

Aquatraz:

Halvårsrapport for biologiprogram – merdgenerasjon 2 på Kyrøyene

Dokument nr.: AQT-MNH-BIO-006



Aquatraz 3 på pongtonger under klargjøring. Foto: Steinar Johansen

Rev	Dato	Bakgrunn for utgivelse	Laget av	Sjekket av	Godkjent av
0	05.06.2020	Halvårsrapport merdgenerasjon 2 i henhold til plan.	TS	SH	RE

Aquatraz: Halvårsrapport for biologiprogram – merdgenerasjon 2 på Kyrøyene

Forfattere

Forfattere er kreditert på hvert kapittel eller underkapittel. Alle forfattere er tilknyttet biologidelen av Aquatrazprosjektet og er engasjert av Midt-Norsk Havbruk til å bistå med dokumentasjon av merdkonseptet.

Redaktør

Torolf Storsul, Arnfinn Aunsmo, Alf S. Dalum, Sturla Romstad, Henning Urke, Sara Calabrese og Thomas Larsson.

Sendt inn til Fiskeridirektoratet og Mattilsynet 05.06.2020

Samarbeidspartnere i prosjektet

BARKBEKKEN 

PHARMAQ
Analytiq

PHARMAQ
part of zoetis



 NTNU

THELMA  BIOTEL


Norsk institutt for vannforskning

 Nofima

 PATOGEN



Veterinær Sturla Romstad

Innhold

1. Oppsummering.....	5
2. Innledning.....	7
3. Forkortelser og definisjoner	8
4. Produksjonseffektivitet – analyse av sentrale produksjonsparametere.....	9
4.1. Formål og bakgrunn	9
4.2. Foreløpige resultater	9
5. Velferdsvurderinger	11
5.1. Formål og bakgrunn	11
5.2. Metodikk	11
5.3. Resultater og diskusjon	12
6. Helseovervåking med vekt på gjellehelse og hjertehelse	13
6.1. Formål og bakgrunn	13
6.2. Foreløpige resultater.....	13
6.2.1 Gjellehelse	14
6.2.2 Hjertehelse	15
7. Lakselus	16
7.1. Formål og bakgrunn	16
7.2. Lusesituasjonen på lokaliteten og i sonen	16
7.3. Resultater fra Aquatrazmerden og kontrollmerden	17
7.4. Kommentar.....	18
8. Adferd og akustisk telemetri	19
8.1. Formål og bakgrunn	19
8.2. Metodikk	19
8.2.1. Akustisk fisketelemetri	19
8.2.2. Waveletanalyser.....	20
8.3. Resultater	21
8.3.1. Akustisk fisketelemetri	21
8.3.2. Waveletanalyser.....	21
8.4. Videre arbeid	24
8.5. Oppsummering.....	24
9. Vannkvalitet, dyreplankton og mikroalger.....	25
9.1. Formål og bakgrunn	25
9.2. Vannkvalitet.....	25
9.2.1. Sensordata.....	25
9.2.2. Labanalyser vannkjemi	28

9.3.	Dyreplankton/ lakselus i planktontrekk	29
9.4.	Mikroalger	30
10.	Produktkvalitet	32
10.1.	Bakgrunn og formål	32
10.2.	Materiale og metode	32
10.3.	Resultater	32
11.	Referanser	36
12.	Vedlegg	38
12.1.	Velferdsscoringer	38

1. Oppsummering

Denne rapporten oppsummerer biologidelen av Aquatrazprosjektet for merdgenerasjon 2 av Aquatraz. Dette er en del av et utviklingstillatelsesprosjekt der Seafarming Systems eier konseptet, Midt-Norsk Havbruk oppdretter fisk i merden og bidrar med innspill, mens flere partnere har bidratt med undersøkelser og vurderinger.

Hensikten med et biologiprogram er å dokumentere resultater for Aquatrazmerden, se etter forskjeller mot konvensjonell merd, samt gi innspill til videreutvikling av merdkonseptet og senere biologiprogram. Programmet som denne rapporten oppsummerer første halvår av, er knyttet til lokaliteten 30076 Kyrøyene og perioden 28.10.2019 til 30.04.2020, for lus også litt lenger.

Endelige vurderinger og funn blir først diskutert i sluttrapporten. Denne halvårsrapporten oppsummerer hva som er gjort og sentrale funn så langt i programmet. Undersøkelser er stort sett gjort i henhold til programmet, med noen mindre avvik som er kommentert under det enkelte kapittel.

Vurderinger og hovedfunn så langt kan kort oppsummeres slik:

- Produksjonseffektiviteten er oppsummert ut fra beregnede tall, da det ikke er slaktet noe på tidspunktet denne halvårsrapporten skrives. Det er også flere andre faktorer som bidrar til en viss usikkerhet, og videre vurderinger vil gjøres i forbindelse med sluttrapporten. Mer informasjon om dette finnes i kapittel 4.
- Operative velferdsindikatorer på individnivå er fulgt opp månedlig, med unntak av mars 2019 da det var restriksjoner på besøk på lokaliteten grunnet covid-19-pandemien. Det er ingen store ulikheter mellom fisken i Aquatrazmerden og fisken i konvensjonell merd, annet enn det som kan relateres til håndtering og avlusing. Det betyr at det så langt ikke er indikasjoner på systemforskjeller mellom Aquatrazmerd og konvensjonell merd som har betydning for de velferdsindikatorerne som er vurdert. Mer informasjon om dette finnes i kapittel 5.
- Det er indikasjoner på bedre gjellehelse i Aquatrazmerden enn i kontrollmerden, mens det ikke er vesentlige forskjeller i hjertehelsen mellom de to produksjonssystemene. Mer informasjon om dette finnes i kapittel 6.
- Det har vært et betydelig smittepress av lakselus på lokaliteten, og det har vært behov for flere behandlinger for å holde lusetallene nede. Dette gjelder både Aquatrazmerden og kontrollmerden. Mer informasjon om dette finnes i kapittel 7.
- Adferd er vurdert ved hjelp av akustisk telemetri. Det er gjort en foreløpig sammenligning mellom Aquatrazmerden og kontrollmerden, og noen funn er også sammenholdt med det man fant i forrige biologiprogram. Endelige analyser blir gjort i forbindelse med sluttrapport. Mer informasjon om dette finnes i kapittel 8.

- Vannkvalitet er undersøkt med ulike mål og metoder. Det er så langt ikke sett systematiske forskjeller i algemengde eller artssammensetning. Det er gjennomført håvtrekk med planktonhåv, der det er funnet noen luselarver i både Aquatrazmerden og kontrollmerden, uten at man kan si at det er forskjeller mellom de to systemene. Med hensyn til oksygen, temperatur og salinitet er det noen mindre forskjeller, videre analyser av dette vil gjøres i sluttrapporten. Mer informasjon om dette finnes i kapittel 9.
- Produktkvalitet er så langt vurdert uten at man har funnet vesentlige forskjeller mellom fisk fra Aquatrazmerden og fisk fra kontrollmerden. Mer informasjon om dette finnes i kapittel 10.

2. Innledning

Aquatraz er ei semilukket stålmerd hvor Seafarming Systems har utviklet og eier konseptet, mens Midt-Norsk Havbruk har fire utviklingstillatelser for å utvikle merden i samarbeid med Seafarming Systems, fra konsept til kommersiell merd.

I tråd med målkriterie 8.1 i tilsagnsbrevet fra Fiskeridirektoratet, dokumenteres produksjonen i henhold til avtalt måleprogram. Dette måleprogrammet er regulert i målkriterie 7.1. i tilsagnsbrevet. Det vises i forbindelse med denne halvårsrapporten til tidligere leverte måleprogram "Aquatraz: Program for å dokumentere biologiske resultater i driftsfasen – versjon 2 på Kyrøyene" med siste revisjon 26.02.2020. For å ha med seg historikken i hele biologiprojektet kan man gå til biologiprogrammet som var knyttet til pilotmerden i Eiterfjorden, med tilhørende halvårsrapport og sluttrapport.

Denne halvårsrapporten for måleprogrammet på Kyrøyene oppsummerer biologien så langt i utsettet. Fram til fisken er utslaktet vil det være usikkerhet knyttet til en del tall som gjør at det er begrenset hva man kan konkludere på i denne rapporten. Endelig oppsummering vil komme i sluttrapporten for merdgenerasjon 2.

Det er satt opp noen suksesskriterier for hele Aquatrazprosjektet, som kan ses i sammenheng med søknaden om utviklingstillatelser. Disse kan oppsummeres slik:

- Bedre fiskehelse og fiskevelferd:
 - Bedre hjertehelse og kondisjon
 - Bedre gjellehelse
 - Ikke behov for avlusing
 - Lavere stressnivå og skaderisiko ved trenging
 - Bedre velferd og lavere dødelighet
- Bedre produktkvalitet
- Rømningsikker teknologi
- Forbedret HMS
- Høyere effektivitet/ økonomisk foretrukket teknologi

Disse kriteriene har lagt grunnlaget for hvordan biologiprogrammet er bygd opp, og hensikten er todelt: Dokumentasjon av resultatene, samt å kunne gi et grunnlag for videre utvikling av Aquatrazmerden. I biologiprogrammet er det jobbet med dokumentasjon knyttet til fiskehelse, fiskevelferd og produktkvalitet, samt effektivitet i produksjonen. De andre punktene dekkes av den tekniske delen av det samlede Aquatrazprosjektet, og er ikke beskrevet i biologiprogrammet.

Programmet som har pågått på Kyrøyene startet 28./ 29.10.2019, da det ble flyttet inn fisk på ca. 1,7 kg snittvekt fra konvensjonelle merder til Aquatrazmerden og en kontrollmerd på lokaliteten 30076 Kyrøyene. Fisken har opprinnelse i samme smoltanlegg, og var satt ut på samme tidspunkt og ellers med så lik historikk som praktisk mulig. Aquatrazmerden har 8 meter stålskjørt og kontrollmerden er en konvensjonell 160-metring med 8 meter skjørt av presenning. Det er ikke rensefisk i Aquatrazmerden eller kontrollmerden.

Rapporten er bygd opp rundt disposisjonen fra biologiprogrammet og den oppsummerer de viktigste funnene så langt.

3. Forkortelser og definisjoner

I rapporten brukes det noen forkortelser som defineres og forklares slik:

Merdgenerasjon

Merdgenerasjon beskriver at det har skjedd omfattende endringer av merdkonseptet med hensyn til struktur og/ eller funksjon. I utviklingsfasen vil det være slik at hver ny generasjon av merden vil ha et biologiprogram knyttet til seg, slik at generasjon og biologiprogram vil ha parallelle nummer.

Merdgenerasjon forkortes slik:

- AG1
- AG2
- AG3
- Osv.

Aquatrazmerd

Hver merd har et unikt navn / forkortelse, som følger leveringsnummer slik:

- Aquatraz 1 / AQT1
- Aquatraz 2 / AQT2
- Aquatraz 3 / AQT3
- Osv.

Så langt er det slik at AQT1 og AQT2 er av AG1, AQT3 er eneste merd i AG2, mens AQT4 ser ut til å bli eneste merd i AG3.

Kontrollmerd

Ved hvert av biologiprogrammene hittil har noe fisk av samme opprinnelse blitt plassert i en konvensjonell merd og brukt som sammenligningsgrunnlag. I tidligere dokumenter har ulike begreper blitt brukt. I denne rapporten brukes:

- Ordet kontrollmerd
- Forkortelse KTR

Biologiprogram

Et biologiprogram knyttes til første merd i hver generasjon. Biologiprogram forkortes slik:

- BP1: gjennomført på lokalitet Eiterfjorden på V18-generasjon fisk
- BP2: gjennomføres på lokalitet Kyrøyene på V19-generasjon fisk
- BP3: skal gjennomføres på lokalitet Årsetfjorden på V20-generasjon fisk
- Osv.

4. Produksjonseffektivitet – analyse av sentrale produksjonsparametere

Av: Arnfinn Aunsmo, DVM PhD, Barkbekken AS

4.1. Formål og bakgrunn

I dagens laksenæring er produksjonskostnad (kr/kg) samt resultat (overskudd) svært knyttet til «biologiske prestasjoner» eller utnyttning av det biologisk potensiale til laksen i merdene. For at nye teknologier skal bli mer kostnadseffektive eller mer miljøvennlige enn tradisjonell teknologi er det nærmest en forutsetning at de biologiske prestasjonene forbedres. Ny teknologi er sjelden optimal ved første forsøk slik at en videreutvikling og optimalisering av teknologi er nødvendig for å ta ut teknologiens potensiale. I en slik utviklings- og optimaliseringsammenheng er det avgjørende å vite hva som gir mest effekt og til en lavest mulig kostnad. Det vil si at ressurser bør brukes der de gir mest tilbake i form av kg og kroner per investert krone. I denne halvårsrapporten oppsummeres de viktigste foreløpige resultatene, men det gjøres oppmerksom på at disse tallene i stor grad er basert på beregnede tall. Endelig oppsummering vil gjøres i sluttrapporten som blir basert på slaktedata.

4.2. Foreløpige resultater

Det er gjort en sammenligning av sentrale produksjonsparametere i BP1 på Eiterfjorden med BP2 på Kyrøyene.

Tabell 4.1: Sentrale produksjonsparametere ved slutt av BP1 og midtveis i BP2.

Variabler	BP1 slutt		BP2 midtveis	
	AQT1	KTR	AQT3	KTR
Utsettsdato smolt sjø	07.05.2018	07.05.2018	03.05.2019	03.05.2019
Overflytting AQT/KTR	16.10.2018	16.10.2018	30.10.2019	30.10.2019
Antall overflyttet	183 581	120 583	304 469	151 274
Vekt overflytting kg	1,62	1,78	1,68	1,81
Døde % i perioden	2,05	3,39	3,06	5,52
Slaktedato (siste)	16.08.2019	18.07.2019		
Slaktevekt/ status 1. mai kg	5,14	5,04	3,74	4,16
VF3 akkumulert	2,52	2,52	3,31	3,56
Tetthet max/1. mai kg/m ³	18,55	20,29	21,2	14,2
bFF	1,33	1,41	1,11	1,13
øFF			1,16	1,22
Avlusinger	0	0	2	3

BP2 går etter et skjema svært likt BP1 med utsett av smolt først i mai og overflytting til Aquatraz-programmet i oktober. Vekt ved overflytting er lik med ca. 1,6 kg i AQT (1 og 3) og ca. 1,8 kg i KTR. Dødelighet var svært lav i BP1 med 2-3% dødelighet. Dødelighet er allerede høyere i BP2, dødelighet anses allikevel som moderat.

Akkumulert tilvekst var moderat til lav i BP1 med akkumulert VF3 (TGC) ved slakt på 2,5. Tilvekst i BP2 for både AQT og kontrollmerd er god med en estimert VF3 på henholdsvis 3,31 og 3,56. Tilvekst estimeres med grunnlag i utføret mengde som videre konverteres til tilvekst via en forventet

fôrfaktor. Biologisk fôrfaktor er god i BP2 vs. BP1, dersom fôrfaktor feilestimeres kan dette kan være en mulig kilde for feilestimering av tilvekst.

I både BP1 og BP2 ble fisk avluset ved overføring til Aquatraz programmet. I BP1 gikk fisken til slakt uten avlusing mens i BP2 er fisken avluset henholdsvis 2 og 3 ganger i AQT3 og KTR. Arbeid med videreutvikling av teknologi for luseskjerming pågår i Aquatraz programmet.

Aquatraz prosjektet har fått dispensasjon fra Mattilsynet fra Akvakulturdriftforskriftens tetthetsbegrensing på 25 kg/ m³ og opptil 45 kg/ m³. Det er satt ut et større antall fisk i AQT3 for å teste teknologiens egnethet til å holde laks under høyere tetthet. 1. mai er tetthet i AQT3 på 21 kg/ m³, og allerede over maksimal tetthet i AQT1 i BP1 (18,6 kg/ m³). Analyse av effekter av tetthet på tilvekst, dødelighet og andre velferdsindikatorer blir sentralt i endelig evaluering av BP2.

