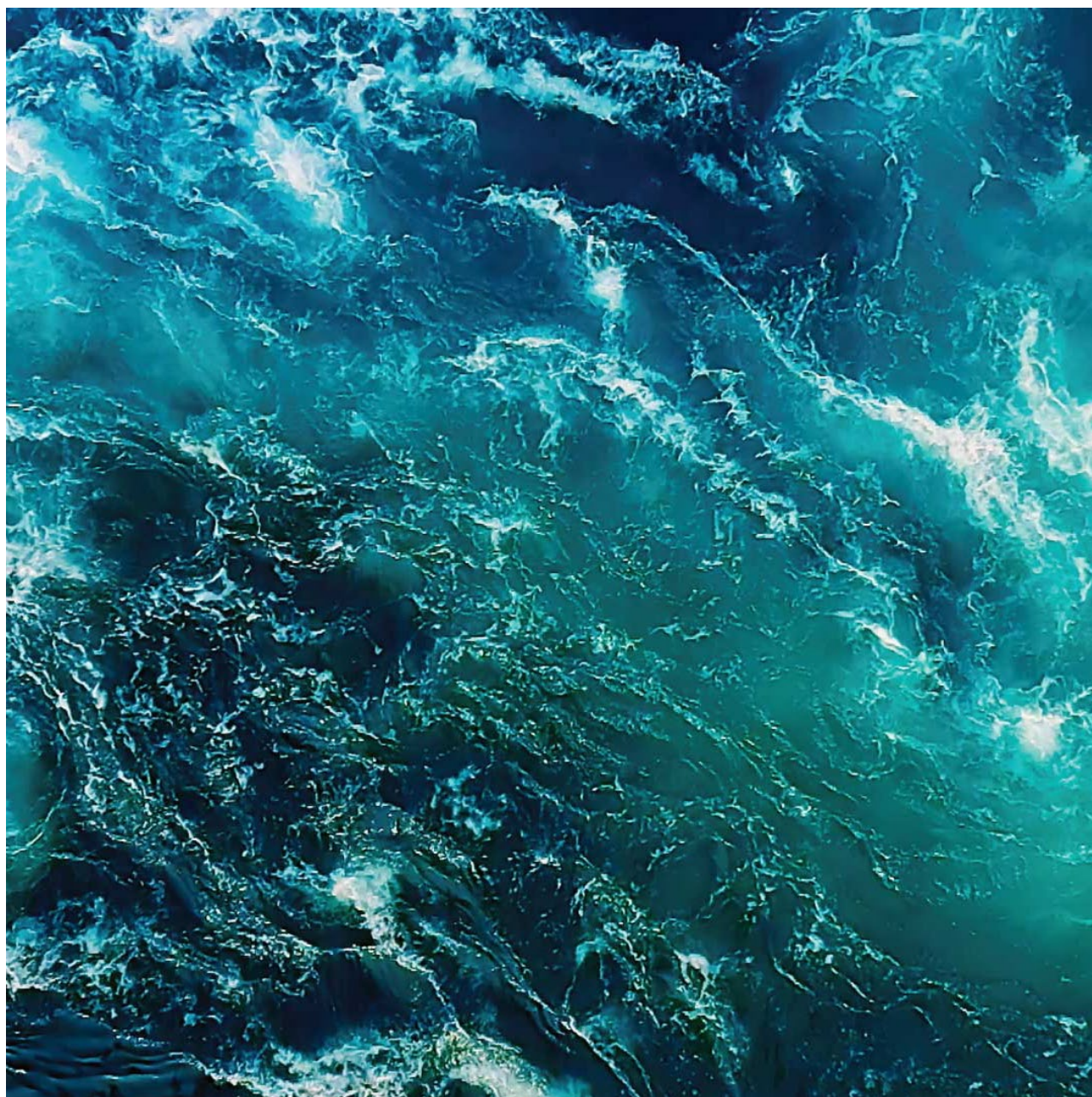


Sluttrapport FHF-prosjekt 901560:

