

Biologiske effekter av notspyling



Biologiske effekter av notspyling

Forfatter(e):
Gjermund Bahr
Mette Remen
Ragnhild Pettersen

Akvaplan-niva rapport: 2021 62336.01

Dato: 21-12-2021

Antall sider: 35

Distribusjon:
Offentlig

Oppdragsgiver:
Probotic AS

Oppdragsg. referanse
Mikkel Pedersen

Sammendrag

Denne rapporten beskriver resultater fra feltarbeid A, som representerer første del av prosjektet "Biologiske effekter av notspyling & Probotics Innovasjon". Målet var å kartlegge begroingssamfunn og hvordan tradisjonell notspyling i nordlige produksjonsområder påvirker fisken i merdene. Hovedfunn er som følger:

- De identifiserte begroingsorgansimene for denne lokaliteten tilhører grupper som også tidligere er rapportert som begroing på oppdrettsnøter lenger sør i Norge.
- Generelt var det lite begroing nedover i dypet sammenlignet med erfaringer fra andre lokaliteter andre steder i landet.
- Generelt gode miljøbetingelser for laks, og god gjellehelse hos undersøkt fisk.
- En observert økning i partikkelmengde i merd forventes ikke å ha en negativ effekt på fisk.
- Det ble ikke observert skader på gjellevev som følge av eksponering for vann med spyleavfall.
- Det ble ikke observert negativ effekt av notvask på appetitt og dødelighet.

Oppsummert tyder resultater fra dette studiet på at notspyling ikke har påvirket fisken negativt. Fraværet av observerbare, negative effekter på fisk kan ha sammenheng med at fisken i liten grad ble eksponert for skadelig spyleavfall i store nok konsentrasjoner over lang nok tid under notvask.

Prosjektleder



Gjermund Bahr

Kvalitetskontroll



Tormod Henry Skålsvik

INNHALDSFORTEGNELSE

1 INNLEDNING	6
1.1 Renhold av nøter.....	6
1.2 Begroingssamfunn	6
1.3 Notvask og gjellehelse.....	7
2 MÅL	8
3 METODER.....	9
3.1 Lokaltet.....	9
3.2 Begroingssamfunn	10
3.3 Vannkvalitet før og under notvask	12
3.3.1 CTD	12
3.3.2 Vannprøver	12
3.4 Eksponeringsforsøk for kartlegging av effekt på gjellehelse	12
3.5 Analyser av appetitt og dødelighet	13
4 RESULTATER OG DISKUSJON	14
4.1 Begroingssamfunn	14
4.2 Effekt av notvask på vannkvalitet	26
4.2.1 Temperatur, oksygen, salinitet.....	26
4.2.2 Partikler	27
4.3 Effekt av notvask på gjellehelse	28
4.4 Effekt av spyling på appetitt og dødelighet	30
5 KONKLUSJONER.....	33
6 REFERANSER.....	34

Forord

Denne rapporten beskriver funn fra feltarbeid A i forskningsprosjektet "Biologisk effekter av notspyling & Probotics Innovasjon". Prosjektet er delfinansiert av MABIT: et næringsrettet FoU-program innen marin bioteknologi i Nord-Norge. Probotic AS er prosjekteier, og ansvarlig for planlegging og tilrettelegging av feltarbeid. Probotic AS har ansvar for administrativ oppfølging av prosjektet. Akvaplan-niva er faglig ansvarlig for gjennomføring av prosjektet.

Målet med feltarbeid A var å kartlegge begroingssamfunn og studere effekter av tradisjonell notspyling på laks i oppdrettsmerder. Feltarbeid og datainnsamling har blitt gjennomført i perioden 01.05.21 til 01.10.21.

I 2022 skal Probotic gjennomføre et tilsvarende feltstudium (feltarbeid B), hvor Akvaplan-niva skal bistå Probotic AS med dataanalyse.

Prosjektet har blitt gjennomført i samarbeid med Probotic AS og Ballangen Sjøfarm AS.

1 Innledning

1.1 Renhold av nøter

Begroing er betegnelse på den ofte uønskede veksten av organismer på overflater under vann, og er en utfordring for alle som har utstyr i sjø. Dette gjelder også i akvakultur. I oppdrettsnæringen byr begroing på praktiske, økonomiske og dyrevelferdsmessige utfordringer i den daglige driften. Håndtering av begroing er estimert til å utgjøre 5-10 % av produksjonskostnadene (Lane and Willemsen 2004), men dette tallet kan variere mye mellom de ulike lokalitetene, og mellom selskapene som ofte har ulike strategier for håndtering samt geografisk plassering av lokalitetene.

Begroing varierer med årstid og geografi, og innen akvakultur utgjør begroing spesielt en utfordring for nøtene. Begrodde nøter kan føre til redusert vanngjennomstrømming, øke vekt og drag på notstrukturen, samt føre til at rensefisk beiter på begroingen fremfor på lakselus. Det er også knyttet hypoteser til at utfordringer for fiskehelse og fiskevelferd kan ha sammenheng med begroing på not og rengjøring av denne, som følge av at avspylt begroing blandes i vannmiljøet til fisken. Disse utfordringene har ført til at det er et stort fokus på å bekjempe begroing.

Akvakulturnæringa bruker flere metoder for å bekjempe begroing, som f.eks. impregnering, spyling og lufttørking. I forbindelse med spyleprosesser kan enkeltanlegg slippe ut flere titalls tonn begroingsmateriale til omgivelsene hvert år. Dette vaskeavfallet kan bestå av organismer, fragmenter av organismer, larver, patogener, not og impregnering. I sommermånedene hvor biomasseveksten skjer raskest (Bloecher m.fl. 2013) kan spyling av nøter forekomme så ofte som 1-4 ganger i måneden (Olafsen 2006, Guenther m.fl. 2010). Selv om spyling av nøter fortrinnsvis gjøres nedstrøms, vil det være vanskelig å unngå at noe spyleavfall havner inne i merda i løpet av spylerrunden, eller at noe av avfallet havner i nabomerder (Bloecher m.fl. 2018). Både forskere og representanter fra næringa har uttrykt bekymring for hvilken effekt spyleavfallet har på fiskens helse og velferd (Intrafish 2017, Bannister m.fl. 2019, Bloecher m.fl. 2019).

1.2 Begroingssamfunn

Hvordan notspyling påvirker fisken, forventes å avhenge av hvor mye og hvilken type begroing som finnes på nøtene. Utviklingstakt og type begroing varierer geografisk, og er i hovedsak undersøkt tidligere i Midt-Norge og Vestlandet (Bloecher et al. 2013, Napsøy 2020).

Ifølge Bloecher m.fl. (2013) er de mest forekommende begroingsartene på nøtene i fiskeoppdrett i Norge hydroiden *Ectopeleura larynx*, blåskjell (*Mytilus edulis*), sekkedyr (*Ciona intestinalis*) og alger fra slektene *Ulva* og *Ectocarpus* i tillegg til amfipoder fra familien *Crapellidae*. Hydroiden *E. larynx* er ansett om en av de mest problematiske begroingsartene i Norge (Olafsen 2006, Bloecher 2013), fordi den er en av de første artene som etablerer seg på et nytt substrat (Boero 1984). Den vokser raskt, kan vokse ut igjen i større versjon etter kapping/spyling (Guenther m.fl. 2010), og kan slippe ut et stort antall larver som raskt koloniserer nye substrat og nyvasket substrat (Bloecher m.fl. 2015). Denne arten forekommer i størst antall i Vest- og Midt-Norge, og i perioden august-november (Bloecher 2013). Sammensetning av begroingssamfunn lenger nord er lite studert.

1.3 Notvask og gjellehelse

Ved høytrykksspyling av not vil det frigjøres hele eller fragmenterte biter av begroingsorganismer som potensielt kan påføre fisk inne i en merd skader. Gjellevevet vil være spesielt utsatt (Isaksen m.fl. 2016, Herrero m.fl. 2018), og tidligere studier har vist at spyleavfall som inneholder mye hydroider (*E. larynx*) kan føre til skader på gjellevevet hos laks (Bloecher m.fl. 2018). *E. larynx* er et nesledyr, i likhet med maneter, sjøanemoner og koraller. Alle nesledyr har nesleceller (nematocyster), som ved mekanisk eller kjemisk stimulans skytes ut, penetrerer offerets overflate og frigjør gift (Cegolon m.fl. 2013). Antigenene og de toksiske stoffene i giften kan føre til celledød, som observert ved undersøkelser av gift i nesleceller fra maneten *Cyanea capillata* (Helmholtz m.fl. 2010). Toksisiteten varierer fra art til art, og er ikke kjent for *E. larynx*.

Resultater fra eksponeringsforsøk viser at hydroidefragmenter i vannet kan føre til lette gjelleskader ved 1. gangs eksponering, og at normale vevsskaderesponser (inkludert thrombi-dannelse) fører til heling av vevsskaden i løpet av 7-14 dager (Bloecher m.fl. 2018). Sett i forhold til gjelleskader som kan oppstå ved AGD-utbrudd eller av andre årsaker (> 50% av gjellevev synlig skadet; Hytterød m.fl. 2018), er de observerte skadene i det nevnte forsøket små (enkeltflekker; ikke synlige etter 3 døgn). Selv om skadene etter 1. gangs eksponering i laboratorieforsøk er små, er det imidlertid mulig at hyppig eksponering for spyleavfall, eller i andre konsentrasjoner av spyleavfall, gir andre effekter. Det samme gjelder eksponering for spyleavfall i kombinasjon med andre risikofaktorer for gjellehelse (f.eks. alger, maneter, patogener, lusebehandlinger, Herrero m.fl. 2018). Ofte er høysesongen for ulike ikke-infeksiøse risikofaktorer sammenfallende, dvs. høstperioden (Herrero m.fl. 2018).

Det finnes per i dag lite kunnskap om begroingssamfunn og om eventuelle effekter av notvask på gjellehelse hos fisk fra lokaliteter lenger nord enn Trøndelag.

2 Mål

Målet med feltarbeid A var å kartlegge begroingssamfunn, samt undersøke hvordan tradisjonell notspyling i nordlige produksjonsområder påvirker fisken i merdene.

3 Metoder

Dette studiet baserer seg på feltarbeid ved lokaliteten Tjukkeneset ved Narvik 24. juni (uttak I) og 11. september (uttak II) 2021, og på innsamling av produksjonsdata fra samme lokalitet. Uttakene ble gjort på dager der oppdrettsnota skulle spyles.

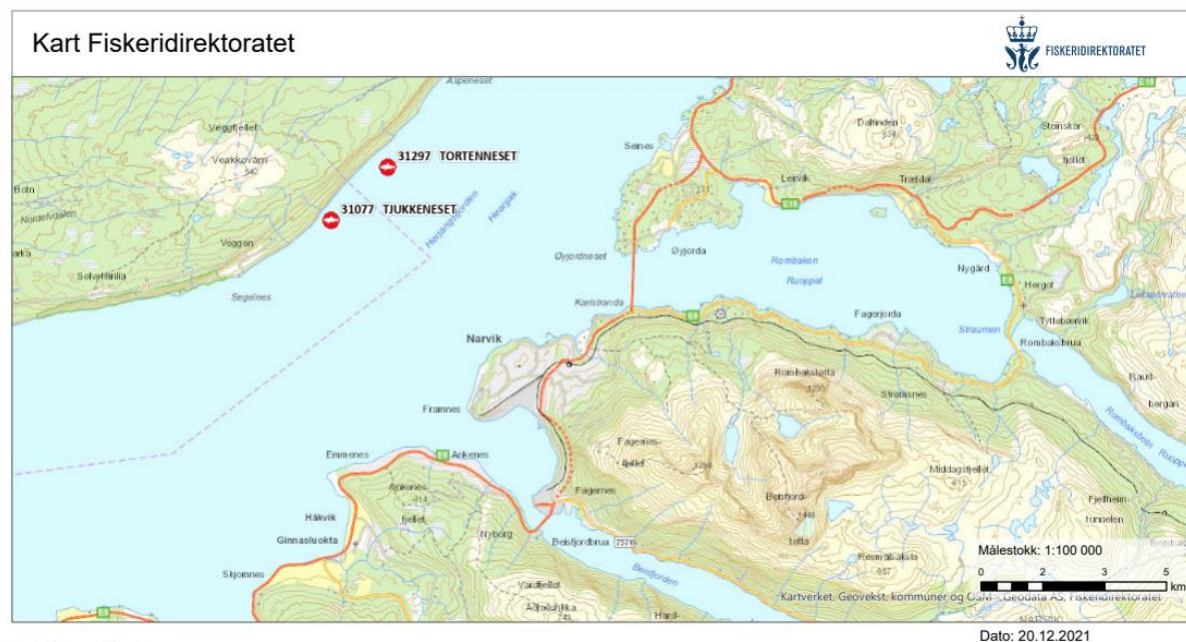
Følgende undersøkelser har blitt gjort ved de to uttakene:

1. Identifisering av begroingssamfunn på notpaneler som var montert ved siden av merden (se 3.2).
2. Kartlegging av vannkvalitet, inkludert partikler, i forbindelse med notspyling (se 3.3).
3. Eksponeringsforsøk med laks som eksponeres for spylevann, med påfølgende uttak av gjeller for histopatologisk undersøkelse (se 3.4)
4. ROV for visuell inspeksjon av nøter (kun uttak I)

Produksjonsdata har blitt innhentet for perioden 01.05.21-01.10.21 (se 3.5).

