


STRATEGI LAKSELUS 2017:
**FAGLIG SLUTTRAPPORT FOR PROSJEKT 901453:
DOKUMENTASJON AV LUSEBESKYTTELSE MED "MIDT-NORSKRINGEN"**

OPPDRAKSGIVER:
MIDT-NORSK HAVBRUK AS

Tittel	FAGLIG SLUTTRAPPORT FOR FHF-PROSJEKT 901543: DOKUMENTASJON AV LUSEBESKYTTELSE MED "MIDT-NORSKRINGEN"
Forfatter(e)	Paul J. Midtlyng ^{1,2} , Thijs van Velzen ² , Arnfinn Aunsmo ^{1,3,4} , Henny Førde ⁴ , Marit Stormoen ¹ , Torolf Storsul ⁵ , Martin Munkeby ⁶ ¹ Veterinærhøgskolen NMBU, ² Aquamedic AS, ³ Spillfree AS, ⁴ Måsøval Fiskeoppdrett AS, ⁵ Midt Norsk Havbruk AS, ⁶ Norse Aqua AS
Antall sider	21 + 2 vedlegg
Oppdragsgiver/klient	Midt-Norsk Havbruk AS
Tilgjengelighet	Offentlig
Dato	02.12.2019
Signatur	
INNHOLDSFORTEGNELSE	
SAMMENDRAG	3
SUMMARY	4
INNLEDNING	5
RESULTATER, DISKUSJON OG KONKLUSJON	6
ARBEIDSPAKKE 1: KVANTIFISERING AV EFFEKTEN MOT LUSEPÅSLAG	6
<i>Resultater</i>	7
<i>Diskusjon</i>	9
ARBEIDSPAKKE 2: OVERVÅKNING AV BIOLOGISKE ULEMPER/BIOLOGISK RISIKO	10
<i>Resultater</i>	11
<i>Diskusjon</i>	13
ARBEIDSPAKKE 3: STRØMFORSØK I MERD	14
<i>Resultater</i>	14
ARBEIDSPAKKE 4.1: BIOLOGISKE NYTTE/RISIKO-VURDERING	14
<i>Resultater</i>	14
<i>Diskusjon</i>	16
ARBEIDSPAKKE 4.2: ØKONOMISK NYTTE-KOSTNADSANALYSE	17
<i>Resultater</i>	17
<i>Diskusjon</i>	19
HOVEDFUNN FRA PROSJEKTET	19
YTTERLIGERE KUNNSKAPSBEHOV OM BRUKEN AV SKJØRT OG MIDT-NORSKRINGEN	20
TAKK	20
LITTERATURLISTE	21
VEDLEGG 1: PROBLEMSTILLING, FORMÅL OG GJENNOMFØRING	22
VEDLEGG 2: LISTE OVER LEVERANSER	23

SAMMENDRAG

I dette prosjektet har vi undersøkt effekten av skjørt pluss Midt-Norskringen mot lusepåslag, og utstyrets virkning på miljøparametre basert på data fra ett års bruk i felt. Vi har dessuten dokumentert hvordan Midt-Norskringen setter opp en vertikal vannstrøm i merds, kartlagt mulig biologisk nytte og ulemper, samt gjennomført en nytte-kostnadsvurdering.

Resultatene fra prosjektet ga ingen sikre holdepunkter for at bruken av 5-9 meters dype skjørt gir vesentlig beskyttelse mot påslag av lakselus. Kun på én av tre lokaliteter så vi ca. 50% reduksjon i påslag under en kortvarig «lusebølge». Funnet kan imidlertid (i det minste delvis) skyldes at plasseringen av merdene med skjørt i anlegget ikke var tilfeldig.

På en av de tre lokalitetene opplevde vi en periode med sterk strøm, deformering av nøtene og svært lav oksygenmetning, som gjorde at skjørtene måtte løftes. Dette illustrerer hvilken risiko som følger med bruken av skjørt. De to øvrige lokalitetene hadde gode miljøforhold i hele perioden med høy oksygenmetning i både test- og kontrollmerder, men dog noe lavere i test- enn i kontrollmerdene.

Ved bruk av fargestoff og videoopptak ble det vist at Midt-Norskringen gir en tydelig vertikal vannstrøm midt i nota, og at vann fra 10-12 meters dyp løftes helt opp til overflaten mens vann fra 17-20 meters dyp fordeler seg utover før det når overflaten.

Vi fant ingen sikker forskjell mellom test- og kontrollmerder når det gjaldt biologiske produksjonsparametre som lusebehandlings-frekvens, kumulativ dødelighet eller vekst.

Ved bruk av en teoretisk nytte-kostnadsmodell ble det vist at bruken av skjørt + Midt-Norskring – teoretisk sett og uten negative miljøeffekter - kan gå i økonomisk balanse dersom et utsett på 1,36 millioner smolt unngår mellom 0,15 og 0,4 lusebehandlinger i løpet av produksjonsperioden. En negativ veksteffekt som følge av suboptimale miljøforhold inne i luseskjørt vil imidlertid øke produksjonskostnaden med ca 80 øre per 100 gram tapt tilvekst. Om det finnes mer lønnsomme måter å bruke ressurser på for å holde lakselusa i sjakk er derfor verdt en grundig vurdering.

SUMMARY

“Midt-Norskringen” is a technical equipment to increase water circulation and thus to improve the environmental conditions where “skirts” are employed to shield farmed salmon from infectious louse larvae. In the current 1- year field study, we have investigated both potential advantageous and disadvantageous effects of using this equipment.

The results did not provide any reliable evidence that the use of skirts of 5-9 m depth give systematic protection against the settlement of salmon lice. In only one out of three sites, we observed approx. 50% reduction in attachment during a short period with massive influx of louse larvae. However, the finding may, at least in part, be due to the location of the cages with skirts in the site, that was not at random.

At one of the three locations we experienced a period of strong surface current, deformation of the nets and very low oxygen saturation, so that the skirts had to be lifted. This finding illustrates the risk associated with the use of skirts. The two other sites had good environmental conditions throughout the period, with high oxygen saturation in both test and control cages, albeit somewhat lower in test- than in the control cages.

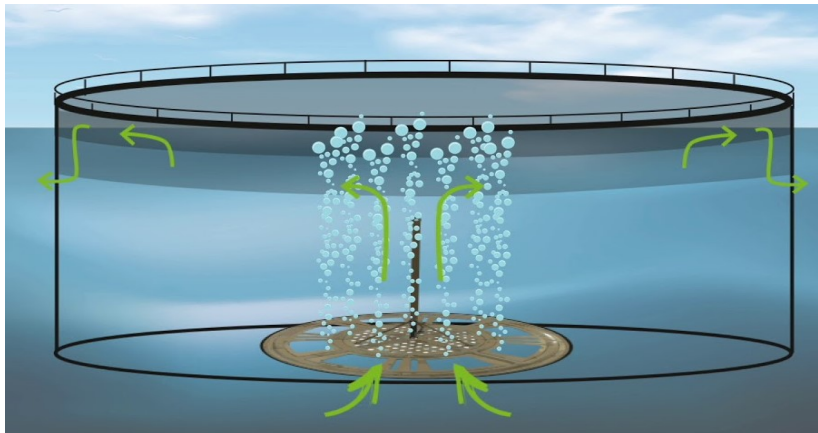
Using dye and video footage, it was shown that the Midt-Norsk-Ring provides a vertical water current in the middle of the pen, moving water from approximately 10 meters deep all the way to the surface, while water from 17-20 meters deep tended to spread out further down the water column.

No significant difference was found between cages with skirt + Midt-Norskring and control cages in terms of biological production parameters such as lice treatment frequency, cumulative mortality, or growth.

A benefit-cost model showed that the use of skirts + Midt-Norskring – in theory and given no negative side-effects - can go break-even if a site with 1,36 mill smolts can avoid between 0,15-0,4 louse treatments per production cycle. However, a negative growth effect caused by poor environmental conditions inside the skirt will increase production costs by 0,80 NOK per 100 gram reduction in harvest weight. Whether there is more profitable use of resources to control salmon lice is therefore worthy of thorough consideration.

INNLEDNING

Midt-Norskringen er et teknisk utstyr for å "løfte" vann fra nederste til øverste del av en oppdrettsmerd, utviklet for å forbedre miljøforholdene når det brukes skjørt for å skjerme mot lusepåslag. Ringen er perforert, og når det blåses inn trykkluft fra en kompressor som står på overflaten virker systemet som en vertikal strømsetter (Figur 1).



Figur 1: skjematisk framstilling av hvordan Midt-Norskringen fungerer.

