokumentasjon av biologiske, tekniske og økonomiske parametere.

Innovasjon i bærekraftige forretningsmodeller

En forretningsmodell forteller hvordan en bedrift skaper lønnsomhet ved å produsere og selge produkter på en kostnadseffektiv måte som skaper verdier for kundene. Tradisjonelt har forretningsmodeller vært en *alenegang*, hvor bedriften i begrenset grad går inn kompleks og krevende samhandling med andre aktører i verdikjeden som påvirker bedriftens autonomi og kostnader. Dette er mulig når bedriftens handlinger har små konsekvenser for «bunnlinjen» til andre bedrifter og aktører i samfunnet.

Men det er ikke mulig for en havbruksnæring som har produksjon i en åpen allmenning, og hvor bedriftens aktiviteter kan ha betydelige konsekvenser for det økonomiske overskuddet til andre bedrifter, velferden til andre aktører og tilstanden til naturen. Dersom produksjonen i kystsonen skal økes vesentlig er det helt nødvendig med innovasjon i forretningsmodellene til havbruksselskapene. Uten dette er det ikke mulig å redusere smittepress og miljømessige fotavtrykk i tilstrekkelig grad. Dette handler om ulike typer samhandling med andre havbruksselskaper, myndigheter og andre aktører som vil være svært krevende, bl.a. fordi det vil innebære blottlegging av deler av selskapets drift og koordinering av lokalitetsbruk og produksjonsaktiviteter som kan være økonomisk suboptimalt på kort sikt. I bunn og grunn handler det om ulike typer kontrakter med andre private og offentlige aktører som reduserer selskapenes autonomi. Deler av havbruksnæringen har allerede begynt på denne prosessen. Det finnes flere eksempler langs kysten på at selskaper går inn i forpliktende samarbeid, og disse kan vi lære av.

Samtidig må det understrekes at en vellykket bærekraftig forretningsmodell for havbruksselskapene er helt avhengig av at myndighetene også endrer sin «forretningsmodell» vesentlig på flere områder. Havbruksselskapene er helt avhengig av de spillereglene myndighetene definerer når det gjelder bruk av lokaliteter og drift gjennom lover, forskrifter og praktisk forvaltning. Det er derfor nødvendig å forstå hvilke grep

myndighetene må ta for å muliggjøre forretningsmodeller som skaper grunnlag for en større bærekraftig produksjon.

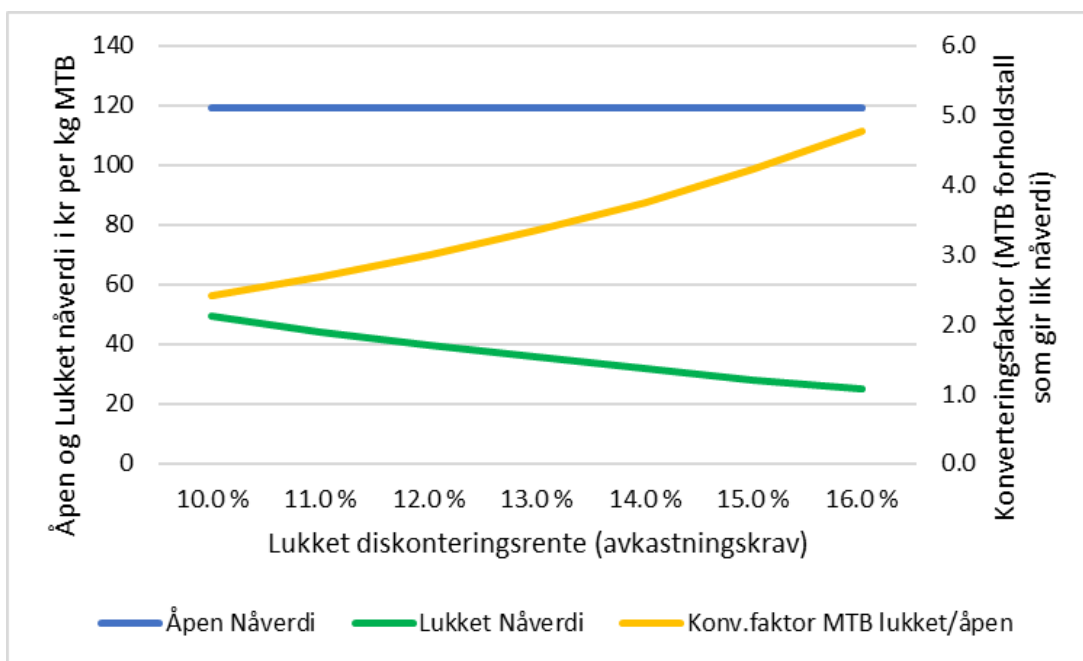
Investeringer i null- og lavutslippsteknologi

Lønnsomheten i investeringer i null- og lavutslippsteknologi i havbruk er i dag krevende. For et havbruksselskap handler dette om investeringer under stor usikkerhet. Et selskap som har MTB som brukes til produksjon med åpne anlegg må spør seg hvordan det vil endre lønnsomheten å bruke noe av denne i f.eks. produksjon i semi-lukket anlegg. Med andre ord, hvordan påvirkes nåverdien av framtidige netto kontantstrømmer – inntekter og kostnader – av bruk av lavutslippsteknologi. Det er komplisert beslutningsproblem når et havbruksselskap som omfatter kjøp av anlegg i størrelsesorden fra hundre millioner til over en milliard kroner. I driftsfasen er det også kapitalbinding av biomasse og andre driftsmidler.

Det gjøres ikke tilstrekkelige investeringer i lukkede anlegg i dag. Dette betegnes i litteraturen gjerne som en «markedssvikt». Det kalles en markedssvikt fordi markedet da ikke gir de investeringer i forsknings- og innovasjonsprosesser (Fol-prosesser) som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det blir rett og slett for lite investeringer i forhold til det som ville gitt mest avkastning for samfunnet.

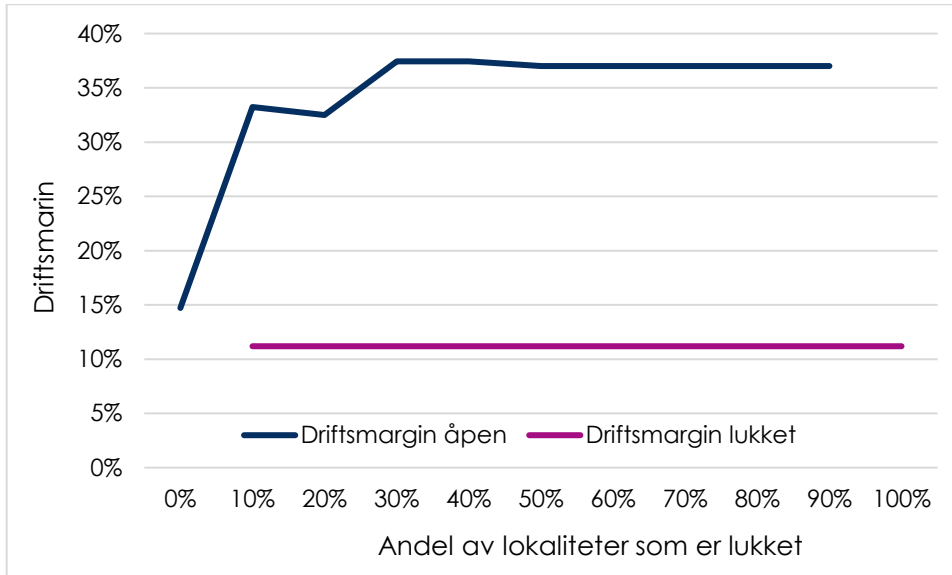
Et annet forhold som kan føre til for små investeringer i lukket teknologi enn det som er optimalt for samfunnet er at havbruksselskap i sine investeringskalkyler ikke tar tilstrekkelig hensyn til at produksjon i lukket anlegg også vil gi lavere lusepåslag for andre havbruksselskap og dermed øke deres lønnsomhet, og at de ikke tar tilstrekkelig hensyn til at de lusestrykk på vill laks. Dermed blir den bedriftsøkonomiske kalkylen forskjellig fra den samfunnsøkonomiske kalkylen. Myndighetenes grenser for lusepåslag kan gi incentiver, men hvis havbruksselskapet tror at det kan holde seg innenfor lusegrensene på lokalitetsnivå med åpne anlegg og lusebehandlinger med lavere kostnader så er kanskje ikke incentivene til å investere i lukket teknologi sterke nok.

Ordninger for konverteringer av åpen MTB til lukket MTB hvor forholdstallet er større enn 1 kan være en måte å gi bedriftene tilstrekkelig insentiver til å investere i lukket merdteknologi. Figur 10 viser at den konverteringsfaktoren som gjør selskapene indifferent (likegyldig) mellom de to teknologitypene ligger i våre simuleringer mellom 2 og 5 gitt avkastningskrav mellom 10 og 16%. Spesielt tidlig i utviklingsfasen av en ny teknologi vil investorer kreve høyere avkastningskrav, noe som tilsier en høyere konverteringsfaktor for de som konverterer tidlig, og med en fallende konverteringsfaktor over tid.

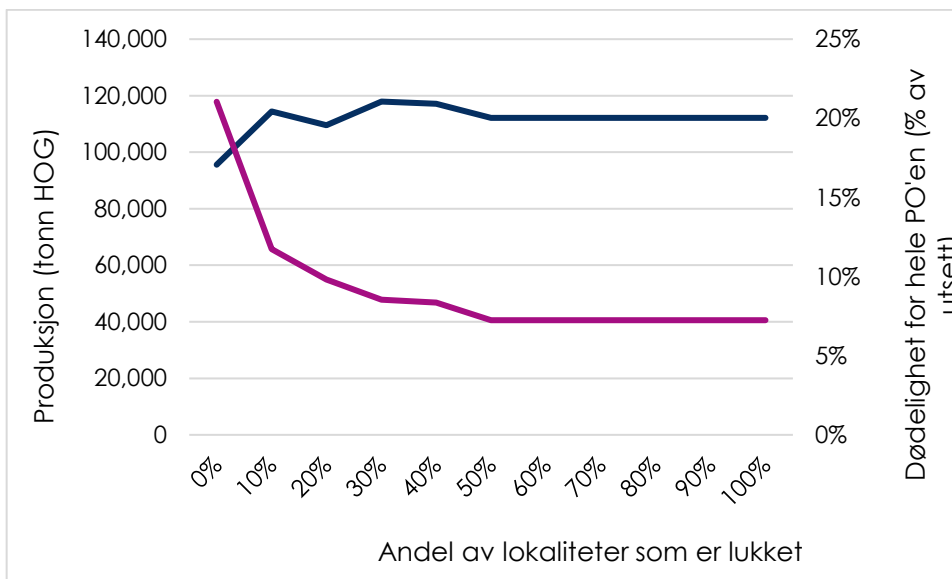


Figur 10. Konverteringsfaktor er avhengig av avkastningskrav i lukket anlegg.

Simuleringsanalyser gjort av Havforskningsinstituttet viser at strategisk lukking av enkeltlokaliteter med relativt høyt smittepress kan gi et betydelig redusert smittepress av lus i et produksjonsområde med høyt lusepress. Delvis lukking av lokaliteter kan derfor både redusere smittepresset av lus og samtidig øke lønnsomheten til de resterende åpne merdanleggene (Figur 11), f.eks. som følge av redusert behov for avlusninger som kan gi dødelighet (Figur 12).



Figur 11. Driftsmargin for åpne og lukkede merder med økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket.



Figur 12. Produksjon og fiskedødelighet med økende andel av lokalitetene som lukkes.

Dagens regelverk og forvaltning

Både Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet har konkludert med at utfordringer med lus vil kunne reduseres "ved å fordele samme biomasse som i dag på et redusert antall lokaliteter". Regelverket bør derfor legge til rette for å gi aktører som har lokaliteter med utfordringer knyttet til lus (og evt. andre fiskesykdommer) og resipientforhold incentiver til å slå sammen lokaliteter – altså i praksis øke størrelsen på gode lokaliteter samtidig som mindre gode lokaliteter forlates (ev. benyttes med annen teknologi enn åpne anlegg).

Fra næringen sitt ståsted er det ønskelig å legge til rette for økt bruk av storsmolt som igjen vil kunne gi en mer effektiv utnyttelse av eksisterende lokalitetskapasiteter. Dette fordrer imidlertid en endring av Mattilsynets restriktive praktisering mot flytting av klinisk frisk fisk mellom lokaliteter.

En generell utfordring med dagens system for lokalitetsklarering er at hver sektormyndighet har "vetorett" fordi klarering av lokalitet er avhengig av hver godkjenning fra sektormyndighetene. Veto-systemet fører til minste felles multiplum – man går glipp av godkjenninger som samlet sett vil kunne være god arealbruk. Dette sett i sammenheng med lang saksbehandlingstid gir en betydelig uforutsigbarhet hos det enkelte selskap, og i et samfunnsperspektiv legger det grunnlag for en ineffektiv og suboptimal arealutnyttelse.

Produksjonsområdeforskriften gjelder ikke regulering av produksjonskapasitet på lokaliteter. For å legge til rette for mer effektiv utnyttelse av vekst i grønne produksjonsområder bør staten gjennom statlige planretningslinjer og endringer i produksjonsområdeforskriften og laksetildelingsforskriften legge til rette for at det skal bli enklere å få tildelt nye lokaliteter og utvidet lokalitetskapasitet i grønne områder.

Det er viktig å opprettholde ordningene med felles biomassetak og interregionalt biomassetak.

Det bør vedtas statlige planretningslinjer for kystnære sjøområder som i større grad muliggjør dispensasjoner fra arealformål i eldre kommunale planer. Utgangspunktet i dag er at kommunene skal legge til rette for akvakultur gjennom revidering av kommuneplanene eller nye kommuneplaner. Planprosessen er imidlertid tidkrevende, og en statlig planretningslinje for bruk av dispensasjoner vil muliggjøre etablering av akvakultur i nye områder mens planer er under revidering.

Endring av akvakulturloven og laksetildelingsforskriftens regler om lokalitetsklaringsprosess. En aktuell løsning kan være å ha et havbruksdirektoratet som hensyntar alle sider ved søknaden, men den politiske veien til et slikt mål antas å være lang. Som et minimum bør det i større grad enn nå klargjøres hvilke sektormyndigheter som skal vurdere hva og hva de ulike sektormyndighetene kan begrunne et avslag med. I praksis er dette i dag uklart.

Skatter og avgifter som virkemiddel

Samfunnet skal gjennom skatter og avgifter få en andel av verdiskapingen for å finansiere offentlige tjenester og overføringer. Videre skal skatter og avgifter korrigere for markedssvikt, f.eks. at private selskaper ikke tar tilstrekkelig hensyn til effekter av sine produksjonsaktiviteter på andre aktører og naturmiljøet. Helt sentralt for selskapene er at skatte- og avgiftssystemet gir forutsigbarhet for store investeringer. Selskapene i verdikjeden for havbruk betaler skatt på overskudd, arbeidsgiveravgift, m.m., og havbruksselskapene betaler i tillegg en produksjonsavgift og pris for ny MTB. Det er nettopp innført en grunnrenteskatt i form av en kontantstrømskatt. I tillegg pålegges eiere en formuesskatt som også innebærer at de må ta ut kapital av selskapet og betale utbytteskatt for å kunne betale formuesskatt.

Næringen er nå i en prosess hvor grunnrenteskatten skal praktisk implementeres. Utformingen av grunnrenteskatten har så mange elementer av usikkerhet og tilpasninger at dette i praksis har ført til en betydelig reduksjon i investeringene, også investeringer i nye teknologier som skal øke bærekraften i produksjonen. Det framstår som at hensyn til bærekraftig vekst i liten grad blir ivaretatt, og eksempelvis ble ordene «bærekraft» og «bærekraftig vekst» heller ikke nevnt en eneste gang i høringsforslaget fra Finansdepartementet på «Grunnrenteskatt på havbruk». Det er svært usikkert hvor lenge tilpasningsperioden til grunnrenteskatten vil vare, og hvor lenge den vil ha effekter på innovasjon og investeringer. I lys av dette er det viktig at myndighetene klarer å signalisere en tydeligere forståelse av sammenhengene mellom det totale skatte- og avgiftsregimet og incentiver til investeringer i bærekraftige løsninger i havbruk. Men ikke minst er det nødvendig med virkemidler som stimulerer til innovasjon og investeringer som bidrar til bærekraftig vekst i fjordene.

Havbruksutvalgets NOU peker retning

Havbruksutvalget mener at sentrale utfordringer er tilgang til nok areal, tilstrekkelig egne areal til havbruk og effektive mekanismer for fordeling av areal. Samtidig er biosikkerhet, fiskevelferd og akseptabel miljøpåvirkning nødvendige forutsetninger for å kunne legge til rette for vekst.

Denne tilnærmingen innebærer i realiteten at store deler av Utvalgets rapport dreier seg om bærekrafts- og biosikkerhetstiltak. Denne type tiltak får i stor grad konsekvenser for hvordan areal kan brukes til akvakultur. Samtidig er arealbruk et tiltak i seg selv for å oppnå akseptabel miljømessig bærekraft og biosikkerhet, noe som igjen legger til rette for vekst. Slik sett kan man si at nesten hele utvalgsrapporten, og et stort antall av tiltakene der, handler om arealbruk eller får konsekvenser for arealbruk.

I rapporten kommenterer vi likevel særlig på et lite utvalg av forslagene som vi mener det er ekstra viktig å fremheve konsekvensene av.

For det første mener vi at Utvalget i urealistisk stor grad legger opp til statlig styring i arealplanleggingen. Grunnen til det er at flere av forslagene deres knyttet til arealplanlegging ikke forholder seg til det konseptuelle grunnlaget som plan- og bygningsloven bygger på - nemlig å se samlet og helhetlig på disponeringen av arealet – for alle interesser – innenfor et gitt området, typisk en kommune eller i et knippe kommuner (interkommunal planlegging). Istedenfor bygger Utvalgets forslag om arealplanlegging på en sektorspesifikk planlegging, hvor det tas utgangspunkt i én næring. I de kystnære sjøområdene er det sannsynligvis generelt sett rett og slett for mange ulike interessenter og interesser til at planlegging etter sektorprinsippet skal kunne la seg gjennomføre. Det er imidlertid flere gode forslag fra Utvalget som, med litt justering, kan bli effektive tiltak for bedre arealplanlegging. Et eksempel på dette er de tematiske planene Utvalget foreslår.

For det andre mener vi at en avvikling av den driftsmessige fleksibiliteten som felles biomassetak mellom produksjonsområder innebærer, slik Utvalget antyder, vil ha store negative konsekvenser – bl.a. økt behov for lokaliteter i det enkelte produksjonsområde. Disse konsekvensene er overhodet ikke utredet, og det er heller ikke de øvrige negative samfunnsmessige konsekvensene. En mindre effektiv drift vil antageligvis kunne føre til en lavere totalproduksjon og lavere verdiskaping.

For det tredje er det positivt at Utvalget foreslår å justere trafikklyssystemet ved å fjerne nedtrekket som virkemiddel. Over flere år har det vært nedtrekk i enkelte produksjonsområder uten at områdene har oppnådd en bedret "miljøpåvirkning" (lusesituasjon). I flere produksjonsområder har oppdrettere gjort en betydelig innsats som har resultert i nedgang i lusepåslag og antall overskridelser av lusegrensene, men likevel har det ikke gjort nevneverdige utslag i forskernes lusesmittemodeller. Den akkumulerte effekten av gjentatte nedtrekk blir over tid meget hard. Og hvis lusesituasjonen samtidig ikke bedres, så virker ikke trafikklyssystemet som reguleringsmekanisme. Hvis nedtrekkene fortsetter i de samme produksjonsområdene, vil man uunngåelig komme til et punkt der det ikke er samfunnsøkonomisk rasjonelt å kutte produksjonskapasiteten videre. Kostnadene, i form av tapt verdiskaping og tapt sysselsetting i lokalsamfunn langs kysten, blir for store. Hvis myndighetene før dette punktet ikke har utarbeidet et alternativ til nedtrekket, så vil trafikklyssystemet miste sin legitimitet og dets dager vil være talte. Det er – av mange grunner – derfor fornuftig at Havbruksutvalget har grepet fatt i dette tankesettet og foreslått et alternativ til nedtrekk.

^[1] Også i havområdene utenfor plan- og bygningslovens geografiske virkeområde er det strømninger som trekker i retning av at det horisontale planleggingsperspektivet i fremtiden i større grad enn i dag vil legges til grunn for arealplanlegging av slike arealer. [Maktkamp og spenninger i arealplanlegging til havs | IntraFish.no](#)

Utfordringer og muligheter for framtidens havbruk langs kysten

Før vi presenterer våre anbefalinger vil vi oppsummere noen fundamentale utfordringer og muligheter for framtidens havbruk innaskjærs og mulighetene for bærekraftig vekst. Driverne for disse er biologiske, teknologiske, og i samfunn og markeder.

Biologi og dyrevelferd:

- Fiskesykdommer og andre lidelser vil være dimensjonerende for havbruk i fjordene, både konsentrasjonen av individer på lokaliteter og i større produksjonsområder. I dag står det nær 500 millioner individer med laksefisk i merdene, og det blir avgjørende hvordan næring og samfunn klarer å sikre fiskevelferd og -helse gjennom dyreholdet i alle ledd i produksjonskjeden, brakkleggingsregimer og andre biosikkerhetstiltak.
- Det blir et økende behov for å få en bedre, helhetlig kunnskap og praksis i produksjonskjeden fra egg til slakteklar matfisk, og dermed øke sannsynligheten for at laksen er robust og har en god velferd, og dermed også har mindre risiko for å bli syk som følge av smittestoffer i vannmassene.
- Behovet for å få bedre kunnskap om smittepress og smittespredning vil øke. Utviklingen av epidemiologiske modeller for sykdommer og lakselus og tilliten til prediksjonene fra disse modellene i næring og samfunn blir en viktig faktor for samfunnets evne til å redusere dødelighet blant oppdrettslaks og effekter på vill laks.
- De mer eksponerte, ytre delene av kystsonen representerer muligheter for havbruk med lengre avstand til den store konsentrasjonen av anlegg og biomasse, og dermed mindre smittepress. Forutsetningen for dette er teknologiske anleggsløsninger som både sikrer laksens velferd, overlevelse og velferd, og lav HMS og annen risiko i driftsoperasjonene.

Samfunn:

- Det norske samfunnet og viktige markeder vil vektlegge sterkere velferden til laksen i oppdrettsanleggene. Dette vil manifestere seg i lovgivning og forvaltning, krav og standarder til profesjonelle kjøpere og forventninger til konsumenter. Dette vil redusere aksepten for tiltak som skal gi lavere miljøavtrykk, men som samtidig svekker velferden og helsen til laksen, for eksempel avlusningstiltak som har negative effekter på dyrevelferd.
- Samfunnet vil kreve mer transparens og deling av data om tilstanden til oppdrettslaksen og biologiske hendelser, herunder fiskesykdommer og andre lidelser til laksen.
- Kystsamfunnenes eierskap til havbruksnæringen, som bl.a. handler om at disse samfunnene ser at de får sin andel av verdiskapingen gjennom lokale kapital- og lønnsinntekter, lokale arbeidsplasser og lokale inntekter fra skatter og avgifter.
- Det vil bli mer fokus på klimaavtrykk fra ulike produksjonsformer og andre aktiviteter i havbruksnæringen. Sammenlignet med kjøttproteiner fra landjorda har oppdrettslaks et fortrinn på klimaavtrykk per produsert kilo, men økt produksjon gir likevel et høyere totalt klimaavtrykk i en situasjon hvor Norge skal redusere sine totale utslipp av klimagasser. Sammensetningen av fôr-råstoffer og sammensetningen av ulike produksjonsformer på land og i sjø med ulike klimaavtrykk vil avgjøre hvor mye de samlede utslipp fra næringen øker.

Havbruksnæringen:

- Havbruksselskapenes evne til å etablere en felles forståelse av biologiske problemer, herunder fiskesykdommer og lakselus, og tiltak for å redusere disse problemene i den felles allmenningen de produserer blir avgjørende for deres lisens til vekst fra samfunnet.
- Havbruksselskapenes evne til å innovere i sine forretningsmodeller på måter som gjør disse enda mer bærekraftige vil være avgjørende for aksepten blant ulike samfunnsaktører, og tilgang på lisenser til å vokse. Dette kan handle om å anerkjenne i enda større grad aktører som blir påvirket av næringens aktiviteter, erkjennelse og måling av negative effekter av næringens aktiviteter, ressursbruk i forhold til samhandling med andre samfunnsaktører, og grad av forpliktende "kontrakter" med andre nærings- og samfunnsaktører.
- Vellykkede bærekraftige forretningsmodeller kan redusere behovet for reguleringer som ofte er byråkratiske og har begrenset effektivitet. Samtidig er havbruksselskapene avhengig av samfunnet i utvikling av bærekraftige forretningsmodeller, bl.a. fordi dette krever utvikling av ulike former for samhandling med offentlige aktører som delvis må være basert på gjensidig tillit og at

havbruksnæringen får mandater og funksjoner som kunne vært gjenstand for mer byråkratisk forvaltning.

Politikk, regelverk og forvaltning:

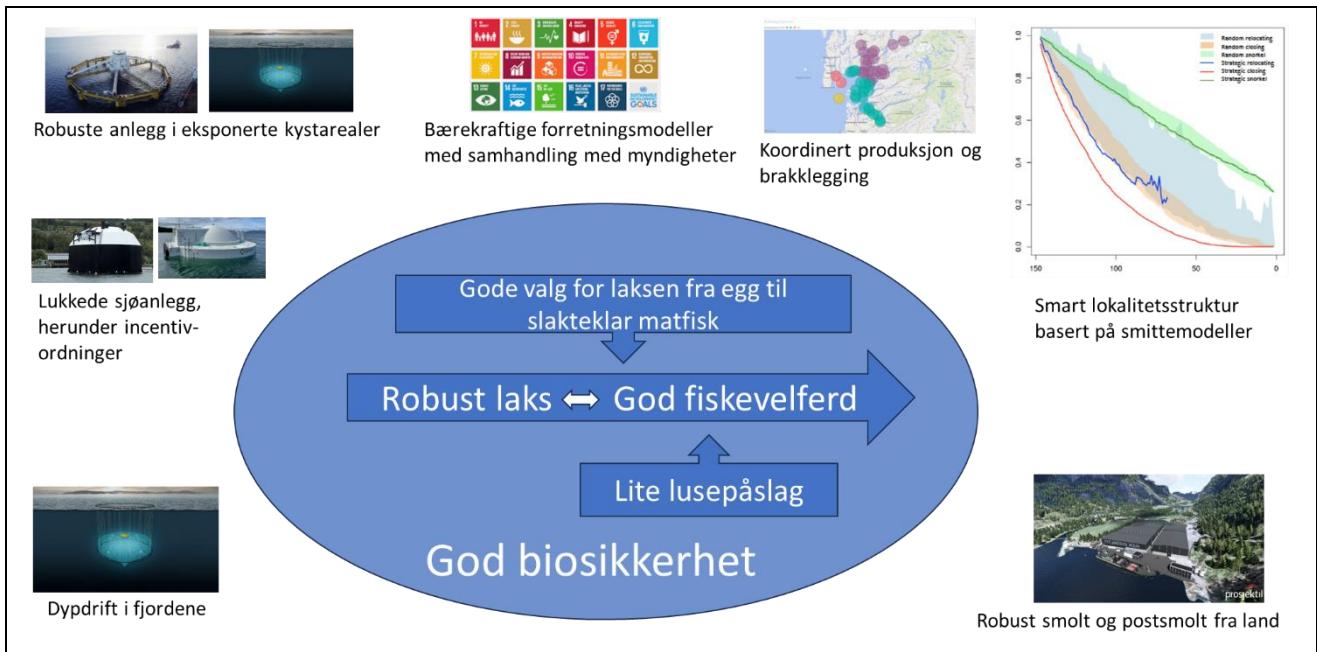
- Havbruksnæringen er en dynamisk sektor med hyppige teknologiske innovasjoner, nye biologiske problemer og endringer i markedene som gjør at samfunnet, herunder politikere og forvaltning, vil ha betydelige utfordringer med å tilegne seg kunnskap og tilpasse lovverk og forvaltning til skiftende realiteter på måter som ivaretar viktige bærekraftshensyn, herunder god bedrifts- og samfunnsøkonomi. De siste årene har vist hvor krevende det er for myndighetene å utforme bærekraftige og samfunnsøkonomisk effektive reguleringer og skatteregimer.
- Den lokale sjølråderetten står sterkt og kommunene vil også i framtiden være en viktig premissgiver gjennom arealplaner, lokalitetstildelinger osv. Utfordringen for kommunene og det øvrige samfunnet er å finne gode balanser i forvaltningen, da for eksempel god forvaltning av biosikkerhet og effekter på miljøet strekker seg over kommunegrenser.
- I bevegelsen ut mot det åpne havet og havbruk til havs (HTH) har samfunnet i mindre grad viet oppmerksomhet til det potensialet som eksponert havbruk i de ytre kyststrøkene representerer. Dersom myndigheter og samfunn kan gi mulighetene eksponerte kystområder mer oppmerksomhet er det mulig å realisere mer lavhengende frukter enn rent offshore havbruk. Samtidig kan samfunnet få kunnskap og innovasjoner som også er viktige for havbruk til havs.

Teknologi:

- Informasjonsteknologi, herunder kunstig intelligens, vil gi bedre muligheter for overvåkning av oppdrettslaks på individnivå, og iverksette tiltak.
- Nye produksjonsformer på land og i sjø representerer mulige løsninger på miljø- og dyrevelferdsutfordringene i havbruk. Disse teknologiene vil begrense noen typer biologiske problemer og utslipp, men kan ikke beskytte mot alle typer smittepress, og vil introdusere nye dyrevelferdsmessige, biologiske og miljømessige problemer. Samtidig har disse teknologiene varierende grad av modenhet, og det er varierende grad av forskningsbasert dokumentasjon av deres biologiske, tekniske og økonomiske ytelser og risiko. Samfunnet og næringen har behov for ytterligere kunnskapsbygging og innovasjon i nye produksjonsformer. For de som skal investere i nye produksjonsformer er den finansielle risikoen betydelig, drevet av betydelig usikkerhet knyttet til biologisk og teknisk ytelse.
- Det vil være vanskelige avveininger i reguleringen av ulike produksjonsformer med ulike typer miljøavtrykk, klimaavtrykk og fiskevelferd/-helse utfordringer. F.eks. kan noen produksjonsformer kreve mer energi og ha høyere klimaavtrykk enn andre, men samtidig ha mindre miljøavtrykk på andre områder.
- Det er behov for mer kunnskap og erfaringer med havbruksteknologier i de ytre, eksponerte delene av kystsonen. Det kan for eksempel omfatte nedsenkede dypdriftsanlegg og kompakte, robuste anleggskonsepter. Mer kunnskap er nødvendig om funksjonaliteten til anleggskonsepter, operasjoner i krevende vær- og bølgeførhold, og fiskens velferd, overlevelse og tilvekst.

Veikart – anbefalinger for bærekraftig vekst

Det er behov for tiltak av myndigheter, næring og forskningsmiljøer på flere områder dersom vi skal muliggjøre en betydelig vekst. Dette omfatter mange tiltak. Som illustrert i figur 13 må hele verktøykassen tas i bruk.



Figur 13. Bærekraftig vekst i kystsonen krever bruk av hele verktøykassen

Biologi og dyrevelferd:

- Forskning og innovasjon i forhold til tiltak som kan bidra til å sikre fiskevelferd og -helse gjennom dyreholdet i alle ledd i produksjonskjeden, lokalitetsstruktur, produksjons- og brakkleggingsregimer og andre biosikkerhetstiltak.
- Miljøfleksibilitet: Konverteringsordning for MTB som brukes i produksjonsformer med tilnærmet null bidrag til lakselus-populasjonen. Siden kunnskapsbasen om disse produksjonsformene er svært mangelfull, bør det som en del av konverteringsordningen vurderes å knytte betingelser til deling av biologiske og tekniske data om driften som kan brukes i forskning for å tette vesentlige kunnskapshull.
- Forskning og innovasjon i forhold til epidemiologiske modeller for sykdommer og lakselus, som styrker prediksjonskraften til disse ytterligere, øker tilliten til disse modellene i næring og samfunn, og øker bruken av slike modeller som verktøy for endringer i lokalitetsstruktur, produksjons- og brakkleggingsregimer, og i andre biosikkerhetstiltak.
- Forskning og innovasjon som gir mer transparens og deling av data om tilstanden til oppdrettslaksen og biologiske hendelser, herunder fiske sykdommer og andre lidelser til laksen, mellom næring og samfunn som basis for en forvaltning som skal gi bedre dyrevelferd og lavere dødelighet. Dette omfatter også innovasjon i bruk av informasjonsteknologi for å styrke mulighetene for overvåking av oppdrettslaks på individnivå, og iverksette effektive tiltak.

Samfunn:

- Forskning som ytterligere styrker vår kunnskap om og etablerer kriterier for akseptabel dyrevelferd, og gir et godt kunnskapsgrunnlag for implementering i lover og forvaltning, krav og standarder til profesjonelle kjøpere og forventninger til konsumenter. Dette bør også omfatte en bedre forståelse av hvordan tiltak som skal gi lavere miljøavtrykk påvirker velferden og helsen til laksen (for eksempel avlusningstiltak), og et bedre kunnskapsgrunnlag om hvordan vi skal evaluere og regulere slike tiltak.
- Kunnskapsbygging om hvordan fôrråstoffer og ulike produksjonsformer på land og i sjø påvirker klimaavtrykk. Videre hvordan havbruksnæringen kan vokse betydelig i en situasjon hvor Norge har forpliktet seg til å redusere de samlede klimagassutslipp, også på bakgrunn av at oppdrettslaks har lavere klimagassavtrykk enn de dominerende kjøttproteiner fra landjorda.

Næring:

- Kunnskapsbygging og innovasjon i havbruksselskapenes forretningsmodeller for å gjøre disse enda mer bærekraftige. Dette omfatter bedre kunnskap om aktører som blir påvirket av næringens aktiviteter, kunnskap og måling av negative effekter av næringens aktiviteter, og på hvilke måter næringen kan samhandle med andre samfunnsaktører, og hvordan forpliktende "kontrakter" med andre samfunnsaktører kan gi bedre utfall for næring og samfunn.
- Kunnskapsbygging og innovasjon for å etablere en felles forståelse av biologiske problemer, herunder fiskesykdommer og lakselus, og tiltak for å redusere disse problemene i den felles allmenningen de produserer blir avgjørende for deres lisens til vekst fra samfunnet.

Politikk, regelverk og forvaltning:

- Dialog og kunnskapsbygging mellom Nærings- og fiskeridepartementet, havbruksnæring og forskningsmiljøer om hvordan samfunnet kan få bedre prosesser for etablering av nye offentlige rammebetingelser (lover, forskrifter og utøvende forvaltning) som utnytter kompetansen i offentlige etater, forskningsmiljøer og næring bedre enn det som er tilfelle i dag. Dette er i erkjennelsen av at havbruksnæringen er en kompleks og dynamisk sektor med hyppige teknologiske innovasjoner, stadig nye biologiske problemer og endringer i markedene.
- Forskningsbasert kunnskapsbygging om kystkommunenes eierskap og inntekter fra havbruksnæringen, samt hvordan kystkommunene gjennom institusjonelle innovasjoner, f.eks. i arealplanlegging og rettigheter for bruk av lokaliteter, kan sikre en god balanse mellom lokal sjølråderett og felles forvaltning av kystsonen som også bidrar til vekst i lokal verdiskaping og velferd, samt akseptable lokale miljøavtrykk.

Innholdsfortegnelse

EXECUTIVE SUMMARY	2
1. BAKGRUNN	20
2. HISTORISK UTVIKLING	21
2.1 Innovasjoner, markedsarbeid og produktivetsforbedringer har bidratt til sterk produksjonsvekst og lønnsomhet	21
2.2 Utvikling i antall tillatelser og lokaliteter siden 1970-tallet	23
2.3 Endringer i reguleringer og regelverk	28
3. ANALYSER AV LOKALITETSSTRUKTUR SIDEN 2012	32
3.1 Hva har skjedd med lokalitetsstrukturen de siste 10-15 årene?	32
3.2 Tetthet av lokaliteter	38
3.3 Utvikling i produksjon av laks og ørret 2006-2022	40
3.4 Analyse av endring i lokalitetsstruktur for utvalgte kommuner	41
3.5 Analyse av utvikling i lokalitets-MTB mellom 2006-2022 for de 20 største oppdrettselskapene	44
4. BIOLOGISKE RAMMEBETINGELSER FOR FREMTIDIG VEKST	46
4.1 Sykdommers betydning for bærekraftig bruk av kystarealene	46
4.2 Etisk forsvarlig dyrehold fundamentalt for bærekraftig verdiskapning	47
4.3 Lakselus -et flerdimensjonalt problem	47
4.4 Bakterielle sykdommer og utvikling av vaksiner	48
4.5 Virale sykdommer	48
4.6 Sykdommer som er økende i forekomst	49
4.7 Sykdomskontroll	49
4.8 Bruk av statistiske og matematiske modeller i sykdomsforebygging	51
4.9 Miljøpåvirkning av oppdrett	52
4.10 Oppsummering	52
5. FRA BIOLOGI TIL ØKONOMI	54
6. BÆREKRAFTIG HAVBRUKSPRODUKSJON GJENNOM INCENTIVER FOR TEKNOLOGIVALG	62
6.1 Samfunnets politiske mål og reguleringer for havbruk	62
6.2 Samfunnsøkonomisk effektiv regulering av åpen og lukket havbruksteknologi	63
6.3 Kunnskapsstatus lukkede/semi-lukkede sjøanlegg	64
6.4 Dypdriftsteknologi	66
6.5 Teknologi for drift i ytre, eksponerte kyststrøk	68
6.6 Innovasjon og investeringer i lavutslipp anlegg	71
6.7 Havbruksutvalget om null- og lavutslippsteknologi	73

6.8	Landbasert oppdrett.....	73
7.	ØKONOMISKE ANALYSER AV EFFEKTER AV KONVERTERING TIL LAVUTSLIPPSTEKNOLOGI: EFFEKTER PÅ BEDRIFTS- OG SAMFUNNSØKONOMISK VERDISKAPING	76
7.1	Analyse 1: Valget mellom åpen eller lukket teknologi	78
7.2	Analyse 2: Økonomiske effekter av delvis lukking av produksjonsområder	80
7.3	Konklusjoner	91
7.4	Vedlegg: Optimalisering av lokalitetsstruktur.....	92
8.	HVORDAN REGELVERKET LEGGER TIL RETTE FOR OG BEGRENSER TILGANG PÅ AREAL.....	97
8.1	Innledning	97
8.2	Oppsummering	97
8.3	Aktuelle regulatoriske virkemidler og hvilken effekt de har på arealbruk	98
8.4	forslag til tiltak	104
9.	HAVBRUKSUTVALGETS RAPPORT OG KONSEKVENSER AV FORSLAG DER FOR AREALBRUK.....	106
9.1	Kommentarer til Havbruksutvalgets rapport	106
9.2	Organisering av sektormyndighetenes arbeid i lokalitetsklareringen	109
9.3	Brakklegging	109
9.4	Trafikklyssystemet	110
9.5	Branngater	110
9.6	Felles biomassetak mellom produksjonsområder	111
9.7	Leie av selskapstillatelser	111
10.	BÆREKRAFTIGE FORRETNINGSMODELLER OG SAMHANDLING MED SAMFUNNET	112
10.1	Global bærekraft	112
10.2	Forventningene i samfunn og markeder	112
10.3	Bærekraft får enda mer vekt i forretningsmodellene	113
10.4	Samhandling om lakselus	115
11.	OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER: SE EXECUTIVE SUMMARY	118
12.	REFERANSER	118

1. BAKGRUNN

Det er behov for mat for en voksende verdensbefolkning. Store deler av dette behovet må dekkes med tilgang på proteiner fra havet. Innenfor rammen av bærekraftig fiskeriforvaltning er det begrensninger i fangstene av villfisk. Det er derfor et stort potensial i akvakultur globalt for å levere vekst i produksjonen av sjømat (Kobayashi et al., 2015; Costello et al., 2020). I mange år har det vært høy vekst i akvakultur, og spesielt laksefisk, men videre vekst vil være krevende på flere fronter (areal, økonomi, og teknologi) (Anderson et al., 2019; Belton et al., 2020). Krevende tilgang til nye arealer innebærer at vi må utnytte våre arealressurser mer effektivt. Her kan næring sammen med leverandører, forskningsinstitusjoner og forvaltning bidra. Det er ikke bare laks og ørret som er et etterspurt eksportprodukt. I en global kontekst er det viktigere med det bidraget vi i Norge kan gi gjennom kunnskap (oppdrettserfaring, forskning, forvaltning) og teknologi (Tveterås et al., 2019; Afewerki et al., 2023).

Forholdene ligger til rette for lakse- og ørret oppdrett. Norge har komparative fortrinn med stor tilgang på beskyttede områder både i fjorder og langs kysten, og tilgang til sjøvann med rett temperatur. I Norge er det allerede bygget opp en betydelig havbruksproduksjon som danner grunnlag for kompetansearbeidsplasser både i oppdrettsvirksomhet og i leverandørindustri, og som skaper aktivitet og ringvirkninger i hele landet, men særlig i rurale kystsamfunn (Johansen et al., 2020; Misund et al., 2023; Robertsen et al., 2023). Dermed skaper oppdrett også et solid ben for opprettholdelse og utvikling av lokalsamfunn langs hele kysten.

For Norge er det strategisk viktig å bygge opp og utvikle fremtidsrettet næringsvirksomhet som kan bli en av flere viktige bærebjelker for det norske samfunnet i en fremtid med synkende olje- og gassvirksomhet (Tveterås et al., 2019). Norge som en havnasjon – naturlig å bygge opp under den posisjonen vi har som en nasjon med blikket rettet mot havet. Sette i en kontekst med skipsfart, energiutvikling til havs og matproduksjon til havs.

I denne rapporten skal vi analysere hvordan bruk av areal til kystnær akvakultur kan bidra til bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrettsnæring. Rapporten har analyser mange temaer, og vi kombinerer kunnskap fra biologi, økonomi og juss.

Ulike virkemidler kan imidlertid brukes for å øke produksjonen fra kystnært oppdrett; teknologi, drift og arealbruk. For det er en dynamisk sammenheng mellom disse tre virkemidlene; Endrer du en av disse endrer du premissene for, og relevansen av, de to andre. Et konkret eksempel er hvordan lukket teknologi kan endre forutsetningene for vekstfremmende tiltak knyttet til arealbruk og drift. Derfor må både næring og forvaltning være bevisst på når man jobber med hvordan bruk av areal til kystnært lakse- og ørretoppdrett kan bidra til vekst. Kanskje kan det derfor – for fremtidsplanlegging – være hjelpsomt med flerdimensjonal (teknologi, drift, fiskevelferd og arealbruk) scenariotenkning.

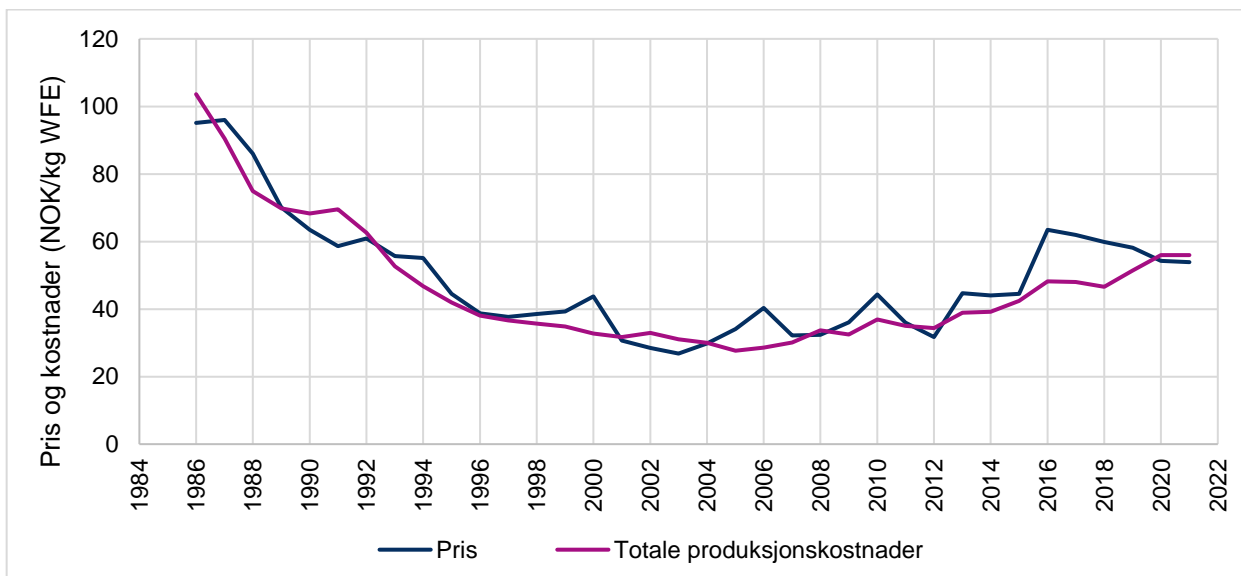
2. HISTORISK UTVIKLING

De siste 50 årene har oppdrettsnæringen gjennomgått store endringer mht. avl, ernæring, produksjonsteknologi, produktutvikling, regulering og bruk av sjøarealer. Hensikten med dette kapitlet er å beskrive sentrale utviklingstrekk når det gjelder arealbruk, produksjon, reguleringer osv.

2.1 Innovasjoner, markedsarbeid og produktivetsforbedringer har bidratt til sterk produksjonsvekst og lønnsomhet

Oppdrett av Atlantisk laks (*Salmo salar*) hadde sitt kommersielle gjennombrudd på begynnelsen av 1970-tallet med Brødrene Grøntvedt sine flytende åttekantede merder. Noen få år senere i 1974 produserte Polarcirkel (del av dagens AKVA Group) den første sirkulære plastmerd (40 meter omkrets). I et slikt anlegg ble det produsert rundt 15 tonn fisk. Dagens oppdrett av laks og regnbueørret (*Onchorhynchus mykiss*) er i hovedsak basert på samme type teknologi, men merdene er større og mer robust enn for 50 år siden. Det kan produseres opptil 200.000 i de største merdene, tilsvarende en produksjon på 1.000 tonn laks og ørret.

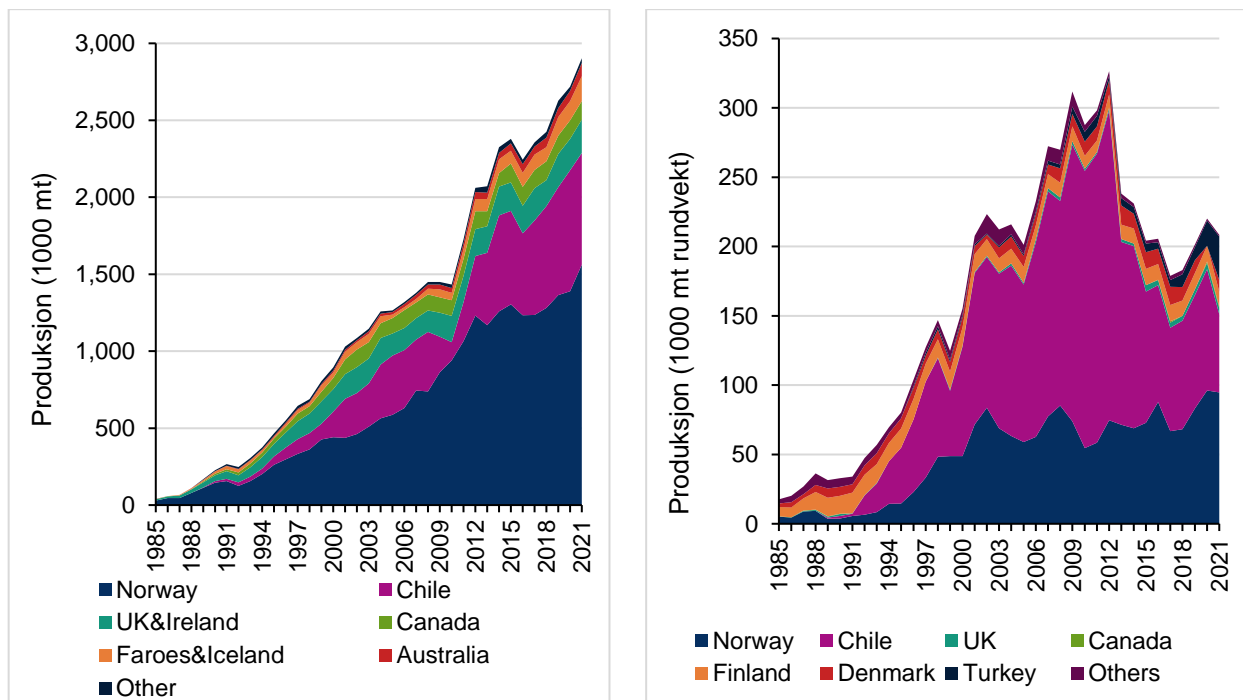
Innovasjoner og produktivetsvekst, samt investeringer i markedsføring og markedsarbeid, har bidratt til en sterk produksjonsvekst (Asche et al., 2008; 2013; 2022). I perioden frem til rundt 2005 bidro produktivetsvekst, innovasjoner i ernæring og fiskehelse, klyngeeffekter og konsolideringer til betydelig økt produksjon, fallende produksjonskostnader og lavere laksepriser (Tveterås & Battese, 2006; Asche et al., 2013; 2016; Aponte, 2020). Siden midten av 2000-tallet har produktivetsveksten falt (Vassdal & Holst, 2011; Asche et al., 2013) og kostnadene økt (Iversen et al., 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; Misund 2022). Mens utviklingen i produksjonskostnadene de første 30 årene var drevet av produktivetsvekst, har betydningen av prisen på innsatsfaktorer slik som fôr og kapital økt de siste 10-20 årene (Asche & Oglend, 2016). Økte laksepriser i samme periode (Figur 2.1) viser at etterspørselsveksten har vært større enn produksjonsøkningen.



Figur 2.1: Pris, kostnader og lønnsomhet i produksjon av laks og regnbueørret i Norge 1986-2021.
Kilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse og egne beregninger (inflasjonsjustert med konsumprisindeksen).

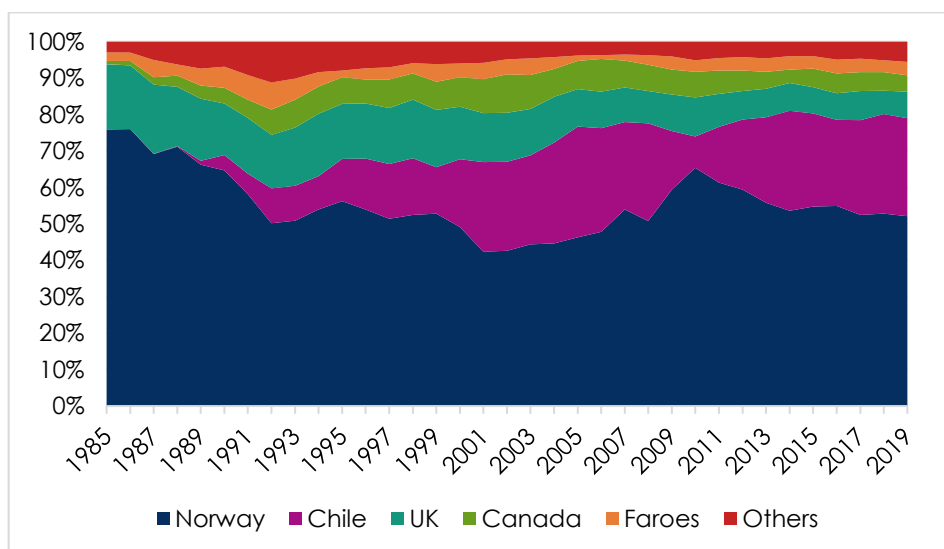
Innovasjoner og produktivetsvekst har bidratt sterkt til økt produksjon av laks siden 1970-tallet (Figur 2.2). I 1980 produserte Norge 4.000 tonn laks, i 1990 146.000 tonn, i 2000 440.000 tonn, i 2010 940.000 tonn og ~1.550.000 tonn i 2022. I tillegg kommer en produksjon av regnbueørret på ca. 85.000 tonn. Økningen i

lakseproduksjon fra 1980 til 2022 har vært på nesten 40.000% totalt og en årlig vekst på 15%. Produksjon av ørret har ikke fulgt samme utvikling som laksen, men har stagnert siden begynnelsen av 2000-tallet.



Figur 2.2: Produksjon av Atlantisk laks (venstre panel) og Regnbueørret (høyre panel). Datakilde: FAO.

Til tross for fremveksten av nye produksjonsland har Norge klart å opprettholde sin andel av den globale produksjonen. I perioder med store sykdomsutbrudd slik som i Chile og Færøyene på 2000-tallet, har Norge økt sin produksjonsandel.

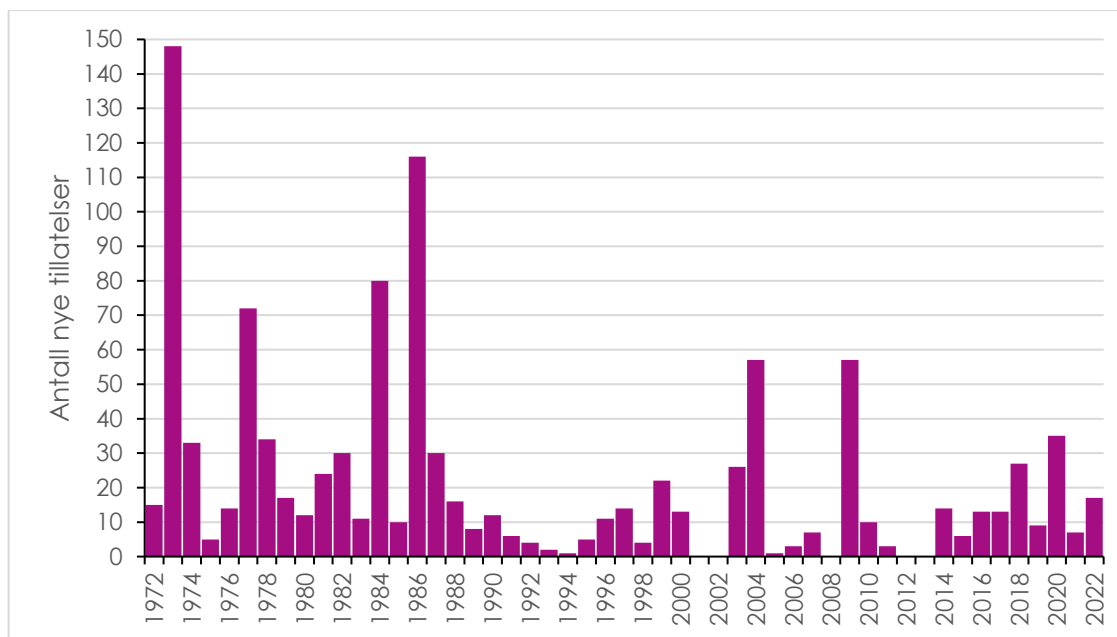


Figur 2.3: Norges produksjonsandel av oppdrettet laks 1985-2019. Datailde: FAO.

2.2 Utvikling i antall tillatelser og lokaliteter siden 1970-tallet

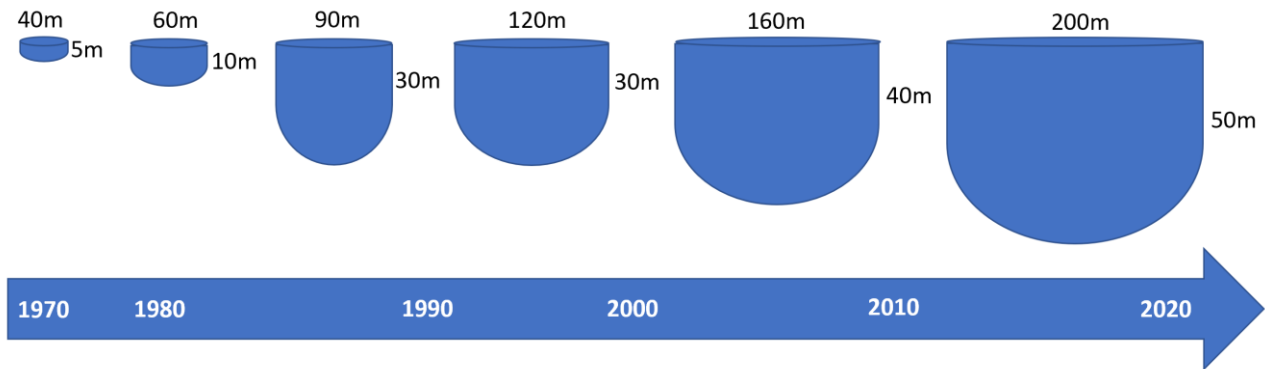
Akvakulturtillatelser ble innført på 1970-tallet. Før 1973 var det ikke krav til å ha konsesjon for å drive akvakulturvirksomhet, men den raske utviklingen og store interessen for lakseoppdrett på begynnelsen av 1970-tallet tvang frem et konsesjonssystem for å få veksten inn i regulerte former. I 1972 satte Landbruks- og Fiskeridepartementene ned Lysø-utvalget som skulle utrede mulighetene for fiskeoppdrett i Norge samt hvordan næringen bør reguleres, og vurderte ulike avgrensningskriterier for akvakulturtillatelser, slik som areal, antall og volum. Selv om NOU'en ikke kom før i 1977 og den påfølgende permanent oppdrettslov før i 1981, var det behov for å iverksette midlertidige reguleringer tidlig i prosessen. I 1973 kom en midlertidig oppdrettslov som lovfestet at en måtte ha en konsesjon for å drive akvakulturvirksomhet. Samtidig kom en forskrift om en sjøvolumbegrensning tilknyttet konsesjonene på 8.000 m³.

På 1980-tallet ble konsesjonsvolumet under tildelingsrunder stadig endret, til 3.000 m³ i 1981 (permanent oppdrettslov), 5.000 m³ i 1983 (eldre anlegg kunne søke om utvidet volum: 8.000 m³), og 8.000 m³ i 1985 (Fiskeoppdrettsloven). I 1988 fikk alle tillatelser mulighet for å utvide til 12.000 m³. Parallelt med tildelingsrundene ble det også åpnet opp for utvidelse på eksisterende tillatelser. I samme tiår ble det utlyst stadig flere akvakulturtillatelser (Figur 2.4). Gitt de strenge eierskaps- og driftsbegrensninger på tillatelsene på denne tiden var markedsverdien av tillatelsene tilnærmet lik null. Kun på begynnelsen av 1990-tallet da eierskapsbegrensningene ble endret ble det mulig å kjøpe og selge tillatelsene i annenhåndsmarkedet. På begynnelsen av 1990-tallet kostet en tillatelse i størrelsesorden 100.000-500.000 kr.



Figur 2.4: Nye akvakulturtillatelser 1970-2022. Datakilde: Akvakulturregisteret.

Størrelsen på merdene har økt betydelig siden de første plastringene kom i 1974, fra 40 meter omkrets og dybde 5 meter til over 200 meter omkrets og 50 meter dybde i dag (Figur 2.5). Økt størrelse på merder, samt at de har blitt mer robuste, har også bidratt til produktivitetsveksten.



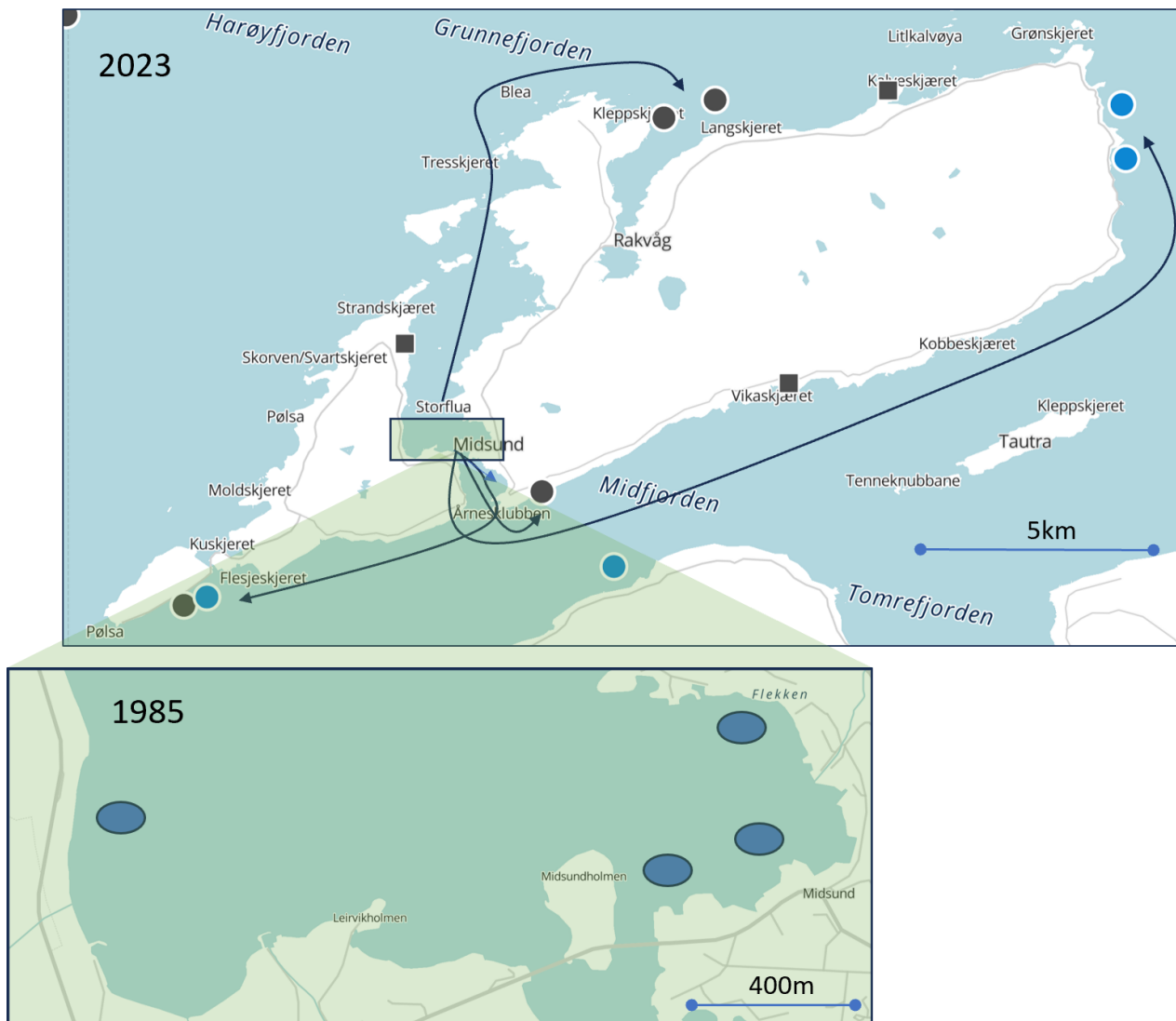
Figur 2.5: Merdstørrelse (plastringer).