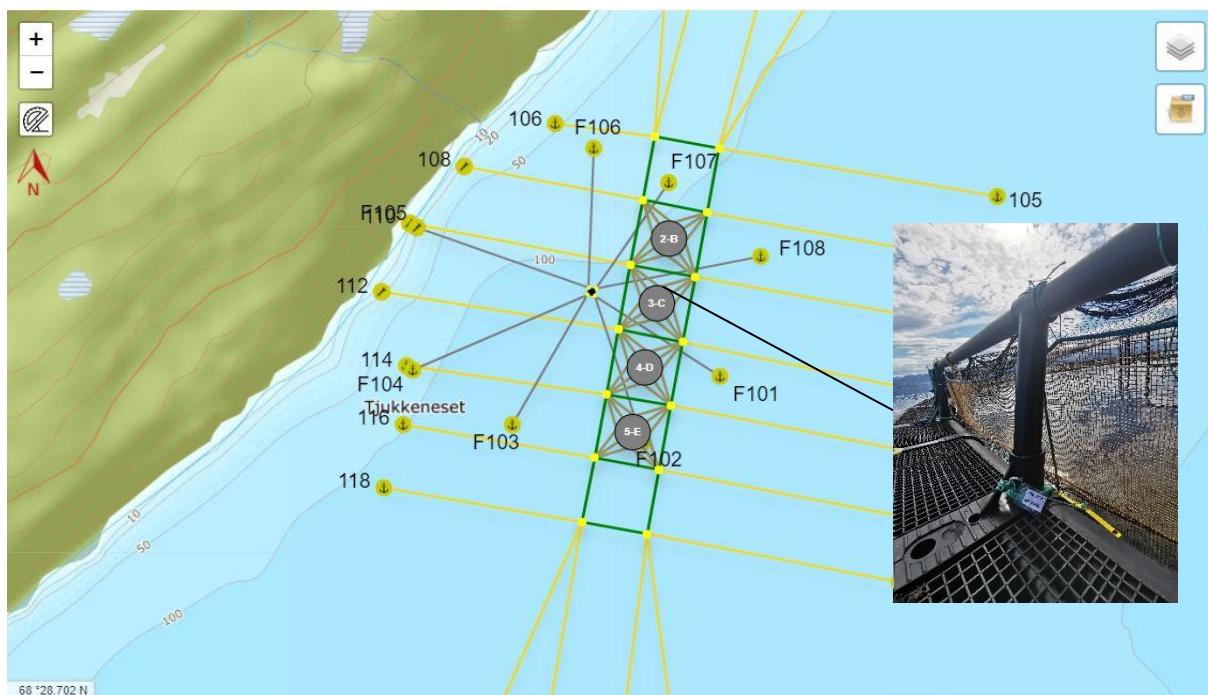
3.1 Lokalitet

Lokalitet 31077 Tjukkeneset er eid og drevet av Ballangen Sjøfarm AS og Cermaq Norway AS. Lokaliteten er klarert for oppdrett av laks og ørret med maksimalt 3120 tonn stående biomasse. Lokaliteten ligger i Herjangsfjorden i Nordland fylke (Figur 1).



Figur 1 Viser lokalitet 31077 Tjukkeneset, hvor undersøkelser er gjennomført. Kart er hentet hos www.fiskeridir.no og har målestokk 1:100 000.

Merder som ble undersøkt er vist i Figur 2. Utplassering av notpaneler for kartlegging av begroingssamfunn er også vist med en pil i figuren.



Figur 2. Anlegget ved Tjukkeneset. Pil markerer punkt for utplassering av notpaneler. Merder som er undersøkt er markert med 2-B til 5-E.

3.2 Begroingssamfunn

Utstyr

Følgende utstyr ble benyttet for undersøkelse av begroingssamfunn:

- Notpanel bestående av notlin strukket ut i en ring (20 cm i diameter) for utheng utenfor merden benyttet for eksponeringsforsøk. Utsett av små biter notlin for begroing som også kan tas opp og studeres gjør det enklere å studere begroingsamfunnet enn å benytte notlinet som er i selve merden.
- Stereolupe med kamera og petriskåler for identifisering og studie av enkeltindivider av begroingsorgansimer.
- Plastkar for undersøkelse av begroingspanel og oppbevaring i vann etter opptak på uttaksdag.

Gjennomføring

Notpaneler ble hengt ut rett etter at noten på anlegget var vasket slik at de skulle ha samme syklus på vasking og begroingstid som noten med fisk på lokaliteten. Notpanelene ble hentet inn for analyser samme dag og rett før spyling på lokaliteten startet slik at begroing i spylevannet til eksponeringsforsøk kunne relateres begroingen på panelene.

Uttak I: 24. juni 2021

Notpanelene ble laget og satt ut av NOR Maritime Service med notpanelene hengende etter hverandre langs et tau med lodd i enden. Fire notpanel ble fordelt over 0-10 m dyp.

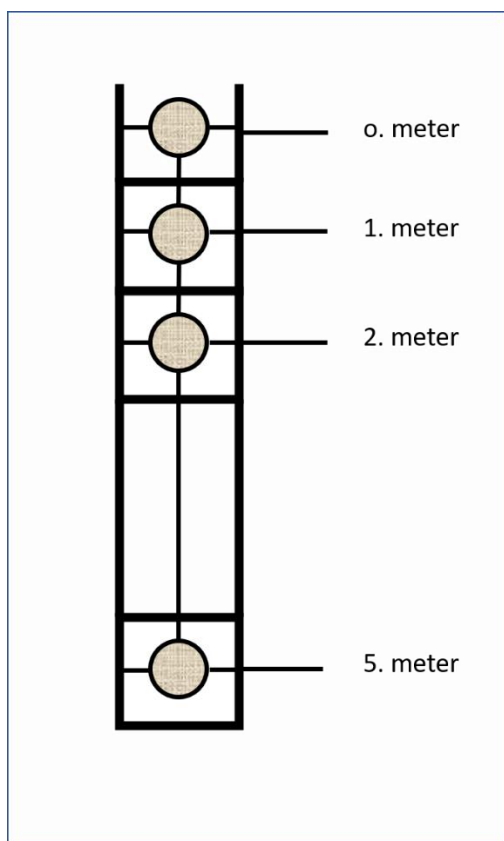
Etter opptak ble notpanelene lagt i hvert sitt plastkar med vann for å hindre at mobile dyr datt av. Hvert notpanel ble videre undersøkt i lupe for identifisering av flora og fauna på gruppenivå.

Det ble også gjort en manuell innsamling fra den øverste meteren av oppdrettsnota da den hadde et tykt lag med alger som ikke var representert på notpanelene. Dette materialet ble plassert i egen bakke med sjøvann og analysert for identifisering av tilstedeværende hovedgrupper.

Uttak 2: 1. september 2021

Notpanelene som ble satt ut til uttak II hadde et litt annet oppsett sammenlignet med uttak 1 (Figur 3) for å ha en mer lik orientering på notpanelene som selve oppdrettsnota. Det var også en annen type notlin og en tettere oppløsning av notpaneler nedover i dypet til 30 m (0, 2, 5, 10, 15, 20 og 30 m).

Notpanelene ble tatt opp og lagt i hver sine bakker med sjøvann for videre analyse på lab i lupe.



Figur 3 Oppsett av notpanel for uttak II 2021. Notpanelene var utplassert på 0, 1, 2, 5, 10, 15, 20 og 30 m dyp. Figuren viser bare øverste del av konfigurasjonen.

3.3 Vannkvalitet før og under notvask

Effekter av notvask på vannkvalitet ble undersøkt ved uttak I og II. Det ble gjennomført vertikale profilmålinger (3.3.1) for måling av temperatur, salinitet og oksygen, og punktmålinger (5 m dybde) for måling av partikkelnivå.

3.3.1 CTD

Det ble gjennomført vertikale profilmålinger av temperatur, salinitet og oksygen fra 0 til 25 m inne i merden før og under spyling.

3.3.2 Vannprøver

Mengde partikler ble kartlagt før og under spyling ved å ta vannprøver ved 5 m dyp inne i merden. Det ble gjennomført duplikate målinger. Vannet i eksponeringskar ble også prøvetatt for å se om det var sammenlignbare nivå i eksponeringskar som i merd (se 3.4 for nærmere beskrivelse av eksponeringsforsøk). Vannprøvene ble sendt til NIVA for analyse av turbiditet (FNU), total mengde suspendert stoff (TSS, mg/l) og total mengde organisk karbon (TOC, mg/l).

3.4 Eksponeringsforsøk for kartlegging av effekt på gjellehelse

Ved begge uttak ble det gjennomført eksponeringsforsøk for å kartlegge effekt av spylevann med kjent partikkelkonsentrasjon (målt, se 3.3.2) på gjellevevet til laks. 16 laks ble hentet ut fra merd før spyling ble igangsatt, og åtte av disse ble prøvetatt umiddelbart. De resterende 8 ble prøvetatt etter 20 min eksponering for spylevann. Ved uttak II, ble i tillegg 8 fisk prøvetatt én time etter eksponering, for å undersøke om det kunne være en forsinket effekt, f.eks. ved utvikling av en betennelsesreaksjon.

Eksponeringsforsøket ble utført som følger:

Tre kar ble benyttet, hvorav ett ble brukt til midlertidig opphold før eksponering (ca. 500 l, med vanngjennomstrømming), ett ble brukt til overdose bedøvelse (100 l), og ett ble brukt til eksponeringsforsøk (750 l, Figur 4). De 16 eller 24 fiskene som inngikk i forsøket (uttak I og II, henholdsvis) ble håvet opp fra merd med storhåv, etter samme prosedyre som ved lusetelling (mest mulig representativ fisk). Fisk ble overført til oppholdskar med vanngjennomstrømming, og åtte av disse ble håvet over i overdose bedøvelse (Benzoak, 80 mg/l) umiddelbart. Etter avlivning ble 2. gjellebue på fiskens venstre side prøvetatt og fiksert i buffret formalin for senere histologiske undersøkelser.

Etter påbegynt notvask ble eksponeringskar fylt med spylevann vha. nedsenkbar pumpe med slange som hentet vann fra 0-3 m i merd, ved merdkant, nær notspyler. De 8 eller 16 resterende fiskene (uttak I og II, henholdsvis) ble håvet over i eksponeringskar med spylevann, og karet ble dekket med nett for å hindre at fisken hoppet ut. Fisken ble deretter eksponert for stagnert spylevann i 20 minutter. Oksygennivået ble overvåket ved hjelp av håndholdt oksygenmåler (Oxyguard), og sank fra 108 til 92 % O₂ i juni og fra 95 til 65 % O₂ i september. Deretter ble åtte fisk håvet over i overdose bedøvelse og prøvetatt etter avlivning.

Ved uttak II ble de siste åtte fiskene stående i eksponeringskaret i en time til, før også disse ble avlivet i overdose bedøvelse og prøvetatt. I denne perioden var det vanngjennomstrømming i karet.

Samtlige gjelleprøver ble sendt til Pharmaq Analytic for analyse av gjellehistopatologi (inkludert gjelleskår). Dette inkluderte total mengde unormalt vev, hyperplasi, betennelse lamella, betennelse filament, sammenloddning/fusjon lamella, nekrose,

epithelcellenekrose/apoptose, karskader (alle), akutte karskader, tromber og kroniske skader, filament deformitet, amøber, epiteliocystis, paranucleospora/desmozoon, sopp, triocphyra, costia, tricotina, metacercaria, arthropoder, filamentøse bakterier, andre bakterier.



Figur 4. Fra venstre til høyre: oppholdskar, eksponeringskar og kar med overdose bedøvelse.

3.5 Analyser av appetitt og dødelighet

Det er innhentet produksjonsdata og informasjon om spyledatoer fra lokaliteten Tjukkenset for perioden 01.05.21-01.10.21. Det er gjennomført 4 runder med spyling på lokaliteten i observasjonsperioden, og prosjektet har fått tilgang på følgende produksjonsdata fra produksjonsdatabasen, per dag for fire enheter: utfôring (% per dag), tilvekst (SGR, % per dag), temperatur, dødelighet (% per dag), snittvekt, biomasse og tetthet. Informasjon om spyledatoer i disse fire merdene er oversendt i tillegg. Nøkkelinformasjon om de fire spyleperiodene er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1. Nøkkelinformasjon om de fire spyleperiodene: Start- og sluttdato, snittvekt i perioden, fisketetthet i merden, temperatur og antall undersøkte enheter.