Vellykket bruk av skjørt for å skjerme mot lusepåslag kan ifølge tidligere prosjekter redusere behovet for medikamentell eller ikke-medikamentell avlusing og dermed potensielt føre til kostnadsreduksjon, redusert dødelighet og raskere vekst. Bruken av skjørt gir imidlertid redusert vannutskiftning i øverste delen av nota, og fra flere utprøvinger av skjermingsutstyr er det rapportert om tydelige negative effekter i form av redusert oksygeninnhold (Stien og medarb. 2012, Frank og Lien 2015; Stien og medarb. 2018).

En viktig motivasjon for prosjektet var å framskaffe kunnskap om virkning og bivirkning ved bruken av skjørt + Midt-Norskringen fra en realistisk feltsituasjon, til bruk i planlegging og gjennomføring av lusekontrollen i oppdrettsbedriftene.

Prosjektets omfang og organisering

Prosjektet har brukt luse- miljø- og produksjonsdata fra fire lokaliteter: Vedøya (Høstutsett - 17), Espnestaren (H-17), samt Lamøya og Bukkholmen (V-18), for perioden fra høsten 2017 til 1 kvartal 2019. To av lokalitetene hadde merder både med og uten skjørt + Midt-Norskring. Data fra ytterligere to lokaliteter ble brukt for vurdering av miljøeffekter og dokumentasjon av strømningsforhold.

Prosjektet har hatt en kostnad på vel 6,4 millioner kroner og er gjennomført som «Prosjekt-i-bedrift» med Midt Norsk Havbruk AS som prosjekteier. Måsøval Fiskeoppdrett AS (oppdrettsbedrift), Norse Aqua AS (utstyrsleverandør), Aquamedic AS og Aqua Analytics AS (tjenesteleverandører) har medvirket i gjennomføringen sammen med Veterinærhøgskolen NMBU som forskningspartner. Til gjennomføring av prosjektet har prosjekteier mottatt økonomisk støtte fra Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfinansiering (FHF); prosjektnummer 901453.

Styringsgruppe:

Frank Øren (Daglig leder Midt-Norsk Havbruk AS) og Harry Osvald Hansen (Produksjonssjef, Måsøval Fiskeoppdrett AS)

Prosjektansvarlig hos FHF:

Roar Pedersen (Fagsjef Fartøyt Teknologi – Ålesund)

Prosjektgruppe:

Torolf Storsul (Midt-Norsk Havbruk AS), Arnfinn Aunsmo og Henny Førde (Måsøval fiskeoppdrett AS, Martin Munkeby (NorseAqua AS) Paul Midtlyng (Aquamedic AS og Veterinærhøgskolen NMBU), Eystein Skjerve og Marit Stormoen (Veterinærhøgskolen NMBU), Thijs van Velzen (Aquamedic AS).

RESULTATER, DISKUSJON OG KONKLUSJON**Arbeidspakke 1: Kvantifisering av effekten mot lusepåslag****Matfiskanlegg og anleggsoppsett - Måsøval**

Hos Måsøval Fiskeoppdrett ble høstsmolten på Espnestaren (lokalitet 32677) som ligger i Frøyfjorden innlemmet i studien fra og med første utsett i uke 33/2017. Fire merder som var utstyrt med 5 meters dype skjørt + Midt-Norskring, mens 5 merder var uten begge deler. Espnestaren er en strømsterk lokalitet, og bruk av skjørt var derfor mulig kun på de 4 merdene som lå nærmest flåten.

Hos Måsøval ble også Lamøya (lokalitet 12993) innlemmet i studien fra og med første smoltutsett i uke 16/2018. Denne lokaliteten ligger like utenfor Sistranda på Frøya. Tre merder som det ble satt ut smolt i var utstyrt med 8 meters dype skjørt + Midt-Norskring, mens 2 merder var uten begge deler. Måsøval satte også ut vårsmolt 2018 på Bukkholmen S (lokalitet 12361,) som ligger ca 1500 meter fra Lamøya. Her var det imidlertid 8-meters skjørt og Midt-Norskring på alle mærene fra utsett av.

Matfiskanlegg og anleggsoppsett - Midt-Norsk Havbruk

Hos Midt-Norsk Havbruk ble høstsmolten på Vedøya (lokalitet 12678) innlemmet i studien fra uke 37/2017). Lokaliteten ligger i Gyltfjorden mellom øyene Elvalandet og Jøa, og kan derfor i perioder påvirkes av ferskvannsavrenning fra Namsen. Her ble alle merder satt ut med 9 meters skjørt og Midt-Norskring. Sterk oksygenfattig overflatestrøm på våren 2018 gjorde at merdene ble sterkt deformert og man fikk vedvarende lave oksygenmålinger. Seint i mai måtte man derfor løfte skjørtene. Samtidig havari på trykklufftaggregatet gjorde at merdene sto med skjørtene oppe og uten at Midt-Norskringen kom i drift igjen resten av prosjektperioden.

Registrering av lusetall (gjennomsnitt pr. merd)

På alle lokaliteter er data om forekomsten av lus tatt fra lusetellingene som er gjennomført hver uke. I de fleste tellingene er det registrert lus på 20 fisk som grunnlag for rapportering av gjennomsnittlig forekomst av hvert lusestadium pr. merd. Fra april-mai 2018 valgte vi imidlertid å gjennomføre en rekke såkalte «presisjonstillinger» (se nedenfor) hvor antall fisk pr. lusetelling ble økt opp til man hadde funnet 15 lus, eller til 60 fisk.

På alle lokalitetene ble det satt ut renseskiver for å redusere framveksten av kjønnsmodne lusestadier.

Resultatframstilling og statistisk analyse

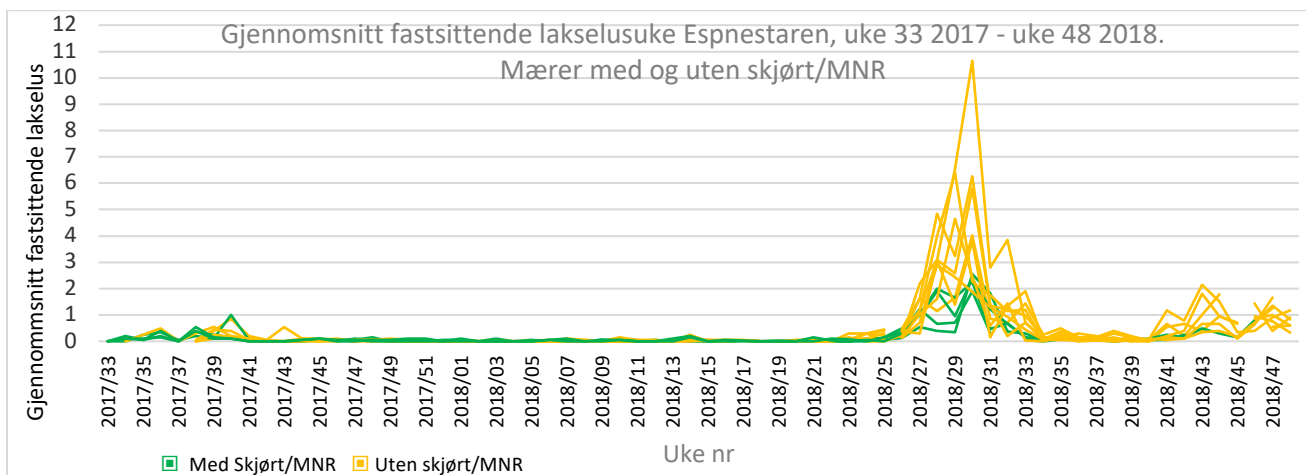
Påslaget av luselarver er framstilt som linjediagrammer med gjennomsnittlig antall fastsittende lus per fisk for hver merd fra utsett til registreringene ble avsluttet seinhøstes 2018. For Måsøval-lokalitetene beregnet vi dessuten fastsittende-tallet i hver merd i enkelte perioder som uttrykk for det kumulative påslaget.

De ukentlige påslagstallene fra Espnestaren, Lamøya og Bukkholmen ble analysert med en flernivå-, negativ binomial regresjonsmodell som ble utført i Stata (StataCorp. 2017. *Stata Statistical Software: Release 15*. College Station, TX: StataCorp LLC). Resultatene fra presisjonstillingene var også egnet for en flernivå-, negativ binomial regresjonsanalyse, som også ble utført i Stata.