Den kraftige produktivitetsveksten i Norge og økningen i antall konsesjoner økte produksjonen av norsk laks til stadig lavere priser i løpet av 1980- og 1990-tallet. Dette førte til stadig økende konfliktnivå med irske, skotske og amerikanske oppdrettere, som kulminerte i straffeskatt i USA fra 1991, og gjentatte konflikter med EU som resulterte i minstepriser, fôrkvoter og konsesjonsstopp mellom 1989 og 2002. Til tross for gjentatte forsøk på å regulere produksjonen med ulike mekanismer klarte oppdrettsnæringen allikevel å øke produksjonen gjennom hele perioden, som vist i Figur 2.2. En viktig faktor var fortsatt produktivitetsvekst og utnyttelse av skalaøkonomi gjennom en sterk selskapskonsolidering på 1990-tallet.

Helt til slutten av 1980-tallet var hovedregelen at aktørene driftet tillatelsen kun på en lokalitet. Som følge av de store sykdomsutbruddene på 1970- og 1980-tallet ble det fra og med begynnelsen av 1990-tallet økt fokus på biosikkerhet i driftsopplegget. De såkalte Møre-modellene innebar at hver laks- og regnebueørret-tillatelse ble driftet på 3 lokaliteter (Gullestad et al., 2011). Siden produksjonssyklusen dekker to kalenderår vil årlige utsett på samme lokalitet føre til at det oppdrettes flere generasjoner på samme lokalitet. Med flere lokaliteter er det mulig å skille mellom ulike generasjoner av biosikkerhetshensyn. Videre ble det på slutten av 1980-tallet i større grad benyttet større lokaliteter, og ved tildelingsrunden i Nord-Troms og Finnmark i 1988/1989 ble tilstrebet en modell med større avstander mellom lokaliteter, dvs. såkalte «brangater» på 3-5 kilometer mellom grupper av anlegg med mindre avstander mellom lokaliteter innenfor lokalitetsgruppen.

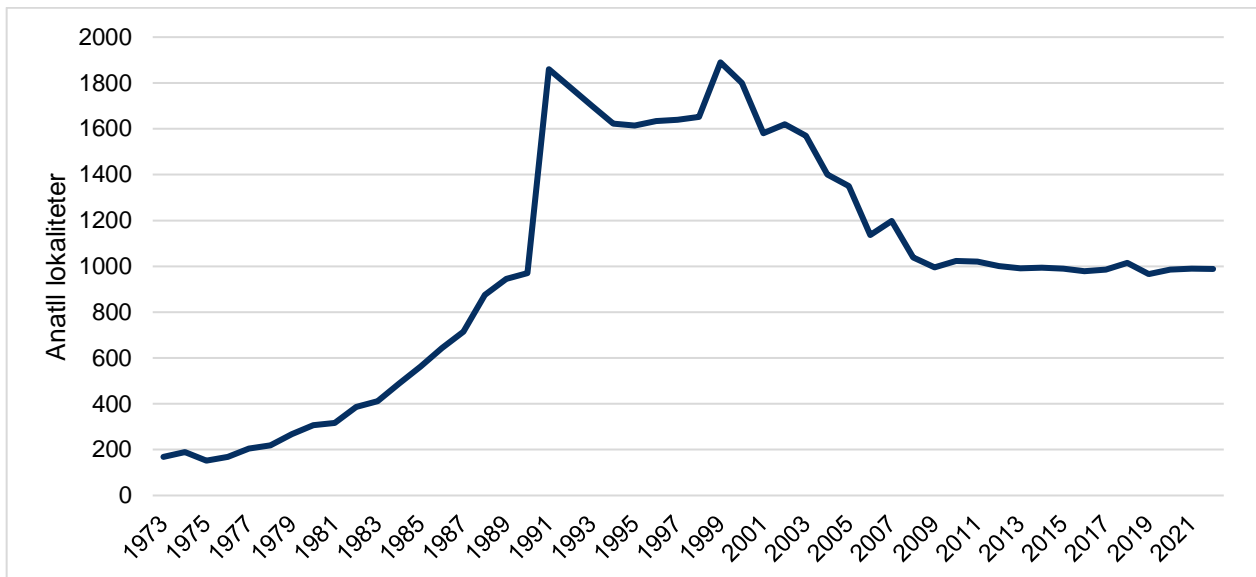
Hensynet til biosikkerhet har gjort at kravet til minsteavstand mellom oppdrettsanlegg har blitt stadig strengere over tid. På 1970-tallet og begynnelsen av 1980-tallet var minsteavstanden noen få hundre meter. Kravet ble økt til 1 kilometer i løpet av 1980-tallet. I dag er kravet til minsteavstand ihht. Mattilsynets veileder for nye lokaliteter på 5 km. Tabell 2.1 har flere detaljer om endringen i minsteavstandskrav over tid. På 1970- og 1980-tallet ble anleggene ofte plassert på grunne og skjermede lokaliteter med lav vanngjennomstrømning, og krav til minsteavstanden mellom anleggene var bare noen få hundre meter¹. Store sykdomsproblemer førte til økt bruk av antibiotika, og kombinert med grunne lokaliteter og lav gjennomstrømning ga opphopning av slam og konsentrasjon av antibiotika under merdene. Figur 2.6 viser i grove trekk utviklingen i lokalitetsstrukturen i tidligere Midsund kommune (nå Molde kommune) fra tidlig 1980-tall til i dag. Tidlig på 1980-tallet var tillatelsene/lokalitetene lokalisert i Midsundbukta med bare noen få hundre meters avstand mellom anleggene. Her var lokalitetene typisk veldig grunne. Over tid har lokalitetene blitt flyttet til områder med større vanngjennomstrømning og større vanddybder.

¹ LENKA - landsomfattende egnethetsvurdering av den norske kystsonen og vassdragene for akvakultur. NOU 1990:22



Figur 2.6: Eksempel/illustrasjon endring i plassering av lokaliteter på 1980-tallet vs. idag. Tidligere Midsund kommune, nå Molde kommune. Kilde: Bård Misund og Barentswatch.

Det finnes ikke en oversikt over utviklingen i antall lokaliteter over tid. I Figur 2.7 har vi forsøkt å estimere antall lokaliteter basert på den informasjon som er tilgjengelig. Det finnes offentlig tilgjengelig data om antall lokaliteter kun fra og med 1999 (kilde: arealutvalget, 2011), og antall lokaliteter før dette må beregnes basert på en rekke forutsetninger. Før begynnelsen av 1990-tallet ble tillatelsene i hovedsak driftet på 1 lokalitet. Endring i driftsform ved å skille fiskegenerasjonene fysisk økte behovet for antall lokaliteter, men det finnes ikke god informasjon om det kvantitative effektene av dette antall lokaliteter. Vi har i figuren gjort et konservativt anslag på 2 lokaliteter per tillatelse for å sikre en generasjonsadskillelse på vårutsett, og i perioden 1991-1998 har vi derfor estimert antall lokaliteter som 2 ganger antall akvakulturtillatelser. Dette estimatet er imidlertid usikkert.



Figur 2.7: Estimert antall lokaliteter 1970-2012. Kilde: NOU 1990:22² (1970-1990: basert på informasjon om at det var kun tillatt med 1 lokalitet per tillatelse), NOU 1995 (1991-1998: basert på informasjon om generasjonsadskillelse, antall lokaliteter = 2x antall tillatelser), Arealutvalget (1999-2005) og Fiskeridirektoratet (2006-2022). Frem til begynnelsen av 1990-tallet var det kun tillatt med 1 lokalitet per tillatelse. På begynnelsen av 1990-tallet ble det innført generasjonsadskillelse og en trengte minst 2 lokaliteter per tillatelse. Ut over 1990-tallet vokste størrelsene på lokalitetene og antall lokaliteter falt.

Mens tilgangen på areal var god tidlig i næringens historie, har det i over et tiår vært knapphet på nye arealer. I 2011 skrev Arealutvalget (Gullestad et al., 2011):

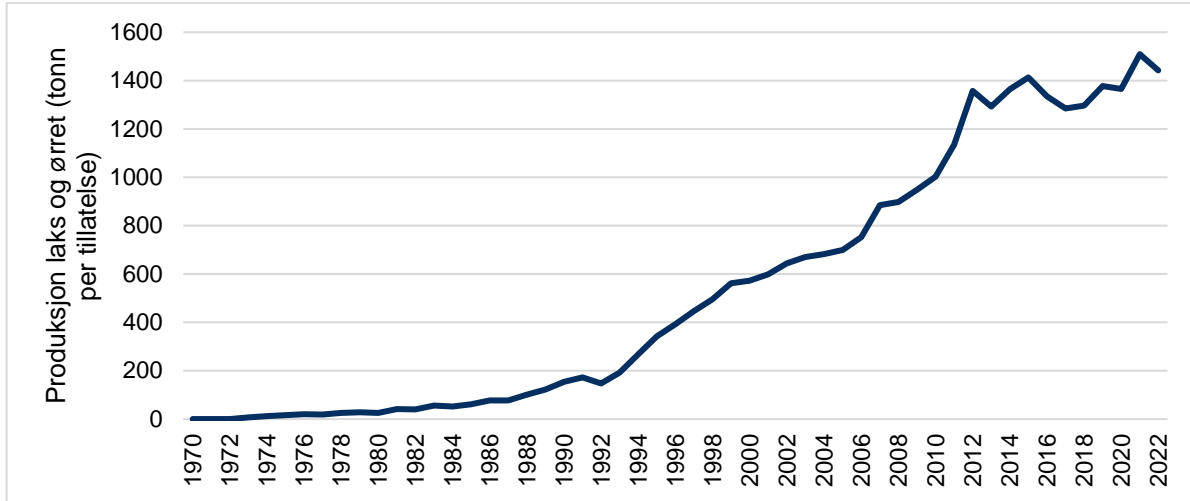
«Tilgjengelig produktivt areal i kystsonen er et av Norges viktigste konkurransefortrinn som oppdrettsnasjon. Arealet var lenge betraktet som en overskuddsressurs uten et uttrykt behov for en overordnet styring av bruken. Med veksten i næringen er dette nå et tilbakelagt stadium. Tilgangen på gode oppdrettslokaliteter er en knapphetsfaktor for en bærekraftig utvikling av næringen. Samtidig er det store regionale forskjeller med hensyn til arealutnyttelse og produksjonsintensitet. Det største potensialet for vekst vil ligge i nord. I sør, der intensiteten er størst, finnes de største miljøutfordringene. Her vil på kort og mellomlang sikt potensialet for økonomisk vekst i første rekke være knyttet til reduserte tap i produksjonen og en mer effektiv arealutnyttelse. På bakgrunn av forventet utvikling har utvalget lagt til grunn at utfordringene med hensyn til bruk av areal de neste ti årene i all hovedsak vil være knyttet til oppdrett av laks og regnbueørret.»

I neste kapittel vil vi analysere utviklingen i arealutnyttelsen i perioden 2006-2022 for ulike produksjonsområder, og det vil være mulig å sammenligne resultatene med Arealutvalgets forventninger.

Økning i størrelsen på akvakulturtillatelsene, produktivetsvekst og skalaøkonomi førte til en kraftig vekst i produksjon av laks og regnbueørret per tillatelse (Figur 2.8). Veksten i produksjon per tillatelse var spesielt høy på 1990-tallet da det ikke ble tildelt tillatelser gjennom nye tildelingsrunder. Mellom 1990 og 2000 økte produksjonen fra 154.4 tonn til 572.4 tonn per tillatelse, en økning på 270% på 10 år. Økningen i produksjonen på tillatelsene økte gjennom 2000-tallet. Da MTB-systemet ble innført i 2005 ble MTB-grensene satt betydelig over biomassen, noe som åpnet opp for en betydelig økt produksjon. Fra 2005 til MTB-grensene ble nådd

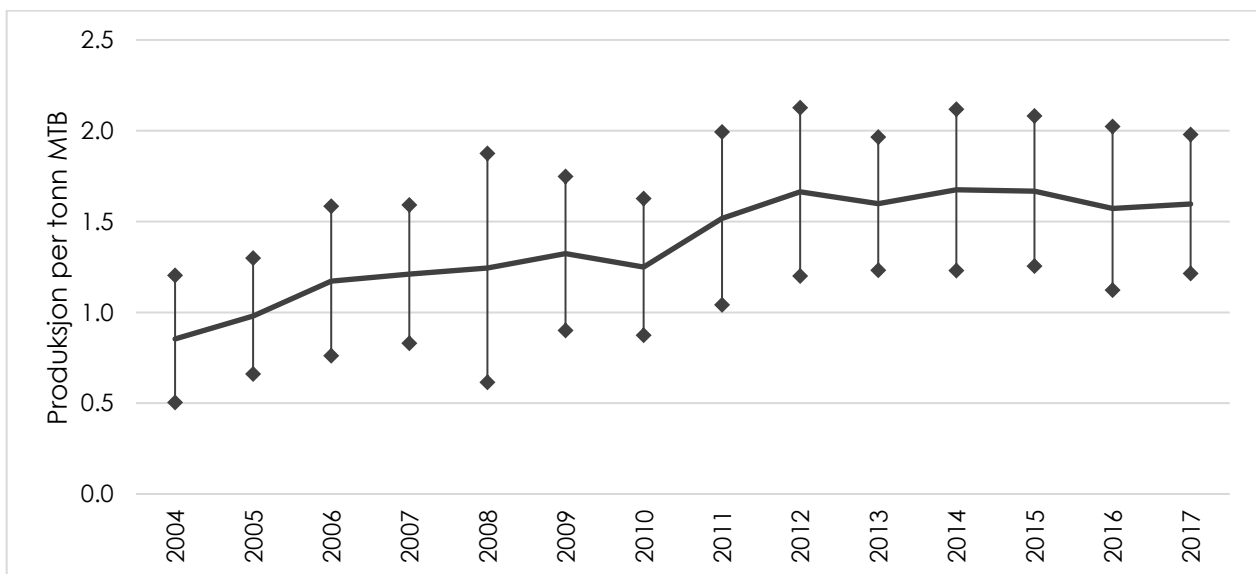
² Kilde: Lenka NOU 1990:22 side 95.

rundt 2012 økte produksjon per tillatelse fra 700 tonn til 1356.9 tonn, omtrent en dobling. De siste 10 årene har produksjon per tillatelse ikke økt noe særlig. Her bør det bemerkes at siden 2017 har størrelsen på tillatelsene endret seg pga. innføringen av trafikkløssystemet. I røde produksjonsområder har størrelsen blitt redusert pga. nedtrekk, mens i grønne produksjonsområder har vekst blitt tillatt. Variasjonen i størrelsene på selskapstillatelsene har derfor økt, og det er i dag mange avvik fra standardstørrelsene på 780 tonn (945 tonn i Nord-Troms og Finnmark).



Figur 2.8: Produksjon av laks og regnbueørret (tonn per kommersiell tillatelse). Kilder: produksjon (FAO) og antall tillatelser (1994-2022: Fiskeridirektoratet, 1973-1990: SSB (antall tillatelser er satt likt antall selskaper) og 1991-1993 er interpolert).

Det er ikke nødvendigvis et 1:1 forhold mellom selskaps-MTB og produksjon. Figur 2.9 viser at det er stor variasjon i produktiviteten til ulike selskaper. I snitt klarer selskapene å produsere rundt 1,5-1,6 tonn laks og regnbueørret per tonn MTB, men denne indikatoren kan svinge med et standardavvik på rundt 0,5 tonn fisk per tonn MTB. Vi diskuterer faktorer som kan forklare forskjeller i produksjonsfaktoren i kapittel 7.



Figur 2.9: Kapasitetsutnyttelse lakseoppdrett. Gjennomsnitt og standardavvik av produksjon av laks per tonn maksimal tillatt biomasse (MTB) for norske oppdrettsselskaper. Oppdrettet laks og regnbueørret. De vertikale linjene representerer +/- ett standardavvik Datakilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse.

2.3 Endringer i reguleringer og regelverk

Tabell 2.1 gir en oppsummering av de viktigste endringene i reguleringer og regelverk siden 1970-tallet.

Årstall	Regulering
1950–1960-tallet	Ulike dambruk, innstengte poller, innhengninger og flytedammer
1970/1971	Kommersielt gjennombrudd med Grøntvedtbrødrenes åttekantede flytemerder
1972–1977	Lysøutvalget (NOU 1977:39)
1973	Midlertidig oppdrettslov Forskrift om volumbegrensning på 8.000m ³ .
1975–1978	Volumbegrensning på 5.000m ³ (forskrift)
1978	Råfiskloven, monopol på omsetning av oppdrettsfisk. Blir gjort gjeldende for akvakultur og Fiskeoppdretternes Salgslag (FOS) blir opprettet.
1978–1981	Konsesjonsstopp for matfiskanlegg
1981	Permanent oppdrettslov Volumbegrensning på 3.000m ³ . Lønnsom produksjon, distrikts- og eierskaps hensyn inn i formålsparagrafen. Eierbegrensninger («en mann, en konsesjon», distriktpolitisk virkemiddel, konsesjonsrunder
1983	Volumbegrensning på 5.000m ³ (nye anlegg). Anlegg eldre enn tre år kunne søke om utvidet volum (8000 m ³).
1985	Fiskeoppdrettsloven ³ Volumbegrensning på 8.000m ³ ⁴ . Formålet: lønnsom distriktsnæring med balansert utvikling/vekst. Begynnende deregulering av eierskapsbegrensningene. Settefiskproduksjon ikke lenger konsesjonsregulert (kun godkjenning).
1987	Havbruksmeldingen (St. Meld. nr. 65 (1987-1988)). Miljøperspektivet blir viktigere. Lokaliteter blir pekt på som en begrenset ressurs og må forvaltes.
1988	Endring i fiskeoppdrettsloven Volumbegrensning på 12.000m ³ . Åpner opp for tiltak ifm. fare for sykdomsspredning
1989	Stortingsmelding om Miljø og utvikling (St. Meld. 46 (1988-1989)). Regjeringen ville utvikle nye driftsformer for å redusere miljøbelastningen ved akvakultur. Forskrift om tildeling av matfisktillatelse i Nord-Troms og Finnmark.
1989	Endringer av Fiskeoppdrettsloven. Knyttet bl.a. eierskapsbegrensninger.
1989	Dumpinganklager fra skotske og irske oppdrettere. Avsluttet i 1991 som følge av innfrysingsordning, konsesjonsstopp og restriksjoner på smoltproduksjon
1989–2001	Konsesjonsstopp
1990–1991	Innfrysingsordning
1990	LENKA-utvalget (NOU 1990:22).
1991	FOS-konkurs (november)
1991	Stortingsmelding På rett kjøll (St. Meld. nr. 32 (1990-1991)).
1991	Endring av oppdrettsloven (våren). Liberalisering av eierskapsbegrensningene (men ikke fjernet). Bærekraftig utvikling med i formålsparagrafen.
1991	Fisketetthet. Hjemlet i drifts- og etableringsforskrift. Hensyn til miljø/sykdomsutvikling
1992	Oppdrettskriseutvalget (NOU 1992:36) «Krisa i lakseoppdrettsnæringa».
1993	Subsidie- og dumpinganklage fra EU
1993	Lovendring i oppdrettsloven

³ <https://lovdata.no/dokument/NLO/lov/1985-06-14-68>. Endringer er i 1989 (<https://lovdata.no/dokument/LTI/lov/1989-06-16-58>)

⁴ Volum målt som 85% av omkrets multiplisert med 5 meter dybde (Berge, 2002).

Årstall	Regulering
1995	Ny Havbruksmelding (St. Meld. nr. 48 (1994-1995)). Argumenterer for at ved mangel på selvregulering må myndighetene gripe direkte inn.
1996	Fôrkvoter Øvre fisketetthet på 25 kg/m ³ . Hjemlet i tetthetsbestemmelsen, nå som produksjonsregulerende / næringspolitisk virkemiddel
1997	Lakseavtale med EU
1998	Retildeling av tidligere inndratte tillatelser i Nord-Troms og Finnmark
1998	Første luseforskrifter. Totalt seks egne regionale luseforskrifter. Første forskrifter om lakselus (krav om telling, og behandling over grenseverdier). Lus skulle telles mars–desember, minst månedlige (4–9°C) eller hver 14. dag (>9°C). Obligatorisk avlusning ved hhv. 2 kjønnsmodne hunnlus (mars–mai) og 5 kjønnsmodne hunnlus (juni–desember), men krav er delvis avh. av temperatur.
2000	Åpner opp for forskrifter om miljøundersøkelser og -overvåkning.
2000	Endring i luseforskriften. Seks regionale luseforskrifter samlet til en nasjonal forskrift, men med regionale krav. Grensene redusert til maks 0,5 voksne hunnlus eller totalt 5 voksne hunnlus og bevegelige stadier (desember–juni) og maks 2 voksne hunnlus eller totalt 10 voksne hunnlus og bevegelige stadier (juli–november). Lusetelling hver 14 dag ved temp>4°C.
2001	Lovendring i oppdretsloven. Åpner opp for å kreve vederlag for tillatelser
2001	Eierskapsgrenser (50 % regionalt, 10–15 % nasjonalt)
2002	Endring i oppdretsloven. Vederlag for akvakulturtillatelser. Odelstingsproposisjon 136 (2000–2001)
2002	Tildelingsrunde (fokus: nyetablerer, mindre aktør, Troms og Finnmark, etnisk (samisk miljø i Tysfjord))
2003	NYTEK-forskrift (endret 2011 og 2014). Begrense rømming, anlegg må sertifiseres etter NS-9415
2003	Tildelingsrunde (fokus: Finnmark). De tillatelsene som ikke ble solgt ble lyst ut på nytt i 2006.
2004	Noe liberalisering av eierskapsgrenser. Nasjonalt: 20 %, ingen mer enn 35 %, regionalt 50 %.
2004	Forskrift om godkjenning av etablering og utvidelse av akvakulturanlegg. Krav om godkjenning fra Mattilsynet. Konvertering av anleggskapasitet fra kubikk til biomasse, 1 m ³ = 65 kg MTB (spesielle regler for Finnmark).
2004	Forskrift om lokalitetsklarering
2004	Driftsforskrift med krav om miljø og fiskehelse, og miljøovervåkning under og ved anlegg, tiltak ved uakseptable miljøtilstand
2004	Avstandskrav mellom lokaliteter (Mattilsynets veileder basert på etableringsforskriften). Matfiskanlegg ikke knyttet til definert struktur/driftsmodell: <3.120 tonn MTB minsteavstand = 2,5 km til andre matfiskanlegg av samme størrelse og 5 km til slakterier, stamfiskanlegg, settefiskanlegg, store notvaskerier og større matfiskanlegg eller grupper av matfiskanlegg. Andre minimumsavstander for matfiskanlegg knyttet til definerte (koordinerte) strukturer og driftsmodeller: minst 5km branngater omkring grupper av matfiskanlegg med koordinert drift. Innenfor koordinert gruppe: <3.120 MTB = 1,5 km, >3.120 MTB = 5 km.
2005	Innstramming av eierskapsgrenser. Nasjonalt 15 %, maksimalt 25 %.
2005	Laksetildelingsforskriften. Kapasitetsavgrensning: 65 kg/m ³ MTB (Troms og Finnmark: 75 kg/m ³ MTB).
2005	Akvakulturloven. Maksimum Tillatt Biomass (MTB). 780 tonn MTB standard, og 945 tonn MTB for selskaper i nord-Troms og Finnmark. Eget kapittel om miljøhensyn.
2007	PD-forskrift. Rogaland til Hustadvika.
2008	Endring i luseforskriften. Obligatorisk behandling ved mer enn 0,5 voksne hunnlus eller 3 bevegelige stadier per fisk. Telling hver 14. dag ved temp>4°C.

Årstall	Regulering
2008	Ny driftsforskrift. Krav til kompetanse ved bruk av legemidler/bademidler mot lus, og fiskehelse/fiskevelferd.
2008	Forskrifter om desinfeksjonsmidler, smittsomme sykdommer, transport av akvatiske dyr, PD-sone.
2009	Endring av luseforskriften. Lusetelling ved 14. dag ved temperatur 4–10°C. Hver 7. dag ved temp>10°C. Obligatorisk avlusning ved antall >0,5 voksne hunn lus eller 3 bevegelige lus per fisk (januar–august) eller >1 voksne hunn lus eller 5 bevegelige lus per fisk (september–desember).
2009	Tildelingsrunde (fokus: nyetablerer, mindre aktør)
2009	Forskrift om laksevassdrag og nasjonale laksefjorder. Særskilte krav til akvakultur
2009	Lovendring i akvakulturloven
2011	Tilbud om 5 % økt MTB (Finnmark og Troms)
2011	NYTEK-forskrift (NYTEK12). Formål: forebygge rømming. Tekniske krav til anlegg og lokalitetsundersøkelser. Anvendelse av NS9415.
2013	Ny luseforskrift. Strengere krav til lusebekjempelse. Maksimum antall lus: 0,2 kjønnsmodne hunn lus 6 uker om vår/sommer og 0,5 resten av året. Krav om samordnet tiltak ved antall over 0,1 lus i en bestemt periode. Obligatorisk avlusning før grensene inntreffes. Geografisk differensiering av 0,2-grense.
2013	Endring i driftsforskriften. Tak på 200.000 fisk per merd.
2013	Forskrifter om PD-bekjempelse (2 stk.)
2013	Lovendring i akvakulturloven
2013	Forskrift om fordeling og avgrensning av produksjonskapasitet. Maks. 15 % kontroll over total produksjonskapasitet uten tillatelse. For de med tillatelse blir det stilt krav til gjennomsnittlig bearbeidingsgrad, FoU-innsats, antall lærling/trainee plasser.
2013	Tildelingsrunde: Lysegrønne tillatelser. Fokus: miljø «Grønne tillatelser, mindre aktører prioritert). Mørkegrønne tillatelser. Fokus: sterkt fokus på rømning og lus.
2013	Løpende tvangsmulkt (dagsmulkt): 1/365 av 15G, men også muligheter for høyere enn dette ved ekstreme tilfeller.
2013	Avstandskrav (oppdatert) mellom lokaliteter (Mattilsynets veileder basert på forskrift om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m.). Hvilke avstandskrav som gjaldt er ikke lenger å oppdrive på Mattilsynets nettsider.
2015	Utfiskingsforskrift. Utfisking av rømt oppdrettslaks i elver
2015	Stortingsmelding 16 (2014–2015) om forutsigbar og bærekraftig vekst i havbruksnæringen
2015	Tilbud om å utvide MTB med 5 % (strengt krav mht. lakselus)
2016	Ny luseforskrift. Endringer knyttet til samordning av tiltak mot lakselus om våren.
2017	Ny luseforskrift. Kravet om samordnet behandling avvirket. Ellers mindre endringer.
2017	Generell PD-forskrift
2017	Trafikklyssystemet (produksjonsområdeforskriften). Kysten deles inn i 13 produksjonsområder, som fargelegges etter estimert luseindusert dødelighet på utvandrende postsmolt av vill laksefisk. Rød = dødelighet > 30 %, Gul = dødelighet 10–30 %, og grønn = dødelighet <10 %. Åpner for vekst (mot vederlag) på 6 % annethvert år for grønne PO'er og reduksjon på opptil 6 % annethvert år for røde PO'er.
2017	Ny forskrift om teknisk standard (NYTEK).
2018	Endring i avstandskrav. Mattilsynet bruker en anbefalt minsteavstand på 2,5 km mellom akvakulturanlegg med en MTB på inntil 3.600 tonn for å unngå «uakseptabel risiko for spredning av smitte». Minsteavstand på 5 km for anlegg over 3.600 tonn MTB. Strømforhold, bunntopografi og omliggende geografi kan gi større eller kortere avstander. For matfiskanlegg innenfor koordinerte brakkleggingssoner: Kan være kortere enn for anlegg utenfor koordinerte brakkleggingssoner.

Årstall	Regulering
	For matfiskanlegg utenfor koordinerte brakkleggingssoner: Minsteavstand på 1,5 km til låssettingsplasser, 2,5 km til matfiskanlegg for marine fiskearter og viktige lakseførende vassdrag, og 5 km til fiskeslakterier/tilvirkningsanlegg, akvakulturanlegg for laksefisk, settefisk, stamfisk og notvaskerier.
2022	Endring av akvakulturdriftsforskriften. Innføring av nye krav for å hindre, oppdage og begrense rømming, endring av krav ved bruk og utslipp av legemidler, endring av forskrift om reaksjoner, sanksjoner med mer ved overtredelse av akvakulturloven, samt tilpasninger av regelverket for havbruk til havs.
2023	NYTEK23. Strengere teknologikrav for å forebygge rømming.
2023	Havbruksutvalgets utredning NOU 2023:23

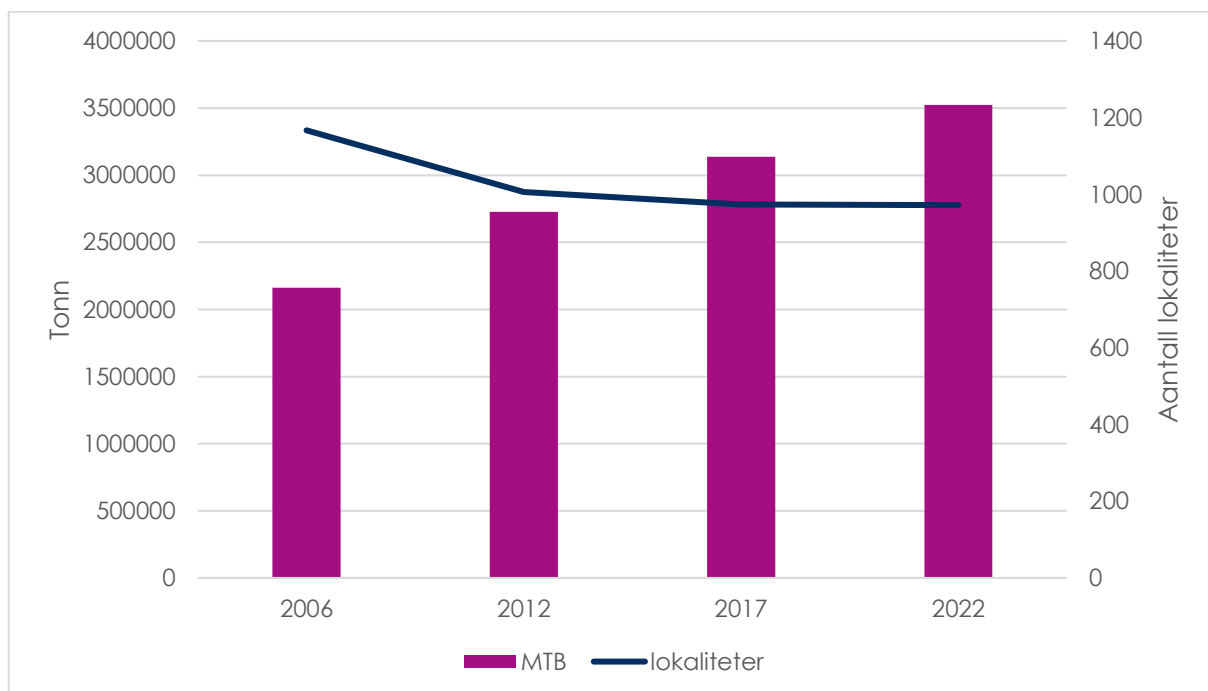
3. ANALYSER AV LOKALITETSSTRUKTUR SIDEN 2012

I dette delkapitlet skal vi analysere utviklingen i lokalitetsstruktur mer i detalj. Vi har innhentet informasjon om lokaliteter for akvakultur av laks og regnbueørret i årene 2006, 2012, 2017 og 2022 fra Akvakulturregisteret. Dataene gir informasjon om antall lokaliteter, hvor de er lokalisert (kommune, fylke, produksjonsområde, og eksakte koordinater) og størrelsen målt som lokalitets-MTB. Informasjon fra Barentswatch gir også informasjon om hvorvidt lokalitetene er aktive, dvs. har fisk. Hvorvidt lokalitetene er aktive vil imidlertid variere over tid pga. utslakting, brakklegging osv. Til enhver tid er kanskje så mye som 1/3 av lokalitetene brakklagt (Misund et al., 2023).

Vi ser på endring i antall lokaliteter og total lokalitets-MTB 2006-2022, på nasjonalt, fylkes-, kommunalt- og produksjonsområdenivå. Vi ser både på overordnede endringer, men også den underliggende dynamikken. Selv om totalt antall lokaliteter ikke har endret seg over en gitt tidsperiode, betyr ikke det nødvendigvis at det ikke har skjedd endringer i lokalitetsstrukturen, f.eks. om mindre lokaliteter har blitt byttet ut med større og mer produktive lokaliteter.

3.1 Hva har skjedd med lokalitetsstrukturen de siste 10-15 årene?

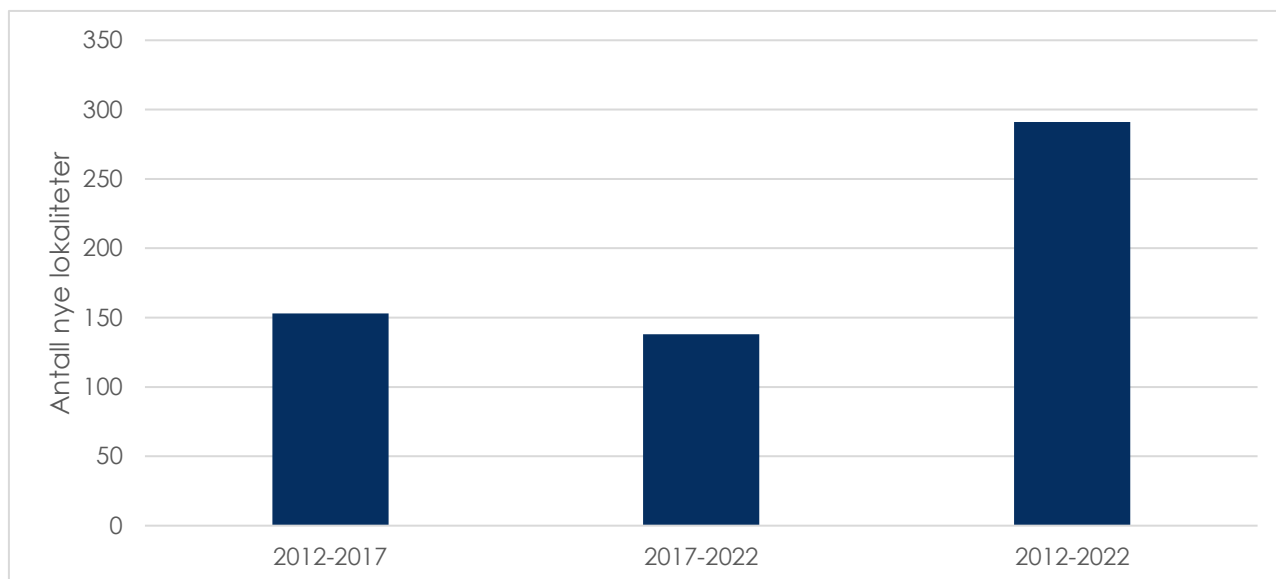
Figur 3.1 viser at antall lokaliteter har falt siden 2006. Det største fallet var mellom 2006 og 2012, men de siste ti årene har antall lokaliteter vært relativt stabilt på rundt 975 lokaliteter for oppdrett av laks og regnbueørret. Vi ser at total lokalitets-MTB har økt fra ~2.2 millioner tonn i 2006 til omtrent 3,5 millioner tonn i 2022. Til tross for en nedgang i antall lokaliteter på 15-20%, har total lokalitets-MTB økt med over 60%. Størrelsen på lokalitetene har derfor økt.



Figur 3.1: Utvikling i lokalitets-MTB og antall lokaliteter. Datakilde: Akvakulturregisteret.

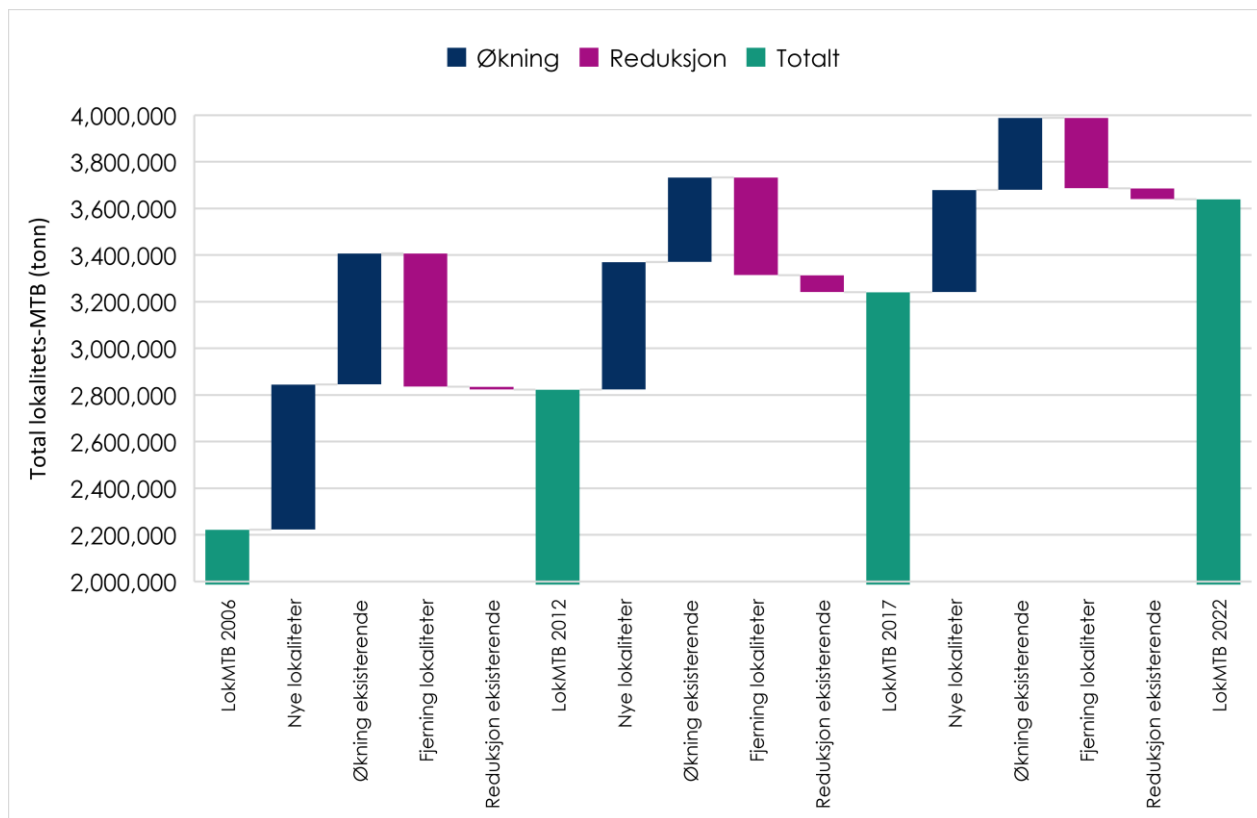
Figur 3.1 forteller oss lite om den bakenforliggende dynamikken, og kan gi inntrykk av at lokalitetsstrukturen har endret seg lite, spesielt siden 2012. For å vite mer må vi grave oss mer ned i detaljene. De neste figurene ser på sammensetningen av endringene; dvs. endringer i lokalitets-MTB som skyldes nye lokaliteter, fjerning av lokaliteter og endringer på eksisterende lokaliteter, både for alle tillatelser (Figur 3.3: Lokalitets-MTB, Figur

3.4: Antall lokaliteter) og for kommersielle tillatelser (Figur 3.5: Lokalitets-MTB, Figur 3.6: Antall lokaliteter). Figur 3.2 forteller oss at det har kommet til nye lokaliteter selv om totalantallet har vært fallende siden 2006 og relativt stabilt siden 2012.

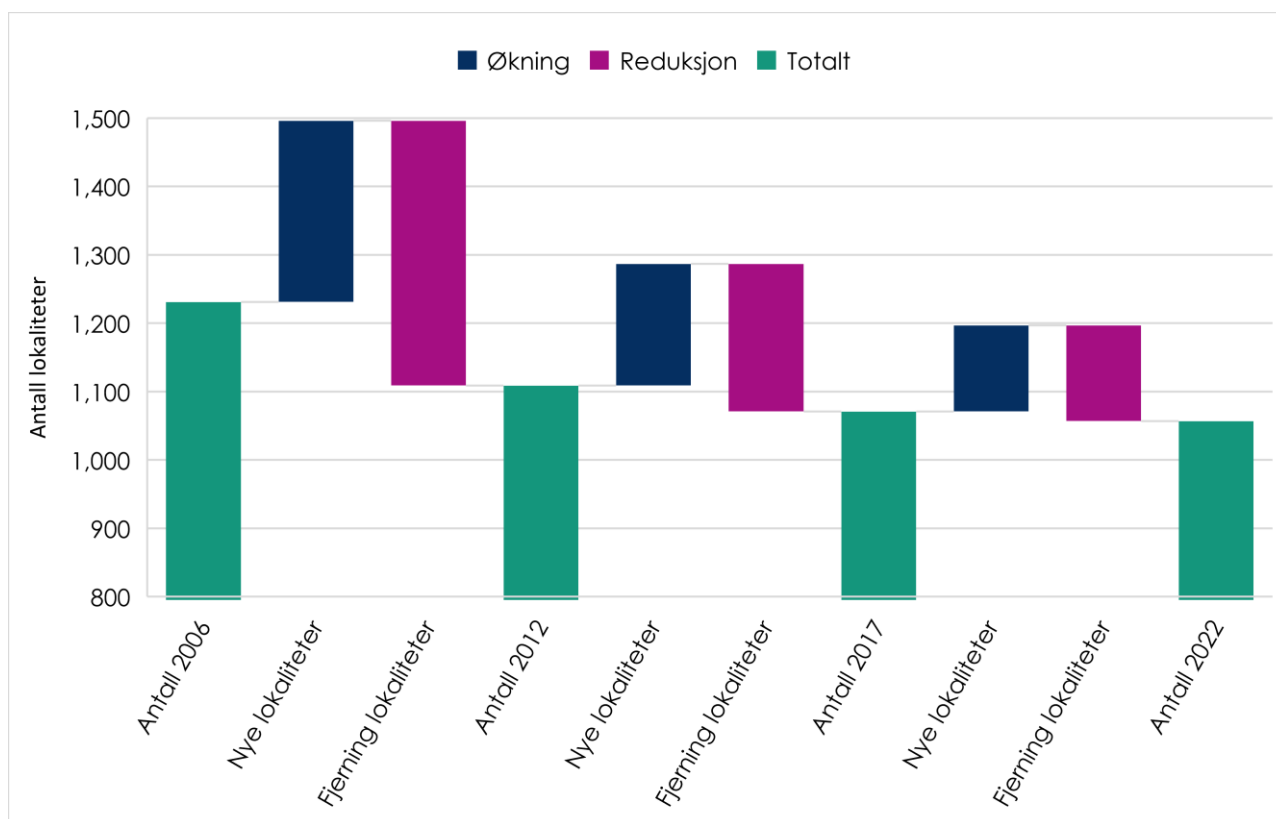


Figur 3.2: Antall nye lokaliteter fra 2012 til 2022. Kilde: Akvakulturregisteret.

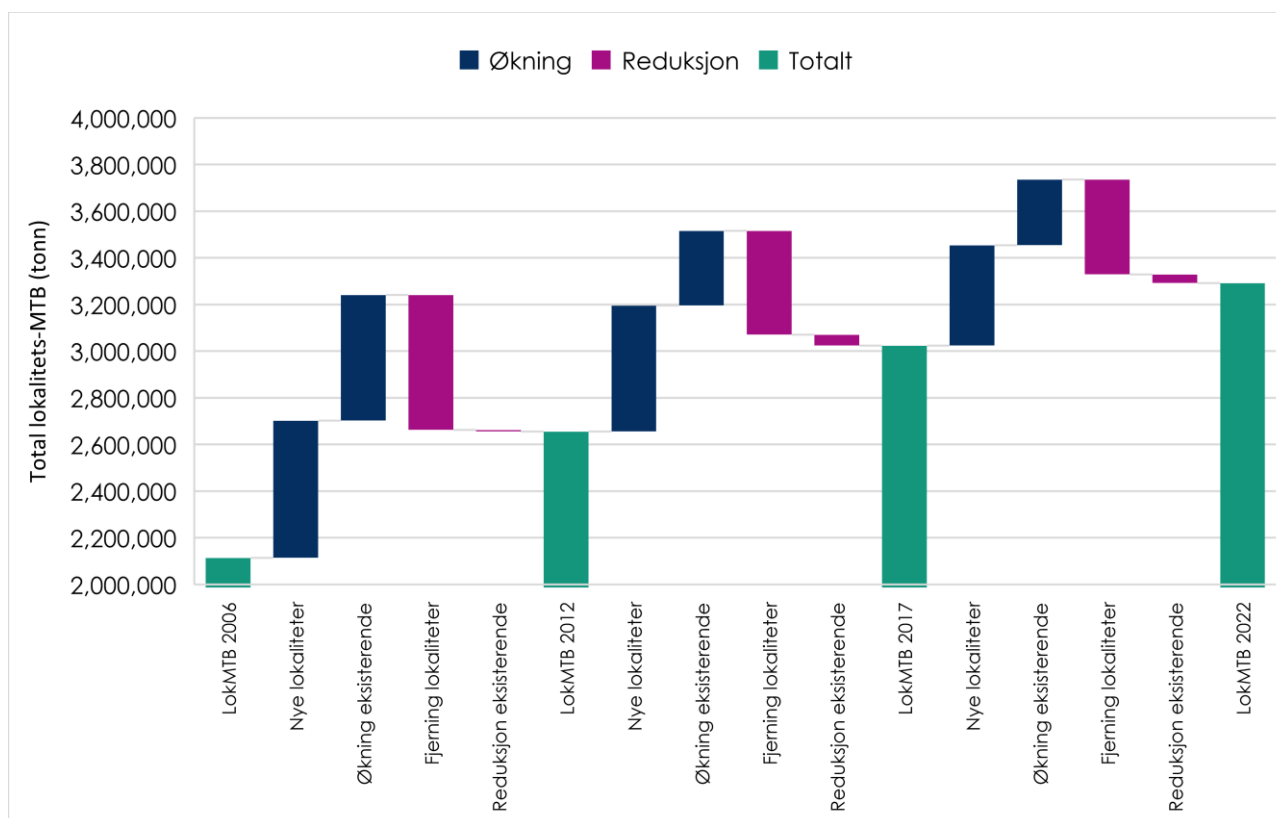
Siden 2012 har nesten 300 nye lokaliteter kommet til, og erstattet et omtrent likt antall lokaliteter som har blitt fjernet.



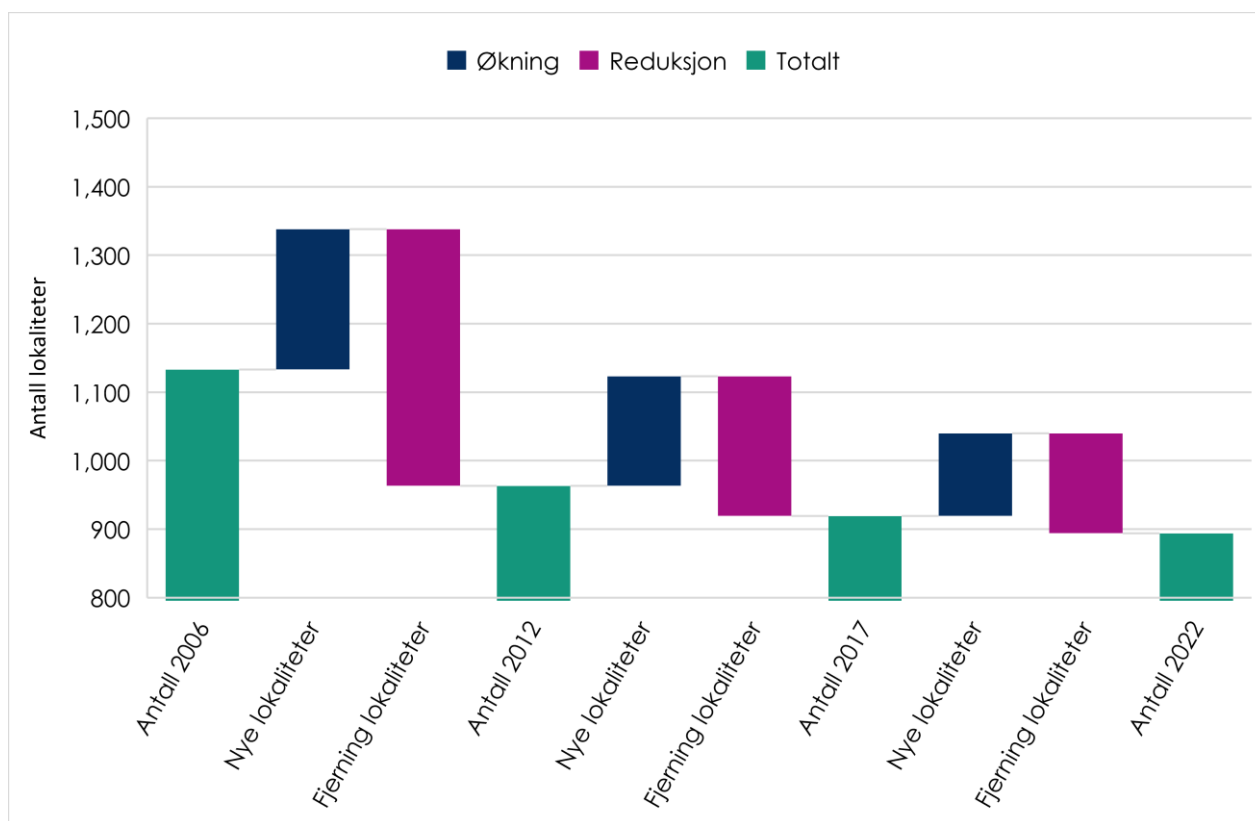
Figur 3.3: Endringer i lokalitets-MTB 2006-2012 (alle typer tillatelser). Kilde: Akvakulturregisteret.



Figur 3.4: Endringer i antall lokaliteter 2006-2012 (alle typer tillatelser). Kilde: Akvakulturregisteret.



Figur 3.5: Endringer i lokalitets-MTB 2006-2012 (kun kommersielle tillatelser). Kilde: Akvakulturregisteret.

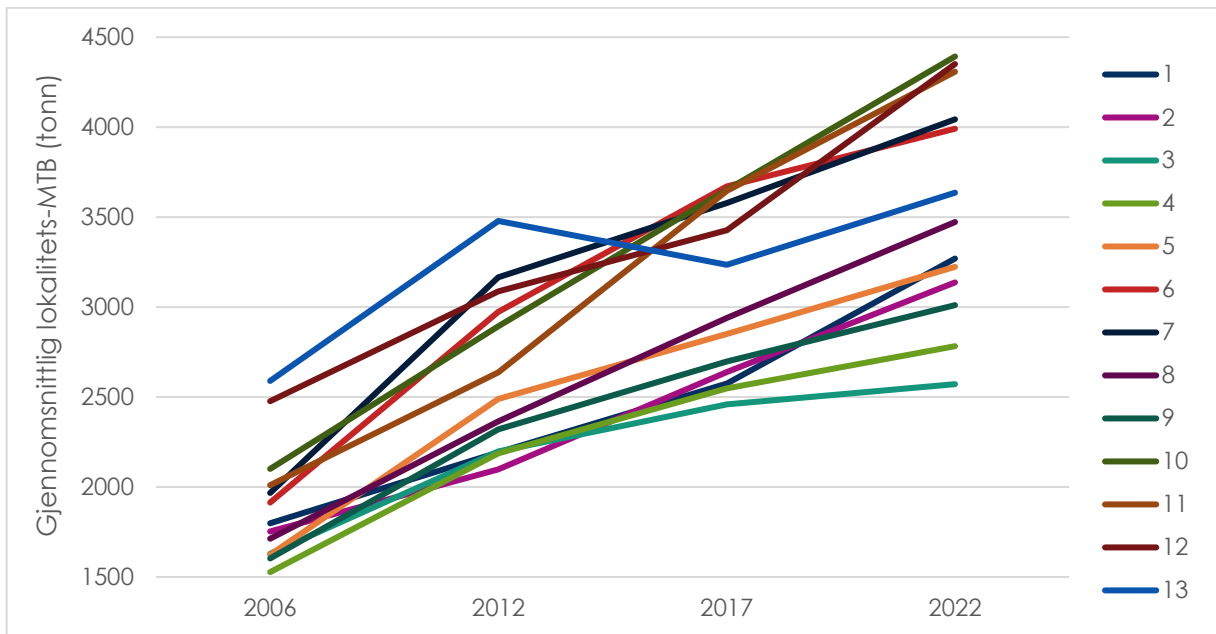


Figur 3.6: Endringer i antall lokaliteter 2006-2012 (kun kommersielle tillatelser). Kilde: Akvakulturregisteret.

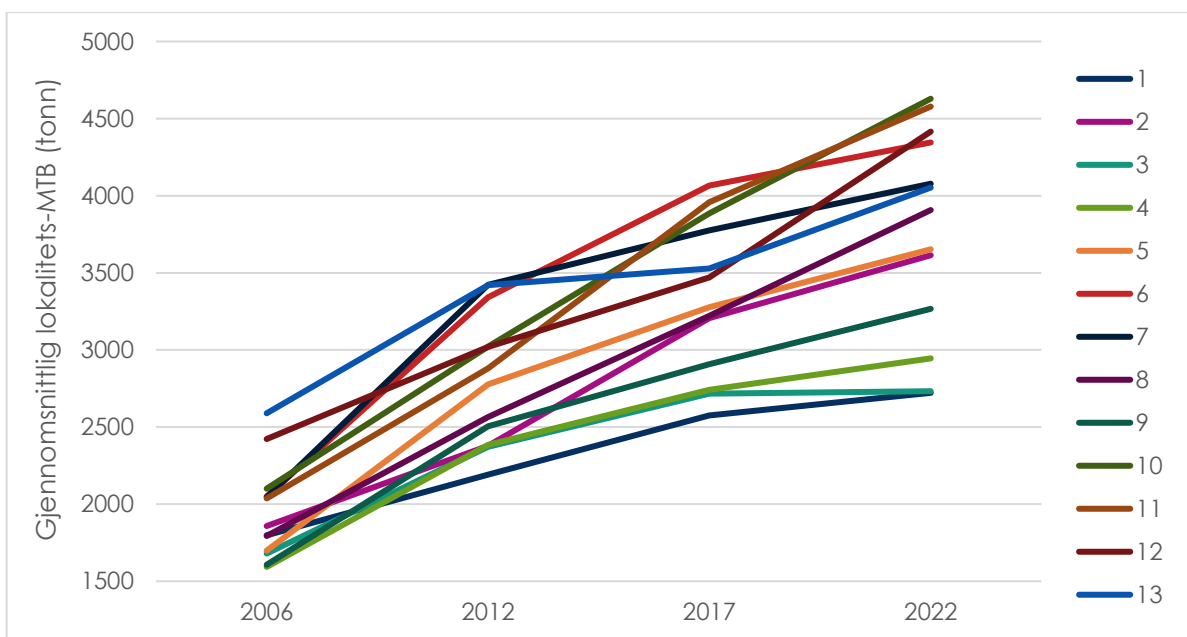
Vi kan konkludere ut fra Figurene 3.3 - 3.6 at veksten i lokalitets-MTB har skjedd både ved at det har kommet til nye større lokaliteter samt at eksisterende lokaliteter har fått mer MTB. I svært liten grad har det vært en reduksjon i lokalitets-MTB på eksisterende lokaliteter. Vi ser at økningen i lokalitets-MTB på nye lokaliteter har i sum vært høyere enn nedgangen i lokalitets-MTB som følge av fjerning av lokaliteter. Vi ser også at antall lokaliteter som har blitt fjernet er større enn antallet nye lokaliteter. I alt kan vi konkludere med at det har skjedd en betydelig utskifting av lokaliteter. Mindre lokaliteter har blitt erstattet med større lokaliteter, og eksisterende lokaliteter blitt vesentlig større.

Figurene 3.7 og 3.8 viser at økningen i størrelsen på lokalitetene ikke har vært likt i alle produksjonsområdene. PO1, 3, 4 og 9 har vesentlig lavere MTB/lokalitet enn lokaliteter i midt-Norge, Trøndelag og Nord-Norge, dvs. PO 5-13 (unntak PO9). Generelt har lokalitetene i nord økt mer enn lokalitetene i sør. Arealutvalget (Gullestad et al., 2011) forventet at i Sør/Vest-Norge «vil på kort og mellomlang sikt potensialet for økonomisk vekst i første rekke være knyttet til reduserte tap i produksjonen og en mer effektiv arealutnyttelse». Figuren 3.7 og 3.8 viser at også i disse områdene har det vært en betydelig økning i lokalitets-MTB per lokalitet. På Vestlandet har gjennomsnittsstørrelsen på lokaliteter brukt til kommersiell akvakultur økt fra omtrent 1.500 tonn MTB i 2006 til 2.730-2.950 tonn MTB i 2022. Også mellom 2012 og 2022 har lokaliteten på Vestlandet blitt betydelig større.

I nord har veksten vært enda større. Eksempelvis har gjennomsnittsstørrelsen på lokaliteter i PO10 mer enn doblet seg. Spredningen i størrelse mellom produksjonsområder har økt. I 2006 varierte gjennomsnittsstørrelsen mellom rundt 1.500-2.500 tonn MTB (~1.000 tonn MTB i forskjell), mens i 2022 varierer gjennomsnittsstørrelsen mellom ~2.700 – 4.600 tonn lokalitets-MTB (~1.900 tonn MTB i forskjell).

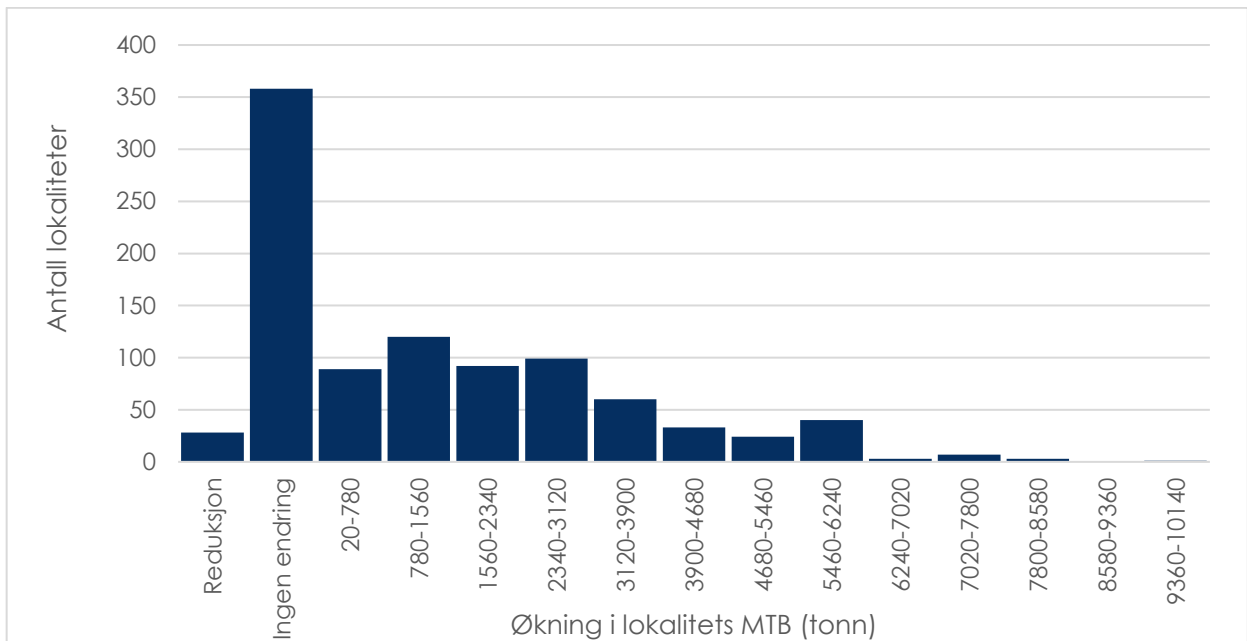


Figur 3.7: Endringer i størrelse på lokaliteter 2006-2022 (alle tillatelser) etter produksjonsområde. Kilde: Akvakulturregisteret.



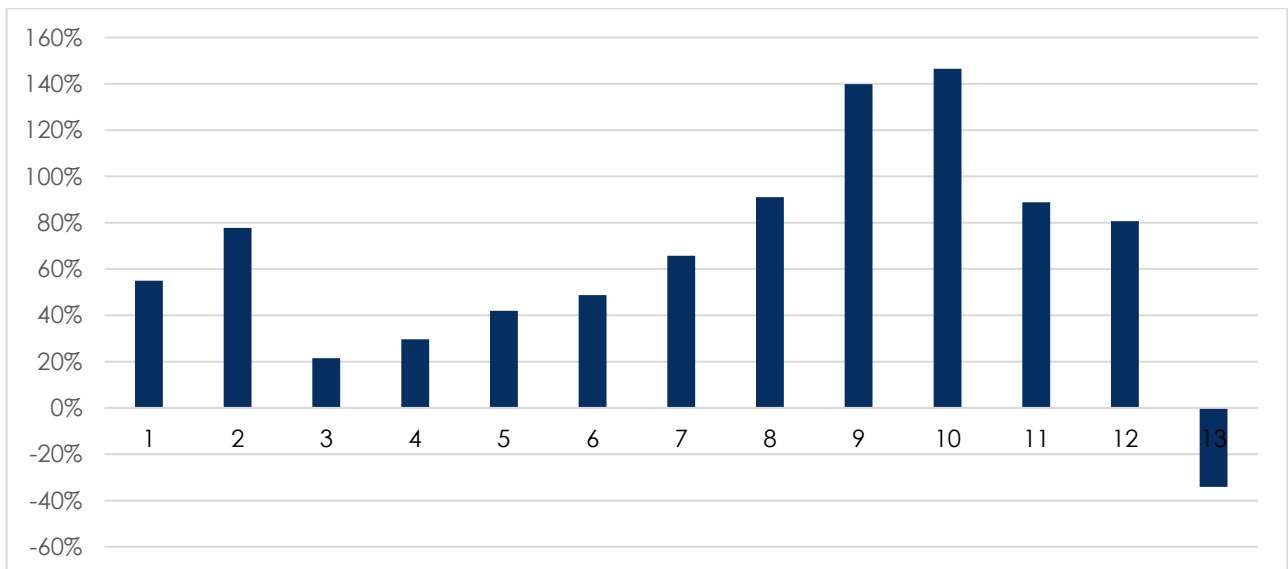
Figur 3.8: Endringer i størrelse på lokaliteter 2006-2022 (kun kommersielle tillatelser) etter produksjonsområde. Kilde: Akvakulturregisteret.