Produksjon i BP2 har hatt noen spesifikke utfordringer. Det var først mistanke om og deretter bekreftet PD SAV2 diagnose. SAV2 er kjent å påvirke både fôrutnyttelse og tilvekst av fisk. Det har vært flere avlusinger og hvor sulting og håndtering vil påvirke fisken og prestasjoner til enheten. AQT3 har blitt en mer teknisk avansert enhet som stiller større krav til teknisk oppfølging og stabilitet. Dette gjelder blant annet strømsettere som er under utvikling og fôring i merd med aktiv strømsetting. Fra mars 2020 har koronasituasjonen også påvirket drift og mulighet for oppfølging av BP2.

5. Velferdsvurderinger

Av: Torolf Storsul, veterinær, Aqua Kompetanse AS

5.1. Formål og bakgrunn

Formålet med å score operative velferdsindikatorer på individnivå var å overvåke tilstanden til fisken i Aquatrazmerden sammenlignet med fisken i den konvensjonelle kontrollmerden. Ved eventuelle avvik mellom de to systemene må man vurdere om det kan knyttes til Aquatrazmerdens egenskaper eller om det kan være andre forhold som kan ha spilt inn.

5.2. Metodikk

Det er gjennomført månedlige besøk der det er scoret operative velferdsindikatorer på 40 fisk fra Aquatrazmerden og 40 fisk fra kontrollmerden. Storhåv ble brukt til å fange fisken, deretter ble fisken sedert og det ble målt lengde avrundet til nærmeste 0,5 cm og vekt avrundet til nærmeste 10 gram. Samme vekt ble brukt på alle målinger, og scoringer på samme dato er gjort av samme person. Fiskehelsebiolog Marte Fjær gjennomførte scoringen i november, veterinær Torolf Storsul har gjennomført resterende scoringer. Alle registreringer er gjort direkte i appen FishCtrl levert av Anteo, slik at risikoen for feiltasting er minimert ved at det ikke er kladdet på papir og senere ført inn. Bruken av denne appen har også gjort den grafiske framstillingen av resultatene enkel å hente ut.

Utvalget av operative velferdsindikatorer er gjort ut fra boken «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd». Det er gjort en vurdering ut fra det som er anbefalt i kapittelet om semilukkede anlegg og en tilpasning ut fra erfaringer i MNH og til Aquatrazmerden slik konseptet er med vannutskiftning og strømsettere. Utvalget av indikatorer er identisk i BP2 og BP1.

Følgende parametere ble registrert:

- Vekt
- Lengde
- Kondisjonsfaktor er utregnet
- Aktiv ryggfinneskade
- Helbredet ryggfinneskade
- Aktiv brystfinneskade
- Helbredet brystfinneskade
- Aktiv halefinneskade
- Helbredet halefinneskade
- Ryggdeformiteter
- Skjelltap
- Sår
- Hudblødning
- Snuteskade
- Øyeskade
- Utstående øye
- Gjellelokkskade
- Overkjevedeformitet
- Underkjevedeformitet
- Katarakt

Alle velferdsindikatorer er scoret etter Fishwell-standarden, dvs 0 til 3 for alle indikatorer med unntak av katarakt som har en 0 til 4 skala. Plansjer hentet fra boka «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd» er brukt ved tvil om scoring.

5.3. Resultater og diskusjon

Grafer som viser resultatet av alle scoringer ligger som vedlegg til denne rapporten. Kontrollmerden har høyere snitt spesielt på skjelltap fra februar og utover, noe som er forenlig med skader etter avlusingen som ble gjort på den merden tidlig i februar. Ut over det er det relativt små forskjeller mellom fisken i Aquatrazmerden og fisken i kontrollmerden, og det er ingen indikasjoner så langt på avvik i velferdsscore som er relatert til at fisken går i ulike merdkonsept.

Ved scoringen er det praktisert en høy terskel for å gi score 0, det betyr at små finnesplittelser som man finner på en svært stor andel oppdrettslaks har gitt score 1. Likeledes er det vanskelig å håve opp fisk til undersøkelse uten at det blir små anmerkninger til skjelltap, slik at mange fisker har fått score 1 på skjelltap som kan være relatert til håndtering ved undersøkelsen.

Selv om Fishwell-standarden gir gode beskrivelser av hvilke forandringer som gir hvilken score, så kan man ikke se bort fra at det er et visst rom for subjektivitet. Det kan derfor være systematiske forskjeller mellom scoringen som ble gjort i november sammenlignet med resterende scoringer, da det var ulike personer som scoret. Likevel var det en viss synkronisering ved at det før scoringen i november ble gjort en avstemming mellom de to involverte om kriterier for ulike inndelinger. Det aller viktigste er at den månedlige scoringen alltid er gjort på samme dag og av samme person for begge merdene.

På grunn av besøksrestriksjoner knyttet til covid-19-pandemien ble det ikke anledning til å reise på anlegget og gjøre velferdsscore i mars, det mangler derfor én undersøkelse. Likevel ser det ut til at man har fanget opp de viktigste trendene for fisken i de to merdene gjennom de undersøkelsene som er gjort.

Resultatene viser altså ingen systematiske ulikheter i velferdsscore mellom fisken i Aquatrazmerden og fisken i kontrollmerden. Det er derfor ikke grunnlag for si at Aquatrazmerden påvirker velferdsscore i positiv eller negativ retning, sammenlignet med kontrollmerden.

Vekt og kondisjonsfaktor har ved flere undersøkelser vært høyere i kontrollmerden enn i Aquatrazmerden, mens lengden har vært relativt lik i snitt. Det er flere usikkerheter knyttet til vektutviklingen. Utvalgsmetodikken og antallet undersøkte fisk ved hver scoring er en faktor, PD-diagnosen på anlegget, utfordringer med utføringspunkter og fôringskontroll i Aquatrazmerden er andre faktorer som kan bidra til usikkerhet. En videre vurdering av dette vil gjøres i forbindelse med sluttrapporten.

6. Helseovervåking med vekt på gjellehelse og hjertehelse

Av: Alf S. Dalum, DVM PhD, PatoGen AS

6.1. Formål og bakgrunn

Gjellehelsen er en stadig økende utfordring innen akvakultur, og avvikende gjellehelse er en viktig faktor bak dødelighet og nedsatt prestasjon hos oppdrettsfisk. Et eksempel på dette er ulike planktonformer som kan føre til omfattende gjelleskader. De største planktonkonsentrasjonene finnes oftest nær overflaten. Ved tilførsel av vann fra et gitt dyp vil planktonkonsentrasjonen teoretisk sett bli lavere, noe som forventes å gi reduserte problemer med gjelleskader, og dermed en generelt bedret gjellehelse. Dette strømbildet vil også kunne påvirke spredningsdynamikken av andre potensielt skadelige agens. En annen faktor er at økt strømningshastighet på vann i merden vil kunne gjøre det lettere for fisken å opprettholde passiv vannstrøm over gjellene noe som kan ha rensende effekt på gjellevevet.

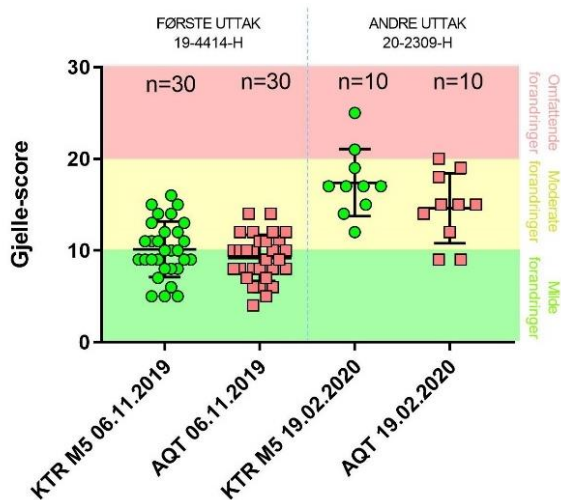
Fisk behøver som oss mennesker å være i god fysisk form for å oppnå god hjertehelse. Med Aquatraz-konseptet skal man i løpet av den totale prosjektperioden sette opp en sirkulær vannstrøm som man kan regulere og kontrollere hastigheten på, tilpasset laksens størrelse og tilstand. Dette betyr at man kan «trene» fisken til å bli i god form.

På AQT 3 (AG2) vil det være 4 strømsettere som bidrar til å hente opp vann, og det vil være tilsvarende oppsett i konvensjonelle merder. Det at Aquatrazmerden har et solid og tett stålskjørt som ikke deformeres av vannstrømmen og at den har et betydelig fribord, gir grunn til å tro at man kan få ulikheter mellom de to produksjonssystemene. I denne delen av programmet benyttes morfologiske metoder for å vurdere en eventuell forskjell mellom AQT 3 og KTR i gjelle- og hjertehelse ved hjelp av kvalitative, semi-kvantitative og kvantitative målinger. Så lang er to prøveuttak gjennomført og analysert, og i det følgende gis en oppsummering av resultat for de ulike måleparametrene.

6.2. Foreløpige resultater.

Prøveuttak og analyser har blitt gjort i henhold til oppsatt plan, og det foreligger derfor ingen avvik i oppsatt prosedyre. I det følgende presenteres foreløpige resultater fra gjennomførte analyser. For detaljer henvises det til histologi-rapport 19-4414-H (uttak 1) og 20-2309-H (uttak 2).

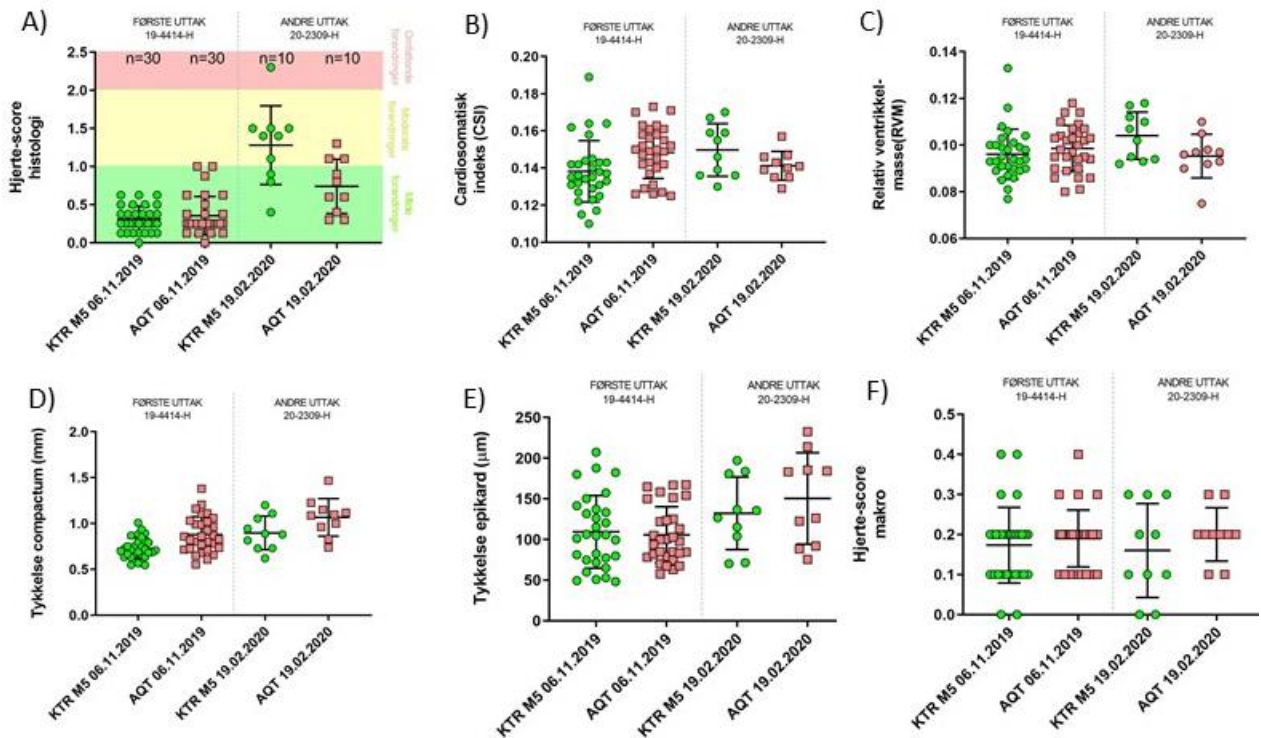
6.2.1 Gjellehelse



Figur 6.1: Grafisk framstilling av utvikling av gjellehelse vurdert ved hjelp av histologisk gjellescore for fisk i AQT3 og KTR.

Ved første uttak (06.11.2019) lå gjennomsnittlig gjellescore for fisk fra både AQT 3 og KTR i sjiktet mellom milde til moderate forandringer, og det var liten forskjell mellom de to systemene (se figur 6.1). Dette er å forvente da dette representerer null-uttak. I andre uttak (19.02.2020) var gjellescoren for fisk fra begge systemer betydelig høyere, anslagsvis i midtre sjikt av moderate forandringer (se figur 6.1), og det var også en tydelig trend med lavere gjellescore for fisk fra AQT 3 sammenlignet med fra KTR. Av spesifikke funn har det blitt påvist flagellater (trolig av typen *Ichthyobodo sp.* / *Costia*) og epiteliocyster i gjeller både fra AQT og KTR. I tillegg var det funn som gir mistanke om infeksjon av mikrosporidien *Paranucleospora theridion* (paranucleosporose). Utviklingen i dette forholdet vil overvåkes videre i henhold til plan.

6.2.2 Hjertehelse



Figur 6.2: Grafisk framstilling av ulike morfologiske parametere målt på hjertene fra AQT3 og KTR. A) Histologisk scoring av vevsforandringer i hjertet (atrium, ventrikkel og bulbus arteriosus). B) cardiosomatisk indeks (CSI). C) Relativ ventrikulær masse (RVM). D) tykkelse av hjertets kompakte lag. E) Tykkelse av ytre hjertehinne. F) Makroskopisk hjertescore.

Kvantitative målinger slik som cardiosomatisk indeks (CSI, figur 6.2B), relativ ventrikulær masse (RVM, figur 6.2C), tykkelse av hjertets kompakte lag (figur 6.2D), tykkelse av ytre hjertehinne (epikard, figur 6.2E) samt makroskopisk hjertescore (figur 6.2F) var relativt lik mellom de to gruppene, og de observerte forskjellene antas å kunne forklares ut fra naturlig variasjon og dels på grunn av gjennomgående noe høyere ventrikkelvekt for fisk fra AQT3. Utviklingen av disse forholdene vil vurderes i kommende prøveuttak, og etter avsluttende uttak vil flere av disse parameterne vurderes opp mot størrelse på fisk ved hjelp av korrelasjonsanalyser. Utviklingen i disse forholdene vil overvåkes videre i henhold til plan.