Spyle- periode	Dato	Snittvekt g	Fisketetthet Kg/m ³	Temperatur °C	Antall enheter
1	31.05.	564 ± 12	3.2	6.9 ± 0.0	4
2	25.06.-04.07.	735 ± 14	4.2	11.3 ± 0.1	3
3	11.08.-06.09.	1280 ± 178	6.6	12.0 ± 0.6	4
4	24.09-25.09	2035 ± 126	10.6	9.9 ± 1.9	4

4 Resultater og diskusjon

4.1 Begroingssamfunn

Uttak I: 24. Juni 2021

Notpanelene ble hentet inn på morgenen den 24. Juni 2021, før spyling av noten ble igangsatt. Ved visuell inspeksjon fra merdkanten, og ved ROV-inspeksjon, ble det observert et tykt lag med makroalger på den øverste delen av oppdrettsnota (Figur 5 og Figur 6). Notpanelene ved samme dyp hadde lite begroing, og dette var også tilfellet for de dypere panelene. Manglende begroing på panelene skyldes sannsynligvis at det ikke har vært nok lodd i enden av tauet panelene var festet i, slik at panelene ble hengende rolig og i samme orientering som nota. En annen mulig årsak kan være at notlinet i notpanelene ikke hadde vært benyttet i sjøen tidligere og gjennomgått samme behandling som nota fisken sto i. Nota til fisken har stått i sjøen over lengre tid og blitt vasket flere ganger, noe som kan gjøre noe med strukturen i nota og hvor lett det er for begroingsorganismer å feste seg. Dermed er ikke begroing eller manglende begroing på notpanelene direkte sammenlignbar med begroingen på nota. Makroalgene fra den øverste delen av nota ble samlet inn manuelt for identifisering på lab, selv om de ikke vokste på notpanelene.

Artsgruppene på uttak 1 er derfor ikke inndelt etter dybde, men presentert samlet for å gi en oversikt over tilstedeværelse ut fra det som ble manuelt innsamlet (0-1 m) og det lille som satt fast på notpanelene plassert på 4 dybder mellom 0-15 m.

Manuelt innsamlet begroing (0 m)

Begroingen i overflaten på nota var dominert av makroalgeklassene brunalger (Phaeophyceae), rødalger (Rhodophyceae) og grønnalger (Chlorophyta) (Figur 7). På begroingspanelet var det lite begroing av alger med unntak av forekomster av buskformede brunalger. Fra overflaten og ROV video ble det observert at algene lå som et tykt teppe på den øverste meteren av nota (Figur 5 og Figur 6).

Notpaneler (0-15 m)

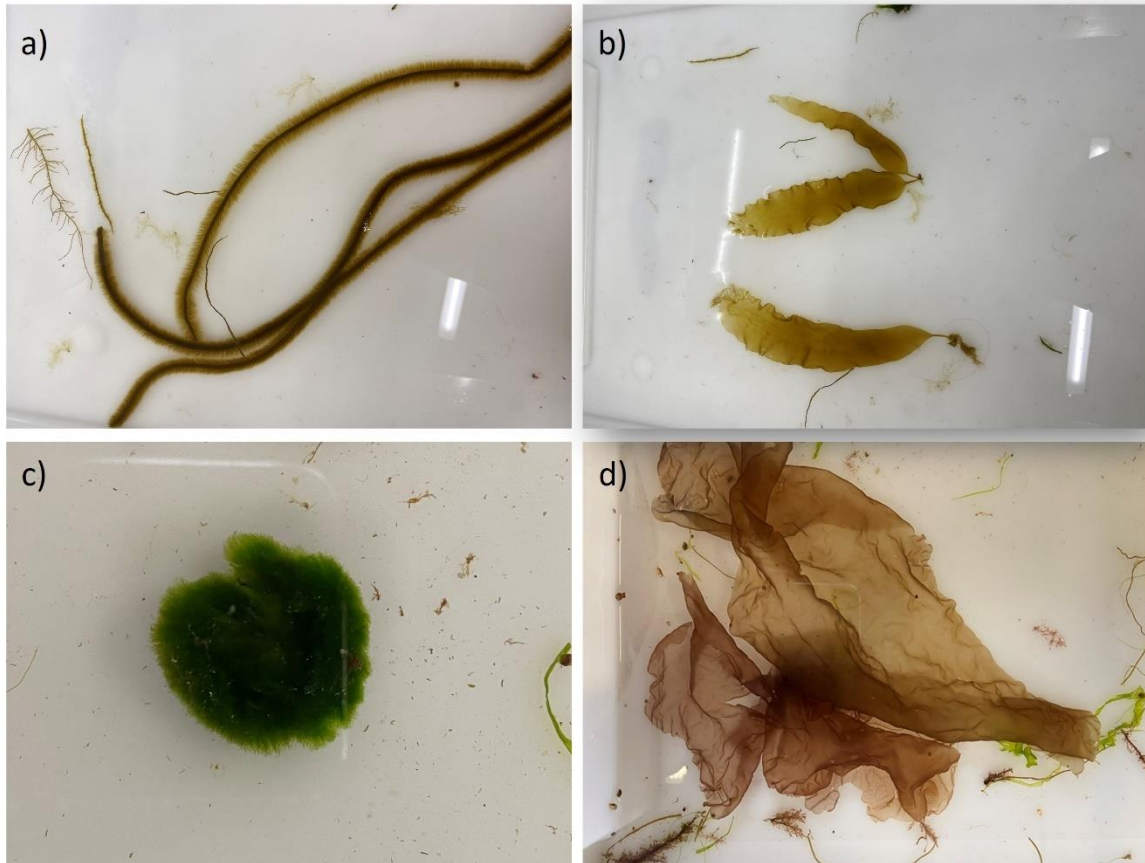
På notpanelet var det lite begroing med unntak av forekomster av buskformede brunalger (Figur 8 a). Panelet fra 0 m skilte seg derfor fra det som ble observert visuelt og vha. ROV. Individuer fra rekken nesledyr tilhørende klassen Hydroider (Hydroida) og individer fra rekken leddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae) ble identifisert fra begroingsmaterialet (Figur 9). Hydroidene satt festet til taren eller på selve nota mens spøkelseskrepsen benyttet klørne til å feste seg på taren og mellom tarebegroingen.



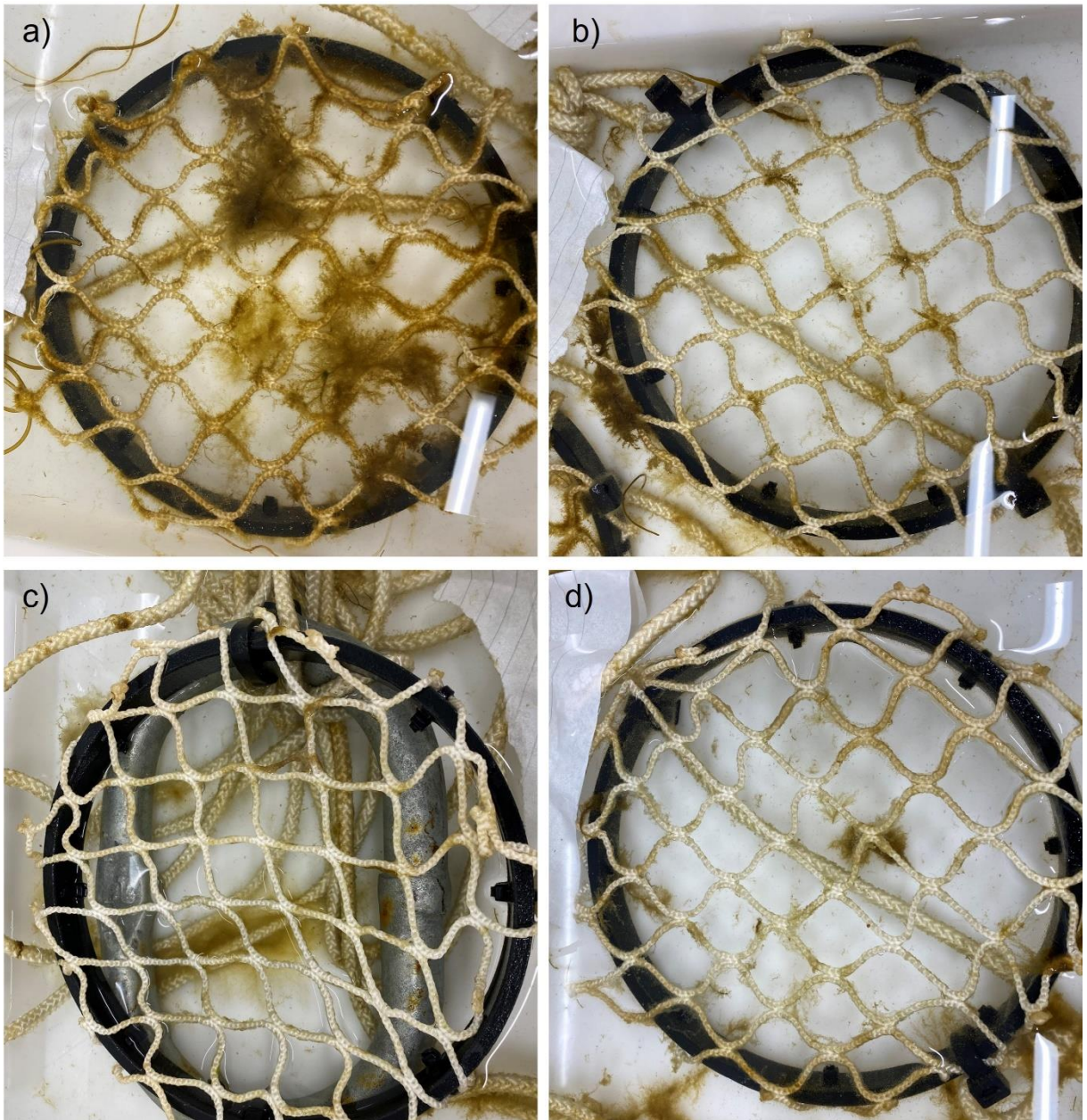
Figur 5 Begroing i overflaten på innsiden av nota fra uttaksmerden



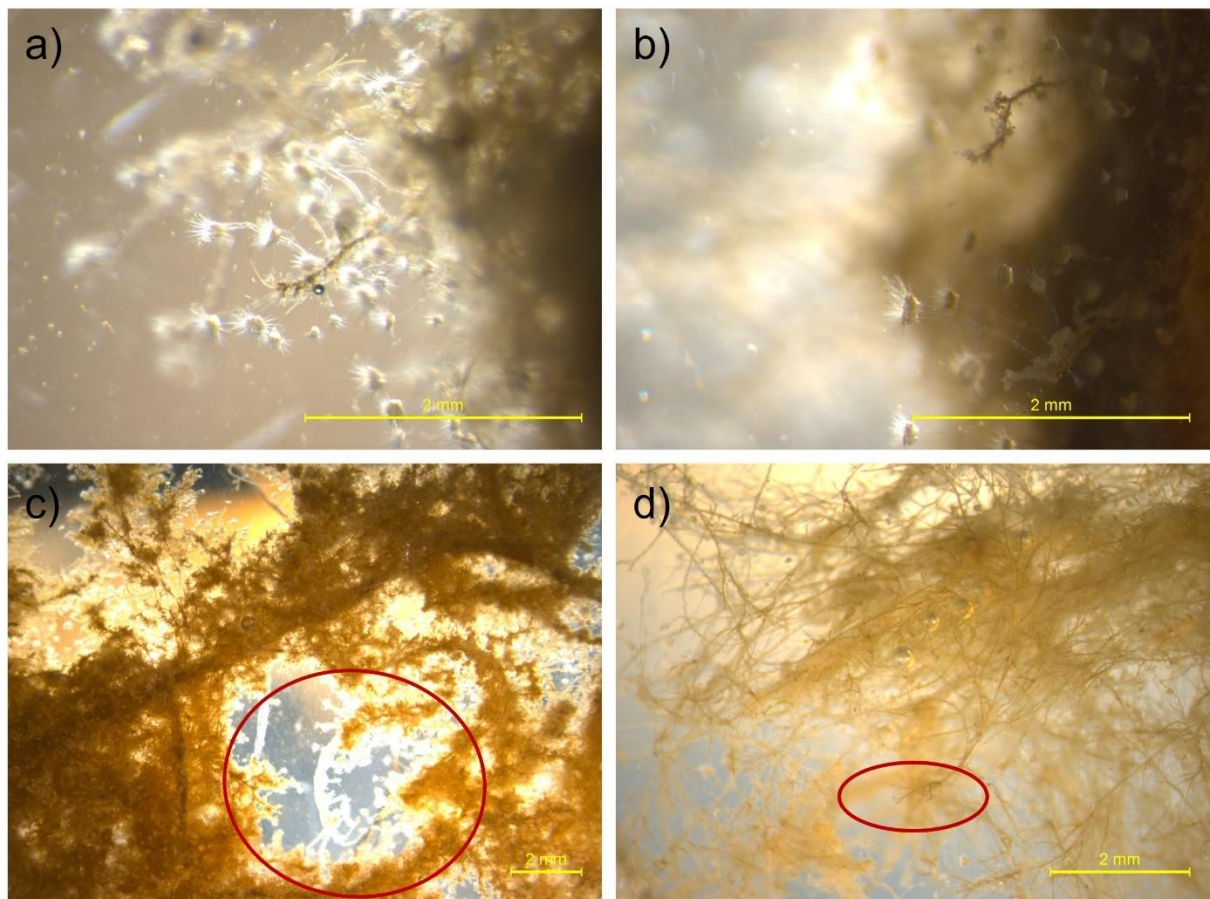
Figur 6 ROV bilde fra uttak 1 24. Juni 2021. Tette lag av makroalger på innsiden av nota i de øverste meterne. Mengden makroalger avtok med økende dybde.