Resultater

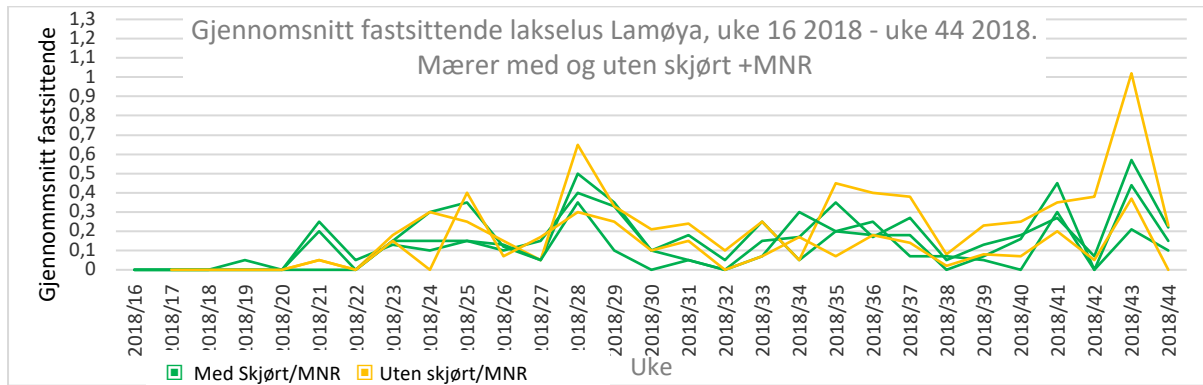
Lusetellingene viste stor forskjell i påslagmønster mellom lokalitetene.

På Espnestaren var det svært lavt påslag av luselarver i hele 10 måneder etter utsett, men i juli 2018 opplevde man plutselig en massiv eksponering for kopepoditter med tellinger som nådde fra 3 til 10 fastsittende lus i gjennomsnitt per fisk (figur 2).



Figur 2: Påslag av lakselus på Espnestaren i observasjonsperioden.

Hos smolten som ble satt ut våren 2018 på Lamøya (Figur 3) og Bukkholmen så man et moderat påslag fra midten av mai men i motsetning til situasjonen på Espnestaren (ca 15 km sjøavstand) så man her kun en svak økning i påslaget i uke 28-29.



Figur 3: Fastsittende-tall fra Lamøya sommeren og høsten 2018.

På Vedøya var alle merdene utstyrt med skjørt og Midt-Norskring og det ble registrert minimalt lusepåslag på den høstutsatte smolten i hele perioden fra utsett i uke 38/2017 gjennom hele vinteren. Skjørtene ble løftet seint i mai uten at man deretter registrerte noen umiddelbar økning i påslaget. Påslaget holdt seg lavt til moderat helt fram til uke 38, da det ble registrert en plutselig økning av fastsittende stadier.

Forskjeller mellom merder med og uten skjørt

Lusedatasettet fra FishTalk med ukentlig gjennomsnitt pr. fisk fra Måsøval-lokalitetene inneholdt til sammen 950 tellinger fra 38 ulike merder. I tallene fra vårutsettsfisken var den observerte forskjellen liten og ikke statistisk signifikant ($p=0,18$). For høstussettsfisken på Espnestaren viste den statistiske regresjonsmodellen mer enn 50% reduksjon av fastsittende lus i merdene som hadde skjørt og Midt-Norskring, og resultatet var statistisk sikkert ($p < 0,0001$).

Ingen systematisk forskjell mellom estimater fra henholdsvis 20 og 60 fisk.

Differansene mellom gjennomsnitt beregnet fra de første 20 (Estimat²⁰) og fra alle fiskene i samme presisjonstelling (Estimat^{alle}) varierte mest for fastsittende og bevegelige lusestadier, men viste intet systematisk mønster. Maksimalt avvik mellom estimatene for kjønnsmodne hunnlus i samme telling var fra 0,37 til minus 0,37 per fisk.

For kjønnsmodne hunnlus ble det gjennomført en enkel simulering av hvordan forskjellen mellom de to estimatene potensielt kunne påvirke beslutninger om behandling av en merd eller ikke. Hvis man tar utgangspunkt i de første 20 fiskene hadde vi 93 tellinger som viste under 0,3 kjønnsmodne hunnlus. Her fant vi kun én telling hvor presisjonsestimateret var høyere enn 0,5 per fisk, og 7 tellinger hvor presisjonsanslaget lå mellom 0,3 og 0,49 kjønnsmodne hunnlus (tabell 1). Blant 41 tellinger som viste 0,5 kjønnsmodne hunnlus eller høyere) etter de første 20 fiskene, hadde kun én telling et presisjonsanslag som lå lavere enn 0,3, og 7 tellinger et presisjonsanslag mellom 0,3 og 0,49 per fisk.

Tabell 1: Samsvar mellom estimatene for kjønnsmodne hunnlus i hver presisjonstilling med utgangspunkt i gjennomsnittet av de første 20 fiskene (Estimat²⁰).

Estimat ²⁰	< 0,3			0,3-0,49			>0,49		
Antall tellinger	93			52			41		
Resultat fra Estimat ^{alle}	< 0,3	0,3-0,49	>0,49	< 0,3	0,3-0,49	>0,49	< 0,3	0,3-0,49	>0,49
Antall tellinger	85	7	1	14	27	11	1	7	33
Andel med avvik	0%	7,5%	1,1%	26,9%	0%	21,2%	2,4%	17,1%	0%

Ved én av presisjonstillingene ble tidsforbruket registrert i detalj, og viste at det tok kun 10-13 minutter ekstra å fortsette tellingen fra 20 til man nådde 60 fisk. Totalt tidsforbruk pr. merd var rundt 34 minutter, inklusive forhaling mellom merdene, utsett av orkastnot og klargjøring av bedøvelsesbadet.

Diskusjon

Forskjeller i lusepåslag

Resultatene fra Måsøval viste svært stor variasjon mellom lokalitetene og over tid. Selv om forskjellen som ble observert på Espnestaren sommeren 2018 var statistisk sikker, kan vi ikke vite hvor mye av forskjellen som skyldtes at skjørtene skjermet de 4 aktuelle merdene effektivt, kontra hvor mye som skyldtes at de ikke var tilfeldig fordelt og lå innerst i anlegget.

Resultatene fra vårt prosjekt skiller seg tydelig fra det som er rapportert fra tidligere prosjekter. Næs og medarb. 2014 (FHF-prosjekt 900834) rapporterte en gjennomsnittlig reduksjon av fastsittende lus på 49% med 10m dyp planktonduk, respektive 28% med 6 meter dyp duk. Reduksjonen av pre-adulte og kjønnsmodne hannlus i samme materiale ble beregnet til 30% ukentlig (Grøntvedt R og medarb. 2018).

Et annet FHF-støttet prosjekt (900711) fant en gjennomsnittlig reduksjon i lusepåslaget på 18% ved permanent bruk av 5 meter dype skjørt på enkeltmerder (Grøntvedt RN og Kristoffersen AB 2015), og hele 54% reduksjon ved permanent bruk av skjørt på en lokaliteten (Myskja Lien A og medarb. 2015). Påslagsreduksjonen i merdene med skjørt på Lamøya var ubetydelig, og på Espnestaren kun påvisbar i den korte perioden med høyest smittepress. I vårt prosjekt kunne vi ikke se tilsvarende høye beskyttelse av skjørt som Stien og medarb. (2018), som rapporterte 80% reduksjon i samlet lusetall i løpet av 3 sommermåned.

Våre resultater må derfor lede til en mer nøktern forventning enn tidligere publisert om hvor stor skjerming mot nypåslag som kan påregnes ved å bruke skjørt. Det synes notorisk vanskelig å påvise statistisk sikre forskjeller i lusepåslag mellom merder med og uten skjørt så lenge forekomsten av pelagiske luselarver og smittepresset er lavt.

Presisjon i estimater og bruken av presisjonstilling

Beregninger ut fra statistisk teori viser at ved et faktisk gjennomsnitt på 0,5 hunnlus vil ca. 40% være befruktet og dermed kunne produsere eggstrenger med levedyktige larver. Til sammenlikning vil reproduksjon nesten halveres dersom gjennomsnittet pr. fisk er 0,3 eller lavere (Stormoen M og medarb. 2013). Dette viser hvor viktig det er at å kartlegge den

faktiske situasjonen i hver merd så presist som mulig for å kunne behandle til rett tid. Resultatene fra våre presisjonstillinger viser at dersom de første 20 i en telling gir under 0,3 eller over 0,5 kjønnsmodne hunnlus per fisk er det lite sannsynlig at estimatet (som indikerer behovet for å gripe inn) endrer seg mye om man fortsetter å telle. Er estimatet derimot mellom 0,3 og 0,5 hunnlus per fisk får man større sikkerhet for den faktiske situasjonen ved å fortsette til man har funnet 15 lus, eller til 60 fisk.

I sum viser resultatene fra denne arbeidspakken at det neppe finnes et allmenngyldige anslag over hvor stor beskyttelse mot påslag som skjørt (eller for den saks skyld andre fysiske skjermingstiltak mot luselarver) vil gi. Presisjonstillinger av lus kan gjennomføres uten vesentlig økning i tidsbruken, og anbefales brukt når man trenger mer nøyaktige tall for å treffe optimal beslutning om behandling.