Ser vi nærmere på fordelingen av endringen i lokalitets-MTB ser vi en betydelig variasjon (Figur 3.9). Av 957 eksisterende lokaliteter, har lokalitets-MTB økt på ca. 60% av de. Økningen i MTB har variert fra lokalitet til lokalitet, fra 20 tonn til 10.000 tonn. I snitt har de lokalitetene som har fått økt MTB, fått ca. 2750 tonn mer MTB. Av lokalitetene med økning har ~80% fått tilsvarende 1-5 standardtillatelser (780 tonn MTB) mer lokalitets-MTB.



Figur 3.9: Fordeling over økning i lokalitets-MTB på eksisterende lokaliteter 2022 (kommersielle). N = 957.

Med unntak av PO13 har det vært en økning i total lokalitets-MTB for alle produksjonsområdene (Figur 3.10). Den laveste veksten har vært i Vestland og Møre og Romsdal fylker (PO3 – PO5), mens den største økningen har skjedd i produksjonsområdene mellom Nord-Trøndelag og Vest-Finnmark.



Figur 3.10: Endring i lokalitets-MTB mellom 2006 og 2022 målt i prosent for PO1-PO13.

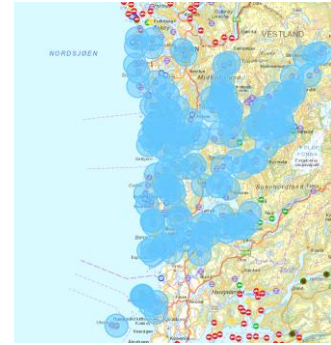
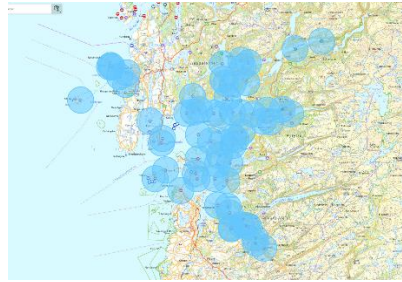
3.2 Tetthet av lokaliteter

Figur 3.11 viser tettheten av lokaliteter i de ulike produksjonsområdene. Hver blå sirkel har en radius på 5km, som angir Mattilsynets praktisering av minsteavstandskrav i dag. Figurene kan gi et visuelt inntrykk av lokalitetstettheten i produksjonsområdene. Vi ser at tettheten er relativt høy i de fleste produksjonsområdene, eksemplifisert med PO2-PO8, med tilsynelatende lavere tetthet lenger nord. De laveste tetthetene sees i PO1 og i PO13.

PO1

PO2

PO3



PO4

PO5

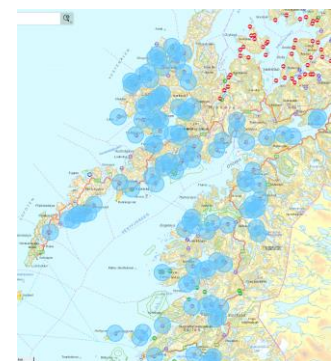
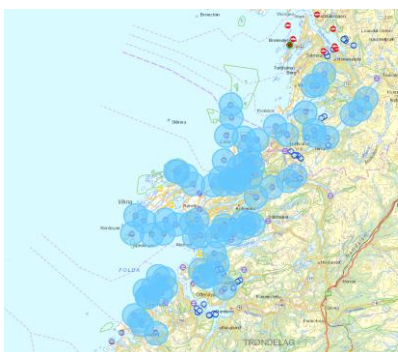
PO6



PO7

PO8

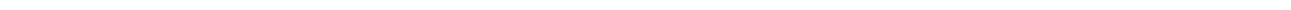
PO9

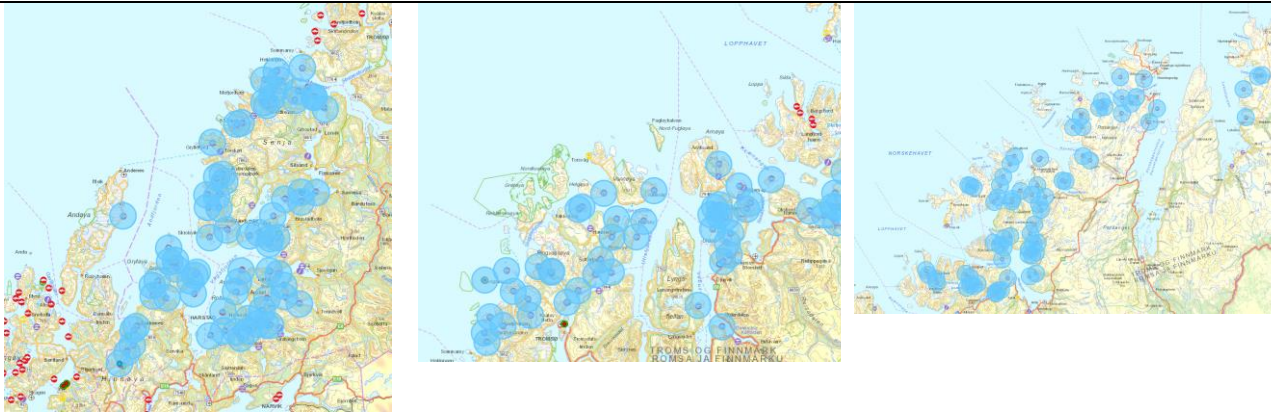


PO10

PO11

PO12





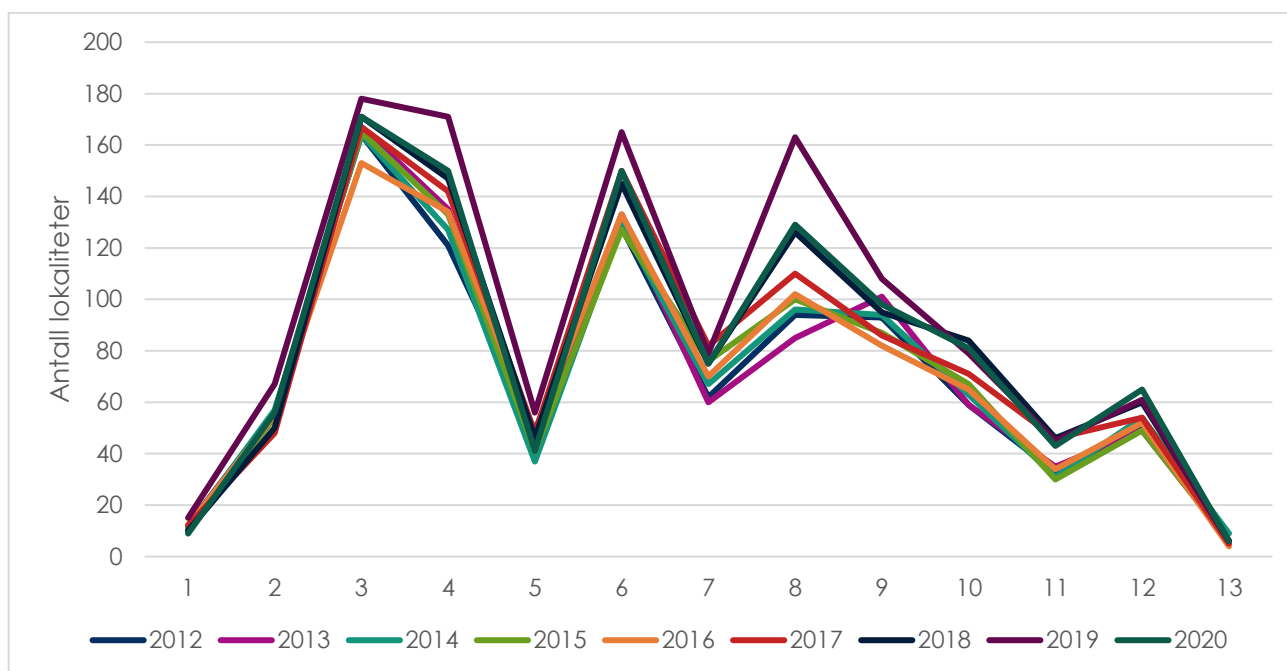
PO13



Figur 3.11: Tettheten av lokaliteter i de ulike produksjonsområdene. Hver blå sirkel har en radius på 5km.

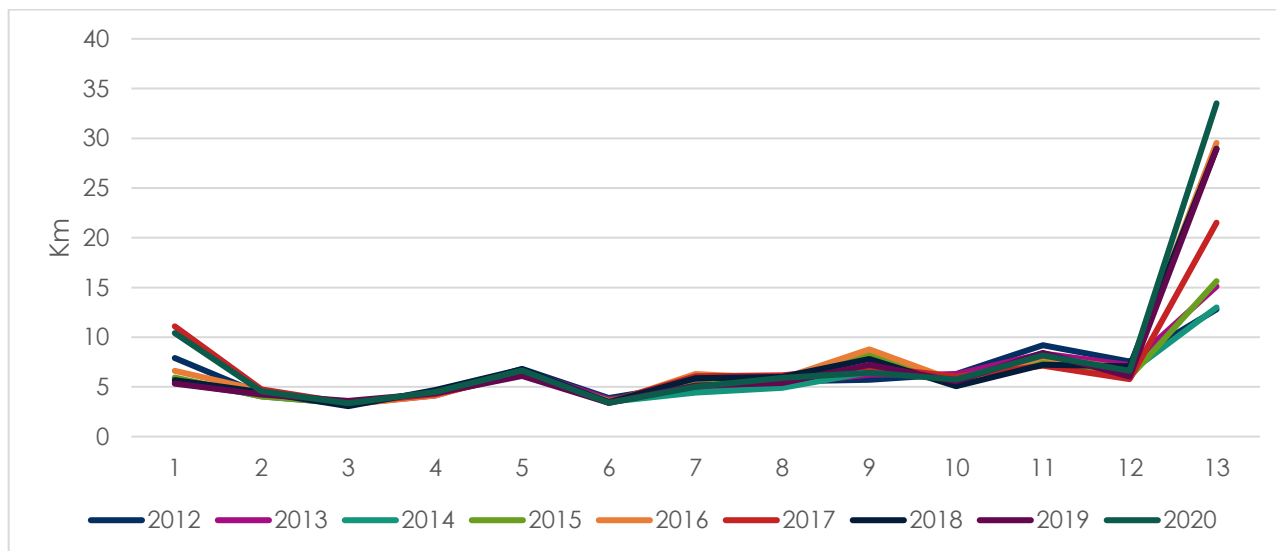
Som Figur 3.11 viser er det i de fleste produksjonsområder stor tetthet av lokaliteter, noe som kan gi inntrykk av stor overlapp i sirlkene med 5 km radius mellom lokalitetene. Men ikke alle lokaliteter er til enhver tid i bruk, dvs. har fisk i sjøen, og en skal være forsiktig med å konkludere om lokalitetstetthet kun ut fra Figur 3.11 alene.

Vi har derfor også beregnet tettheten av *aktive* lokaliteter. I figurene under viser vi beregninger av antall lokaliteter innenfor en avstand på 20 km (Figur 3.12) og gjennomsnittlig avstand mellom lokaliteter med fisk (Figur 3.13). Generelt sett har de fleste produksjonsområdene i snitt opprettholdt et relativt stabilt antall aktive lokaliteter gjennom årene, med noe få variasjoner fra år til år (Figur 3.12). Produksjonsområdet 8 har opplevd en betydelig økning fra 94 lokaliteter i 2012 til 163 lokaliteter i 2019. Produksjonsområdet 5 og 9 har hatt en nedgang i antall lokasjoner fra 2016 til 2020. Nesten alle lokalitetene hadde en nedgang fra 2019 til 2020.



Figur 3.12: Antall lokaliteter i drift innen 20 km avstand per produksjonsområdet fra 2012 til 2020.

For de fleste produksjonsområder forblir gjennomsnittsavstanden til den nærmeste produksjonslokaliteten relativt stabil gjennom årene på mellom 3km og 5km. Produksjonsområdet 1 og 13 skiller seg ut med høye gjennomsnittsavstander fra 2012 til, 2020 (Figur 3.13).

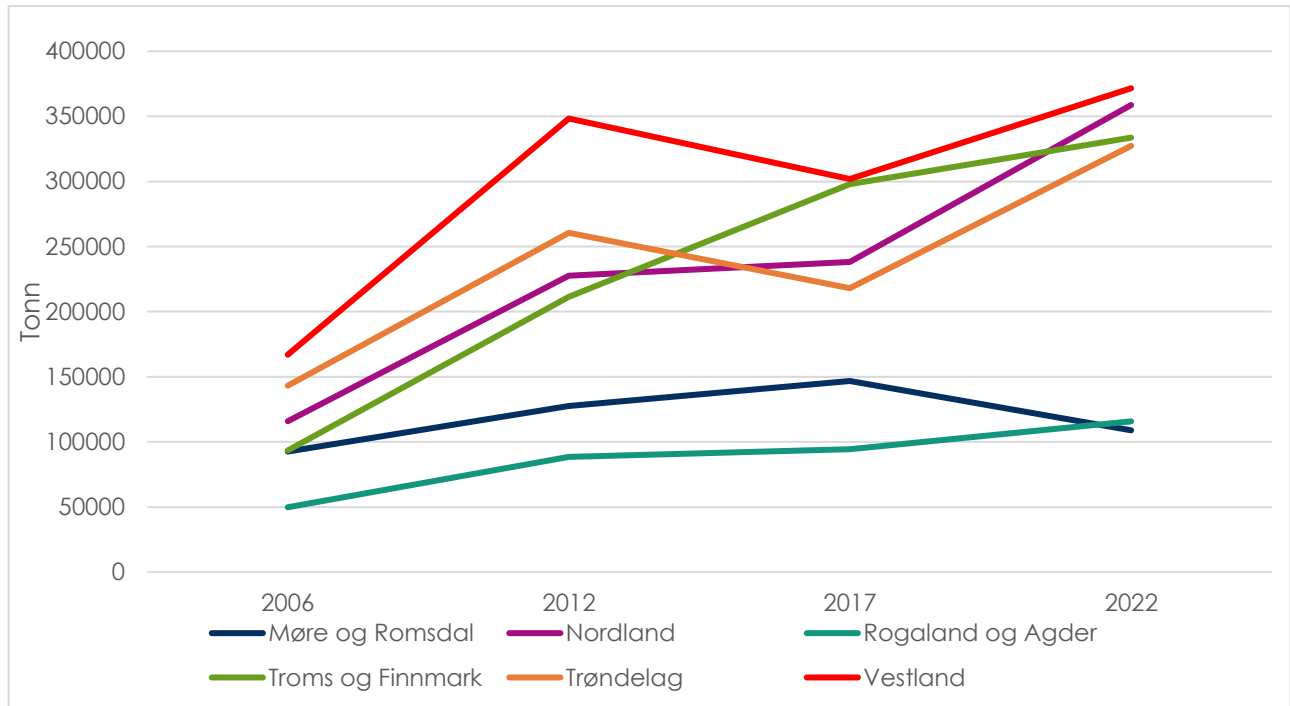


Figur 3.13: Gjennomsnitt avstand fra de nærmeste lokalitetene i drift (km) per produksjonsområdet fra 2012 til 2020.

3.3 Utvikling i produksjon av laks og ørret 2006-2022

Produksjonen av laks og ørret økte med ~140 prosent mellom 2006 og 2022. Nesten to-tredjedeler av denne veksten kom mellom 2006 og 2012 og skyldtes at da MTB-systemet ble innført i 2005 så var det et betydelig gap mellom utnyttet og maksimal MTB, både på selskaps- og lokalitetsnivå. Selv om produksjonsveksten på

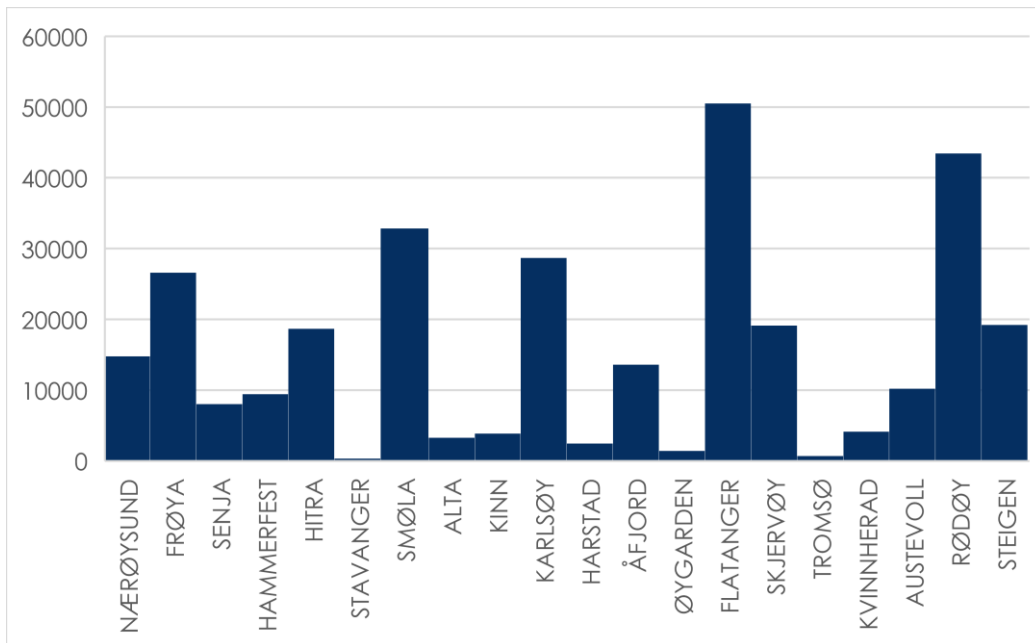
nasjonalt nivå stagnerte mellom 2012 og 2017, var det store forskjeller på fylkesnivå (Figur 3.14). Produksjonen falt i perioden både i Vestland og Trøndelag fylker, men økte mest i de nordligste fylkene og Møre og Romsdal. Etter 2017 har produksjonsveksten i hovedsak skjedd i Trøndelag og nordover. Disse fylkene sto for 87% av den nasjonale produksjonsveksten 2017-2022. Det var også en produksjonsvekst på 22% i Vestland fylke i samme periode til tross for at produksjonsområdene i fylket (PO3 og PO4) har fått 1-2 runder med selskaps-MTB-nedtrekk.



Figur 3.14: Utvikling i produksjon 2006-2022 per fylke. Kilde: Fiskeridirektoratet.

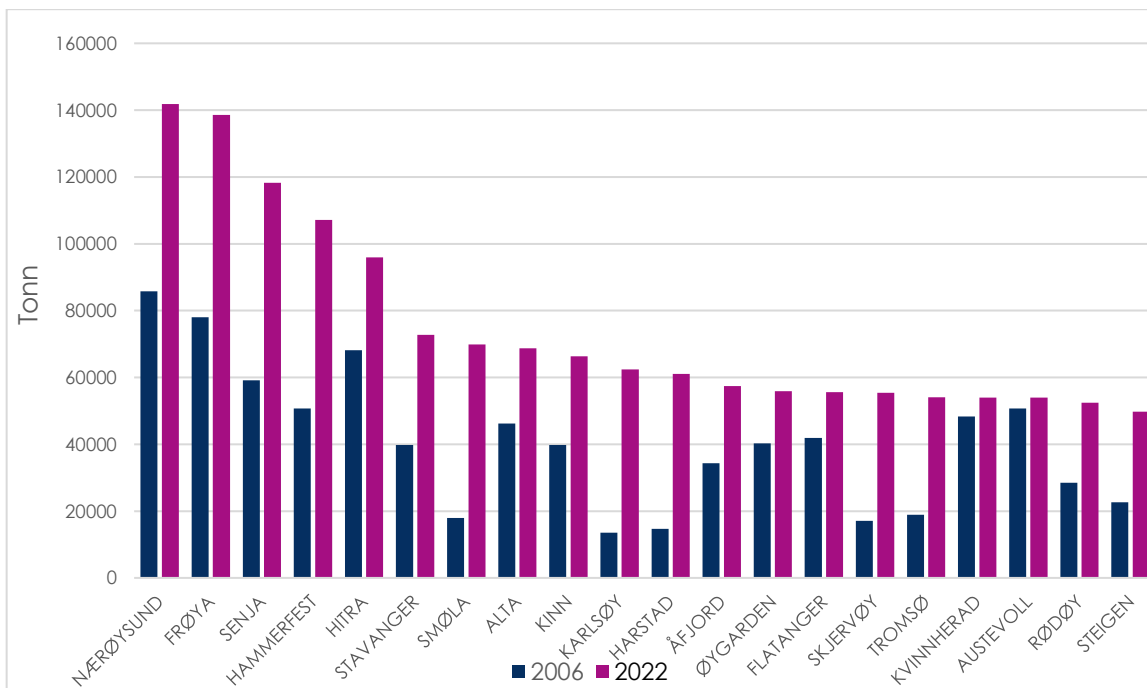
3.4 Analyse av endring i lokalitetsstruktur for utvalgte kommuner

Figur 3.15 sammenligner forholdet mellom lokalitets-MTB og antall mennesker i en kommune. Dette forholdstallet gir innsikt i hvordan oppdrettsressursene fordeles i forhold til lokalbefolkningen. Flatanger og Rødøy utmerker seg som kommuner med høyest forholdstall, noe som indikerer at tillatt biomasse er relativt høy i forhold til det lokale befolkningsgrunnlaget. På den andre siden viser Stavanger og Tromsø et høyere befolkningsantall i forhold til lokalitets-MTB.



Figur 3.15: Forholdstallet mellom Lokaltets MTB (maksimal tillatt biomasse) og befolkningen, målt i tusen, for de 20 største oppdrettskommunene. Dette forholdstallet gir et innblikk i forholdet mellom tillatt biomasse for oppdrett og befolkning i disse områdene.

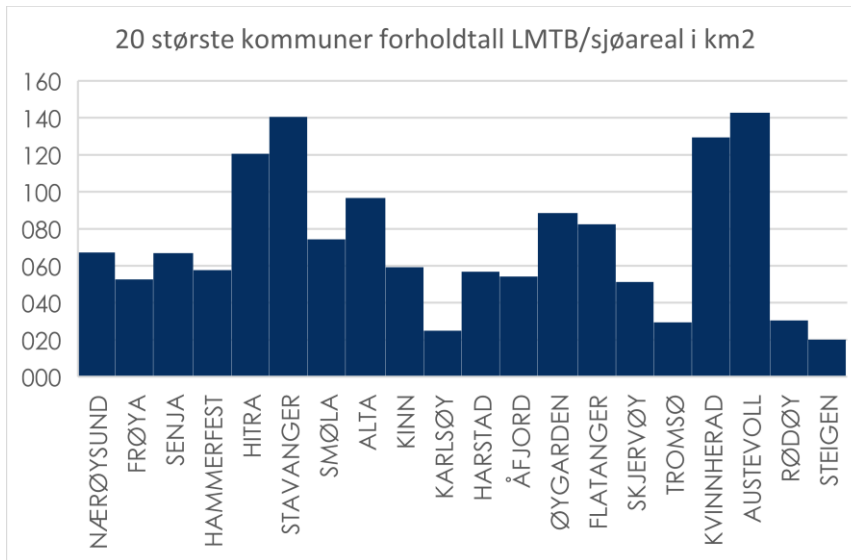
Alle kommunene har hatt en god økning i lokalitets-MTB i tidsperioden 2006 til 2022, med unntak av Kvinnherad og Austevoll som har så vidt hatt en økning i lokalitets-MTB på 16 år (Figur 3.16).



Figur 3.16: Utviklingen i lokalitets MTB for de 20 største kommunene fra 2006 til 2022.

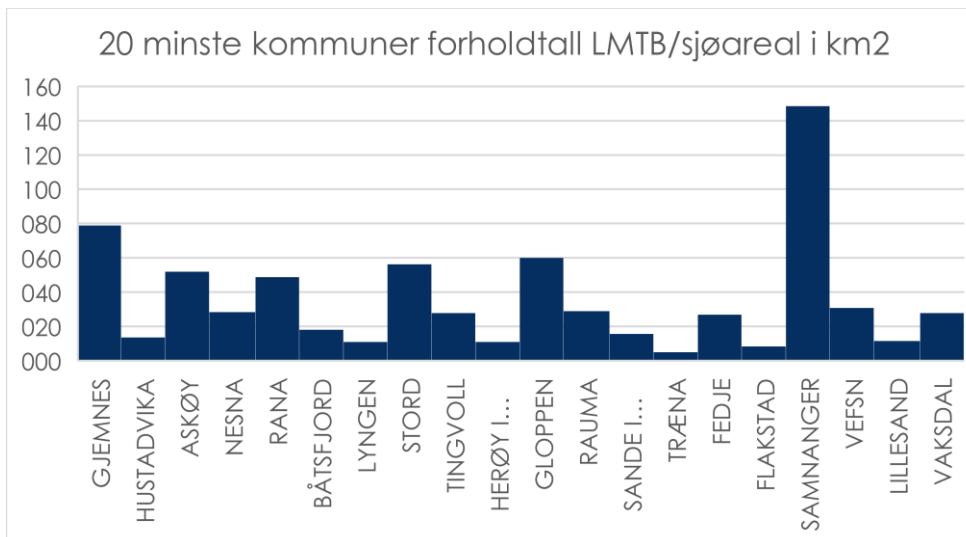
Karlsøy, Tromsø, Røddøy og Steigen har relativt lave forholdstall mellom lokalitets-MTB og tilgjengelig sjøareal (under 60), noe som betyr at de har en relativt høy lokalitets-MTB i forhold til størrelsen på sjøarealet (Figur

3.17). Hitra, Stavanger, Kvinnherad, og Austevoll har svært høye forholdstall mellom lokalitets-MTB og tilgjengelig sjøareal (over 120).



Figur 3.17: Figuren illustrerer forholdstallet mellom lokalitets MTB (maksimalt tillatt biomasse) og tilgjengelig sjøareal per kommune, målt i kvadratkilometer (km²), for de 20 største kommunene i Norge.

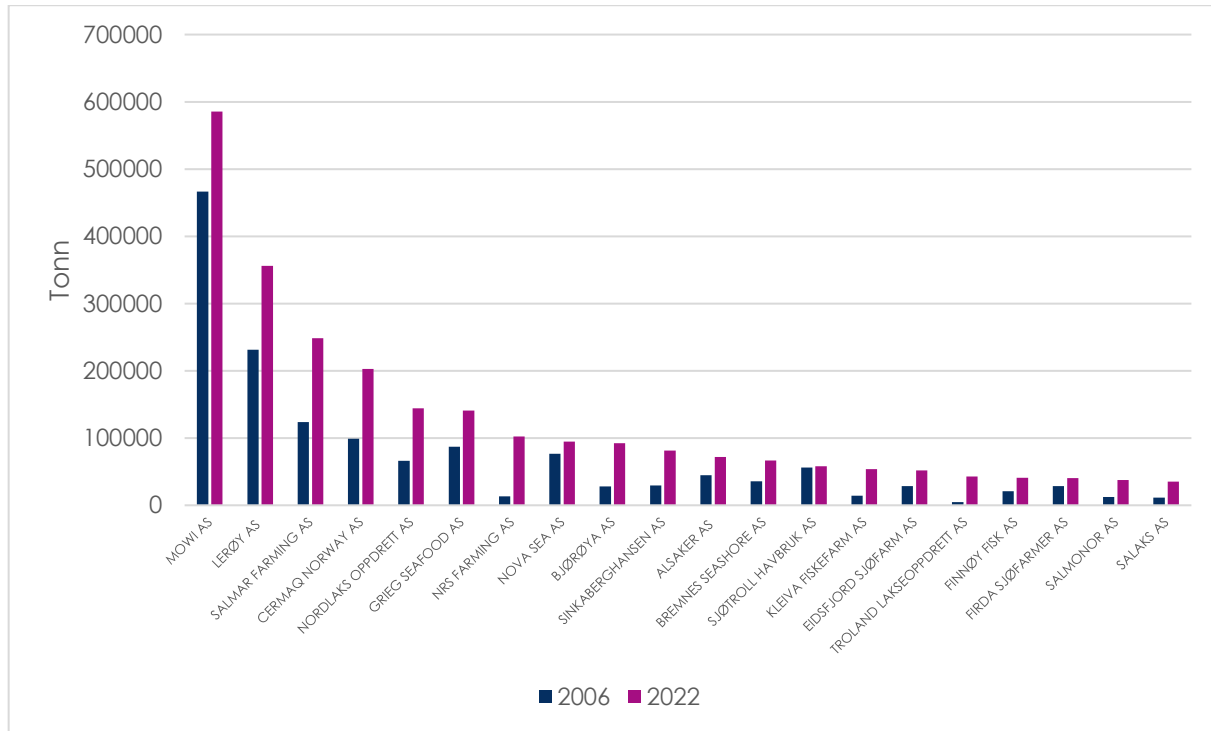
Det er en betydelig variasjon i både tilgjengelig sjøareal og lokalitets-MTB blant de 20 minste kommunene (Figur 3.18). Samnanger med et forholdstall på 148,57, har ekstremt høy lokalitets-MTB i forhold til sjøareal. Træna har det minste forholdstallet, som indikerer at kommunen har et stort sjøareal i forhold til produksjon.



Figur 3.18: Figuren illustrerer forholdstallet mellom lokalitets MTB (maksimalt tillatt biomasse) og tilgjengelig sjøareal per kommune, målt i kvadratkilometer (km²), for de 20 minste kommunene i Norge.

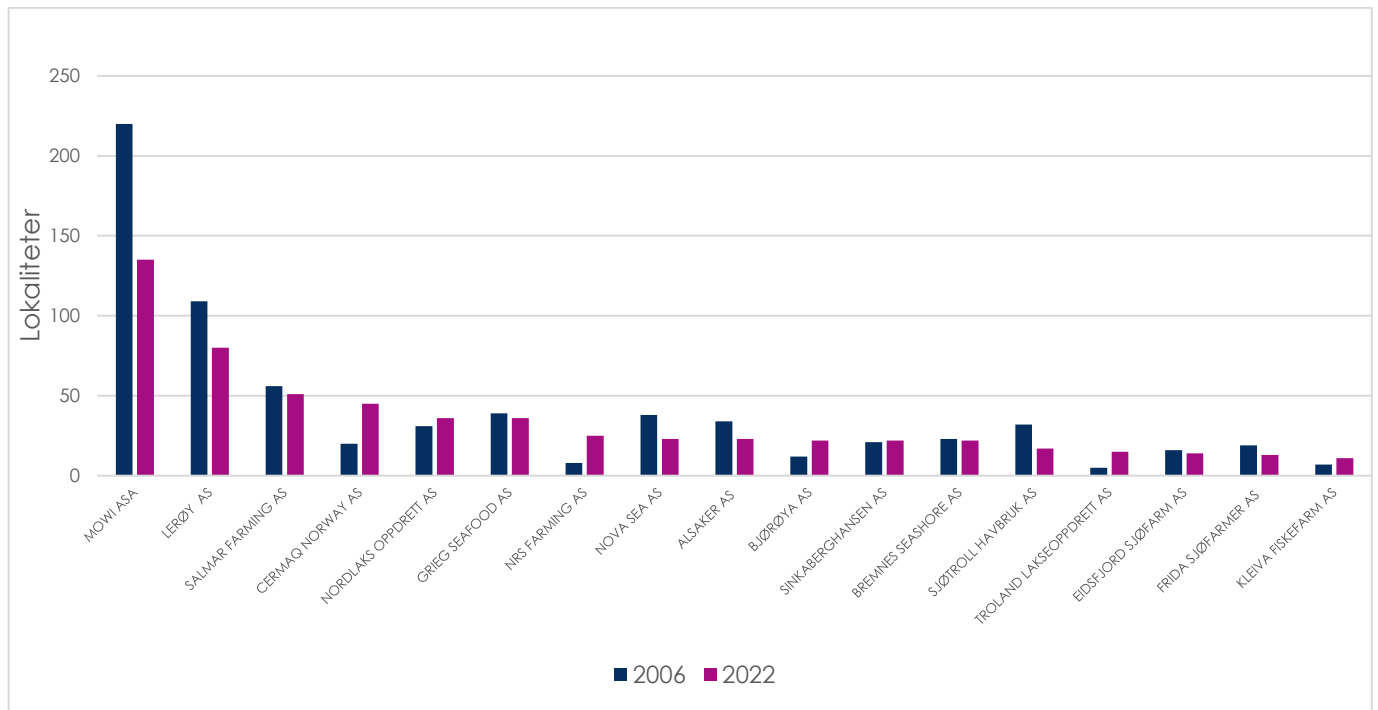
3.5 Analyse av utvikling i lokalitets-MTB mellom 2006-2022 for de 20 største oppdrettselskapene

Figur 3.19 viser økningen i lokalitets-MTB for de 20 største selskapene. De 20 største selskapene utgjorde en avgjørende rolle i den samlede veksten, og deres økning sto for 74.94% av den totale økningen. Den totale lokalitets-MTB økte fra 2,176,681 tonn til 3,521,311 tonn i perioden fra 2006 til 2022.

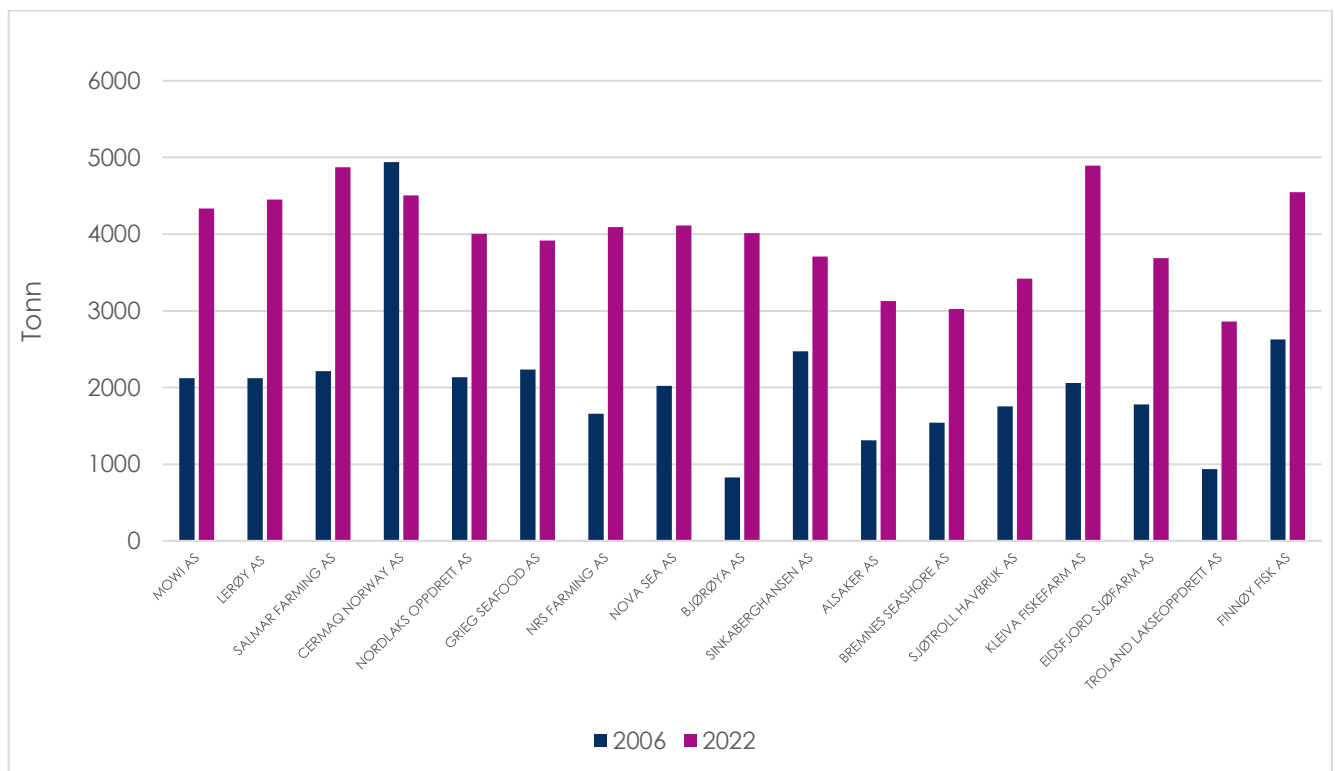


Figur 3.19: Utvikling i lokalitets MTB for de 20 største selskapene fra 2006 til 2022.

Figur 3.20 viser utviklingen i antall nye lokaliteter mellom 2006-2022 for de 20 største selskapene, og Figur 3.21 viser endringen i deres lokalitets-MTB. De 20 største selskapene sto for omtrent 45.37% av den totale nedgangen i antall lokaliteter. Total nedgang i antall lokaliteter gikk fra 1164 i 2006 til 969 i 2022.



Figur 3.20: Utvikling i lokaliteter for de 20 største selskapene fra 2006 til 2022.



Figur 3.21: Utvikling i Lokalitets-MTB per lokalitet for de 20 største selskapene fra 2006 til 2022. LMTB/Lokalitet

4. BIOLOGISKE RAMMEBETINGELSER FOR FREMTIDIG VEKST

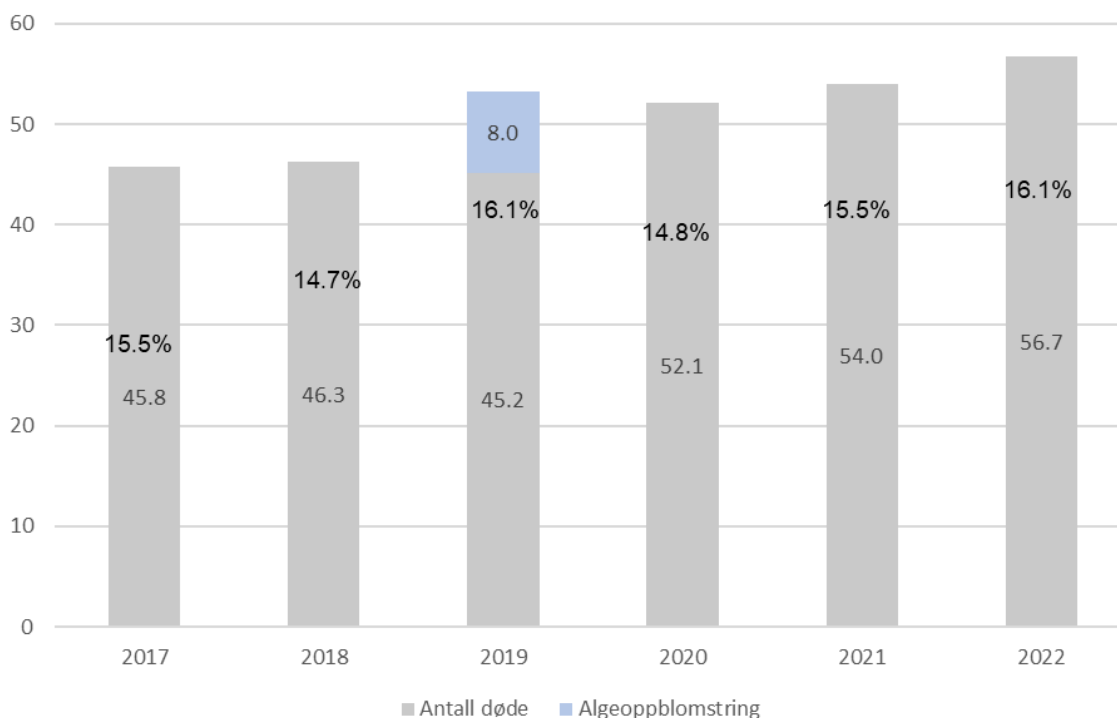
Oppdrett av laksefisk i Norge er en intensiv produksjon som drives i et komplekst samspill med det marine miljøet. I utgangen av 2022 stod ca. 436 millioner individer oppdrettslaks, i all hovedsak i åpne merder, langs norskekysten (Akvakulturstatistikk oppdatert 12.10.2023, Fiskeridirektoratet.no). Til sammenligning var innsiget av villaks i Norge i 2022 beregnet til 458 000 individer (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2023).

Intensivering av enhver biologisk produksjon vil tilslutt føre til problemer, spesielt vedrørende smittsomme eller infeksjøsne sykdommer (Håstein et al., 2005). Dette er spesielt relevant for oppdrett i sjø hvor antallet oppdrettede individer har vokst dramatisk over de siste femti årene og produksjonen i all hovedsak foregår i åpne systemer. De lokale vannstrømmene der oppdrettslokaliteten er plassert, vil drive vannutvekslingen og spredningen av infeksjøsne agens og uorganisk og organisk avfall. Dagens oppdrett i sjø er dermed konstant gjenstand for sykdomsutbrudd, og påvirkning på omliggende marint miljø.

I dag er de viktigste biologiske faktorene som begrenser bærekraftig verdiskapning i sjøvannsfasen: høy dødelighet og redusert tilvekst og slaktekvalitet, blant annet forårsaket av gjentatte håndteringskrevende avlusningsoperasjoner, en bekymringsfull økning i forekomsten av bakterielle sykdommer som pasteurellose og vintersår, økende problemer med gjellesykdom, ulike virussykdommer, samt negativ påvirkning på miljøet, herunder villfisk og bunnforhold. Ivaretagelse av biosikkerhet (hindre introduksjon av smitte og smittespredning) langs kysten er dermed et vesentlig element i bærekraftig bruk av kystarealene. Samtidig bør tiltakene som iverksettes for å hindre introduksjon av smitte og smittespredning ikke har store negative konsekvenser for andre arter eller alvorlige bivirkninger for oppdrettsfisken.

4.1 Sykdommers betydning for bærekraftig bruk av kystarealene

Som belyst i Fiskehelse rapporten 2022 er og har sykdomsproblemer vært en av de viktigste utfordringene for oppdrettsnæringen i flere tiår. Dødeligheten i sjøfasen har vært stabilt høy over flere år, og den samlede sykdomsbyrden økene (Sommerset et al., 2023). Figur 4.1 viser årlig dødelighet av oppdrettet atlantisk laks i sjø i perioden 2017-2022.



Figur 4.1. Årlig dødelighet av oppdrettet atlantisk laks i sjø i perioden 2017-2022. Kilde: Fiskehelse rapporten, 2022.

4.2 Etisk forsvarlig dyrehold fundamentalt for bærekraftig verdiskapning

En av de viktigste betingelsene for at oppdrett av laks er bærekraftig er at fiskens velferd er godt ivaretatt.

God fiskehelse –og velferd innebærer nødvendigvis lav sykdomsforekomst. Et lavt smittepress er viktig for oppdrettsfiskens helse og velferd, og for å hindre smitte til mottakelige arter i ville populasjoner. Dette oppnås blant annet gjennom avl, utsett av robust smolt, gode rutiner for å hindre introduksjon og spredning av smitte (biosikkerhet), godt dyrehold og helsetilsyn i tillegg til riktig næringsinnhold i fôret, gode miljøforhold på lokaliteten og teknologiske nyvinninger som tar hensyn til både miljø og oppdrettsfiskens velferd. Når fiskehelsen –og velferd er god, er fisken frisk og trives, og dermed dødeligheten lav og veksten optimal. Dette medfører at oppdretteren får maksimalt utbytte av sitt utsett, gjennom høyere biomasse ved slakt både på grunn av flere individer og høyere vektklasse, og lavere produksjonskostnader ved god ressursutnyttelse. I tillegg viser forskning at konsumenter er villig til å betale mer for fisk som har hatt det bra under produksjonen (Ankamah-Yeboah et al., 2019; Ellingsen et al., 2015). Risikofylt håndtering av fisk, som for eksempel ved avlusning, kan gi skader og øke risiko for rømning. En kortere tid i sjø kan senke behovet for risikofylt håndtering av fisk, noe som kan øke andel superiorfisk. Kortere produksjonstid i sjø vil også gi lavere grad av påvirkning på de lokale miljøforholdene (gjennom mindre avfallsproduksjon og lavere rømningsrisiko). Et etisk forsvarlig dyrehold er derfor fundamentalt for bærekraftig verdiskapning.

4.3 Lakselus -et flerdimensjonalt problem

Sykdom hos oppdrettslaks er ikke bare et problem for oppdrettslaksen selv. Sykdom kan ha store økonomiske konsekvenser for både oppdrettere og samfunn på grunn av økt dødelighet og redusert tilvekst og slaktekvalitet av oppdrettsfiskens. Dette fører igjen til tapte investeringer for oppdretteren, og ytterligere konsekvenser ved spredning av sykdom til omliggende anlegg og ville populasjoner. I tillegg kan selve behandlingen mot sykdom kan ha negative konsekvenser for andre arter og alvorlige bivirkninger for oppdrettsfiskens selv.

Parasitten lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er et eksempel på et slikt flerdimensjonalt problem. I dag er lakselus en av de mest komplekse, politiske og kostbare problemene i oppdrett av laks i Norge (Abolofia et al., 2017; Iversen et al., 2017; Vollset et al., 2018). Den har blitt sentral i reguleringen av oppdrettsnærings vekst, og påvirker svært mange beslutningsprosesser i påvekstfasen i sjø.

Lakselus beiter på slim, hud og blod hos laksefisk. Blir nivåene av lakselus for høyt vil dette blant annet føre til sår, økt risiko for sekundære infeksjoner, problemer med osmoregulering, redusert tilvekst, og ytterste konsekvens død (Pike & Wadsworth, 1999). Oppdrett av laks har ført til en skjevbalanse i det naturlige vert-parasitt forholdet ved at det har blitt svært mange tilgjengelige verter for lusen. Dette har ført til at lusen har blitt et stort problem ikke bare for oppdrettslaksen, men også villaksen ved «spill-over» fra oppdrettslaks til villaks. For å minimere skadene på oppdrett –og villfisk ble det derfor opprettet en nasjonal handlingsplan i 1997 (Heuch et al., 2005). Flere behandlingsmetoder var på det tidspunktet utprøvd, men det var ikke før legemidlene pyretrioder (bademiddel) og avermectiner (fôr) kom på markedet i midten av 1990-tallet, at man for alvor fikk kontroll med lusen. Den omfattende bruken av pyretriodier viste seg forøvrigt å ha en negativ effekt på ville krepsdyrbestander, som reker, krabbe og hummer (Burridge et al., 2010; Gebauer et al., 2017; Parsons et al., 2020). For å minimere spill-over av avlusningsmedikamenter, ble det påbudt å bruke hel presenning rundt merdene når fisken ble behandlet. Den utstrakte og ensidige bruken av legemidler til resistens, og rundt 2008 viste lusens sikre tegn til resistens mot de fleste legemidler (Aaen et al., 2015). Man var nødt til å gå tilbake til hydrogenperoksidbehandlinger, og bruk av ferskvann (Myhre Jensen et al., 2020), før de nye og etter hvert omstridte ikke-medikamentelle behandlingene, termisk og mekanisk, ble tatt i bruk i stor skala fra 2016 (Overton et al., 2018).

Disse håndteringskrevende avlusningsmetoder medfører svært alvorlige bivirkninger for oppdrettsfiskens, som økt dødelighet (Oliveira et al., 2021; Overton et al., 2018; Persson et al., 2022; Thompson et al., 2023; Tvette et al., 2023; Walde et al., 2021), redusert tilvekst (Walde et al., 2022), samt økt risiko for bakterielle sykdomsutbrudd som pasteurellose ([Avlusning kobles til utbrudd av pasteurellose hos oppdrettslaks \(vetinst.no\)](#)) og yersinose (Riborg et al., 2022). Den økonomiske konsekvensen av de overnevnte biologiske kostnadene knyttet til ikke-medikamentelle behandlingene kan være svært høye (Walde et al., 2023). Gjennomføring av ikke-medikamentelle avlusningsoperasjonen kan også være i strid med dyrevelferdsloven. Det er for øvrig uklart hva god dyrevelferd egentlig er, fordi vi ikke har gode verktøy for å måle dyrevelferd.

Utviklingen av velferdsindikatorer er derfor et viktig arbeid for å kunne måle velferd og arbeidsbelastning på fisken (Noble et al., 2018), i tillegg til en enighet om hva som er akseptabel velferd og arbeidsbelastning. Å unngå avlusning ut fra dyrevelferdsmessige årsaker kan på den andre siden føre til overtredelse av lusenivåene som vil medføre sanksjoner og eller ordre om tiltak for å redusere lusenivået, utslaktning av fisken og tilslutt reduksjon i anleggets tillatte biomasse. Selv om tidlig utslakt kan være det beste for fisken, kan dette medføre tapt profitt. Et dilemma kan i så tilfellet bli om profitt eller fiskehelsen skal veie tyngst (Stien et al., 2020; Størkersen et al., 2021). Et annet svært problematiske aspekter med lakselusproblemet er den utbredte bruken av rensefisk og problemer med sykdom og høy dødelighet hos rensefisken (Brooker et al., 2018; Erkinharju et al., 2021; Overton et al., 2020).

Lusen og håndteringen av lusen er dermed problematisk på flere områder, og har skapt dilemma mellom avveining mellom miljøhensyn, hensyn til oppdrettslaksen og rensefisken helse og velferd, og i noen tilfeller profitt.

4.4 Bakterielle sykdommer og utvikling av vaksiner

Selv om lakselus fremdeles er et stort problem i mange ulike henseender, blir flere av sykdommene som tidligere var assosiert med store tap nå effektivt kontrollert. Dette gjelder sykdommer som vibriose, kaldtvannsvibriose, furunkulose, bakterielle nyresyke (BKD) og infeksjøs pankreas nekrose (IPN). En av de viktigste teknologiske utviklingene som har muliggjort vekst i oppdrettsnæringen er utvikling av vaksiner mot alvorlige bakterielle sykdommer (Midtlyng et al., 2011).

Lakseoppdrett ble tidlig rammet av sykdomsutbrudd forårsaket av bakterielle infeksjoner som for eksempel kaldtvannsvibriose og furunkulose. Utbrudd av disse sykdommene skapte store velferdsutfordringer for oppdrettsfisken, økonomiske tap for oppdretterne, og behandlingen (bruk av antibiotika) skapte negative konsekvenser for omliggende miljø. Flere tiltak ble iverksatt for å redusere bruken av antibiotika. Det ble utviklet et unikt samarbeid mellom myndighet og industri rundt tidlig 1990 tall for å fasilitere vaksiner mot blant annet kaldtvannsvibriose og klassisk furunkulose, vaksinasjonsstrategier, «all in-all out» prinsipper med obligatoriske brakklegging mellom produksjonssykluser (årsklassene) og soner og geografisk reorganisering av marine lokaliteter for å minimere horisontal spredning av smitte (Midtlyng et al., 2011).

Kaldtvannsvibriose (infeksjoner forårsaket av *Vibrio salmonicida* synonym *Allivibrio salmonicida*) ble oppdaget for første gang i 1979 rundt øyen Hitra sør for Trondheim (Egidius et al., 1986). Sykdommen slo rot ved Hitra og nord for Hitra frem til 1983 da den slo til sør for Stavanger. Spesielt Bergensregionen, som på den tiden hadde den høyeste tettheten av lokaliteter, ble rammet hardt. Sykdommen opptrådte særlig senhøst, vinter og tidlig vår, og ble derfor kalt kaldtvannsvibriose (Egidius et al., 1981; Egidius et al., 1986). Tidligere ble utbrudd med kaldtvannsvibriose behandlet med antibiotika, men utstrakt bruk førte til at bakterien utviklet resistens mot flere ulike antibiotikum. Mangel på en effektiv vaksine hemmet videre vekst av oppdrett av atlantisk laks frem til sent 1980-tallet, da vaksine mot denne sykdommen ble tilgjengelig (Kashulin et al., 2017). Siden da har sykdommen vært kontrollert ved vaksiner, og de siste 15 årene har det vært få til ingen tilfeller av sykdommen (Sommerset et al., 2023).

Furunkulose (infeksjon forårsaket av *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*) førte tidligere til store tap av laksefisk, både i ferskvann og i sjøvann. I Norge er det laks, brunørret (inkl. sjørørret) og røye som er mest utsatt for infeksjon. Denne bakteriesykdommen ble påvist i 1960-årene etter import av regnbueørret fra Danmark, og re-introdisert i 1985 med latent infisert laksesmolt fra Skottland. Fra slutten av 1980-årene og frem til 1992 var det hyppige sykdomsutbrudd langs kysten av Sør- og Midt-Norge og nordover til Troms. Sykdommen spredte seg også til en rekke norske elver, og sykdommen blir fremdeles regnet som endemisk i villaks i enkelte områder. Siden tidlig 1990-tallet har sykdommen vært kontrollert gjennom vaksiner og andre biosikkerhetstiltak (smittehygieniske tiltak).

4.5 Virale sykdommer

Ikke bare lakselus og bakterielle sykdommer har skapt problemer for oppdrettslaksen. Infeksjøs lakseanemi (ILA), forårsaket av et orthomyxovirus, ble for første gang påvist i Norge i 1984 (Thorud & Djupvik, 1988). ILA-bekjempelsen er et eksempel på at en sykdom kan kontrolleres uten bruk av vaksiner og til og med uten god

kjennskap til det etiologiske forholdet (Håstein et al., 1999). Rundt 1980 og tidlig 1990 opplevde man en dramatisk økning i ILA tilfeller i Norge. Dødeligheten på anleggene varierte fra uvesentlig til moderat, men noen anlegg hadde dødelighet på 80%. Sykdommens alvorlighetsgrad førte til at ILA ble meldepliktig i 1986 (Håstein et al., 1999). ILA viruset ble for første gang isolert i cellelinje på midten av 1990-tallet (Dannevig et al., 1995), og sykdommens virale etiologi bekreftet først 10 år etter sykdommen først ble kjent. Likevel ble tiltak for å bekjempe sykdommen innført lenge før man kjente dens etiologi (Håstein et al., 1999). Epidemiologiske studier ble gjennomført for å kartlegge viktige risikofaktorer for sykdomsutbrudd, hvor blant annet tilstedeværelse av brønnbåt for flytting av fisk mellom anlegg eller til slakteriet ble satt i sammenheng med økt risiko for ILA-utbrudd (Jarp & Karlsen, 1997; Murray et al., 2002; Vågsholm et al., 1994).

Pankreassykdom (PD) er en annen viktig viral sykdom, som har ført til store økonomiske tap for oppdrettsnæringen (Aunsmo et al., 2010). Den direkte kostnaden av et PD-utbrudd ble i 2013 regnet til 55,4 millioner kroner for et anlegg med 1 million smolt (Pettersen et al., 2015b). Spredningen av PD er et eksempel på hvordan en sykdom kan spres på grunn av manglende biosikkerhetsbarrierer, men også bekjempes med gode biosikkerhetstiltak (Larsen et al., 2020). PD ble for første gang påvist i Hordaland og Sogn og Fjordane, (Vestlandet) i 1995 (Taksdal et al., 2007). Mellom 1998-2002 ble det påvist relativt få utbrudd, men etter 2002 økte antallet utbrudd markant (Kristoffersen et al., 2009). Sykdommen spredte seg da sør og nord for kjerneområdet. I dag foregår det to PD-epidemier i Norge (Sommerset et al., 2023). Det viktigste smittereservoaret for viruset er infisert fisk i sjøanlegget, og sykdommen smitter både innen et anlegg, til andre anlegg i samme fjordsystem og ved transport av fisk. PD kan ikke behandles med medikamenter, men vaksiner mot sykdommen er tilgjengelig. Effekten av vaksinene har vært omdiskutert, men forskning indikerer at vaksiner kan ha effekt mot PD ved at antall utbrudd reduseres og at vaksinert fiskepopulasjon kan ha lavere dødelighet (Røsæg et al., 2021). Effekter av vaksiner henger for øvrig nøye sammen med smittepress. Det betyr at andre biosikkerhetstiltak, som brakklegging og transport av smolt og slaktefisk, er vesentlig for å få maksimal nytte av vaksiner.

Andre viktige sykdommer som er verdt å nevne er hjerte og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) og kardiomyopatisyndrom (CMS) begge virale sykdommer som rammer hjertet (Garseth et al., 2018; Kongtorp et al., 2004). På nåværende tidspunkt finnes det ingen behandling mot disse to sykdommene. Redusere håndtering og annet stress anses som viktig for å begrense omfanget av sykdommene. CMS kan medføre store økonomiske tap fordi det i hovedsak er stor slakteklar fisk som rammes.

4.6 Sykdommer som er økende i forekomst

Gjellelidelser hos fisk er økende i forekomst (Sommerset et al., 2023). Kompleks gjellesykdom kan sammenlignes med lungebetennelse hos pattedyr, der den utløsende årsaken kan være et virus, men sekundære bakterielle infeksjoner kompliserer bildet (Gjessing et al., 2019). Problemet med kronisk gjellebetennelse manifesterer seg gjerne i sen fase og i forbindelse med stressende situasjoner som avlusning eller transport. Vanligvis sprer sykdommen seg raskt til samtlige merder på anlegget.

I tillegg ser man også en bekymringsfull økning i forekomst av bakterielle sykdommer som pasteurellose og vintersår (Sommerset et al., 2023). Dette er sykdommer som er et alvorlig problem for velferden hos oppdrettsfisk, og kan medføre store økonomiske tap på grunn av økt dødelighet, redusert tilvekst og ikke minst redusert slaktekvalitet.

4.7 Sykdomskontroll

Kontroll av sykdom gjennom forebygging og behandling for å redusere dødelighet og morbiditet knyttet til en sykdom, har og vil være avgjørende for en bærekraftig næring og et viktig element i forvaltningen av kystarealet til oppdrett.

Biosikkerhet innebærer all aktivitet for å forebygge, bekjempe og utrydde smittsomme sykdommer ([Aquatic Code Online Access - WOAHA - World Organisation for Animal Health](#)). Dette involverer blant annet aktivitet for å identifisere og vurdere sykdomsrisiko i en definert populasjon (epidemiologisk enhet), identifisere og korrigere kritiske punkt hvor sykdommen kan entre eller forlate populasjonen, og utvikle, overse og revidere beredskapsplaner for å identifisere/påvise sykdommen i populasjonen gjennom overvåking og monitorering

(Palić et al., 2015). Biosikkerhetstiltak strekker seg dermed over flere nivåer, fra den enkelte fiskegruppe/merd til anlegg, område/sone, produksjonsområde og til nasjonalt nivå. Valget av kontrollstrategi avhenger av en rekke faktorer som tilgjengelige ressurser, sannsynligheten for suksess, legitimitet og aksept blant næringsaktører, sykdomskarakteristikk og lovgivning (Pettersen et al., 2015a).

Mange av de smittsomme sykdommene og parasittene som rammer laks er smittsomme og kan overføres horisontal i vannsøylen, gjennom vannstrøm, ved flytting av fisk eller gjennom vektorer som vill fisk, som eksempel PD (Jansen et al., 2017), CMS (Bang Jensen et al., 2013; Garseth et al., 2018), HSMB (Kristoffersen et al., 2013) og lakselus. Viktige risikofaktorer for utbrudd av flere av sykdommene er stress, tidligere sykdomshistorikk, tetthet av fisk, lengde på produksjonssyklusen, og utsettstidspunkt (Bang Jensen et al., 2013; Bang Jensen et al., 2020a; Garseth et al., 2018; Jarp & Karlsen, 1997; Kristoffersen et al., 2013; Kristoffersen et al., 2009). Spredning av sykdom øker typisk med tetthet av fisk på anlegg og minkende avstand mellom anleggene, samt økt transport mellom anlegg, og flytting av fisk (Aldrin et al., 2010; Dean et al., 2021; Murray et al., 2002).

Mange smittsomme sykdommer blir effektivt kontrollert av ulike kombinasjoner av forebygging eller behandling som for eksempel kjemisk behandling, vaksiner, og utvikling av genetisk resistens gjennom avl. Den geografiske plasseringen av slakterier, settefisk – og matfiskanlegg er også viktig da det legger premisser for transportveier og omfang av brønnbåttransporter fordi flytting av fisk kan medføre risiko for smittespredning. I tillegg vil merdteknologi som anvendes også ha en betydning for smittespredning. I dag er de fleste merdene åpne, noe som betyr effektiv spredning til og fra anleggene ved vannstrømmer. Spredningen av lakselus har vært og er drivende for nye oppdrettsteknologier som nedsenkede merder, snorkelmerd, semilukket – og lukket merd og havbruk til havs (Geitung et al., 2019; Moe Føre et al., 2022; Nilsen et al., 2020; Nilsen et al., 2017; Oppedal et al., 2019; Stien et al., 2016; Wright et al., 2017). Hovedtanken bak disse type teknologiene er å hindre kontakt mellom lus og oppdrettsfisk. Lukkede systemer kan begrense smitte mellom anlegg og til ville populasjoner, hvis utløpsvannet og annet avfall fra produksjonsenheten desinfiseres. Avhengig av tettheten av fisk innad i det lukkede systemet, kan smittepresset bli svært høyt dersom patogene mikroorganismer kommer inn i produksjonsenheten. Hvis man ikke har muligheten til å behandle smittet fisken i anlegget, kan konsekvensene av høy tetthet i et lukket system bli store.

Andre viktige biosikkerhetstiltak er overvåkning, restriksjoner på flytting av fisk og rensefisk, felles brakklegging, generasjonssoner, branngater, kjørerregler for utveksling av biologisk materiale, båter og utstyr, oppsamling av biologisk utslipp og desinfisering. Flere av disse biosikkerhetstiltakene krever et godt områdesamarbeid, hvor det er enighet om en felles langsiktig strategi for sykdomsforebyggende arbeid og bekjempelse av sykdom.

Krisehåndtering og forebygging av spredning av alvorlige smittsomme sykdommer i akvakultursystemer er vanskelig blant annet fordi sykdom spres effektivt med vannstrømmene til omliggende anlegg og til ville populasjoner hvor sykdom kan etablere seg. Et annet problem er kunnskapsmangel vedrørende risikofaktorer for sykdommens etablering og spredning, som informasjon om smittekilde/reservoar, vektorer, og vert-patogen forholdet (Håstein et al., 1999). God beredskap og planer for hva som skjer hvis det blir et sykdomsutbrudd, i tillegg til godt samspill mellom næringsaktører og myndigheter har vært og er fremdeles en viktig faktor i håndteringen av sykdomsutbrudd (Håstein et al., 1999).