Figur 7 Eksempler på makroalgerbegroing på oppdrettsnota: a) Lodnetau (*Chorda tomentosa*), b) Sukkertare (*Saccharina latissima*), c) Lite Grønndott (*Spongomorpha aeruginosa*) og d) Rødalge (*Rhodophyta*).



Figur 8 Notpanel a) ca 1 m dyp, b) ca 3 m dyp, c) ca 6 m dyp og d) ca 10 m dyp på uttak 1 24. juni 2021.



Figur 9 Eksempler på organismer identifisert fra uttak 1 24. juni 2021 a) og b) Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydrozoa) c) og d) Leddyr tilhørende underordenen: Spøkelseskreps (Caprellidae).

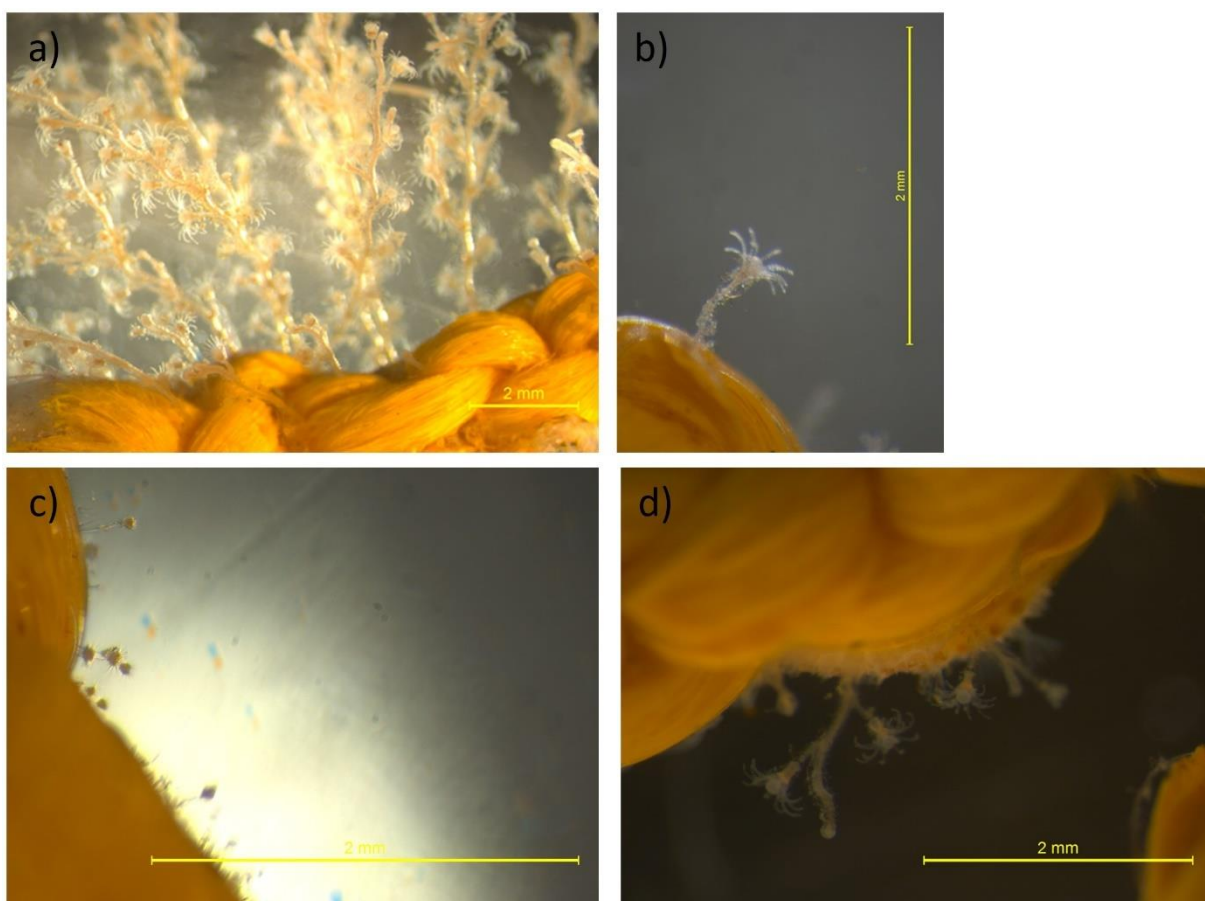
Uttak II: 1. September 2021

Notpanelene ble hentet inn på morgenen den 1. september 2021 før spyling av noten ble igangsatt. Det var heller ikke denne gangen samme mengde makroalger på Notpanelene som ble observert på innsiden av oppdrettsnota, men generelt var panelene mer begrodd sammenlignet med uttak 1.

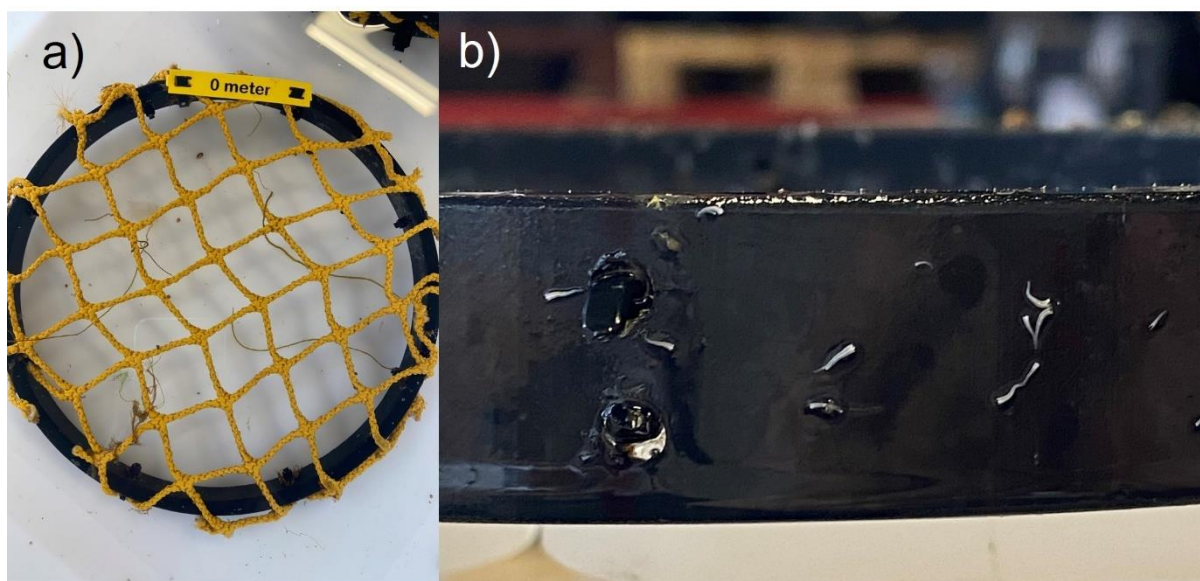
Begroing 0 m

På notpanelet fra 0 m dyp ble det funnet brunalger, nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter (Figur 10), krepsdyr (*Jassa falcata*), snegle fra klassen Gastropoda og ledddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae). Det ble også funnet mangebørstemark fra familien Serpulidae på ringen til notpanelet (Figur 11).

Amfipoden *Jassa falcata* lager rør av avfallsmateriale som den fester på et fast underlag og er en kjent begroingsart også på båter. Rørformasjonene kan etter en tid danne tette matter som kan bli problematiske.



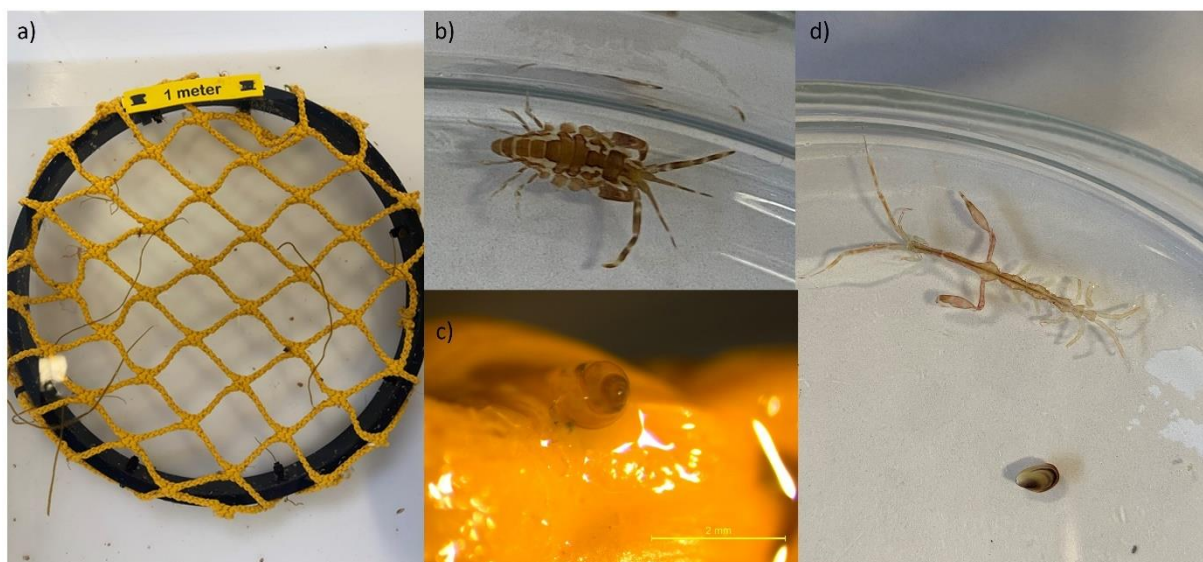
Figur 10 Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 0 m, uttak II, 01. September 2021. a)-d) representerer Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydroida)



Figur 11 a) Notpanel for 0 m dyp b) begroing av mangebørstemark fra familien Serpulidae på ringen til notpanelet.

Begroing 1 m

På notpanelet fra 1 m dyp (Figur 12), ble det funnet nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter, krepsdyr (*Jassa falcata*), snegler fra klassen Gastropoda, små blåskjell (*Mytilus edulis*) og leddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae).

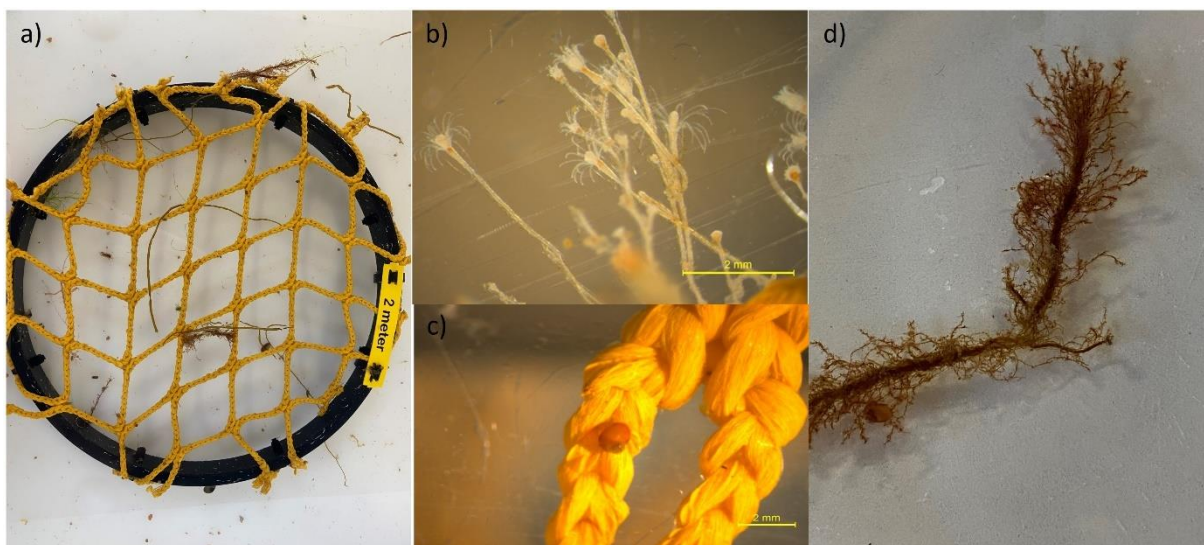


Figur 12 Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 1 m, uttak II, 01. September 2021. a) Notpanel for 1 m dyp b) Krepsdyret, *Jassa falcata*, c) Snegle fra klassen Gastropoda og d) Leddyr tilhørende underordenen: Spøkelseskreps (Caprellidae) og blåskjell (*Mytilus edulis*).