7. Lakselus

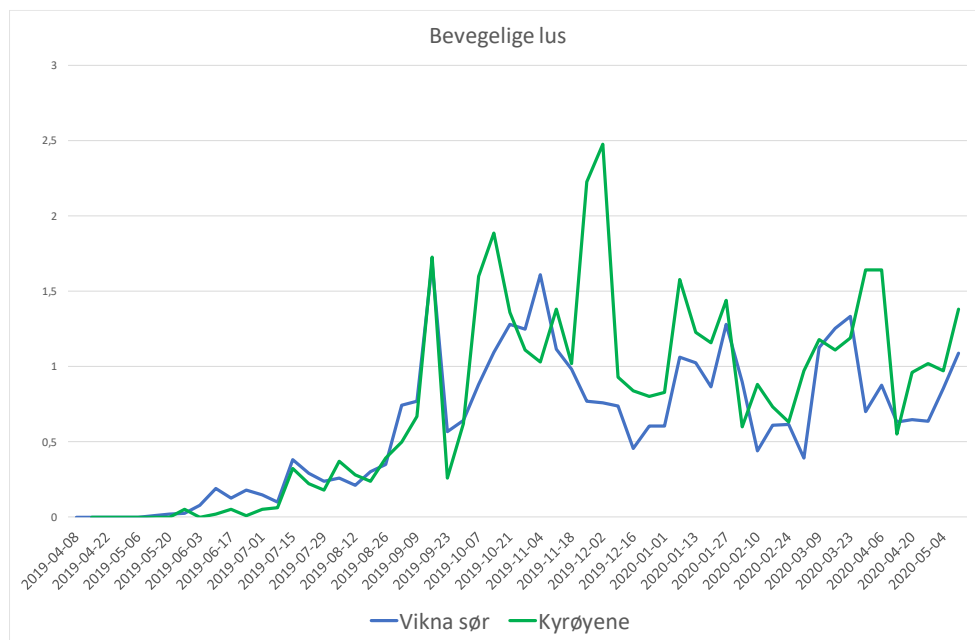
Av: Sturla Romstad, veterinær, og Yngve Lystad, teknisk sjef terapi, Pharmaq

7.1. Formål og bakgrunn

Påslagsfrekvens av lakselus, utvikling av lakselus i merd og behov for avlusing skal sammenlignes mellom Aquatrazmerden og en kontrollmerd. Merdforskjeller i lusepåslag vil det erfaringsmessig alltid være, og det kan være krevende å være sikker på at forskjellene skyldes teknologi/ driftsform. Med et stort antall tellinger kan man likevel over tid hente ut indikasjoner. I denne halvårsrapporten gis kun en kortfattet oversikt, flere vurderinger vil bli gitt i sluttrapporten.

7.2. Lusesituasjonen på lokaliteten og i sonen

Kyrøyene ligger på sørsiden av Vikna ut mot Folla. Denne lokaliteten er dermed mer eksponert både for bølger, strøm og smitte enn Eiterfjorden hvor BP1 ble gjennomført. Lokaliteten har vært utsatt for et betydelig smittepress av lakselus, og det har vært behov for flere behandlinger for å holde lusetallene nede.



Figur 7.1: Gjennomsnitt av bevegelige lakselus på lokaliteten Kyrøyene og gjennomsnitt av bevegelige lakselus for alle lokalitetene i sone Vikna sør.

Utviklingen av lus på lokalitet Kyrøyene sammenlignet med utviklingen i sone Vikna sør vises i figur 7.1. Bevegelige lus er valgt som grunnlag for sammenligningen. Utviklingen på lokaliteten og utviklingen i sonen har vært relativt sammenfallende.

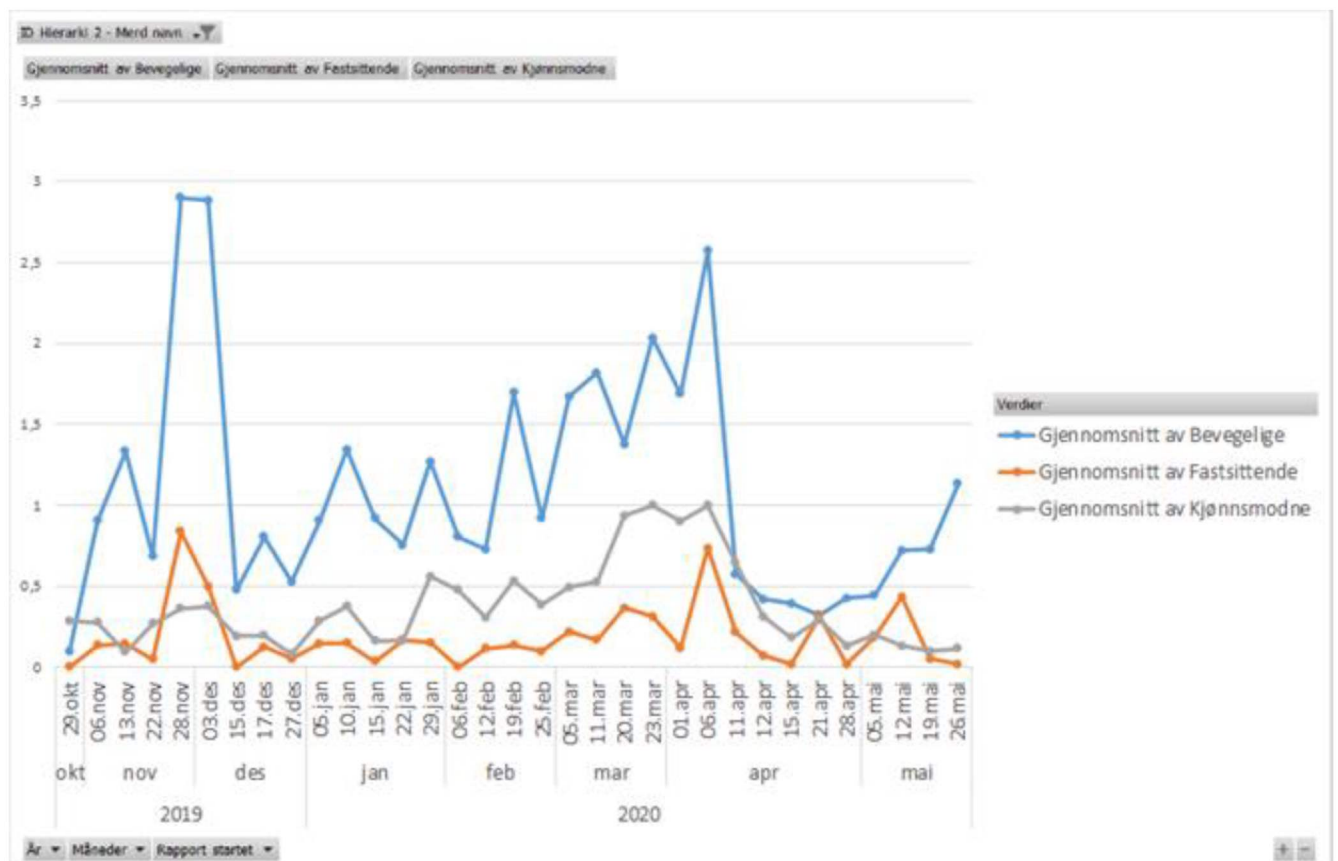
7.3. Resultater fra Aquatrazmerden og kontrollmerden

Oversikt over behandlinger i Aquatrazmerden og kontrollmerden er gitt i tabell 7.1.

Tabell 7.1: Behandlinger mot lus i Aquatrazmerden og kontrollmerden fra overføring av fisk til og med april 2020.

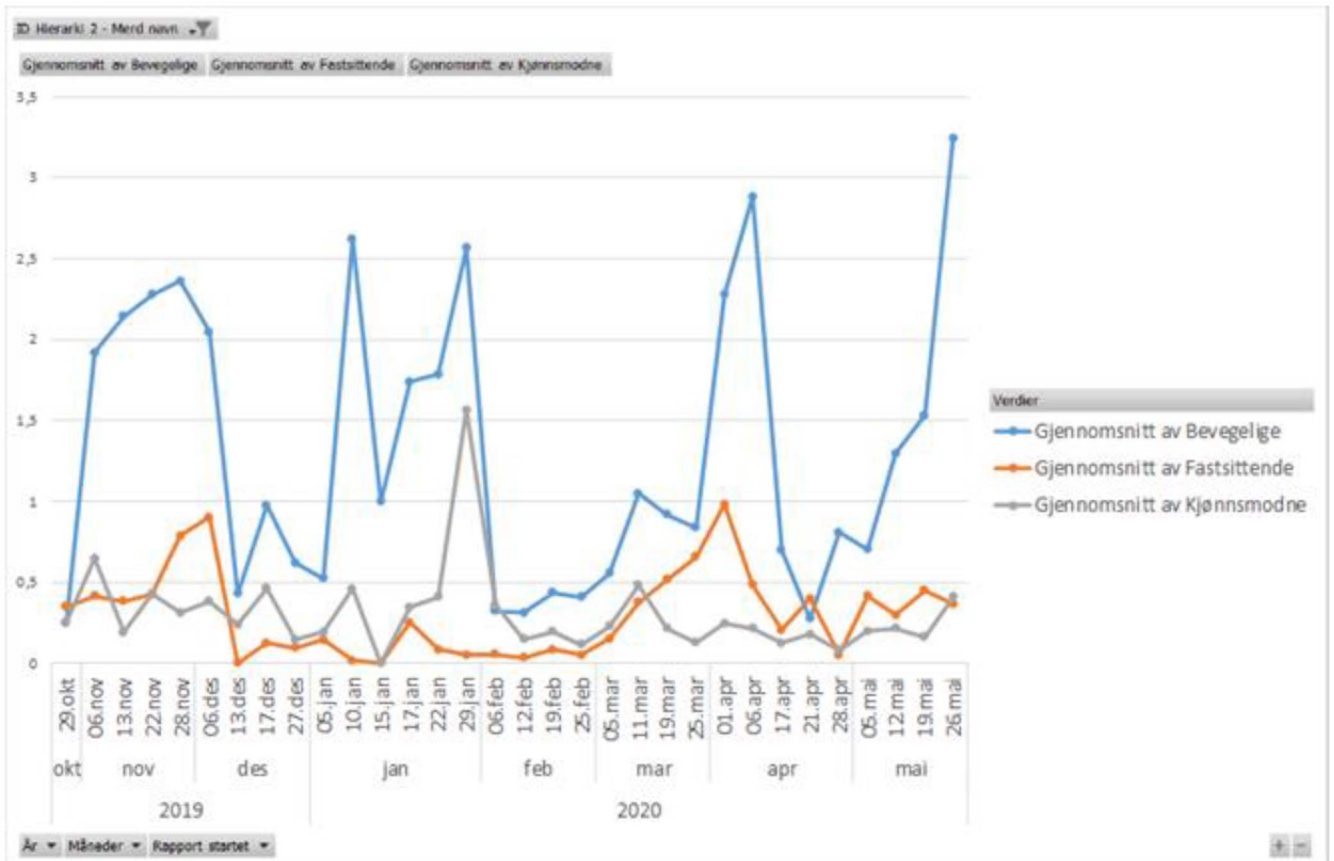
Tidspunkt	Type behandling	Merd
28.10.2019	Optilicer	Kontroll
29.10.2019	Hydrolicer	AQT3
13.12.2019	Optilicer	Kontroll
15.12.2019	Optilicer	AQT3
06.02.2020	Hydrolicer	Kontroll
11.04.2020	Optilicer	AQT3
17.04.2020	Hydrolicer	Kontroll

Luseutviklingen i AQT3 og kontrollmerden oppsummeres i figur 7.2 og 7.3. Felles for begge merder er at det ble rask utvikling av lus etter behandlingen som ble gjort ved overføring av fisk, og det har vært behov for flere behandlinger etter det. Fra overføring og fram til og med januar er det en del lusetellinger som er gjort på 20 fisk per merd, ikke 60 fisk per merd som planlagt i programmet. Dette øker usikkerheten statistisk og vil bli kommentert ytterligere i sluttrapporten.



Figur 7.2: Lusetellinger i AQT3 fra overføring til mai 2020.

Fisken ble satt ut i Aquatrazmerden den 29.10.2019. Det ble raskt utvikling av lus. Behandling ble gjennomført 15.12. og 11.04. Det har vært flere perioder med kjønnsmodne lus over 0,5. Luseforskriften regulerer gjennomsnitt på lokaliteten og ikke resultatet i den enkelte merd.



Figur 7.3: Lusetelling i KTR (M5) fra overføring til mai 2020.

Fisken ble satt ut i kontrollmerden den 28.10.2019. Det ble også her rask utvikling av lus. Behandling ble gjennomført 13.12., 06.02. og 17.04.

7.4. Kommentar

Kontrollmerden har hatt én behandling mer enn forsøksmerd mens forsøksmerd har hatt høyere antall kjønnsmodne lus. Lusetallene tilsier at Aquatrazmerden sannsynligvis burde ha vært behandlet samtidig med kontrollmerd den 06.02., uten at andre omliggende hensyn er vurdert.

I arbeidet beskrevet i kapittel 9 som omhandler vannkvalitet, dyreplankton og mikroalger, ble det påvist noen flere nauplier i Aquatrazmerden enn i kontrollmerden. Det vil evalueres i sluttrapporten om denne observasjonen har relevant betydning.

8. Adferd og akustisk telemetri

Av: Henning Andre Urke, INAQ AS, Peder A. Jansen, INAQ AS, Jo Arve Alfredsen, NTNU Teknisk Kybernetikk, Anette Haugsdal, Thelma Biotel AS og Torstein Kristensen, INAQ AS.

8.1. Formål og bakgrunn

Formålet er å skaffe ny, detaljert kunnskap om fiskens adferd i AQT3 ved bruk av akustisk telemetri. Det er tre underpunkt som skal belyses:

- 1: Adferd i merd, fordeling av fisken i vanlig drift
- 2: Adferd ved strømsetting
- 3: Adferd og stress ved trenging

MNH Produksjon har fått utviklingstillatelser til sitt Aquatraz-konsept og er nå i en utviklingsfase for å kunne dokumentere og videreutvikle Generasjon 2 av konseptet (AG2). Adferd til laks under varierende miljø- og driftsforhold (strømsetting, føring, trenging, pumping) er en kunnskapsmessig kritisk komponent for dokumentasjon av dette nye produksjonssystemet. Det er også viktig å kjenne til hvordan ulike miljøvariabler som strømforhold, lys (kunstig og naturlig), temperatur og ikke minst tiltak for å øke gjennomstrømningen i merden (i dette tilfellet Midt-Norsk Ringen og ulike strømsettere) påvirker adferden til laksen.

Detaljert kunnskap om adferd hos laks dokumenteres gjennom å merke fisken med akustiske sendere. Merker med integrert dybde- og akselerasjonssensor, vil sikre detaljerte studier av adferd og svømmedyp. Ved utplassering av multiple akustiske mottakere vil en sikre detaljert sporing av fiskens bevegelser. Det er i 2018-2019 gjort en tilsvarende dokumentasjon av AQT1 ved bruk av akustisk fisketelemetri.

Dybderegistreringene fra akustisk merkede laks i både Aquatraz-merder og kontrollmerder viser relativt konsistent adferd over tid, med registreringer på gjennomsnittlig større dyp på dagtid. Slik adferd opphører imidlertid til tider, med mer kaotiske dybderegistreringer i løpet av døgnet. Innimellom endres også dybden for de gjennomsnittlige registreringene, noe som kan tyde på at biomassen av fisk endrer adferd knyttet til preferert dyp. Det er derfor behov for objektive metoder for å klassifisere tidsseriene med hensyn på dybdeadferd, både på individ- og aggregerte nivå. Her presenteres en metode som identifiserer periodiske fenomen i tidsseriedata, såkalt waveletanalyse (Bjørnstad 2018; Grenfell, Bjørnstad og Kappey, 2001).