# Gjenfangst, bedøvelse, avliving og etterbruk av rensesk (CleanCatch)

**Akvaplan-niva AS Rapport: 2021 60878.01**



# 901560: Gjenfangst, bedøvelse, avliving og etterbruk av rensfisk (CleanCatch)

Forfatter(e)	Atle Foss ( <b>Akvaplan-niva</b> ) Reidun Bjelland og Anne Berit Skiftesvik ( <b>Havforskningsinstituttet</b> ), Gøril Voldnes, Tatiana Ageeva, Morten Heide, Øystein Hermansen, Egil Hogrenning, Ingrid Kvalvik, Ekaterina Nikitina, Svein K. Stormo og Bjørn Roth ( <b>Nofima</b> )
Dato	22.12.2021
Rapport nr.	2021 60878.01
Antall sider	99
Distribusjon	Gjennom kunden
Kunde	Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)
Kontaktperson	Eirik Sigstadstø

## Sammendrag

Denne rapporten tar for seg utfordringer knyttet til temaene gjenfangst, avlivning og etterbruk av rensfisk som har hatt deler av sin livssyklus i merdene sammen med laksefisk for å spise lus. Gjenfangst av rensfisk er både tids- og arbeidskrevende, og i dette prosjektet har vi undersøkt om det er mulig å effektivisere gjenfangst av både rognkjeks og leppefisk ved å dressere fisken ved hjelp av spesifikke lyd- og/eller lyssignal. Det har blitt gjort forsøk på individ- og gruppenivå, i små og store kar, i små og full-skala merder, og alle forsøk i mindre skala viser at både rognkjeks og leppefisk er i stand til å lære, og huske, at slike signaler er relatert til en belønning, med det resultatet at en stor andel av fisken dermed trekkes mot, og samles ved, et spesifikt referansepunkt i karet/merden. Det var ikke mulig å konkludere en effekt i full-skala merder.

Prosjektet har også hatt som mål å utvikle en slakteprosedyre som egner seg for industriell slakt av leppefisk og rognkjeks og som tilfredsstiller kravet om dyrevelferd og samtidig ivaretar kvalitet på produktet som mulig matvare. Resultater viser at både rognkjeks, berggylt og bergnebb kan bedøves innen 0.5 sekund i både i vann og luft. Dette gjør det mulig å anvende ulike teknologier, enten om det er tørrbedøving eller i pumpesystemer, for bedøving i kommersielle anlegg.

Prosjektet har videre forsket på muligheter og utfordringer knyttet til etterbruk av rensfisk hvor vi har identifisert næringsmessige og prosess tekniske produkt egenskaper som er viktig for å kunne bruke rensfisken til humant konsum. Både berggylte og rognkjeks har god proteinkvalitet og fettsyresammensetning og kan være en god kilde til B12- og D13-vitaminer, men markedsundersøkelser i Sør-Korea viser at salg av hel rensfisk til humant konsum kan være utfordrende på grunn av utseende, smak, konsistens og lusespiserhistorien til fiskene.

## Godkjenninger

Prosjektleder



Atle Foss

Kvalitetskontroll rapport



Albert K. D. Imsland

## Innholdsfortegnelse

FORORD .....	4
1 SAMMENDRAG .....	5
2 INNLEDNING .....	7
3 ARBEIDSPAKKE 1. GJENFANGST AV RENSEFISK .....	8
3.1 Læring ved bruk av lyd- og lys-signaler - rognkjeks.....	8
3.1.1 Klikk-forsøk i kar .....	8
3.1.2 Lyd og læring i små og store kar.....	9
3.1.3 Lys og læring i små og store kar .....	10
3.1.4 Lyd og læring i sjø - småskala.....	11
3.1.5 Lyd og læring i sjø - storskala .....	14
3.2 Læring ved bruk av lydsignaler - berggylte .....	16
3.2.1 Karforsøk.....	16
3.2.2 Lyd og læring- merdforsøk 1-småskalaforsøk .....	19
3.2.3 Lyd og læring - merdforsøk 2 - småskalaforsøk .....	26
3.2.4 Lyd og læring i sjø- storskala .....	34
3.2.5 Lydgenerator .....	35
4 ARBEIDSPAKKE 2. BEDØVELSE OG SLAKT.....	36
4.1 Innledning .....	36
4.2 Forsøk for bedøvelse og avliving av rensefisk.....	36
4.2.1 Leppefisk eksponert for strøm.....	36
4.2.2 Rognkjeks eksponert for strøm.....	38
4.3 Protokoller for bedøvelse og avliving av rensefisk.....	40
5 ARBEIDSPAKKE 3. LEGGE FUNDAMENTET FOR EN STRATEGISK, INNOVATIV OG REALISERBAR PRODUKTUTVIKLING AV RENSEFISK .....	42
5.1 Identifisering av næringsinnhold og prosestetniske egenskaper .....	42
Forsøksoppsett og metoder.....	42
5.2 Prosessering.....	44
5.2.1 Fryseforsøk .....	44
5.3 Regulatoriske aspekter .....	45
5.4 Marked .....	45
5.5 Kost-nytte .....	47
5.6 Resultater – næringsmessige egenskaper.....	48
5.6.1 Rognkjeks (Cyclopterus lumpus).....	48
5.6.2 Berggylt .....	54
5.6.3 Prosestetniske egenskaper og fryselagring .....	58
5.6.4 Fryseforsøk .....	63
5.7 Regulatoriske aspekter .....	66
5.7.1 Villfanget leppefisk som rensefisk .....	66
5.7.2 Akvakultur (oppdrett og bruk av rensefisk).....	67
5.7.3 Fisk for humant konsum .....	68
5.7.4 Begrensninger og etterlevelse av regelverket.....	68
5.7.5 Oppsummering regelverk.....	69
5.8 Markedsmuligheter og utfordringer for rensefisk i Sør-Korea .....	69
5.8.1 Interesse for å prøve nye sjømatprodukter .....	71
5.8.2 Sammenligning med andre fiskearter.....	71