I dag er det stor grad av enighet om de faglige prinsippene og hvilke elementer som inngår i beste praksis for smittesikring både i bransjen og i forvaltningen (Larsen et al., 2020). Det pekes likevel på vesentlige avvik fra det som anses som felles mål bilde for beste praksis og dagens praksis. Det er blant annet stor variasjon mellom geografiske områder når det kommer til lokalitetsbruk, områdeorganisering og biosikkerhetspraksis i sjø. Det er heller ingen enhetlig praksis for bruk av generasjonssoner og branngater eller hvordan kjørerregler for utveksling av biologisk materiale, båter og utstyr skal utformes (Larsen et al., 2020). For å ivareta biosikkerheten i norsk oppdrettsnæring ble det derfor i 2020 anbefalt etablering av et nasjonalt biosikkerhetsråd, forsterking av områdeorganiseringen, og etablering av felles standard, retningslinjer og myndighetsregulert ansvar ved blant annet teknisk design, vannbehandling og drift av brønnbåter, avlusningsenheter og helse – og smitteovervåkning av smolt og rogn (Larsen et al., 2020).

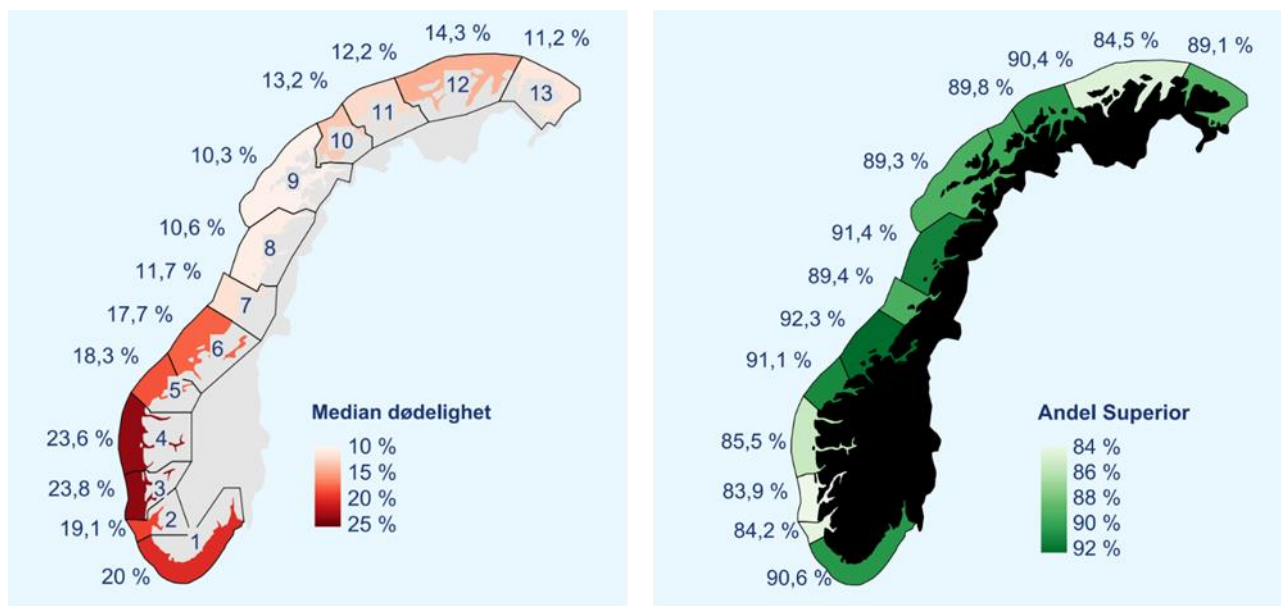
Det er med andre ord ikke bare anleggets fysiske plassering som spiller en rolle for påvirkning på miljø og oppdrettsfisken selv, men også hvilken type teknologi som brukes på anlegget sammen med hvilke biosikkerhetstiltak som er implementert i organisasjonen og hvordan og i hvor stor grad disse følges opp av bedriften og myndighetene.

4.8 Bruk av statistiske og matematiske modeller i sykdomsforebygging

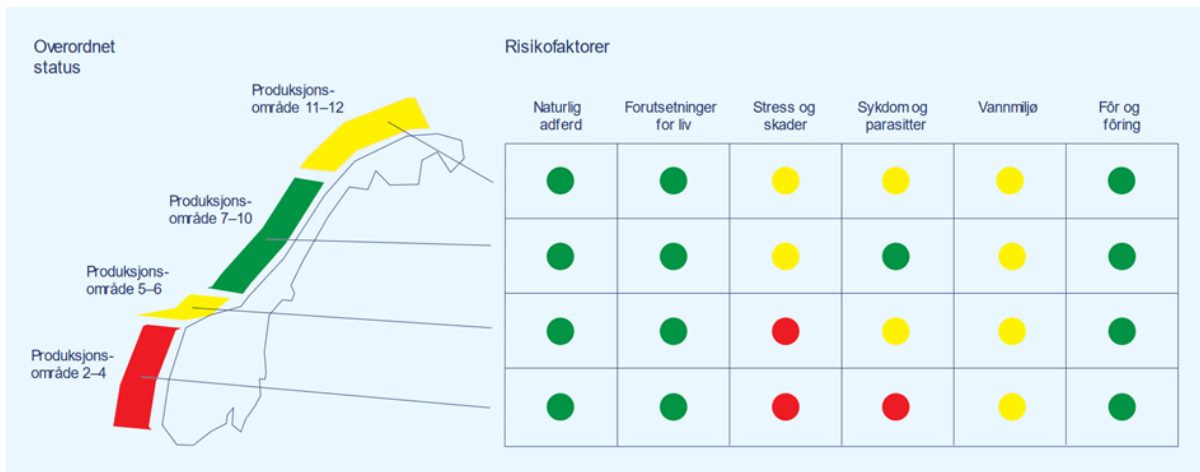
Deskriptiv statistikk, samt statistisk analyse, og hydrodynamiske og matematiske modeller kan gi god beslutningsstøtte ved implementering av biosikkerhetstiltak.

Hydrodynamiske og matematiske modeller gir verdifull informasjon om potensielle smitteforløp, som er essensielle for bekjempelse av både nye og eksisterende sykdommer. Kartlegging av smittenettverkene kan være svært gunstig for planlegging av bekjempelse av lus og sykdommer ved å identifisere muligheter for å bryte smittenettverket. Dette kan hjelpe til med å minke smittepresset innad og mellom anlegg og til villfisk. Flere matematiske modeller har blitt brukt og brukes for å forstå det komplekse samspillet mellom agens, vert og miljø (Grøner et al., 2016). Når det gjelder lus finnes det flere modeller som predikere infestasjonspresset fra anlegg og spredning av lus innad og mellom anlegg, både hydrodynamiske (Asplin et al., 2020; Asplin et al., 2014; Sandvik et al., 2016) og statistiske (Aldrin et al., 2017; Aldrin et al., 2019; Aldrin et al., 2013; Kristoffersen et al., 2014; Stige et al., 2021). Kartlegging av utvandringsrutene for laksesmolt, sammen med hydrodynamiske og matematiske modeller for lakselusspredning gir grunnlag for blant annet å bestemme optimale tiltak for å hindre smitte av lakselus til villaksen i utvandringsperioden (Johnsen et al., 2020; Kristoffersen et al., 2018; Sandvik et al., 2021; Stige et al., 2022).

Selv om sykdomsbyrden og dødeligheten i oppdrettsnæringen er økende på nasjonalt nivå, er det likevel store geografiske variasjoner både i dødelighet, sykdomsforekomst, og andel superiorfisk (Menon Economics, 2022; Riksrevisjonen, 2023; Sommerset et al., 2023). Figur 4.2 viser variasjon i dødelighet og andel superiorfisk, og figur 4.3 viser vurdering av velferdsstatus hos laks i åpne merder i sjø for de ulike produksjonsområdene i Norge. Identifisering av variasjon og på hvilket nivå (fiskegruppe, generasjon, anlegg, bedrift, produksjonsområde osv.) hovedtyngden av variasjonen ligger, gir verdifull informasjon om hvor man bør prioritere ressursbruk på å identifisere viktige risikofaktorer for eksempel for spredning av sykdom, eller økt risiko for død. Bruk av produksjonsdata er en relativt billig og enkel måte å beskrive og analysere variasjon og effekter av ulike tiltak og intervensjoner. Tilgang på høyoppløselig og standardiserte data, med sporbarhet gjennom livsløpet, er dermed en viktig faktor for å kunne gi gode råd vedrørende biosikkerhetstiltak. I tillegg kan identifisering av nivå variasjonen ligger på, gi viktig informasjon om hensiktsmessig bruk av incentiver. For eksempel er den store variasjonen i dødelighet mellom anlegg i samme produksjonsområde (Bang Jensen et al., 2020b) en indikasjon på at det kan være mer effektivt å implementere dødelighet som en bærekraftsindikator på anleggsnivå, enn på produksjonsområdenivå (Menon Economics, 2022).



Figur 4.2. Til venstre: Median dødelighet i fullførte produksjonssykluser per produksjonsområde, i perioden 2017-2022. Til høyre: klassifisering av slaktet laks per produksjonsområde, i perioden 2017-2022. Figurene er gjengitt fra Riksrevisjonens rapport «Myndighetenes arbeid med fiskehelse og velferd i havbruksnæringen», 2023.



Figur 4.3 viser vurdering av velferdsstatus hos laks i åpne merder i sjø, og bygger på kilder fra Havforskningsinstituttets Risikorapport for norsk fiskeoppdrett 2022.

4.9 Miljøpåvirkning av oppdrett

Siden oppdretten hovedsakelig foregår i åpne merder er miljøpåvirkning uungåelig (Grefsrud et al., 2023). Det er viktig å unngå økte utslipp, slik at det ikke oppstår problemer som påvirker miljøtilstandene negativt (Taranger et al., 2014). Organiske og uorganiske utslipp er betinget av en rekke faktorer som: tettheten av fisk, geografisk avstand mellom anlegg, vannstrøm, topografi, total mengde utslipp og utslippsstoffets egenskap (Grefsrud et al., 2023; Holmer, 2010; Holmer et al., 2005). Utover spredning av sykdomsfremkallende agens til mottakelige ville populasjoner, er annen viktig miljøpåvirkning av oppdrett utslippene før som ikke blir spist, fekalier fra fisken, kopper fra not-impregnering og løst nitrogen fra fisken (Anderson et al., 2005; Grefsrud et al., 2023; Strain & Hargrave, 2005). De forskjellige utslippene påvirker miljøet på forskjellige måter, men likheten mellom dem er at for høye utslipp kan gi problemer for miljøet. Noen av disse problemene er: redusert oksygeninnvå, eutrofi, og redusert artsmangfold/biodiversitet (Grefsrud et al., 2023; Strain & Hargrave, 2005). Lokasjoner som har god gjennomstrømning kan minke konsentrasjonen, og dermed redusere påvirkningsgraden av utslippene. De norske kyst- og fjordområdene er i utgangspunktet næringsfattige, og de fleste oppdrettsanleggene ligger i områder med god vannutskiftning. Dette gjør at nærings saltene kan raskt spres og fortynnes (Grefsrud et al., 2023). Risikoen knyttet til miljøeffekter som følge av økt tilførsel av nærings salter og partikulært organisk materiale vurderes som lav for alle produksjonsområder (Grefsrud et al., 2023). Akkumulering av kobber i bunnsedimenter på grunn av bruk av kobberimpregnering viser seg derimot å være høy i enkelte produksjonsområder. Som allerede nevnt har dessverre selve sykdomsbekjempelsen vært skadelig for ville populasjoner gjennom bruk av kjemikalier. Et eksempel på dette er bruken av medikamentelle behandlinger mot lakselus, der virkestoffet i medisinen ikke bare har vært skadelig for lusene, men også for krepsdyr. I tillegg er rømning og dermed fare for genetisk innblanding av oppdrettsfisk i ville bestander en trussel mot det biologiske mangfoldet. I Risikorapporten 2023 poengteres det at mangel på overvåkningsdata og forskning setter begrensninger for å estimere mulige effekter av nærings salter, partikulært organisk materiale, kobber eller avlusningsmidler fra fiskeoppdrett på sårbare naturtyper (Grefsrud et al., 2023).

4.10 Oppsummering

Det er store variasjoner i dødelighet både innad og mellom produksjonsområder, noe som vitner om at det finnes muligheter for forbedring av fiskehelsen nasjonalt. På lokaliteter med uakseptabel fiskehelse og velferd anbefales ikke ytterligere vekst uten at fiskehelse og velferd bedres samtidig som påvirkningene av lus på villaksbestanden og andre negative eksternaliteter holdes på et akseptabelt nivå. For øvrig må man komme til en felles enighet og definerte mål for hva som er akseptabel velferd og arbeidsbelastning for oppdrettsfisken og rensfisken. Det er dermed viktig at det videreutvikles verktøy for å klassifisere og vurdere velferdsstatus og nivået på belastninger oppdrettslaksen utsettes for. I tillegg vil standardiserte, høyoppløselige data med mulighet for å spore fiskegrupper gjennom hele livsløpet gjøre det mulig å bedre vurdere hvordan og hvilke

faktorer som påvirker utfallet av produksjon. I dag mangler for eksempel informasjon om hvilken type merdteknologi som brukes langs kysten, informasjon som kan forbedre smittemodellering.

I dag er det stor grad av enighet om de faglige prinsippene og hvilke elementer som inngår i beste praksis for smittesikring både i bransjen og i forvaltningen (Larsen et al., 2020). Det pekes likevel på vesentlige avvik fra det som anses som felles målbilde for beste praksis og dagens praksis. Det er blant annet stor variasjon mellom geografiske områder når det kommer til lokalitetsbruk, områdeorganisering og biosikkerhetspraksis i sjø. Det er heller ingen enhetlig praksis for bruk av generasjonssoner og branngater eller hvordan kjøreregler for utveksling av biologisk materiale, båter og utstyr skal utformes (Larsen et al., 2020). Pågående arbeid med etablering av et nasjonalt biosikkerhetsråd, forsterking av områdeorganiseringen, og etablering av felles standard, retningslinjer og myndighetsregulert ansvar ved blant annet teknisk design, vannbehandling og drift av brønnbåter, avlusningsenheter og helse –og smitteovervåking av smolt og rogn anbefalt i Larsen et al., 2020, er essensielle elementer for å ivareta en god biosikkerhet langs kysten.

Når det gjelder ivaretagelse av biosikkerhet langs kysten beskriver Larsen et al. (2020) en ideell situasjon ved nyetablering av matfiskproduksjon å blant annet inneholde følgende elementer: At strømmodeller og hydrodynamikk danner grunnlag for etablering av lokalitetsstruktur, driften er strukturert i brakkleggingsgrupper med felles brakklegging, område er selvforsynt med rogn, smolt, slakting og service som slipp, notvaskeri og lignende, at brønnbåt og servicebåter er dedikert til området, økt kunnskap om områdets bæreevne, krav til samarbeidsstrukturer for å ivareta fiskehelse og beredskap og erfaringsdatabase knyttet til biosikkerhet for utveksling av feil og erfaringer.

Ved storskala implementeringen av for eksempel håndteringskrevende ikke-medikamentelle avlusninger har ikke fiskens biologi blitt ivaretatt. Det burde stilles høyere krav til dokumentasjon ved utvikling av ny teknologi med hensyn på fiskevelferd, og hva som er akseptabel bruk av andre arter som ulike type rensefisk. I tillegg peker Riksrevisjonen på at myndighetene ikke har iverksatt tilstrekkelige tiltak for å redusere vedvarende utfordringer med sykdommer og dårlig fiskevelferd i havbruksnæringen (Riksrevisjonen, 2023).

Optimalt arealbruk langs kysten er krevende både for næring og myndighet. Oppdrett er kontekstuell i tid og rom, med mange faktorer må hensyntas, som kan endre seg over tid og ha motstridende interesser. Den komplekse interaksjonen og dynamikken rundt oppdrett av laksefisk gjør det vanskelig å finne en institusjonell ordning som blir oppfattet av alle brukere som legitim, rettferdig og effektiv i alle sammenhenger (Pettersen et al., 2015a). Framtidige begrensninger på vekst knyttet til fiskehelse og -velferd må også ses i sammenheng med innføring av nye reguleringer og virkemidler som gir oppdretterne sterkere incentiver og bedre muligheter til å investere i teknologier som kan gi bedre fiskevelferd og lavere utslipp, samt ikke er urettferdig mot oppdrettere som har god praksis og gode resultater med hensyn på fiskevelferd, luseutslipp m.m. For at oppdrettsnæringen skal bli bærekraftig, må de strukturelle utfordringene som adresseres for eksempel både i Larsen et al. (2020) og av Riksrevisjonen (2023) håndteres, og en nasjonal, helhetlig og langsiktig biosikkerhetsstrategi må på plass.

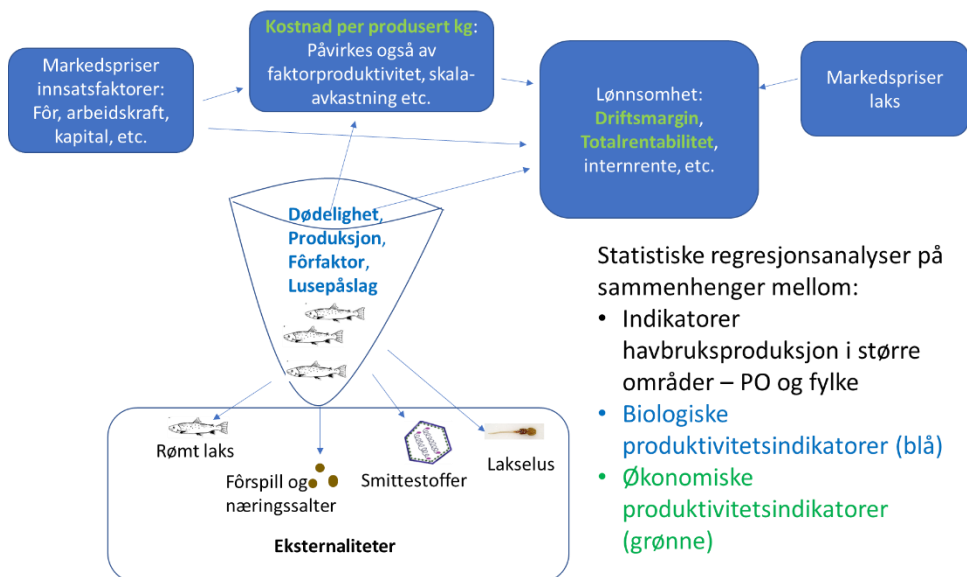
Bærekraftig bruk av kystarealene er avhengig av hvor godt biosikkerhet, utslipp, rømning og ikke minst oppdrettsfiskens helse og velferd er ivaretatt i den teknologiske utviklingen av både nye oppdrettsløsninger og bruk av etablert teknologi. For å oppnå dette må det tilrettelegges for datadeling på tvers av selskaper, geografiske områder og mellom ulike interessenter, implementering av incentiver som fremmer beste praksis i næringen, og enda bedre samarbeidet mellom næring, myndighet og forvaltning.

5. FRA BIOLOGI TIL ØKONOMI

I dette kapitlet analyserer vi sammenhenger mellom biologi og økonomi på lokalitetsnivå og større områdenivåer. Formålet er å forstå i hvilken grad det er sammenhenger mellom hvor intensivt havbruksnæringen bruker lokaliteter og biologisk og økonomisk ytelse, og i hvilken grad det er sammenhenger mellom hvor intensivt havbruksnæringen bruker større kystområder og biologisk og økonomisk ytelse.

Figur 5.1 viser at den bedriftsøkonomiske lønnsomheten til oppdrett av laksefisk er påvirket av prisene på en rekke innsatsfaktorer som fôr, arbeidskraft, kapital, osv. og markedsprisen på den slakteklare fisken. Produksjonskostnadene til selskaper vil variere pga. forskjeller i produktivitet, dvs. hvor effektivt de anvender innsatsfaktorer slik som fôr o.l. (økonomiske produktivetsindikatorer). Videre vil egenskaper hos fisken (genetikk, avl) samt utbrudd av sykdommer og lakselus, dødelighet og påfølgende effekter på fiskens tilvekst også påvirke produksjonskostnader og lønnsomheten (biologiske produktivetsfaktorer).

Den samfunnsøkonomiske verdiskapingen i tillegg til det bedriftsøkonomiske overskuddet består også av de eksterne virkninger (fordeler og kostnader) selskapenes aktivitet har på samfunnet for øvrig. Utslipp av lus, rømning, sykdommer og overbelastning av lokale bunnforhold kan representere kostnader for samfunnet, mens andre aktiviteter (FoU, agglomerering o.l.) kan gi fordeler for samfunnet. Det samfunnsøkonomiske regnskapet er derfor mer omfattende enn det bedriftsøkonomiske.



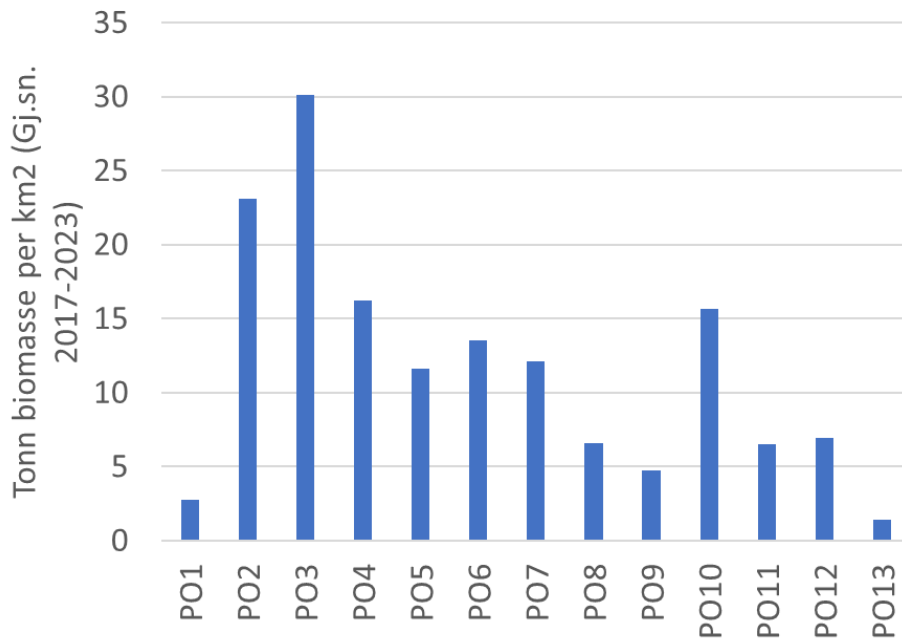
Figur 5.1: Analyser av sammenhenger mellom biologi og økonomi

Økt tetthet av fisk i et geografisk område vil redusere avstanden sykdomsfremkallende agens eller parasitter må bevege seg for å komme fra en oppdrettsfisk til en annen. En vil derfor forvente en positiv sammenheng mellom fisketetthet/lokalitetstetthet og hyppigheten av sykdomsutbrudd/lakselusmitte. Og dermed økonomiske effekter, for eksempel økte produksjonskostnader eller reduserte overskudd i et gitt geografisk område. I hvilken grad dette er tilfelle, og omfanget av konsekvensene er imidlertid lite studert. Dette til tross for at slik kunnskap vil være viktig i samfunnets arealplanlegging og selskapenes beslutninger om størrelse på utsett og fisketetthet gitt også andre selskapers driftsbeslutninger.

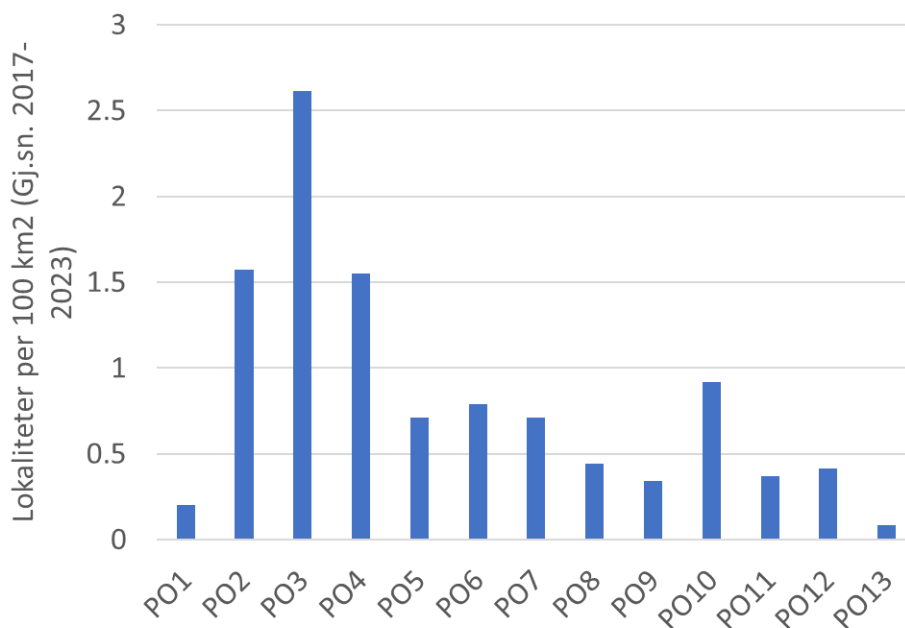
I dette kapitlet undersøker vi statistiske sammenhenger mellom biologiske (f.eks. dødelighet) og økonomiske variabler (produksjonskostnad, driftsmargin) på den ene siden og mengde biomasse (biomasse per kvadratkilometer) og tetthet av lokaliteter (antall lokaliteter per kvadratkilometer) på den andre siden. Analysene er basert på datasett med selskapsspesifikke økonomiske variabler og biomasse, produksjon, dødelighet osv. på lokalitetsnivå over perioden 2012-2022. Vi bruker økonometriske regresjonsanalyser siden

modellene gjør det mulig å isolere enkelteffekter fra biomasse- og lokalitetstetthet ved å samtidig kontrollere for en rekke faktorer som også kan påvirke de økonomiske og biologiske utfallene.

Figur 5.2 viser at det er store forskjeller i mengde fiskebiomasse per kvadratkilometer langs kysten. Den høyeste fisketettheten finnes på Vestlandet PO2-PO3, og tettheten faller jo lenger nord en kommer, med unntak av PO10 som har relativ høy biomassetetthet. Tilsvarende trender ser en også for tettheten av lokaliteter (figur 5.3)

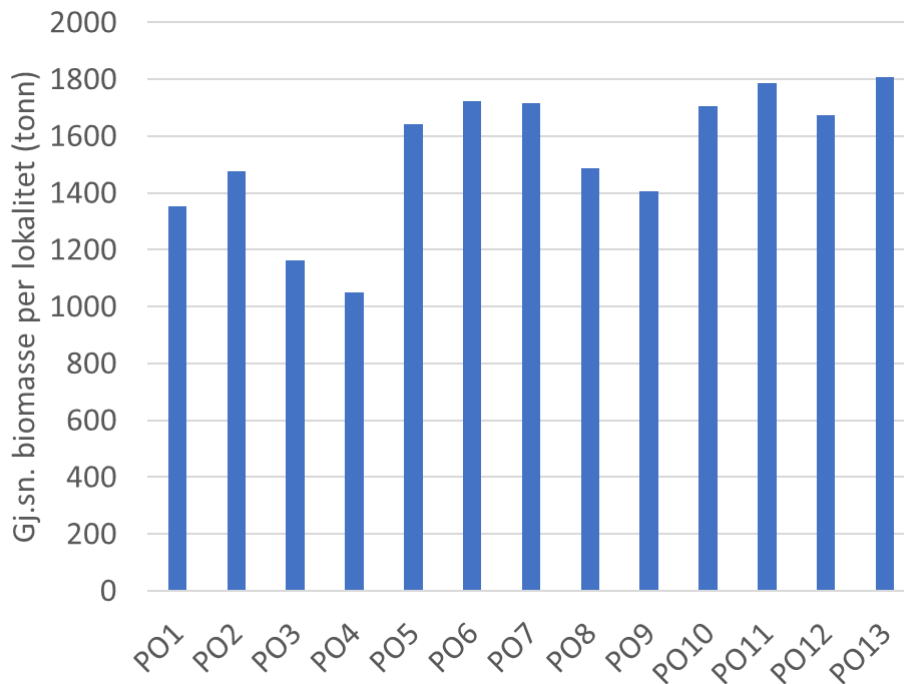


Figur 5.2: Store forskjeller i biomasse per km² mellom produksjonsområder. Datakilde: Fiskeridirektoratet.



Figur 5.3: Store forskjeller i lokalitetstetthet mellom produksjonsområder (antall aktive lokaliteter per km²). Datakilde: Fiskeridirektoratet.

Figur 5.4 viser imidlertid at lokaliteter i sørlige deler av kysten tenderer til å ha mindre biomasse enn lokaliteter i midtre og nordlige deler av kysten.



Figur 5.4: Gjennomsnittlig fiskebiomasse per lokalitet i ulike produksjonsområder. Datakilde: Fiskeridirektoratet.

De økonometriske modellene er ikke vist i sin helhet her, men resultatene er gjengitt i tabellene og figurene under. Modellene analyserer sammenhengen mellom enten biologiske variabler som dødelighet eller økonomiske variabler som kostnader og lønnsomhet, og biomasse eller lokalitetstetthet som forklaringsfaktorer. Modellene kontrollerer for tilleggsfaktorer som sjøtemperatur, biomasse per lokalitet, og års- og månedseffekter.

Effektene av biomasse og lokalitetstetthet på biologiske produktivetsindikatorer presenteres i tabell 5.1 / figur 5.5: fiskedødelighet, tabell 5.2: økonomisk førfaktor og tabell 5.3: lusetellinger. Effektene på økonomiske produktivetsindikatorer analyseres i figur 5.6: produksjonskostnader og figur 5.7: driftsmargin. Figur 5.8 viser også hvordan størrelse av lokaliteter påvirker lønnsomheten.

De statistiske modellene viser at dødelighet, økonomisk førfaktor og påslag av lus øker signifikant med tetthet av lokaliteter og biomasse av levende laks per km² sjøareal (se tabeller 5.1-5.3). Altså, i gjennomsnitt vil en vesentlig økning i biomassen og produksjonen føre til dårligere (og til dels uakseptable) biologiske resultater. Videre finner vi at også på lokalitetsnivå svekkes i gjennomsnitt de biologiske resultatene med økt biomasse.

Tabell 5.1: Sammenhenger mellom dødelighetsrate og ulike indikatorer for bruk av produksjonsområder og lokaliteter.

Variabel	Effekt (1.orden)	Effekt (2.orden)	Sjøtemperatur	Biomasse per lokalitet	Årseffekter	Månedseffekter
Biomasse per km2	+				X	X
Biomasse per km2	0	0			X	X
Biomasse per km2	+		+		X	X
Biomasse per km2	+			+	X	X
Lokaliteter per km2	+				X	X
Lokaliteter per km2	+	-			X	X
Lokaliteter per km2	+		+		X	X
Lokaliteter per km2	+			+	X	X
Biomasse per lokalitet				+	X	X

“+”: Statistisk signifikant positiv effekt, “-”: Signifikant negativ effekt, “0”: Ingen signifikant effekt.

Tabell 5.2: Sammenhenger mellom økonomisk førfaktor og ulike indikatorer for bruk av produksjonsområder og lokaliteter.

Variabel	Effekt (1.orden)	Effekt (2.orden)	Sjøtemperatur	Biomasse per lokalitet	Årseffekter	Månedseffekter
Biomasse per km2	+				X	X
Biomasse per km2	+	0			X	X
Biomasse per km2	0		+		X	X
Biomasse per km2	+			+	X	X
Lokaliteter per km2	+				X	X
Lokaliteter per km2	+	0			X	X
Lokaliteter per km2	0		+		X	X
Lokaliteter per km2	+			+	X	X
Biomasse per lokalitet				+	X	X

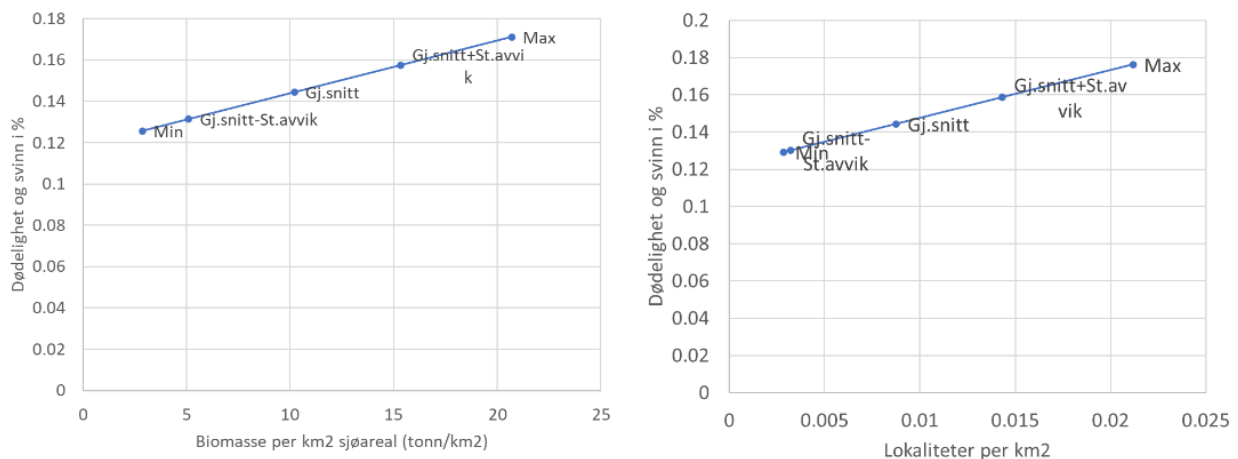
“+”: Statistisk signifikant positiv effekt, “-”: Signifikant negativ effekt, “0”: Ingen signifikant effekt.

Tabell 5.3: Sammenhenger mellom gj.sn antall voksne hunnlus per fisk og ulike indikatorer for bruk av produksjonsområder og lokaliteter.

Variabel	Effekt (1.orden)	Effekt (2.orden)	Sjøtemperatur	Biomasse per lokalitet	Årseffekter	Månedseffekter
Biomasse per km2	+				X	X
Biomasse per km2	+	-			X	X
Biomasse per km2	+		+		X	X
Biomasse per km2	+			+	X	X
Lokaliteter per km2	+				X	X
Lokaliteter per km2	+	-			X	X
Lokaliteter per km2	+		+		X	X
Lokaliteter per km2	+			+	X	X
Biomasse per lokalitet				+	X	X

“+”: Statistisk signifikant positiv effekt, “-”: Signifikant negativ effekt, “0”: Ingen signifikant effekt.

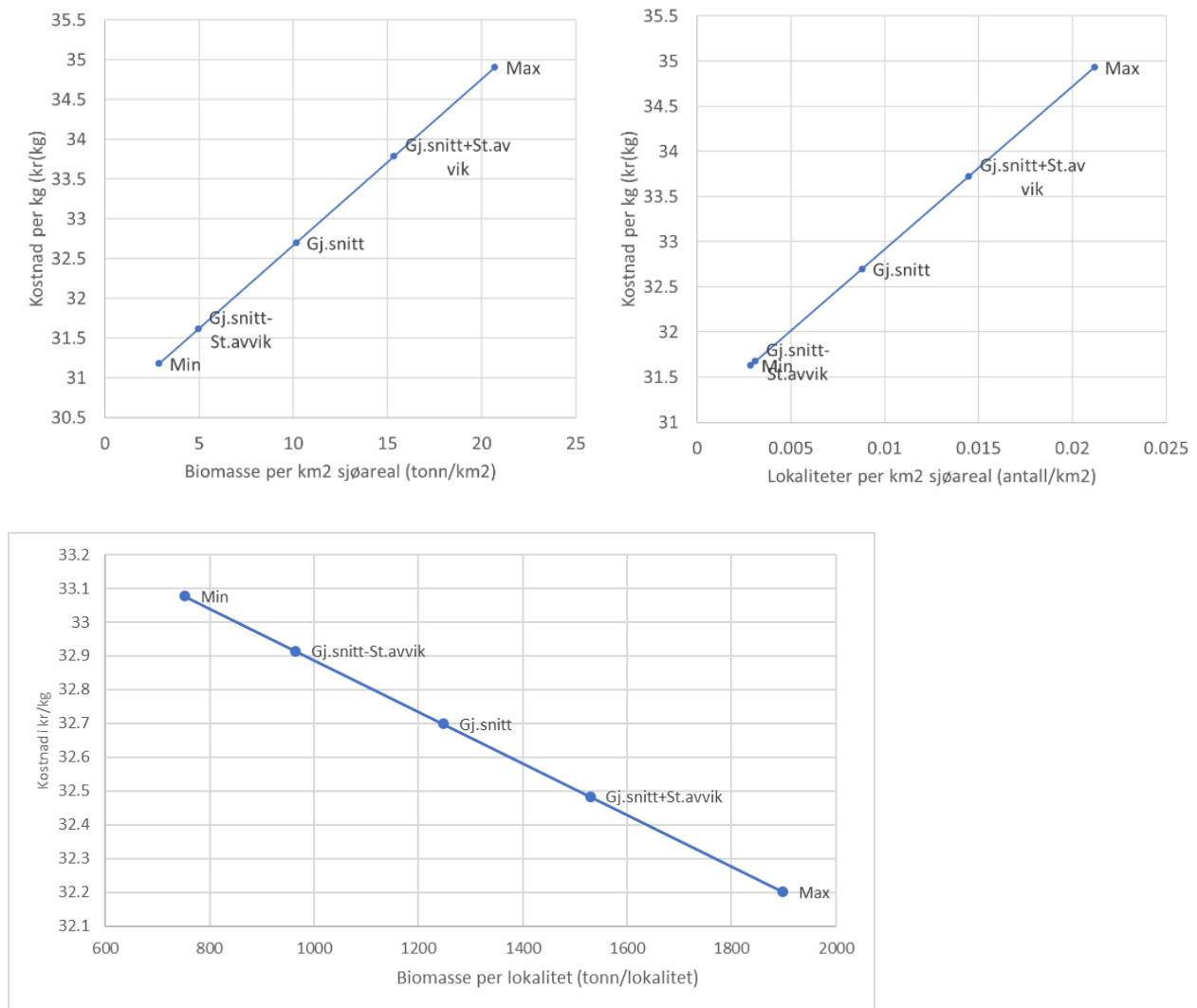
Figur 5.5 viser prediksjonene fra de statistiske regresjonsmodellene av økt tetthet på dødelighet og svinn. Den horisontale aksene viser et utfallsrom som går fra de regionene med lavest tetthet til høyest tetthet. Det er en statistisk signifikant sammenheng mellom dødelighet og tetthet målt ved både biomasse per km2 og antall lokaliteter per km2.



Figur 6.5: Sammenhenger mellom indekser for arealbruk og dødelighet: Regresjonsmodeller på årlige fylkesdata.

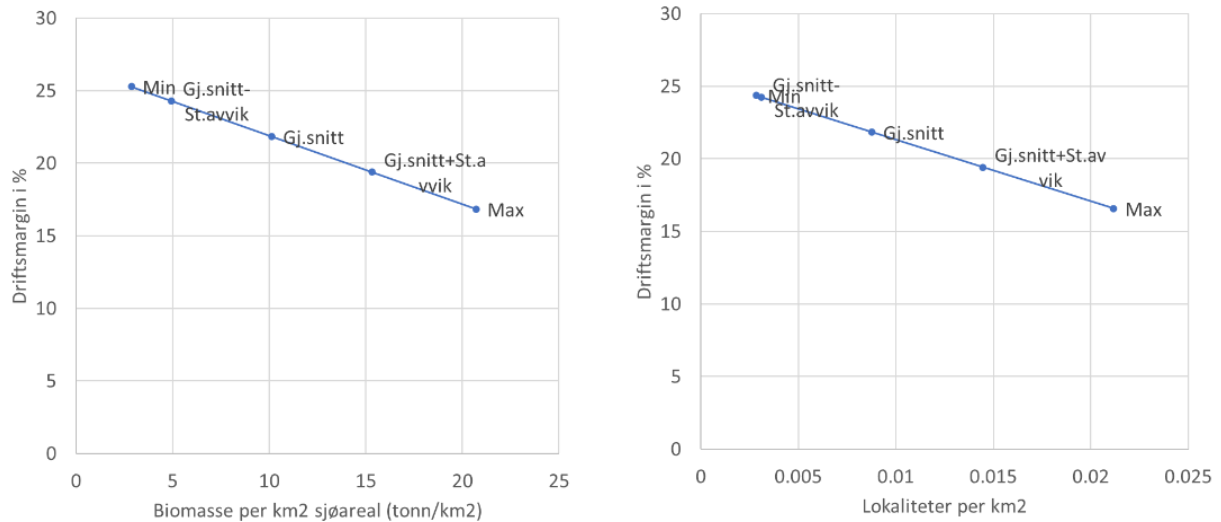
De statistiske regresjonsmodellene på de økonomiske resultatene gir mer sammensatte funn. Produksjonskostnadene per kg øker med biomassetetthet og antall lokaliteter i et større område (øvre del av

figur 5.6). Men produksjonskostnadene er samtidig stabile eller synker med økt biomasse på lokalitetsnivå (nedre del av figur 5.6.). Det ser ut til å være økonomiske stor driftsfordeler ved å ha større lokaliteter.

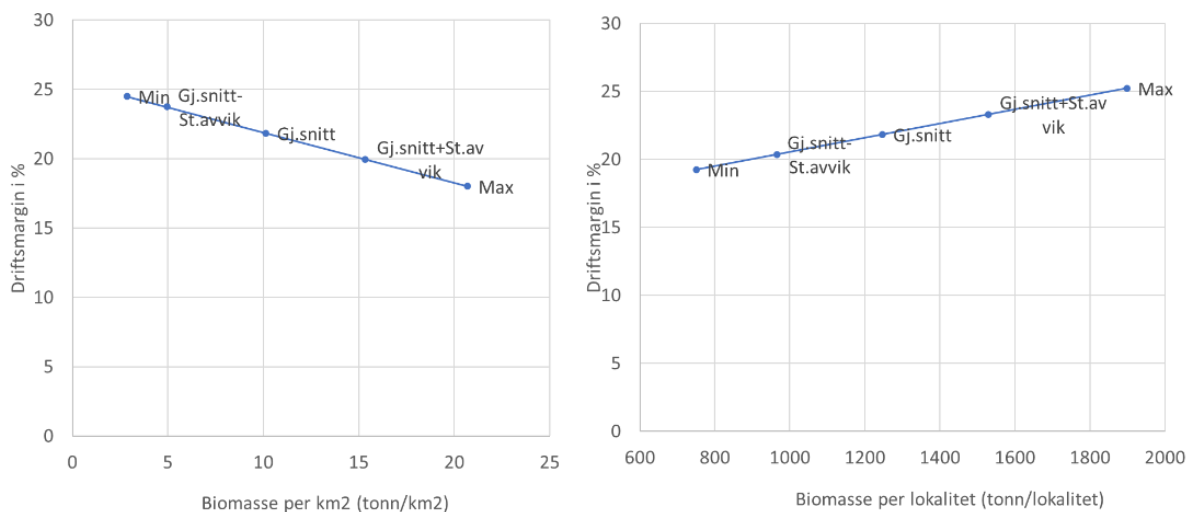


Figur 5.6: Sammenhenger mellom indekser for arealbruk og kostnader per kg: Regresjonsmodeller på årlige fylkesdata.

Lønnsomheten målt ved driftsmargin synker med biomasse og antall lokaliteter i et større område (figur 5.7.). Men driftsmarginen øker med høyere biomasse på lokaliteter (figur 5.8, høyre panel). Ut fra økonomiske hensyn bør vi altså konsentrere biomassen på færre og større lokaliteter. Samtidig handler dette om å finne lokaliteter som har egenskaper som gir gode livsbetingelser for laksen, og en akseptabel belastning på det lokale marine miljøet.



Figur 5.7: Sammenhenger mellom indekser for arealbruk og driftsmargin: Regresjonsmodeller på årlige fylkesdata.



Figur 6.8: Sammenhenger mellom indekser for arealbruk og driftsmargin: Regresjonsmodeller på årlige fylkesdata.

Følgende er en oppsummering av resultatene:

- Biologisk ytelse svekkes med økende biomasse og antall lokaliteter i et område (PO, fylke). Effektene viser en tendens til økt dødelighet, økonomisk fôrfaktor, og lusetellinger med økende tetthet av både biomasse og lokaliteter per kvadratkilometer.
- Effekten på biologisk ytelse av økt biomasse på lokalitetsnivå er mer blandet,
- Produksjonskostnader per kilo oppdrettsfisk øker med mengde biomasse og antall lokaliteter i et område (fylke), men er stabile eller synker med økt biomasse på lokalitet. Dette viser at bildet er sammensatt.
- Driftsmargin reduseres med biomasse og antall lokaliteter i et område (PO, fylke)

- Driftsmargin øker med biomasse på lokalitet

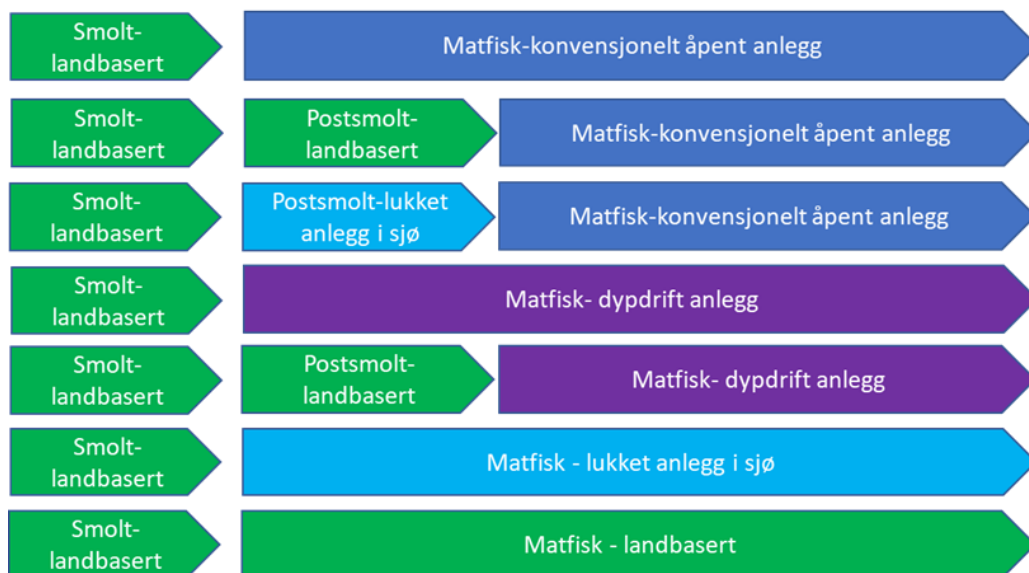
Det er viktig å være varsomme i bruken av disse statistiske funnene. Vi understreker at de statistiske resultatene er gjennomsnittlige sammenhenger. Det er lokaliteter med mye biomasse som har god overlevelse og tilvekst, og det er områder med høy anleggstetthet og mye biomasse per km² som har gode biologiske resultater. Utfordringen er å identifisere lokaliteter med gode naturgitte forhold for å ha mye levende laks med god velferd, og ha «state-of-the-art» teknologier og drift som bidrar til dette. Også for større områder i kystsonen er det mulig øke biomassen av laks med en kunnskapsbasert lokalitetsstruktur, og en hensiktsmessig koordinering av produksjon, brakklegging og andre tiltak for å styrke biosikkerheten. De statistiske resultatene er basert på et datasett med biologiske og økonomiske utfall som var et resultat av den kunnskap, teknologi og drift man hadde i dataperioden 2012-2022. Jobben til næring og samfunn er å bygge ny kunnskap og innovere i teknologier og drift som kan «knekke» de negative statistiske sammenhengene som vi finner.

6. BÆREKRAFTIG HAVBRUKSPRODUKSJON GJENNOM INCENTIVER FOR TEKNOLOGIVALG

I dette kapitlet vurderer vi hvordan samfunnet kan oppnå mer bærekraftig produksjon i kystsonen, herunder akseptable miljøeffekter og god velferd og helse for laksen, gjennom samfunnsøkonomisk effektive reguleringer som gir gode incentiver til innovasjon. Den nylig publiserte NOUen fra havbruksutvalget peker retning på dette området.

Foregående kapitler peker på nødvendigheten av å begrense populasjonen av lakselus samtidig som velferden til oppdrettslaksen blir ivaretatt. Det fins i dag en rekke metoder for å redusere antall lus i anlegg når de allerede har festet seg på laksen. Behandlingsmetoder vil også være en del av verktøykassen i fremtiden. Men samtidig er det også betydelige utfordringer knyttet til behandlinger i forhold til fiskevelferd, dødelighet og kostnadseffektivitet.

Det fins i prinsippet en rekke teknologiske konsepter for å hindre påslag av lakselus på oppdrettslaks og reproduksjon av denne. Figur 6.1 viser at det er flere konfigurasjoner av produksjonsformer i ulike faser av produksjonskjeden, som har ulike egenskaper når det gjelder lusepåslag, fiskevelferd og -helse, energibruk, og teknologisk modenhet. Semi-lukkede anlegg i sjø og dypdrift anlegg representerer muligheter for å hindre påslag og begrense lakseluspopulasjonen. Av flere grunner går innføringen av slike teknologier sakte. I dette kapitlet drøfter vi politikk og tiltak som kan bidra til en helhetlig samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruksnæringen, som omfatter produksjonssystemer som ikke bidrar til reproduksjon av lakselus.



Figur 6.1: Ulike konfigurasjoner av produksjonsformer i innaskjærs havbruk

6.1 Samfunnets politiske mål og reguleringer for havbruk

Regjeringens overordnede politikk slik den er uttrykt i Stortingsmelding 16 (2014-2015) "Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett", er å (s. 9-12):

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

I dag er lakselus det eneste miljøparameteret som regulerer veksten i havbruksproduksjonen (MTB) av laksefisk i geografiske områder langs kysten gjennom trafikkløssystemet og produksjonsområdene (produksjonsområdeforskriften). På lokalitetsnivå begrenses produksjonen av en lokalitetstillatelse, som

omfatter en maksimal tillatt biomasse for lokaliteten (MTB) basert på vurderinger av lokalitetens bæreevne. For en lokalitet vil også målt påslag av lus på oppdrettslaksen være basis for å få kjøpe vekst i MTB.

6.2 Samfunnsøkonomisk effektiv regulering av åpen og lukket havbruksteknologi

Havbruk er en produksjon som kjennetegnes ved at den kan påføre andre aktører i samfunnet negative eksterne kostnader i form av smittepress, f.eks. sykdommer og lakselus, og andre typer negative påvirkninger.^[1] Dette ligger også implisitt i myndighetenes overordnede politikk for havbruk. Myndighetene sin oppgave er å lage reguleringer som er samfunnsøkonomisk effektive ved at de sikrer at (1) påvirkningene fra havbruksproduksjon i et *influensområde*^[2] er innenfor akseptable nivåer for samfunnet, samtidig som (2) havbruksselskapene selv får velge teknologier og driftsstrategier som gir høyest bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

Innovasjoner har nå gitt samfunnet anleggsteknologier med ulik påvirkning på det marine miljøet. Vi kan definere en anleggsteknologi som «åpen» hvis den har påvirkning på miljøparametere som samfunnet velger som indikator for regulering av vekst i produksjon, mens en anleggsteknologi er «lukket» hvis den ikke har påvirkning på miljøparametere som samfunnet regulerer, eller svært lav påvirkning. En «lukket» anleggsteknologi kan ha noen typer utslipp som ikke er relevante for regulering av vekst, men som kan være relevante for tillatelse til å bruke en lokalitet og produksjonsvolumet på en lokalitet (lokalitets-MTB), f.eks. utslipp av slam og næringssalter. Det er naturlig å tenke på det som omtales som lukkede og semi-lukkede sjøanlegg i denne sammenheng, men også dypdrift teknologier (også kalt nedsenkbare teknologier) som i praksis har ingen eller svært lave bidrag til lusepopulasjonen kan omfattes av dette. I det følgende vil vi også bruke «lavutslipp» teknologier eller det strengere «0-utslipp» teknologier, og dette kan omfatte dypdrift anlegg og lukked/semi-lukkede anlegg.

Norge har store forpliktelser når det gjelder å redusere klimagassutslipp, gjennom Paris avtalen og EUs «Green Deal». I framtiden kan vi forvente at klimagassavtrykk vil vektes høyere i politikk og reguleringer. Da blir det også et viktig parameter for ulike anleggsteknologier. I dag er konvensjonelle åpne anlegg, når de har god fiskevelferd og lav dødelighet, klart mest effektivt når det gjelder energibruk og implisitte klimagassavtrykk, fordi de bruker vannmassene på en effektiv måte.

En samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruk er en regulering som sikrer at havbruksnæringen gir oppdrettslaksen akseptabel velferd og helse, og ikke overskrider grenser for miljøavtrykk som samfunnet har satt samtidig som verdiskapingen i næringen maksimeres. En samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruk (som omfatter både åpne og lukkede teknologier) bør ha følgende egenskaper:

- Reguleringen skal sikre at større resipientområder i kystsonen utnyttes på en effektiv måte ved at åpne og lukkede anlegg produserer på de lokaliteter som er mest hensiktsmessige for de respektive teknologier. Åpne anlegg vil tendere å produsere på lokaliteter med god vannutskiftning og gunstig beliggenhet i forhold til potensielt smittepress fra/til andre anlegg, vill laksefisk etc. Lukkede anlegg kan ha fortrinn i produksjon på lokaliteter hvor åpne anlegg er mindre effektive og bærekraftige på grunn av vannutskiftning, topografiske forhold, og andre forhold. Ved en samfunnsøkonomisk optimal geografisk konfigurering av åpne og lukkede anlegg i et influensområde får samfunnet en større bærekraftig produksjon og verdiskaping innenfor definerte tålegrenser for miljøet enn når bare åpne anlegg benyttes.^[3]
- Reguleringen skal ikke være avhengig av at myndighetene har full kunnskap om alle de tekniske egenskapene til anleggsteknologier og deres kostnader, bare at anlegg er prekvalifisert eller sertifisert i forhold til de typer påvirkninger som samfunnet regulerer (f.eks. lakselus), og at de nødvendige miljøparametere til anlegget blir målt gjennom produksjonsprosessen og rapportert til myndighetene.^[4]
- Reguleringen skal gjøre det mulig for et havbruksselskap å selv velge hvilke deler av produksjonssyklusen fra smoltutsett til slakteklar fisk som skal gjennomføres i åpne anlegg eller lukkede anlegg så lenge driften tilfredsstillende krav til biosikkerhet og miljøpåvirkning. Ved å tillate lukket-åpen fleksibilitet så kan bl.a. selskapene tilpasse seg sesongvariasjoner i temperaturer, sykdomssmitte, lusepåslag og vandring av vill lakse smolt i kystsonen. For ulike deler av kysten vil den samfunnsøkonomisk optimale tilpasningen mellom lukket og åpen teknologi være forskjellig. Delvis

lukking av produksjonssyklusen kan både øke produktiviteten i selve lakseoppdrettet og redusere de negative eksterne kostnadene for samfunnet.

- Reguleringen skal gjøre det mulig å konvertere produksjonskapasitet (MTB) fra åpen til lukket teknologi et influensområde. Spesielt når et influensområde overskrider en tålegrense for ytterligere påvirkning fra havbruk - jfr. at et produksjonsområde blir «gult» eller «rødt» - kan det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å opprettholde eller øke produksjonen ved å konvertere fra åpen til lukket teknologi.
- Reguleringen skal gjøre det mulig for et havbruksselskap å konvertere en åpen MTB-tillatelse til lukket MTB-tillatelse med et forholdstall «lukket MTB / åpen MTB» som er slik at dette er bedriftsøkonomisk lønnsomt for selskapet når dette også er samfunnsøkonomisk lønnsomt.
- Reguleringen skal være utformet slik at når et havbruksselskap lukker deler av sin produksjon og dermed reduserer sine utslipp skal ikke andre havbruksselskaper i samme resipientområde som ikke lukker sin produksjon få mulighet til å øke sin produksjon i åpne anlegg, smittepress og utslipp til miljøet «gratis». Åpne havbruksanlegg vil uansett kunne ha økonomiske fordeler av at noe produksjon lukkes dersom dette fører til mindre smittepress eller mindre risiko for at myndighetene vil redusere produksjonskapasiteten i området.
- For åpen produksjonsteknologi skal reguleringen bare tillate en vekst i produksjonen i et influensområde som er slik at miljøpåvirkningene fortsatt er innenfor akseptable nivåer (jfr. produksjonsområde med grønt trafikklys, altså lav luseindusert påvirkning på villaks). Dersom påvirkningene er over akseptable nivåer må disse reduseres (jfr. produksjonsområde med rødt trafikklys, altså høy luseindusert påvirkning på villaks). En reduksjon i den negative påvirkningen kan skje gjennom at en tilstrekkelig andel av den åpne produksjonen lukkes. Dagens mekanisme i trafikklyssystemet ved «rødt» lys, med tvungen reduksjon av åpen produksjon (MTB) uten andre mulige alternativer, gir et samfunnsøkonomisk velferdstap i forhold til en mekanisme som også tillater konvertering av produksjon til lukket teknologi. Dette samfunnsøkonomiske velferdstapet kommer til uttrykk ved redusert verdiskaping, og dermed mindre kapitalinntekter til eiere, lønnsinntekter til sysselsatte og skatteinntekter til offentlig sektor. I stedet for en 6% reduksjon i MTB kan MTB konverteres til lukkede anlegg.
- Prismekanismen og prisnivået som samfunnet velger for ny kommersiell lukket og åpen produksjonskapasitet (MTB) kan påvirkes av følgende hensyn: (a) Internasjonal konkurransevne til havbruksnæringen og konsekvensene for vekst i verdiskaping og sysselsetting langs kysten, som avhenger mye av relative produksjonskostnader, (b) klima- og miljøutslipp, og hvordan prising av produksjonskapasitet påvirker balansen mellom investeringer i landbaserte anlegg, åpne anlegg i sjø og lukkede anlegg i sjø, (c) skatteinntekter på kort sikt til lokalsamfunn og staten gjennom salg av MTB versus skatteinntekter på lang sikt basert på verdiskapingen i havbruksnæringen, hvor en feil innretning eller prising kan senke investeringer og skatteinntekter på lang sikt, (d) mulighet for etablering av nye innovative selskap med begrenset tilgang til kapitalmarkedet. Prisen på ny kapasitet vil påvirke nåverdien til investeringen i et anlegg^[6]. For lukket teknologi vil en lav pris muliggjøre etablering av nye aktører og vekst i verdiskaping og arbeidsplasser. Et forhold som også må hensyntas er at lukket teknologi vil ha høyere investeringskostnader i anlegg enn åpne anlegg per kilo produsert laks.^[6] For lukkede landbaserte anlegg er MTB gratis, mens i sjø er det svært høye MTB priser drevet opp av rasjonering av nytt MTB volum i åpne anlegg gjennom trafikklyssystemet og auksjonsprising, som i praksis gjør investering i lukkede anlegg ulønnsomt.^[7]

6.3 Kunnskapsstatus lukkede/semi-lukkede sjøanlegg

Kunnskap om den biologiske, tekniske og økonomiske ytelsen til lukkede sjøanlegg får vi gjennom praktiske erfaringer med produksjon med levende fisk, og dokumentasjon av denne. For samfunnet vil systematisk forskningsbasert dokumentasjon og analyse være å foretrekke. Vi har identifisert 13 anlegg som har hatt levende fisk, som vist i figur 6.2, og en rekke anlegg som ikke har blitt bygget eller det gjenstår å få erfaring med fisk, som vist i figur 6.3. Det fins noen forskningsbaserte studier som har samlet data og analysert ulike biologi- og miljø-variabler, men det gjenstår mye arbeid med innsamling og analyse av data om biologi-, miljø-, teknologi- og økonomi-variabler før samfunn og næring har tilfredsstillende kunnskap. Eksempler på

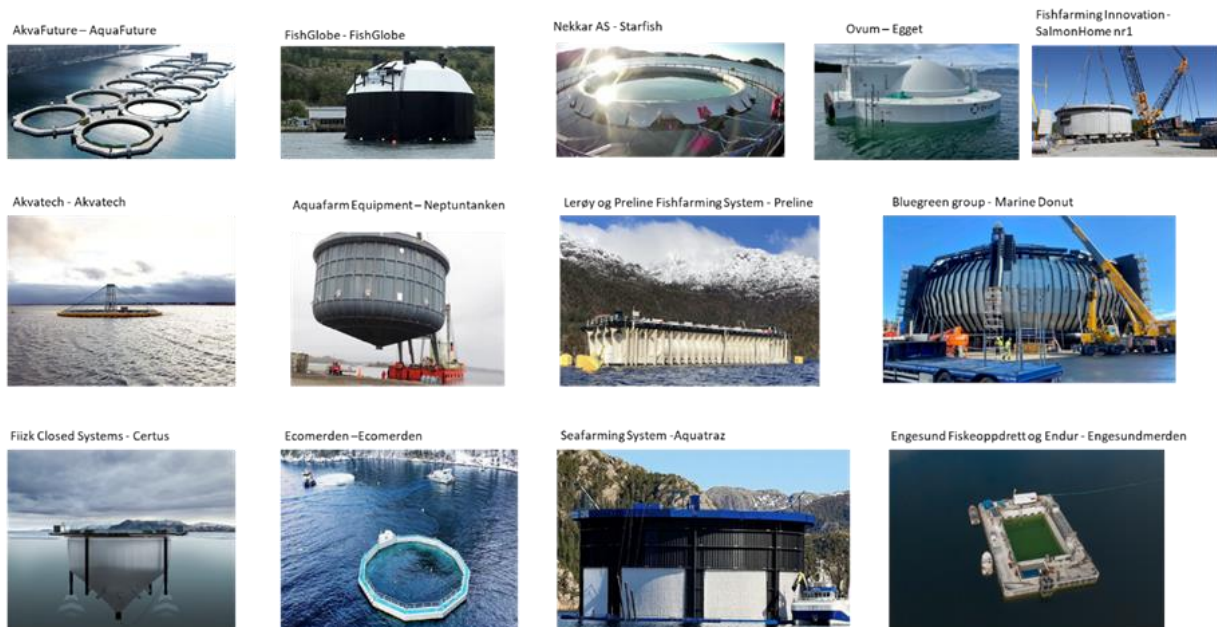
konsepter hvor det har blitt gjort vitenskapelige studier er AkvaFuture (Nilsen et al, 2017, 2019, 2020), FishGlobe (Lazado et al, 2022) og Preline (Kleppa Øvrebø et al, 2022).