Arbeidspakke 2: Overvåkning av biologiske ulemper/biologisk risiko

Materiale og metoder

På Espnestaren brukte vi data fra sensorer montert i merd 11 ca 1-2 meter fra notveggen; én sensor på ca 4 meters dyp (innenfor skjørtet) og den andre på 10 meters dyp (godt under skjørtet). På Bukkholmen var det imidlertid 8 meter dype skjørt og data kom fra sensorer plassert ved flytekragen på ca 5 meters dyp, henholdsvis innenfor og utenfor nota og skjørtet. Det var ikke faststående miljøsensorer på Lamøya. Manuelle miljømålinger (innenfor og utenfor skjørt) ble utført i to av merdene på Espnestaren og to av merdene på Lamøya høsten 2018.

Hos Midt-Norsk Havbruk sto miljøsensorene på Vedøya på merd 1, på 5 meters dyp og i 1-2 meters avstand fra notveggen, henholdsvis innenfor og utenfor skjørtet.

Oksygeninnhold og vanntemperaturmålinger ble hentet fra oppdrettsselskapenes automatiske systemer for miljøovervåkning (Midt Norsk Havbruk: MEOX, Måsøval: Realfish) og data ble eksportert til Excel-format for resultatframstilling og analyse. De manuelle miljømålingene ble utført med en *YSI ProDSS Digital Sampling System Water Quality Meter*.

Overlevelse og helseinformasjon

Redusert overlevelse er kanskje den viktigste blant alle de potensielle ulempene ved ethvert tiltak for å kontrollere lus. Akkumulert dødelighet i merder med og uten skjørt og Midt-Norskring ble derfor samlet inn fra FishTalk. For Espnestaren og Lamøya ble dødeligheten i merder med og uten skjørt og Midt-Norskring sammenliknet. For lokaliteten Vedøya kunne det ikke gjøres noen meningsfylt sammenlikning da alle data fra perioden med skjørt og Midt-Norskring i drift var fra våren, mens alle data fra perioden uten skjørt og Midt-Norskring var fra sommeren og høsten 2018. I tillegg til dødelighetsdata har prosjektet brukt informasjon om viktige dødsårsaker fra FishTalk samt fra de månedlige helserapportene for hver av lokalitetene.

Resultatframstilling og behandling av data

Registreringene fra de faststående miljøsensorene foreligger som én verdi for hver time. Disse er brukt til å beregne gjennomsnittsverdien for hvert døgn, som er brukt til å framstille linjediagrammer fra utvalgte perioder. For de manuelle målingene er løpende verdiene

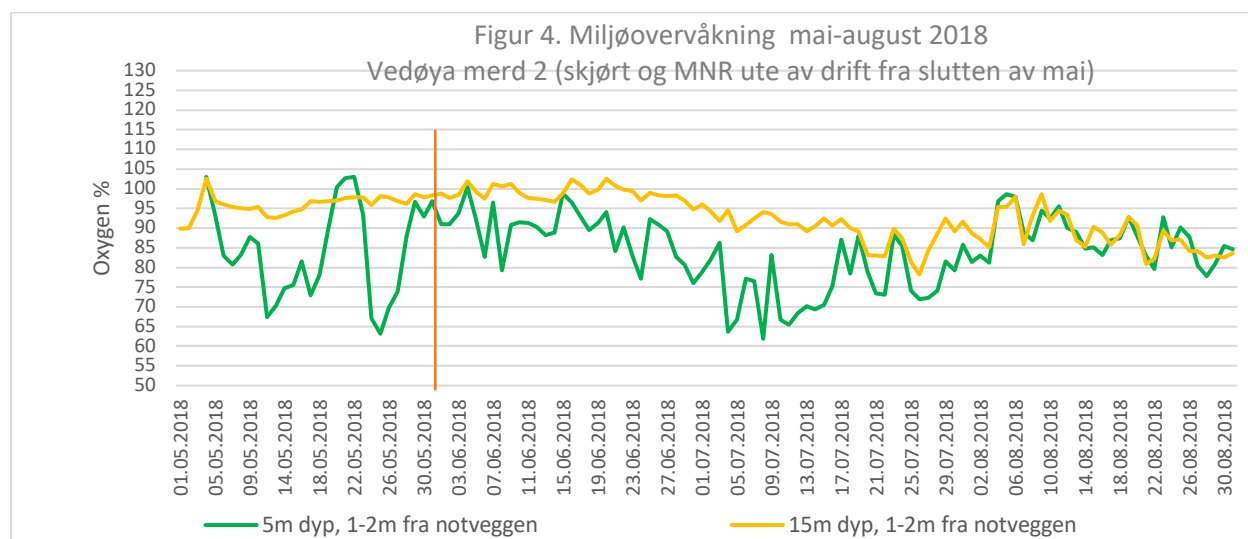
registrert i utstys-softwaren grunnlag for beregning av én gjennomsnittligverdi for hver dybde- eller radiær meter.

Hvilke dødsårsaker som bidro til det registrerte fisketapet på Espnestaren og Lamøya er angitt som % av antallet fisk satt ut, med en enkel gjennomsnittsberegning for henholdsvis merder med og uten skjørt og Midt-Norskring.

Resultater

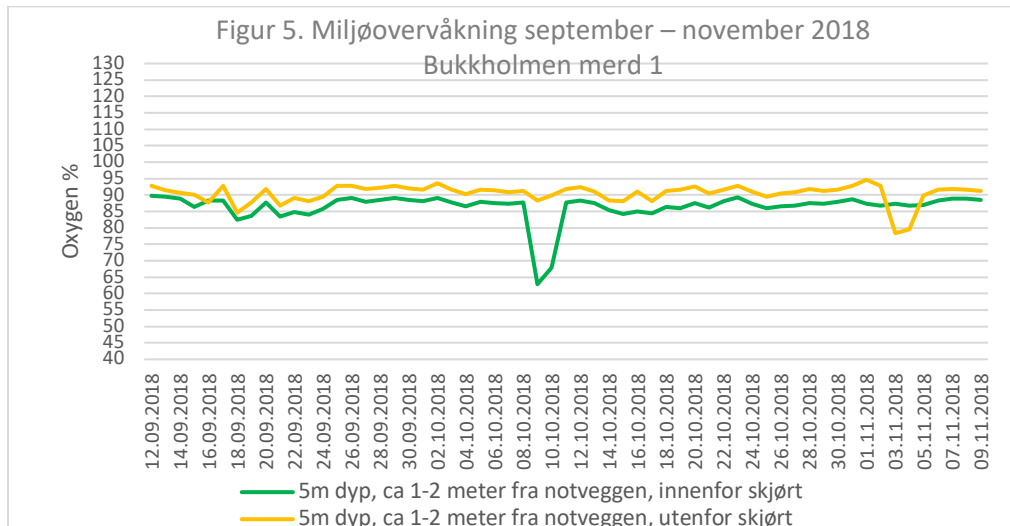
Miljøovervåkning

Risikoen ved bruk av skjørt ble tydelig illustrert ved miljøsituasjonen på Vedøya, og som førte til at skjørtene måtte heves i slutten av mai 2018. Her opplevde man stabil 90-100% oksygenmetning av vannet på 15 meters dyp, mens verdiene fra 5 meters dyp viste store utslag med døgngjennomsnitt helt ned til 65% metning (figur 4).



Figur 4: Døgngjennomsnitt oksygen fra automatisk miljøovervåkning på Vedøya våren 2018.

På Frøya (Espnestaren og Bukkholmen) var bildet et helt annet med i all hovedsak variasjon fra 80 til 100% metning gjennom hele prosjektperioden. Ved et fåtall tilfeller ble det likevel registrert unormalt svært lave eller høye verdier, som imidlertid viste seg å skyldes begroing, tilsmussing eller rognkjeks på sensor (figur 5).



Figur 5: Døgn gjennomsnitt oksygen fra automatisk miljøovervåkning på Bukkholmen høsten 2018.

Manuelle miljømålinger

Målingene som ble gjennomført med det manuelle utstyret på Espnestaren høsten 2018 bekreftet at oksygenmetningen var svært god både i merd 112 (som hadde skjørt og Midt-Norskring) og i merd 210 (som var uten skjørt og Midt-Norskring). I merda med skjørt målte vi fra 8,3 (ved overflaten) til 0,9 prosentpoeng lavere oksygenmetning inne i nota, med en medianverdi på 3,1 prosentpoeng. I merda uten skjørt viste målingene en median differanse på kun 0,5 prosentpoeng. Vanntemperaturen i målingene var veldig stabil (12,7 grader Celcius) fra overflaten helt ned til 14 meters dybde, både innenfor og utenfor skjørtet.

På Lamøya neste dag lå oksygenverdiene i måleserie rundt 110% metning med minimal variasjon, både i nota som var utstyrt med skjørt og Midt-Norskring (101) og i nota som ikke hadde slikt utstyr (106). Også her var vanntemperaturen stabil helt ned til 15 meters dybde.