Begroing 2 m

På notpanelet fra 2 m dyp (Figur 13), ble det funnet nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter, krepsdyr (*Jassa falcata*), snegler fra klassen Gastropoda,

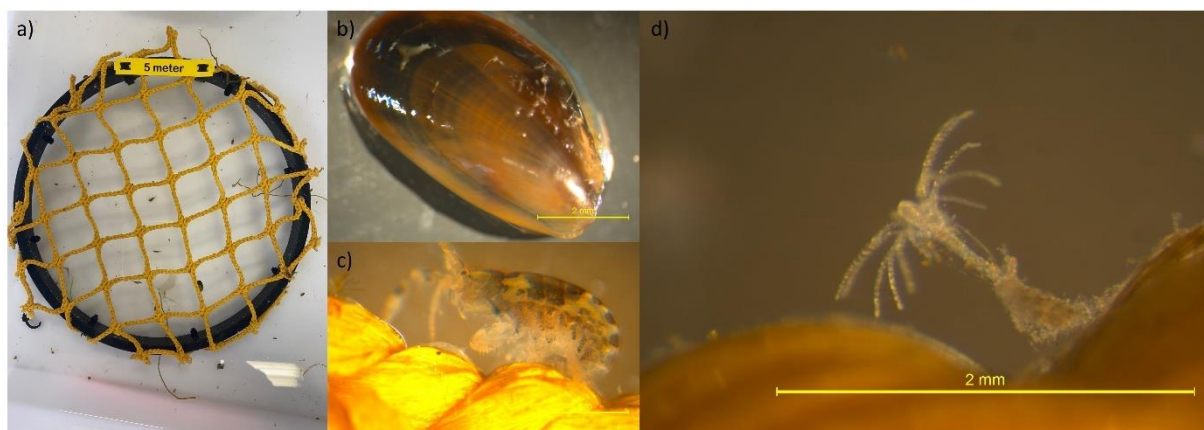
små blåskjell (*Mytilus edulis*), ledddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae) og rødalger (Rhodophyta).



Figur 13 Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 2 m, uttak II, 01. September 2021. a) Notpanel for 2 m dyp b) Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydroida), c) Snegle fra klassen Gastropoda og d) Rødalge (Rhodophyta).

Begroing 5 m

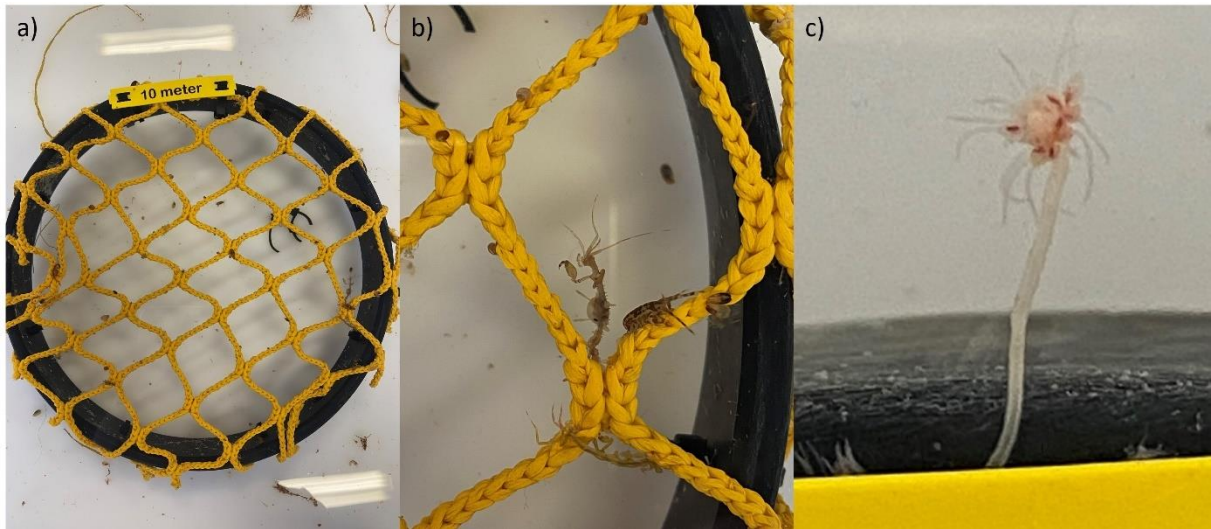
På notpanelet fra 5 m dyp (Figur 14), ble det funnet nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter. Mengden hydrioder var ikke like stor som på 1 m og 0 m dyp. Krepsdyr (*Jassa falcata*) ble funnet sittende flere sammen og gjerne i krysningpunktene til notlinet. Det ble også funnet små blåskjell (*Mytilus edulis*), snegler fra klassen Gastropoda, rødalger (Rhodophyta) og ledddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae). På ringen til notpanelet satt det også her mangebørstemark fra familien Serpulidae.



Figur 14 Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 5 m, uttak II, 01. September 2021. a) notpanel for 5 m dyp b) Blåskjell (*Mytilus edulis*), c) Krepsdyret, *Jassa falcata*, d) Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydroida).

Begroing 10 m

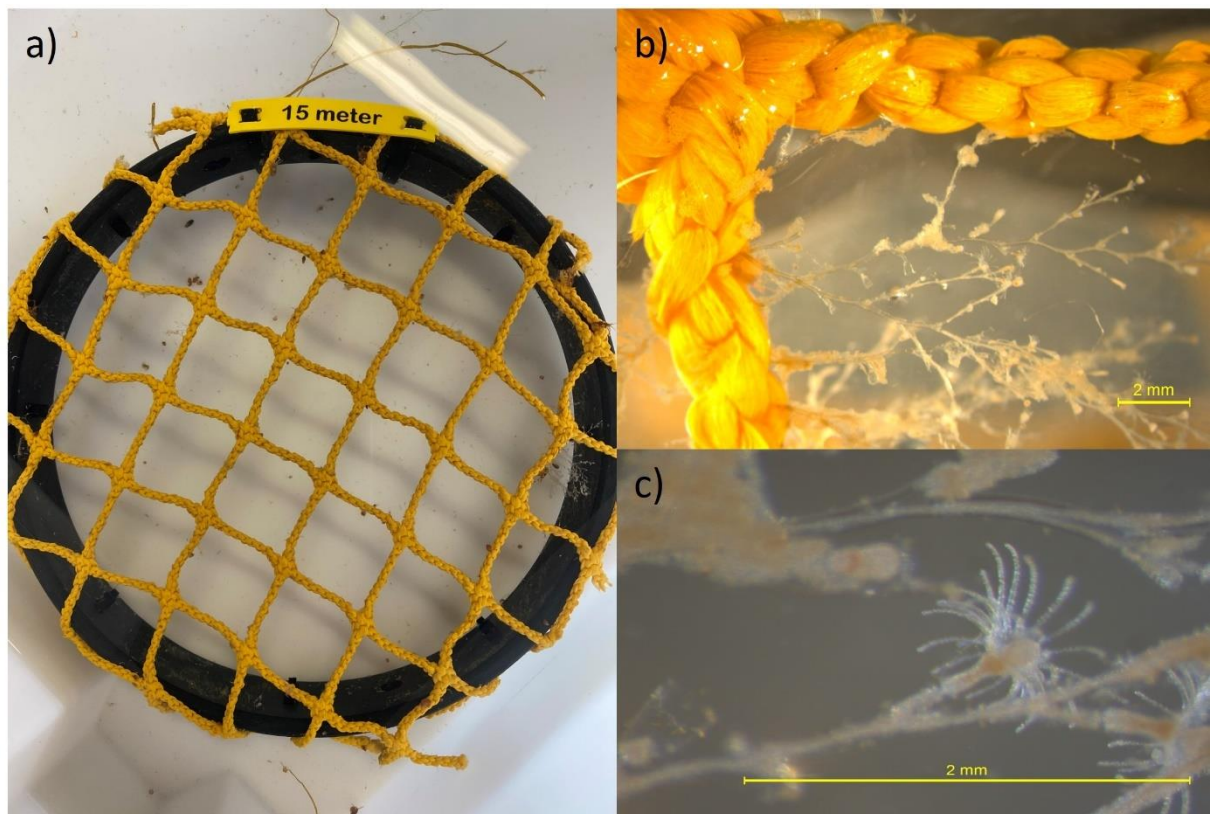
På notpanelet fra 10 m dyp (Figur 15), ble det funnet nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter, krepsdyr (*Jassa falcata*), snegler fra klassen Gastropoda, og ledddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae). Større og mindre eksemplarer av spøkelseskreps og *Jassa falcata* satt sammen i klynger rundt og så ut til å spise av hydroidene på notlinet. Mangebørstemark fra familien Serpulidae ble funnet på ringen til notpanelet.



Figur 15 Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 10 m, uttak II, 01. September 2021. a) notpanel for 10 m dyp b) Flere eksemplarer av krepsdyret *Jassa falcata* og spøkelseskreps (Caprellidae) og c) Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydroida).

Begroing 15 m

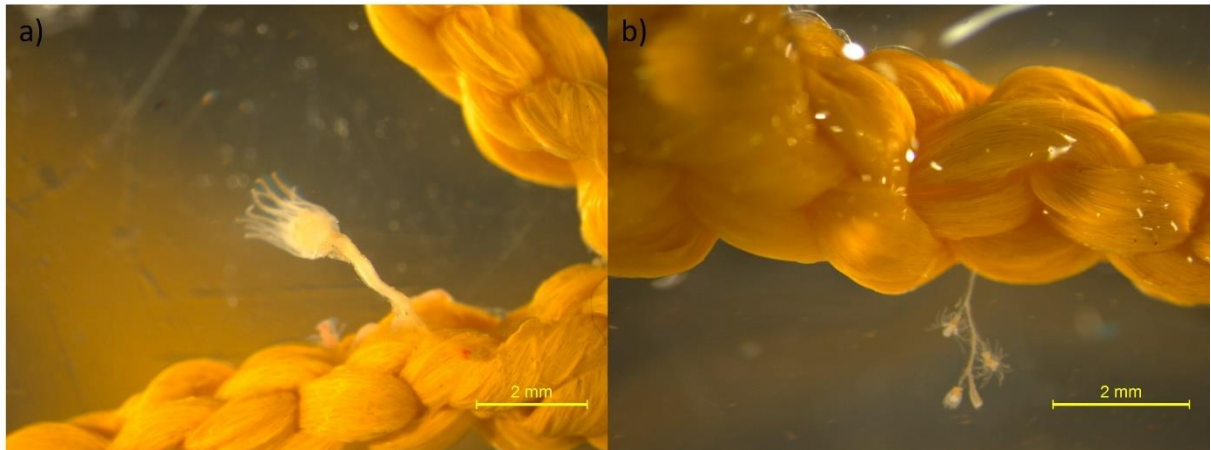
På notpanelet fra 15 m dyp (Figur 16), ble det funnet nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter, krepsdyr (*Jassa falcata*), snegler fra klassen Gastropoda, og leddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae). Det ble også observert blåskjell (*Mytilus edulis*), men i mindre omfang enn fra panelene på grunnere vann.



Figur 16 Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 15 m, uttak II, 01. September 2021. a) Notpanel for 15 m dyp b) og c) Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydroida).