Semi-lukkede anlegg pumper typisk inn vann fra større vanddyb hvor det ikke er lakselus. I perioder gir dette også vann med gode temperatur- og oksygenforhold for laksen, og som har lite smittestoffer. I andre perioder kan temperaturene i dypere vannlag være lave, det kan være lave oksygen nivåer, og det kan også være smittestoffer i dypere vannlag. Det er flere eksempler på at lukkede/semi-lukkede anlegg har oppnådd gode biologiske resultater med god fiskevelferd, høy overlevelse og høy kvalitet. Men det er også eksempler på problemer med fiskevelferd, sårlidelser, sykdommer og kvalitetsnedgradering.

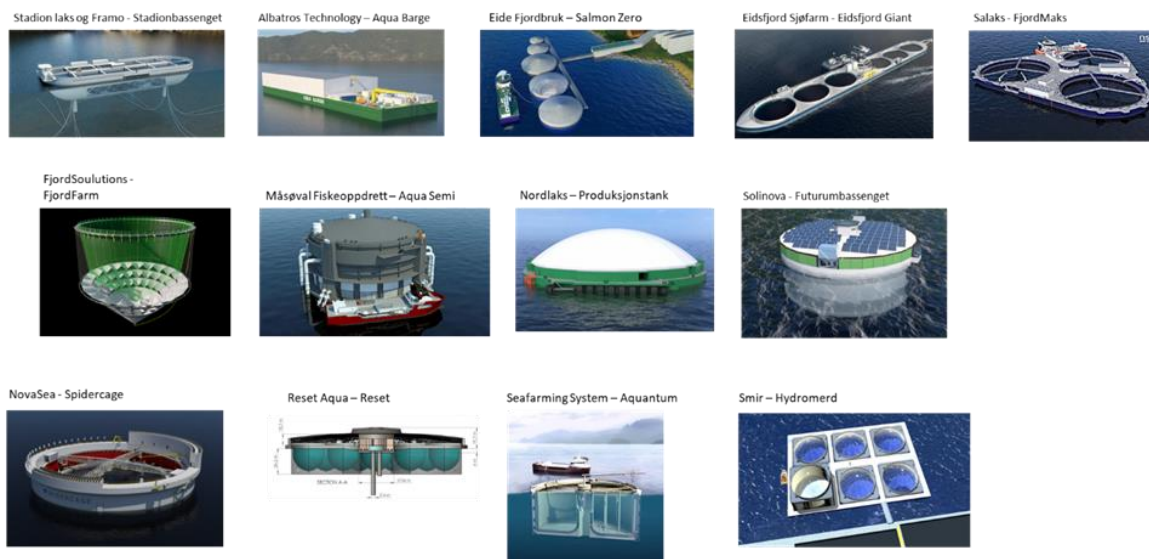
Når vi skal forsøke å oppsummere kunnskapsstatus for lukkede sjøanlegg kan det beskrives som følger:

- (1) Lukkede sjøanlegg bidrar ikke til reproduksjon av lakselus og kan derfor anses som en 0-lus teknologi,
- (2) for oppdrettslaksen er det betydelige variasjoner i dyrevelferd, sykdommer og ulike lidelser (f.eks. sår og AGD), og overlevelse,
- (3) det har vært havari av lukkede sjøanlegg,
- (4) de totale økonomiske resultatene er trolig blandede, men her er det store kunnskapshull.

De praktiske erfaringene med lukkede/semi-lukkede anlegg såpass blandede, og kunnskapshullene fremdeles såpass store at dette må betegnes som en umoden teknologi - biologisk, teknisk og økonomisk. Dette har betydelige konsekvenser for selskaper som vurderer å investere i slike anlegg, som både må ha en akseptabel økonomisk avkastning og ikke bryte lover og forskrifter på fiskevelferd og -helse mm. Risikoen ved en umoden teknologi driver opp avkastningskravet, altså risikopremien på diskonteringsrenten når selskaper skal gjøre nåverdi analyser av investeringene. Videre har slike anlegg i utgangspunktet høyere investeringskostnad per kg produsert fisk enn konvensjonelle åpne anlegg. Når risikoen er høy og oppdretterne ikke i tilstrekkelig grad inkluderer positive eksterne effekter på andre, så under-investerer de i slike teknologier i forhold til det som er optimalt for samfunnet. Denne markedssvikten skal vi belyse nærmere.



Figur 6.2: Lukkede/semi-lukkede anlegg som har hatt levende oppdrettsfisk



Figur 6.3: Lukkede/semi-lukkede anlegg som ikke har hatt fisk

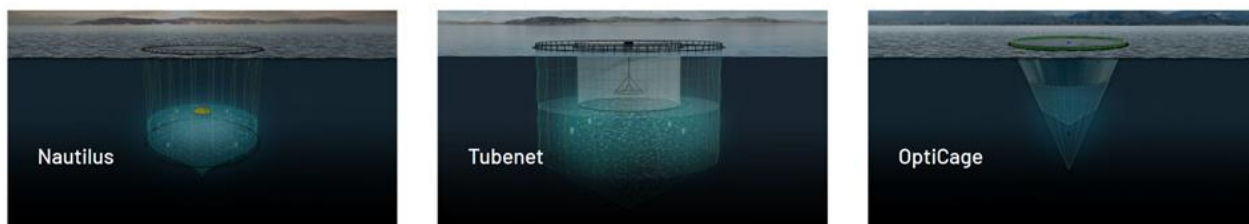
Lukkede/semilukkede anlegg er komplekse teknologier med mange differensierende karakteristika. Figur 6.4 er et forsøk på å identifisere noen forhold ved slike anlegg som kan differensiere dem når det gjelder ytelser biologisk, teknisk og økonomisk. Lukkede/semilukkede anlegg er en heterogen teknologi, og det er mye å lære og trolig betydelig innovasjonspotensiale når det gjelder alle de tekniske valgene og løsningene.

- Lukket / semi-lukket system
- Dybdeinntak av vann (unngå lakselus, patogener, etc.)
- Vannvolum (3.000-500.000 m³)
- Vannbevegelse (sirkulær, gjennomstrømning)
- Inntak og uttak av levende fisk (ulik grad av skånsomhet, stress for fisken)
- Vanngjennomstrømning (m³ per time, total vannutskiftningstid)
- Oksygeneringskapasitet
- Slamoppsamling/-behandling
- Dødfiskoppsamling
- Løsninger for flytting/sortering av levende fisk internt på enheten
- Teknologier for overvåking av vannmiljø og fisk
- Konstruksjon og materialvalg (plastduk, polyetylen, betong, stål, kompositt, glassfiber)
- Maksimal bølgehøyde (Hs)
- Energiforbruk og -effektivitet
- Integriert vs. ekstern forflåte, operatørrom etc.
- Mobilitet til anlegg (flytting mellom lokaliteter)
- Backupløsninger for elektrisitet

Figur 6.4: Forhold som kan påvirke biologisk, teknisk og økonomisk ytelse til lukkede/semi-lukkede anlegg

6.4 Dyppdriftsteknologi

Såkalt dyppdrift eller nedsenkbar teknologi representerer en interessant løsning for å redusere produksjon av lakselus, gitt at slik teknologi klarer å sikre god fiskevelferd, biologiske og økonomiske resultater. Hovedformålet er å skille laks og lus ved å senke biomassen under det øverste vannlaget i sjøen hvor lakselusa befinner seg. Eksempler på dyppdrift teknologi konsepter til AkvaGroup er vist i figur 6.5. Det er ikke offentlig kjent hvor mye høyere investeringskostnaden er på slike anlegg i forhold til konvensjonelle åpne anlegg, men det er grunn til å tro at investeringskostnaden per produsert kg er vesentlig lavere enn for lukkede/semi-lukkede sjøanlegg.



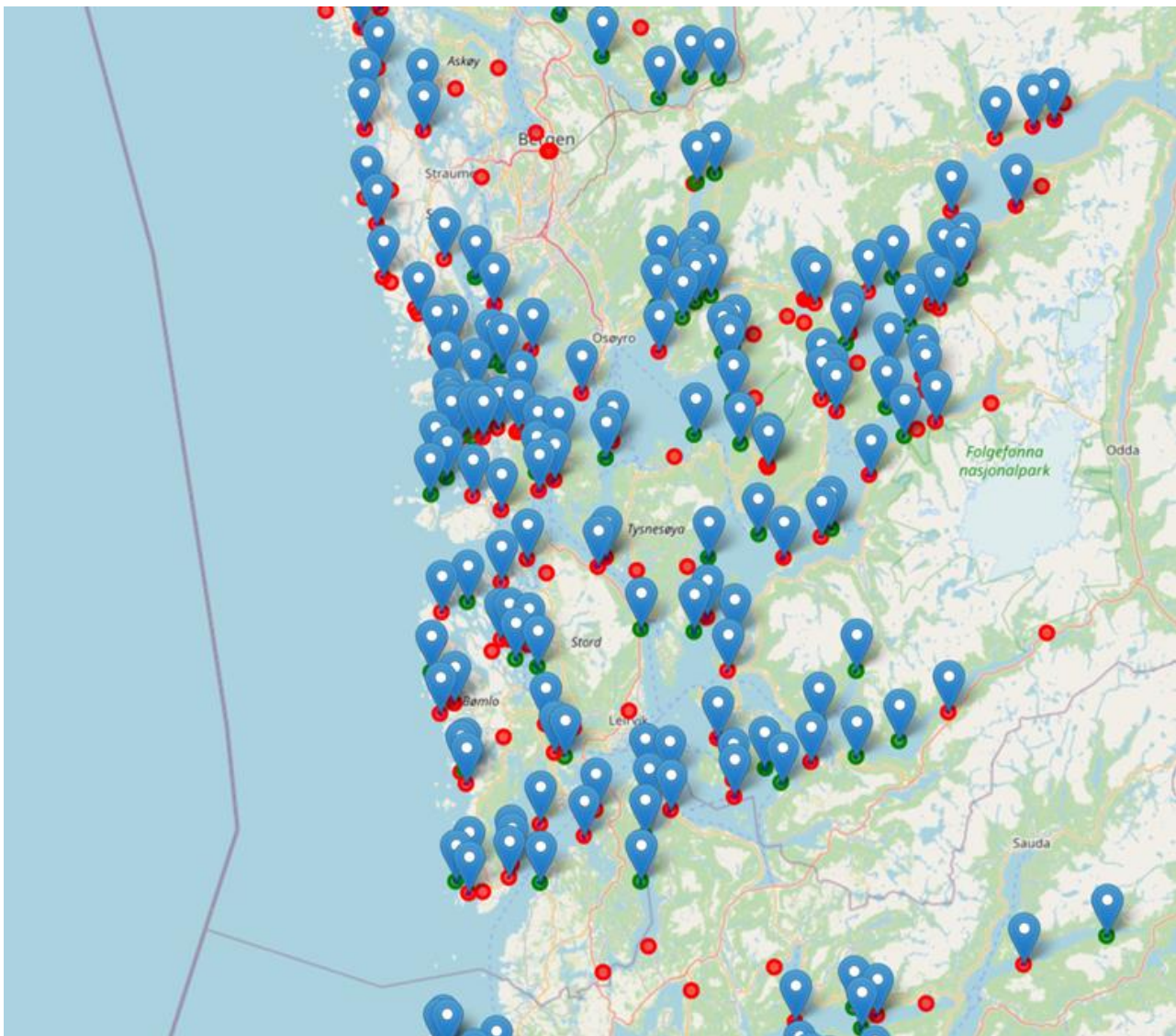
Figur 6.5: Tre dypdriftkonsepter til AkvaGroup (Kilde: <https://www.akvagroup.no/sjobasert/dyp-drift-lusebekjempelse/>)

Det er flere vitenskapelige studier av dypdrift, f.eks. Oppedal et al (2020), Sievers et al (2021), og Warren-Myers et al (2022). Resultater viser at dypdrift anlegg kan oppnå svært lave påslag av lakselus (Warren-Myers et al, 2022). AkvaGroup mener på basis av sine erfaringer at det er mulig å helt unngå påslag av lus under de rette driftsbetingelsene.^[8] Det er blandede erfaringer når det gjelder fiskevelferd, overlevelse og tilvekst. Her er det både erfaringer med gode resultater, og resultater som er dårligere enn kontroll-grupper i vanlige åpne merder i overflaten. Dårligere utfall kan skyldes lavere sjøtemperaturer og mindre oksygen i dypere vannlag (Warren-Myers et al, 2022).

Når det gjelder den potensielle geografiske utbredelsen av dypdrift er det både begrensninger og nye muligheter. Mange godkjente lokaliteter har for små vanddyp til dypdriftsanlegg. Det kan også være lokale temperatur og oksygen forhold på lokaliteter som gjør at dypdrift ikke er aktuelt. Kunnskap om lokalitetene er derfor nødvendig.

Som et eksempel viser figur 6.6 alle godkjente lokaliteter i sørlige deler av Vestland fylke. De lokalitetene som kan være kandidater for dypdrift er indikert med grønt av AkvaGroup, men AkvaGroup understreker selv at det på ingen måte gjort noen kvalitetssikring av kartet opp mot detaljerte lokalitetsrapporter. Dette er gjort mer for å gi en indikasjon av muligheter.

Det må også påpekes at det nok er mange lokaliteter som i dag ikke er godkjent for havbruk som kan være velegnet for dypdrift. Det gjelder kanskje spesielt i de ytre, mer eksponerte kyststrøkene, som vi vil drøfte i neste avsnitt. Her har samfunn og næring en jobb å gjøre når det gjelder å finne gode lokaliteter med hensyn til lokale forhold (dybde, temperaturer, oksygen, resipientkapasitet, etc.) og beliggenhet i forhold til smittepress på andre lokaliteter.



Figur 6.6: Lokalteter i sørlige deler av Vestland fylke, og hvor de lokalitetene som kan være kandidater for dypdrift er indikert med grønt (Kilde: AkvaGroup)

Dypdriftsanlegg blir trolig en viktig komponent i anleggsteknologi-miksen som kan gi lavere populasjon av lakselus og god fiskevelferd. Men i likhet med semi-lukkede anlegg medfører ikke dypdriftsanlegg automatisk god fiskevelferd og -helse. Også for dypdrift blir derfor viktig å få mer kunnskap om betingelsene for at fisken skal ha det godt og være frisk, både gjennom forskning og mer anlegg i fullskala drift, hvor havbrukselskapene bygger erfaring og kompetanse på denne teknologien.

6.5 Teknologi for drift i ytre, eksponerte kyststrøk

I de senere årene har det vært mye fokus på havbruk til havs, mens havbruk i de eksponerte, ytre kyststrøkene har fått mindre oppmerksomhet. I eksponerte kystområder av produksjonsområdene ligger trolig et stort potensial for bærekraftig vekst hvis samfunn og næring klarer å finne de gode løsningene på en rekke områder.

Teknologi utvikling gir mulighet for havbruksproduksjon i de eksponerte kystområdene som kan gi laksen gode livsbetingelser, mindre smittepress mot øvrige lokaliteter innaskjærs og god HMS. Figur 6.7 viser mange teknologi konsepter som kan være egnet for eksponert drift. Noen få av disse har produsert laks på eksponerte

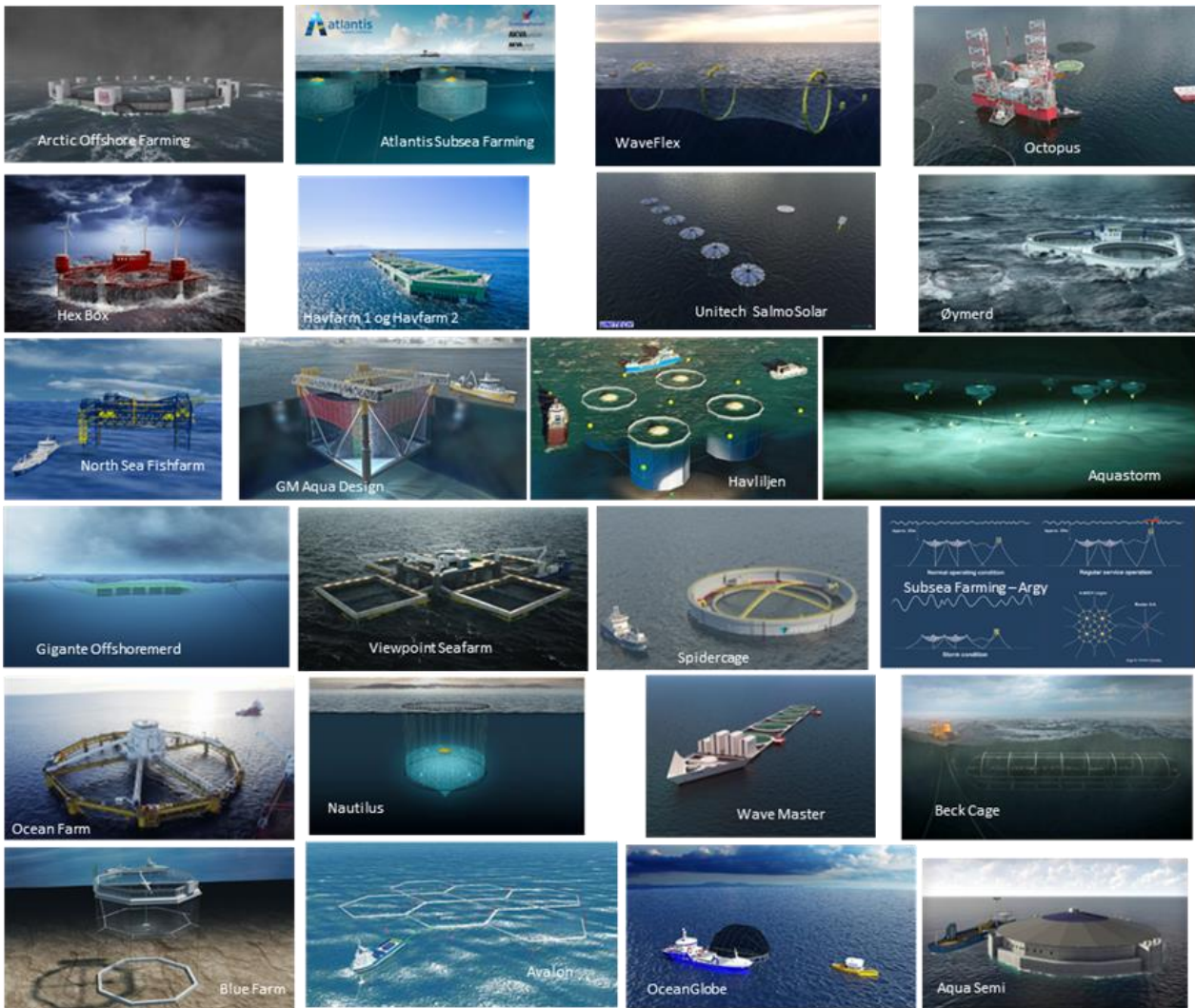
lokaliteter, herunder Ocean Farm 1 og Havfarm 1. Dette er pilot produksjon og da må man forvente at det vil være tekniske og biologiske problemer. Men resultatene fra de mest vellykkede utsettene av laks har demonstrert gode resultater for flere biologiske parametre som påslag av lus, overlevelse, tilvekst og fiskehelse.¹⁹ Likevel er det fremdeles mye å lære når det gjelder teknologi, biologi og økonomi i eksponert produksjon. For havbruk til havs er viktige innspill i forhold til kunnskapsbehov og FoU prioriteringer gitt i rapporten "Forskning og utvikling for realisering av havbruk til havs: Innspill til strategiske prioriteringer mot 2040" (av Førre m.fl., 2022). Mange av FoU områdene som er identifisert i denne rapporten gjelder også for eksponert kystzone.

Erfaringer med drift i de eksponerte kyststrøkene kan bli verdifulle for havbruk til havs. For å kunne lykkes med offshore akvakultur er flere i næringen opptatt av stegvis utvikling. I første omgang benyttes kystnære lokaliteter som er noe mindre værutsatte, før man deretter beveger seg ut på åpent hav. Tanken bak en slik tilnærming er å etablere best mulig kunnskap om utfordringer knyttet til driftsoperasjoner, fiskehelse- og velferd, påkjenninger på konstruksjon m.m. Dette er kunnskap som er avgjørende for å lykkes med utvikling av anleggs- og driftskonsepter tilpasset åpent hav.

Teknologi konsepter omfatter eksempelvis både (1) nedsenkbare dypdrift konsepter og (2) store robuste anlegg. Man skal være forsiktig med å predikere hvilke typer konsepter som vil bli dominerende over tid. Investeringskostnader i anlegg er en faktor. Noen typer anlegg har up-front investeringskostnader i milliard klassen. Men kapitalkostnaden avhenger selvsagt også av hvor godt fisken har det, og dermed biologisk ytelse i form av overlevelse og tilvekst.

Nedsenkede dypdrift merder kan åpne for bruk på mer eksponerte lokaliteter i kystsonen. De kan tåle høyere bølgehøyder (Hs) enn vanlige overflate merder. Eksponerte lokaliteter i ytre kyststrøk være lengre borte fra den generelle lusesmitten, og dypdrift merdene vil ytterligere bidra til lusefri drift siden laksen står lavere enn lakselusa i vannsøylen, og dermed kan man oppnå fravær av lusebehandlinger. Det er spesielt viktig å unngå lusebehandlinger som innebærer å heve laksen på eksponerte lokaliteter hvor bølgeforholdene kan gjøre operasjoner risikable eller umulige.

Forutsetning for vellykket drift er generelt at operasjoner kan begrenses, og planlegges i forhold til gunstige værvinduer. Eksponerte lokaliteter vil typisk ha god vannutskiftning med god tilførsel av oksygen, ha betydelig resipient kapasitet, og kan dermed også gi også mulighet for store produksjonsvolum og realisering av stordriftsfordeler med lave produksjonskostnader.



Figur 6.7: Eksempler på konsepter som kan være kandidater for produksjon i eksponerte kystområder

For å utvikle bærekraftig havbruk i de eksponerte kyststrøkene er det nødvendig med tiltak på flere områder:

- Identifikasjon og analyser av forholdene på potensielle eksponerte lokaliteter.
- Analyser av lokaliteters bidrag til smittepress, herunder lakselus, ved bruk av smittemodeller. Det bør ikke tas i bruk lokaliteter som bidrar til økt smittepress på andre lokaliteter.
- Implementering i kommunenes arealplaner og godkjenningsprosesser for velegnede lokaliteter med lavt smittepress som involverer alle myndigheter.
- Systematisk forskningsbasert kunnskapsbygging med fisk i eksponerte anlegg gjennom forskningstillatelser. Det er fremdeles nødvendig å lære mer om laksens adferd, velferd og helse i eksponerte forhold med tidvis høye bølger og sterke strømmer.
- Pilot produksjon med ulike anleggskonsepter, hvor både dypdriftsanlegg og store robuste stålanlegg er kandidater. Et spørsmål er hvordan man kan stimulere til bruk av kommersielle tillatelser i eksponert havbruk. Havbrukselskaper vil ofte ha incentiver til å legge ny MTB i eksisterende anlegg i mer skjermede kyststrøk, som bidrar til smittepress. Dersom det vanlige tillatelsessystemet ikke gir tilstrekkelige incentiver må det vurderes virkemidler.

6.6 Innovasjon og investeringer i lavutslipp anlegg

De siste årene har det vært en omfattende teknologiutvikling på lukkede sjøanlegg og nedsenkbare dypdrift anlegg av flere bedrifter med ulike konsepter. Noen bedrifter har bygget prototype anlegg som har blitt satt ut i sjø, og noen har testet anlegg med produksjon av store volum fisk i sjøen. Flere konsepter har nådd en modenhetsgrad som er slik at de kan gå gjennom en prosess med dokumentasjon og sertifisering for bruk i kommersiell produksjon. De kan altså brukes i kommersielle tillatelser for lukket produksjon i sjø.

Det må imidlertid fortsatt innoveres også innenfor eksisterende konsepter. Det er videre behov for å dokumentere teknisk, biologisk, miljømessig og økonomisk ytelse til anleggene. Ytterligere innovasjon og dokumentasjon må skje med produksjon av fisk i anleggene. Uten biomasse av fisk som tester ytelsen og kapasitetene til anlegget vil det være svært vanskelig å gi en tilstrekkelig dokumentasjon til havbruksnæringen og samfunnet. Det er i hovedsak leverandørene av lukkede sjøanlegg som må stå for ytterligere innovasjon og dokumentasjon.

Det er også leverandørene av lukkede sjøanlegg som må stå for mye av investeringene og kostnadene knyttet til kunnskapsbygging og innovasjon. Men leverandørene har ofte utfordringer knyttet til finansiering og finansiell robusthet. Flere forhold gjør innovasjon og dokumentasjon krevende, forhold som også er til stede i andre sektorer (Dosi, 1988; Martin og Scott, 2000):

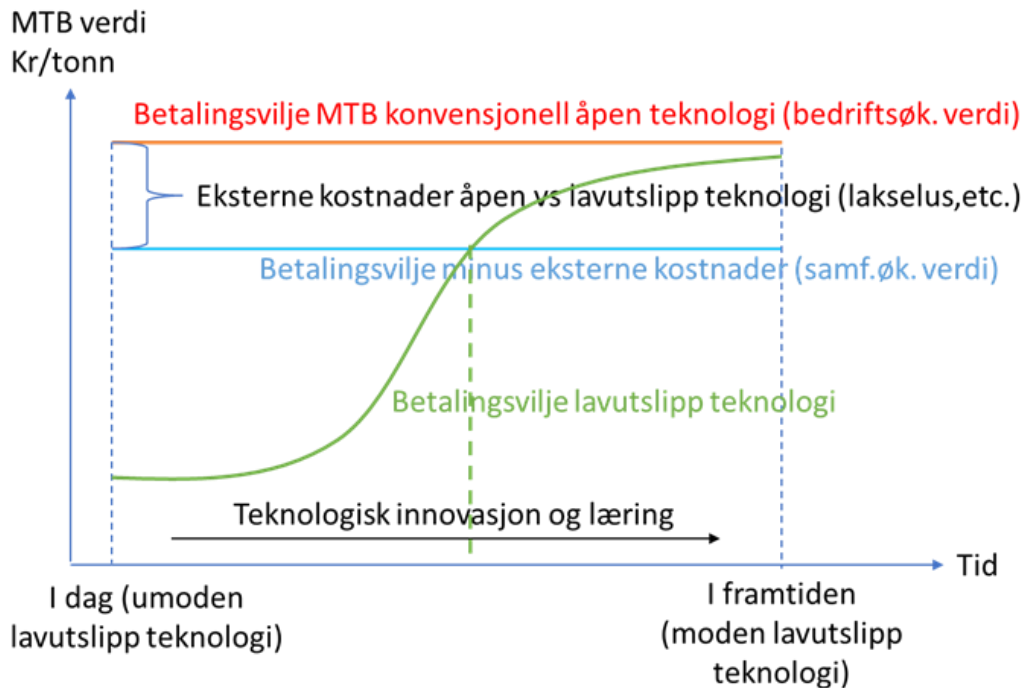
- særskilte investeringer og kostnader knyttet til innovasjonsprosessen og dokumentasjon, også at kostbar anleggskapital ikke kan utnyttes på en kommersielt effektiv måte i produksjon av fisk,
- høy risiko for å mislykkes av tekniske, organisatoriske eller markedsmessige årsaker,
- manglende finansieringsmuligheter i markedet – svakt utviklede kapitalmarkeder for prosjekter med høy innovasjonsgrad, og konvensjonelle banker og finansieringsinstitusjoner har liten appetitt på finansiering av slike prosjekter pga. høy risiko og begrensede exit muligheter,
- leverandørers manglende muligheter for å «appropriere» en tilstrekkelig andel av den samfunnsøkonomiske verdiskapingen som innovasjoner gir i sine bedriftsøkonomiske overskudd.

Dette betegnes i litteraturen gjerne som en «markedssvikt» (Freeman og Soete, 1999). Det kalles en markedssvikt fordi markedet da ikke gir de investeringer i forsknings- og innovasjonsprosesser (Fol-prosesser) som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det blir rett og slett for lite investeringer i forhold til det som ville gitt mest avkastning for samfunnet. Slike former for markedssvikt er også til stede på en rekke områder hvor leverandørbedrifter for lukkede anlegg må bygge kunnskap og innovere. Markedssvikt i forsknings- og innovasjonsprosesser skaper en rolle for offentlig politikk og virkemiddelbruk, og flere av statens virkemidler er begrunnet i dette, f.eks. Innovasjon Norges og Forskningsrådets virkemidler.

Et annet forhold som kan føre til for små investeringer i lukket teknologi enn det som er optimalt for samfunnet er at havbruksselskap i sine investeringskalkyler ikke tar tilstrekkelig hensyn til at produksjon i lukket anlegg også vil gi lavere lusepåslag for andre havbruksselskap og dermed øke deres lønnsomhet, og at de ikke tar tilstrekkelig hensyn til at de lusestrykk på vill laks. Dermed blir den bedriftsøkonomiske kalkylen forskjellig fra den samfunnsøkonomiske kalkylen. Myndighetenes grenser for lusepåslag kan gi incentiver, men hvis havbruksselskapet tror at det kan holde seg innenfor lusegrensene på lokalitetsnivå med åpne anlegg og lusebehandlinger med lavere kostnader så er kanskje ikke incentivene til å investere i lukket teknologi sterke nok.

Vi har i Figur 6.8 illustrert situasjonen med en moden åpen teknologi som oppdretter kjenner godt og en umoden lavutslipp teknologi. Havbruksselskapet har en betalingsvilje per tonn MTB for den konvensjonelle teknologien som er gitt ved den røde linjen. Denne betalingsviljen bestemmes av nåverdien av framtidige overskudd som ett tonn MTB forventes å gi. Men selskapet har ikke internalisert de eksterne kostnadene andre påføres per tonn MTB gjennom ulike typer smittepress og utslipp, hvis myndighetenes reguleringer gjør at de ikke internaliserer disse. Dersom selskapet hadde internalisert disse eksternalitetene ville betalingsviljen for MTB ligget på den blå linjen. Den nye lavutslipp teknologien er umoden, hvor høye investeringskostnader,

usikker biologisk-økonomisk ytelse og høyt avkastningskrav (risikopremie) gjør at et tonn MTB har en lavere verdi, som vist med den grønne linjen som viser betalingsviljen for lavutslipp teknologien. Over tid vil bedre kunnskap og innovasjon - gjennom forskning, driftserfaringer og videre utvikling av teknologien – føre til at det blir mer lønnsomt å investere i lavutslipp teknologien. Dermed stiger betalingsviljen for lavutslipp teknologien, som indikert med at den grønne linja. Men dette er avhengig av at man får tilstrekkelig erfaring gjennom fullskala produksjon med flere ulike konsepter, og lærer hvilke teknologier som fungerer best. Videre at man får systematisk forskningsbasert kunnskap om hele det komplekse samspillet mellom biologi, teknologi og økonomi, og hvilke valg og løsninger som kan gi god fiskevelferd og lønnsomhet.



Figur 6.8 Betalingsvilje for konvensjonell åpen teknologi og ny lavutslipp teknologi

Når lønnsomheten ved bruk av lavutslipp teknologi er lavere enn for konvensjonell teknologi, så vil en oppdretter tape økonomisk på å overføre MTB som brukes for konvensjonelle åpne anlegg til lavutslipp anlegg. Dermed får ikke næring og samfunn den læring og innovasjon som er nødvendig for å utvikle dette alternativet. Dette er en markedssvikt, og da er det myndighetenes rolle å finne virkemidler som kan korrigere for denne markedssvikten.

Et virkemiddel er også å ha en lavere pris på MTB for lavutslipp teknologier enn for åpne teknologier. Vi har påpekt to samfunnsøkonomiske begrunnelser for å ha en «subsidie» av lukket/semi-lukket teknologi sammenlignet med konvensjonell åpen merd teknologi, den biologiske og økonomiske ytelsesrisikoen for en umoden teknologi og at eksternaliteter ikke inkluderes i det bedriftsøkonomiske regnestykket. «Subsidie» betyr her ikke at myndighetene betaler ut en støtte, men kan være at prisen for ett tonn MTB er lavere enn for åpne anlegg. Her er det flere muligheter:

- (1) For ny MTB som legges ut kan prisen være lavere hvis den legges i lukkede sjøanlegg.
- (2) Ved konvertering av ett tonn eksisterende MTB fra åpent anlegg til bruk i lukket anlegg så får oppdretter mer enn ett tonn MTB til bruk i lukket anlegg.
- (3) MTB som har blitt trukket ned på grunn av rødt lys i Trafikklyssystemet kan anvendes i lukkede sjøanlegg av de selskapene som har blitt utsatt for nedtrekk, altså teknologier som for alle praktiske formål ikke påvirker lusepopulasjonen og dermed trafikklyset. Det er samfunnsøkonomisk sløsing å ha et tvungent nedtrekk dersom private selskaper er villige til å anvende nedtrukket MTB i lukkede anlegg. Dette handler også om å gi individuelle selskaper muligheter til å redusere sine økonomiske tap i et system som straffer kollektivt, og hvor det enkelte selskap kan ha hatt ansvarlig og god drift. For øvrig mener Havbruksutvalget i sin NOU

(2023:23) at nedtrekk ikke lenger bør være en del av Trafikklyssystemet.^[10] Da blir konvertering til produksjonsformer med 0-lus utslipp eller lave utslipp et alternativ for områder som kommer i rødt.

6.7 Havbruksutvalget om null- og lavutslippsteknologi

Havbruksutvalget (NOU 2023:23) har forslag som går på både å (1) gi havbruksselskaper sterkere incentiver til å internalisere de økonomiske effektene av produksjonen i åpne anlegg på andre aktører gjennom kvoter og avgifter, og (2) «subsidiere» bruk av MTB i lavutslipp eller 0-utslipp anlegg.

Når det gjelder incentiver for å internalisere effekter på andre aktører sier Havbruksutvalget i sammendraget:

«Utvalget foreslår at tiltak for å sikre forsvarlig drift gitt lakselusbelastningen bør følge en faglig fundert og forutsigbar handlingsregel som differensierer tiltak som lakselusgrenser, -avgifter og -kvoter etter miljøtilstanden i det enkelte produksjonsområde. Maks grense for gjennomsnittlig antall lakselus per fisk på hver lokalitet bør videreføres, og det bør i tillegg innføres en lavere tiltaks-grense. Dersom tiltaks-grensen overskrides forventes det at aktørene iverksetter tiltak mot lakselus. Det bør innføres en avgift på antall lakselus i anlegget som overskrider tiltaks-grensen. Avgiften bør utredes nærmere. Det bør videre utredes, med sikte på innføring, en maksimalkvote for totalt antall lakselus på produksjonsområdenivå med formål om å begrense den totale lakselusbelastningen per produksjonsområde dersom miljøtilstanden ikke er akseptabel. Lakseluskvoten kan for eksempel utformes som en sesongtilpasset utslippskvote per selskap.

Samlet sett forventes kombinasjonen av disse reguleringene å begrense utslipp av lakselus på en måte som gir den enkelte aktør fleksibilitet til å velge når, hvor og hvordan tiltak mot lakselus skal gjennomføres, samtidig som det sikrer at driften skjer innenfor miljømessig forsvarlige rammer.»

Når det gjelder incentiver for å bruke teknologier med null eller lave utslipp sier Havbruksutvalget i sammendraget at: *«Utvalget mener det bør legges bedre til rette for, og gis incentiver til, utvikling og bruk av produksjonsmetoder som muliggjør økt produksjon uten at dette går på bekostning av miljøet. En kombinasjon av prisede utslipp og offentlig støtte kan gi incentiver til å redusere miljøpåvirkning.»*

Videre sier Havbruksutvalget at (s. 110):

«Økte produksjonsmuligheter ved lavere miljøbelastning kan også innføres i eksisterende tillatelser. En økning i allerede tildelt tillatelseskapasitet ved bruk av null- eller lavutslippsteknologi (miljøfleksibilitet), kan styrke insentivene til å investere i og ta i bruk teknologi med lavere utslipp. Det kan ha en miljøgevinst for samfunnet. Kostnadene vil dekkes av selskapene gjennom økte investeringskostnader og av staten gjennom (eventuelt) reduserte inntekter fra fremtidige tildelinger av tillatelseskapasitet. Økt tillatelseskapasitet ved bruk av null- eller lavutslippsteknologi kan tildeles gratis eller mot et vederlag.»

I sum peker Havbruksutvalget her retning mot framtidens offentlige reguleringer og virkemiddelbruk for å realisere en bærekraftig havbruksproduksjon i kystsonen gjennom å gi havbruksselskapene incentiver som er kompatible med samfunnets behov og ønsker. Den krevende jobben er selvfølgelig å spesifisere reguleringer og virkemidler gjennom praktisk utforming og valg av parameterverdier. Dette omfatter f.eks. konverteringsfaktoren for MTB mellom åpen og lavutslipp teknologi, altså hvor mange tonn MTB skal oppdretter få ved konvertering til lavutslipp anlegg av ett tonn MTB som brukes i åpent anlegg.

6.8 Landbasert oppdrett

Forutsetningen for oppdrett i kystsonen er selvfølgelig produksjonen av settefisk på land. Landbasert oppdrett vil ha flere funksjoner i fremtiden: Produksjon av settefisk, både smolt og postsmolt, og produksjon av matfisk. Når det gjelder produksjonsformer på land så kan man skille mellom resirkuleringsanlegg (RAS) og gjennomstrømningsanlegg, og mellom anlegg som bruker ferskvann eller saltvann, eller en kombinasjon. Gjennomstrømningsanlegg som ligger nær havet og pumper inn og ut store mengder sjøvann kan betraktes som en hybrid mellom landbasert og sjøbasert oppdrett.

Postsmolt produksjon på land er en mulighet for å redusere tiden laksen står i åpne anlegg i sjøen, og dermed redusere antall verter for lakselus, samt andre typer smittepress. Dette kan gi mulighet for vesentlig høyere produksjon i fjordene. Dette avhenger av at man lykkes å produsere en postsmolt som er tilstrekkelig robust og får god overlevelse og tilvekst i sjøfasen.

I Norge synes matfiskproduksjon i RAS anlegg mindre aktuelt, mens matfiskproduksjon i gjennomstrømningsanlegg med saltvann kan ha et betydelig potensial. Vi vil lære mer om ytelsen til saltvannsbaserte gjennomstrømningsanlegg når det gjelder fiskevelferd, overlevelse og tilvekst de neste årene. Da er det mulig å si mer om hvor stort produksjonspotensial denne teknologien har.

For landbasert RAS produksjon er høyt energibruk per produsert kg og dermed høyt klimaavtrykk sammenlignet åpne anlegg og semi-lukkede anlegg med er den største ulempen i en tid da Norge har forpliktet seg gjennom Paris-avtalen og EUs «Green deal» til å redusere sine klimagassutslipp. I de neste årene vil det trolig være knapphet på energi og høye strømpriser i flere regioner, så dette vil også påvirke produksjonskostnadene.

Det er sunt med konkurranse mellom de ulike produksjonsformene - herunder landbasert produksjon og nye produksjonsformer i sjøen - når det gjelder alle parametre; fiskevelferd og -helse, biosikkerhet, energibruk, klimaavtrykk og økonomiske resultater. Denne konkurransen stimulerer til innovasjon. Så er det opp til myndighetene å utforme reguleringer og skatter slik at det ikke er konkurransevridende mellom ulike produksjonsformer. Det må da påpekes at dersom ulike produksjonsformer har ulike negative eksternaliteter i form av smittestoffer, miljø- og klimaavtrykk, så er det en begrunnelse for at de også skal reguleres ulikt og eventuelt pålegges ulike miljøavgifter som gir oppdretterne incentiver til å redusere negative påvirkninger og utslipp. Dette er analogt med hva Havbruksutvalget peker på i sitt sammendrag (NOU 2023:23): «Tildelingssystemet bør innrettes slik at akvakultur med lik påvirkning på miljøet, har sammenlignbare rammevilkår uavhengig av geografisk område.»

Noter

^[1] Økonomiske sammenhenger mellom negative eksterne effekter i form av lakselus og sykdommer er bl.a. analysert av Asche, Roll og Tveterås (2009) og Abolofia, Willen og Asche (2017).

^[2] Vi definerer et *influensområde* som et større geografiske område som representerer en felles resipient for en påvirkning (f.eks. sykdomssmitte, lakselus, næringssalter) for en eller flere lokaliteter. Akseptabel påvirkning av et influensområde bestemmes av influensområdets kapasitet som resipient. Eksempler på mulig fremtidig kapasitetsbegrensende påvirkningsfaktorer kan være næringssalter. Det kan defineres en grense for aktuelle miljø- og sykdomsparametere fra havbruksnæringen i et influensområde med basis i hva som er definert å være en bærekraftig påvirkning.

^[3] Sammenhenger mellom geografisk lokalisering av havbruksanlegg og samfunns- og bedriftsøkonomiske resultater er analysert av (Tveterås og Battese, 2006; Øglend og Tveterås, 2009 og Asche, Roll og Tveterås, 2015).

^[4] Målepunkter (inntaksvann / vannmiljøet inne i anlegget / utslipp fra anlegg) og hvilke miljøparametre som blir målt er delvis avhengig av tekniske forhold og hvilke miljøparametre som det reguleres på.

^[5] Ifølge standard finansteori vil nåverdien (lønnsomheten) til et prosjekt bestemme om et prosjekt blir gjennomført eller ikke.

^[6] Bedriftsøkonomisk lønnsomhet av lukkede anlegg i sjø og på land har blitt studert av Bjørndal og Tusvik (2018, 2019, 2020) og Misund m.fl. (2020).

^[7] Menon (2021) foreslår en betydelig «rabatt» i forhold til markedspris på MTB i sjø (s. 101)

^[8] Se https://www.akvagroup.no/dypdrift_atlantis/.

^[9] Fiskeridirektoratet har samlet sluttrapporter fra utviklingstillatelser, også eksponerte teknologi konsepter, se <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser/Kunnskap-fra-utviklingsprosjektene>.

^[10] Havbruksutvalget sier i sammendraget: «Utvalget mener dagens ordning med reduksjon av tillatelseskapasitet (nedtrekk) i områder med uakseptabel miljøpåvirkning ikke bør være en del av en fremtidig handlingsregel.»

7. ØKONOMISKE ANALYSER AV EFFEKTER AV KONVERTERING TIL LAVUTSLIPPSTEKNOLOGI: EFFEKTER PÅ BEDRIFTS- OG SAMFUNNSØKONOMISK VERDISKAPING

I dette avsnittet vil vi analysere incentiver for å konvertere fra konvensjonelle åpne anlegg til teknologier som har lavere utslipp på noen områder. I Norge er fokus på reduksjon av lakseluspopulasjonen for å gi mindre smitte til vill og oppdrettet laks. Trafikklyssystemet for lakselus regulerer veksten i havbruk, og i denne sammenheng handler det om å gå fra røde og gule lys til grønt lys.

For et havbrukselskap handler dette om investeringer under stor usikkerhet. Et selskap som har MTB som brukes til produksjon med åpne anlegg må spørre seg hvordan det vil endre lønnsomheten å bruke noe av denne i f.eks. produksjon i semi-lukket anlegg. Mao., hvordan påvirkes nåverdien av framtidige netto kontantstrømmer – inntekter og kostnader – av bruk av lavutslippsteknologi.

En rekke faktorer påvirker nåverdien når havbrukselskapet skal sammenligne investeringsprosjekt i konvensjonelt åpent anlegg og investeringsprosjekt i lavutslipp anlegg. Forventninger om følgende faktorer vil påvirke selskapets investeringskalkyler og investeringsbeslutning:

- **Byggekostnaden for et lavutslippsanlegg** sammenlignet med et konvensjonelt åpent anlegg, og usikkerheten knyttet til byggekostnaden. I den tidlige fasen vil byggekostnaden være høy og usikkerheten om faktisk byggekostnad vil også være betydelig i planleggingsfasen.
- **Eksisterende anleggskapital** - dersom selskapet har investert i åpne anlegg som har lang gjenværende levetid, så er det i praksis ikke investeringskostnader for dette.
- **Den tekniske funksjonaliteten til lavutslippsanlegget** i praksis. F.eks. har oppdrettere opplevd semi-lukkede sjøanlegg som har fungert godt teknisk, men også anlegg som har havarert og har hatt ulike funksjonelle tekniske problemer.
- **Den biologiske ytelsen til lavutslippsanlegget** i praksis når det gjelder fiskevelferd, overlevelse, tilvekst og biosikkerhet. For semi-lukkede anlegg er det store variasjoner i erfaringene. På anlegg som har vært i drift har det vært produksjonssyklus hvor fiskevelferd, overlevelse og tilvekst har vært god, og bedre enn i åpne anlegg på samme lokalitet (f.eks. Kleppa Øvrebø, 2022; Tveterås et al., 2021). Men det har også vært produksjonssyklus hvor de fiskevelferden og de biologiske resultatene har vært dårlig. Betydelige problemer med sårddannelser og gjellene (AGD) har blitt observert.
- **Postsmolt- vs. matfiskproduksjon i lavutslippsanlegg.** Dersom f.eks. et semi-lukket anlegg brukes i postsmoltproduksjon kan det ha flere fordeler, hvis produksjonen er biologisk vellykket. Det omfatter bl.a. høy kapasitetsutnyttelse av det semi-lukkede anlegget, muligheten for å ha færre individer som verter for lakselus og spesielt i vår- og sommerukene når postsmolt fra ville laksestammer vandrer ut fra vassdrag til havet. Ved matfiskproduksjon kan kapasitetsutnyttelsen bli lavere i et semi-lukket anlegg, men samtidig er det mindre risiko knyttet til flytting av fisk.
- **Økonomiske og andre bærekraftsvurderinger av landbasert produksjon som alternativ:** Det er mulig å produsere postsmolt og matfisk i landbasert anlegg. Et havbrukselskap må vurdere nåverdien av investeringer på land vs. i lukket sjøanlegg. Dette omfatter investeringskostnader og driftskostnader. Investeringskostnaden i anlegg per kg produsert fisk er høy, trolig også vesentlig høyere enn i semi-lukket anlegg hvis det er vellykket. Videre har landbaserte anlegg høyt energiforbruk, også sammenlignet med semi-lukket sjøanlegg. I en tid med knapphet på energi er dette en risiko for landbasert. Høyere implisitt klimagassutslipp per kilo fisk på land representerer også en risiko på lengre sikt. I dag må havbruksnæringen ikke betale for MTB på land, og det er ikke grunnrenteskatt på land. Det er også mindre restriksjoner og risiko når det gjelder flytting av settefisk til matfiskanlegg enn for lukkede sjøanlegg.
- **Muligheter for flytting av fisk og risiko knyttet til dette.** Dersom et semi-lukket sjøanlegg skal brukes til produksjon av postsmolt som skal flyttes til et åpent anlegg på en annen lokalitet så er det sterke restriksjoner grunnet hensyn til biosikkerhet. Sykdom i et område kan føre til at det blir flytteforbud.
- **Selskapets vurdering av problemer med påslag av lakselus i åpne anlegg.** Dersom selskapet vurderer at det er høy risiko for påslag av lakselus i åpne anlegg, og at dette vil føre til mange behandlinger med avlusning som gir redusert overlevelse og tilvekst for laksen, for å holde seg under myndighetenes lusegrenser, så vil dette påvirke selskapets vurdering av lønnsomheten til åpne anlegg.

- **Regulering av lusepåslag og lusepopulasjon:** Myndighetenes valg av reguleringer av lakselus i framtiden vil påvirke nåverdien for åpne anlegg. I tillegg til dagens regulering av påslag per oppdrettslaks, har Havbruksutvalget foreslått at myndighetene skal vurdere kvoter på lusepopulasjon og avgift på lakselus. Avhengig av utformingen kan dette redusere lønnsomheten i åpne anlegg.
- **Utnyttelsesgrad for MTB:** MTB-utnyttelsen målt ved forholdstallet mellom produksjon i tonn og MTB i tonn er en viktig faktor for lønnsomhet. Det er grunn til å anta lavere MTB-utnyttelse i lukkede anlegg hvis MTB er låst til disse fordi havbruksselskapet ikke vil ha flere lukkede anlegg å rotere MTB mellom med kohortene av laks som settes ut. For åpne anlegg har havbruksselskap flere lokaliteter som de kan rotere sin ofte dyrekjøpte MTB mellom, og dermed sikre høy kapasitetsutnyttelse av denne. Anleggsinvesteringene for åpne anlegg er vesentlig lavere enn for lukkede anlegg, slik en driftsmodell som anvender flere lokaliteter og utsett for å maksimere MTB-utnyttelsen for lukkede anlegg vil ha en høy marginalkostnad.
- **Reversibel eller ikke-reversibel MTB-konvertering:** Når oppdretter konverterer fra åpen til lukket MTB kan dette være ikke-reversibelt eller reversibelt. Dersom oppdretter kan bytte mellom åpen og lukket MTB begge veier reduseres risiko for oppdretter. Flexibilitet har derfor verdi for oppdretter. Dette kan redusere avkastningskravet for oppdretter i beregning av nåverdi, og dermed øker sannsynligheten for å investere i lukket anlegg.
- **Lisens for vekst i framtiden:** På lang sikt må selskapet vurdere hvordan dets teknologivalg vil påvirke lisensen fra myndighetene til å vokse. Hvis selskapet vurderer at det er begrensede langsiktige vekstmuligheter med åpne anlegg grunnet lakselus- og andre miljøpåvirkninger, så vil dette øke sannsynligheten for å investere i lukket teknologi.

Som vi ser er det et komplisert beslutningsproblem når et havbruksselskap som omfatter kjøp av anlegg i størrelsesorden fra hundre millioner til over en milliard kroner. I driftsfasen er det også kapitalbinding av biomasse og andre driftsmidler.

Når vi av pedagogiske grunner prøver å forenkle nåverdikalkylen for sammenligning av to investeringsprosjekter, (1) åpent og (2) lavutslippsanlegg kan vi skjære det ned til følgende størrelser for de to alternativene:

- **Investeringskostnad i anlegg:** Her er det prosjekterings-, bygge- og installasjonskostnad som er driverne. Dersom selskapet allerede har ledig kapasitet i åpne anlegg er investeringskostnaden null for dette alternativet.
- **Netto kontantstrøm i driftsfasen:** Differansen mellom salgsinntekter og kostnader etter skatt. Mange faktorer vil være felles for de to alternativene, herunder markedspriser for laks, fiskefôr, smolt, arbeidskraft, osv. Et lukket anlegg vil ha høyere energikostnad og slambehandlingskostnader. En viktig driver er selvfølgelig den biologiske ytelsen til de to alternativene i form av overlevelse og tilvekst til laksen, og hvilke antagelser oppdretteren gjør om den relative biologiske ytelsen blir viktig for kalkylen. En annen viktig faktor er MTB-utnyttelsen målt ved forholdstallet mellom produksjon i tonn og MTB i tonn. Det er grunn til å anta lavere MTB utnyttelse i lukkede anlegg hvis MTB er låst til disse fordi havbruksselskapet ikke vil ha flere lukkede anlegg å rotere MTB mellom med kohortene av laks som settes ut.
- **Avkastningskravet:** Diskonteringsrenten som brukes i nåverdikalkylen påvirkes av oppdretterens forståelse av totalrisikoen til de to alternativene. Konvensjonell åpen teknologi har flere risikoelementer, men disse har havbruksselskapet mye erfaring med. For semi-lukket teknologi kan risikoen hevdes å være vesentlig større. Det vil derfor være rasjonelt for oppdretteren å sette et høyere avkastningskrav for semi-lukket teknologi.

I det følgende skal vi illustrere dette gjennom to konseptuelle studier. I den første analysen (delkapittel 7.1) undersøker vi problemstillingen fra et rent bedriftsøkonomisk perspektiv hvor vi ser på hvilket nivå på konverteringsgrad som gjør bedriften indifferent mellom å fortsatt investere i åpne anlegg eller å investere i en lavutslippssteknologi. I den andre analysen (delkapittel 7.2) undersøker vi problemstillingen fra perspektivet til en samfunnsplanlegger. Studier gjort av HI viser at lusesmitten på lokaliteter ikke er likt, dvs. noen lokaliteter bidrar mer enn andre (Huserbråten et al., 2020). Det er derfor ikke et behov for at alle lokaliteter i et produksjonsområde må lukkes for å oppnå en tilfredsstillende reduksjon i smittepress av lus. Dette gjelder også de produksjonsområdene med høyest lusepress i dag, PO3 og PO4. Den andre analysen undersøker

de bedrifts- og samfunnsøkonomiske konsekvensene av delvis lukking av områder med høyt smittepress av lakselus.

7.1 Analyse 1: Valget mellom åpen eller lukket teknologi

I denne analysen anvender vi numerisk nåverdikalkyler hvor vi gjør antagelser om disse størrelsene, og gjøre sensitivitetsanalyser. Da kan vi også finne forholdstallet mellom MTB for åpent anlegg og lukket anlegg som gir disse to alternativene lik nåverdi, som vi kaller konverteringsfaktoren. For enkelhets skyld gjør vi beregningene for ett tonn MTB.

Tabell 7.1 viser forutsetninger for beregning av nåverdier og konverteringsfaktor mellom lukket og åpen teknologi. Vi antar at oppdretter har ledig kapasitet i sine åpne anlegg og dermed har begrenset behov for å investere i ny åpen anleggskapital. Videre antar vi noe høyere netto kontantstrøm per kilo MTB i åpent anlegg, som kan være drevet av bedre biologisk ytelse, høyere MTB-utnyttelse og at det lukkede anlegget har høyere energi- og slambehandlingskostnader. På grunn av den høye risikoen setter oppdretter avkastningskravet til 12% for lukket anlegg, mens det er 10% for åpent anlegg.

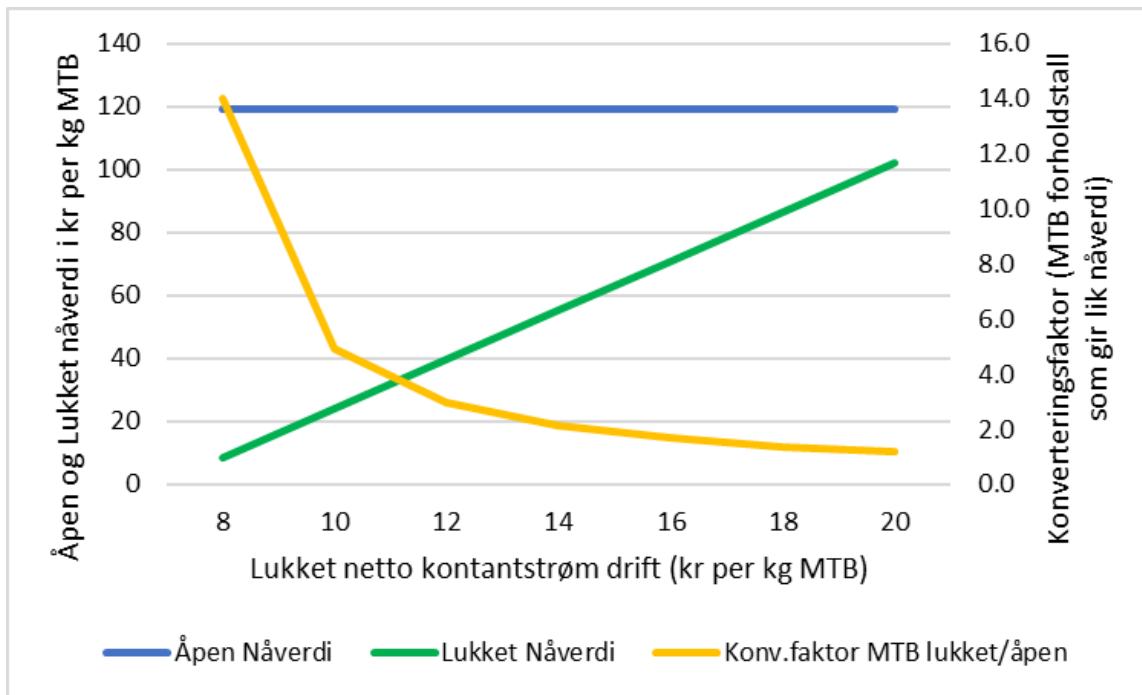
Med disse basisforutsetningene blir nåverdien av ett kilo MTB 119 kroner for et åpent anlegg, og nåverdien av ett kilo MTB 39.7 kroner for et lukket anlegg. Dermed blir konverteringsfaktoren mellom åpen og lukket MTB som gir samme kontantstrøm 3 tonn lukket MTB per tonn åpen MTB. Merk at med disse forutsetningene er oppdretter villig til å betale en positiv pris for lukket MTB hvis myndighetene legger ut for salg, men prisen er altså 3 ganger lavere enn det oppdretter er villig til å betale for MTB i åpent anlegg.

Tabell 7.1: Basis forutsetninger for beregning av nåverdier og konverteringsfaktor mellom lukket og åpen teknologi.

Variabel	Åpen	Lukket	Enhet
Diskonteringsrente (avk.krav)	10 %	12 %	Prosent
Investeringskostnad	10.00	54.00	kr / kg MTB
Netto kontantstrøm drift	15.00	12.00	kr / kg MTB
Nåverdi	119.09	39.73	kr / kg MTB
Konv.faktor MTB Lukket / MTB Åpen teknologi		3.00	tonn MTB

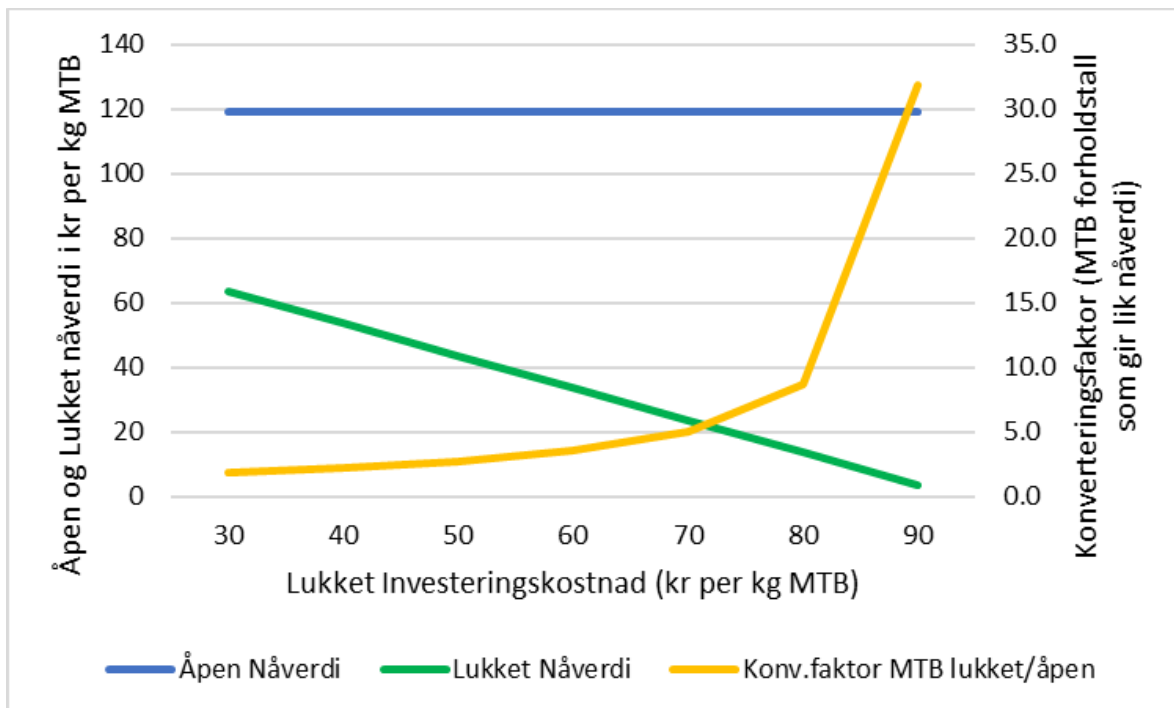
Vi gjør så sensitivitetsanalyser på alle de tre nøkkelfaktorene for lukket anlegg – netto kontantstrøm, investeringskostnad og avkastningskrav.

Først ser vi på netto kontantstrøm per kilo MTB, og lar denne variere fra et nivå som er vesentlig lavere enn for åpent anlegg til et vesentlig høyere nivå. Et lavere nivå enn åpent anlegg kan innebære bedre biologisk ytelse i form av overlevelse og dødelighet, høy MTB utnyttelsesgrad, lave energi- og slamkostnader. Vi ser av figur 7.1 at konverteringsfaktoren varierer fra 1:14 mellom åpen og lukket ved lav netto kontantstrøm til 1:1,2 mellom åpen og lukket ved høy netto kontantstrøm. Vi endrer ikke kontantstrømmen for åpent anlegg her, men innføring av miljøavgifter eller reguleringer som øker produksjonskostnadene (og dermed reduserer netto kontantstrøm) i åpne anlegg vil ha samme effekt som en tilsvarende økning i netto kontantstrøm til lukkede anlegg, altså at konverteringsfaktoren blir lavere.



Figur 7.1: Sensitivitetsanalyse for netto kontantstrøm i lukket anlegg.