8.2. Metodikk

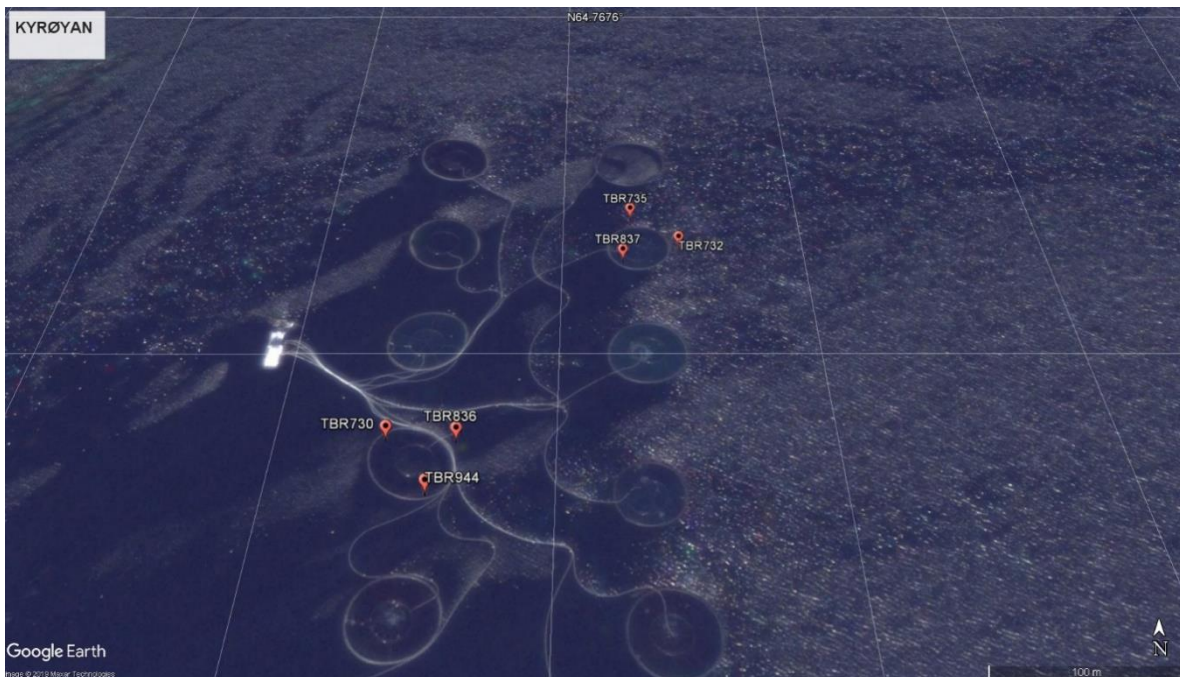
8.2.1. Akustisk fisketelemetri

På lokalitet Kyrøyene ble det 16. desember 2019 merket totalt 60 laks ($58,2 \pm 3,0$ cm) i AQT3 og i kontrollmerd (KTR) (merd 5) med akustiske sensormerker. I hver merd ble det på 20 av laksene brukt et merke av typen AD- MP-9L med 60-120 sek utsendingsintervall og 10 laks ble merket med typen D- MP-9L med 20-40 sek utsendingsintervall. Dette etter standard kirurgiprotokoll (Urke m. fl. 2013) og tillatelse fra Forsøksdyrutvalget (FOTS ID 15491).



Figur 8.1: Lokalitet Kyrøyene med AQT3 midt i bildet (ved brønnbåt) og kontrollmerd bakerst til høyre.

Hver merd ble utstyrt med tre mottakere (Thelma Biotel TBR700RT) med overflatemodul for tidssynkronisering basert på GPS-signaler (Hassan m.fl. 2019, Ulvund m. fl. 2019). Alle data lagres og tidsstemples nøyaktig i hver mottaker slik at fiskens posisjon i merden kan beregnes. Data lastes ut og analyseres etter behov.



Figur 8.2: Ut plasserte akustiske mottakere (TBR) på lokalitet Kyrøyene- (TBR 732, 735 og 837 i AQT3 og TBR 730, 836 og 944 i kontrollmerd).

Sammen med telemetridataene registreres i tillegg fôringstidspunkter/ -perioder, dødfisk, strømsettingsregime og andre relevante observasjoner angående hendelser (pumping/trenging) og driftsforhold i merden, og miljødata som temperatur og salinitetsprofiler, strøm, lys og værforhold

8.2.2. Waveletanalyser

Vi presenterer her noen nye analyser der også resultat fra AQT1 fra Eiterfjorden inngår for å kunne gjøre sammenlikning med AQT3 Kyrøyene.

Waveletanalyser er basert på periodiske signal i dataene for ulike periodisitet. Her er vi spesielt interessert i døgnperioder, altså gjentatte endringer repetert over samme tidsperioder (timesoppløsning) på døgnet. Til å gjøre analysen er R-kode skrevet av Solveig Engebretsen (Norsk Regnesentral), som benytter R-pakken R-wave, tilpasset dybde data fra Aquatraz og kontrollmerder fra Eiterfjorden for periodene november 2018 – mars 2019 og april – mai 2019, samt fra Kyrøyene desember 2019 – februar 2020. Analysene er foreløpig gjort på gjennomsnittsdybder for alle

merkede individ, men er delvis gjort også gjort på individnivå for alle perioder (men dette presenteres ikke her).

8.3. Resultater

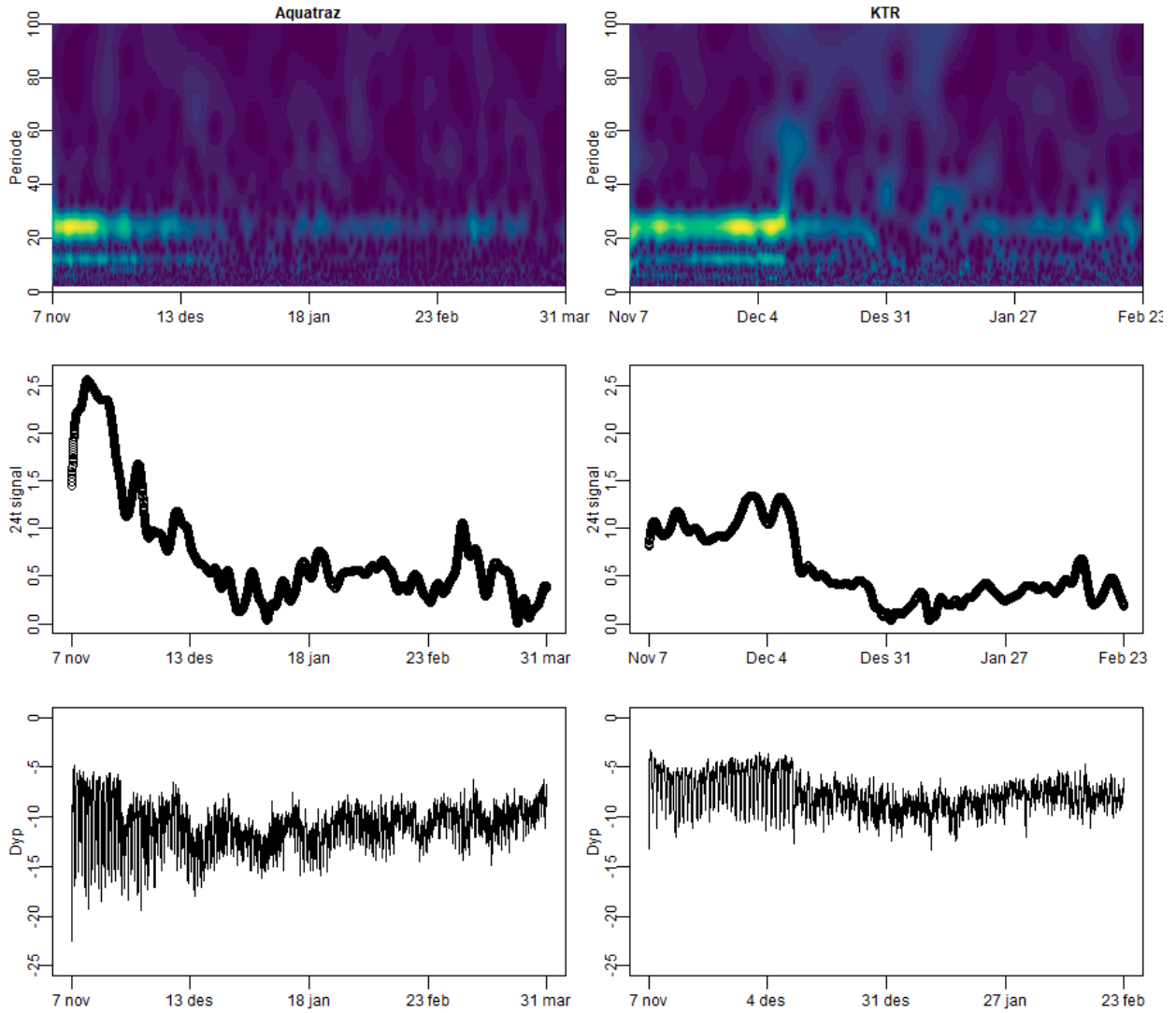
8.3.1. Akustisk fisketelemetri

De første ukene etter akustisk merking er det registrert bortfall av akustisk merket fisk. Årsaken til dette er ikke kjent. Oppstart av forsøkene skjedde rett etter/under termisk avlusing, noe som ikke var optimalt, men som av lokalt fiskehelsepersonell ble vurdert til å være forsvarlig. Om det er den ekstra håndteringen i forbindelse med selve merkingen som har forårsaket dette er uklart. Under selve merkingen ble det ikke registrert avvikende responser på noen av fiskene.

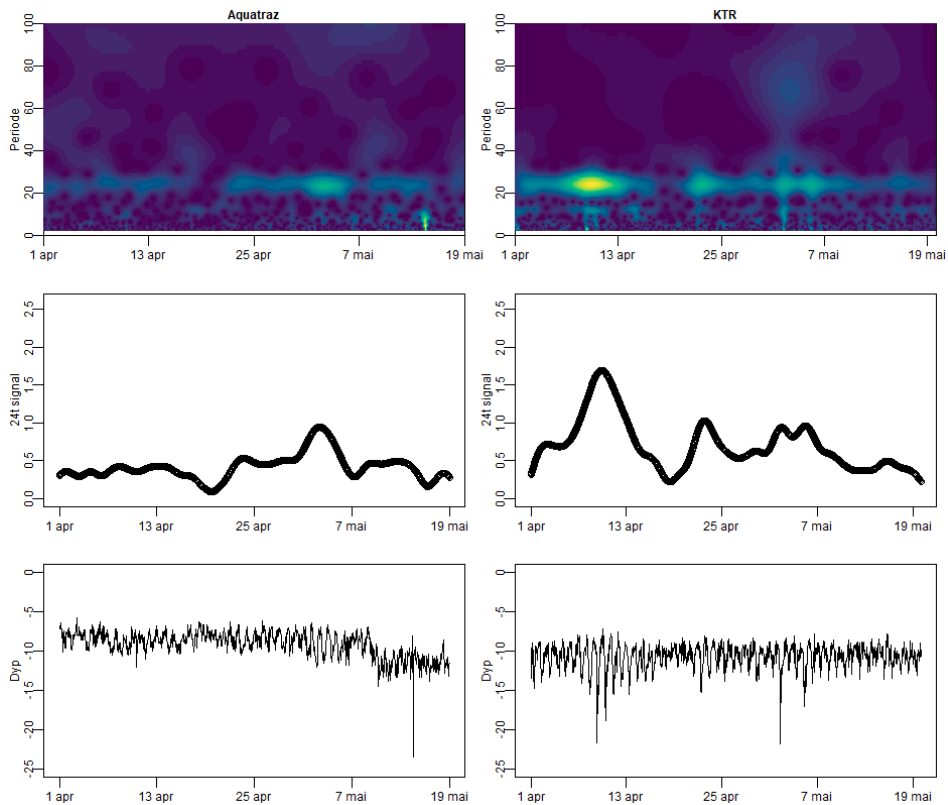
8.3.2. Waveletanalyser

Resultatene fra waveletanalysene presenteres i figur 8.3 og 8.4 for etterfølgende tidsperioder med merket fisk i Eiterfjorden og figur 8.5 for en tidsperiode fra Kyrøyene. Det øverste panelet i figurene er konturplot av periodiske signal i dataene, med periode i timer på y-aksen og tidsforløpet av forsøkene på x-aksen. Mørkeblått til lysegrønt viser økende intensitet i signalene. For alle tre tidsperioder med merket fisk er det dominerende periodiske signal rundt 24 timer, som reflekterer døgnrelatert adferd knyttet til dybdebruk. Det midtre panelet i figurene plotter wavelet-signalet for 24 timers perioden, som reflekterer styrken av tidsskorrelasjon i dataene for perioder på 24 timer. Det fremgår av det midtre panelet at toppene i styrke samsvarer i tid med intens lysegrønn farge i konturplottene. Det nedre panelet i figurene plotter gjennomsnittsdybde for all merket fisk for hver time over hele tidsforløpet av merkeforsøkene. Det fremgår av dette panelet at perioder med regulære dybdeforflytninger i løpet av døgnet samsvarer med høye wavelet-signal i midtre panel og intens lysegrønn farge i konturplottene.

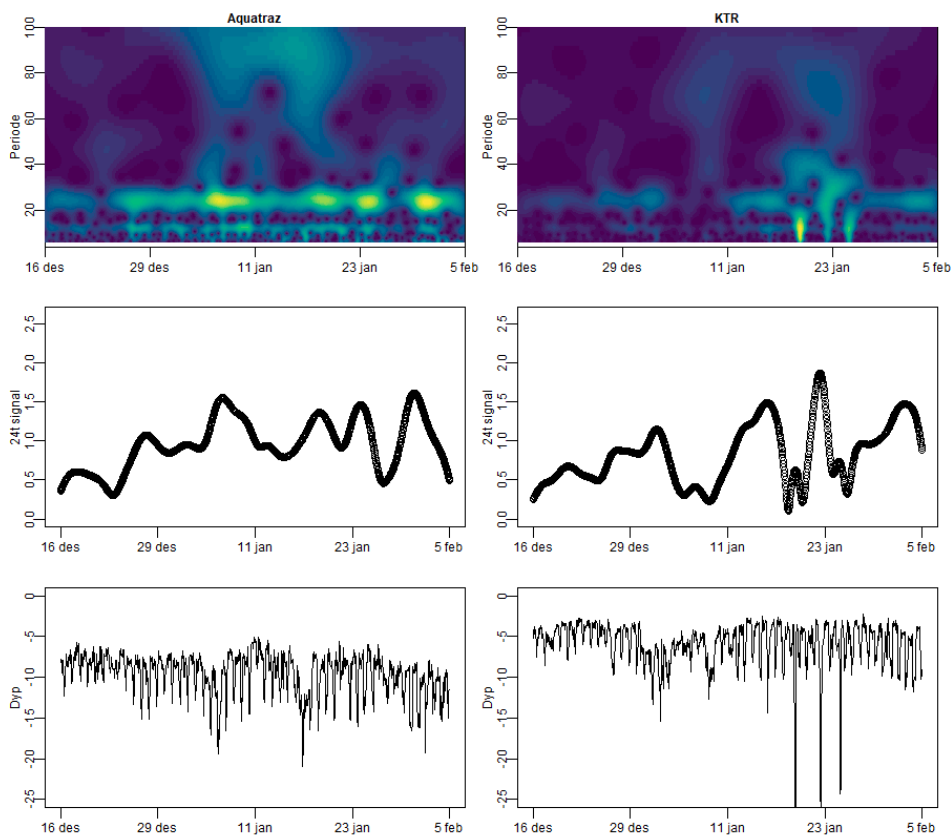
For første merkeperiode i Eiterfjorden var det sterke døgnperiodiske signal i starten av forsøksperioden. Dette kan ses som regulære dybdeforflytninger over døgnet. Dette mønsteret virker å vare lenger i kontrollmerden enn i Aquatraz. I andre periode i Eiterfjorden er det generelt lave signal i Aquatraz, men en periode med høye signal fra kontrollmerd. Rundt 15. mai var det for øvrig en episode med registreringer fra uvanlig store dyp i Aquatraz. I merkeforsøkene fra Kyrøyene var det antydningssvis regulære døgnperioder i dybde registreringer i Aquatraz over mesteparten av merkeperioden. Dette var mindre tydelig i kontrollmerden i denne perioden. Kontrollmerden var preget av noen episoder med registreringer på store dyp rundt slutten av januar



Figur 8.3: Eiterfjorden 1; konturplot wavelet-signal, signal døgnerperiode og gj.sn. dypregistrering.