Dødelighet

På Espnestaren var det stor variasjon i kumulativ dødelighet merdene imellom (fra 4,75% til 18,23%); både laveste og høyeste verdi kom fra merder som hadde skjørt og Midt-Norskring. Som vist i tabell 2 var både median- og gjennomsnittsverdien for merdene med skjørt og Midt-Norskring høyere enn for merdene uten. Brorparten av dødeligheten hos 2017-utsett på Espnestaren skyldtes mekanisk avlusning/håndtering eller dårlig smoltifisering. Av øvrige årsaker som tilskrives mer enn ett prosentpoeng av samlet dødelighet var PD og CMS.

Tabell 2. Kumulativ dødelighet i merder med og uten skjørt + Midt-Norskring utsett.

Lokalitet	Med/uten skjørt og MNR	N=	Gj.snitt	Medianverdi
Espnestaren (utsett- slakting)	Med	4	16,52	13,02
	Uten	11	11,99	11,39
Lamøya (utsett- feb 2019)	Med	3	7,85	7,55
	Uten	4	8,31	7,48

Dødeligheten hos vårsmolten 2018 på Lamøya fra utsett våren 2018 til februar 2019 var moderat, og det var tilnærmet ingen forskjell mellom merdene med og uten skjørt og Midt-Norskring (tabell 2). Her ble tapene i hovedsak tilskrevet mekanisk avlusing og sår forårsaket av *Tenacibaculum*-bakterier, dog med enn sekkepost kalt «undefinert» på rundt 2 prosentpoeng. Det var ingen vesentlig forskjell i dødsårsaker mellom merder med og uten skjørt.

På Vedøya var dødeligheten fra utsett høsten 2017 til og med mai 2018 (mens alle enheter hadde skjørt og Midt-Norskring) under 3%. Den gikk noe opp etter at skjørtene var hevet, men i 4 av 5 merder holdt den seg likevel under 10% for resten av 2018.

Diskusjon

Vedøya var den eneste lokaliteten hvor vi målte oksygenverdier som nærmet seg terskelen for negativ effekt på appetitt og fôropptak (jfr. Remen og medarb. 2016). Liknende utslag med stor fluktusjon og tidvis svært lave verdier er rapportert i utprøvingen av snorkelmerder (Wright og medarb. 2017, Oppedal og medarb. 2017). For å begrense den biologiske risikoen knyttet til bruken av skjørt er vi enige med Stien og medarb. (2018) i at god lokalitetskunnskap om den normale variasjonen i oksygenforholdene er viktig når man skal velge om og hvordan skjørt skal brukes for å skjerme mot lus.

Vi fant ingen til svært liten (1°C) forskjell i vanntemperaturknyttet til bruken av skjørt + Midt-Norskring. Liknende beskjedne forskjeller ble rapportert ved permanent bruk av skjørt av Frank og Lien (2015). Forskjellene på ca 3 grader mellom målinger i overflaten og nedenfor skjørtekanten må tilskrives tempertursjiktning i dybden, som også er rapportert i tidligere studier av snorkelmerder (Wright og medarb. 2017). Til forskjell fant Nilsen og medarb. (2017) ingen dybderelatert temperaturforskjell i merder som var skjermet med helpresenning.

Ned til 3 meter viste de manuelle målingene på Espnestaren 5-8 %-poeng lavere metning innenfor enn utenfor skjørtet. Tilsvarende forskjell så vi ikke under de manuelle målingene på Lamøya, noe som kan henge sammen med langt lavere biomasse enn man hadde på Espnestaren. På Bukkholmen hvor de faststående sensorene sto på samme dyp (5 meter) var oksygenverdiene ca 5% lavere innenfor skjørtet enn utenfor, selv om Midt-Norskringen var i drift. Miljøregistreringer fra Midt-Norsklokaliteten Eiterfjorden viste i hovedsak samme bilde med forskjeller opp mot 10 %-poeng mellom tom merd og merd med fisk som hadde skjørt og Midt-Norskring. Dette er noe mindre reduksjon enn rapportert ved bruken av skjørt i 2012 (Stien og medarb. 2012), og mer i overensstemmelse med seinere funn (Frank og Lien 2015; Stien og medarb. 2018).

Man har tidligere erfart at Midt-Norskringen i løpet av kort tid kan øke oksygenmetningen med 15 prosentpoeng under situasjoner med «nær-kritiske» miljøforhold (T. Storsul, personlig observasjon). Dette krever imidlertid svært stor tilførsel av luft, som både er kostbart og krever at innblåningsutstyret er dimensjonert deretter. Strømforholdene og samtidig havari for aggregatet på Vedøya gjorde at vi ikke kunne verifisere denne observasjonen i løpet av dette prosjektet.

På Lamøya (vårutsett 2018) hadde mærene med og uten skjørt og Midt-Norskring praktisk talt samme dødelighet. Det var større forskjell i resultatene fra Espnestaren (høstutsett 2017), men relativt få mærer og stor variasjon i utslaktingsdato gjør at forskjellen ikke kan tillegges avgjørende vekt. Vi fant derfor ingen vitenskapelig sikker forskjell mellom de to gruppene av merder når det gjelder den viktigste biologiske ulempen ved skjørtbruk, nemlig overlevelse eller dødelighetsårsaker.

Arbeidspakke 3: Strømforsøk i merd

Resultater

Målet med arbeidspakke 3 var å dokumentere hvordan Midt-Norskringen påvirker vannstrømmen i merden. Videomaterialet vi produserte for å dokumentere dette kan sees på denne YouTube- videoen: <https://www.youtube.com/watch?v=x6q2lebHa4E> (Link)

Som videoen viser spres fargestoffet hovedsakelig i midten av merda (i «hamsterburet» som har en diameter på 23m), og etter hvert ut mot kantene. Vi ser en gradvis økning av løfteeffekten jo høyere i vannsøylen boblene er. Dypere vann med høyere salinitet sprer seg opp og utover i hele søylen, slik vi kan se fra videoen på 17 og 20 meter.

Arbeidspakke 4.1: Biologiske nytte/risiko-vurdering

Den viktigste potensielle fordelene ved å bruke skjørt til å skjerme fisken mot lusepåslag kan først realiseres dersom man unngår å gjennomføre ikke-medikamentell eller medikamentell behandling mot lakselus. For hver av de aktuelle lokalitetene har vi derfor sammenliknet antallet behandlinger i merder henholdsvis med og uten skjørt og Midt-Norskring, basert på informasjon som er registrert i selskapenes driftsdatabase.

Potensielle biologiske ulemper ved å bruke skjørt er redusert vannutskifting, som kan føre til lavere oksygenmetning og dermed øke risikoen for at fisken over kortere eller lengre tid opplever forhold hvor appetitten blir redusert, eller som nærmer seg kritisk nivå med dertil hørende risiko for akutt dødelighet. En annen potensiell ulempe er mer klinisk sykdom og/eller økt dødelighet. Eventuelle effekter av de ovenfor nevnte fordelene eller ulempene vil til syvende og sist påvirke sentrale parametere for den biologiske produksjonen slik som akkumulert dødelighet, vekst (målt som VF3) og biologisk førfaktor. Vi har derfor hentet merdvide data for disse parametere fra de respektive selskapenes driftsdatabase.

Resultater

Som beskrevet i rapporten fra prosjektets arbeidspakke1 hadde Lamøya lave til moderate ukentlige påslag, og ingen forskjell mellom merder med og uten skjørt og Midt-Norskring. Dette resulterte høsten 2018 i en tilnærmet lik behandlingsfrekvens både i merdene som hadde skjørt + Midt-Norskring, og i merdene som ikke hadde slikt utstyr

På Espnestaren fant vi riktignok at merdene som hadde stått uten skjørt under påslagsbølgen etter sankthans 2018 måtte behandles noe hyppigere i juli og august (3,4 ganger) enn merdene som hadde stått med skjørt + Midt-Norskring (2,3 ganger). Men ettersom merdene ikke var tilfeldig plassert på lokaliteten kan dette ikke sikkert tilskrives bruken av skjørt.

Vårutsettet på Bukkholmen som ligger ca 1,5 km fra Lamøya hadde enda lavere lusepåslag sommeren og høsten 2018 enn på Lamøya. Her hadde alle merdene skjørt og Midt-Norskring. Behovet for lusebehandlinger var likevel like stort som på Lamøya.

Behandlingsfrekvensen på Vedøya var generelt lavere enn på Espnestaren, selv om alle merdene sto uten skjørt og Midt-Norskring fra og med juni helt fram til slakting.

Sammenlikning av registrert dødelighet, vekst og fôrfaktor

For å avklare om og eventuelt i hvor stor grad de observerte forskjellene i behandlingsfrekvens og miljøparametre ga utslag i den biologiske produksjonen sammenliknet vi de viktigste biologiske produksjonsparametrene fra de lokalitetene som deltok i prosjektet.