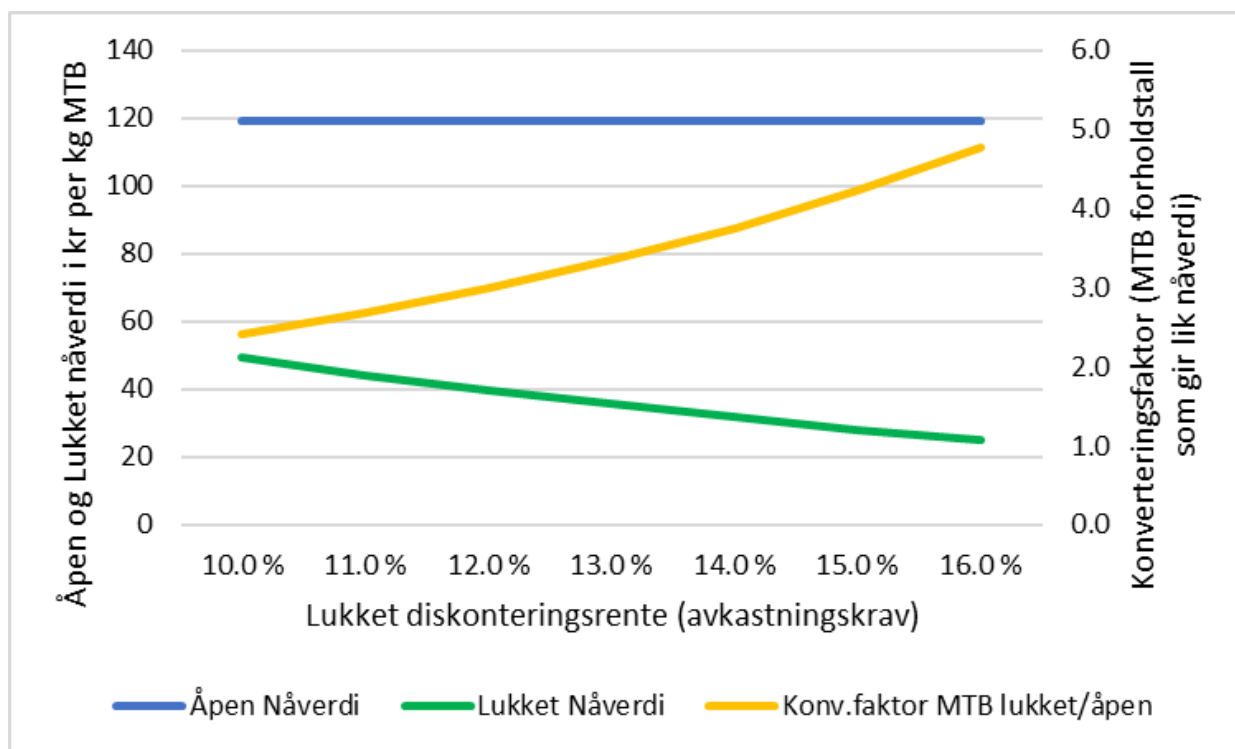
Deretter varierer vi investeringskostnaden per kilo MTB (Figur 7.2). Vi varierer denne fra 30 kroner per kilo MTB, noe som må anses som svært lavt, til 90 kroner per kilo MTB. Med den høye investeringskostnaden er konverteringsfaktoren hele 1:32 mellom åpen og lukket, mens med den lave (og nok litt urealistiske investeringskostnaden) er konverteringsfaktoren 1:1.9.



Figur 7.2: Sensitivitetsanalyse for investeringskostnad i lukket anlegg.

Så varierer vi avkastningskravet (diskonteringsrenten) per kilo MTB (Figur 7.3). Med andre ord, vi ser på ulike risikovurderinger av lukket teknologi. Vi varierer avkastningskravet fra 10%, som er samme nivå som åpent

anlegg, til 16%, hvor risikoen anses som svært høy. Med det høye avkastningskravet er konverteringsfaktoren 1:4,8 mellom åpen og lukket, mens med det lave avkastningskravet er konverteringsfaktoren 1:2,4.



Figur 7.3: Sensitivitetsanalyse for avkastningskrav i lukket anlegg.

Man kan alltid diskutere basisforutsetningene i denne analysen. Det er stor usikkerhet rundt teknisk, biologisk og økonomisk ytelse til semi-lukkede sjøanlegg. Men sensitivitetsanalysen gir en indikasjon på at det nok er nødvendig med en konverteringsfaktor som er relativt høy, trolig en konverteringsfaktor som er høyere enn 1:2 mellom åpen og lukket MTB. I prinsippet er det mulig å ha auksjon på MTB-konverteringsfaktor, dvs. at havbrukselskapene gir inn bud på konverteringsfaktor som de vil akseptere og at det er et begrenset antall konverteringer som tillates. Da vil man få informasjon fra markedet om hvordan selskapene selv verdsetter åpen og lukket MTB.

Dersom man får realisert investeringer i semi-lukkede anlegg som gir mer praktiske erfaringer og forskningsbasert kunnskap om disse vil usikkerheten om ytelsene til denne type teknologi reduseres. Man vil lære mer om hvilke konsepter som fungerer best, og gjennom læring vil det bli foretatt ytterligere innovasjoner i konseptene. Over tid vil dette redusere investeringskostnad og øke kontantstrøm i driften. Dermed vil nåverdien av ett tonn MTB i lukket anlegg øke, og konverteringsfaktoren mellom lukket og åpen reduseres. Så over tid kan myndighetene redusere konverteringsfaktoren og øke prisen på MTB som tilbys for bruk i lukkede anlegg.

7.2 Analyse 2: Økonomiske effekter av delvis lukking av produksjonsområder

Økonomiske analyser av investeringer i havbruk må, hvis resultatene skal være relevante for i praksis, i størst mulig grad ta utgangspunkt i en realistisk fremstilling av lokalitetsstrukturen og praktisk oppdrett av oppdrett. Det er imidlertid ikke mulig å fange opp alle elementer fra praktisk oppdrett i en modell, og det må gjøres forenklinger og gjøres forutsetninger. I den andre analysen anvender vi en modell som kombinerer ulike delmodeller for biologisk vekst, lusevekst og -smitte, med økonomiske modeller for bedriftenes investeringsbeslutninger og samfunnsøkonomisk verdiskaping. Ulike lag med modeller legges opp på hverandre, som øker kompleksiteten. Forenklinger er derfor nødvendig.

Under er en kort beskrivelse av de ulike komponentene i modellen:

Vekstmodell for oppdrettslaks: Vekstmodellen tar utgangspunkt i en vanlig bioøkonomisk modell for havbruk (Bjørndal, 1988; Guttormsen, 2008; Oglend & Soini, 2020; Thyholdt, 2014). Denne modellen beregner utviklingen i biomassen av et utsett av fisk fra utsett til slakt. Den biologiske vekstprosessen er basert på en Beverton-Holt modell for en enkelt årsklasse. I den klassiske bioøkonomiske modellen antas en konstant dødelighetsrate. Biomasseveksten kan modelleres som en funksjon av alder/størrelse, sjøtemperatur, antall fisk/tetthet, fôrmengde og daglengde. Utsett kan modelleres som en kontinuerlig prosess. Beslutningene som operatøren tar er tidspunkt for utsett, størrelse på fisken ved utsett, utfôringsmengde og slaktetidspunktet. Et sentralt spørsmål i produksjonsplanleggingen er å bestemme den optimale roteringen, dvs. finne den beste sekvensen av utsett og slakt, og dermed kontantstrømmer og allokering av knappe produksjonsressurser som fôr, antall fisk, og ikke minst areal (Guttormsen, 2008). Det optimale sett med beslutningskriterier bestemmes i en optimeringsmodell hvor hensikten er høyest mulig overskudd målt i nåverdi.

I praksis vil en rekke av beslutningskriteriene være gitt. Ofte er utsettene av fisk begrenset til vår- og sommerutsett. Slaktetidspunktet bestemmes av en rekke faktorer som ikke fanges opp den matematiske modellen som risiko for kjønnsmodning, MTB-grenser, evne til å møte kundenes behov for jevne leveranser, samt krav til brakklegging osv. Rotasjonsproblemet blir da begrenset.

Lusesmittemodell: Lusesmittemodeller tar ofte utgangspunkt i matematiske modeller for lusevekst- og dødelighet, samt smitte til vertsorganismer. Slike modeller må fange opp både lakselusens biologi og påvirkninger på vertsorganismer. Lakselusen *Lepeophtheirus salmonis* går gjennom flere morfologiske livsyklustadier (Stien et al., 2005; Torrissen et al., 2013). Fastsittende modne hunnlus produserer egg som klekker til nauplielarver som lever i vannmassene. Lusa går gjennom tre planktoniske nauplie- og kopepodittstadier før den fester seg til laksen i fastsittende parasittiske stadier. I denne fasen går lusa gjennom 4 chalimus- og 2 preadultstadier før den blir en voksen fastsittende lakselus. Lakselusen skader oppdretts- og vill laksefisk ved å beite på fiskens skinn og blod (Fjellidal et al., 2022; Misund, 2018b; Torrissen et al., 2013).

Vekst og overlevelse av lakselusen (populasjonsdynamikk) påvirkes av en rekke faktorer som størrelse på populasjon, antall verter, sjøtemperatur, alder, avstand til verter, tid på året, saltholdighet osv. (Dalvin et al., 2020; Hamre et al., 2019; Kragestein et al., 2021; Mordue & Birkett, 2009; Samsing et al., 2016; Stien et al., 2005; Torrissen et al., 2013). Stien et al. (2005) beskriver en modell for populasjonsdynamikk av lakselus. En av de viktigste faktorene som styrer utviklingen av lakselus er sjøtemperatur. Økende sjøtemperatur har en kraftig akselererende effekt på lakselusesmitte ved at lengden på de 10 utviklingsstadiene lakselusen går gjennom blir kortere i tid samt at eggproduksjonen til den modne hunnlusen blir hyppigere (Hamre et al., 2019; Samsing et al., 2016; Stien et al., 2005). Andelen egg som klekket er høyere ved 15-20 °C enn lavere sjøtemperaturer (Samsing et al., 2016). Samme studie viste at infeksjonssuksessen til lusen var mer enn 10 ganger høyere ved temperaturer på 10 og 20 °C enn ved 5 °C. Klekkefrekvensen på lakselusegg er 4,2 ganger høyere, og den samlede eggproduksjonen 3 ganger høyere, ved 18 °C enn ved 6 °C (Hamre et al., 2019). Forkorting av utviklingstiden kan føre til at høye sjøtemperaturer fører til mer lokal smitte mens lave sjøtemperaturer gir lavere smittepress, men over et større geografisk område (Hamre et al., 2019).

Tabell 7.2, hentet fra Hamre et al. (2019) under viser utviklingstiden fra infeksjon på laksen og til lakselusen er kjønnsmoden. For å regne ut lengden på hele livsyklusen må en i tillegg ta med klekketid for lakseluseggene, samt tiden mellom klekking av det første nauplietstadiet til det kopepodittstadiet som infiserer verten.

Tabell 7.2. Utviklingstid mellom infeksjon og moden lakselus, og eggklekkefrekvens og eggproduksjon hos modne hunnlus. Kilde: Hamre et al. (2019), avrundet til nærmeste heltall.

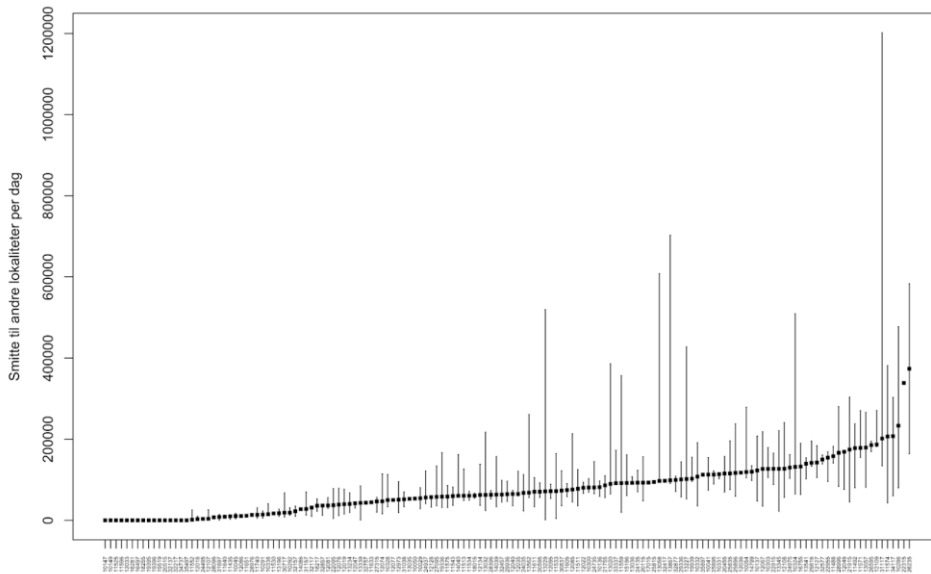
Sjøtemperatur °C	Antall dager mellom infeksjon og adult		Klekkefrekvens (dager mellom klekking)	Eggproduksjon (egg/dag/lus)
	Hannlus	Hunnlus		
3	110	135		
6	55	72	17	29
9	37	43		
12	23	29	6	81
15	16	21		
18	13	16	4	91
21	11	13		

I tillegg må en også modellere suksessen lakselusen har med å feste seg til vertsorganismen. Studier på andre larveorganismer viser at generelt er overlevelsen til planktoniske larver lav (Thorson, 1950) og avtar over tid (Graham et al., 2008).

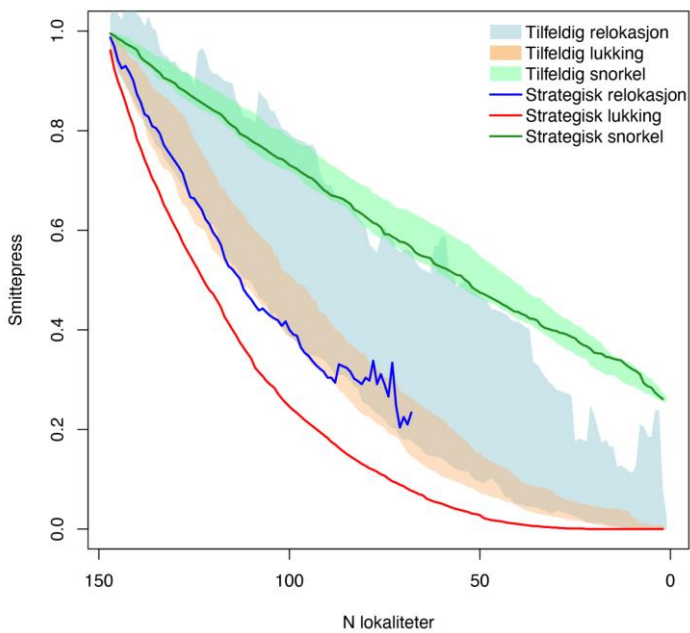
Matematiske modeller for populasjonsdynamikk og smittepress av lakselus er kompliserte, se f.eks. Stien et al. (Stien et al., 2005). I vår modell som også omfatter en bioøkonomisk modell for vekst og overlevelse er oppdrettslaksen, samt bedriftsøkonomisk investeringsanalyse og samfunnsøkonomiske verdikjedeeffekter, har vi forenklet populasjons- og smittedynamikken til lakselusen.

Infeksjonsmodell: Vi har valgt en forenklet smittemodell for lakselus. Flere studier av produksjonsområder 3 og 4 viser at det er områdene er inndelt i smittenettverk og at lokaliteter vil ha forskjellig bidrag til det totale smittepresset av lakselus (Huserbråten, Ådlandsvik, Bergh, Grove, et al., 2020; Huserbråten, Ådlandsvik, Bergh, & Johnsen, 2020; Huserbråten, Ådlandsvik, Øivind, et al., 2020).

Figur 7.4 (fra Figur 5 side 20 i Huserbråten et al. (2020)) viser at smittepresset fra lokalitetene til andre lokaliteter i PO3 varierer mellom medianverdier på 0 og 400.000 pelagiske lakselus per dag. Denne heterogeniteten i smittepress tilsier at en strategisk reduksjon av smittepress, enten ved å bruke teknologi med redusert eller fravær av lakselus eller omstrukturering av lokaliteter, vil være mer effektivt enn en tilfeldig «lukking» av lokaliteter eller endring av lokalitetsstruktur. Figur 7.5 viser at analysene til Huserbråten et al. (2020) bekrefter dette.

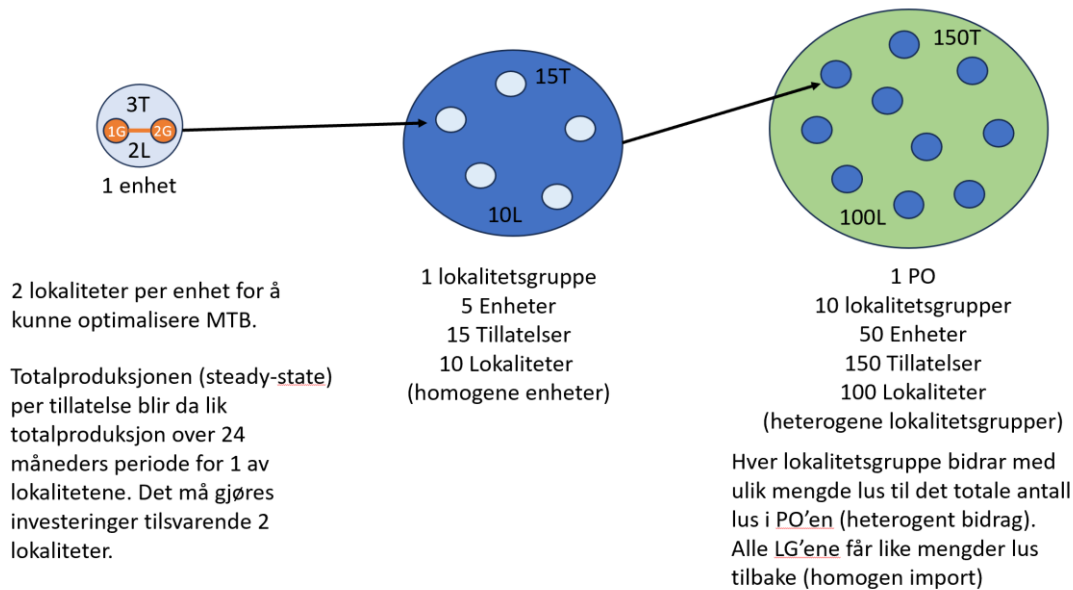


Figur 7.4: Smitte av pelagiske lakselus fra enkeltlokaliteter. Kilde: Huserbråten et al., (2020).



Figur 7.5: Endring i totalt smittepress mellom lokaliteter ved ulike strategier som endring av lokalitetsstruktur, lukking og bruk av snorkelmerder, enten tilfeldig eller ved å velge de lokalitetene som har høyest smittepress som vist i Figur 8.4. Kilde: Huserbråten et al., (2020).

I vår modell er resultatene fra Huserbråten et al. (2020) fanget opp på følgende måte. Et tenkt produksjonsområde har 100 lokaliteter som deles inn i 10 lokalitetsgrupper, som hver inndeles i 5 enheter som består av 2 enkeltlokaliteter. Inndelingen i enheter som består av 2 lokaliteter siden en selskapstillatelse brukes på flere lokaliteter. Dette gjøres for å kunne øke kapasitetsutnyttelsen av selskapstillatelsene siden en produksjonssyklus i sjø varer mer enn 1 år, opptil 2 år inkludert minimum 2 måneders brakklegging. Vi omtaler kapasitetsutnyttelsen av selskapstillatelser lenger ned i teksten. Hver enhet er tilkoblet 3 selskapstillatelser. Den modellerte lokalitetsstrukturen er beskrevet i Figur 7.6.



Figur 7.6: Lokalitetsstruktur i regneeksempelet.

Investeringsanalyse: Disse analysene forteller oss hvor lønnsom et investeringsprosjekt vil være sett fra ståstedet til en bedrift. Fordelen med investeringsanalyser er at de er fremoverskuende og gjør det mulig å sammenligne ulike investeringsbeslutninger, f.eks. valget mellom å investere i fortsatt åpen merdteknologi eller alternative produksjonsteknologier som semi-lukkede anlegg eller nedsenkbare anlegg. Siden fokuset her er på økonomien i konverteringer mellom åpne og lukkede anlegg ser vi bort fra elementer som er lik for de to investeringsalternativene, f.eks. kjøp av selskaps-MTB.

Vi analyserer de økonomiske effektene av lukking av enkeltlokaliteter på følgende måte. Utgangspunktet er en bioøkonomisk modell for produksjon av laks over en produksjonsyklus på 18-24 måneder. Vekstraten til fisken varierer med sjøtemperatur og fiskestørrelse, og førfaktoren øker med fiskens vekt. Det anvendes to bioøkonomiske modeller, en for produksjon i åpne merder og en for lukkede anlegg. Det som skiller de to modellene, er dødeligheten. Totaldødelighet er summen av en baseline dødelighet og avlusningsdødelighet, hvor sistnevnte bestemmes av antall avlusninger.

Kapasitetsutnyttelse er en viktig driver av lønnsomheten i oppdrettsanlegg. De mest produktive selskapene klarer å produsere mellom 1,5-2,0 tonn laks og ørret per tonn MTB. En slik kapasitetsutnyttelse fordrer imidlertid at selskapene besitter en konfigurasjon av lokaliteter, selskaps-MTB, muligheter for mange utsett, variasjon i smoltstørrelse, samlokalisering, selskapssamarbeid, interregional-MTB-fleksibilitet o.l. som gjør en slik optimalisering mulig. Et selskap med 1 selskapstillatelse og 1-2 lokaliteter har ikke muligheter til å oppnå en tilsvarende selskaps-MTB-utnyttelse som åpne anlegg i optimaliserte systemer har, spesielt ikke over en produksjonssyklus som dekker 2 kalenderår inkludert brakklegging. Økonomiske analyser av etablering av produksjon med havbruk til havs-teknologi viser at det er svært utfordrende å komme opp i kapasitetsutnyttelser på samme nivå som innaskjærs (Heskestad et al., 2023; Tveterås et al., 2021; Utror Industry Handbook, 2023). Ifølge Utror Industry Handbook (2023, side 101):

«I videre analyser legger vi derfor til grunn et produksjonsvolum på 1,5 ganger MTB for kystnært oppdrett. På grunn av andre driftsmodeller og operasjonsfilosier vil ikke disse mekanismene gjøre seg gjeldende på samme måte for havbruk til havs og landbasert oppdrett, og vi legger derfor til grunn et årlig produksjonsvolum på 0,8 ganger MTB. Ettersom både HTH og landbasert oppdrett er på et tidlig utviklingsstadium, er det knyttet større usikkerhet ved denne antagelsen.»

Analysen av konverteringer mellom åpen og lukket MTB må derfor også ta hensyn til hvilken kapasitetsutnyttelse som faktisk er mulig, både for eksisterende selskaper og for nyetablerere. Hvis en høy kapasitetsutnyttelse fordrer at selskapene bruker flere lokaliteter må investeringsanalysene ta høyde for det. Vi utdyper dette punktet i vedlegget til dette kapitlet. I analysen under antar vi at selskapet investerer i lukkede anlegg på to lokaliteter og driften er basert på 3 selskapstillatelser (3 x 780 tonn MTB) fordelt på de to lokalitetene, hvor det settes ut smolt på våraparten på de to lokalitetene annethvert år. Vedlegget diskuterer andre muligheter for økt kapasitetsutnyttelse, slik som bruk av postsmolt og høstutsett. I tillegg vil enkelt større selskaper ha muligheter for å anvende interregionale MTB-tak for ytterligere lokalitetsoptimering. Våre analyser fanger ikke opp effektene av den disse elementene.

Antall avlusninger bestemmes av lusepopulasjons- og smitte modellen. Smittepresset på de gjenværende lokalitetene med åpen merdteknologi vil avta når enkeltlokaliteter lukkes.

Lukket teknologi er fortsatt under utvikling, og en kan forvente en fallende kostnadskurve over tid etter hvert som innovasjoner bidrar til reduserte enhetskostnader. Vil forvente at etter hvert som teknologien modnes og utprøves vil kostnadene falle. Kostnader fra nåværende konsepter er ikke nødvendigvis beskrivende for den fremtidige lønnsomheten. For å fange opp effekter knyttet til teknologiusikkerhet kjører vi sensitiviteter med ulike avkastningskrav.

Samfunnsøkonomisk analyse: Investeringsmodellene beskriver de bedriftsøkonomiske effektene av teknologivalg. Den samfunnsøkonomiske analysen kombinerer verdiskaping i matfiskleddet (som er et resultat av den bedriftsøkonomiske analysen) med verdiskaping og ringvirkningseffekter i andre deler av verdikjeden for havbruk (Tabell 8.3). Denne modellen vil også fange opp effektene på de gjenværende lokalitetene med åpen teknologi av at enkeltlokaliteter lukkes.

Tabell 7.3: Verdiskaping (kr/kg, 2023-kroner). Kilder: Egne beregninger basert på Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse (matfisk og settefisk) og Johansen m.fl., 2021 (verdikjede og ringvirkninger)

	Matfisk	Settefisk	Foredling	Handel og eksport	Ringvirkninger
2016	23,05	1,33	1,38	1,38	28,97
2017	22,92	1,43	3,66	1,37	26,55
2018	22,06	1,46	3,01	0,86	17,20
2019	16,39	1,59	3,93	0,59	29,83
2020	10,73	1,64	4,16	0,38	28,34
2021	10,19	1,37	3,27	0,65	26,18
Snitt	17,56	1,47	3,23	0,87	26,18

Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten beregnes som summen av verdiskaping i matfisk, settefisk og i andre deler av verdikjede, samt ringvirkningseffekter.

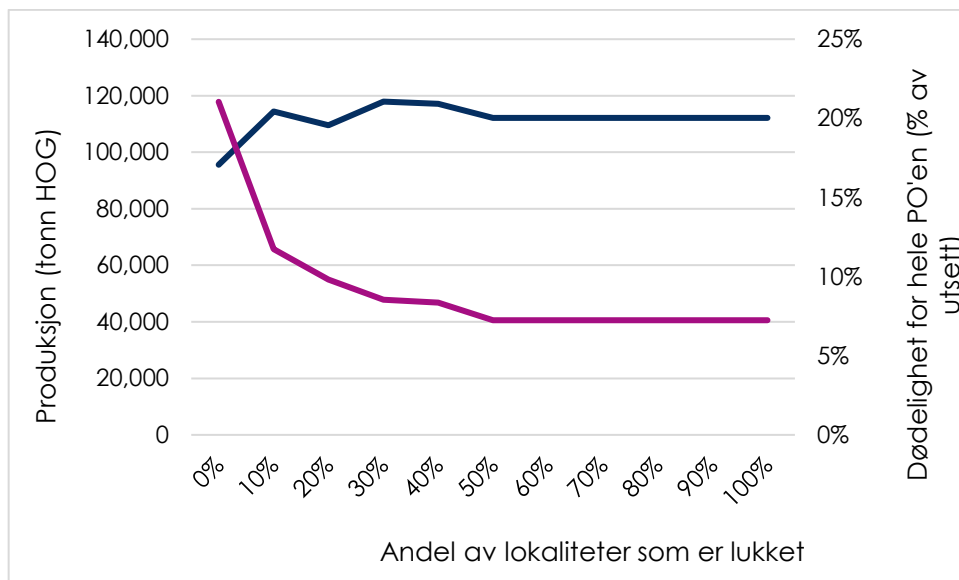
Det forventes høyere ringvirkningseffekter for lukkede anlegg da det er høyere investeringsbehov og vedlikeholdsbehov for mer kapitalintensive anleggsmidler. Vi oppjusterer derfor ringvirkningseffektene for

lukkede anlegg med økte vedlikeholdskostnader og kapitalslit, til 31,8 kr/kg sløydvækt for investeringer i lukkede anlegg vs. 26,18 kr/kg sløydvækt for åpne merder.

I den samfunnsøkonomiske analysen tar vi også med effektene i andre deler av verdikjeden samt ringvirkningseffekter (se Tabell 7.3). En fullstendig samfunnsøkonomisk analyse bør ha med eksterne virkninger. Det gjelder både positive og negative eksternaliteter. I havbruk er det ofte de negative eksternalitetene fra smitte av lakselus og sykdom fra oppdrett til villaks, samt de negative effektene av rømt oppdrettslaks på villaksstammer som fremheves som de viktigste eksternalitetene. Lukking av oppdrettsanlegg vil redusere smittepress av lakselus på villaksen. Vi har også lagt til grunn at den semi-lukkede teknologien som anvendes har dobbel rømmingssikring. I tillegg vil lukkede anlegg kunne samle opp sedimentert organisk materiale. Samfunnets kostnader med lukkede anlegg vil derfor være lavere enn med åpne anlegg. På den andre siden vil lukkede anlegg bruke mer energi. Samtidig kan produksjon i semi-lukkede anlegg gi lavere førfaktor og dermed mer effektiv utnyttelse av fôrressurser, og for havbruk er produksjon av fiskefôr en av de største kildene til klimagassutslipp. Samfunnets totale kostnader fra eksterne virkninger er derfor svært vanskelig å estimere. Men, når det gjelder lus, sykdom og rømming er det grunn til å anta lavere kostnader for samfunnet med lukkede fremfor åpne merder. Av den grunn vil våre analyser tendere til å gi for høyt bidrag til total samfunnsøkonomisk lønnsomhet fra åpne anlegg, og for lavt fra semi-lukkede anlegg.

Imidlertid vil vår modell fange opp de positive effektene lukking av enkeltlokaliteter har på de resterende lokalitetene med åpen merdteknologi, dvs. effektene av tiltak mot negative eksternaliteter knyttet til lakselus.

Under presenterer vi resultatene av modelleringen av den biologiske performance, samt bedrifts- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved ulik grad av lukking av lokaliteter i et tenkt produksjonsområde. Figur 7.7 viser at den totale produksjonen i produksjonsområdet øker betydelig ved lukking av 10% av lokalitetene, men at ytterligere lukking har marginale effekter etter dette. Det er avtagende marginaleffekter av lukking. Videre ser vi at den totale fiskedødeligheten faller med økende lukking, men effekten er størst for lukking av de første 10 av lokalitetene, og at effektene er marginale etter dette. Også her er det avtagende marginaleffekter (*diminishing returns*).



Figur 7.7: Produksjon og fiskedødelighet med økende andel av lokalitetene som lukkes.

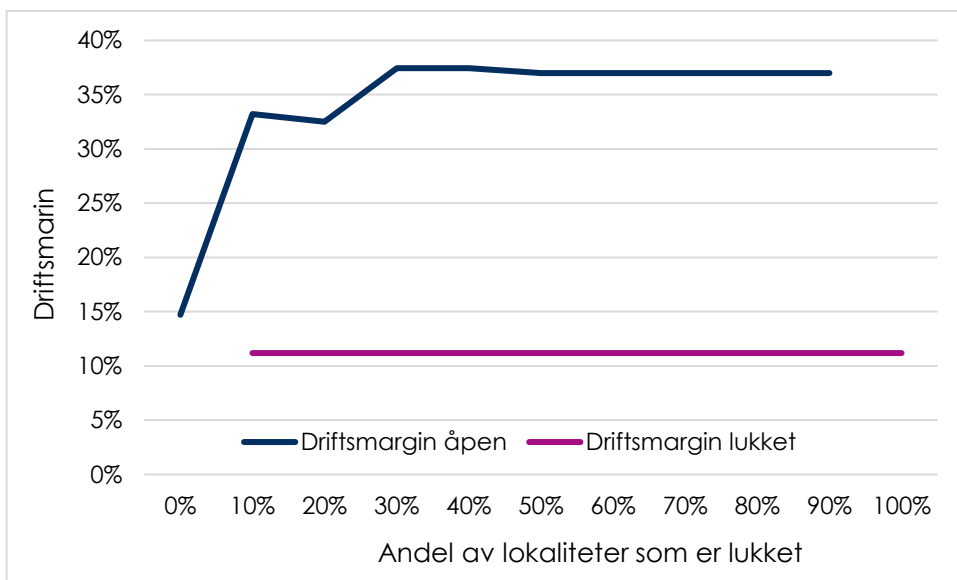
Igjen vil vi peke på at dette er resultatene fra en konseptuell modell og resultatene må tolkes med forsiktighet.

Figur 7.8 viser at driftsmarginen for lukkede anlegg er lav, noe som skyldes at denne type merdteknologi er kapitalkrevende og har vesentlig høyere kapitalkostnader enn åpne merder. I våre modeller har lukkede

anlegg lavere dødelighet og bedre biologisk performance enn åpne anlegg i samme produksjonsområde, men dette er ikke tilstrekkelig for å kompensere for den negative effekten av de økte kapitalkostnadene.

Vår modell er basert på et produksjonsområde med ca. 20% fiskedødelighet (før lukking). Figur 7.7 viste fallende dødelighet i hele produksjonsområde med økende grad av lukking, som resulterte i økt produktivitet og produksjon. Figur 7.8 viser at disse effektene forbedrer lønnsomheten i de åpne merdene selv med bare lukking av 10% av lokalitetene. Resultatene viser at eierne av åpne merdanlegg nyter godt av delvis lukking av lokaliteten. Med andre ord, de anleggene som ikke lukker sin produksjon høster en økonomisk gevinst som følge av den delvise lukkingen av lokaliteter. I vår modell dobles driftsmarginen med en 10% lukking. Ytterligere lukking gir kun marginale effekter på lønnsomheten. Årsaken er at en har tatt ut «de lavhengende fruktene» først, dvs. de lokalitetene som bidrar mest til det totale smittepresset i produksjonsområdet. De resterende åpne lokalitetene bidrar med mindre lusesmitte til de andre lokalitetene og fører til at det totale smittepresset faller.

Selv om driftsmarginen for lukkede anlegg er positiv betyr det ikke at investeringene er lønnsomme. Vi må også ta hensyn til selskapenes kapitalkostnader. Senere vil vi vise at nåverdien av å investere i lukkede anlegg i dette produksjonsområdet er negativt.



Figur 7.8: Driftsmargin for åpne og lukkede merder med økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket.

Produktivitetsforbedringene som delvis lukking gir fører til økt verdiskaping, men økningen er ikke monoton, men når en topp og er fallende etter dette med økende lukkegrad (Figur 7.9). Her er to effekter, den første er økt produksjon og redusert dødelighet som gir høyere lønnsomhet og verdiskaping, men motvirkes av en annen effekt som skyldes at lukkede anlegg har en lavere verdiskapingseffekt enn åpne fordi anleggstypen er kapitalkrevende og med lavere bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

Analysen over viser et eksempel på det fagøkonomer kaller *markedssvikt*. Investeringene i lukkede anlegg er ulønnsomme for bedriftene, men lønnsomt for samfunnet (gir økt verdiskaping, lavere fiskedødelighet og lavere smittepress av lus). Dette kalles tiltak som gir lavere *negative eksternaliteter*. Samfunnet, her eksemplifisert ved de andre åpne oppdrettsanleggene, oppnår høyere lønnsomhet og verdiskaping når lokalitetene i produksjonsområdet delvis lukkes. Vi så i Figur 7.8 at driftsmarginen til åpne anlegg ble doblet, fra 15% til over 30% når de 10% av lokalitetene som bidro mest til smittepresset av lus ble lukket. Denne økte lønnsomheten tilfaller utelukkende de åpne anleggene siden lønnsomheten til de lukkede anleggene ikke påvirkes av lusesmitte. De anleggene som investerer i de lukkede anleggene drar ikke nytte av den økte

lønnsomheten i åpne merder, selv om det var de investeringene de gjorde som bidro til lønnsomhetsforbedringen. I en ideell verden skulle denne fordelen vært priset inn i investeringsanalysen og beslutningen til de åpne anleggene. Nåverdien til investeringene i de lukkede anleggene var negative og det betyr at investeringen i henhold til finanst teori ikke skal gjennomføres, selv om kanskje den samfunnsøkonomiske verdiskapingen fra investeringen er positiv. Her skapes det et gap mellom det som er lønnsomt for bedriften og det som er lønnsomt for samfunnet. Myndighetene kan ha en rolle for å korrigere denne markedssvikten.

En vanlig læreboktilnærming for å korrigere for markedssvikten er å foreslå at det innføres en miljøeffekt på luseutslipp. Hvis luseavgiften utformes korrekt vil den skattlegge miljøskaden på en slik måte at bedriftene vil tilpasse seg slik at lusesmitten reduseres (mest for de lokalitetene med høyest lusesmitte) og samfunnet innhenter samtidig et skatteproveny. Imidlertid er en korrekt utforming av luseavgifter svært krevende, og er avhengig av en rekke forutsetninger⁵, slik som:

1. Avgiften må rettes mot den skadelige aktiviteten
2. Man må kunne måle/kontrollere det man avgiftsbelegger
3. Man må vite hvor høyt man verdsetter miljøgevinsten. Alternativt: Man må vite kostnaden ved miljøproblemet

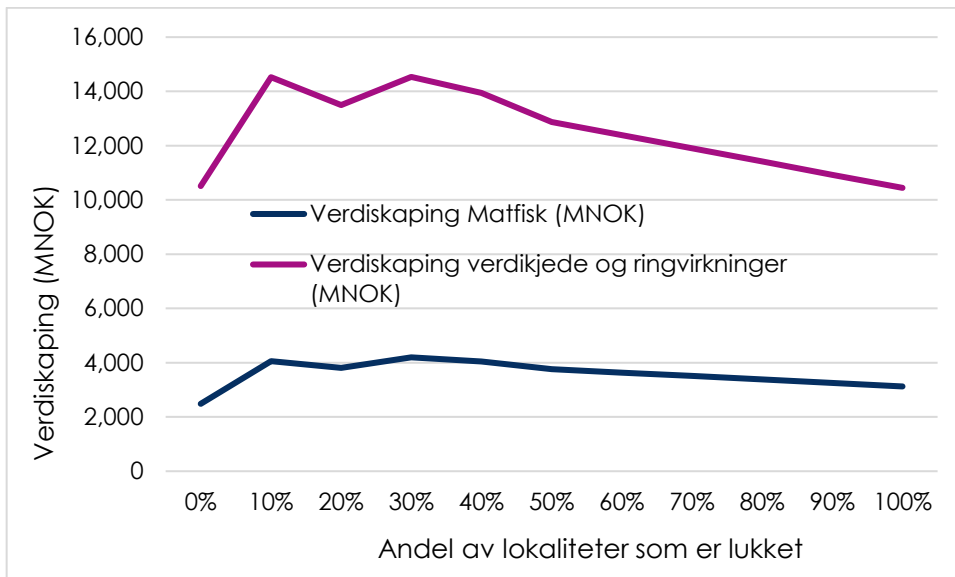
Imidlertid er utformingen av en luseavgift som effektivt skattlegger miljøskaden vanskelig. For det første vil miljøskaden fra lakselus variere geografisk (produksjonsområder, innenfor produksjonsområde) og gjennom året (vår/sommer for utvandrende villakssmolt, større deler av året for sjørret). I tillegg kan mange av miljøutfordringene i havbruk, spesielt lakselus, karakteriseres som *non-point source pollution* (ikke-punktforurensning) (Jensen et al., 2023). Teoriene om miljøavgifter er utviklet med utgangspunkt i klassisk punkt-forurensning (*point source pollution*), dvs. forurensningen kommer fra et bestemt utslippspunkt og mengden og de økonomiske effektene av forurensningen kan enkelt måles. I følge en reviewartikkel av Xepapadeas (2011) er *non-point source pollution* (NPS) svært vanskelig å regulere eller skattlegge:

«the use of traditional environmental policy instruments such as emissions taxes or tradable quotas to regulate NPS pollution is very difficult»

I tillegg til at en luseavgift vil være svært vanskelig å utforme, være lite effektiv, vil avgiften ha noen negative samfunnsøkonomiske effekter ved at den fører til redusert produksjon, som både påvirker økonomien til oppdrettere negativt, men vil også ha negative effekter langs verdikjeden som følge av redusert aktivitet.

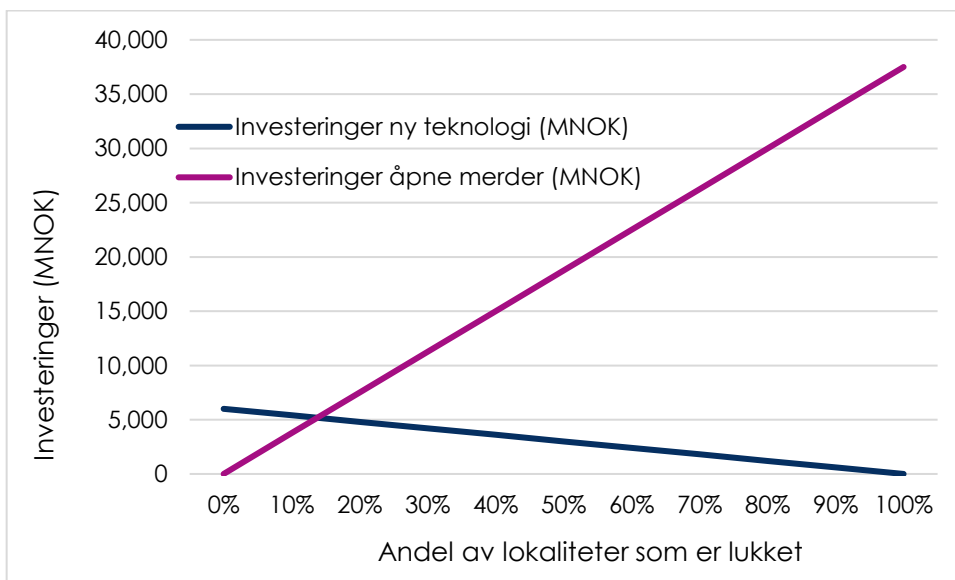
Gitt disse problemene med luseavgifter kan alternativet som er subsidier/risikoavlastning være, ihht. økonomisk teori, en relevant mekanisme som også kan redusere gapet mellom den bedrifts- og samfunnsøkonomiske lønnsomheten av investeringen. En riktig innrettet risikoavlastningsmekanisme kan gjøre at bedriftene tar beslutninger som også er lønnsomme for samfunnet. Det kan argumenteres for at risikoavlastningsordninger som stimulerer til økte investeringer i lukkede anlegg kan være enklere å innføre enn miljøavgifter på luseutslipp (se f.eks. Cojucaru et al., 2023).

⁵ Se Menonrapporten «Havbruk: Nye virkemidler for vern av miljø, bedre fiskevelferd, og økt verdiskaping» side 28: <https://www.menon.no/wp-content/uploads/2021-79-Nye-virkemidler-havbruk.pdf>



Figur 7.9: Verdiskaping i produksjonsområdet økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket. Konverteringsgrad = 1 (1:1 åpen til lukket MTB).

Figur 7.10 viser at hvis investeringene i lukkede anlegg gjennomføres vil det innebære en betydelig økning i investeringsnivået i produksjonsområdet siden lukket teknologi er langt mer kapitalkrevende enn åpne anlegg. Men, her er det viktig å bemerke at nåverdianalysen viser at investeringer i lukkede anlegg ikke er lønnsomme med den lakseprisforutsetningen, konverteringsraten og avkastningskravet som er valgt. I praksis betyr det at investeringene ikke blir gjennomført.

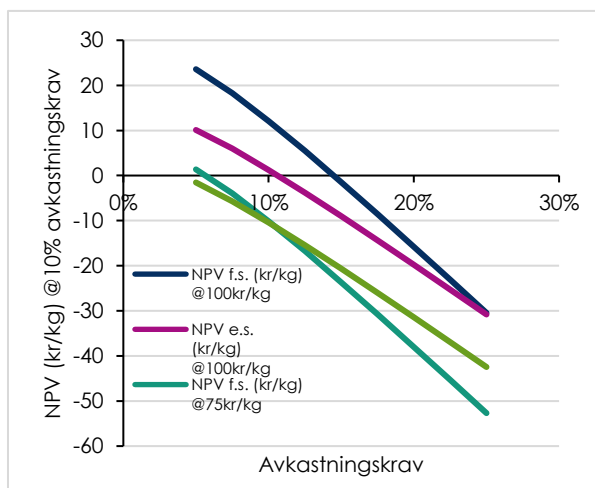


Figur 7.10: Verdiskaping i produksjonsområdet økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket (1:1 konvertering mellom åpen MTB og lukket MTB).

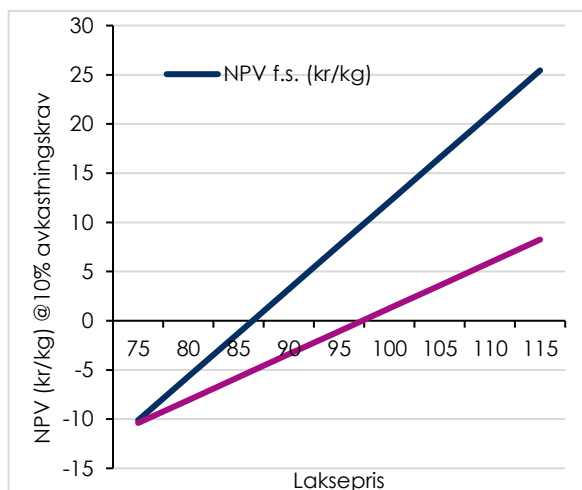
Figur 7.11 viser nåverdien av lukkede anlegg som funksjon av ulike avkastningskrav (Panel A) og laksepriser (panel B). Beslutningene tas av bedriftene basert på nåverdi etter skatt (NPV e.s.), mens nåverdi før skatt (NPV f.s.) viser lønnsomheten av investeringene for samfunnet. Analysene viser at med en konverteringsgrad på 1, dvs. et 1:1 vekslingsforhold mellom åpen og lukket MTB vil lønnsomheten av lukkede anlegg være svak.

Figur 7.11 Panel B viser at den langsiktige lakseprisforventningen må være over 100 kr/kg sløydvakt for at investeringer i lukkede anlegg er bedriftsøkonomisk lønnsomme med et avkastningskrav på 10%. Figur 7.11 Panel A viser investeringslønnsomheten for lukkede anlegg som funksjon av avkastningskrav. Figuren viser at kun med et avkastningskrav under 10% vil investeringene i lukkede anlegg være lønnsomme.

Panel A



Panel B

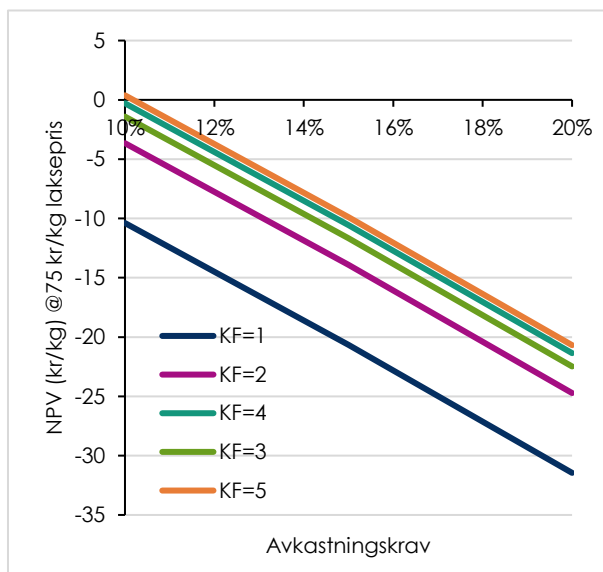


Figur 7.11: Nåverdi av lukkede anlegg med ulike avkastningskrav (Panel A) og laksepriser (panel B). Konverteringsgrad = 1 (1:1 konvertering mellom åpen MTB og lukket MTB).

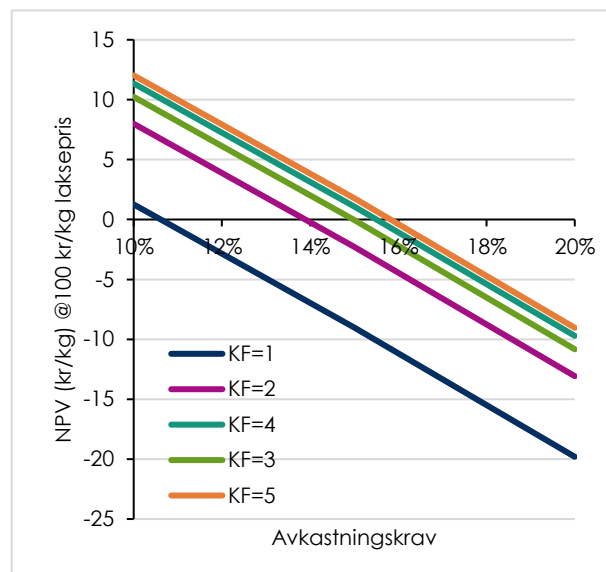
Det bør forventes at investorer anvender relativt høye avkastningskrav på investeringer i lukkede oppdrettsteknologi. I åpne anlegg vil avkastningskrav på mellom 7 og 10% være relevante (Folkvord et al., 2019; Misund, 2018a, 2018c; Misund et al., 2020; Misund & Nygård, 2018; Ruiz Campo & Zuniga-Jara, 2018). Investeringer i lukkede anlegg er preget av høyere teknologisk og biologisk usikkerhet, og avkastningskravet vil være høyere (Folkvord et al., 2019; Misund et al., 2020). Det finnes ikke offisielle estimater på avkastningskrav til ny akvakulturteknologi. Et avkastningskrav på 10% kan anses å være konservativt gitt den regulatoriske, teknologiske og biologiske usikkerheten. I delkapittel 7.1 ble det brukt et avkastningskrav på 12% for investeringer i lukkede anlegg. Gitt en høyere risiko ved investeringer i lav- eller nullutslippsteknologi bør lønnsomheten til semi-lukkede anlegg bør derfor vurderes med ulike avkastningskrav mellom 10 og 20%.

Figur 7.12 viser investeringslønnsomheten til lukkede anlegg med avkastningskrav 10, 15 og 20% kombinert med konverteringsfaktorer på 1:1 – 1:5 mellom åpen og lukket MTB, og for laksepriser på 75 og 100 kr/kg HOG.

Panel A: Laksepris = 75 kr/kg



Panel B: Laksepris = 100 kr/kg

**Figur 7.12: Nåverdi av lukkede anlegg med ulike konverteringsrater**

7.3 Konklusjoner

I dette kapitlet har vi analysert økonomien i konverteringsordninger mellom åpen og lukket MTB. Den første analysen undersøkte hvor stor konverteringsfaktoren bør være for at et selskap vil være indifferent mellom å fortsatt investere i åpne merdanlegg eller alternativt investere i semi-lukkede anlegg. Resultatene viste at nivået på konverteringsfaktoren som kan dreie investeringer fra åpne til lukkede anlegg bør være større enn 2.

Den andre analysen tok perspektivet til myndigheten som skal finne ut hvor mange lokaliteter som bør lukkes for at lusepresset ble redusert til et nivå som anses som akseptabelt. Beregningene er basert på en sammensatt modell, som består av flere lag med ulike enkeltmodeller; i) bioøkonomisk modell for vekst og overlevelse av oppdrettslaks, ii) lakselusepopulasjonsdynamikk og iii) smitte til oppdrettslaks, iv) bedriftsøkonomisk investeringsanalyse samt v) en samfunnsøkonomisk verdiskapingsmodell. Modeller representerer alltid forenklinger av virkeligheten, og resultatene vil være følsomme for valg av modeller, variabler og koeffisienter. Resultatene vil være usikre. Vi her derfor inkludert sensitiviteter for å fange opp noe av usikkerheten.

Resultatene viser at delvis lukking kan gi vesentlig lavere dødelighet og økt produksjon i et produksjonsområde med høyt lusesmittepress, gitt våre forutsetninger. Delvis lukking kan derfor gi økt verdiskaping, både gjennom økt lønnsomhet i produksjonsområdet og på grunn av verdikjedeeffekter. Delvis lukking øker lønnsomheten til de åpne anleggene som ikke investerer i lukkede anlegg. Delvis lukking har derfor positive eksterne effekter som selskapene som investerer i lukkede anlegg ikke tar med i sine investeringskalkyler.

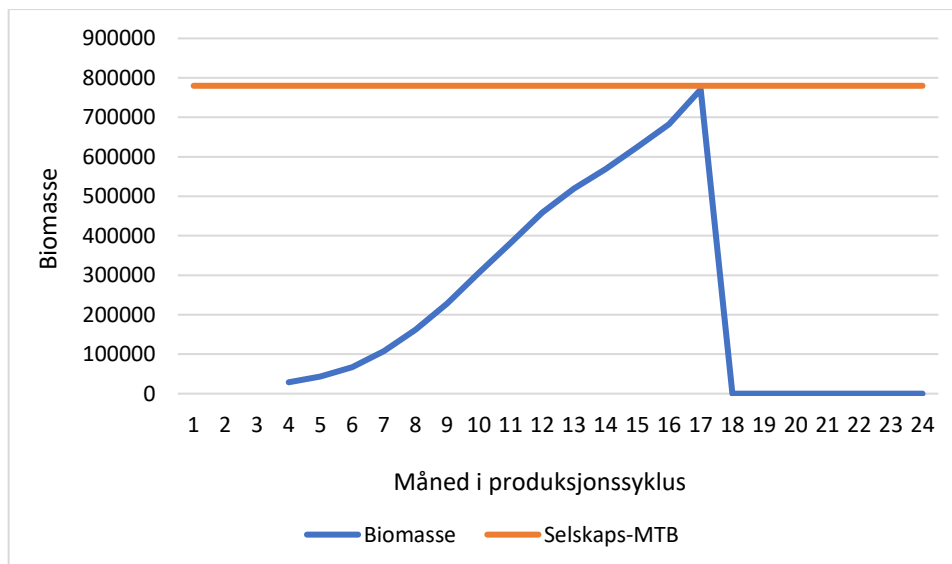
Våre analyser viser at lønnsomheten i lukkede anlegg er krevende uten konvertering. Investeringer i lukkede anlegg er kun lønnsomhet med lave avkastningskrav og/eller høye laksepriser med en konverteringsfaktor på 1:1 mellom åpen og lukket MTB. Lønnsomheten til investeringer i lukkede anlegg øker med økende konverteringsgrad, men selv mer gunstig konverteringsfaktorer kan være krevende ved høye avkastningskrav.

Risikoavlastning/subsidiering/gunstig konverteringsfaktor kan forsvares med markedssvikt i innovasjonsprosesser (FoU) og at investorer i lukkede anlegg ikke drar nytte av effekten investeringene har på eierne av åpne oppdrettsanlegg. Alternativet med skattlegging av de negative effektene av lakselus på vill

laksefisk og oppdrettslaks kompliseres av at lakselusforurensning er en form for *non-point source pollution* (NPS). Litteraturen forteller oss at miljøskattlegging av NPS er lite effektivt, slik at risikoavlastning/subsidiering av investeringer i lukkede anlegg kan være et godt alternativ.

7.4 Vedlegg: Optimalisering av lokalitetsstruktur

Produksjonssyklusen i lakseoppdrett varer typisk mellom 18 og 24 måneder, men kan være kortere i områder med høyere sjøtemperaturer eller hvis det anvendes postsmolt. Figur 7.13 viser biomasseutviklingen for et utsett med 210.000 settefisk av størrelse 100 gram fra april i år 1 til fisken slaktes ut når den har nådd en slaktevekt på rundt 4,5 kg rundvekt 15 måneder etter utsett. Kapasitetsutnyttelsen (biomasse / selskaps-MTB) ligger på i snitt 45% gjennom hele perioden. Kun rett før slakt ligger biomassen nær tilgjengelig kapasitet (selskaps-MTB). Når fisken er utslaktet så må lokaliteten brakklegges i minst 2 måneder. I tilfelle hvor det kun anvendes vårutsett må selskapet vente til året etter før det kan sette ut ny fisk. Et selskap med 1 selskapstillatelse og 1 lokalitet vil derfor ha lav kapasitetsutnyttelse. Gjennomsnittlig produksjonsfaktor (produksjon / MTB) blir da 0,57. Gjennomsnittlig produksjonsfaktor i lakseoppdrett i dag er på rundt 1,5-1,6 kg rundvekt per kilo MTB-kapasitet.



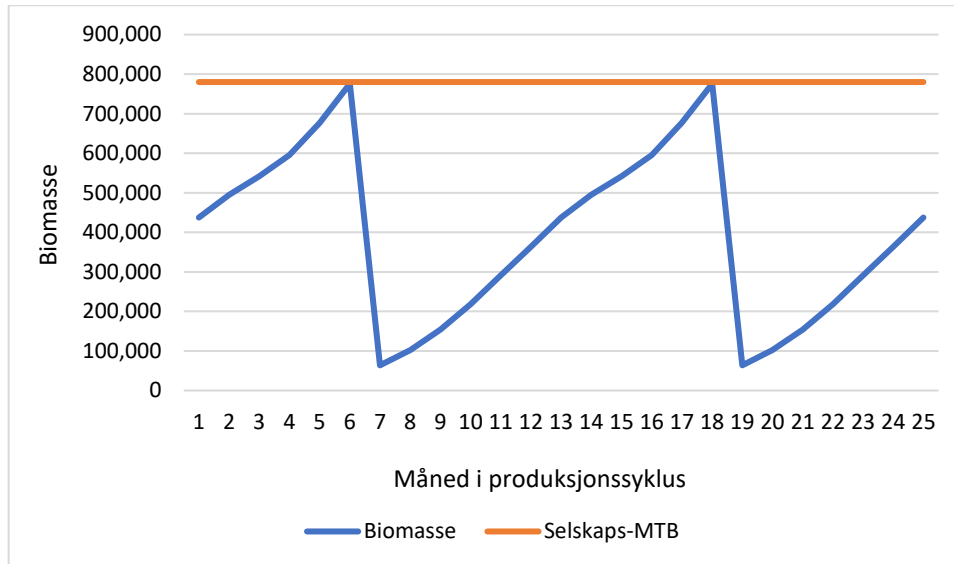
Figur 7.13: Utvikling i biomasse og selskaps-MTB for 1 vårutsett av laks.

Konfigurasjonen med kun en selskapstillatelse og en lokalitet sammen med en produksjonssyklus som går over to kalenderår gir derfor ikke mulighet til å utnytte MTB-kapasiteten som ligger i selskaps-MTB'en. En rekke strategier kan gi økt kapasitetsutnyttelse, og disse inkluderer:

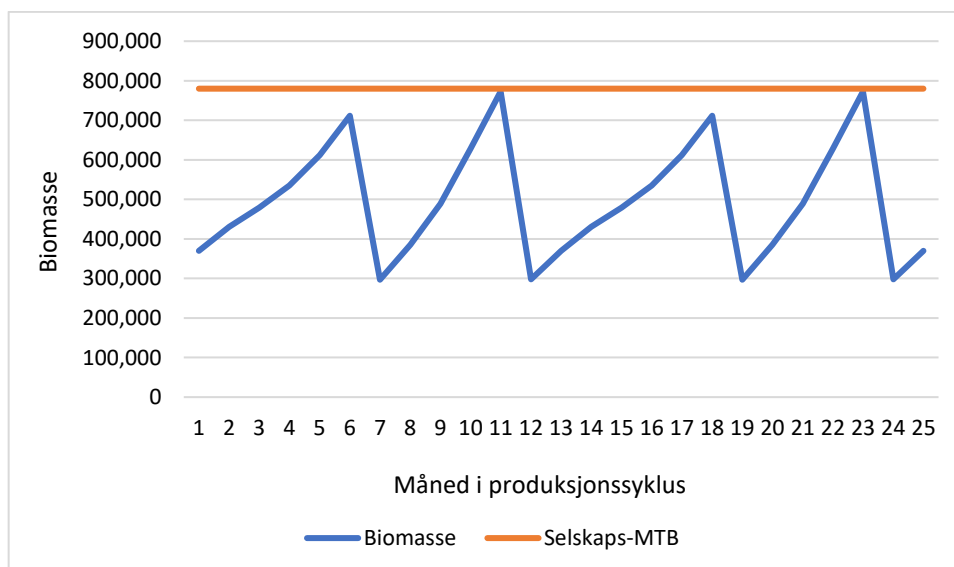
1. Flere lokaliteter per selskapstillatelse
2. Flere utsett per produksjonssyklus
3. MTB-slakting
4. Interregional MTB-tak, og
5. Post-smolt

Flere lokaliteter

Figur 7.14 og 7.15 viser kapasitetsutnyttelsen for et selskap med 1 selskapstillatelse (780 tonn MTB) og 2 (2 vårutsett) og 4 lokaliteter (2 vår- og 2 høstutsett). Med 2 vårutsett blir kapasitetsutnyttelsen i snitt 51%, men med 2 vår- og 2 høstutsett (4 lokaliteter) blir kapasitetsutnyttelsen.



Figur 7.14: Biomasseutvikling ved til sammen 2 vårutsett på 2 lokaliteter over en 24-måneders periode.



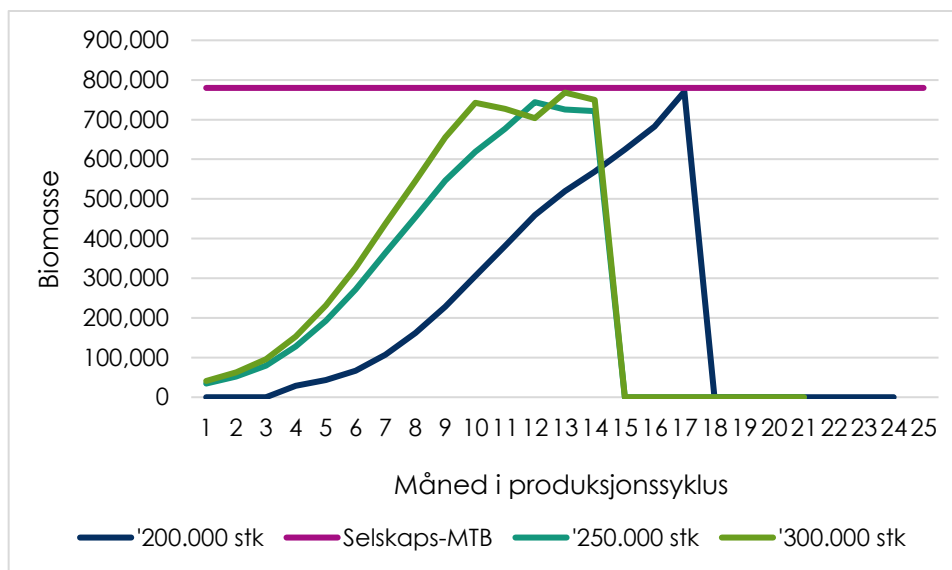
Figur 7.15: Biomasseutvikling ved til sammen 2 vår- og 2 høstutsett på 4 lokaliteter over en 24-måneders periode.

Her må det nevnes at for å kunne optimere kapasitetsutnyttelsen av selskaps-MTB over flere lokaliteter må det investeres i merder på alle lokaliteter. Anleggsutstyret anvendes over en produksjonssyklus på 17-24 måneder inkludert brakklegging slik at det ikke er mulig å flytte merder mellom lokaliteter. Implikasjonen for

investeringer i ny teknologi er at hvis hensikten er å ha høy kapasitetsutnyttelse må det investeres i lukkede merder på flere lokaliteter selv om selskapet kun har 1 selskapstillatelse. Et sentralt spørsmål blir om det er regningsvarende for oppdretter å investere i kapitalkrevende semi-lukkede merder på flere lokaliteter.