Figur 8.4: Eiterfjorden 2; konturplot wavelet-signal, signal døgnerperiode og gj.sn. dypregistrering.



Figur 8.5: Kyrøyene; konturplot wavelet-signal, signal døgnerperiode og gj.sn. dypregistrering

8.4. Videre arbeid

Forsøkene på lokalitet Kyrøyene går frem til utslakt i august 2020 der hovedfokuset er å sikre data frem til dette. Videre analyser av datasett med 3D-sporing av merket fisk vil skje etter utslakt.

Det vil også være viktig at en fortsetter med detaljert loggføring av hendelser på lokalitet og merdnivå.

8.5. Oppsummering

Det er innhentet detaljert informasjon om individadferd til laks i AQT3 og kontrollmerd. Datasett på dette vil genereres frem til utslakting.

Wavelet-analyser kan være en nyttig metodikk for objektiv klassifisering av tidsseriene av dybdebruk fra merkeforsøkene. Spørsmålene som kan stilles er hva som påvirker endringene i regulær dybdeadferd, eller endringer i prefererte dybder, av driftsmessige eller miljømessige forhold. Foreløpig er ikke slike forhold knyttet til tidsseriene fra Aquatraz-merkeforsøkene.

9. Vannkvalitet, dyreplankton og mikroalger

Av: Sara Calabrese, Forsker, NIVA, Anders Hobæk, Seniorforsker, NIVA, Bibiana Gomez Crespo, Forsker, NIVA, Christina Sørensen, Postdoc, NIVA, Sondre Kvalsvik Stenberg, Overingeniør, NIVA og Trine Dale, Forskningsleder, NIVA.

9.1. Formål og bakgrunn

NIVA har hatt ansvar for prøvetaking og analysering av vannkjemi, alger, dyreplankton og sensordata i biologiprogram- merdgenerasjon 2 på Kyrøyene. Målet med dette arbeidet har vært å sammenligne produksjonsmiljøet i utviklingskonsesjonsenheten Aquatraz 3 (AQT3) opp mot en konvensjonell merd som blir brukt per i dag av MNH, heretter kalt kontrollmerd (KTR). Miljøet (vannkvaliteten og vannbårne agens) ble også dokumentert i det tilstrømmende vannet (tilst. vann) for å få et grunnlag for å vurdere potensielle utfordringer på lokaliteten knyttet til vannmiljøet. Vannprøver for vannkvalitet, mikroalger og dyreplankton ble analysert fra tilst. vann, AQT3 og KTR en gang per måned (Tabell 9.1).

Tabell 9.1: Prøvetakingsstasjoner for vannkvalitet og vannbårne agens på lokaliteten Kyrøyene.

Målepunkt	Vannkvalitet: Prøvetakingsdyp (vannhenter)	Alger: Prøvetakingsdyp (vannhenter)		Dyreplankton: Prøvetakingsdyp (håvtrekk)
		Dyp1:	Dyp 2:	
Tilst. vann (flåte)	7 m	7 m	20 m	15 m til overflaten
AQT3	7 m	7 m		15 m til overflaten
KTR	7 m	7 m		15 m til overflaten

9.2. Vannkvalitet

9.2.1. Sensordata

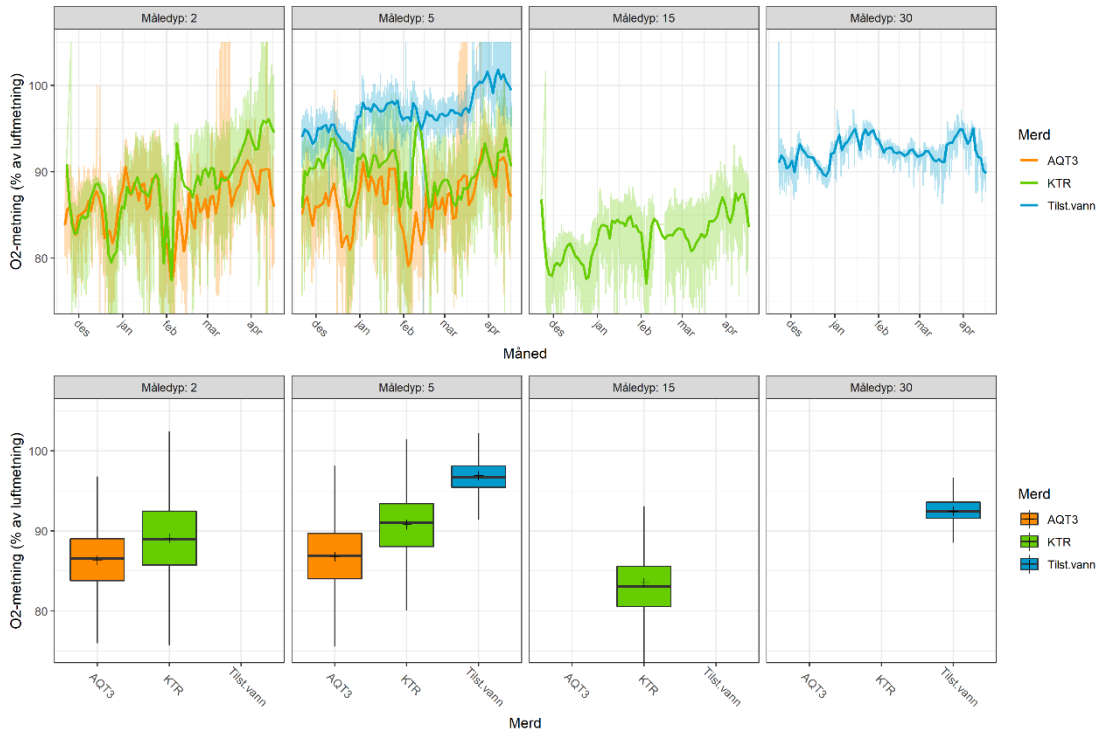
Oksygen (O₂), temperatur og salinitet har vært overvåket i sanntid ved hjelp av fastmonterte sensorer. Sensorer har vært montert i tilstrømmende vann ved flåten, i KTR og i AQT3 og måleparametere på de ulike dyp er gitt i tabell 9.2. Sensorene har vært online og parameterne har blitt logget hvert 10. minutt. Data fra perioder med tydelig driftsfeil i en eller flere sensorer er blitt fjernet. Erfaring fra det første biologiprogrammet er at ved driftsfeil i sensoren eller når sonden trenger rengjøring, så viser sensoren en falsk overmetning av oksygen. Vi har derfor benyttet en cut-off på 105% oksygenmetning, og verdier over 105 % settes til 105%.

Tabell 9.2: Dyp og plassering av online sensorer og måleparametere.

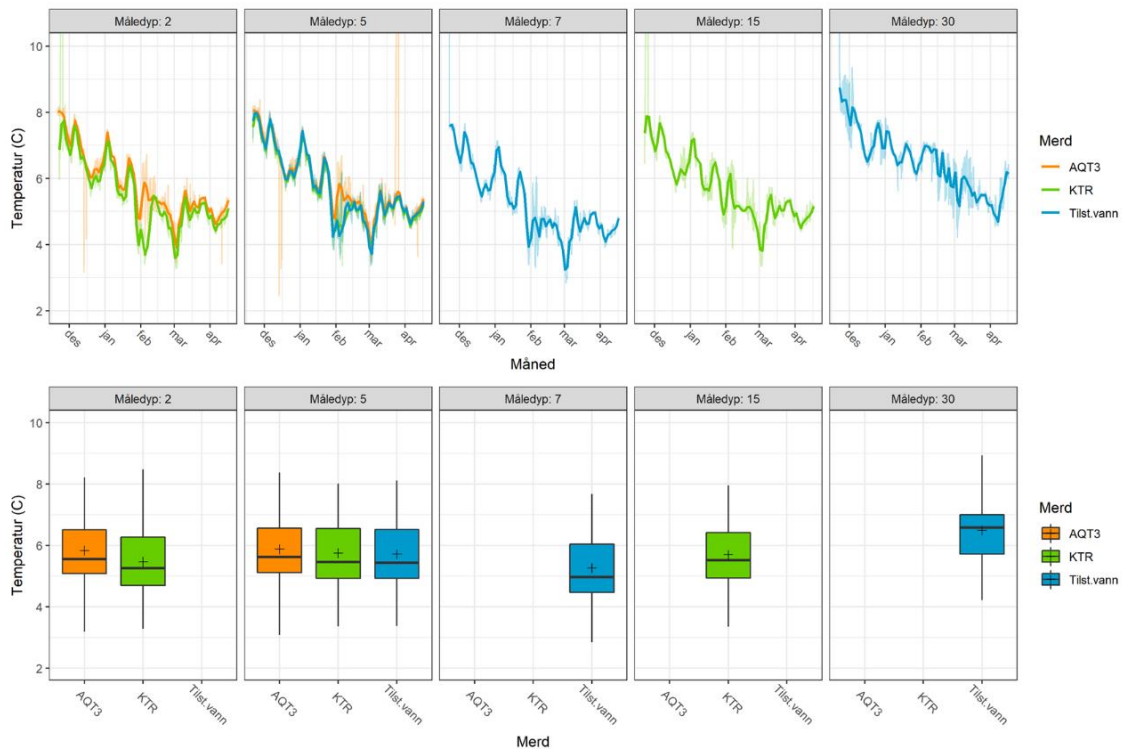
Parameter	Målepunkt	dyp (m)
O ₂	Tilst. vann	5 og 30
	AQT3	2 og 5
	KTR	2, 5 og 15
Temp	Tilst. vann	5,7 og 30
	AQT3	2, 5
	KTR	2,5
Salinitet	Tilst. vann	7 og 30
	AQT3	2 og 5
	KTR	5

I sluttrapporten vil vi undersøke om det er statistiske forskjeller i O₂, temperatur og salinitet mellom AQT3, KTR og tilst. vann over hele produksjonstiden. Vi vil også se på kortere bestemte tidsperioder, siden forskjeller i O₂, temp og salinitet mellom AQT3, KTR og tilst. vann sannsynligvis vil være større på noen tider av året. En viktig del av sluttrapporten vil også være å se på døgnvariasjoner i O₂-nivåene for kortere tidsintervaller i AQT3 og KTR.

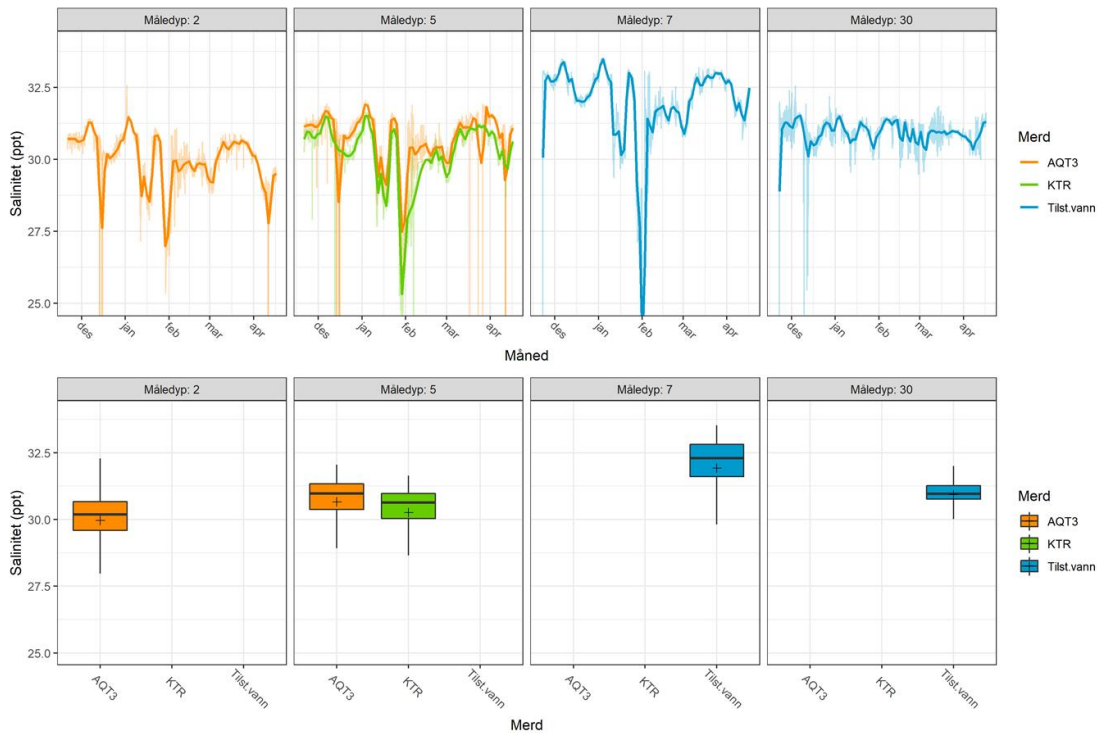
I denne rapporten har vi sett på trender i O₂-metning, temperatur og salinitet over en periode på seks måneder. Vi vil påpeke at dette er preliminære resultater som ikke er testet statistisk og trenger videre undersøkelse. I den undersøkte perioden var den gjennomsnittlige O₂-metningen over 85% på 2 og 5 meters dyp i AQT3. Det så ut til å være noe høyere i KTR på samme dyp, mens på 15 m dyp var O₂ metningen lavere i KTR (figur 9.1). Det tilst. vannet hadde en gjennomsnittlig O₂-metning på 96.9 % på 5 meters dyp og 92.5 % på 30 meters dyp (figur 9.1). I den samme perioden var den gjennomsnittlige temperaturen på 5 m dyp relativt lik i AQT3, KTR og tilst. vann samtidig som den var noe høyere i det tilst. vannet på 30 m dyp (figur 9.2). Dette kan indikere at vannstrømmen som gikk in i AQT3 var nærmere 5 enn 30 m dyp. Saliniteten gjennom perioden var imidlertid høyere og mer stabil i AQT3 sammenlignet med KTR hvilket antyder et dypere vanninntak i AQT3 (figur 9.3).



Figur 9.1: O₂-metning (i % av luftmetning) målt i AQT3 (oransje), kontrollmerd (grønn) og tilstrømmende vann (flåte, blå) fra 21. november 2019 til 17. april 2020.



Figur 9.2: Temperatur (°C) målt i AQT3 (oransje), kontrollmerd (grønn) og tilstrømmende vann (blå) fra 21. november 2019 til 17. april 2020.