På Espnestaren sto de aller fleste fiskegruppene i merder uten skjørt og Midt-Norskring lengre i sjøen enn gruppene som hadde skjørt og Midt-Norskring, og var dermed eksponert for lusepåslag gjennom hele høsten 2018. Fisken i de samme merdene var også lengre eksponert for potensielt dårligere miljøforhold i perioden med høyest vanntemperatur. For denne lokaliteten har vi derfor sammenliknet dødelighet, vekst og biologisk fôrfaktor fra utsett til og med august 2018, dvs. for perioden hvor miljø- og luseeksponeringen har vært tilnærmet lik for alle merdene. I denne perioden var dødeligheten i merdene med skjørt og Midt-Norskring dobbelt så høy som i kontrollmerdene. Forskjellene mellom merder med og uten skjørt når det gjelder VF3 og biologisk fôrfaktor var imidlertid marginale og ikke statistisk sikre (tabell 3).

Tabell 3: Sammenlikning av dødelighet, vekst og BFCR på de 3 lokalitetene (*= gjennomsnittsverdier).

Lokalitet	Periode	Skjørt/MNR	N=	Kumulativ dødelighet %	Vekst (VF3)	Biologisk fôrfaktor
Espnestaren*	Utsett - Aug 2018	Med skjørt + MNR	4	12,57	3,03	1,14
	Utsett - Aug 2018	Uten skjørt + MNR	5	6,25	3,07	1,12
Vedøya*	Utsett - slakting	Med skjørt + MNR til og med mai 2018	7	6,65	3,21	1,21
Lamøya	April 18-mars 19	Merd 101 (Med skjørt + MNR)	1	8,14	2,91	1,14
	April 18-mars 19	Merd 102 (Med skjørt + MNR)	1	8,85	3,04	1,15
	Mai 18-mars 19	Merd 103 (Uten skjørt + MNR)	1	5,06	2,85	1,11
	April 18-nov 18	Merd 104 (Med skjørt + MNR)	1	6,56	2,89	1,10
	April 18-nov 18	Merd 106 (Uten skjørt + MNR)	1	7,38	2,75	1,10

På Vedøya var den akkumulerte dødeligheten tydelig lavere, og VF3 og biologisk fôrfaktor tydelig høyere enn på Espnestaren. Grunnet hendelsen i slutten av mai 2018 har vi ikke kunnet sammenlikne produksjonen med og uten skjørt + Midt-Norskring for denne lokaliteten.

Fisken som var satt ut på Lamøya var ikke slaktet ut da datainnsamlingen ble avsluttet, og verdiene for VF3 og biologisk fôrfaktor representerer derfor estimater basert på registrert utfôring. Forskjellene i dødelighet, vekst og biologisk fôrfaktor var små og viste ingen entydig tendens.

Spørreundersøkelse blant erfarent driftspersonell

Efaringene med bruken av skjørt og Midt-Norskringen varierer en god del mellom de to selskapene (Midt-Norsk Havbruk og Måsøval) noe som også viste seg i besvarelsen av enkelte spørsmål.

Blant de potensielle fordelene mente et klart flertall at skjørt gir redusert påslag på spesielle lokaliteter, og at skjørt også reduserer påslaget generelt. Likeledes hadde alle deltakerne i spørreundersøkelsen hørt om hendelser med dårlig miljø i merder med skjørt, og 7 av 11 nevnte andre helsemessige ulemper for laksen (gjellestatus) når det brukes skjørt. Hele 10 av 11 mente at miljøforholdene i merder med skjørt blir forbedret når man bruker Midt-Norskring.

Undersøkelsen inneholdt også et spørsmål om hvordan deltakerne så for seg bruken av skjørt og Midt-Norskring i framtida, hvor det var unison enighet om at utstyret ville bli brukt på bestemte lokaliteter, og hvor 6 av 11 så for seg utstyret brukt i bestemte perioder eller endog situasjonsbestemt etter produksjonsledelsens beslutning («taktisk bruk»). Kun 1 av 11 svarte at skjørt og Midt-Norskringen i framtida vil bli brukt kontinuerlig fra utsett til slakting.

Diskusjon

Resultatene fra denne arbeidspakken viste ingen sikre positive biologiske effekter av å bruke skjørt, det være seg med eller uten Midt-Norskring. Som følge av påslagsbølgen midtsommers 2018 på Espnestaren måtte det riktignok gjennomføres færre lusebehandlinger i merdene med skjørt + Midt-Norskring enn i merdene uten dette utstyret, men som diskutert ovenfor kan dette skyldes plasseringen av de aktuelle merdene på lokaliteten, som ikke var tilfeldig, samt at 3 av merdene med skjørt + Midt-Norskring ble slaktet tidlig.

Som forventet viste den viktigste biologiske ulempen ved å bruke skjørt seg å være redusert vanngjennomstrømning, som vi fikk bevis for på Vedøya i form av deformering av nøtene på grunn av sterk overflatestrøm med vedvarende lave oksygenverdier. Selv om forskjellene i oksygenmetning var små på andre lokalitetene såes nesten unisont noe lavere verdier i merder med skjørt eller innenfor kontra utenfor skjørtet.

Samlet sett viste resultatene ingen sikker forskjell mellom merder med og uten skjørt og Midt-Norskring når det gjelder dødelighet, vekstfaktor 3 eller biologisk førfaktor. Dette må i seg selv tolkes som indikasjon på at de positive eller negative biologiske effektene som bruk av skjørt med Midt-Norskringen medfører er relativt små under normalforhold, og lett overskygges av andre, sterkere faktorer.

Resultatene fra spørreundersøkelsen indikerer at erfaringene med bruken av skjørt og Midt-Norskringen varierer en god del mellom de to selskapene (Midt-Norsk Havbruk og Måsøval). I motsetning til Midt-Norsk har personellet hos Måsøval ingen egen erfaring med bruk av Midt-Norskringen i merder med «nær-kritiske» oksygenforhold (se ovenfor). Likevel er det stor enighet om at skjørt skjermer for lusepåslag på spesielle perioder, og et klart flertall mener skjørt skjermer mot lusepåslag generelt. I begge selskaper antar ekspertene at bruken av skjørt - med eller uten MNR - i fremtida vil bli redusert eller mer målrettet. Sett

under ett viser svarene på spørreundersøkelsen at det er betydelig forskjell i erfaringsgrunnlaget blant erfarent oppdrettspersonell, noe som trolig er grunnen til at det ennå ikke har etablert seg en felles oppfatning om fordeler og ulemper med bruken av skjørt og/eller Midt-Norskring.

Arbeidspakke 4.2: Økonomisk nytte-kostnadsanalyse

Det er laget en økonomisk beregningsmodell som summerer opp kostnadene og de spesifikke produksjonsmessige fordelene og ulempene ved bruk av MNR/ skjørt. Her kan man variere parametere som skal simuleres, mens øvrige produksjonsparametere og kostnader ligger faste. Både biologiske effekter og endringer i kostnader (utgifter) summeres opp slik at en kan vurdere om investeringer gir positivt eller negativt økonomisk resultat. Det er krevende å finne gode empiriske verdier for de inntekter og utgifter kost-nytte modellen for kontroll med lus på lokalitetsnivå. Vi har derfor valgt å utføre sensitivitetsanalyser med hva vi mener er sannsynlige scenarier, og beregne hvilke effekter de gir i kost-nytte modellen vi har konstruert.

Modellbeskrivelse

I analysen har vi brukt en modell som ser på produksjonssyklusen til et tenkt vårutsett og et tenkt høstutsett på én lokalitet med utsatt 1 360 000 fisk i 8 merder. Modellen bruker lokalitets-gjennomsnitt for alle verdier, og har kun ett utsett og ett slaktetidspunkt (samme produksjonstid for alle simuleringer). Dødelighet beregnes basert på en forventet akkumulert dødelighet pluss en ekstra dødelighetsrate for hver lusebehandling.

Det kan tenkes at skjørt kan medføre biologiske ulemper men i og med at man ikke har gode empiriske verdier har vi modellert dette ved å se på et mulig tilveksttap på henholdsvis 100g, 200g og 300g av sluttvekt. Dette representerer en reduksjon i sluttvekt mellom 2% og 6%. Modellen har også lagt inn en positiv bieffekt på 100g økt tilvekst som kan tenkes oppnådd med forbedrede miljøforhold grunnet Midt-Norskringen.

En lusebehandling er kategorisert i tre alvorlighetsgrader: mild, normal og alvorlig, som i til sammen gir en kroneverdi for behandlingskostnad i modellen:

Type	Ekstra dødelighet	Dager sultetap	Behandlingskostnad
Mild	0,5 %	2	0,3 kr / kg
Normal	1 %	3	0,5 kr / kg
Alvorlig	1,5 %	5	1 kr / kg

For både høstutsett og vårutsett er det kjørt simulering for ingen, 3, 4 og 5 behandlinger.