Begroing 20 m

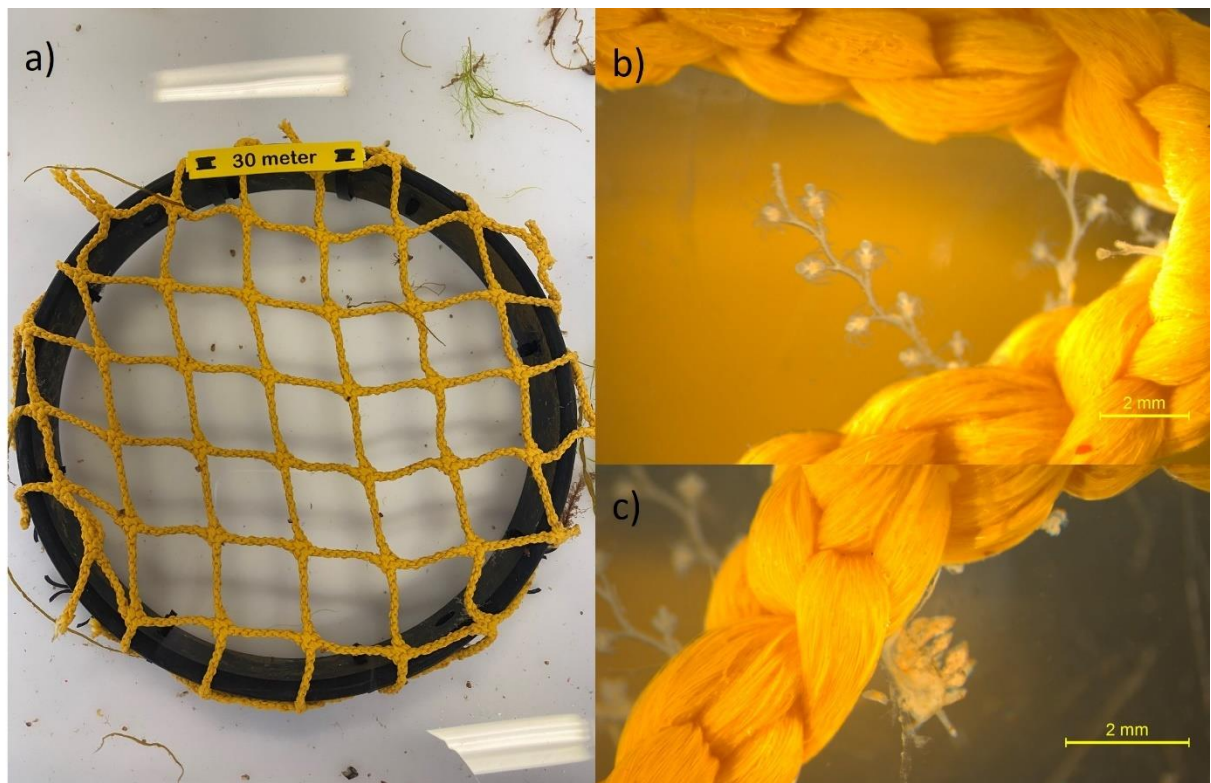
På notpanelet fra 20 m dyp (Figur 17), ble det funnet nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter, et par eksemplarer av små blåskjell (*Mytilus edulis*), leddyr tilhørende underordenen spøkelseskreps (Caprellidae). Mengden begroing og antall forskjellige grupper er avtagende i forhold til grunnere vann.



Figur 17 a) Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 20 m, uttak II, 01. September 2021. a) - b) Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydrozoa).

Begroing 30 m

På notpanelet fra 30 m dyp (Figur 18), ble det funnet nesledyr fra klassen hydroider som mest sannsynlig er flere forskjellige arter, et par eksemplarer av små blåskjell (*Mytilus edulis*), og noen få krepsdyr (*Jassa falcata*). Den nedadgående trenden med færre arter og mindre begroing er også tydelig på 30 m notpanelet.



Figur 18 Eksempler på organismer identifisert fra notpanel på 30 m, uttak II, 01. September 2021. a) notpanel for 30 m dyp, b) Nesledyr tilhørende klassen: Hydroider (Hydrozoa) og c) Nakensengle fra ordenen Nudibranchia.

Oppsummering begroingssamfunn

Oppsettet av notpanelene var forskjellig mellom de to uttakene og kan derfor ikke sammenlignes direkte. For uttak 1 var det innsamling hovedsakelig fra 0-1 m og det vites derfor ikke hvordan artsfordelingen var lengre ned i nota. ROV-bilder fra samme dag viser et tykt lag av makroalger de øverste meterne av nota som avtar med dypet til å bli enkeltindivider av brunalger innimellom.

Biomassen på notpanelene i uttak 2 besto hovedsakelig av fauna fra noen få grupper som var representert i større eller mindre grad over hele dybdeintervallet (0-30 m). Mengden av hver gruppe varierte mellom de øverste dybdene, men hadde en klar nedadgående trend mot dypere vann. Generelt sett var notpanelene ikke tett begrodd og begroingen representert på panelene ville ikke vært til hinder for vanngjennomstrømming i nota.

Makroalger fra brun, rød og grønnalger var dominerende biomasse på innsiden av nota mellom 0-1 m dyp ved begge uttak.

Arter og grupper som ble identifisert fra begroingen er også identifisert i begroingssamfunn fra studier i midt-Norge (Blöecher 2013). Artene Blöecher (2013) identifiserte som topp fem begroingsarter med høyest frekvens var amfipoden *Jassa falcata*, blåskjell (*Mytilus edulis*), hydrioden *Ectopleura larnyx*, en rødalge (*Polysiphonia stricta*) og en gastropod (*Hydrobia* sp.). Amfipoder fra familien Crapellidae er også en vanlig gruppe å finne i begroing av nøter ifølge studiet. Disse funnene samsvarer med våre funn.

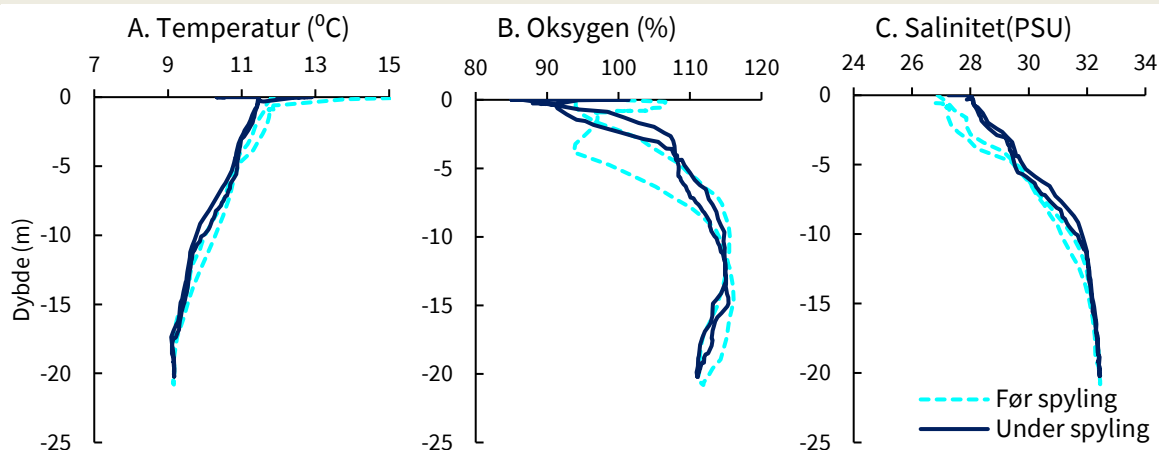
4.2 Effekt av notvask på vannkvalitet

4.2.1 Temperatur, oksygen, salinitet

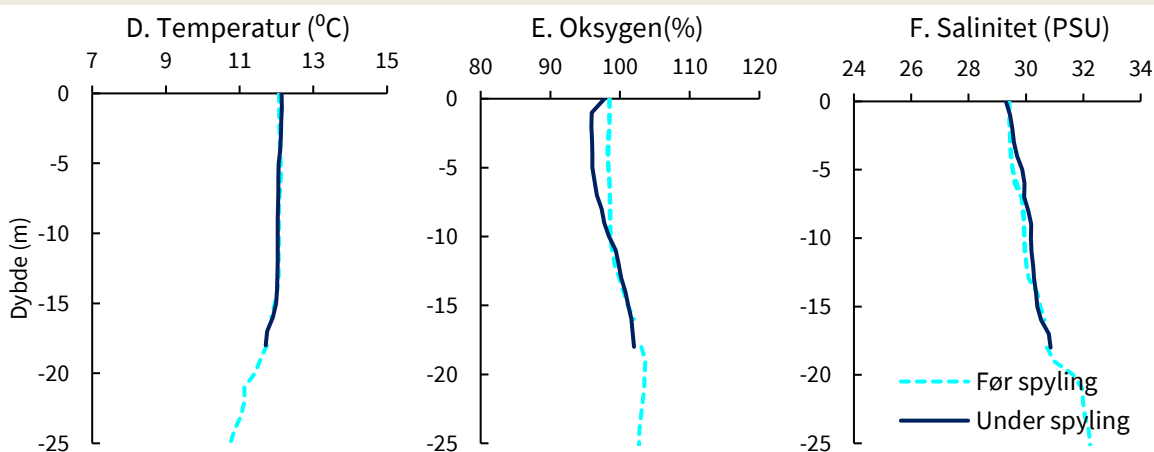
Vertikalprofiler av miljøparametere målt ved hjelp av CTD viser at temperatur, salinitet og oksygenverdier målt ved 0-25 m dyp var innenfor intervaller som regnes som optimale for oppdrett for laks ved de to uttaksdatoene (Noble et al. 2018): Temperatur var mellom 9 og 12 °C, oksygenverdier var mellom 85 og 115 og salinitet (PSU) var mellom 27 og 34. Ved uttak I i juni (uttak I) var det en tydeligere endring i parameterne fra 0 - 20 m enn ved uttak II i september (Figur 19).

Det forventes ikke at notvask påvirker temperatur eller salinitet. Oksygennivå kan potensielt reduseres, som følge av stress og økt oksygenforbruk (Madaro et al. 2018). Sannsynligheten for dette øker med økende biomasse i merden, temperatur og grad av stress, og i perioder med lav vannutskiftning (f.eks. når strømmen snur). Det ble ikke observert reduserte oksygennivå under spyling i juni. I september var oksygennivået noe lavere: 96% O₂, i motsetning til 98% O₂ før spyling. Denne marginale endringen i oksygennivå forventes ikke å påvirke fiskens velferd eller prestasjon (Remen et al. 2012, 2016, Sambraus et al. 2017, 2018).

Uttak I: 24.06.21



Uttak II: 11.09.21

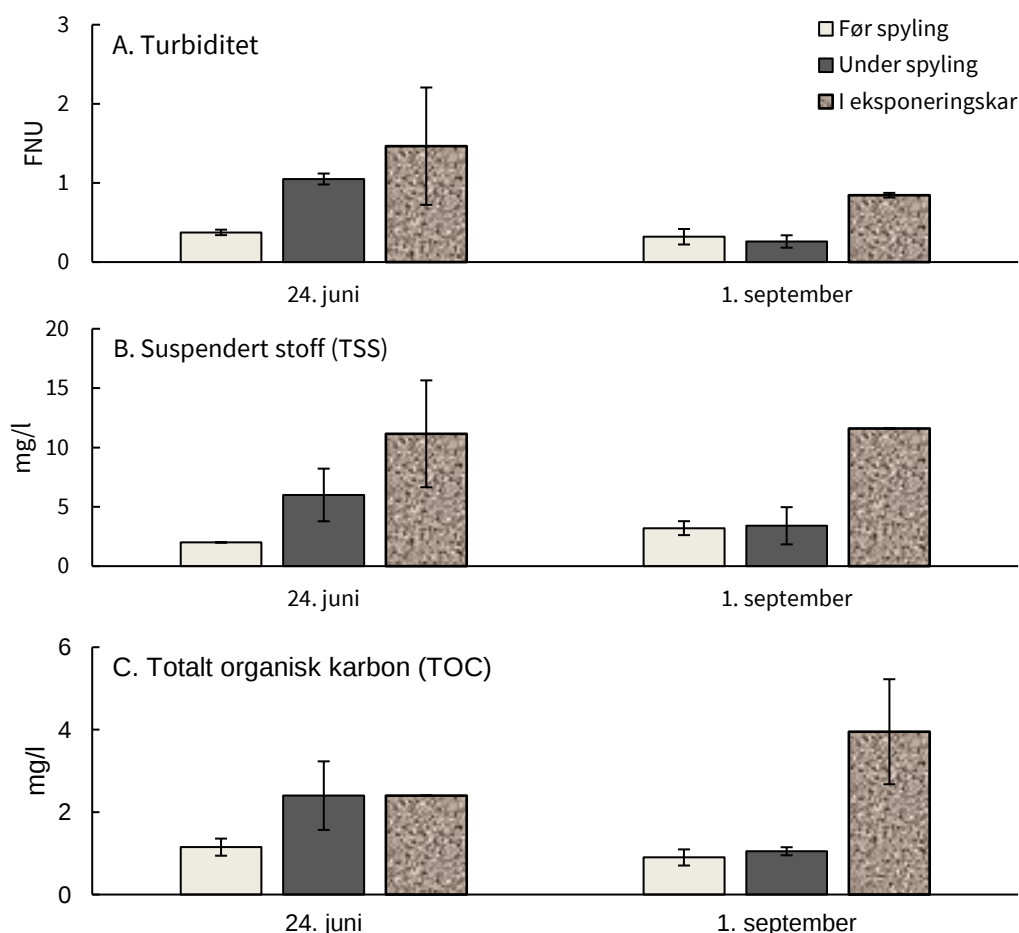


Figur 19 a-f. Profiler av temperatur, oksygen og salinitet målt ved 0-25 m før og under notvask ved hjelp av CTD ved de to uttaksdatoene.

4.2.2 Partikler

Ved uttak I i juni var det en tydelig økning i partikler under spyling sammenlignet med før spyling. Turbiditet (FNU) økte fra 0,4 til 1, mengden suspendert stoff (TSS) økte fra 2 til 6 mg/l og totalt organisk materiale økte fra 1,1 til 2,4 mg/l. Prøvene fra eksponeringskar viste høyere eller sammenlignbare verdier som i merd under notvask. Ved uttak II i september ble det i motsetning til juni ikke observert endring i partikkelnivå under spyling. I eksponeringskaret var det sammenlignbare verdier som ved uttak I (Figur 20).