Effekter av MTB-slakt

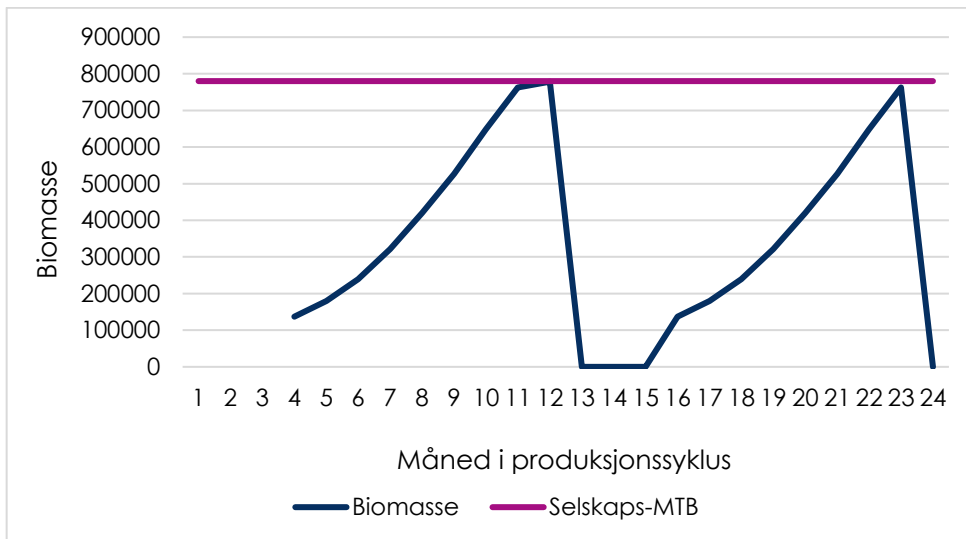
En måte å øke kapasitetsutnyttelsen på er såkalt MTB-slakt. I eksempelet under vises det ved at selskapet setter ut et større antall fisk og slakter ut deler av biomassen når den er nærme MTB-taket (Figur 7.16). I eksempelet under er det satt ut hhv. 200.000, 250.000 og 300.000 fisk. En slik strategi vil gi lavere slaktevekt, men vil øke kapasitetsutnyttelsen.



Figur 7.16: Biomasseutvikling ved ulike størrelser av utsett (200.000, 250.000 og 300.000 settefisk) og hvor det foretas slakting når fiskebiomassen nærmer seg MTB-taket.

Effekter av postsmolt-strategi

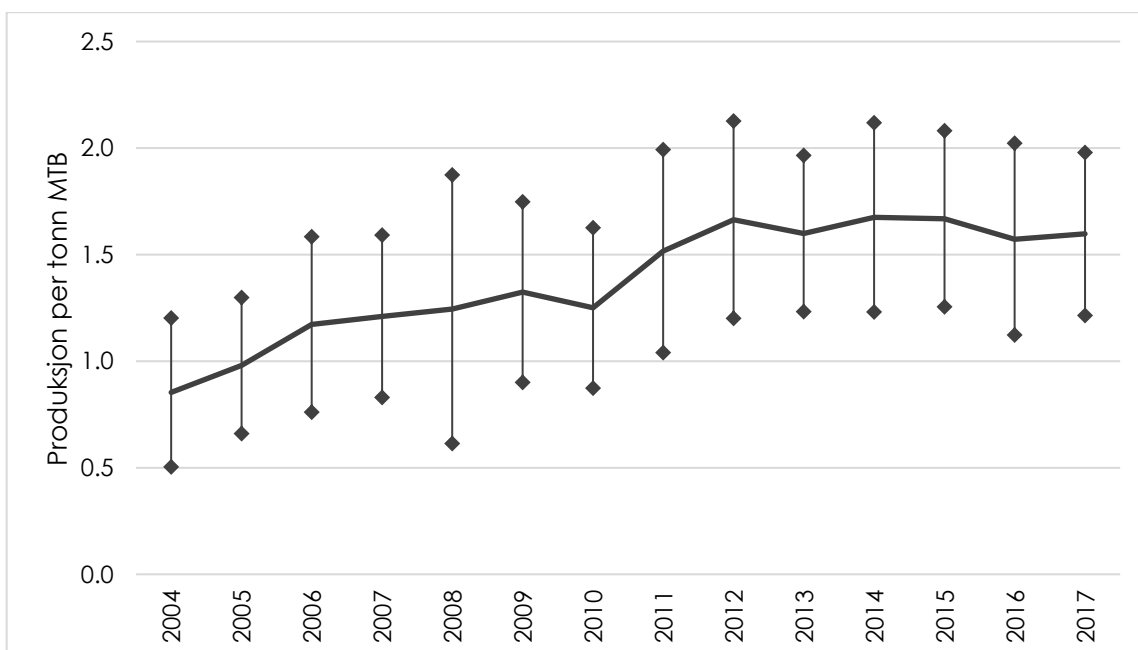
I eksempelet under er det satt ut postsmolt med størrelse 500 gram, mens i de tidligere eksemplene er det satt ut 100 grams smolt. Figur 7.17 viser at med utsett av stor smolt vil slaktevekt nås tidligere og det kan være mulig å sette ut en ny generasjon på samme lokalitet året etter, selv med 2 måneders brakklegging av lokaliteten.



Figur 7.18: Kapasitetsutnyttelse med postsmoltstrategi.

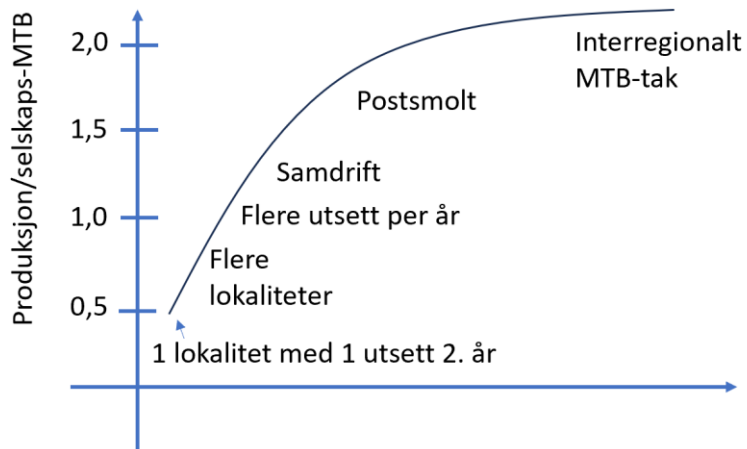
Analysene over viser at 1 utsett og en lang produksjonssyklus vil gi lav utnyttelse av selskaps-MTB, men at kapasitetsutnyttelsen kan økes ved å bruke flere lokaliteter med utsett på ulike tidspunkt, bruk av postsmoltstrategier og MTB-slakt. I tillegg vil interregionale MTB-tak for de aller største selskapene også bidra til ytterligere fleksibilitet og kapasitetsutnyttelse.

Figur 7.19 viser kapasitetsutnyttelsen for hele landet. I snitt har kapasitetsutnyttelsen ligget mellom 1,5 og 1,6 siden 2011. Analysen over viser at en slik kapasitetsutnyttelse vil være vanskelig å oppnå for nyetablerte og mindre selskaper med begrenset tilgang til nye lokaliteter.



Figur 7.19: Kapasitetsutnyttelse lakseoppdrett. Gjennomsnitt og standardavvik av produksjon av laks per tonn maksimal tillatt biomasse (MTB) for norske oppdrettsselskaper. Oppdrettet laks og regnbueørret. De vertikale linjene representerer +/- ett standardavvik Kilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse.

Basert på den foregående analysen kan en tenke seg følgende stilistisk fremstilling av selskaps-MTB som funksjon av lokalitetsbruk, antall lokaliteter, postsmolt, interregionalt MTB-tak o.l. (Figur 7.20)



Figur 7.20 Faktorer som bestemmer kapasitetsutnyttelse (selskaps-MTB) i innaskjærs akvakultur.

8. HVORDAN REGELVERKET LEGGER TIL RETTE FOR OG BEGRENSER TILGANG PÅ AREAL

8.1 Innledning

I dette kapitlet gjøres det en beskrivelse av hvordan ulike regulatoriske virkemidler påvirker avsetning av areal og bruken av havbruksareal. Avhengig av hvordan de aktuelle regelsettene er innrettet og hvordan de anvendes fungerer de delvis som et verktøy for å legge til rette for effektiv arealbruk (gass) og delvis som et hinder for effektiv arealbruk (brems).

Beskrivelsen vil kunne utgjøre en del av grunnlaget for å vurdere løsninger for hvordan areal kan brukes mest mulig effektivt til akvakultur i fremtiden.

I denne beskrivelsen vil vi også peke på noen sentrale forslag til endringer som i større grad kan sikre nødvendig arealtilgang og gi en bedret lokalitetsstruktur.

8.2 Oppsummering

I det følgende oppsummeres det hvilke begrensninger regelverket i dag skaper for tilgang til areal og hensiktsmessig lokalitetsstruktur:

- Det største problemet i gjeldende regelverk er at reglene om tillatelseskapasitet på selskapsnivå reglene om kapasitet på lokalitetsnivå ikke henger sammen. For at oppdretteren skal kunne utnytte sin tillatelseskapasitet på en effektiv måte må oppdretter i sum ha en lokalitetskapasitet som langt overstiger tillatelseskapasiteten. Regelverket har også flere begrensninger som hindrer en effektiv utnyttelse av oppdretteres eksisterende lokalitetskapasitet.
- Mattilsynets regulering og håndheving av smittevernhensyn i driftsplangodkjenningen gjennom krav om koordinert brakklegging og restriksjoner på flytting av fisk gir et behov for langt flere lokaliteter enn ellers, og dermed et press på arealtilgang. Den restriktive praktiseringen mot flytting av fisk skaper også en begrensning for utnyttelsen av eksisterende lokalitetskapasitet.
- Produksjonsområdeforskriften har innskrenket det geografiske arealet til hvert område hvilket i seg selv gir økt press på gode lokaliteter. Dette avbøtes noe gjennom reglene om interregionalt biomassetak. Regelverket forutsetter likevel at aktøren faktisk har tillatelser i flere områder og det er begrensninger i muligheter til å klarere tillatelser i andre produksjonsområder enn der tillatelsen er hjemmehørende.
- Arealplanlegging er i utgangspunktet lagt til kommunene, men med enkelte interkommunale samarbeid og innslag av statlig involvering. Planarbeid er svært tidkrevende og er i seg selv en faktor som forsinker og vanskeliggjør en effektiv rydding i nåværende lokalitetsstrukturer.
- Søknadsprosessen for etablering eller utvidelse av lokaliteter er svært omfattende, fragmentarisk og tidkrevende. Selv om fylkeskommunen har koordinerende og tildelende myndighet, har sektormyndigheter i tiltakende grad lagt avgjørende vekt på forhold som fylkeskommunen etter laksetildelingsforskriften⁶ er lagt til å vurdere.
- Gjeldende regelverk kan videre fungere som et "veto-system" hvor det er tilstrekkelig at ett hensyn (én sektormyndighet) tilsier avslag, selv om flere andre hensyn tilsier at etablering eller utvidelse er fordelaktig.

⁶ Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret (FOR-2022-11-07-1929).

- En totalrydding i lokalitetsstrukturen krever enighet mellom aktørene og (mange) myndigheters samtykke.

Som vi redegjør kort for i kapittelet foreslår vi noen endringer i regelverket og praksis som i større grad vil kunne legge til rette for tilgang til areal og hensiktsmessig lokalitetsstruktur.

8.3 Aktuelle regulatoriske virkemidler og hvilken effekt de har på arealbruk

Driftsplangodkjenning

Regelverket og forvaltningsansvar

Enhver akvakulturlokalitet i sjøvann skal ha en godkjent driftsplan. Dette følger av akvakulturdriftsforskriften § 40, 1.ledd og 2.ledd.

Fiskeridirektoratet fatter vedtak om godkjenning av den del av planen som gjelder det første året. Behandlingen av driftsplanen skal skje i samråd med Mattilsynet. Som forvaltningsansvarlig for fiskehelse kan Mattilsynet i forbindelse med driftsplansøknader fatte treffe vedtak om brakklegging og treffe vedtak om avslag på godkjenning av driftsplan dersom hensynet til fiskehelse tilsier det.

I det følgende vil vi forklare hvordan Mattilsynets forvaltningsansvar og vedtakskompetanse påvirker arealtilgangen.

Koordinerte brakkleggingsgrupper

Kravet om brakklegging fremgår av akvakulturdriftsforskriften § 40, 3.ledd. Etter bestemmelsen skal brakklegging gjennomføres i minst to måneder etter hver syklus. Ut fra "*hensynet til fiskehelse*" kan Mattilsynet fatte vedtak om lenger brakkleggingstid og helt eller delvis koordinert brakklegging med andre lokaliteter.

I prinsippet ønsker alle oppdrettselskapet å sette ut fisk hver høst og hver vår (4 ganger i en to-års syklus), og vil dermed ønske lokaliteter med om lag samme lokalitetskapasitet i alle soner. Mattilsynets kompetanse etter akvakulturdriftsforskriften begrenser imidlertid når oppdretterne har mulighet til å sette ut fisk på sine lokaliteter. Gjennom Mattilsynets vedtakskompetanse og fiskehelsenettverkens frivillige ordninger deles produksjonsområdene i realiteten inn i store og små med koordinerte brakkleggingsgrupper.

Dette gjør at driftsplanregelverket og hensynet til fiskehelse medfører en dårlige utnyttelse av eksisterende lokalitetskapasiteter og dermed også et behov for langt flere lokaliteter enn ellers. Problemstillingen er særlig viktig i områder med mange aktører (og dermed flere små aktører).

Av hensyn til smittevern mellom lokaliteter vil det være vanskelig å gå bort fra kravet om koordinerte brakkleggingsgrupper. Samtidig kan det fra Mattilsynets ståsted være rom for forbedringer ved at Mattilsynet i større grad hensyntar oppdretternes og fiskehelsenettverkens vurderinger.

Flytting av fisk

Med hjemmel i akvakulturdriftsforskriftens regler om driftsplaner har Mattilsynet utviklet en restriktiv praksis for å godkjenne driftsplaner som omfatter flytting av fisk mellom ulike lokaliteter.⁷

Mattilsynet åpner riktignok for å flytte fisk innad i en brakkleggingsgruppe, men er svært restriktive på flytting av fisk mellom lokaliteter i ulike brakkleggingsgrupper. Dette gjør at det i dag nærmest er umulig å få godkjent driftsplaner som innebærer flytting av fisk fra en brakkleggingsgruppe til en annen. Den restriktive praksisen hindrer effektiv bruk av utsettslokaliteter i lukkede merder og påvekstlokaliteter i åpne anlegg.

⁷ https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/drift_av_akvakulturanlegg/veiledning_flytting_av_laksefisk_mellom_oppdrettsanlegg.34223

Den restriktive praksisen med flytting av fisk har nylig vært utfordret av en oppdretter som tok ut søksmål mot staten v/Nærings- og fiskeridepartementet. Oppdretter hadde bl.a. anført at EU sitt nye dyrehelserregelverk⁸ utelukket bruken av akvakulturdriftsforskriften § 40 som hjemmel for å nekte flytting av fisk som ledd i driftsplangodkjenning. Staten fikk i tingretten medhold for sitt syn, men dommen er anket av oppdretter.

Produksjonsområdene

Før innføringen av trafikklyssystemet var tillatelser tilknyttet til en av Fiskeridirektoratets administrative regioner. Da trafikklyssystemet ble innført ble akvakulturtillatelser innplassert i det produksjonsområde som de var lokalisert i per 24. juni 2016. Noen akvakulturtillatelser var da lokalisert i flere produksjonsområder og oppdretterne måtte da velge hvilket produksjonsområde som tillatelsen skulle tilhøre.

Innplasseringen av tillatelser i produksjonsområder har også innskrenket det geografiske arealet til hvert område (sammenlignet med Fiskeridirektoratets regioner) hvilket i seg selv gir økt press på gode lokaliteter.

Produksjonsområdeforskriften legger til rette for vekst på selskapsnivå for tillatelser som er tilknyttet produksjonsområder med akseptabel miljøpåvirkning. Det er likevel en svakhet i systemet at det ikke legges til rette for økt lokalitetskapasitet i slike områder. Dette kan skape et press på lokalitetstilgang.

Utgangspunktet etter laksetildelingsforskriften § 8-7, 1.ledd er at en akvakulturtillatelse kun kan klareres i det produksjonsområdet den er klarert på. Laksetildelingsforskriften åpner for dispensasjon fra dette forbudet i de tilfeller forbudet slår særlig urimelig til.

Det følger videre av produksjonsområdeforskriften⁹ § 7, 1.ledd at når en tillatelse først er innplassert i et produksjonsområde, kan den som den klare hovedregel ikke flyttes til andre produksjonsområder. Produksjonsområdeforskriften § 7, 2. og 3.ledd oppstiller noen snevre unntak fra denne hovedregelen for mindre aktører som kun har tillatelser i ett produksjonsområder, mens det for større aktører krever at det foreligger et særlig tilfelle.

Felles biomassetak og interregionale biomassetak mellom produksjonsområder

Til tross for begrensningene knyttet til at tillatelsen bare kan brukes i det produksjonsområdet den er hjemmehørende i, har oppdretterne til gjengjeld adgang til å knytte flere lokaliteter (innenfor samme produksjonsområde) til én tillatelse og knytte flere tillatelser én lokalitet. Det sentrale er at man aldri på noe tidspunkt overstiger hverken tillatelsens eller lokalitetens maksimalt tillate biomasse ("MTB").

Akvakulturdriftsforskriftens regler felles og interregionale biomassetak gir videre rett til å utnytte sin tillatelseskapasitet hhv. på tvers av to produksjonsområder (felles biomassetak) eller på tvers av tre-fire produksjoner (interregionalt biomassetak) gir oppdretterne. Dette innebærer for eksempel at de kan ha liten fisk stående på én lokalitet og stor fisk på en annen – alt innenfor det såkalte biomassetaket.

Den fleksibiliteten som gis gjennom reglene i akvakulturdriftsforskriften avhenger likevel av at oppdretteren har minimum to tillatelser, hvorav hver av tillatelsene er klarert i to ulike, tilgrensende produksjonsområder. For at oppdretteren skal ha en høy utnyttelsesgrad av sin tillatelseskapasitet i biomassetaket kreves det også at oppdretteren har en lokalitetsbiomasse som i sum langt overstiger tillatelseskapasiteten.

Arealplanlegging

Overordnet om regelverket

I dette kapitlet skal vi gi en oversikt over hvordan plan- og bygningsloven fungerer som rettslig regulering for den geografiske plasseringen av akvakulturlokaliteter.

⁸ Dyrehelserforordningen (EU forordning 2016/429), gjennomført i dyrehelserforskriften (FOR-2022-04-06-631)

⁹ Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret (FOR-2017-01-16-61)

Laksetildelingsforskriften § 8-3, 1.ledd bokstav d) bestemmer at en lokalitetssøknad som hovedregel skal avslås dersom lokaliseringen er i strid med vedtatte arealplaner etter plan- og bygningsloven. Plan- og bygningsloven gir regler om planlegging og bruk av sjøareal ut til én nautisk mil utenfor grunnlinjene. Plansystemet deles inn i nasjonale, regionale og lokale planer og illustreres i tabellen nedenfor:

Nivå	Retningslinjer og føringer	Bindende arealplaner	Forvaltningsansvar
Nasjonalt	Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging	Statlig arealplan	Staten
Regionalt og interkommunalt	Statlige planretningslinjer		
	Regional planstrategi	Regionale planer og planbestemmelser	Fylkeskommunen
	Regionale planer med retningslinjer	Interkommunal kommunedelplan for areal	Kommunene
	Interkommunalt plansamarbeid		
Lokalt	Kommunal planstrategi	Kommuneplanens arealdel	Kommunene
	Kommuneplanens samfunnsdel og tematiske kommunedelplaner	Kommunedelplaner Områderegulering Detaljregulering	

Tabell 8.1: Forenklet oversikt over plansystemet. Kilde: Kommunal- og moderniseringsdepartementet.

Kommunale planer og kommunens rolle

Kommuneplanen består av en samfunnsdel og en arealdel. Selv om samfunnsdelen er viktig for å synliggjøre kommunens vurderinger og prioriteringer, er det arealdelen som er den viktigste for arealtilgangen for akvakulturlokaliteter.

Kommuneplanens arealdel er bestemmende for den fremtidige arealbruken for området og er ved kommunestyrets vedtak bindende for nye tiltak eller utvidelse av eksisterende tiltak som nevnt i lovens § 1-6, jf. plan- og bygningsloven § 11-6.

Det er flere kommuner som har gamle arealdeler og som ikke hensyntar behovet for tilrettelegging av arealer til akvakultur. Kommunal- og distriktsdepartementet har i sin veiledning til kommunene uttrykt arealtilrettelegging for akvakultur bør skje ved revidering eller nye kommunale planer fremfor utstrakt bruk av dispensasjoner. Der det foreligger komplekse interesseforhold eller som et alternativ til dispensasjonssøknad kan kommunen stille krav til reguleringsplan.

Utfordringen er imidlertid at endringer i kommunale planer er tidkrevende ved at prosessen krever omfattende faglig og politisk behandling, i tillegg til høringer av både planprogrammet og forslag til plan. Høringsprosessen medfører også at forslaget skal sendes til "alle statlige, regionale og kommunale myndigheter og andre

offentlige organer, private organisasjoner og institusjoner, som blir berørt av forslaget", jf. plan- og bygningsloven § 5-2, 1.ledd. Dette har medført en økende grad av involvering fra særlig statsforvaltere og Mattilsynet, hvor det kommer uttalelser og innsigelser og innvendinger mot arealavsetning basert på faglige hensyn. Slike uttalelser og innsigelser har i stor grad omhandlet forhold som faller innenfor statsforvalterens myndighetsområde etter forurensingsloven og som høringsinstans etter laksetildelingsforskriften. Mattilsynet har på sin side uttrykt seg om smittehensyn og hensynet til villfisk som organet har et forvaltningsansvar for i klareringsprosessen.

Avsetting av arealer til akvakultur krever også konsekvensutredning etter reglene i forskrift om konsekvensutredning, selv om deler av vurderingene knyttet til miljøvirkninger ikke må avklares på kommuneplannivå.¹⁰

Plan- og bygningsloven § 11-7 angir seks ulike arealformål som kan benyttes i kommuneplanen. Det er arealformålet "*Bruk og vern av sjø og vassdrag, med tilhørende strandsone*" som nyttes i sjøarealene og som kan legge til rette for etablering av akvakultur. Sammen med adgangen til å angi underformål kan dette arealformålet kan gi ulike variasjoner for arealavsetting i de kommunale planene:

- Enbruksformål for akvakultur.
- Eget underformål som utelukker etablering av akvakultur.
- Flerbruksformål (FFFA) med akvakultur og ett eller flere av underformålene.
- Ingen angivelse av underformål.

Det å sette av et område til FFFA krever på sin side kunnskap om hvilke aktiviteter som kan kombineres eller ikke. Kommunal- og distriktsdepartementet skriver bl.a. i Rundskriv H- 6/18 at dersom sjøareal er satt av til FFFA vil dette medføre at "*konsekvensutredningen [må] omfatte konsekvensene av den valgte arealbruken for hele det aktuelle området.*"¹¹ Dette vil trolig også være tilfelle der kommunen ikke har angitt noe underformål. De ovenfornevnte momenter er sentrale argumenter for å angi akvakultur som eget og reservert underformål.

Særlig et virkemiddel som kommunene er tillagt er adgangen til å fatte vedtak om midlertidig forbud mot tiltak som kan vanskeliggjøre planarbeidet for område som er undergitt ny planlegging, jf. plan- og bygningsloven § 13-1. Dette virkemiddelet kan etter omstendighetene benyttes *til tross* for at en omsøkt lokalitet er i samsvar med gjeldende kommunale planer.

Regionale og interkommunale planer

Fylkeskommunenes har etter plan- og bygningsloven kap. 7 og 8 adgang til å vedta regional planstrategi, regionale planer og planbestemmelser. Virkningen av regionalplanstrategi og regionale planer er at dette skal ligge til grunn for det videre planarbeidet og virksomhet i regionen, jf. plan- og bygningsloven §§ 7-2 og 8-2. Dette innebærer imidlertid ingen absolutt rettslig og forvaltningsrettslig forpliktelse for kommunene og kommunene kan i prinsippet gyldig vedta tiltak eller andre planer som er i strid med regionale planer.

Av større betydning er etter vårt syn interkommunale plansamarbeid. Plan- og bygningsloven kap. 9 åpner opp for at to eller flere kommuner kan samarbeide om planlegging for å samordne planleggingen over kommunegrenser. Dette kan for eksempel være en gjennomføring av en regional planstrategi og fylkeskommunene kan også aktivt anmode kommuner om et slikt plansamarbeid. I enkelte tilfelle kan departementet også pålegge kommuner slikt samarbeid.

¹⁰

Forskrift om konsekvensutredninger (FOR-2017-06-21-854)

¹¹ Se Rundskriv H-6/18, s. 11

Fordelen med interkommunalt plansamarbeid er at det blir mulig å se behovene for akvakulturreal i sammenheng i felles øko-, sjø- og fjordssystemer og bl.a. hensynta koordinerte brakkleggingsgrupper på tvers av kommunegrensene. Interkommunalt plansamarbeid vil også kunne bidra til å avhjelpe manglende planfaglige ressurser i de enkelte kommunene. Slik planlegging gir også et verktøy for å hensynta miljømessige utfordringer i et konkret område uten at det av den grunn avsettes færre områder til akvakultur i hele planområdet. Ulempen med slike plansamarbeid er imidlertid at slike prosesser kan være tidkrevende og at det fort vil kunne oppstå motstridende interesser mellom kommunene.

Statlige rundskriv, veiledere, forventninger og planretningslinjer

Gjennom plan- og bygningsloven § 6-2 har staten adgang til å gi statlige planretningslinjer for innholdet i planer og krav til planprosessen. Slike planretningslinjer skal bl.a. legges til grunn ved enkeltvedtak som regionale og kommunale organer treffer etter loven. Til eksempel vil dette kunne få betydning for dispensasjoner fra gjeldende arealformål i en kommunal plan. Per april 2023 har ikke staten gitt noen statlige planretningslinjer om hvordan kommunene skal prioritere akvakultur i det kommunale planarbeidet.

Staten skal videre gjennom plan- og bygningsloven § 6-1 gi nasjonale forventninger til regional og nasjonal planlegging. I gjeldende dokument for dette har daværende regjeringen gitt uttrykk for en forventning om at

"[f]ylkeskommunene og kommunene avsetter tilstrekkelig areal til ønsket vekst i oppdretts og havbruksnæringen gjennom oppdaterte planer, som også ivaretar miljøhensyn og andre samfunnsinteresser. Strategier for utvikling av havbruk utenfor kysten inngår i planene."¹²

Gjeldende forventninger skal fungere som en ramme for kommunenes og regionene ved utarbeidelse av planstrategier. Det er likevel opp til kommunene og regionene hvordan de følger opp forventningene.

I rundskriv av H-6/18¹³ og Kommunal- og distriktdepartementets utfyllende veileder av mai 2020 gis det ikke-bindende retningslinjer for hvordan plan- og bygningsloven og viktige sektorlover i kystnære sjøområder skal ses i sammenheng og samordnes. Rundskrivet fastslår bl.a. at akvakultur som hovedregel bør løses på kommuneplannivå.

Lokalitetsklaringsprosessen

Akvakulturloven¹⁴ §§ 6 og 15 og laksetildelingsforskriften kap. 8 gir de generelle reglene for klarering av lokaliteter til akvakultur. Det stilles her opp en rekke vilkår som må være oppfylt for klarering av lokalitet, og vi vil forklare innholdet i noen av de relevante vilkårene i det følgende.

Det er fylkeskommunen som er koordinerende og tildelende myndigheter for søknader om klarering av akvakulturlokaliteter. Med hjemmel i akvakulturloven § 8 er i det i samordningsforskriften¹⁵ gitt nærmere regler om bl.a. tidsfrister for kommunenes og sektormyndighetenes behandling av søknaden. Et grunnleggende trekk er imidlertid at tidsfristene i forskriften ikke følges og at saksbehandlingstiden for lokalitetssøknader trekker ut i tid. Lang saksbehandlingstid vil i realiteten kunne medføre at man blir forhindret til å få en to-instansbehandling av en klage over et avslag. Særlig problematisk blir dette i tilfeller hvor man av hensyn til miljømessig bedre drift ønsker å legge ned noen lokaliteter for å få utvidet andre.

¹² Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2019–2023, vedtatt ved kongelig resolusjon 14. mai 2019: <https://www.regjeringen.no/contentassets/cc2c53c65af24b8ea560c0156d885703/nasjonale-forventninger-2019-bm.pdf>

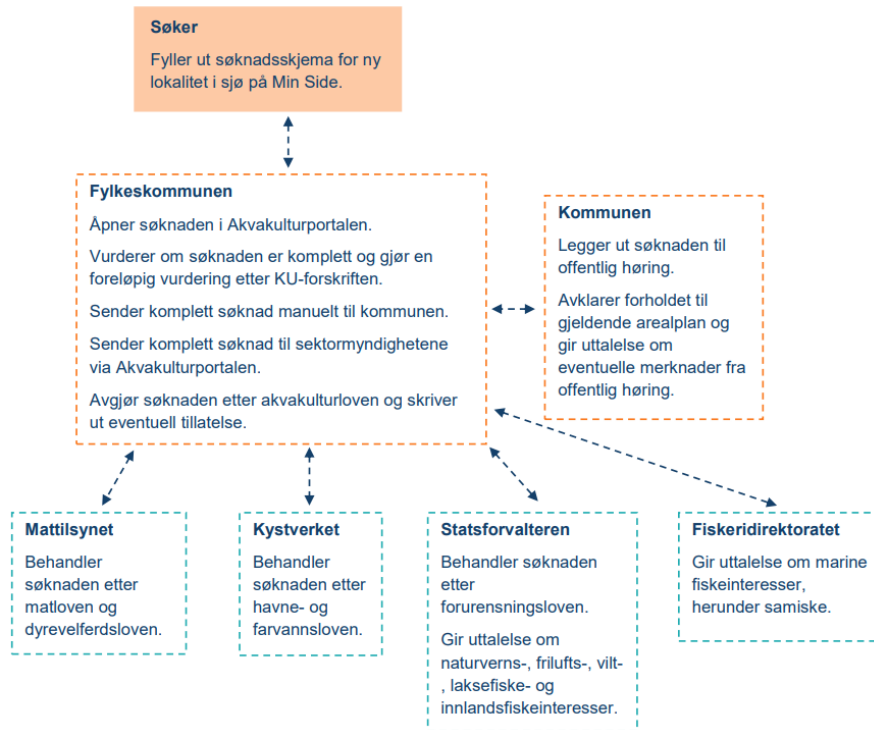
¹³ Lov og retningslinjer for planlegging og ressursutnyttning i kystnære sjøområder: <https://www.regjeringen.no/contentassets/6605c8f46257444a8819747af566cff1/no/pdfs/rundskriv-sjo-med-nytt-innhold-fra-sd.pdf>

¹⁴ Lov om akvakultur (LOV-2005-06-17-79)

¹⁵ Forskrift om samordning og tidsfrister i behandlingen av akvakultursøknader (FOR-2010-05-18-708)

Etter at kommunen har hatt søknaden på offentlig ettersyn og avklart forholdet til gjeldende planer (kap. 3.4 ovenfor), sendes søknaden til behandling hos sektormyndigheter (Mattilsynet, Kystverket og Statsforvalteren) og til uttalelser hos andre myndigheter (Fiskeridirektoratet og Statsforvalteren).

En illustrasjon av lokalitetsklaringsprosessen vises nedenfor:



Figur 8.1: Oversikt over behandlingen av akvakultursøknader hvor søknader sendes inn via Akvakulturportalen. Kilde: Fiskeridirektoratet

Som det fremgår av illustrasjonen er lokalitetsklaringsprosessen et fragmentert system og flere arealbrukshensyn vurderes av hver av de respektive sektormyndighetene. For Mattilsynet er det for eksempel viktig at lokaliteten ikke etableres for nær andre lokaliteter og hvordan strømf forholdene er opp mot spredning av smitte.

Når samtlige sektormyndigheter har fattet vedtak etter sektorlovene, skal fylkeskommunen foreta en endelig skjønsmessig vurdering av søknaden. I denne vurderingen skal fylkeskommunen bl.a. vurdere om det er miljømessig forsvarlig å etablere lokaliteten og foreta en avveining av arealinteressene.

Et generelt med dette systemet er imidlertid at hver sektormyndighet har "vetoett" fordi klarering av lokalitet er avhengig av hver godkjenning fra sektormyndighetene. Veto-systemet fører til minste felles multiplum – man går glipp av godkjenninger som samlet sett vil kunne være god arealbruk. Dette sett i sammenheng med lang saksbehandlingstid gir en betydelig uforutsigbarhet hos det enkelte selskap.

Videre er det et økende problem i lokalitetsklaringsprosesser er at flere av sektormyndighetene vurderer og tidvis legger avgjørende vekt på forhold som fylkeskommunen er satt til å ta endelig stilling til. En del av dette kan begrunnes i at samtlige sektormyndigheter, inkludert kommunene ved endringer i plan eller dispensasjon, skal vurdere lokalitetens påvirkning på naturmangfoldet.¹⁶

¹⁶ Lov om forvaltning av naturens mangfold (LOV-2009-06-19-100).

I slike tilfeller brytes den ordningen som akvakulturloven og laksetildelingsforskriften legger opp til. Terskelen er likevel høy for at et avslag kan anses ugyldig på bakgrunn av at et forvaltningsorgan har vektlagt et sidehensyn.

Mange vil også peke på at det er en utfordring i systemet at mindre justeringer og endringer på lokaliteten i mange tilfeller utløser en full søknadsrunde. Man kan risikere at en slik søknadsrunde tar like lang tid som en søknad om å etablere ny lokalitet, fordi det i prinsippet er krav om like grundige vurderinger ved utvidelser/justeringer. Myndigheter burde istedenfor kunne bruke tid på det som er viktige saker av hensyn til effektiv ressursbruk i forvaltningen.

Utnytting og bruk av lokaliteter – innehaverens "enerett"

Områder i sjø hvor akvakulturlokaliteter tildeles ligger i områder utenfor den private eiendomsretten og innehavere av akvakulturtilatelse er juridisk sett derfor ikke eier av oppdrettslokaliteter. At oppdretteren imidlertid har enerett til lokaliteten som tillatelsen er tilknyttet følger forutsetningsvis av akvakulturloven § 17, 1.ledd.

Oppdrettslokalitetene følger akvakulturtilatelsene og når akvakulturtilatelsene skifter eier (jf. akvakulturloven § 19, 1.ledd) følger den offentligrettslige retten til å drive på den/de aktuelle lokalitetene med. Dette kan gjøre det vanskelig å få til langsiktig samarbeid om lokalitetsutnyttelse (med færre, store, lokaliteter) fordi det medfører risiko å inngå slikt samarbeid. En myndighetsstyrt prosess er også vanskelig siden man ikke kan pålegge nedlegging av lokaliteter uten at særlige vilkår er oppfylt. En totalrydding i lokalitetsstruktur krever dermed både "enighet" mellom aktørene, og (mange) myndigheters samtykke.¹⁷

8.4 forslag til tiltak

Basert på beskrivelsen ovenfor vil vi i dette kapitlet angi noen forslag til hvordan regelverket og praktiseringen av regelverket bør endres slik at det i større grad kan legges til rette for nødvendig arealtilgang og en bedret lokalitetsstruktur:

- Av hensyn til smittevern mellom lokaliteter vil det kunne være vanskelig å gå bort fra kravet om koordinerte brakkleggingsgrupper. Samtidig kan det fra Mattilsynets ståsted være rom for forbedringer ved at Mattilsynet i større grad hensyntar oppdretternes og fiskehelsenettverkenes vurderinger.
- Fra næringen sitt ståsted er det ønskelig å legge til rette for økt bruk av storsmolt som igjen vil kunne gi en mer effektiv utnyttelse av eksisterende lokalitetskapasiteter. Dette fordrer imidlertid en endring av Mattilsynets restriktive praktisering mot flytting av klinisk frisk fisk mellom lokaliteter.
- Produksjonsområdeforskriften gjelder ikke regulering av produksjonskapasitet på lokaliteter. For å legge til rette for mer effektiv utnyttelse av vekst i grønne produksjonsområder bør staten gjennom statlige planretningslinjer og endringer i produksjonsområdeforskriften og laksetildelingsforskriften legge til rette for at det skal bli enklere å få tildelt nye lokaliteter og utvidet lokalitetskapasitet i grønne områder.
- Det er viktig å opprettholde ordningene med felles biomassetak og interregionalt biomassetak.
- Det bør også vurderes endring av produksjonsområdeforskriften og laksetildelingsforskriften slik at det blir mulig å klarere lokaliteter i andre produksjonsområder enn det området hvor tillatelsen er tilknyttet – særlig i situasjoner der det vil kunne bidra til å muliggjøre positiv miljømessig effekt. Slike endringer vil til en viss grad kunne sies å utfordre legitimiteten i trafikklyssystemet. Samtidig åpner systemet allerede for utnytting av biomasse mellom områder gjennom reglene om felles og interregionale biomassetak. Denne fleksibiliteten

¹⁷ Prosjektet "Områdevurdering Nordfjord" er et eksempel hvor myndighetene og oppdretterne har samarbeidet om en bedre arealdisponering i fjordsystemet: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2021/lovende-samarbeid-i-nordfjord>

forutsetter likevel at man har lokaliteter tilgjengelig i minst to områder og Fiskeridirektoratet er restriktive til å gi tillatelse til å dele tillatelser i to.

- Det bør vedtas statlige planretningslinjer for kystnære sjøområder som i større grad muliggjør dispensasjoner fra arealformål i *eldre* kommunale planer. Utgangspunktet i dag er at kommunene skal legge til rette for akvakultur gjennom revidering av kommuneplanene eller nye kommuneplaner. Planprosessen er imidlertid tidkrevende og en statlig planretningslinje for bruk av dispensasjoner vil muliggjøre etablering av akvakultur i nye områder mens planer er under revidering. Samtidig bør de statlige planretningslinjene inneholde instruksjoner som at kommunene ikke skal kunne fatte enkeltvedtak om midlertidig forbud mot tiltak etter plan- og bygningsloven § 13-1.
- Endring av akvakulturloven og laksetildelingsforskriftens regler om lokalitetsklaringsprosess. En aktuell løsning kan være å ha et havbruksdirektoratet som hensyntar alle sider ved søknaden, men den politiske veien til et slikt mål antas å være lang. Som et minimum bør det i større grad enn nå klargjøres hvilke sektormyndigheter som skal vurdere hva og hva de ulike sektormyndighetene kan begrunne et avslag med. I praksis er dette i dag uklart.
- Både Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet har konkludert med at utfordringer med lus vil kunne reduseres "*ved fordele samme biomasse som i dag på et redusert antall lokaliteter*".¹⁸ Regelverket bør derfor legge til rette for å gi aktører som har lokaliteter med utfordringer knyttet til lus (og evt. andre fiskesykdommer) og resipientforhold incentiver til å slå sammen lokaliteter – altså i praksis øke størrelsen på gode lokaliteter samtidig som mindre gode lokaliteter forlates (ev. benyttes med annen teknologi enn åpne anlegg).

¹⁸ <https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=33657&19491665>

9. HAVBRUKSUTVALGETS RAPPORT OG KONSEKVENSER AV FORSLAG DER FOR AREALBRUK

9.1 Kommentarer til Havbruksutvalgets rapport

9.1.1 Innledning

Regjeringen utnevnte 8. oktober 2021 et utvalg som fikk i oppdrag å gjennomgå tillatelsessystemet i akvakulturnæringen. Utvalget, som har blitt omtalt som Havbruksutvalget eller Nøstbakkenutvalget etter sin leder Linda Nøstbakken, leverte sin utredning NOU 2023:23 Helhetlig forvaltning av akvakultur for bærekraftig verdiskaping 28. september 2023.

Utvalgets mandat var bredt, og gikk i korthet ut på å vurdere målsetningene for tillatelsesreguleringene, helheten i systemet, og hvordan det kan tilpasses eksisterende og nye utfordringer.

Flere av forslagene gjelder arealbruk direkte eller indirekte, og i dette kapitlet skal vi se nærmere på noen av disse og kommentere utvalgets vurderinger og forslag. Vi tar på ingen måte mål av oss til å gjøre en fullstendig gjennomgang av implikasjonene Havbruksutvalgets vurderinger og forslag har for arealbruk direkte eller indirekte, men har valgt oss ut noen av de forholdene vi mener er mest interessante å kommentere særskilt på.

9.1.2 Arealbruk: Hva foreslår Havbruksutvalget? – Et fugleperspektiv

Målet med havbrukspolitikken er bl.a. å legge til rette for vekst og utvikling i norsk akvakulturnæring, og dette er reflektert i Havbruksutvalgets mandat. Det er samtidig en tett kobling mellom mulighetsrommet for vekst, og miljømessig bærekraft og biosikkerhet som også er tydelig reflektert i Utvalgets mandat.

Havbruksutvalget har derfor søkt å finne frem til^[1]

- et helhetlig forvaltningssystem for akvakultur rettet mot størst mulig verdiskaping innenfor bærekraftige rammer.

Slik Utvalget ser det betyr det at samtidig at

- Forvaltningssystemet må ivareta hensynene til klima, miljø og fiskevelferd, økonomisk vekst og en akseptabel fordeling av verdiskapingen.

Utvalget mener at sentrale utfordringer er tilgang til nok areal, tilstrekkelig egne areal til havbruk og effektive mekanismer for fordeling av areal. Samtidig er biosikkerhet, fiskevelferd og akseptabel miljøpåvirkning nødvendige forutsetninger for å kunne legge til rette for vekst.

Denne tilnærmingen innebærer i realiteten at store deler av Utvalgets rapport dreier seg om bærekrafts- og biosikkerhetstiltak. Denne type tiltak får i stor grad konsekvenser for hvordan areal kan brukes til akvakultur. Samtidig er arealbruk et tiltak i seg selv for å oppnå akseptabel miljømessig bærekraft og biosikkerhet, noe som igjen legger til rette for vekst. Slik sett kan man si at nesten hele utvalgsrapporten, og et stort antall av tiltakene der, handler om arealbruk eller får konsekvenser for arealbruk.

Havbruksutvalget beskriver de hovedgrep de foreslår slik^[2]

- Statlig myndighet bør overta større deler av ansvar og myndighet for å utarbeide og vedta arealplaner for sjøområdene – for bedre lokalitetsstruktur,
- Mer generiske tillatelser – ikke detaljregulering i tillatelser, mer generell regulering i forskrift,
- Regulere miljøpåvirkningen mer direkte, samt differensiere reguleringen slik at man kan skjerpe kravene i områder med uakseptabel miljøpåvirkning,
- Styrke de individuelle incentivene til å redusere miljøpåvirkning, samtidig som aktørene gis fleksibilitet til å gjøre egne avveininger.

9.1.3 Arealforvaltning og -planlegging

Når det gjelder arealforvaltning og -planlegging direkte foreslår utvalget helt oppsummert at^[3]

- Statlige myndigheter bør stille tydeligere krav enn i dag om faste intervaller og samordnet revidering av kommuneplanens arealdel for kommuner i tilstøtende sjøområder.
- Statlige myndigheter bør fastsette avgrensning av planområdene i sjø, eksempelvis ved pålegg om interkommunalt plansamarbeid eller gjennom statlige planretningslinjer for planlegging i sjøområdene.
- En statlig myndighet bør overta større deler av ansvar og myndighet for å utarbeide og vedta arealplaner for sjøområdene. Det må sikres at kommunene er tilstrekkelig involvert i prosessene.
- Statlige myndigheter bør utarbeide og vedta tematisk plan for akvakultur med involvering av kunnskapsinstitusjoner, kommuner, fylkeskommune, regionale statlige myndigheter, berørte organisasjoner og andre interessenter.
- Det må sikres at den tematiske planen for akvakultur er forpliktende for kommunens arealplanlegging.

Essensen i dette er, slik Utvalget har formulert det, at en statlig myndighet bør overta større deler av ansvar og myndighet for å utarbeide og vedta arealplaner for sjøområdene, og at det vil legge et grunnlag for en bedre lokalitetsstruktur. I det følgende vil vi kommentere på helheten i denne tilnærmingen og samtidig kommentere noen utvalgte enkeltelementer i forslagene.

9.1.3.1 Er det realistisk med statlig styring av arealplanleggingen for akvakultur?

Statlig styring av arealplanlegging av akvakultur gir antageligvis bedre samordning i arealplanleggingen for akvakulturformål enn i dag. Dermed blir det en bedre mulighet til å se havbruksarealer i sammenheng. Det er bra for biosikkerhet og miljømessig bærekraft, og skaper følgelig muligheter for vekst. Økt statlig styring kan dermed være fornuftig med tanke på å få mest mulig ut av arealene til havbruksformål.

Men, så er det noe med perspektivet. Det som foreslås ligger nærmere sektorprinsippet enn det prinsippet som plan- og bygningsloven bygger på. Sektorprinsippet betyr i all enkelhet et slags førstemann til mølla-prinsipp hvor den myndigheten som har forvaltningsansvar for en næring også har styringen på arealplanleggingen for virksomheten til denne næringen.^[4] Plan- og bygningslovens tilnærming er å se samlet og helhetlig på disponeringen av arealet – for alle interesser – innenfor et gitt området, typisk en kommune eller i et knippe kommuner (interkommunal planlegging). Man kan kanskje se på dette som to ulike måter å tenke helhetlig på – en vertikal og en horisontal. I den vertikale planleggingen tar en utgangspunkt i én næring og forsøker å ivareta et helhetlig perspektiv for den næringen på en best mulig måte. Da blir andre arealinteresser eksterne forhold som må hensyntas. I den horisontale planleggingen er det motsatt. Der er perspektivet at planlegger står utenfor de enkelte arealinteressene, og vurderer hvordan alle arealinteresser skal avveies mot hverandre. I de kystnære sjøområdene er det sannsynligvis generelt sett rett og slett for mange ulike interessenter som har et ønske om å bruke sjøarealene, og ulike interesser det er behov for å legge til rette for ut fra et samfunnsperspektiv, til at det vertikale planleggingsprinsippet kan legges til grunn. En interesse, eller i enda mindre grad alle interesser, kan ikke planlegges for å optimalisere arealbruken utelukkende fra ståstedet til den interessenten eller interessen. Summen av det går ikke opp.^[5]

Det er også en side ved Utvalgets forslag at de utfordrer kommunens posisjon som lokal planmyndighet. Med dette utfordres også det fordelingen av makt mellom statlig og kommunal sektor, og mellom nasjonale og lokale politiske myndigheter. Vi skal ikke gå nærmere inn på det her, men det er en realpolitisk problemstilling som man ikke kommer utenom å måtte forholde seg til når regjeringen skal følge opp Havbruksutvalgets rapport.

Det er mye bra i forslagene til Havbruksutvalget når det gjelder arealforvaltning og -planlegging, men for at de realistisk sett skal kunne se dagens lys bør de knas videre på en slik måte at de passer inn i det horisontale planleggingsprinsippet som plan- og bygningsloven tar som et utgangspunkt. Og fra den posisjonen kan man eventuelt bruke tankegodset i Havbruksutvalgets forslag til å styrke den helhetlige planleggingen av areal til akvakulturformål.

Vi skal nå se nærmere på og kommentere spesifikt et par av Utvalgets konkrete forslag.

9.1.3.2 Kunnskapsgrunnlag for planlegging av akvakultur

Utvalget foreslår å samle all kunnskap som benyttes i akvakulturplanleggingen i en felles og lett tilgjengelig infrastruktur. Det er meget fornuftig å samle og tilgjengeliggjøre kunnskap slik at det effektivt kan benyttes tidlig prosessen med planlegging av areal til akvakulturføremål. Det ligger imidlertid mye makt i utforming av kunnskapsgrunnlag. Data må til en viss grad også tolkes av de institusjonene/etatene som presenterer kunnskapsgrunnlaget. Utvalget påpeker at det kan være aktuelt med tolkninger fra dataeier, og at slike tolkninger må komme tydelig frem at er gjort.

Et kunnskapsgrunnlag fremstår ofte som faglig og nøytralt, men i tillegg til det Utvalget påpeker om transparens rundt tolking bør det fremheves at realiteten samtidig er at det typisk ligger usikkerhet i den kunnskapen som presenteres. Det å formidle og tydeliggjøre usikkerhet og hvilke forutsetninger kunnskapsgrunnlaget bygger på er viktig for legitimiteten og tyngden av kunnskapen. Og, det er viktig for at datagrunnlaget skal være mulig å etterprøve. Eksempelvis illustrerer de rettslige prosessene om trafikklyssystemet dette poenget. De saksøkende oppdretterne stilte bl.a. spørsmål ved det de forutsetninger kunnskapsgrunnlaget for trafikklyssystemet og fargeleggingen faktisk bygger på.

Å samle og tilgjengeliggjøre kunnskap legger til rette for en kunnskapsbasert arealforvaltning, og det er det vanskelig å være uenig i at er fornuftig. Det er imidlertid viktig at *både* tolkninger av og usikkerhet i kunnskapsgrunnlaget synliggjøres.

9.1.3.3 Tematisk plan

Et av Havbruksutvalgets mest nytenkende forslag er forslaget om at statlige akvakulturmyndigheter bør lage såkalte "*tematiske planer for akvakultur*". Utvalget foreslår her å ta i bruk et helt nytt virkemiddel, uten noen klar parallell til dagens ordning. En tematisk plan for akvakultur er en plan som spesifikt gjelder akvakultur, som identifiserer hvilke sjøområder som ikke kan brukes til akvakultur og hvilke områder som er godt egnet til akvakultur. Forslaget innebærer dermed at bl.a. hensynet til biosikkerhet og miljøpåvirkning vurderes tidlig i planprosessen. Dette legger til rette for en effektiv lokalitetsstruktur. Utvalget foreslår at større sjøområder planlegges i sammenheng, og at tematiske planer for akvakultur utformes på produksjonsområdenivå og av statlige myndigheter, men med involvering fra relevante kommuner. Havbruksutvalget lander også på å foreslå at de tematiske planene for akvakultur skal være rettslig bindende for kommunene i deres etterfølgende utarbeidelse av helhetlig arealplan, og med en tydelig innsigelsesrett for statlige myndigheter dersom kommunene planlegger i strid med de tematiske planene for akvakultur.

Dette er et godt eksempel på virkemiddel som Utvalget trekker hakket for langt til at det er realistisk å få gjennomført. Utvalget kommenterer at andre interesser skal ivaretas i de tematiske planene ved at kommunene og ulike statlige myndigheter involveres. Likevel blir det slik at disse andre interessene behandles som eksterne faktorer – utgangspunktet og perspektivet i planleggingen er knyttet til akvakultur – perspektivet er (som forklart ovenfor) vertikalt. Det å gjøre de tematiske planene for akvakultur rettslig bindende for kommunene vil nok sannsynligvis sees på som en for sterk prioritering av akvakultur i en samlet og helhetlig arealplanlegging av en (eller flere) kommunes sjøareal. Det er liten tvil om at det er behov for tematisk planlegging av akvakultur hvor større sjøområder sees i sammenheng, og slik sett er forslaget om tematiske planer godt. Mer realistisk for å få dette virkemidlet på plass er det dersom de tematiske planene for akvakultur ikke er rettslig bindende for kommunenes arealplanlegging, men at kvaliteten i dem er så god at kommunene i praksis tar planene som utgangspunkt for sin planlegging – nærmest som en del av kunnskapsgrunnlaget – og i stor grad følger dem. Dette kan gjerne kombineres med føringer i statlige retningslinjer om at de tematiske planene bør følges og mulighet for innsigelse fra statlige myndigheter dersom så ikke skjer.

9.1.3.4 Interkommunalt arbeid og statlige retningslinjer

Havbruksutvalget foreslår at statlige myndigheter bør fastsette avgrensning av planområder i sjø, eksempelvis ved pålegg om interkommunalt plansamarbeid i nærmere bestemte geografiske områder eller gjennom statlige planretningslister for planlegging i sjøområdene. I tillegg foreslår Utvalget at det bør være større adgang til at statlige myndigheter kan fremme innsigelser dersom det ikke i tilstrekkelig grad legges til rette for akvakultur.

Det å styrke forventningene om areal til akvakultur i statlige retningslinjer er et virkemiddel som ligger innenfor rammen av dagens system for arealplanlegging – og forholder seg til det horisontale perspektivet som plan- og bygningsloven har til planlegging. Det vil være passe tungt til å kunne gi effekt, men samtidig overlate rom for kommunene.

Et *pålegg* om interkommunal planlegging vil nok være for tung statlig påvirkning i kommunalt planarbeid, men en *sterk oppfordring* til interkommunalt plansamarbeid vil også kunne bedre arealplanlegging sett fra et akvakulturperspektiv. Dette bør sees i sammenheng med de tematiske planene for akvakultur som tydelig vil vise hvor interkommunalt samarbeid vil være særlig viktig.

Dette kan gjerne kombineres med en større adgang til innsigelser fra statlige myndigheter dersom akvakulturhensyn ikke prioriteres i tilstrekkelig grad sammenholdt med de statlige forventningene og de tematiske planene.

9.2 Organisering av sektormyndighetenes arbeid i lokalitetsklareringen

Utvalget angir få konkrete tiltak for effektivisering og forbedring av lokalitetsklaringsprosessen. De foreslår en tettere samhandling mellom de forvaltningsorganene som er involvert i prosessen. Videre foreslår de at fylkeskommunene ikke skal ha en rolle i lokalitetsklaringsprosessen. Det sies imidlertid lite om hvem som ev skal ha den koordinerende rollen i saksbehandlingen, og om den bør styrkes eller ikke.

Det er egentlig overraskende at Utvalget har utviklet sitt syn på denne delen av arealforvaltningen i så liten grad når de til sammenlikning har brukt mye plass, vært konkrete og gått temmelig langt i å foreslå økt statlig, helhetlig styring av arealplanleggingsprosessen. Tross alt vil det f.eks. sannsynligvis være enklere å få til en samling av forvaltningskompetanse på én statlig hånd (et havbruksdirektorat eller liknende) enn å endre prinsippet for arealplanlegging fra horisontalt (slik systemet er i plan- og bygningsloven) til noe mer vertikalt (sektorprinsippet). Dette innebærer at det ifm. den videre oppfølgingen av Havbruksutvalgets rapport er et relativt stort mulighetsrom knyttet til lokalitetsklaringsprosess og tilsyn og kontroll, som bør vurderes.

9.3 Brakklegging

Det er reglene om lokalitetsklarering som endelig avgjør hvilke arealer som kan brukes til akvakultur. Men et stort antall andre regler innvirker på *behovet* for å bruke areal til akvakultur. Få regler har større innvirkning enn de om brakklegging.

Ettersom den stående biomassen på lokaliteten vil variere vesentlig over tid, behøver oppdrettere lokaliteter i ulike brakkleggingssoner for å sikre kontinuerlig jevn produksjon og utnyttelse av selskapets produksjonskapasitet. Man trenger noen lokaliteter med liten fisk, noen med middels stor fisk, og noen med stor fisk.

Havbruksutvalget var bevisst på disse effektene. Utvalget har imidlertid ikke slik vi ser det i tilstrekkelig grad vurdert om biosikkerhetsgevinsten av brakklegging veier opp for biosikkerhetsrisikoen ved å skape behov for så mange lokaliteter. Lokalitetskapasiteten er i dag nesten fire ganger høyere enn selskapskapasiteten. Sagt på en annen måte: dersom regelverket hadde gjort det mulig å drifte mer sammenhengende, kunne man i teorien ha fjernet en rekke lokaliteter og heller økt kapasiteten på dem som er igjen. Dette handlingsrommet bør utforskes nærmere i departementets videre arbeid.

Utvalgets forslag om en såkalt "*Miljøfleksibilitetsordning*" – se nedenfor – vil på sikt (dersom det eller tiltak med noenlunde tilsvarende effekt innføres) antageligvis kunne lede til mer utstrakt bruk av lukkede merder. Da vil det også bli behov for å justere dagens brakkleggingsregler. Dersom en merd ikke utgjør en biosikkerhetsfare for omgivelsene, er det ikke grunnlag for å kreve at den skal holdes tom samtidig som de andre merdene på lokaliteten eller de andre anleggene i området.

9.4 Trafikklyssystemet

Havbruksutvalget foreslår å opprettholde trafikklyssystemet, men i en justert form. Essensen i Utvalgets forslag til justeringer er at et fremtidig system, i motsetning til dagens, bør være innrettet slik at systemet beveger seg mot en langsiktig likevekt der miljøpåvirkningen er akseptabel (grønn), i stedet for moderat (gul). Samtidig foreslår utvalget bl.a. å styrke de individuelle incentivene for å ivareta god miljøtilstand for det enkelte anlegg. I forlengelsen av dette foreslår utvalget å fjerne nedtrekket, og det er særlig dette som kommenteres nærmere her.

Vi vil imidlertid likevel kort påpeke at forslaget om innføring av en lusekvote på det enkelte anlegg basert på en beregnet lusepåvirkning på produksjonsområdenivå, etter vårt syn har uklare effekter. Forslaget er ikke utpenslet i detalj, men bare skissert som et konsept, og potensielt kan et slikt forslag ha flere av de samme negative effektene som et nedtrekk, bl.a. at det som enkeltoppdretter eller endog gruppe av oppdrettere vil være svært vanskelig for å påvirke tilstrekkelig for at det kan gis mulighet for å komme i posisjon for å oppnå reell vekst. Det er derfor viktig at departementet i den videre utredningen har et våkent øye for slike negative effekter.

Nedtrekk er et parallelt virkemiddel med forbedret lokalitetsstruktur for å redusere miljøpåvirkning. Over flere år har det vært nedtrekk i enkelte produksjonsområder uten at områdene har oppnådd en bedret "miljøpåvirkning" (lusesituasjon). Det har ikke stått på innsatsen fra oppdretterne, men likevel har det ikke gjort nevneverdige utslag i forskernes modeller. Den akkumulerte effekten av gjentatte nedtrekk blir over tid meget hard. Og hvis lusesituasjonen samtidig ikke bedres, så virker ikke trafikklyssystemet som reguleringsmekanisme. Hvis nedtrekkene fortsetter i de samme produksjonsområdene, vil man uunngåelig komme til et punkt der det ikke er samfunnsøkonomisk rasjonelt å kutte produksjonskapasiteten videre. Kostnadene, i form av tapt verdiskaping og tapt sysselsetting i lokalsamfunn langs kysten, blir for store. Hvis myndighetene før dette punktet ikke har utarbeidet et alternativ til nedtrekket, så vil trafikklyssystemet miste sin legitimitet og dets dager vil være talte. Det er – av mange grunner – derfor fornuftig at Havbruksutvalget har grepet fatt i dette tankesettet og foreslått et alternativ til nedtrekk.

9.5 Branngater

Branngater er oppdrettsfrie områder som danner smittebarrierer mellom grupper av oppdrettsanlegg. Dagens regelverk legger i liten grad opp til bruk av branngater. Mattilsynet har imidlertid gjennom forvaltningspraksis i enkeltsaker likevel begynt å legge vekt på å holde visse områder oppdrettsfrie for bestemte arter. Dette kommer for eksempel til uttrykk i Bekjempelsesplan mot PD. Da produksjonsområdene ble innført i 2017, ble det besluttet å ikke innføre konkrete branngater mellom produksjonsområdene. Mellom alle produksjonsområdene er det likevel områder med relativt lav grad av sannsynlighet for smittespredning fra ett produksjonsområde til det neste. I disse grenseområdene skulle det utvises en viss forsiktighet ved vurdering av etablering av nye anlegg.

I arbeidet med å optimalisere lokalitetsstrukturen, har Havbruksutvalget foreslått økt bruk av branngater. Men dette skal primært foregå ved flytting av anlegg, og ikke tilbaketrekning av tillatelser. I myndighetenes videre arbeid med rapporten, må det merkes at Utvalget kun har ment å opprette branngater for *åpne* anlegg. Blant annet med den såkalte "*Miljøfleksibilitetsordningen*" har Utvalget tilrettelagt for økt bruk av typisk lukkede anlegg. Ettersom slike anlegg vil ha ingen eller neglisjerbar påvirkning på omgivelsene, har man lagt opp til at disse skal kunne etableres uavhengig av branngater.

Biosikkerhetseffekten av branngater er omdiskutert, og vil bl.a. komme an på om smittespredningen er horisontal eller vertikal, på størrelsen av områdene som skilles av en branngate, smittesituasjonen i områdene, branngatens størrelse og utforming sett opp mot naturgitte forhold som for eksempel lokale strømforhold. Det er liten tvil om at det er grenser for hvor langt agens og parasitter kan føres med vannmassene, men fordeler med branngater må vurderes nøye opp mot ulempene og kostnadene forbundet med et slikt tiltak. Når ulemper og kostnader ved et tiltak er store, bør beslutningsgrunnlaget for ev. likevel innføre tiltaket være tilsvarende solid.

9.6 Felles biomassetak mellom produksjonsområder

Den samlede produksjonskapasiteten til et selskap følger av én eller flere selskapstillatelser. Disse gir i utgangspunktet kun rett til produksjon i ett produksjonsområde. Selskapet kan imidlertid tildeles et felles biomassetak mellom produksjonsområder, og da benytte den samlede produksjonskapasiteten på tvers av produksjonsområdene. Havbruksutvalget har uttrykt en viss skepsis mot disse reglene, og anbefalt nærmere utredning.

Felles biomassetak mellom produksjonsområder har stor innvirkning på totalproduksjonen av laks i Norge. Dette regulatoriske virkemidlet er også viktig for effektiviteten i arealbruken. Vi har ikke gjort konkrete beregninger på dette så langt, men å forstå hvordan felles biomassetak virker er avgjørende hvis myndighetene etter hvert vurderer å justere på ordningen. Vi merker oss at Havbruksutvalget, uten å konkludere eller være bastante, gir uttrykk for en viss skepsis mot felles biomassetak mellom produksjonsområder. Utvalgets skepsis bunner nok i biosikkerhetshensyn. Vår innfallsvinkel er annerledes, og fokuserer også på de gunstige produksjonsmessige og arealmessige effektene av ordningen. Uten å gå grundig inn i disse fordelene og kvantifisere dem, vil det være uforsvarlig av myndighetene å endre eller fjerne.

Dersom man fratar næringen denne fleksibiliteten, vil den kortsiktige effekten være et betydelig produksjonsfall. Å øke lokalitetsadgangen, enten gjennom søknadsprosesser eller avtaler med andre oppdrettere, er i begge tilfeller en tidkrevende prosess. Dersom reglene til slutt endres, vil det derfor være behov for en lengre overgangsperiode.

På lengre sikt vil arealbruken uansett øke, på grunn av økt behov for lokaliteter i hvert produksjonsområde. Disse konsekvensene må veies nøye mot det som forventes å oppnås med en regelendring.