I base-line simuleringen er det brukt en produksjonskost (sløyd) på 35 kroner og en salgspris (sløyd) på 60 kroner.

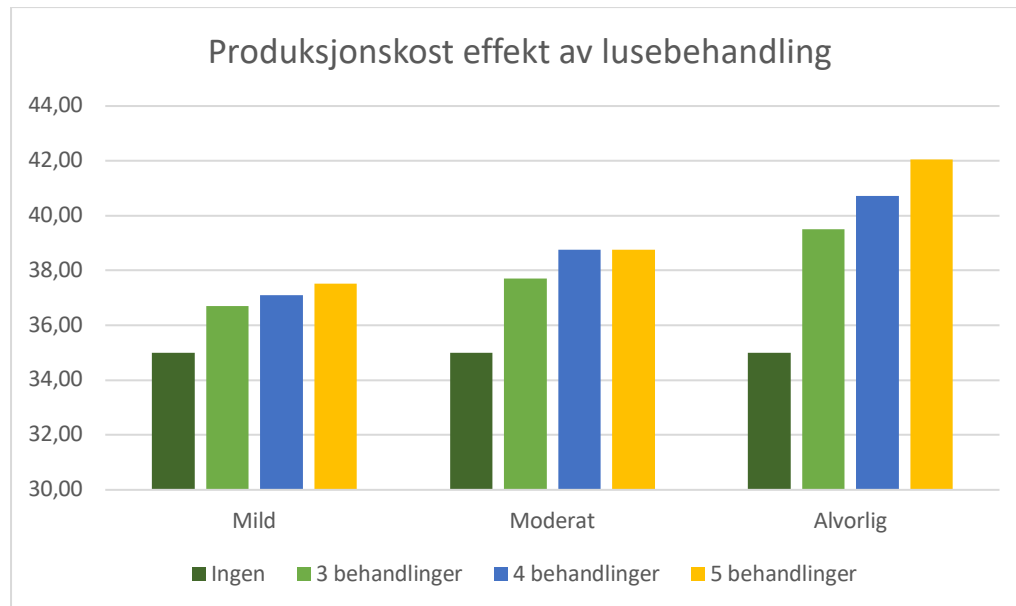
Resultater

Kostnader ved investering, installasjon og drift av MNR/ skjørt er relativt lave. Det betyr at en trenger en relativt lav effekt mot lus for at nytten skal veie opp for kostnader.

Simuleringene viser logisk nok at å måtte behandle mot lus gir økning av i produksjonskost.

Dersom man først må iverksette behandling gir imidlertid konsekvensene (alvorlighetsgraden) av behandling gir større økning i produksjonskost utslag enn antall behandlinger som må til (figur 6).

Dersom man forutsetter «milde» behandlinger betyr dette at økonomien går i balanse dersom man kan unngå 0,4 behandlinger av lokaliteten ved å bruke skjørt med Midt-Norskring. Forutsetter man at behandlingsmetoden gir «alvorlige» konsekvenser blir resultatet positivt dersom man kan spare mer enn 0,15 lokalitetsbehandlinger. Det er i hovedsak liten forskjell mellom vår- og høstutsett.



Figur 6: Figuren viser økningen i produksjonskostnad per kg gitt ulike alvorlighetsgrader av lusebehandling. Alvorlighetsgrad og antall behandlinger medfører en økning i både utgifter og tapt tilvekst.

Dersom bruken av skjørt medfører dårligere miljøforhold og en negativ effekt i produksjonen ser vi betydelige endringer i resultat på antatt sluttvekt og prodkost, størst dersom det likevel blir behov for 5 behandlinger (tabell 4). Dersom bruk av Midt-Norskringen i slike merder kan gi en positiv veksteffekt pga. forbedret miljø (modellert med 100g økt tilvekst) kan dette i en viss grad kompensere for en negativ skjørt-effekt.

Tabell 4: Tabellen viser endringer i produksjonskostnad per kg gitt fra 100 g til 300 g tapt tilvekst grunnet bruk av skjørt, og ved eventuell positiv veksteffekt på 100 gram grunnet Midt-Norskringen. Simuleringsresultatene er gitt for ulike alvorlighetsgrader ved behandling og fra ingen til 5 lusebehandlinger.

		Prodkost	+100g	-100g	-200g	-300g
Mild	Ingen behandling	35,00	-0,70	+0,70	+1,30	+2,00
	3 behandlinger	36,70	-0,70	+0,70	+1,50	+2,20
	4 behandlinger	37,10	-0,70	+0,70	+1,50	+2,30
	5 behandlinger	37,50	-0,80	+0,70	+1,50	+2,30
Normal	3 behandlinger	37,70	-0,80	+0,70	+1,50	+2,30

	4 behandlinger	38,80	-0,80	+0,80	+1,60	+2,40
	5 behandlinger	39,10	-0,80	+0,80	+1,60	+2,50
Alvorlig	3 behandlinger	39,50	-0,80	+0,80	+1,60	+2,50
	4 behandlinger	40,70	-0,90	+0,90	+1,70	+2,70
	5 behandlinger	42,00	-0,90	+0,90	+1,80	+2,80

Bivirkninger grunnet dårligere miljø ved bruk av skjørt kan ha stor effekt i en kost-nytte-vurdering. Om så større betydning vil det ha dersom ulempene viser seg å være enda større enn i vår modell, og/eller Midt-Norskringen i større grad evner å forbedre miljøet og veksten med mer enn de 100 gram vi har brukt i modellen.

Diskusjon

Vi har ikke klart å finne eller hatt gode nok data for å dokumentere færre lusebehandlinger i merder med skjørt/ MNR. I og med at det er mange faktorer innen biologi som påvirker lus og produksjon har vi derfor tatt utgangspunkt i hypotetiske effekter, både positive og negative, som vi mener er plausible i en norsk oppdrettssituasjon. Simuleringsresultatene må derfor ikke tolkes som økonomiske effekter ved bruk av skjørt/ MNR i dette prosjektet eller på de aktuelle lokalitetene.

Midt-Norskringen og skjørt er relative billige tiltak når man sammenligner med den totale kostnadsbasen for oppdrett av laks, og kan være kostnadseffektive selv ved moderat biologisk effekt (reduksjon av behovet for lusebehandlinger).

Uønskede (bi-)effekter av det nye utstyret potensielt kan imidlertid ha stor påvirkning: en positiv effekt knyttet til lusebehandling skal ikke ha store negative (bi-)effekter på tilvekst før bruken samlet sett kan være ugunstig rent økonomisk; nytte-kostnadsmodellen viste at prodkost øker med 80 øre/kg for hvert 100 gram tapt tilvekst.

Selv om effektene ved Midt-Norskringen og skjørt kan være kostnadseffektive kan man ikke konkludere med at tiltaket er gunstig i en helhetlig lusekontroll. Lave effekter kan gi for små bidrag i lusekontroll til at en ønsker å prioritere tiltaket i forhold til arbeidskapasitet, båter for vedlikehold mm.

HOVEDFUNN FRA PROSJEKTET

- Resultatene fra prosjektet ga ingen sikre holdepunkter for at bruken av skjørt gir systematisk beskyttelse mot påslag av lakselus. På én av 3 lokaliteter så vi ca. 50% reduksjon i påslag under en kortvarig «lusebølge». Funnet kan imidlertid (i det minste delvis) skyldes at plasseringen av merdene med skjørt i anlegget ikke var tilfeldig.
- Én av lokalitetene opplevde en lang periode med sterk strøm og deformering av nøtene, og måtte derfor løfte skjørtene for å hindre kritiske oksygennivåer i merdene. På de to øvrige lokalitetene som hadde generelt høy oksygenmetning under hele prosjektet såes kun ubetydelig oksygenreduksjon inne i merder som hadde skjørt pluss Midt-Norskringen.
- Strømforsøk viste at luftboblene fra Midt-Norskringen løfter vann hovedsakelig i midten

av merda. Vi ser en gradvis økning av løfteeffekten jo høyere i vannsøylen boblene stiger.

- Vi fant ingen vitenskapelig sikker positiv eller negativ effekt av skjørt+ Midt-Norskringen på overordnede biologiske utfallsvariabler (behandlingsfrekvens mot lus, dødelighet, vekst eller biologisk fôrfaktor).
- Bruk av skjørt + Midt-Norskringen kan gå i balanse dersom en lokalitet «sparer» fra 0,15 til 0,4 behandlinger per utsett. En negativ veksteffekt grunnet dårligere miljøforhold inni skjørtet vil imidlertid gi økt prodkost med 80 øre/kg for hvert 100 gram tapt tilvekst.