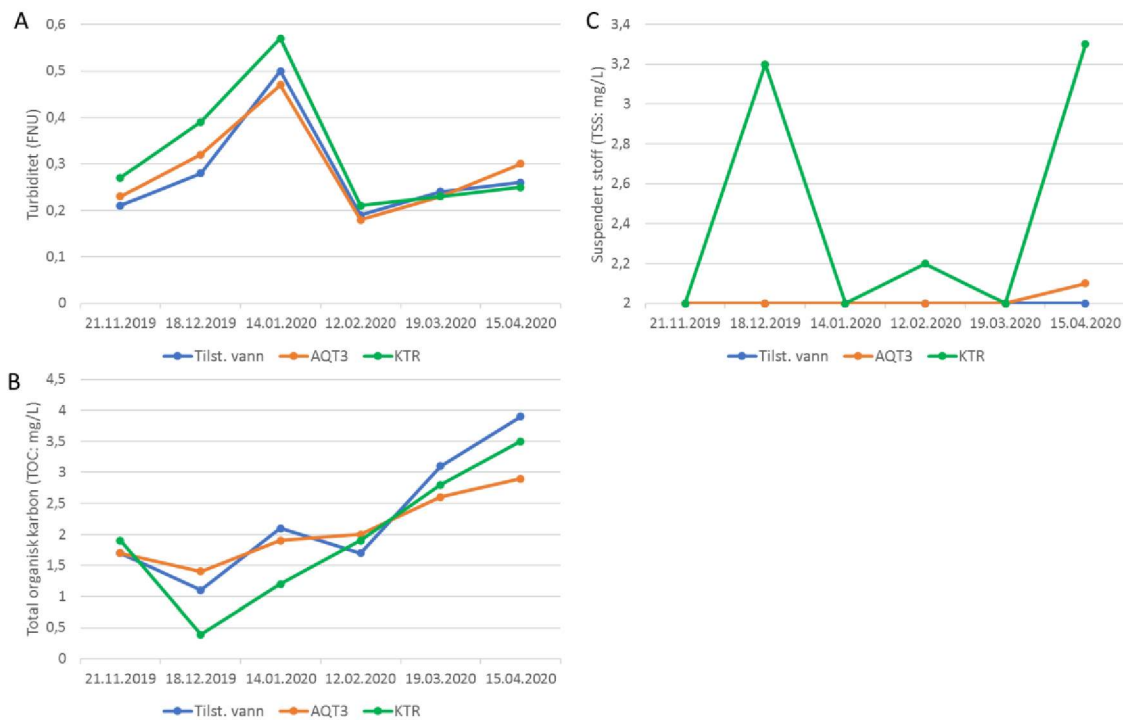
Figur 9.3: Salinitet (ppt) målt i AQT3 (oransje), KTR (grønn) og tilstrømmende vann (blå) fra 21. november 2019 til 17. april 2020

9.2.2. Labanalyser vannkjemi

Prøvetakingsplanen ble fulgt og vannprøver for sammenligning av vannets partikkelinnhold mellom tilst. vann, AQT3 og KTR ble tatt ut en gang per måned, med oppstart 21.11.2019. Prøvene ble tatt med vannhenter fra 7 m dyp på samtlige prøvetakingsstasjoner (tabell 9.1). Partikkelinnholdet ble målt som turbiditet, total organisk karbon (TOC) og total suspendert stoff (TSS) og analysert i henhold til akkrediterte metoder av Eurofins Environment Testing Norway AS.

Det er generelt en økt risiko for akkumulering av partikler i lukkede anlegg med redusert vannutskiftning sammenlignet med åpne merder. I sjøvann er en økning av partikler og organisk materiale i hovedsak negativt fordi det gir næring og fører til mikrobiell vekst, som kan være spesielt gunstig for patogene mikroorganismer. En høy turbiditet og et høyt partikkelinnhold kan også redusere synligheten til føret, og partikler kan potensielt tette og skade gjellevev (Redding et al. 1987; Kim et al. 2013). I perioden var turbiditets-, TOC- og spesielt TSS-nivåene veldig lave på alle prøvetakingsstasjoner (figur 9.4). Turbiditeten var noe høyere i KTR sammenlignet med AQT3 og tilst. vann i perioden nov til januar (figur 9.4 A). Vannets karboninnhold (TOC) økte med tiden på alle stasjonene (figur 9.4 B), men var fortsatt relativt lavt, økningen kan muligens forklares med den økende algebiomassen om våren se figur 9.5. TSS var under den nedre deteksjonsgrensen på 2 mg/L i det tilst. vannet og AQT3 i stort sett hele perioden (figur 9.4 C). Samlet sett så er det ingen indikasjoner på akkumulering av partikler i AQT3 noe som indikerer at vannutskiftningen var god. Når tettheten av fisk øker over 25 kg/m³ vil en i tillegg overvåke pH, CO₂ og ammoniakk, dette vil bli

rapportert i sluttrapporten.



Figur 9.4: A) Turbiditet (FNU) B) Totalt organisk karbon (TOC, mg C/L) og C) Suspendert stoff (TSS, mg/L) i prøver fra AQT3 7 m (oransje), KTR 7 m (grønn) og tilstrømmende vann 7 m (blå). Deteksjonsgrensen TSS er >2 mg/L.

9.3. Dyreplankton/ lakselus i planktontrekk

Prøver av dyreplankton er tatt som vertikale trekk med en WP-2 planktonhåv (diameter 75 cm, maskevidde 200 µm) fra 15 m dyp til overflaten (tabell 9.1). Tre slike trekk ble slått sammen til én prøve, og konserverte med saltsprit. I laboratoriet ble prøvene gjennomgått under stereolupe med primært fokus på frittsvømmende larvestadier.

Larver av lus ble ikke observert i noen prøver fra tilstrømmende vann. Her ble det bare påvist ett skinnkast (exuvium) av en preadult lakselus i prøven tatt 18.12.19 (tabell 9.3).

I kontrollmerden ble det totalt funnet 14 luselarver i de seks prøvene, men i prøver fra januar og februar forekom det ingen. 12 av disse var naupliuslarver. I november 2019 forekom en preadult, og i desember 2019 en copepoditt (tabell 9.3).

I Aquatrazmerden fant vi totalt 18 luselarver i de seks prøvene, alle naupliuslarver. I tillegg fantes ett skinnkast av en chalimus i prøven fra desember 2019 (tabell 9.3).

Bare i prøven fra kontrollmerden 15.04.20 var pigmentering på naupliuslarvene delvis bevart. Pigmentet indikerer ganske entydig at disse var lakselus i første nauplius-stadium. Lengdemål av nauplius-larver fra alle prøver er også i best samsvar med lakselus, ikke med skottelus (som er mindre enn lakselus i nauplius-stadiene, men størrelsen kan overlappe). Nærmere undersøkelse av en copepoditt og en preadult gjenstår (grunnet corona har prøvene blitt analysert på en hjemmelab med begrensede fasiliteter og ytterligere undersøkelse krever tilgang til utstyrt lab).

Så langt synes det ikke å være betydelig forskjell mellom kontrollmerd og Aquatrazmerd når det gjelder antall luselarver.

Tabell 9.3: Antall luselarver per prøve i perioden 21.november 2019 til 15.april 2020 på lokaliteten Kyrøyene.

Totalt			
Dato	Tilstr. Vann	Kontrollmerd	Aquatrazmerd
21.11.2019	0	1 N, 1 pread.	3 N 1 N, 1 skinn
18.12.2019	1 skinn pread.	1 N, 1 cop.	chalim.
14.01.2020	0	0	1 N
12.02.2020	0	0	6 N
19.03.2020	0	5 N	5 N
15.04.2020	0	5 N	2 N

Nauplius-larver

Dato	Tilstr. Vann	Kontrollmerd	Aquatrazmerd
21.11.2019	0	1	3
18.12.2019	0	1	1
14.01.2020	0	0	1
12.02.2020	0	0	6
19.03.2020	0	5	5
15.04.2020	0	5	2

Eldre stadier

Dato	Tilstr. Vann	Kontrollmerd	Aquatrazmerd
21.11.2019	0	1 preadult	0
18.12.2019	0	1 copepoditt	0
14.01.2020	0	0	0
12.02.2020	0	0	0
19.03.2020	0	0	0
15.04.2020	0	0	0

Skinnkast (exuvier)

Dato	Tilstr. Vann	Kontrollmerd	Aquatrazmerd
21.11.2019	0	0	0
18.12.2019	1 preadult exuv.	0	1 chalimus exuv.
14.01.2020	0	0	0
12.02.2020	0	0	0
19.03.2020	0	0	0
15.04.2020	0	0	0

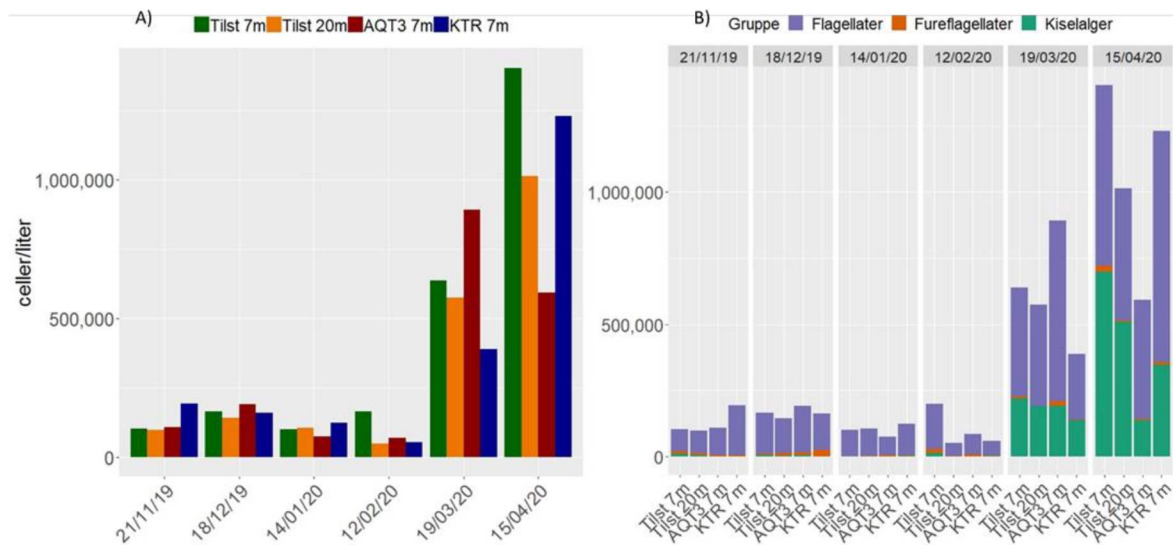
9.4. Mikroalger

Prøvetakingsplanen er fulgt og algeprøver er tatt med vannhenter fra 7 og 20 m dyp i tilst. vann og fra 7 m dyp i AQT3 og KTR (tabell 9.1).

Planktoniske alger kan påvirke fisk på to ulike måter, enten ved mekanisk skade på gjellene eller ved at de produserer og skiller ut toksiner som virker negativt på gjellene (og/ eller andre organer).

Prøvene er derfor blitt analysert for forekomster av kjente fisketoksiske og gjelleirriterende arter, samt totalforekomster på gruppenivå (kiselalger, fureflagellater, flagellater). Generelt har antallet

algeceller og algebiomassen vært svært lav siden oppstart (figur 9.5). På alle stasjonene ved alle uttak var celleantallet og biomassen dominert av ubestemte små flagellater (<5 µm). Det ble observert noen få celler av kiselalgeartene *Skeletonema* spp. og *Chaetoceros* spp., hovedsakelig i vårprøvene (mars og april). Disse kiselalgeartene har stive glassbørster som stikker ut fra skallet, og har tidligere vært assosiert med gjelleskader hos laks (Kent et al. 1995). Imidlertid er disse artene svært vanlige i våroppblomstringen langs kysten og det er ikke trolig at de mengdene vi har sett i denne perioden vil ha skadelige effekter på fisken. Ingen bekymringsverdige mengder av kjente fisketoksiske algearter ble observert i perioden. Det er ikke påvist å være mer eller mindre alger i Aquatraz (AQT3) sammenlignet med kontrollmerd (KTR), eller at algesammensetning er mer lik noen av prøvetakingsstasjonene (7 eller 15 m) i de tilst. vannet. Antakelig vil slike trender bli lettere å oppdage på våren/ sommeren når det generelt er mer alger i vannet.



Figur 9.5: **A)** Totalt antall celler (celler / liter) i prøvene fra stasjonene: tilstrømmende vann 7 m (grønn), tilstrømmende vann 20 m (oransje), AQT3 7 m (rød) og KTR 7m (blå) hele prøveperioden fra 21.11.19 til 15.04.20. **B)** Totalt antall celler (celler/liter) av hovedgruppene (Flagellater-blå, fureflagellater-oransje og kiselalger-grønn) på de ovennevnte stasjonene hele prøvetakingsperioden fra 21.11.19 til 15.04.20.

10. Produktkvalitet

Av: Thomas Larsson, Arnaud Lefrancois, Nofima.

10.1. Bakgrunn og formål

For å avdekke effekten av strømsetting i Aquatraz på produktkvalitet, ble laks fra en konvensjonell nabomerd (merdnummer 5) og fra Aquatraz (merdnummer 3) sendt til Nofima, Ås for kvalitetsvurdering. Startuttak ble gjort like etter overføring av fisk til Aquatraz (6. november 2019; da prøvefisken veide 2,1 kg i snitt. Deretter ble det utført uttak ca. hver 2. måned. Denne rapport omhandler uttak utført nov-19, jan-20 og mars-20.

10.2. Materiale og metode

For alle uttak ble 10 sløyd og individmerket fisk, med tilhørende innvollspakke, per merdtype Kontroll og Aquatraz, sendt på is til Nofima. Ved ankomst til Nofima dagen etter avliving ble kjønn registrert og det ble tatt vekt og lengde av fisk, og vekt av innvollspakke. Slakteutbytte og kondisjonsfaktor (KF) ble beregnet. Det ble så tatt en generell vurdering av velferden til fisken (e.g. katarakt, skader på ryggfinne). Mengde innvollsfett og fett på hjerte og lever ble bedømt ved bruk av standardisert skala. Det samme ble gjort for farge på lever. Hjerte og lever ble veid, og indeks for disse ble beregnet (% av rund kroppsvekt).

Fisken ble så filetert for hånd, og filetutbytte av både rund- og sløydvekt ble beregnet. Begge fileter ble vurdert for mørke flekker ved bruk av FHF-skalaen (Mørkøre 2012). Fra venstre filet ble det tatt prøve av dorsal muskel til histologi, og norsk kvalitetssnitt (NKS) ble tatt til kjemiske analyser. Høyre filet ble lagret på is til dag 7 post mortem, da visuell farge (PhotoFish; Folkestad et al., 2008), filetspalting (Andersen et al. 1994) og fasthet i muskel (instrumentelt, Mørkøre & Einen 2003) ble målt. Fasthet ble målt på to plasser: i dorsal del av NKS og av posisjon i forkant av ryggfinnen. Fettinnhold (%) i NKS ble målt ved "The one-shot method" utviklet av Anvendt Teknologi AS (Harstad, Sørland et al. (2004)).

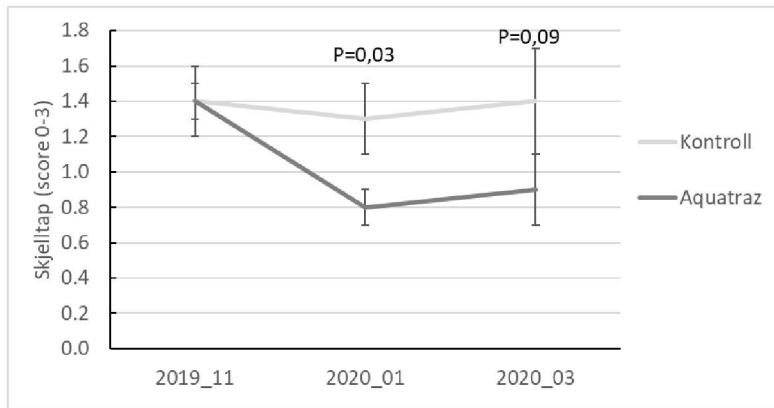
10.3. Resultater

Resultater fra alle uttak er oppsummert i Tabell 10.1. Histologiske undersøkelser av muskel vil utføres etter siste uttak (slakt).

Ved uttaket i januar 2020 ble det tatt ut fisk av forskjellig størrelse fra de to merdtypene; dette kan sees i signifikante forskjeller for vekt og lengde i Tabell 10.1. Dette er korrigert for i statistikken.

Det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene for kondisjonsfaktor, slakteutbytte eller filetutbytte, selv om fisken fra Aquatraz tenderte til å ha høyere slakteutbytte i januar 2020.