9.7 Leie av selskapstillatelser

Havbruksutvalget foreslår mulighet for utleie av selskapstillatelser og angir bl.a. effektiv arealbruk som en av hensynene som begrunner forslaget. Fra et arealperspektiv er dette et meget godt forslag. Det gir en mulighet til å – midlertidig, altså i leieforholdets lengde, – kunne allokere tillatelseskapasitet dit det er mest bruk for den. Mao. til den oppdretter som mest effektivt kan utnytte tillatelseskapasiteten. En slik utleieordning minner i stor grad om midlertidige strukturiltak som har vært diskutert innenfor fiskeriregelverket (inn- og utleie av kvoter innenfor et kvoteår). Et slikt forslag vil bl.a. kunne være gunstig for mindre oppdrettere som (over tid eller i kortere perioder) har behov for økt tillatelseskapasitet på selskapsnivå fordi de kan få slik tilgang uten det kapitalbehovet som kreves for å kjøpe tilsvarende kapasitet av staten eller i annenhåndsmarkedet.

Noter

^[1] Linda Nøstbakkens presentasjon av utvalgets arbeid 28. september 2023.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/2e0a6e3a40214242a08d9bf0abeffc09/presentasjon-av-nou-nostbakken.pdf>

^[2] Ibid..

^[3] Ibid..

^[4] Det er sektorprinsippet som gjelder for arealplanlegging utenfor plan- og bygningslovens geografiske virkeområde, altså fra 1 nautisk mil utenfor grunnlinjen og utover. Eksempelvis innebærer dette at det er Olje- og energidepartementet og Oljedirektoratet som styrer arealprosessene for petroleumsvirksomhet, mens det er Nærings- og fiskeridepartementet og Fiskeridirektoratet som styrer arealprosessene for havbruk til havs.

^[5] Også i havområdene utenfor plan- og bygningslovens geografiske virkeområde er det strømminger som trekker i retning av at det horisontale planleggingsperspektivet i fremtiden i større grad enn i dag vil legges til grunn for arealplanlegging av slike arealer. [Maktkamp og spenninger i arealplanlegging til havs | IntraFish.no](#)

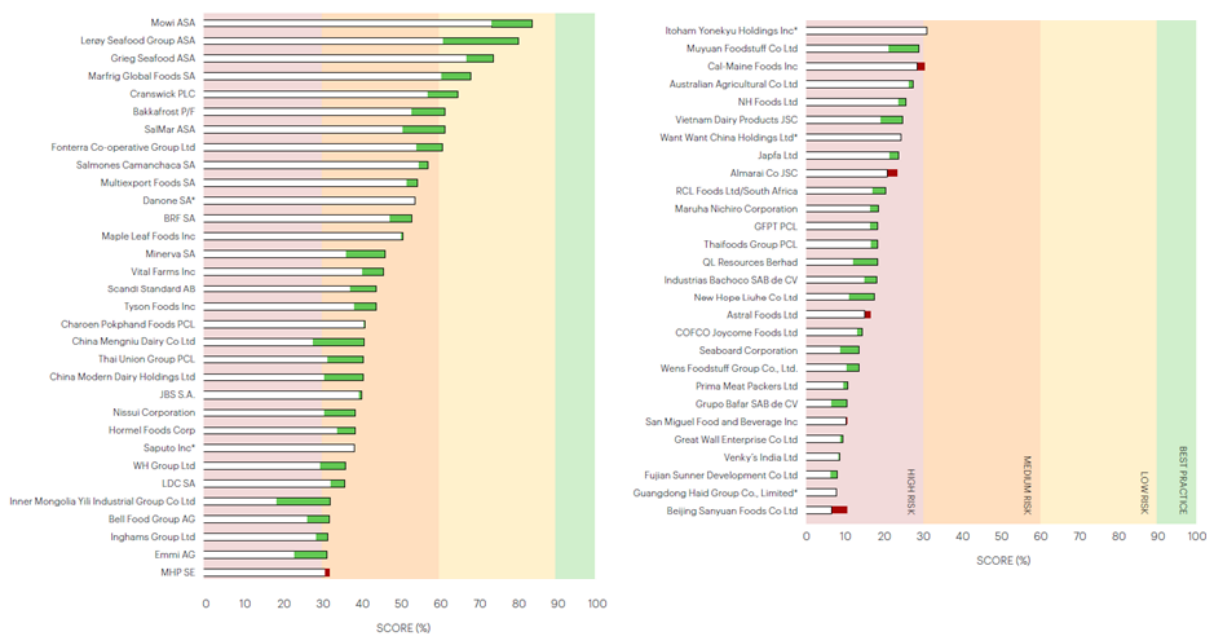
10. BÆREKRAFTIGE FORRETNINGSMODELLER OG SAMHANDLING MED SAMFUNNET

Havbruksnæringen er i den paradoksale situasjonen at den i global sammenheng er ledende på bærekraft blant kjøttproteiner på land og i sjø, mens den opplever at det norske samfunnet og andre på flere områder forventer bedre bærekraft og ikke er fornøyd på noen områder. Forventningene synes å øke sammen med veksten i produksjonen, med den konsekvens at det også synes å være et vedvarende gap mellom samfunnsaktørers forventninger og næringens leveranser på bærekraft.

Her vil vi diskutere implikasjoner for forretningsmodellene til havbruksselskapene, og spesielt samhandling med samfunnet.

10.1 Global bærekraft

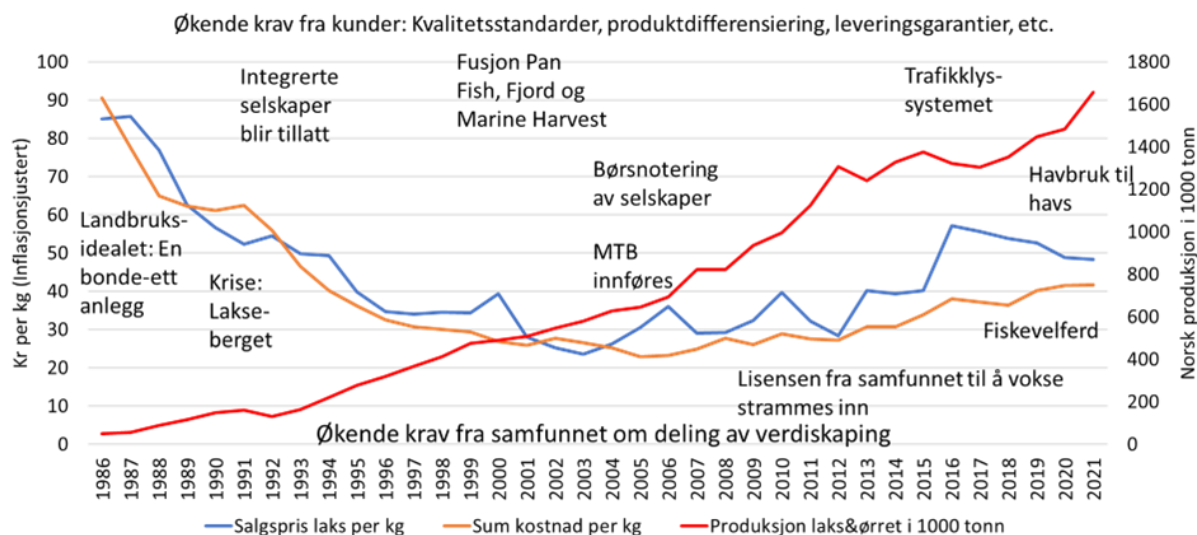
Når man skal vurdere bærekraft globalt, må havbruksnæringen sammenlignes med andre matproduserende sektorer, og spesielt andre sektorer som produserer kjøtt proteiner på land og i sjøen. En global indeks, Coller FAIRR indeksen sammenligner selskaper som produserer kjøttproteiner globalt, se figur 10.1. Den viser at de store havbruksselskapene scorer høyest på indeksen, i konkurranse med store, ledende kjøttprodusenter. Mowi er best i verden, fulgt av Lerøy Seafood Group på andre plass, Grieg Seafood på tredje plass, Bakkafrost på sjette plass og Salmar på sjuende plass. Havbruksselskapene har også styrket sin bærekraft på denne indeksen, vist ved grønt.



Figur 10.1. Havbruksselskapene ligger helt på topp i Coller FAIRR Protein Producer Index 2023/24 (Kilde: Coller FAIRR, 2023)

10.2 Forventningene i samfunn og markeder

Over tid, etter hvert som havbruksnæringen har vokst, har forventningene til næringen fra det norske samfunnet og markedene endret seg, jfr. figur 10.2. I Norge har dette handlet om miljøavtrykk, dyrevelferd, økonomiske ringvirkninger til lokalsamfunn, og skatte- og avgiftsinntekter fra en økende verdiskaping lokalt og nasjonalt. Det har blitt en økende bevissthet om at havbruksnæringen produserer i en allmenning som er folkets eiendom, og hvor kommunene har selvråderett på noen områder og forventninger til lokale positive økonomiske fotavtrykk (Osmundsen m.fl., 2017; Misund, m.fl., 2023)



Figur 10.2. Utvikling i samfunn og markeder som påvirker forretningsmodellen

10.3 Bærekraft får enda mer vekt i forretningsmodellene

En forretningsmodell beskriver den organisatoriske og finansielle arkitekturen til et selskap. Den beskriver hvordan bedriften leverer verdier til kunder, og hvordan kundene skal overtales til å betale bedriften for en gitt verdi, samt hvordan bedriften omdanner inntekter fra kunder til fortjeneste (Teece, 2010, 2018). Fokuset i en tradisjonell forretningsmodell er på de kommersielle kundene. I en bærekraftig forretningsmodell blir det også mer vekt på andre samfunnsaktører, og verdiløftet til disse. Bærekraftige forretningsmodeller inkluderer miljømessige, sosiale og økonomiske bærekraftshensyn. De vektlegger i større grad andre aktører i samfunnet, ikke bare eiere og kunder. Dette betyr at de også inkorporerer monetære og ikke-monetære verdier for andre aktører i samfunnet.

Figur 10.3 viser kompleksiteten i forretningsmodeller i havbruk. Vi kaller dette en «generisk» forretningsmodell, fordi den vil variere mellom selskaper, fra små lokale via mellomstore regionale til de store nasjonale og multinasjonale selskapene. Tradisjonelt har verdiløftet til kundene handlet mye om å levere næringsrik, trygg og helsebringende mat. For de industrielle kundene handler verdiløftet også om forutsigbare, hyppige leveranser av tilstrekkelige kvanta av riktige kvaliteter som gir muligheter for kjøpere til å utnytte skalaøkonomi og ha konkurransedyktige priser. Etter hvert har bærekraftige klima- og miljøavtrykk sammenlignet med andre kjøttproteiner også blitt viktigere. Dette verdiløftet reflekteres i de øvrige elementene i forretningsmodellen, som valg av nøkkelpartnere, nøkkelaktiviteter, nøkkelressurser, kunderelasjoner mm.










Nøkkel partnere <ul style="list-style-type: none"> Leverandører: Fôr, brønnbåt, eksport etc. Fôr: Spesialisert kunnskap, fôr ingrediens sourcing Eksportører: Spesielt volum for spot markeder Brønnbåt: Frakt og behandling av fisk FoU leverandører 	Nøkkel aktiviteter <ul style="list-style-type: none"> Biologisk produksjon – fiskehelse og miljøeffekter Planlegging rogn-smolt-matfisk-bearbeiding-salg Dialog med myndigheter 	Verdiløfte <ul style="list-style-type: none"> Næringsrik, trygg og helsebringende mat Forutsigbare, hyppige leveranser av tilstrekkelige kvanta av riktige kvaliteter Kjøpere skal utnytte skalaøkonomi Konkurransedyktige priser Lang hyllelevetid for kjulte produkter Bærekraftige klima- og miljøavtrykk sammenlignet med andre kjøttproteiner 	Kunderelasjoner <ul style="list-style-type: none"> Fra spotmarked til langsiktige kontrakter Betydelig volumandel på kontrakter, typisk med større kunder Mye fokus på enhetspris fram til kunde 	Kundesegmenter <ul style="list-style-type: none"> Kjøpere i 100+ land Eksportører, importører, bearbeiding, dagligvare, restaurant og catering. Mye av salget til større kunder: Dagligvare-og HoReCa kjeder Noen kunder har egne eller NGO standarder Dagligvare selger miks av egne (private label) og produsentmerker Småskala- og nisjekunder betjenes av mellomledd (importører og bearbeiding)
Kostnadsstruktur <ul style="list-style-type: none"> Fokus på produksjonskostnad per kg i matfisk Fiskehelse og lakselus avgjørende for kostnader per kg Minimere MTB lisens kostnad per kg gjennom høy kapasitets-utnyttelse av MTB (skalaøkonomi lokalitetsstruktur) 		Innteksstrømmer <ul style="list-style-type: none"> Maksimere fortjeneste, gitt restriksjoner på lokaliteter og MTB Finne balanse mellom langsiktige kontrakter og spotmarkedssalg – balanse Priser relatert til kvalitetsattributter: Fiskehelse viktigste faktor 		

Figur 10.3. Generisk forretningsmodell for havbruksselskap

Når forventningene fra samfunnet endrer seg over tid så har dette også implikasjoner for havbruksselskapenes forretningsmodell. Dette er illustrert i figur 10.4, som antyder nye elementer knyttet til en mer bærekraftig forretningsmodell. Havbruksselskapenes evne til å møte samfunnets forventninger med høye standarder for miljømessig og økonomisk bærekraft kan gi lisens for vekst fra samfunnet, og høye bærekraftstandarder kan gi tilgang til nye markeder og kundesegmenter, og gi redusert inntektsrisiko. Verdiløftet kan i økende grad inkludere bidrag til økonomisk bærekraftige lokalsamfunn, akseptable miljø fotavtrykk og gode livsbetingelser for laksen. Andre aktører kommer i større grad inn som nøkkel partnere i tillegg til de kommersielle aktørene, f.eks. kommuner, NGOer, myndighetsorganer (Fiskeridirektoratet etc.) og andre havbruksselskaper. Blant nøkkel aktivitetene er kontroll med egne utslipp, hvor samarbeid med andre havbruksselskaper er kan være avgjørende.

Tradisjonelt har forretningsmodeller vært en alenegang, hvor bedriften i begrenset grad går inn kompleks og krevende samhandling med andre aktører i verdikjeden som påvirker bedriftens autonomi og kostnader. Dette er mulig når bedriftens handlinger har små konsekvenser for «bunlinjen» til andre bedrifter og aktører i samfunnet.

Men det er ikke mulig for en havbruksnæring som har produksjon i en åpen allmenning, og hvor bedriftens aktiviteter kan ha betydelige konsekvenser for det økonomiske overskuddet til andre bedrifter, velferden til andre aktører og tilstanden til naturen. Dersom produksjonen i kystsonen skal økes vesentlig er det helt nødvendig med innovasjon i forretningsmodellene til havbruksselskapene. Uten dette er det ikke mulig å redusere smittepress og miljømessige fotavtrykk i tilstrekkelig grad. Dette handler om ulike typer samhandling med andre havbruksselskaper, myndigheter og andre aktører som vil være svært krevende, bl.a. fordi det vil innebære blottlegging av deler av selskapets drift og koordinering av lokalitetsbruk og produksjonsaktiviteter som kan være økonomisk suboptimalt på kort sikt. I bunn og grunn handler det om ulike typer kontrakter med andre private og offentlige aktører som reduserer selskapenes autonomi. Deler av havbruksnæringen har allerede begynt på denne prosessen. Det finnes flere eksempler langs kysten på at selskaper går inn i forpliktende samarbeid, og disse kan vi lære av.

Nøkkel partnere  <ul style="list-style-type: none"> • Kommuner • NGOer • Myndighetsorganer • Andre havbruksselskaper 	Nøkkel aktiviteter  <ul style="list-style-type: none"> • Kontroll med egne utslipp • Samarbeid med andre havbruksselskaper om regional bærekraft (fiskehelse og miljø) 	Verdiløfte  <ul style="list-style-type: none"> • Økonomisk bærekraftig lokalsamfunn • Akseptable miljø fotavtrykk • Laksen har gode livsbetingelser 	Kunderelasjoner  <ul style="list-style-type: none"> • Inkludere NGOer i dialog om standarder for produksjon, distribusjon, etc. 	Kundesegmenter  <ul style="list-style-type: none"> • Tilgang til markeder og kunder som er mer krevende mht bærekraft
Kostnadsstruktur  <ul style="list-style-type: none"> • Avgifter til samfunnet • Valg mht lokalisering og sysselsetting som gir økt lokal bærekraft • Andre økonomiske bidrag til lokalsamfunn mm • Standarder for miljø og fiskevelferd som øker kostnader 	Innteksstrømmer  <ul style="list-style-type: none"> • Høye standarder for miljømessig og økonomisk bærekraft kan gi lisens for vekst fra samfunnet • Høye standarder gir tilgang til nye markeder og kundesegmenter, kan gi redusert inntektsrisiko 			
Nøkkel ressurser  <ul style="list-style-type: none"> • Oppdrettslokalteter • Lisenser fra myndighetene: MTB selskap og lokalitet, etc. 		Kanaler til kunder  <ul style="list-style-type: none"> • Kommunisere bærekrafts-vurderinger og valg til kunder og konsumenter, også dilemmaer 		

Figur 10.4. Bærekraftig forretningsmodell: Nye elementer

10.4 Samhandling om lakselus

På mange områder er det nødvendig med langt bedre samhandling mellom næring og ulike myndighetsaktører, og forskningsmiljøer. Dette er et gjensidig ansvar for næring og myndigheter. Utfordringene er av en natur hvor bare effektiv bruk av all kunnskap i næring, forvaltning og forskning kan gi gode rammebetingelser for mer bærekraftig havbruksproduksjon.

En mer bærekraftig forretningsmodell vil innebære mer samhandling med andre aktører i samfunnet. Men dette er svært krevende å realisere. Havbruksselskapets faktiske samhandling med myndighetsaktører og andre på en effektiv måte, slik at det f.eks. oppnås lavere miljøavtrykk, avhenger også mye av myndighetsaktørenes vilje og evne til å samhandle. Sagt på en annen måte, hvis myndighetsaktørene av ulike grunner ikke vil eller kan samhandle på en effektiv måte, så klarer ikke havbruksselskapene å implementere dette i sin forretningsmodell.

Her vil vi drøfte spesielt lusesmitte og tiltak for å redusere luseproblemet. Dette omfatter bl.a. styrking av kunnskap om barriere teknologier og andre tiltak for å redusere lusesmitte, og investeringer i disse teknologiene. I dag råder det betydelig usikkerhet om biologisk-teknologisk-økonomisk ytelse behandlingstiltak og til ulike barriere teknologier, noe som begrenser investeringene i disse. Luseproblemet er en god illustrasjon på problemet med å utvikle bærekraftige forretningsmodeller hvor samhandling er avgjørende.

Det er nødvendig med ytterligere styrking av kunnskap om sammenhenger mellom lokalitetsstruktur, produksjonsaktiviteter i havbruk og smittepress knyttet til lakselus, samt effekter på fiskehelse og fiskevelferd. Gode smitte-modeller som det er konsensus om mellom næring og forvaltning vil være mye av grunnlaget for framtidens smittesoner, lokalitetsstruktur, produksjonssyklus, brakklegging og koordinerte tiltak.

En høyere produksjon er avhengig av en ny lokalitetsstruktur i kystområder – herunder etablering og nedlegging av lokaliteter, og endring i produksjonsvolumet på lokaliteter. I dag er endring av den geografiske produksjonsstrukturen en tidkrevende, komplisert og kostbar prosess som involverer mange aktører, og kan hevdes å være preget av lite helhetlig problemforståelse. Det er nødvendig for forvaltning, næring og forskningsmiljøer å se på både forvaltningsstruktur og regelverk for å få en mer bærekraftig lokalitetsstruktur og mer effektive forvaltningsprosesser.

Implementering av biosikkerhet i regelverket og forvaltning, herunder smitterisikovurderinger og bruk av føre-var-prinsippet for drift på ulike anleggsteknologier og ved flytting av fisk, er avgjørende for realisering av en vesentlig større bærekraftig produksjon. Det er krevende for forvaltningen å bygge kunnskap om den reelle

risiko knyttet til sykdommer for ulike teknologier ved produksjon på lokaliteter og flytting av fisk mellom lokaliteter, og hvordan dette skal håndteres på en effektiv måte i regelverk og praktisk forvaltning.

Problemene i produksjonsområder har flere dimensjoner:

(1) **Miljø** - havbruksnæringens påvirkning på bærekraften til bestandene av vill laksefisk, reflektert i rødt lys i trafikklyssystemet for noen produksjonsområder - spesielt PO3 og PO4 - som estimerer lakselusindusert dødelighet på vill laksesmolt. Det forventes av mange at uten omfattende tiltak så vil noen produksjonsområder fortsatt få rødt lys og dermed ytterligere reduksjon i havbruksproduksjonen.

(2) **Samfunns- og bedriftsøkonomisk** – milliardreduksjon i verdiskaping, som omfatter fallende lønnsomhet, lønnsinntekter og skatteinntekter i havbruksnæringen og hos leverandørene. Dette skyldes både nedtrekk av den maksimale tillatte biomasse (MTB) som havbruksnæringen får ha i merdene, men også økt dødelighet og økte kostnader som følge av tiltak mot lakselus og andre biologiske utfordringer.

(3) **Dyrevelferd** – tiltak for å redusere lakselus populasjonen i oppdrettsanlegg kan ha negative effekter på velferden til oppdrettslaksen, og dette gjenspeiles delvis i økt dødelighet til oppdrettslaksen.

Det er ulik forståelse av disse problemene blant oppdrettere, forvaltning og forskere.

Mange innovasjoner har ført til at havbruksnæringen aldri har hatt en større verktøykasse av virkemidler for å begrense lakseluspopulasjonen. Verktøykassen av tiltak omfatter f.eks.

- **Landbasert produksjon av storsmolt/postsmolt**, som reduserer tiden oppdrettslaksen står i sjøen og dermed er vert for lakselus.
- **Semi-lukket produksjon i sjø av postsmolt (og matfisk)**, som for alle praktiske formål ikke bidrar til lusesmitte, og dermed reduserer tiden oppdrettslaksen er vert for lakselus.
- **Nedsenkbare merder og luseskjørt**, som forhindrer eller begrenser påslag av lakselus på oppdrettslaks.
- **Endring i lokalitetsstruktur**, altså endringer i lokalisering og produksjon i havbruksanlegg som har som formål å bryte eller svekke smitte av lakselus mellom havbruksanlegg.
- **Koordinert brakklegging og produksjon** – mellom havbrukslokaliteter som smitter hverandre og vill laksefisk frå gitte vassdrag.
- **Behandlingstiltak** - blant tiltak som kan redusere lakselus populasjon etter påslag på oppdrettslaks er f.eks. mekanisk behandling, luselaser, rensfisk.

Men det er kunnskapsmangler og mange vanskelige avveininger ved valg av miks av tiltak:

- **Smittenettverk**: Et produksjonsområde består av flere smittenettverk (eller smitteklynger) som er mer eller mindre uavhengige av hverandre pga strøm og topografiske forhold. Det er viktig å forstå hvilke havbrukslokaliteter som smitter hverandre og vill laksefisk, og dermed hvilke havbrukslokaliteter som må ses i sammenheng og koordinere når tiltak skal velges. Etablering av en konsensus om dette kan være svært krevende.
- **Timing av tiltak**: Trafikklyssystemet skal begrense dødelighet til utvandrende vill laksesmolt, og når det gjelder timing er det i noen uker om våren og tidlig sommer at denne smolten vandrer ut fra vassdragene til det åpne havet. Kunnskap om og usikkerhet rundt tidsprofilen for bruk av tiltak og effektene av tiltak gjør koordineringer av tiltak krevende.
- **Reduksjon av lakselus vs god velferd til oppdrettslaks**: Tiltak kan redusere lakseluspopulasjon men samtidig ha negative effekter på velferden til oppdrettslaks. Her er det også kunnskapsmangel og ulik forståelse av effekter av ulike typer tiltak og teknologivalg.
- **Kostnader og finansiell risiko**: Lukkede teknologier og andre tiltak som kan redusere lusepopulasjonen i oppdrettsanlegg kan ha høye investeringskostnader, høy enhetskostnader og betydelig usikkerhet knyttet til teknologisk-biologisk-økonomisk ytelse. Den finansielle risikoen kan derfor være betydelig. Det er ulike erfaringer med lukkede teknologier, og noen har ikke erfaring med disse.

Utforming av tiltak for å ta produksjonsområder fra rødt til grønt på en bærekraftig måte økonomisk, miljømessig og sosialt krever en god forståelse av de komplekse utfordringene vi står overfor. Følgende utfordringer må tas hensyn til i utforming av tiltak:

1. **Felles eierskap til problemet:** Utgangspunktet er at både næring og myndigheter eier problemet. Det er nødvendig med tiltak både på havbruksanleggene og i myndighetenes virkemiddelbruk og forvaltning.
2. **Kostnadseffektivitet og akseptabel finansiell risiko:** Tiltak vil uansett være kostbare for havbruksselskapene, men det er nødvendig å finne en miks av tiltak som gjør at man når målet med lavest mulig kostnad og med en akseptabel finansiell risiko knyttet til store investeringer.
3. **Koordineringsproblemer i havbruksnæringen:** Det er ikke gjennomførbart å utforme én tiltakspakke som omfatter alle havbruksselskapene i hele produksjonsområde, fordi (a) involvering og koordinering av et stort antall selskaper blir for krevende når det gjelder valg av type tiltak, timing av tiltak osv., (b) det er flere mer eller mindre distinkte lusesmittenettverk som gjør det mulig å begrense tiltak til et mer håndterbart antall selskaper og anlegg, og (c) ulike smittenettverk vil kreve ulik miks av tiltak.
4. **Gratispassasjerproblemer:** Når noen havbruksselskaper gjør tiltak i et felles smittenettverk kan andre selskaper nyte godt av disse. For å sikre at nødvendige tiltak gjennomføres må mulighetene for å være gratispassasjer reduseres tilstrekkelig.
5. **Felles kunnskapsgrunnlag:** Tiltak krever en konsensus om (a) sammenhengene mellom lusepopulasjon i anlegg, smitte til vill laksesmolt og effekt på bestand, (b) tilstand og påvirkningsfaktorer på bestander av vill laksefisk, (c) faktorer som påvirker velferd og dødelighet i havbruksanlegg, (d) effekt av ulike tiltak mot lakselus, herunder «dosering» og timing av tiltak. Det er nødvendig å styrke den felles forståelsen, både mellom havbruksnæring og myndighetene, men også mellom de myndighetene som forvalter havbruksnæringen.
6. **Koordinerings- og kapasitetsproblemer hos myndighetene:** Havbruksnæringen forvaltes av et omfattende regelverk og flere myndigheter på kommunalt, fylkes- og statlig nivå. Et havbruksselskap må til enhver tid forholde seg til og tilfredsstille alle krav fra myndighetene. For flere tiltak er det avgjørende med koordinering mellom myndighetene som gjør at disse kan iverksettes, og at forvaltningsprosessene ikke tar for lang tid.
7. **Kort vs lang sikt:** Det er hensiktsmessig å skille mellom kort og lang sikt i gjennomføring av tiltak, fordi en fullt implementert tiltakspakke i POer vil kreve investeringer i milliardklassen, og fordi noen tiltak involverer tidkrevende og komplekse prosesser hos myndighetene.

Følgende typer tiltak er det nødvendig å etablere konsensus om og gjennomføre for å lykkes:

1. **Tiltak i havbruksproduksjonen** som reduserer populasjonen av lakselus og samtidig ivaretar god velferd og lav dødelighet hos oppdrettslaksen.
2. **Kunnskapsbygging** om sammenhenger mellom tiltak i havbruksproduksjonen, luseindusert dødelighet hos vill smolt, tilstanden til stammer av vill laksefisk, effekter av tiltak mm.
3. **Endringer i regelverk og forvaltning** som bidrar til å styrke bærekraftige stammer av vill laksefisk, sikrer god velferd og lav dødelighet, og sikrer fleksibilitet og kostnadseffektivitet i tiltak mot lakselus.
4. **Nye insentiver fra myndighetene**, herunder risikoavlastning for investeringer i semi-lukket teknologi og mulighet for bruk av MTB som har blitt trukket ned i forbindelse med rødt lys i semi-lukkede anlegg.

Drøftingen her impliserer at en vellykket bærekraftig forretningsmodell for havbruksselskapene er helt avhengig av at myndighetene også endrer sin «forretningsmodell» vesentlig på flere områder. Havbruksselskapene er helt avhengig av de spillereglene myndighetene definerer når det gjelder bruk av lokaliteter og drift gjennom lover, forskrifter og praktisk forvaltning. Det er derfor nødvendig å forstå hvilke grep myndighetene må ta for å muliggjøre forretningsmodeller som skaper grunnlag for en større bærekraftig produksjon.

11. OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER: SE EXECUTIVE SUMMARY

Vi viser til executive summary for oppsummering og anbefalinger.

12. REFERANSER

- Aaen, S. M., Helgesen, K. O., Bakke, M. J., Kaur, K., & Horsberg, T. E. (2015). Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. *Trends in Parasitology*, 31(2), 72-81. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pt.2014.12.006>
- Abolofia, J., Wilen, J. E., & Asche, F. (2017). The cost of lice: Quantifying the impacts of parasitic sea lice on farmed salmon. *Marine Resource Economics*, 32(3), 329-349. doi:<https://www.journals.uchicago.edu/doi/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.
- Aldrin, M., Huseby, R. B., Stien, A., Grontvedt, R. N., Viljugrein, H., & Jansen, P. A. (2017). A stage-structured Bayesian hierarchical model for salmon lice populations at individual salmon farms - Estimated from multiple farm data sets. *Ecological Modelling*, 359, 333-348. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.05.019>
- Aldrin, M., Jansen, P. A., & Stryhn, H. (2019). A partly stage-structured model for the abundance of salmon lice in salmonid farms. *Epidemics*, 26, 9-22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epidem.2018.08.001>
- Aldrin, M., Storvik, B., Frigessi, A., Viljugrein, H., & Jansen, P. A. (2010). A stochastic model for the assessment of the transmission pathways of heart and skeleton muscle inflammation, pancreas disease and infectious salmon anaemia in marine fish farms in Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 93(1), 51-61. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.09.010>
- Aldrin, M., Storvik, B., Kristoffersen, A. B., & Jansen, P. A. (2013). Space-Time Modelling of the Spread of Salmon Lice between and within Norwegian Marine Salmon Farms. *Plos One*, 8(5), e64039. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064039>
- Anderson, J. L., Asche, F., & Garlock, T. (2019). Economics of aquaculture policy and regulation. *Annual Review of Resource Economics*, 11, 101-123.
- Anderson, M. R., Armstrong, S. M., Auffrey, L. M., Barbeau, M. A., Black, K., Bugden, J., Burrige, L., Chaffey, J., Chang, B., Cromey, C. J., Davies, I., Ervik, A., Greenberg, D., Hansen, P., Hargrave, B. T., Harrison, W. G., Haya, K., Higgs, D., Holmer, M., & Yeats, P. A. (2005). Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture. *Handbook of Environmental Chemistry, Volume 5: Water Pollution*, 5.
- Ankamah-Yeboah, I., Jacobsen, J. B., Olsen, S. B., Nielsen, M., & Nielsen, R. (2019). The Impact of Animal Welfare and Environmental Information on the Choice of Organic Fish: An Empirical Investigation of German Trout Consumers. *Marine Resource Economics*, 34(3), 247-266. doi:10.1086/705235
- Aponte, F. R. (2020). Firm dispersion and total factor productivity: Are Norwegian salmon producers less efficient over time? *Aquaculture Economics & Management*, 24(2), 161-180.
- Asche, F., & Oglend, A. (2016). The relationship between input-factor and output prices in commodity industries: The case of Norwegian salmon aquaculture. *Journal of Commodity Markets*, 1(1), 35-47.
- Asche, F., Guttormsen, A. G., & Nielsen, R. (2013). Future challenges for the maturing Norwegian salmon aquaculture industry: An analysis of total factor productivity change from 1996 to 2008. *Aquaculture Economics Aquaculture*, 396, 43-50.

- Asche, F., Pincinato, R. B. M., & Tveterås, R. (2022). *Productivity in Global Aquaculture*. In *Handbook of Production Economics* (pp. 1525-1561). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Asche, F., Roll, K. H., & Tveterås, R. (2016). Profiting from agglomeration? Evidence from the Salmon aquaculture industry. *Regional Studies*, 50 (10), 1742–1754.
- Asche, F., Roll, K. H., & Tveterås, S. (2008). Future trends in aquaculture: productivity growth and increased production. *Aquaculture in the Ecosystem*, 271-292.
- 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.
- Asplin, L., Albretsen, J., Johnsen, I. A., & Sandvik, A. D. (2020). The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics*, 70(8), 1151-1167. doi:<https://link.springer.com/article/10.1007/s10236-020-01378-0>
- Asplin, L., Johnsen, I. A., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J., & Boxaspen, K. (2014). Dispersion of salmon lice in Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10. doi:<https://doi.org/10.1080/17451000.2013.810755>
- Aunsmo, A., Valle, P. S., Sandberg, M., Midtlyng, P. J., & Bruheim, T. (2010). Stochastic modelling of direct costs of pancreas disease (PD) in Norwegian farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Preventive Veterinary Medicine*, 93(2), 233-241. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.10.001>
- Bang Jensen, B., Brun, E., Fineid, B., Larssen, R. B., & Kristoffersen, A. B. (2013). Risk factors for cardiomyopathy syndrome (CMS) in Norwegian salmon farming. *Diseases of Aquatic Organisms*, 107(2), 141-150. Retrieved from <https://www.int-res.com/abstracts/dao/v107/n2/p141-150/>
- Bang Jensen, B., Mårtensson, A., & Kristoffersen, A. B. (2020a). Estimating risk factors for the daily risk of developing clinical cardiomyopathy syndrome (CMS) on a fishgroup level. *Preventive Veterinary Medicine*, 175, 104852. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104852>
- Bang Jensen, B., Qviller, L., & Toft, N. (2020b). Spatio-temporal variations in mortality during the seawater production phase of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 43(4), 445-457. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.13142>
- Barrett, L. T., Oppedal, F., Robinson, N., & Dempster, T. (2020). Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2527-2543. doi:<https://doi.org/10.1111/raq.12456>
- Belton, B., Little, D. C., Zhang, W., Edwards, P., Skladany, M., & Thilsted, S. H. (2020). Farming fish in the sea will not nourish the world. *Nature Communications*, 11(1), 5804.
- Bjørndal, T. (1988). Optimal Harvesting of Farmed Fish. *Marine Resource Economics*, 5(2), 139–159. <https://doi.org/10.1086/mre.5.2.42628926>
- Brooker, A. J., Papadopoulou, A., Gutierrez, C., Rey, S., Davie, A., & Migaud, H. (2018). Sustainable production and use of cleaner fish for the biological control of sea lice: recent advances and current challenges. *Veterinary Record*, 183(12), 383-383. doi:<https://doi.org/10.1136/vr.104966>
- Burridge, L. E., Weis, J. S., Cabello, F., Pizarro, J., & Bostick, K. (2010). Chemical use in salmon aquaculture: A review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture*, 306(1), 7-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.05.020>

- Cojocar, A. L., Jensen, F., Misund, B., Nielsen, R., Pincinato, R. B., & Tveterås, R. A Flexible Policy Instrument to Encourage Externality Abatement Technologies in Salmon Aquaculture. SSRN Working Paper.
- Coller FAIRR (2023) "Protein Producer Index 2023/24: How the animal protein sector addresses ESG risks and opportunities". Rapport. November 2023. Utgitt av Coller.
- Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M. Á., Free, C. M., Froehlich, H. E., ... & Lubchenco, J. (2020). The future of food from the sea. *Nature*, 588(7836), 95-100.
- Dalvin, S., Are Hamre, L., Skern-Mauritzen, R., Vågseth, T., Stien, L., Oppedal, F., & Bui, S. (2020). The effect of temperature on ability of *Lepeophtheirus salmonis* to infect and persist on Atlantic salmon. *Journal of Fish Diseases*, 43(12), 1519–1529. <https://doi.org/10.1111/jfd.13253>
- Dannevig, B. H., Falk, K., & Namork, E. (1995). Isolation of the causal virus of infectious salmon anaemia (ISA) in a long-term cell line from Atlantic salmon head kidney. *Journal of General Virology*, 76(6), 1353-1359. doi:<https://doi.org/10.1099/0022-1317-76-6-1353>
- Dean, K. R., Aldrin, M., Qviller, L., Helgesen, K. O., Jansen, P. A., & Bang Jensen, B. (2021). Simulated effects of increasing salmonid production on sea lice populations in Norway. *Epidemics*, 37, 100508. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epidem.2021.100508>
- Egidius, E., Andersen, K., Clausen, E., & Raa, J. (1981). Cold-water vibriosis or 'Hitra disease' in Norwegian salmonid farming. *Journal of Fish Diseases*, 4(4), 353-354. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1981.tb01143.x>
- Egidius, E., Wiik, R., Andersen, K., Hoff, K. A., & Hjeltnes, B. (1986). *Vibrio salmonicida* sp. nov., a New Fish Pathogen. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 36(4), 518-520. doi:<https://doi.org/10.1099/00207713-36-4-518>
- Ellingsen, K., Grimsrud, K., Nielsen, H. M., Mejdell, C., Olesen, I., Honkanen, P., Navrud, S., Gamborg, C., & Sandøe, P. (2015). Who cares about fish welfare? *British Food Journal*, 117(1), 257-273. doi:10.1108/BFJ-08-2013-0223
- Erkinharju, T., Dalmo, R. A., Hansen, M., & Seternes, T. (2021). Cleaner fish in aquaculture: review on diseases and vaccination. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 189-237. doi:<https://doi.org/10.1111/raq.12470>
- Fjellidal, P. G., Fraser, T. W. K., Hansen, T. J., Karlsen, Ø., & Bui, S. (2022). Effects of laboratory salmon louse infection on mortality, growth, and sexual maturation in Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science*, 79(5), 1530–1538. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac078>
- Folkvord, B., Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Nystøyl, R., & Rolland, K. H. (2019). Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag Delrapport 1. UiS Scholarly Publishing Services. <https://doi.org/10.31265/usps.15>
- Føre, Martin m.fl., (2022) "Forskning og utvikling for realisering av havbruk til havs: Innspill til strategiske prioriteringer mot 2040". Rapport. https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/a4_havbruk-til-havs_korrektur3.pdf.
- Garseth, Å. H., Fritsvold, C., Svendsen, J. C., Bang Jensen, B., & Mikalsen, A. B. (2018). Cardiomyopathy syndrome in Atlantic salmon *Salmo salar* L.: A review of the current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 41(1), 11-26. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.12735>
- Gebauer, P., Paschke, K., Vera, C., Toro, J. E., Pardo, M., & Urbina, M. (2017). Lethal and sub-lethal effects of commonly used anti-sea lice formulations on non-target crab *Metacarcinus edwardsii* larvae. *Chemosphere*, 185, 1019-1029. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.108>

- Geitung, L., Oppedal, F., Stien, L. H., Dempster, T., Karlsbakk, E., Nola, V., & Wright, D. W. (2019). Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test. *International Journal for Parasitology*, 49(11), 843-846. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.06.003>
- Gjessing, M. C., Steinum, T., Olsen, A. B., Lie, K. I., Tavornpanich, S., Colquhoun, D. J., & Gjevne, A.-G. (2019). Histopathological investigation of complex gill disease in sea farmed Atlantic salmon. *Plos One*, 14(10), e0222926. doi:10.1371/journal.pone.0222926
- Graham, E. M., Baird, A. H., & Connolly, S. R. (2008). Survival dynamics of scleractinian coral larvae and implications for dispersal. *Coral Reefs*, 27(3), 529–539. <https://doi.org/10.1007/s00338-008-0361-z>
- Greaker, M., Vormedal, I., & Rosendal, K. (2020). Environmental policy and innovation in Norwegian fish farming: Resolving the sea lice problem? *Marine Policy*, 117, 103942. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103942>
- 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*. Retrieved from <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2023-6>:
- Groner, M. L., Rogers, L. A., Bateman, A. W., Connors, B. M., Frazer, L. N., Godwin, S. C., Krkošek, M., Lewis, M. A., Peacock, S. J., Rees, E. E., Revie, C. W., & Schlägel, U. E. (2016). Lessons from sea louse and salmon epidemiology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1689), 20150203. doi:<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2015.0203>
- Guttormsen, A. G. (2008). Faustmann in the Sea: Optimal Rotation in Aquaculture. *Marine Resource Economics*, 23(4), 401–410. <https://doi.org/10.1086/mre.23.4.42629671>
- Hamre, L., Bui, S., Oppedal, F., Skern-Mauritzen, R., & Dalvin, S. (2019). Development of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* parasitic stages in temperatures ranging from 3 to 24°C. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 429–443. <https://doi.org/10.3354/aei00320>
- Håstein, T., Gudding, R., & Evensen, O. (2005). Bacterial vaccines for fish--an update of the current situation worldwide. *Dev Biol (Basel)*, 121, 55-74.
- Håstein, T., Hill, B. J., & Winton, J. R. (1999). Successful aquatic animal disease emergency programmes. *Rev Sci Tech*, 18(1), 214-227. doi:10.20506/rst.18.1.1161
- Heuch, P. A., Bjørn, P. A., Finstad, B., Holst, J. C., Asplin, L., & Nilssen, F. (2005). A review of the Norwegian 'National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids': The effect on wild salmonids. *Aquaculture*, 246(1), 79-92. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.027>
- Holmer, M. (2010). Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(1), 57-70. Retrieved from <https://www.int-res.com/abstracts/aei/v1/n1/p57-70/>
- Holmer, M., Wildish, D., & Hargrave, B. T. (2005). Organic Enrichment from Marine Finfish Aquaculture and Effects on Sediment Biogeochemical Processes. In (pp. 181-206).
- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., & Johnsen, I. A. (2020). Lokalitetsstruktur i produksjonsområde 4—Med fokus på forholdene i Nordfjord-Frøysjøen (28–2020; Rapport Fra Havforskningen). Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-48>.
- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G. L., Qviller, L., Dean, K. R., Jensen, B. B., & Johnsen, I. A. (2020). Changed structure of production sites in production area 3—Valuation of impact on the spread of salmon lice, pancreas disease and infectious salmon anemia (In

Norwegian: Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3—Vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi).

- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Øivind, B., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G. L., Qviller, L., Dean, K. R., Jensen, B. B., & Johnsen, I. A. (2020). Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3—Vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi (12–2020; Rapport Fra Havforskningen). Havforskningsinstituttet. <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/2685851/RH%2b2020-12.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Iversen, A., Asche, F., Hermansen, Ø., & Nystøyl, R. (2020). Production cost and competitiveness in major salmon farming countries 2003–2018. *Aquaculture*, 522, 735089.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2015). Kostnadsdrivere i lakseoppdrett. Nofima rapportserie.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2016). Kostnader for lakseoppdrett i konkurrentland. Drivkrefter og betydning for konkurransesituasjonen. Nofima rapportserie.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøl, R., & Junge Hess, E. (2017). *Kostnadsutvikling i lakseoppdrett - med fokus på fôr og lusekostnader (Eng. Development of costs in salmonid aquaculture- with focus on feed and lice costs)* (24/2017). Retrieved from <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2481501?locale-attribute=en>:
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E. J. (2017). Kostnadsutvikling i lakseoppdrett—med fokus på fôr-og lusekostnader. Nofima rapportserie.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Hess, E. J., Rolland, K. H., Garshol, L. D., & Marthinussen, A. (2019). Kostnadsutvikling og forståelse av drivkrefter i norsk lakseoppdrett. Faglig sluttrapport. Nofima rapportserie.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Rolland, K. H., & Garshol, L. D. (2019). Konkurranssevne for norsk oppdrettslaks: Kostnader og kostnadsdrivere i Norge og konkurrentland. Nofima rapportserie.
- Jansen, M. D., Bang Jensen, B., McLoughlin, M. F., Rodger, H. D., Taksdal, T., Sindre, H., Graham, D. A., & Lillehaug, A. (2017). The epidemiology of pancreas disease in salmonid aquaculture: a summary of the current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 40(1), 141-155. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.12478>
- Jarp, J., & Karlsen, E. (1997). Infectious salmon anaemia (ISA) risk factors in sea-cultured Atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 28(2), 79-86. Retrieved from <https://www.int-res.com/abstracts/dao/v28/n2/p79-86/>
- Jensen, F., Tveterås, R. & R. Nielsen (2023). The Traffic Light System. Is it a Solution to a Nonpoint Pollution Problem? Upublisert manuskript.
- Johansen, U., Myhre, M. S., & Richardsen, R. (2020). Nasjonal betydning av sjømatnæringen. En verdiskapings-og ringvirkningsanalyse med data fra 2004–2019.
- Johnsen, I. A., Harvey, A., Sævik, P. N., Sandvik, A. D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K. A., & Karlsen, Ø. (2020). Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, 78(1), 142-154. doi:10.1093/icesjms/fsaa202
- Kashulin, A., Sereckina, N., & Sørum, H. (2017). Cold-water vibriosis. The current status of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 40(1), 119-126. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.12465>

- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: the role and opportunity for aquaculture. *Aquaculture economics & management*, 19(3), 282-300.
- Kongtorp, R. T., Kjerstad, A., Taksdal, T., Guttvik, A., & Falk, K. (2004). Heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: a new infectious disease. *Journal of Fish Diseases*, 27(6), 351-358. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2004.00549.x>
- Kragesteen, T., Simonsen, K., Visser, A., & Andersen, K. (2021). Estimation of external infection pressure and salmon-lice population growth rate in Faroese salmon farms. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, 21–32. <https://doi.org/10.3354/aei00386>
- Kristoffersen, A. B., Bang Jensen, B., & Jansen, P. A. (2013). Risk mapping of heart and skeletal muscle inflammation in salmon farming. *Preventive Veterinary Medicine*, 109(1), 136-143. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.08.012>
- Kristoffersen, A. B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A., & Jansen, P. A. (2014). Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. *Epidemics*, 9, 31-39. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epidem.2014.09.007>
- Kristoffersen, A. B., Qviller, L., Helgesen, K. O., Vollset, K. W., Viljugrein, H., & Jansen, P. A. (2018). Quantitative risk assessment of salmon louse-induced mortality of seaward-migrating post-smolt Atlantic salmon. *Epidemics*, 23, 19-33. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epidem.2017.11.001>
- Kristoffersen, A. B., Viljugrein, H., Kongtorp, R. T., Brun, E., & Jansen, P. A. (2009). Risk factors for pancreas disease (PD) outbreaks in farmed Atlantic salmon and rainbow trout in Norway during 2003–2007. *Preventive Veterinary Medicine*, 90(1), 127-136. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.04.003>
- Larsen, J. S., Ervik, L.-C., Klakegg, B. R., Sandberg, M. G., Johansen, E., & Holmøy, R. (2020). *Smittesikring og biosikkerhet i norsk lakseproduksjon*. Retrieved from <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901522/>: <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901522/>
- Menon Economics. (2022). *Virkemidler for redusert fiskedødelighet i oppdrettsnæringen (Eng. Measures to reduce the mortality of farmed salmonids)*. Retrieved from <https://www.menon.no/wp-content/uploads/2022-158-Virkemidler-for-reduert-fiskedodelighet-i-oppdrettsnaeringen.pdf>:
- Midtlyng, P. J., Grave, K., & Horsberg, T. E. (2011). What has been done to minimize the use of antibacterial and antiparasitic drugs in Norwegian aquaculture? *Aquaculture Research*, 42(s1), 28-34. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02726.x>
- Misund, B. (2018a). Common and fundamental risk factors in shareholder returns of Norwegian salmon producing companies. *Journal of Commodity Markets*, 12, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2017.12.007>
- Misund, B. (2018b). Rensefisk. In Store Norske Leksikon. <https://snl.no/rensefisk>
- Misund, B. (2018c). Valuation of salmon farming companies. *Aquaculture Economics & Management*, 22(1), 94–111. <https://doi.org/10.1080/13657305.2016.1228712>
- Misund, B. (2022). Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko? NORCE Rapport 41/2022.
- 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., Landazuri-Tveteraas, S., & Oglend, A. (2023). Tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i Nordhordland. NORCE Norwegian Research Centre. <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/handle/11250/3053738>
- 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), 000-000.
- Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R., & Rolland, K. H. (2020). Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag Faglig sluttrapport. UiS Scholarly Publishing Services. <https://doi.org/10.31265/usps.46>
- Moe Føre, H., Thorvaldsen, T., Osmundsen, T. C., Asche, F., Tveterås, R., Fagertun, J. T., & Bjelland, H. V. (2022). Technological innovations promoting sustainable salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway. *Aquaculture Reports*, 24, 101115. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101115>
- Mordue, A. J., & Birkett, M. A. (2009). A review of host finding behaviour in the parasitic sea louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Caligidae: Copepoda). *Journal of Fish Diseases*, 32(1), 3–13. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.01004.x>
- Murray, A. G., Smith, R. J., & Stagg, R. M. (2002). Shipping and the Spread of Infectious Salmon Anemia in Scottish Aquaculture. *Emerging Infectious Disease journal*, 8(1), 1. doi:10.3201/eid0801.010144
- Myhre Jensen, E., Horsberg, T. E., Sevatdal, S., & Helgesen, K. O. (2020). Trends in de-lousing of Norwegian farmed salmon from 2000–2019—Consumption of medicines, salmon louse resistance and non-medicinal control methods. *Plos One*, 15(10), e0240894. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240894>
- Nilsen, A., Nielsen, K. V., & Bergheim, A. (2020). A closer look at closed cages: Growth and mortality rates during production of post-smolt Atlantic salmon in marine closed confinement systems. *Aquacultural Engineering*, 91, 102124. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102124>
- Nilsen, A., Nielsen, K. V., Biering, E., & Bergheim, A. (2017). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture*, 466, 41-50. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.009>
- Nilsen, A., Nielsen, K. V., Næss, A., & Bergheim, A. (2017b). The impact of production intensity on water quality in oxygen enriched, floating enclosures for post-smolt salmon culture. *Aquacultural Engineering*, 78, 221-227. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.06.001>
- Noble, C., Gismervik, K., H., I. M., Kolarveic, J., Nilsson, J., Stien, L. H., & Turnbull, J. F. (2018). *Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare*. Retrieved from <https://nofima.no/wp-content/uploads/2021/05/FISHWELL-Welfare-indicators-for-farmed-Atlantic-salmon-November-2018.pdf>:
- NOU (2023: 23) “Helhetlig forvaltning av akvakultur for bærekraftig verdiskaping”. Utredning avgitt til Nærings- og fiskeridepartementet 28. september fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-23/id2995224/>
- Oglend, A., & Soini, V.-H. (2020). Implications of Entry Restrictions to Address Externalities in Aquaculture: The Case of Salmon Aquaculture. *Environmental and Resource Economics*, 77(4), 673–694. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00514-0>
- Oliveira, V. H. S., Dean, K. R., Qviller, L., Kirkeby, C., & Bang Jensen, B. (2021). Factors associated with baseline mortality in Norwegian Atlantic salmon farming. *Scientific Reports*, 11(1), 14702. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-021-93874-6>

- Oppedal, F., Bui, S., Stien, L. H., Overton, K., & Dempster, T. (2019). Snorkel technology to reduce sea lice infestations: efficacy depends on salinity at the farm site, but snorkels have minimal effects on salmon production and welfare. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 445-457. Retrieved from <https://www.int-res.com/abstracts/aei/v11/p445-457/>
- Oppedal, F., Folkedal, O., Stien, L.H., Vågseth, T., Fosse, J.O., Dempster, T., Warren-Myers, F., 2020. Atlantic salmon cope in submerged cages when given access to an air dome that enables fish to maintain neutral buoyancy. *Aquaculture* 525. 735286 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735286>
- Osmundsen, T. P. Almklov and R. Tveterås (2017). "Fish Farmers and Public Servants Coping with the Wickedness of Aquaculture". *Aquaculture Economics & Management*, 21(1): 163-183. <https://doi.org/10.1080/13657305.2017.1262476>
- Overton, K., Barrett, L. T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., & Dempster, T. (2020). Sea lice removal by cleaner fish in salmon aquaculture: a review of the evidence base. *Aquaculture Environment Interactions*, 12, 31-44. doi:<https://doi.org/10.3354/aei00345>
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2018). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 19. doi:<https://doi.org/10.1111/raq.12299>
- Øvrebø, T.K., Handeland, S., Stefansson, S., Balseiro, P., Tveterås, R., Sveier, H. & A.K.D. Imsland (2022). Investigation of growth performance of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in semi closed containment system: a big-scale benchmark study. *Aquaculture Research*, 53(11), 4178-4189. DOI: 10.1111/are.15919.
- Palić, D., Scarfe, A. D., & Walster, C. I. (2015). A Standardized Approach for Meeting National and International Aquaculture Biosecurity Requirements for Preventing, Controlling, and Eradicating Infectious Diseases. *Journal of Applied Aquaculture*, 27(3), 185-219. doi:10.1080/10454438.2015.1084164
- Parsons, A. E., Escobar-Lux, R. H., Sævik, P. N., Samuelsen, O. B., & Agnalt, A.-L. (2020). The impact of anti-sea lice pesticides, azamethiphos and deltamethrin, on European lobster (*Homarus gammarus*) larvae in the Norwegian marine environment. *Environmental Pollution*, 264, 114725. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114725>
- Persson, D., Nødtvedt, A., Aunsmo, A., & Stormoen, M. (2022). Analysing mortality patterns in salmon farming using daily cage registrations. *Journal of Fish Diseases*, 45(2), 335-347. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.13560>
- Pettersen, J. M., Osmundsen, T., Aunsmo, A., Mardones, F. O., & Rich, K. M. (2015a). Controlling emerging infectious diseases in salmon aquaculture. *Rev Sci Tech*, 34(3), 923-938. doi:10.20506/rst.34.3.2406
- Pettersen, J. M., Rich, K. M., Jensen, B. B., & Aunsmo, A. (2015b). The economic benefits of disease triggered early harvest: A case study of pancreas disease in farmed Atlantic salmon from Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 121(3), 314-324. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.08.003>
- Pike, A. W., & Wadsworth, S. L. (1999). Sealice on Salmonids: Their Biology and Control. In J. R. Baker, R. Muller, & D. Rollinson (Eds.), *Advances in Parasitology* (Vol. 44, pp. 233-337): Academic Press.
- Riborg, A., Gulla, S., Strand, D., Wiik-Nielsen, J., Rønneseth, A., Welch, T. J., Spilsberg, B., & Colquhoun, D. J. (2022). qPCR screening for *Yersinia ruckeri* clonal complex 1 against a background of putatively avirulent strains in Norwegian aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 45(8), 1211-1224. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.13656>

- Riksrevisjonen. (2023). *Myndighetenes arbeid med fiskehelse og fiskevelferd i havbruksnæringen*. Retrieved from <https://www.riksrevisjonen.no/rapporter-mappe/no-2022-2023/myndighetenes-arbeid-med-fiskehelse-og-fiskevelferd-i-havbruksnaringen/>:
- Robertsen, R., Iversen, A., Nyrud, T., Erraia, J., & Blomgren, A. (2023). Ringvirknings-og verdiskapingsanalyser i norsk sjømatnæring 2020–2022 Faglig sluttrapport. Nofima rapportserie.
- Røsæg, M. V., Thorarinsson, R., & Aunsmo, A. (2021). Effect of vaccines against pancreas disease in farmed Atlantic salmon. *Journal of Fish Diseases*, 44(12), 1911-1924. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.13505>
- Ruiz Campo, S., & Zuniga-Jara, S. (2018). Reviewing capital cost estimations in aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 22(1), 72–93. <https://doi.org/10.1080/13657305.2017.1300839>.
- Samsing, F., Oppedal, F., Dalvin, S., Johnsen, I., Vågseth, T., & Dempster, T. (2016). Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow universal models of temperature dependence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(12), 1841–1851. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0050>.
- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skarøhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M., & Skogen, M. D. (2016). Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 527-542. Retrieved from <https://www.int-res.com/abstracts/aei/v8/p527-542/>
- Sandvik, A. D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksvoll, M. S., Ådlandsvik, B., & Johnsen, I. A. (2021). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 78(5), 1781-1792. doi:10.1093/icesjms/fsab077
- Sievers, M., Korsøen, Ø., Warren-Myers, F., Oppedal, F., Macaulay, G., Folkedal, O., Dempster, T., 2021. Submerged cage aquaculture of marine fish: a review of the biological challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12587>
- Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Oliveira, V. H. S., Moldal, T., Bornø, G., Haukaas, A., & Brun, E. (2023). *Fiskehelse rapporten 2022*. Retrieved from <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2023/fiskehelse rapporten-2022:>
- Stien, A., Bjørn, P., Heuch, P., & Elston, D. (2005). Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progress Series*, 290, 263–275. <https://doi.org/10.3354/meps290263>
- Stien, L. H., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J. E., Wright, D. W., & Oppedal, F. (2016). ‘Snorkel’ sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*, 458, 29-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.014>
- Stien, L. H., Tørud, B., Gismervik, K., Lien, M. E., Medaas, C., Osmundsen, T., Kristiansen, T. S., & Størkersen, K. V. (2020). Governing the welfare of Norwegian farmed salmon: Three conflict cases. *Marine Policy*, 117, 103969. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103969>
- Stige, L. C., Helgesen, K. O., Viljugrein, H., & Qviller, L. (2021). A statistical mechanistic approach including temperature and salinity effects to improve salmon lice modelling of infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, 339-361. doi:<https://doi.org/10.3354/aei00410>
- Stige, L. C., Helgesen, K. O., Viljugrein, H., & Qviller, L. (2022). Modelling salmon lice-induced mortality of wild salmon post-smolts is highly sensitive to calibration data. *Aquaculture Environment Interactions*, 14, 263-277. Retrieved from <https://www.int-res.com/abstracts/aei/v14/p263-277/>

- Størkersen, K. V., Osmundsen, T. C., Stien, L. H., Medaas, C., Lien, M. E., Tørud, B., Kristiansen, T. S., & Gismervik, K. (2021). Fish protection during fish production. Organizational conditions for fish welfare. *Marine Policy*, 129, 104530. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104530>
- Strain, P. M., & Hargrave, B. T. (2005). Salmon Aquaculture, Nutrient Fluxes and Ecosystem Processes in Southwestern New Brunswick. In B. T. Hargrave (Ed.), *Environmental Effects of Marine Finfish Aquaculture* (pp. 29-57). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Taksdal, T., Olsen, A. B., Bjerås, I., Hjortaa, M. J., Dannevig, B. H., Graham, D. A., & McLoughlin, M. F. (2007). Pancreas disease in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 30(9), 545-558. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2007.00845.x>
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjørn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C., & Svåsand, T. (2014). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Science*, 72(3), 997-1021. doi:10.1093/icesjms/fsu132
- Teece, D.J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43, 172-194.
- Teece, D.J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51, 40-49.
- Thompson, C. R. S., Madaro, A., Nilsson, J., Stien, L. H., Oppedal, F., Øverli, Ø., Korzan, W. J., & Bui, S. (2023). Comparison of non-medicinal delousing strategies for parasite (*Lepeophtheirus salmonis*) removal efficacy and welfare impact on Atlantic salmon (*Salmo salar*) hosts. *Aquaculture International*. doi:10.1007/s10499-023-01167-8
- Thorarensen, H., & Farrell, A. P. (2011). The biological requirements for post-smolt Atlantic salmon in closed-containment systems. *Aquaculture*, 312(1), 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.043>
- Thorson, G. (1950). Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews*, 25(1), 1-45. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1950.tb00585.x>
- Thorud, K., & Djupvik, H. O. (1988). Infectious anaemia in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 8(5), 109-111.
- Thyholdt, S. B. (2014). The importance of temperature in farmed salmon growth: Regional growth functions for Norwegian farmed salmon. *Aquaculture Economics & Management*, 18(2), 189-204. <https://doi.org/10.1080/13657305.2014.903310>
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O. T., Nilsen, F., Horsberg, T. E., & Jackson, D. (2013). Salmon lice—impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 36(3), 171-194.
- Tvete, I. F., Aldrin, M., & Jensen, B. B. (2023). Towards better survival: Modeling drivers for daily mortality in Norwegian Atlantic salmon farming. *Preventive Veterinary Medicine*, 210, 105798. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105798>
- Tveterås, R., & Battese, G. E. (2006). Agglomeration externalities, productivity, and technical inefficiency. *Journal of Regional Science*, 46 (4), 605-625.
- Tveterås, R., Reve, T., Haus-Reve, S., Misund, B., & Blomgren, A. (2019). En konkurransedyktig og kunnskapsbasert havbruksnæring. Handelshøgskolen BI, Oslo. Rapport.

- Vågsholm, I., Djupvik, H. O., Willumsen, F. V., Tveit, A. M., & Tangen, K. (1994). Infectious salmon anaemia (ISA) epidemiology in Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 19(3), 277-290. doi:[https://doi.org/10.1016/0167-5877\(94\)90095-7](https://doi.org/10.1016/0167-5877(94)90095-7)
- 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.
- Vollset, K. W., Dohoo, I., Karlsen, Ø., Halttunen, E., Kvamme, B. O., Finstad, B., Wennevik, V., Diserud, O. H., Bateman, A., Friedland, K. D., Mahlum, S., Jørgensen, C., Qviller, L., Krkošek, M., Åtland, Å., & Barlaup, B. T. (2018). Disentangling the role of sea lice on the marine survival of Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science*, 75(1), 50-60. doi:<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx104>
- Walde, C. S., Bang Jensen, B., Pettersen, J. M., & Stormoen, M. (2021). Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(7), 899-912. doi:<https://doi.org/10.1111/jfd.13348>
- 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.106062>
- Walde, C. S., Stormoen, M., Pettersen, J. M., Persson, D., Røsæg, M. V., & Bang Jensen, B. (2022). How delousing affects the short-term growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 561, 738720. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738720>
- Warren-Myers F., Vågseth, T., Folkedal, O., Stien L.H., Fosse, J.O., Dempster, T., Oppedal, F., 2022. Full production cycle, commercial scale culture of salmon in submerged sea-cages with air domes reduces lice infestation, but creates production and welfare challenges. *Aquaculture* 548, 737570. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737570>
- Wright, D. W., Stien, L. H., Dempster, T., Vågseth, T., Nola, V., Fosseidengen, J. E., & Oppedal, F. (2017). 'Snorkel' lice barrier technology reduced two co- occurring parasites, the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) and the amoebic gill disease causing agent (*Neoparamoeba perurans*), in commercial salmon sea-cages. *Preventive Veterinary Medicine*, 140, 97-105. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.03.002>
- 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>