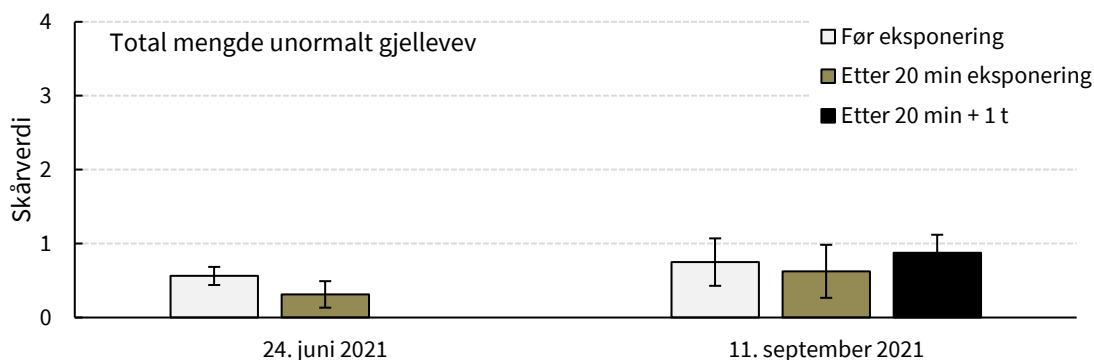
Nivået av partikler, målt som turbiditet, TSS og TOC var i alle tilfeller lavt. Høyeste gjennomsnittsverdi for TSS, som ble målt i eksponeringskar (11,6 mg/l) tilsvarer resultater fra målinger av upåvirket sjøvann i et tidligere studie (13 mg/l; Nilsen et al. 2017). Det er ikke forventet at partikkelmengden som er målt her påvirker fisken negativt. I landbasert oppdrett av postsmolt eller voksen laksefisk, forventes det ikke negative effekter på prestasjon eller gjellehelse ved TSS-nivå opp til 75 mg/l (Thorarensen et al. 2011, Becke et al. 2017, 2018, 2019, Nilsen et al. 2017). Typen partikler kan imidlertid ha betydning. Fragmenter av nesledyr kan føre til skader på gjellevev (Bloecher mfl. 2018). Typen partikler ble ikke kartlagt i dette prosjektet, men resultater fra undersøkelser av begroingsamfunn tilsier ikke at det var høye konsentrasjoner av fragmenter av nesledyr (se 4.1).



Figur 20. Turbiditet (A, FNU), b) suspendert stoff (TSS, mg/l) og c) totalt organisk karbon (TOC, mg/l) målt i vannprøver fra 5 m dybde før og under notspyling, og i eksponeringskar ved de to prøveuttaksdatoene. Søyler viser gjennomsnitt ± 95% konfidensintervall

4.3 Effekt av notvask på gjellehelse

Resultater fra histopatologiske undersøkelser av gjeller viser få skader, både hos fisk som er eksponert for, og som ikke er eksponert for spylevann. Det ble ikke påvist sykdommer. Dette gjelder begge prøveuttak. Gjennomsnittlig skår for total mengde unormalt gjellvev er under 1 ved begge uttak (Figur 21). Skårverdi på 1 representerer grense for mild grad av skade, og 3 representerer grense for alvorlig skade. Flere detaljer fra undersøkelsene er oppsummert i Tabell 2.



Figur 21. Gjennomsnittlig skårverdi ($\pm 95\%$ konfidensintervall) for total mengde unormalt vev observert ved histopatologiske undersøkelser av gjellevev hos laks ($n=8$) før eksponering for spylevann, etter 20 min eksponering, og etter 20 min eksponering og én times restituering i friskt vann.

Ved høytrykksspyling av not, vil det frigjøres hele eller fragmenterte biter av begroingsorganismer, som potensielt kan påføre fisk inne i en merd skader. Gjellevevet vil være spesielt utsatt (Isaksen m.fl. 2016, Herrero m.fl. 2018). I tidligere eksponeringsforsøk med laks er det observert mild grad av gjelleskader (Bloecher m.fl. 2018), og det ble fremsatt en teori om at disse skadene kunne knyttes til tilstedeværelsen av nematocyster (nesleceller) fra hydroider, som var den dominerende begroingsorganismen på notpanelene som ble spylt. I dette prosjektet, var begroingen dominert av brunalger på den øvre delen av nota hvor spylevannet ble hentet fra. Selv om det ble observert hydroider, var det ikke større mengder: nøtene ble vurdert som lite begrodd ved visuell inspeksjon. Det er mulig at kombinasjonen av lave partikkelnivå (se 4.2.2), og lav konsentrasjon av hydroidefragmenter har gjort at spylevannet ikke var like skadelig for gjellevevet til laks som i Bloecher m.fl. (2018). Det er også mulig at eksponeringstid (20 min mot 3 t i Bloecher m.fl.) har spilt en rolle. Mer langvarig eksponering ble vurdert som lite relevant i vårt prosjekt, da det er lite sannsynlig at laks blir tvunget til å oppholde seg i et område av merden med høy konsentrasjon av spylevann i mer enn 20 minutter.

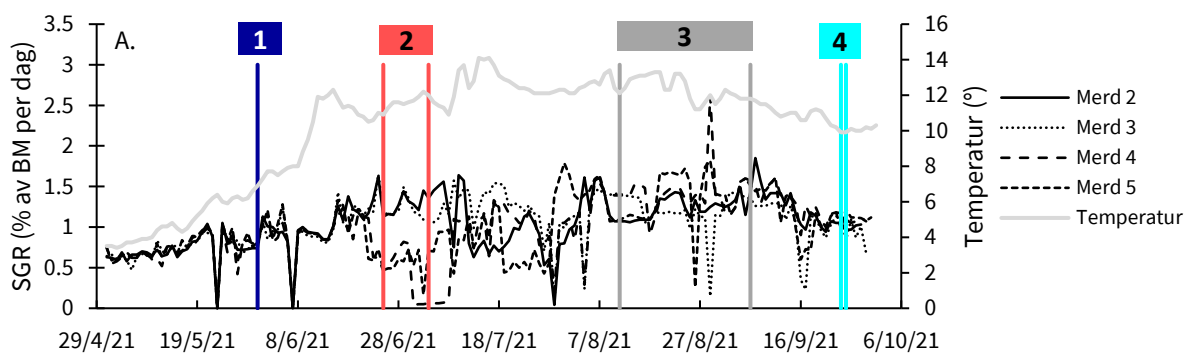
Det ble undersøkt om betennelsesreaksjoner i gjellevev potensielt kunne oppstå over tid, ved å eksponere fisk i 20 minutter, la fisken gå i friskt vann i 60 minutter, for deretter å ta prøver av gjellevev. Dette utgjorde ingen forskjell (Figur 21).

Tabell 2. Resultater fra histopatologisk skåring av gjelleskader. Verdier representerer gjennomsnittskår $\pm$ 95% konfidensintervall.

Parameter	Tid	24. juni	11. september
Total mengde unormalt vev	Før eksponering	0.56 $\pm$ 0.12	0.75 $\pm$ 0.32
	Etter 20 min eksponering	0.31 $\pm$ 0.18	0.63 $\pm$ 0.36
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.88 $\pm$ 0.25
Hyperplasi	Før eksponering	0.13 $\pm$ 0.16	0.38 $\pm$ 0.36
	Etter 20 min eksponering	0.19 $\pm$ 0.18	0.00 $\pm$ 0.00
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.25 $\pm$ 0.32
Betennelse lamella	Før eksponering	0.56 $\pm$ 0.12	0.75 $\pm$ 0.32
	Etter 20 min eksponering	0.31 $\pm$ 0.18	0.13 $\pm$ 0.25
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.38 $\pm$ 0.36
Betennelse filament	Før eksponering	0.56 $\pm$ 0.12	0.00 $\pm$ 0.00
	Etter 20 min eksponering	0.25 $\pm$ 0.19	0.00 $\pm$ 0.00
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.00 $\pm$ 0.00
Sammenlodning/fusjon lamella	Før eksponering	0.31 $\pm$ 0.18	0.13 $\pm$ 0.25
	Etter 20 min eksponering	0.25 $\pm$ 0.19	0.00 $\pm$ 0.00
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.00 $\pm$ 0.00
Karskader (alle)	Før eksponering	0.56 $\pm$ 0.12	0.38 $\pm$ 0.36
	Etter 20 min eksponering	0.31 $\pm$ 0.18	0.63 $\pm$ 0.36
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.63 $\pm$ 0.36
Akutte karskader	Før eksponering	0.00 $\pm$ 0.00	0.50 $\pm$ 0.37
	Etter 20 min eksponering	0.13 $\pm$ 0.16	0.63 $\pm$ 0.36
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.63 $\pm$ 0.36
Tromber og kroniske karskader	Før eksponering	0.00 $\pm$ 0.00	0.38 $\pm$ 0.36
	Etter 20 min eksponering	0.06 $\pm$ 0.12	0.63 $\pm$ 0.36
	Etter 20 min eksp. + 1 t		0.38 $\pm$ 0.36

4.4 Effekt av spyling på appetitt og dødelighet

Temperatur har i perioden forsøket har pågått variert fra ca. fire grader i april og opp mot 14 grader i juli for deretter å synke langsomt ned mot 10 grader i oktober (Figur 22). De fire spyleperiodene er angitt i figuren, og er fargekodet med blått for periode en, rød for periode to, grå for periode tre og turkis for periode fire. Merder er presentert med ulike typer stiplede linjer. Disse kodingene gjelder alle kommende figurer. Temperaturen har innenfor de fire spyleperiodene vært jevn med unntak av periode tre der temperaturen har variert med ca. +/- to grader. I figuren under er "significant growth rate" (SGR) relativt til biomassen i merdene (BM) plottet for merd to til fem i perioden 29.04 21 til 06.10.21. Det var forventet å se klare fall i SGR når det pågikk spyling av nøter, med dertil klare økninger i SGR rett etter en slutført spyling. Resultatet viser at det ikke er noen klare sammenhenger mellom spyling av nøter og SGR. SGR ser ut til å variere naturlig mellom null og opp til to og en halv prosent uavhengig av perioder med spyling. For periode en er det ingen effekt av spyling på noen av merdene. For periode to kan det se ut som det er et dropp for merd fire og fem, mens det for merd to og tre er ingen effekt. For periode tre er det et dropp for merd tre og fire, med en tilhørende økning i SGR for merd fire. Her varierer i tillegg temperaturen med +/- to grader. For de andre merdene er det ingen effekt. For periode fire er det ingen effekt på noen av de fire merdene.

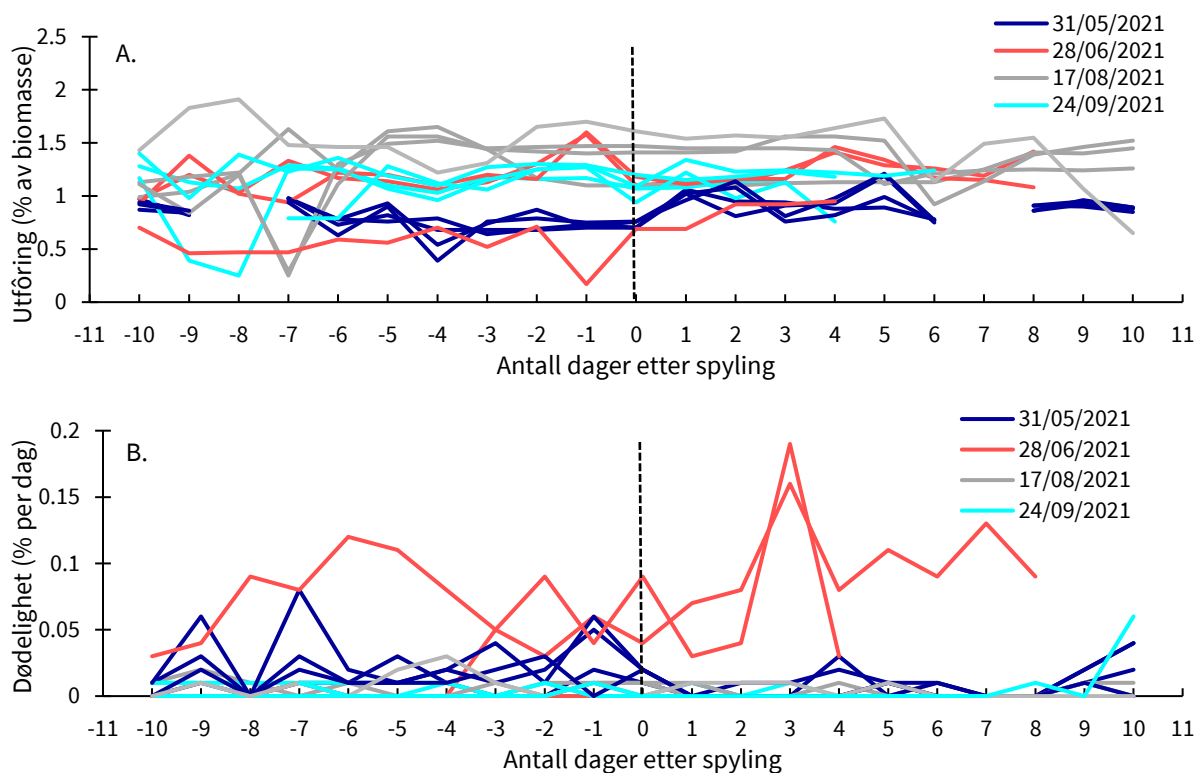


Figur 22 Registrert tilvekst (SGR, % av biomasse per dag) og temperatur i de fire merdene som er brukt i analysen. De fire spyleperiodene er angitt i figuren, med streker som representerer første og siste dag. Strekene representerer også de spesifikke dagene for spyling, da det kun var to spyledatoer per periode.