Generelt hadde begge fiskegrupper lignende og lave og/ eller normale score for katarakt, slitasje på ryggfinne, synlig fett på hjerte, fett på innvoller, leverfarge og forekomst og intensitet av mørke flekker i fileten. Totalt sett hadde 10% av den undersøkte fisken fra begge merdtyper tydelige flekker i filet. Fisken fra Aquatraz tenderte å ha mindre skjelltap enn de fra kontrollmerden (figur 10.1).

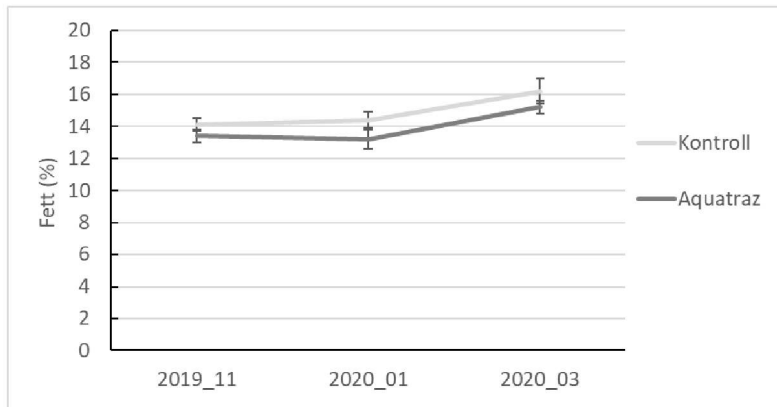


Figur 10.1: Skjelltap på de 10 laks per merdtype for de tre uttakene som ble gjort til denne halvårsrapport.

Relativ størrelse av hjerte (CSI) og lever (HSI) var lik for begge grupper for alle uttak, bortsett fra CSI i mars, da Kontroll-gruppen hadde 0,01 %-poeng lavere (signifikant) CSI enn Aquatraz. Selv om forskjellen var liten, er dette motsatt tendens fra Aquatraz 1, og blir spennende å følge, og å sammenligne med makro- og mikroskopiske funn på hjerte, frem til slakt.

Filetfargen og predikert nivå av astaxanthin var generelt god gjennom hele perioden (25,3 SalmoFan og 5,6 mg/kg i gjennomsnitt, henholdsvis), uten signifikante forskjeller mellom gruppene.

Fettinnholdet i muskelen var lignende for de to gruppene for alle tidspunkter, uten signifikante forskjeller, selv om Kontroll-gruppen i gjennomsnitt lå 1 %-poeng over Aquatraz-gruppen for de tre uttakene (Figur 10.2).



Figur 10.2: Fettinnhold i muskel av de 10 laks per merdtype for de tre uttakene som ble gjort til denne halvårsrapport.

Fastheten i fileten var generelt god, uten signifikante forskjeller mellom gruppene. Kun én fisk hadde en bruddstyrke som indikerer bløt muskel (< 7 N, Mørkøre (2008)). Filetspalting var lav, og ingen fisk hadde score som anses som problematisk.

Tabell 10.1: Oppsummering av resultater fra kvalitetsvurdering av 10 laks per merdtype for de tre uttakene som ble gjort til denne halvårsrapporten. Forskjeller per uttak er indikert med fet (signifikant, $p < 0,05$) og kursiv (tendens, $p < 0,1$) stil.

	November 2019		Januar 2020		Mars 2020	
	Kontroll	Aquatraz	Kontroll	Aquatraz	Kontroll	Aquatraz
Rundvekt (g)	2242 (1829-2688)	2031 (1521-2558)	3186 (2542-4548)	2661 (1819-3890)	3535 (3044-4243)	3551 (2894-3985)
Sløydvekt (g)	1926 (1533-2307)	1759 (1311-2232)	2718 (2184-3876)	2287 (1592-3296)	3011 (2562-3635)	3048 (2499-3494)
Lengde (cm)	55.8 (53-59)	53.8 (48-58)	61.8 (58-69)	58.9 (53.5-66)	63.9 (58.5-69.5)	64.7 (61-66.5)
Kondisjonsfaktor (rundvekt)	1.29 (1.16-1.44)	1.3 (1.14-1.53)	1.34 (1.27-1.39)	1.29 (1.17-1.41)	1.36 (1.16-1.66)	1.31 (1.24-1.42)
Slakteutbytte (%)	85.9 (83.8-89.2)	86.6 (85.2-88.6)	<i>85.5 (81.1-89.4)</i>	<i>86.3 (82.7-89.7)</i>	85.2 (84.2-86.1)	85.8 (83.4-87.7)
Ryggfinne (0-4 poeng)	1.2 (1-1.5)	1.1 (0.5-2)	1.1 (0.5-2)	1.2 (0-2)	1.2 (0.5-2)	1.1 (0-2)
Skjelltap (0-3 poeng)	1.4 (1-2.5)	1.4 (1-2)	1.3 (0-2)	0.8 (0-1)	<i>1.4 (0-3)</i>	<i>0.9 (0-2)</i>
Synlig fett på hjerte (0-2 poeng)	0.8 (0-1.5)	1 (0-2)	0.3 (0-1)	0.5 (0-2)	1.1 (0-2)	1.1 (0-2)
Synlig fett på innvoller (0-5 poeng)	2.6 (1.5-3.5)	2.7 (2-3.5)	2.8 (2-4)	2.7 (1-4)	<i>2.4 (1.5-3)</i>	<i>2.1 (1.5-2.5)</i>
Leverfarge (0-5 poeng)	2.9 (2-3.5)	3.2 (3-4)	3.3 (2.5-4)	3.1 (3-4)	3.2 (3-3.5)	3.4 (3-4)
Levervekt (% av rundvekt, HSI)	1.27 (0.98-1.51)	1.31 (1.13-1.56)	1.31 (1.16-1.48)	1.33 (1.08-1.61)	1.41 (1.22-1.55)	1.37 (1.19-1.57)
Hjertevekt (% av rundvekt, CSI)	0.13 (0.11-0.15)	0.13 (0.11-0.14)	<i>0.12 (0.11-0.13)</i>	<i>0.13 (0.12-0.15)</i>	0.12 (0.11-0.14)	0.13 (0.12-0.15)
Filetutbytte (% av rundvekt)	<i>65.6 (62.9-67.9)</i>	<i>66.6 (65.1-68.4)</i>	66.1 (62-69.5)	65.8 (63.2-68.3)	66.4 (63.9-68.2)	67.2 (65-70.1)
Filetutbytte (% av sløydvekt)	76.3 (75.1-77.3)	76.9 (74.8-78.4)	77.3 (74-78.7)	76.2 (73.2-78.3)	78 (75.9-81)	78.4 (76.9-80.1)
Filetspalting (Gaping, 0-5 poeng)	0.1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.1 (0-1)	0.2 (0-1)
Mørke flekker i filet (0-8 poeng)	0.6 (0-3)	0.6 (0-2)	0.8 (0-4)	1.0 (0-4)	0.4 (0-1)	0.4 (0-1)

Filetfarge (SalmoFan Photofish)	25.5 (25-26.4)	25.5 (24.7-26.9)	25.6 (24.3-27.6)	25.6 (24-27)	24.7 (24.2-25.7)	25 (24.1-26)
Fasthet i filet (Newton)	8.4 (7.5-9.8)	7.7 (6.5-9.1)	9.4 (7.9-11.6)	9.5 (8-11.6)	9.8 (7.7-13.6)	9.3 (7.8-10.9)
Fasthet i filet (totalt arbeid, N*s)	146.1 (124.5-159.5)	133.4 (113.2-165.5)	189.1 (150.8-225)	186 (155-232.7)	197.8 (164.2-256.4)	191 (165.5-223.1)
Fett i NKS (%)	14.1 (12.6-16.1)	13.4 (10.3-15.2)	14.4 (12.8-16.9)	13.2 (11-16.9)	16.2 (11.9-20.1)	15.2 (13-17.7)
Astaxanthin (Photofish, mg/kg)	5.8 (5.4-6.4)	5.8 (5.1-6.8)	5.8 (4.9-7.4)	5.8 (4.6-7)	5.2 (4.8-5.9)	5.4 (4.7-6.2)

11. Referanser

- Alfredsen, J.A. 2018. Aquaculture in the perspective of Industry 4.0. International Workshop on Far Offshore Mariculture 5-9 Dec. 2018, Ocean University of China, Qingdao, China.
- Andersen UB, Strømsnes AN, Steinsholt K and Thomassen MS. 1994. Fillet gaping in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) Norwegian Journal of Agricultural Sciences, 8: 165-179
- Bjerkeng, B., Følling, M., Lagocki, S., Storebakken, T., Olli, J. J., Alsted, N. 1997. Bioavailability of all-E-astaxanthin and Z-astaxanthin isomers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 157, 63-82.
- Bjørnstad, O. N. 2018. "Epidemics: Models and Data Using R." Springer.
- Grenfell, B. T., O. N. Bjørnstad, and J. Kappey, 2001. "Travelling Waves and Spatial Hierarchies in Measles Epidemics." Nature.
- Hassan W., Føre M., Ulvund J.B., Alfredsen J.A. 2019a. Internet of Fish: Integration of acoustic telemetry with LPWAN for efficient real-time monitoring of fish in marine farms. *Computer and Electronics in Agriculture*, Volume 163, 104805.
- Hassan W., Urke, H. A., Kristensen, T., Føre M., Ulvund J.B., Alfredsen J.A. 2019b. Real-time Fish Positioning and Monitoring System for Commercial Marine Farms- Based on Acoustic Telemetry and Internet of Fish (IoF). Proceedings of the 29th International Ocean and Polar Engineering Conference, Hawaii, USA, June 16–21, 2019.
- Kent ML, JNC Whyte, C. LaTrace. 1995. Gill lesions and mortality in seawater pen-reared Atlantic salmon *Salmo salar* associated with a dense bloom of *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira* species. *Diseases of aquatic organisms* 22: 77-81.
- Kim, W.C., Pan, P.I.A., Xiang, J.L. 2013. Gill damage to juvenile orange-spotted grouper *Epinephelus coioides* (Hamilton, 1822) following exposure to suspended sediments. *Aquaculture research* 44: 1685-1695.
- Redding, J.M., Schreck, C.B., Everest, F.H. 1987. Physiological effects on Coho Salmon and Steelhead of exposure to suspended solids. *Transactions of the America Fisheries Society* 116: 737-744.
- Kjelsvik, P. A. 2019. Internet of Fish Real-time monitoring of fish through LPWAN and Internet technologies. Masteroppgave NTNU (<http://hdl.handle.net/11250/2625681>).
- Mørkøre T, Einen, O. 2003. Relating sensory and instrumental texture analyses of Atlantic salmon. *Journal of Food Science* 68, 1492-1497.
- Mørkøre, T. 2008. Tekstur i oppdrettslaks. Kunnskapsstatus og forhold som bidrar til fastere filet. Nofima rapportserie (32/2008). In Norwegian.
- Mørkøre, T. 2012. Filet av oppdrettslaks: Kvalitetsavvik og årsakssammenhenger. FHF-prosjekt 900339. Report 17/2012, Nofima, Ås.
- Sørland GH, Larsen PM, Lundby F, Rudi AP, Guiheneuf T. 2004. Determination of total fat and moisture content in meat using low field NMR. *Meat Sci.* 2004;66:543–50. pmid:22060863
- Ulvund, J. B., Kristensen, T., Urke, H. A. and Alfredsen. 2019. Optimized use of *Cyclopterus lumpus* in the fight against *Lepeophtheirus salmonis* in salmon farming - An acoustic telemetry approach to

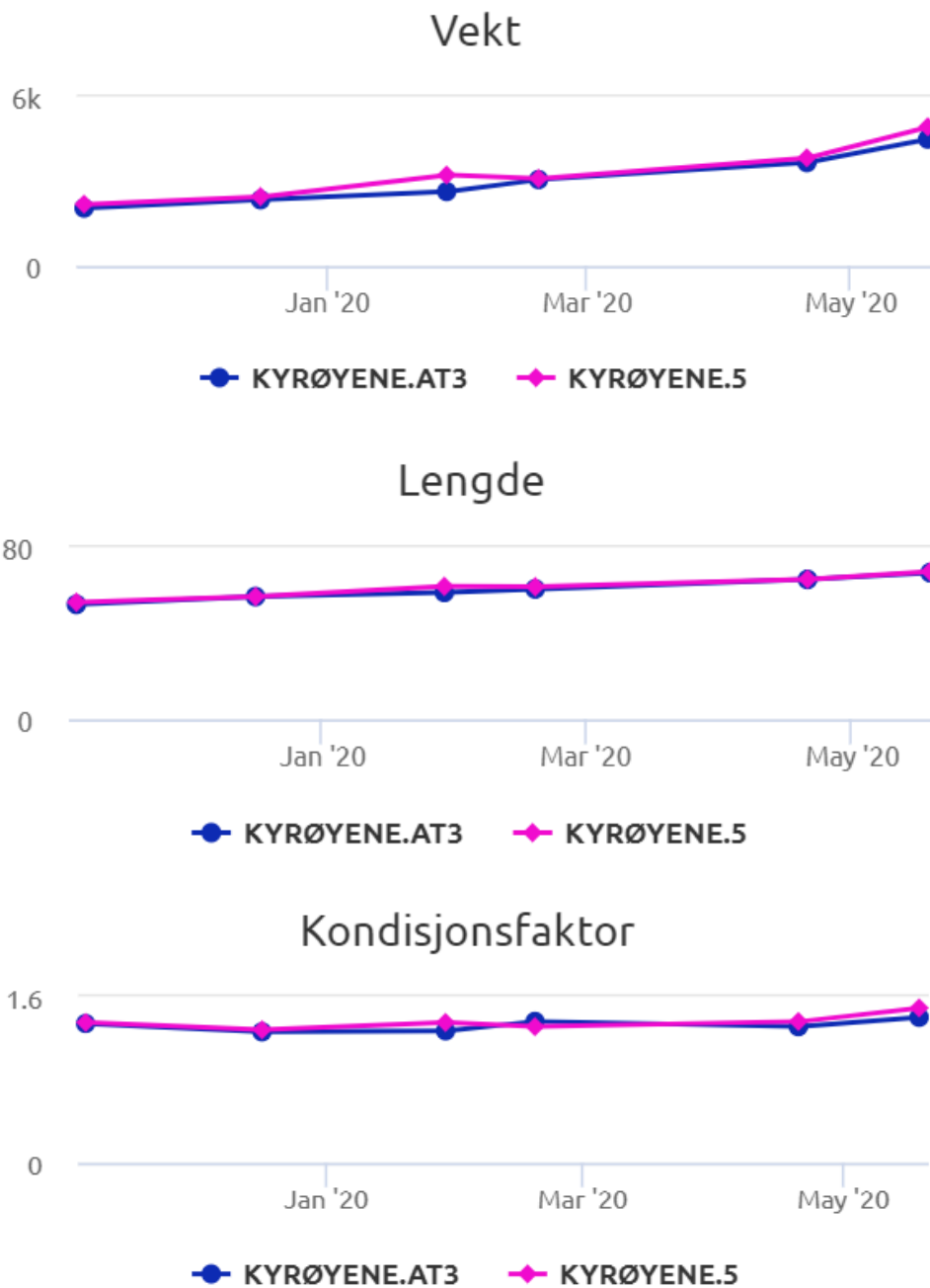
further the knowledge of fish biology and effective measurements of cleaner fish and Atlantic salmon in commercial salmon production. *In prep.* Aquaculture.