YTTERLIGERE KUNNSKAPSBEHOV OM BRUKEN AV SKJØRT OG MIDT-NORSKRINGEN

Både dette prosjektet og publiserte resultater fra andre prosjekter med skjermingsteknologi (skjørt og tubenot) viser stor forskjell i effekt mot lus – verdier fra tilnærmet null til 80% er rapportert. Forskjellen i resultater er stor både mellom prosjekter og mellom lokaliteter. Som påpekt ovenfor har det derfor ikke utkrystallisert seg noen felles kunnskapsbase som gjør det lettere å treffe beslutning om hvordan skjermingsteknologi best bør brukes taktisk-operativt. Etter vår mening er det behov for å systematisere og analysere erfaringer fra felten på bredere basis når det gjelder:

- Direkte sammenlikninger mellom tette skjørt (presenning), semi-permeable skjørt (planktonduk) og tubenot.
- Sammenhengen mellom dybden av skjørt og både skjermingseffekt og biologiske ulemper for å finne «antatt optimal» dybde (ved henholdsvis liten biomasse -post-smolt- og høy biomasse kort tid før slaktning).
- Prøve ut «taktisk» bruk av skjørt (heving og senking situasjonsbestemt) på lokaliteter hvor man har historisk erfaring for at det opptrer «påslagsbølger» til bestemte tider.
- «Hvordan kommer luselarvene inn i merder med skjørt?» Utetthet, vanninnstrømning fra bunnen, innskylling over skjørtkanten?
- Hvis rensefisken ikke klarer å beite ned kjønnsmodne stadier, kan skjørt «holde på luselarver» til de blir infektive?
- Hvor mye luftbobler er nok? Beregning av vannutskiftning og forbedring av miljøparametre ved bruk av Midt-Norskringen i forhold til energiforbruk/ «pumpekapasitet».
- Situasjonsbestemt (taktisk) bruk av Midt-Norskringen – forholdet mellom luftmengde/kostnad og forbedring av miljøparametre.
- Vise hvordan Midt-Norskringen påvirker oksygenverdiene inne i skjørt både horisontalt og vertikalt, og hvordan man best plasserer overvåkningsutstyr for å kunne overvåke «hele bildet».

TAKK

Vi takker driftsledere og team på de fire lokalitetene for god gjennomføring av tellingene, og for hjelp og bidrag til at alle delene av prosjektet kunne gjennomføres. Dessuten en stor takk til FHF for finansieringstilskudd til gjennomføringen av arbeidet (prosjekt 9014503).

LITTERATURLISTE

- Frank K og Lien AM (2015). Permaskjørt om merdmiljø. SINTEF-rapport 31 januar 2015, 23 sider (ISBN 978-82-14-05867-3).
- Grøntvedt, R.N., Kristoffersen, A.B., 2015. Permaskjørt kan redusere påslag av lakselus. In: Norwegian Veterinary Institute's Report Series.
- Nilsen A, Nielsen KV, Biering E and Bergheim A (2017). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture* 466, 41-50.
- Næs M, Grøntvedt RN, Kristoffersen AB, Johansen B (2014). Feltutprøving av planktonduk som skjerming rundt oppdrettsmerder for å redusere påslaget av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*). Vesterålen Fiskehelsetjeneste, Faglig rapport, 32 s.
- Oppedal Frode, Francisca Samsing, Tim Dempster, Daniel W Wright, Samantha Bui, and Lars H Stien. 2017. 'Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea-cages', *Pest Management Science*, 73: 1935-43.
- Remen M, Sievers M, Torgersen T and Oppedal F (2016). The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature-dependent. *Aquaculture* 464, 582-592.
- 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.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.014>.
- Stien, Lars H., Jonatan Nilsson, Ernst M. Hevrøy, Frode Oppedal, Tore S. Kristiansen, Andreas M. Lien, and Ole Folkedal. 2012. Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels, *Aquacultural Engineering*, 51: 21-25.
- Stien, Lars Helge, Mattias Bendiksen Lind, Frode Oppedal, Daniel W. Wright, and Tore Seternes. 2018. 'Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare', *Aquaculture*, 490: 281-87.
- Stormoen M, Skjerve E, and Aunsmo A (2013). Modelling salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, reproduction on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases* 36: 25–33.
- Wright, D. W., L. H. Stien, T. Dempster, T. Vågseth, V. Nola, J. E. Fosseidengen, and F. Oppedal. 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

VEDLEGG 1: PROBLEMSTILLING, FORMÅL OG GJENNOMFØRING

Effektmål

Prosjektet har søkt å bidra til oppbygging av kunnskap for optimale valg av metoder og utstyr for lusekontroll i oppdrettsselskapene.

Resultatmål

Hovedformålet med prosjektet har vært å dokumentere effekten av skjørt pluss Midt-Norskringen mot lusepåslag.

Delmål

- Å kvantifisere effekten mot lusepåslag ved bruk av skjørt pluss Midt-Norskringen.
- Å undersøke om hvordan bruk av Midt-Norskringen sammen med skjørt påvirker miljøet i merda.
- Å dokumentere hvordan Midt Norskringen transporterer vann fra dypet til overflaten.
- Å drøfte forholdet mellom biologisk nytte og biologisk risiko ved bruk av skjørt pluss Midt-Norskringen.
- Å beregne økonomisk nytte-kostnad ved bruk av skjørt pluss Midt-Norskringen.

Gjennomføring og metodikk

Det er gjennomført til sammen fem arbeidspakker i prosjektet, ett for hvert av delmålene.

Arbeidspakke 1: Kvantifisering av effekten mot lusepåslag

På lokaliteter tilhørende de to oppdrettspartnerne i prosjektet (Midt-Norsk Havbruk og Måsøval Fiskeoppdrett) er det brukt merder med skjørt og Midt-Norskring. Regelmessige lusetellinger er gjennomført i henhold til gjeldende forskrift. En rekke tellinger ble utvidet ("presisjonstallinger") for å validere en alternativ statistisk tellemetodikk som er foreslått av Veterinærhøgskolen NMBU. Ettersom det også ble brukt renseskjørt på de aktuelle lokalitetene ble dataanalysen begrenset til fastsittende lus, hvor tall fra merder med og uten skjørt + Midtnorskring ble sammenliknet. Gjennomføring i felt: Midt-Norsk Havbruk og Måsøval Fiskeoppdrett. Koordinering og delrapport: Aquamedic AS

Arbeidspakke 2: Overvåkning av biologiske ulemper/biologisk risiko

I begge oppdrettsselskaper overvåkes merdene som inngikk i studien fortløpende, med regelmessig registrering av sykdomstegn, dødelighet og dødsårsaker. Fra hver av lokalitetene som inngikk har vi dessuten benyttet data fra automatiske loggere vedrørende oksygeninnhold, temperatur og salinitet i øvre vannlag. Gjennomføring i felt: Midt Norsk Havbruk og Måsøval Fiskeoppdrett. Koordinering og delrapport: Aquamedic AS.

Arbeidspakke 3: Strømforsøk i merd

Hvordan Midt Norskringen transporterer vann fra dypet til overflaten ble dokumentert på én lokalitet ved hjelp av fargestoff og billed-/videodokumentasjon. Grunnet regelverket om matkvalitet ble arbeidspakken gjennomført etter at fisken var slaktet ut. Gjennomføring og delrapport: Norse Aqua AS i samarbeid med Midt Norsk Havbruk.

Arbeidspakke 4.1: Biologisk nytte/risiko-vurdering

Forholdet mellom biologisk nytte kontra biologisk ulempe/risiko ble undersøkt ved

sammenlikning av tall fra den biologiske produksjonen på to lokaliteter som hadde merder med og merder uten skjørt + Midt-Norskringen. Det ble dessuten gjennomført en spørreundersøkelse om nytte/risiko blant et ekspertpanel fra begge oppdrettsselskaper. Gjennomføring og delrapport: Aquamedic AS.

Arbeidspakke 4.2: Kost-nytte vurdering ved bruk av Midt-Norskring og skjørt

Økonomisk nytte-kostnad-analyse for Midt-Norskringen for hver av lokalitetene som har deltatt i prosjektet er utført med AquaAnalytics' dataverktøy for produksjonsoptimalisering og beslutningsstøtte. Gjennomføring og delrapport: AquaAnalytics AS.

VEDLEGG 2: LISTE OVER LEVERANSER

- Referat fra møter (prosjekt/styringsgruppe)
- Delrapport 1: Effekt av skjørt og Midt-Norskringen mot lusepåslag
- Delrapport 2: Overvåkning av biologiske ulemper/biologisk risiko
- Delrapport 3: Strømforsøk i merd
- Delrapport 4a: Nytte/risiko-vurdering
- Delrapport 4b: Kost/nyttevurdering ved bruk av skjørt og Midt-Norskringen
- Faglig sluttrapport
- Faktaark
- Presentasjon av prosjektet
- Populærvitenskapelig artikkel
- Manus til vitenskapelig artikkel



Prosjektet har mottatt finansiell støtte fra Fiskeri- og Havbruksnæringas Forskningsfond