5.8.3	Oppfattelsen av rensefisk før og etter tilberedning.....	71
5.8.4	Potensiale i koreansk kjøkken .....	72
5.8.5	Holdninger til rensefisk som lusespiser .....	72
5.8.6	Interesse for kjøp, betalingsvillighet og kjøpskriterier .....	73
5.8.7	Oppsummering og konklusjon markedstest.....	73
5.9	Nytte-kostnadsanalyse (NKA) av rensefisk til human konsum .....	73
5.9.1	Økonomi i dagens verdikjede.....	74
5.9.2	Alternative etterbruksområder.....	81
5.9.3	Tilpasninger i verdikjeden ved alternativ etterbruk .....	81
5.9.4	Lønnsomhetsbetraktninger alternativ etterbruk .....	88
6	HOVEDFUNN I PROSJEKTET .....	90
6.1	AP1. Gjenfangst .....	90
6.2	AP2. Bedøvelse og avlivning .....	90
6.3	AP3. Etterbruk .....	90
7	REFERANSER .....	92
8	LEVERANSER .....	98

## Forord

Vi takker Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) for finansieringen av dette prosjektet som er et viktig prosjekt for bærekraften og omdømmet til norsk laksenæring. Vi vil også takke våre næringspartnere Lerøy Aurora AS, Ryfylke Rensefisk AS, Optimar AS og Servicebåt AS for deltakelse, engasjement og hjelp til gjennomføring for å løse problemstillingene knyttet til prosjektet.



# 1 Sammendrag

Denne rapporten tar for seg utfordringer knyttet til temaene gjenfangst, avlivning og etterbruk av rensefisk som har hatt deler av sin livssyklus i merdene sammen med laksefisk for å spise lus. For å utforske dette har vi hatt en tverrfaglig tilnærming.

Gjenfangst av rensefisk er både tids- og arbeidskrevende, og i dette prosjektet har vi undersøkt om det er mulig å effektivisere gjenfangst av både rognkjeks og leppefisk ved å dressere fisken ved hjelp av spesifikke lyd- og/eller lyssignal (attraktanter) som gir en belønning i form av fôr. Det har blitt gjort forsøk på individ- og gruppenivå, i små og store kar, i små og full-skala merder, og alle forsøk i mindre skala viser at både rognkjeks og leppefisk er i stand til å lære, og huske, at slike signaler er relatert til en belønning, med det resultatet at en stor andel av fisken dermed trekkes mot, og samles ved, et spesifikt referansepunkt i karet/merden. Det var ikke mulig å konkludere en effekt i full-skala merder.

Prosjektet har også hatt som mål å utvikle en slakteprosedyre som egner seg for industriell slakt av leppefisk og rognkjeks og som tilfredsstiller kravet om dyrevelferd og samtidig ivaretar kvalitet på produktet som mulig matvare. Resultater viser at både rognkjeks, berggyllt og bergnebb kan bedøves innen 0.5 sekund i både i vann og luft. Dette gjør det mulig å bruke ulike teknologier, enten om det er tørrbedøving eller i pumpe-systemer, for bedøving i kommersielle anlegg. Utfordringen er å oppnå effektiv avliving. Avhengig av art og type teknologi er det mulig å avlive rensefisk med strøm, men dette må verifiseres ved EEG da adferds undersøkelser ikke er tilstrekkelig for å dokumentere om dyret gjenvinner bevisstheten eller ikke. Et alternativ er å bruke kvern direkte etter elbedøving. Dette vil sikre human avliving, uavhengig av art og teknologi, om dette nyttes riktig, men vil samtidig begrense muligheter for etterbruk.