Urke, H. A., Kristensen, T. Arnekleiv, J. V., Haugen, T. O. Kjærstad, G., Stefansson, S O., Ebbesson, L.O.E and Nilsen, T. O. 2013. Seawater tolerance and post smolt migration of wild Atlantic salmon x brown trout hybrid smolts. *Journal of Fish Biology* 82, 206-227

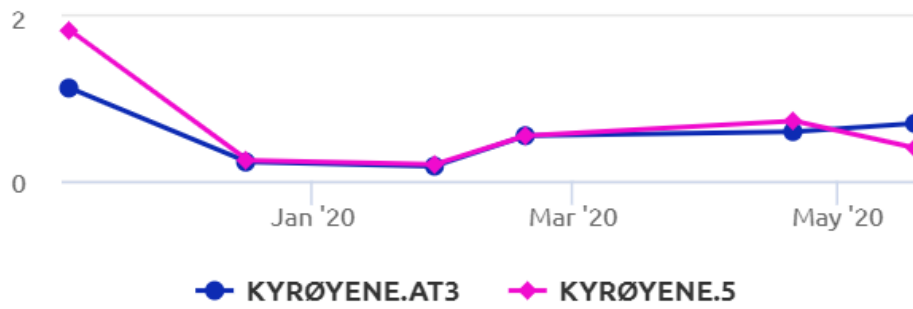
12. Vedlegg

12.1. Velferdsscoringer

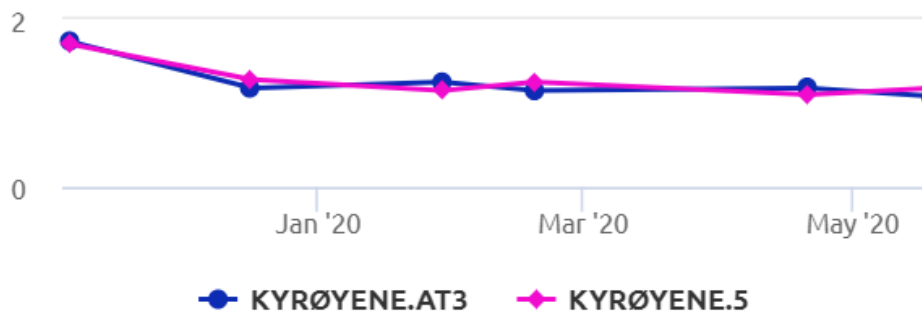
Nedenfor er oppsummerende grafiske framstillinger av resultatene, der Aquatrazmerden er Kyrøyene.AT3 og kontrollmerden er Kyrøyene.5. Det er ulik skala på y-aksen for de ulike parametrene.



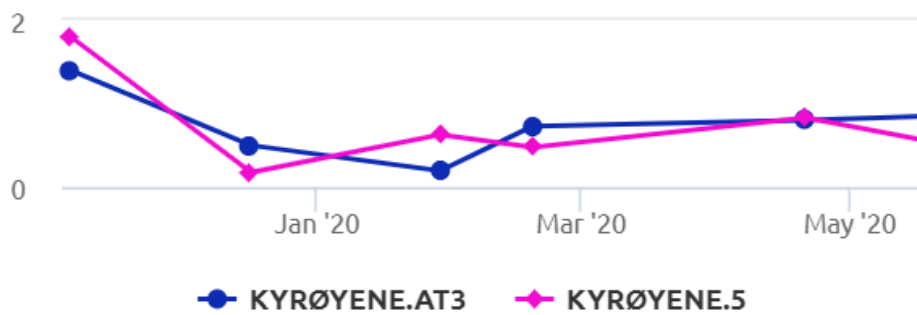
Aktiv ryggfinneskade



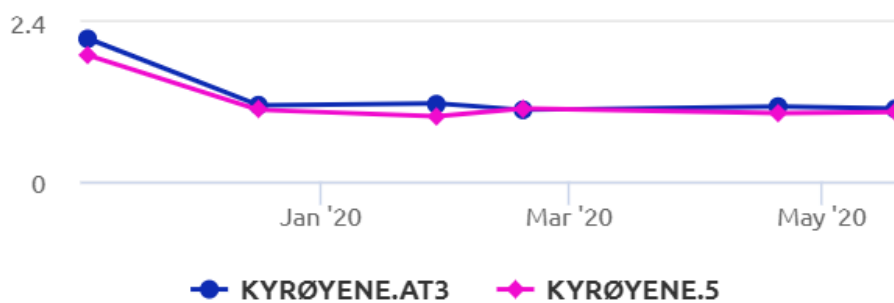
Helbredet ryggfinneskade



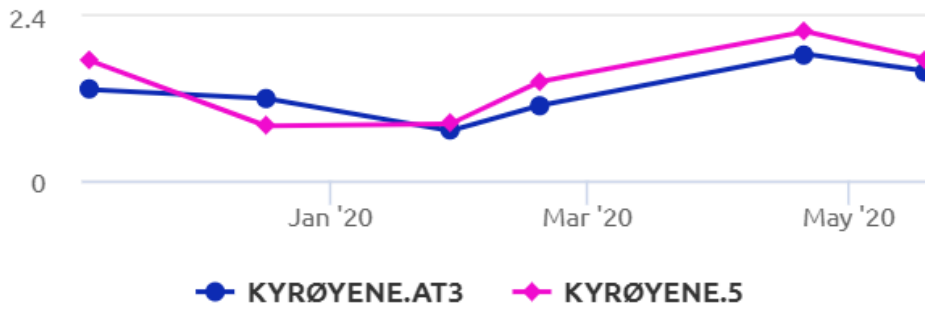
Aktiv brystfinneskade



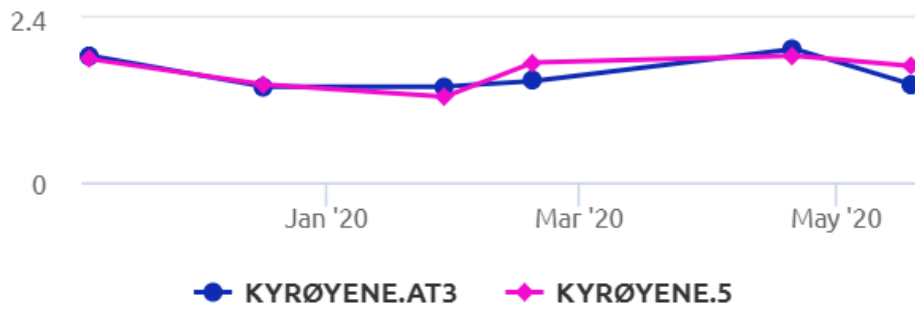
Helbredet brystfinneskade



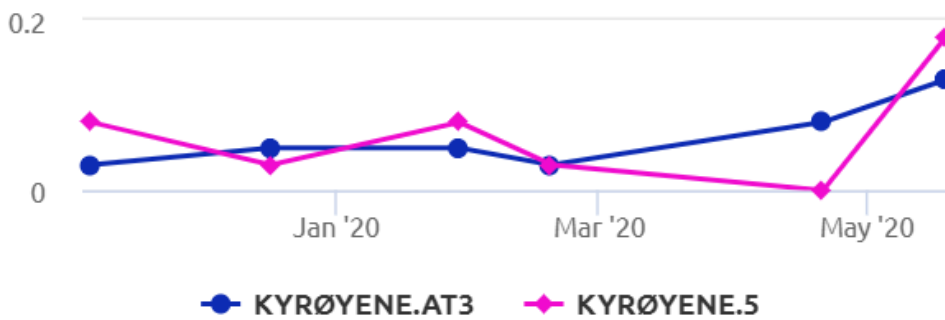
Aktiv halefinneskade



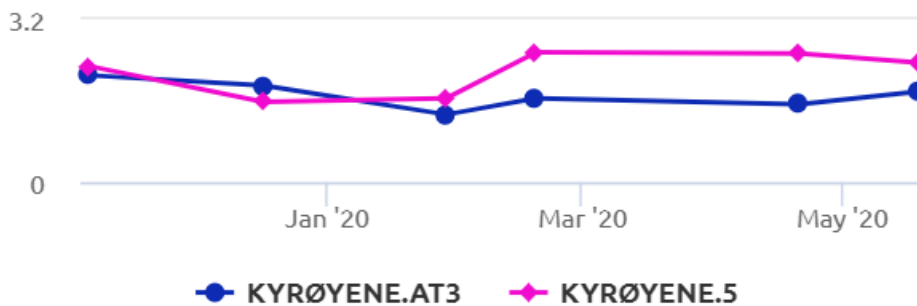
Helbredet halefinneskade



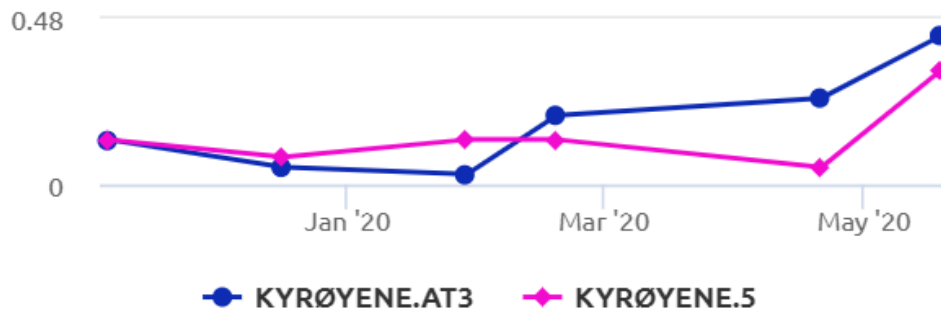
Ryggdeformiteter



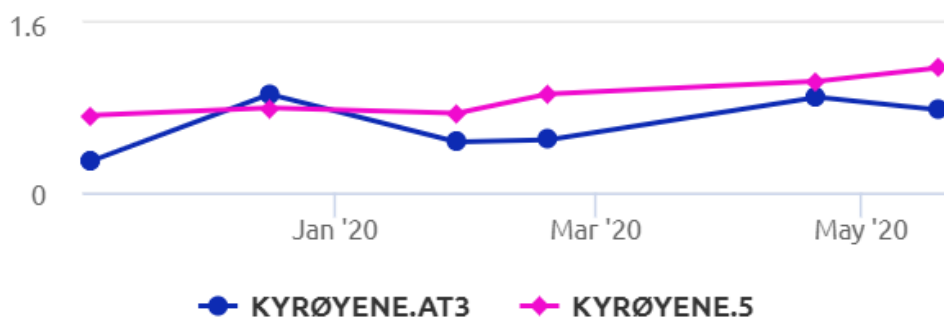
Skjelltap



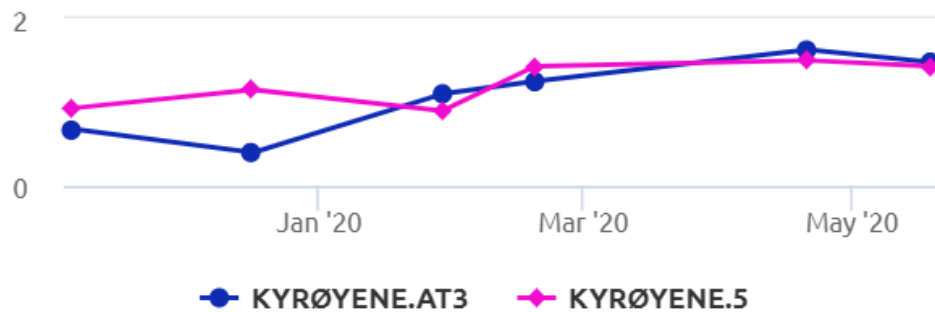
Sår



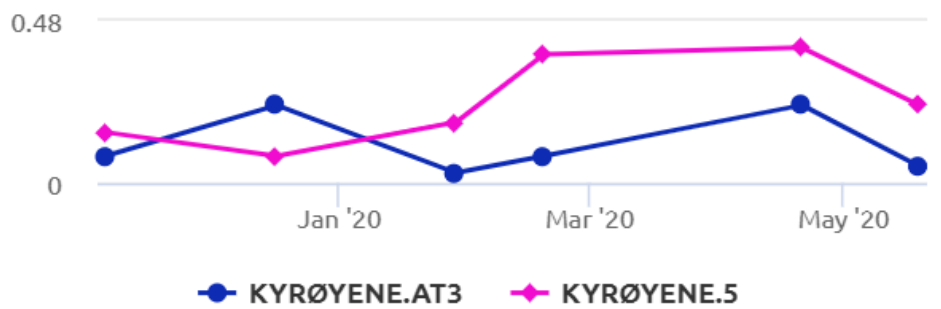
Hudblødning



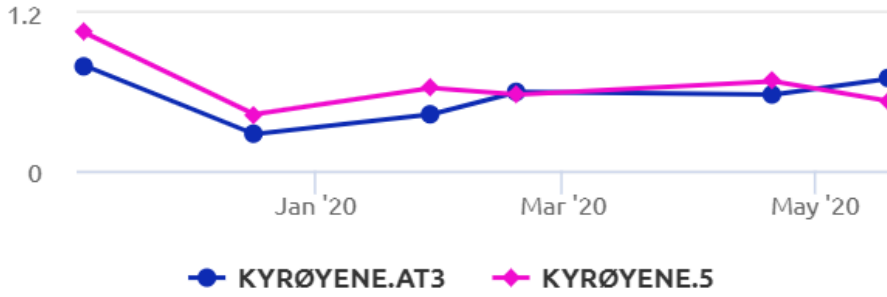
Snuteskade



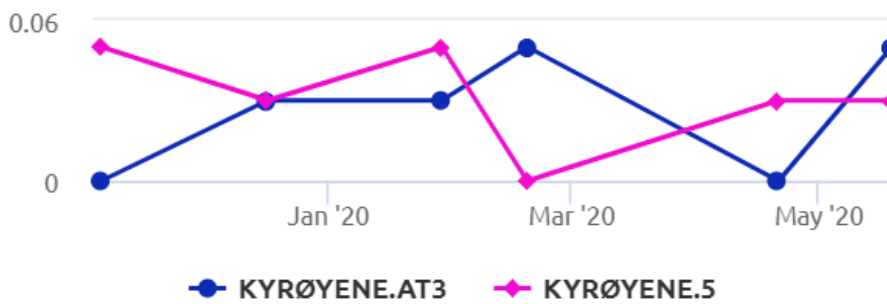
Øyeskade



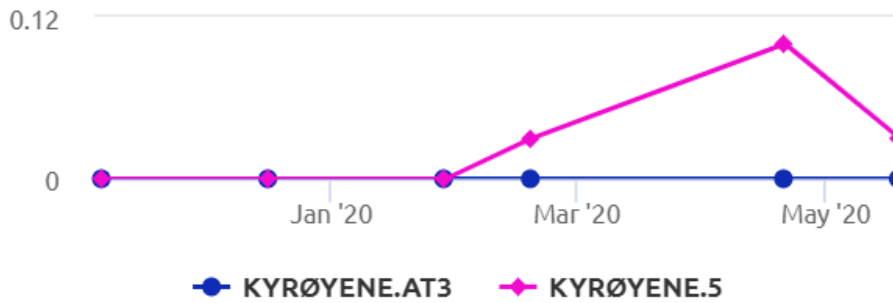
Utstående øye



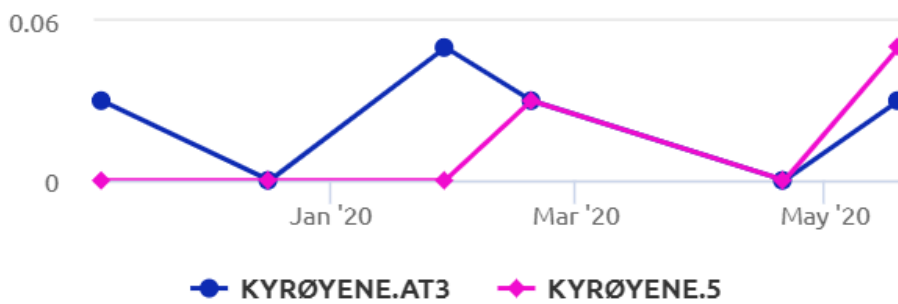
Gjellelokkskade



Overkjeve deformitet



Underkjeve deformitet



Katarakt