Utvikling i daglig utfôringsprosent (A) og prosent dødelighet (B) er presentert i Figur 23.

A. Prosent daglig utfôring: For den første spylingen 31.05.21 kan man se en økning i utfôringen rett etter spyling. For de andre spyletidspunktene er det vanskelig å se noen tydelige effekter fra spyling sammenlignet mot den prosentvise daglige utfôringen. Generelt er utfôringsprosenten relativt flat i perioden.

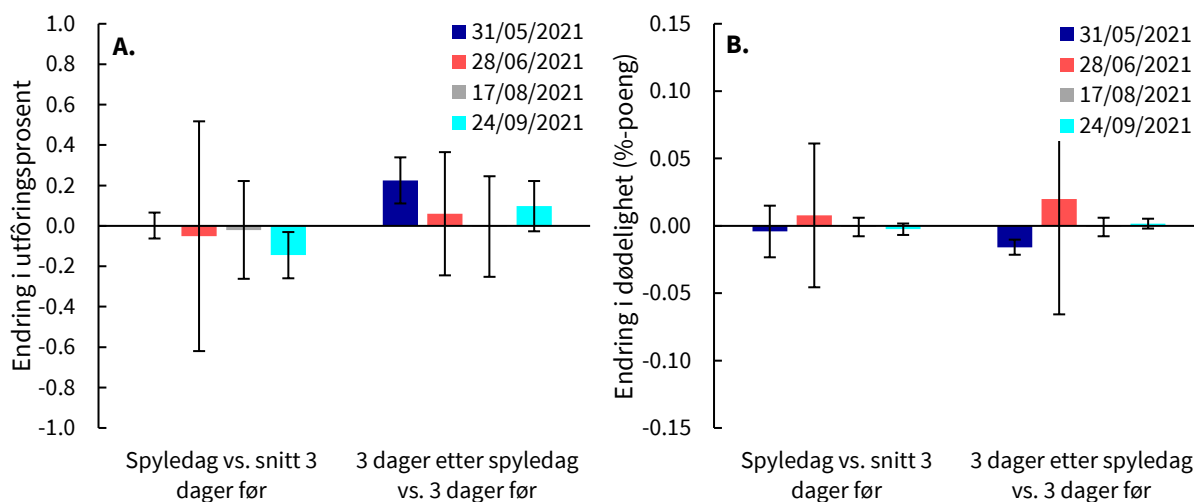
B. prosent dødelighet: Dødeligheten er nært null for alle periodene. Dødeligheten rett etter spyling i perioden 28.06.21 er noe forhøyet sammenlignet med de andre periodene. Den er imidlertid også noe forhøyet før spyling sammenlignet med de andre periodene. Dødeligheten har derfor trolig ingen sammenheng med selve spyleoperasjonen.



Figur 23 Registrert utfôring (A, % av biomasse per dag) og dødelighet (B, % per dag) per enhet i perioden -10 til +10 dager etter spyling (dag 0).

Utvikling i appetitt og dødelighet i dagene før og etter spyling ble analysert for å undersøke spylingens påvirkning på fisken (Figur 24).

- A. Spylingens påvirkning på appetitt: Når man tar hensyn til konfidensintervallene er appetitt på spyledag nær uforandret sammenlignet med tre dager før spyling. Det samme er tilfellet tre dager etter spyledag sammenlignet med tre dager før spyling. Det er trolig en liten appetittøkning rett etter spyling.
- B. Spylingens påvirkning på dødelighet: Differanse mellom dødelighet tre dager før spyling sammenlignet med tre dager etter spyling er også tilnærmet uforandret. Generelt er det en lav dødelighet i disse periodene, nær null.



Figur 24. Differansen i appetitt (A, % av biomasse) og dødelighet (B, % per dag) mellom dagene før spyling og spyledag, samt mellom tre dager før spyling og tre dager etter spyling. Søylene representerer gjennomsnitt $\pm$ 95% konfidensintervall.

5 Konklusjoner

De identifiserte begroingsorgansimene for denne lokaliteten tilhører grupper som også tidligere er rapportert som begroing på oppdrettsnøter. Hovedgruppene identifisert var: Amfipodene *Jassa falcata* og fra familien Crapellidae (spøkelseskreps), blåskjell (*Mytilus edulis*), gastropoder (snegler) og makroalger (grønnalger, brunalger og rødalger).

Fra ROV-video på innsiden av oppdrettsnota på uttak I er det tydelig at notpanelene ikke representerer fullstendig forholdene innenfor nota. Fra uttak II ble det ikke gjort ROV opptak, men et annet oppsett for notpanelene ble gjort og det var større andel begroing på uttak II. At selve notlinet i notpanelene ikke hadde vært behandlet på nøyaktig samme måte som nota med fisken kan ha påvirket mengden begroing.

ROV-bilder ved uttak I viser generelt lite begroing nedover i dypet til sammenligning med det som erfaringsmessig er tilstedeværende andre steder i landet (Midt- Norge og Vestlandet) og da spesielt tettheten av hydroider.

Kartlegging av vannkvalitet i merd under spyling viste at mengden partikler øker under spyling, men det ble ikke observert partikkelmengder som forventes å ha en negativ effekt på fisk. Tilstedeværelse av nesleceller fra hydroider kan føre til skader på gjellevev, men slike skader ble ikke observert i dette forsøket. Det var generelt svært god gjellehelse, og lav gjellskår hos samtlige undersøkte fisk.

Mengden nesleceller ble ikke målt, men det forventes ikke høye nivå ut ifra visuelle observasjoner av begroing på nota. Andre miljøparametere (temperatur, oksygen og salinitet) tilsier at det var gunstige miljøforhold for laks i observasjonsperioden.

Data vi har mottatt på appetitt og dødelighet viser at der er små forskjeller mellom dødelighet og appetitt før og etter spyling. Fisken ser ikke ut til å la seg påvirke av spyleprosessen i betydelig grad, basert på appetitt og dødelighet.

Oppsummert tyder resultater fra denne studien på at notspyling ikke har påvirket fisken negativt. Fraværet av observerbare, negative effekter på fisk kan ha sammenheng med at fisken i liten grad ble eksponert for skadelig spyleavfall i store nok konsentrasjoner over lang nok tid.

6 Referanser

- Bannister, J., Sievers, M., Bush, F. og Bloecher, N. (2019). Biofouling in marine aquaculture: a review of recent research and developments. *Biofouling*, 35(6), 631-648.
- Becke, C., Schumann, M., Steinhagen, D., Geist, J., & Brinker, A. (2018). Physiological consequences of chronic exposure of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to suspended solid load in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 484, 228-241.
- Becke, C., Steinhagen, D., Schumann, M., & Brinker, A. (2017). Physiological consequences for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) of short-term exposure to increased suspended solid load. *Aquacultural Engineering*, 78, 63-74.
- Becke, C., Schumann, M., Steinhagen, D., Rojas-Tirado, P., Geist, J., & Brinker, A. (2019). Effects of unionized ammonia and suspended solids on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 499, 348-357.
- Bloecher, N., 2013. Biofouling in the Norwegian Salmon Farming Industry. Doctoral thesis, NTNU. ISBN 978-82-471-4778-8.
- Bloecher, N., Floerl, O. og Sunde, L.M. (2015). Amplified recruitment pressure of biofouling organisms in commercial salmon farms: potential causes and implications for farm management. *Biofouling*, 31(2), 163-172.
- Bloecher, N., Powell, M., Hytterød, S., Gjessing, M., Wiik-Nielsen, J., Mohammad, S. N., Johansen, J., Hansen, H., Floerl, O., Gjevre, A. G. (2018). Effects of cnidarian biofouling on salmon gill health and development of amoebic gill disease. *PloS one*, 13(7), e0199842.
- Bloecher, N., Frank, K., Bondø, M., Ribicic, D., Endresen, P.C., Su, B. og Floerl, O. (2019). Testing of novel net cleaning technologies for finfish aquaculture. *Biofouling*, 1-13. Doi: 10.1080/08927014.2019.1663413
- Boero, F. (1984). The ecology of marine hydroids and effects of environmental factors: a review. *Mar. Ecol.* 5, 93–118.
- Cegolon, L., Heymann, W. C., Lange, J. H., & Mastrangelo, G. (2013). Jellyfish stings and their management: a review. *Marine drugs*, 11(2), 523-550.
- Guenther J., Misimi E. og Sunde L.M. (2010). The development of biofouling, particularly the hydroid *Ectopleura larynx*, on commercial salmon cage nets in Mid-Norway. *Aquaculture*. 300:120–127. doi: 10.1016/j.aquaculture. 2010.01.005.
- Helmholz, H., Johnston, B. D., Ruhna, C., Prange, A. (2010). Gill cell toxicity of northern boreal scyphomedusae *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita* measured by an in vitro cell assay. In *Jellyfish Blooms: New Problems and Solutions* (pp. 223-234). Springer, Dordrecht.
- Herrero, A., Thompson, K.D., Ashby, A., Rodger, H.D. og Dagleish, M.P. (2018). Complex gill disease: an emerging syndrome in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of comparative pathology*, 163, 23-28.
- Hytterød, S., Kristoffersen, A.B., Darrud, M., Kolstø, S., Mo, T.A., Blindheim, S.H., Eide, S.H. og Andersen, L. (2018). Rapport 19 – 2018. Enhetlig gjellescoring basert på data fra eksperimentelle forsøk og oppdrettsanlegg for laks. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901333/>.
- Intrafish (2017) <https://www.intrafish.no/nyheter/-notspyling-gir-darlig-gjellehelse/2-1-81813>.
- Isaksen, T.E., Andersen, L., Duesen, H., Plarre, H. og Ulrik, U. (2016). Hva slags smitterisiko utgjør begroingsorganismer? *Norsk Fiskeoppdrett* 08-16. https://issuu.com/molvikgrafisk/docs/nf_2016_nr8/38.
- Lane, A. og Willemsen, P.R. (2004). Collaborative effort looks into biofouling. *Fish Farming Int* September 2004: 34–35.
- Madaro, A., Folkedal, O., Maiolo, S., Alvanopoulou, M., & Olsen, R. E. (2018). Effects of acclimation temperature on cortisol and oxygen consumption in Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolt exposed to acute stress. *Aquaculture*, 497, 331-335.
- Napsøy, E. (2020) Effekt av ulike notbehandlingsmetodar på fiskens gjellehelse. Masteroppgave, Institutt for biovitenskap, UiB (FHF prosjekt nr. 901514).

- 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.
- Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J., Gismervik, K. (2018). Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare. ISBN 978-82-8296-556-9 <https://nofima.no/en/fishwell/>
- Olafsen T. (2006). Kostnadsanalyse av ulike begroingshindrende strategier. SINTEF Fisheries and Aquaculture, Doc. nr. SFH80 A066041.
- Remen, M., Oppedal, F., Torgersen, T., Imsland, A. K., Olsen, R. E. (2012). Effects of cyclic environmental hypoxia on physiology and feed intake of post-smolt Atlantic salmon: initial responses and acclimation. *Aquaculture*, 326, 148-155.
- Remen, M., Sievers, M., Torgersen, T. & Oppedal, F. (2016). The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature- dependent. *Aquaculture* 464, 582-592.
- Sambraus, F., Olsen, R. E., Remen, M., Hansen, T. J., Torgersen, T., & Fjelldal, P. G. (2017). Water temperature and oxygen: The effect of triploidy on performance and metabolism in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolts. *Aquaculture*, 473, 1-12.
- Sambraus, F., Remen, M., Olsen, R. E., Hansen, T. J., Waagbø, R., Torgersen, T., Lock, J.e., Imsland, A., Fraser, W.K., Fjelldal, P. G. (2018). Changes in water temperature and oxygen: the effect of triploidy on performance and metabolism in large farmed Atlantic salmon. *Aquaculture Environment Interactions*, 10, 157-172.
- Thorarensen, H., & Farrell, A. P. (2011). The biological requirements for post-smolt Atlantic salmon in closed-containment systems. *Aquaculture*, 312(1-4), 1-14.