Videre har vi forsket på muligheter og utfordringer knyttet til etterbruk av rensefisk hvor vi har identifisert næringsmessige og prosess-tekniske produkttegenskaper som er viktig for å bruke fisken til humant konsum. I prosjektet har vi også undersøkt prosesserings- og lagringsmetoder for å bevare kvaliteten best mulig. Gjeldende regelverk knyttet til rensefisk brukt til humant konsum har blitt belyst. Vi har undersøkt lønnsomheten ved ulik bruk og ulike logistikk-løsninger i tillegg til å ha undersøkt markedspotensialet til rensefisk i Sør-Korea. Resultatene fra en markedstest av rognkjeks og berggyllt blant et utvalg informanter fra sjømatnæringen i Sør-Korea, viser at salg av hel rensefisk til humant konsum kan være utfordrende. Videreforedele rensefiskprodukter kan ha større potensiale. Nytte-kostnadsanalyser er også gjennomført.

## ***English summary***

This report addresses challenges related to the topics of re-capture, killing and re-use of cleaner fish that have had part of their life cycle in the cages together with salmonids to eat lice. To explore this, we have taken an interdisciplinary approach.

Recapture of cleanerfish is both time-consuming and labour-intensive, and in this project, we have investigated whether it is possible to make the re-capture of both lumpfish and wrasse more efficient by training the fish using specific sound and / or light signals (attractants) that provide a reward in the form of feed. Attempts have been made at the individual and group level, in small and large tanks, in small and full-scale cages, and all experiments on a smaller scale show that both lumpfish and wrasse are able to learn, and remember, that such signals are related to a reward, with the result that a large proportion of the fish is thus drawn towards, and collected at, a specific reference point in the tank / cage. It was not possible to conclude an effect in full-scale cages.

The project has also aimed to develop a slaughter procedure that is suitable for industrial slaughter of wrasse and lumpfish and that satisfies the requirement for animal welfare and at the same time safeguards the quality of the product as a possible food. Killing the fish using a grinder is used in some cases, but consumption is thus excluded.

We have further investigated opportunities and challenges related to the re-use of cleaner fish and have identified nutritional and technological product characteristics and investigated processing and storage methods to preserve the best possible quality. Furthermore, we have examined the regulations related to

cleaner fish used for human consumption. We have investigated the profitability of different usages and different logistics solutions in addition to having investigated the market potential in South Korea. In South Korea, lumpfish and wrasse have been tested by a selection of key respondents in the seafood industry. The results show that export of whole cleaner fish for direct human consumption to this market can be challenging. More processing may be a future opportunity. A cost-benefit analysis has also been executed.

## 2 Innledning

Lakselus har blitt en av laksenæringens største utfordringer og kravene om alternative ikke-kjemiske avlusningsmetoder vokser. Bruken av rensefisk er derfor økende og spesielt oppdrett av rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*) er en industri i ekstrem vekst, fra en marginal produksjon i 2010 til en produksjon i 2018 på 35 millioner individer (Waatevik, 2019). I tillegg ble det produsert rundt 2 millioner berggyllt (*Labrus bergylta*), samt fisket i underkant av 20 millioner ville leppefisk. Dødeligheten på rensefisk i sjø er generelt svært høy, men noen produsenter i dag har en overlevelsesrate på opp mot 80 %. Gjenbruk av rognkjeks som rensefisk er derimot lite aktuelt da lusebeitingsaktiviteten i all hovedsak avtar vesentlig etter at den har oppnådd en størrelse på 3-400 gram. Det er også restriksjoner som forbyr reallokering av fisk for å forebygge spredning av sykdommer. I tillegg, med utgangspunkt i erfaringer fra bruk av rensefisk i sjø er ivaretagelse av rensefiskens velferd gjennom hele produksjonssyklusen for laks en utfordring. En massiv innsats gjøres for å sikre dyrevelferd og overlevelse i fasen fram til rognkjeks slutter å spise lus, men etter endt arbeid går fisken til ensilasje eller destrueres. Industrien sier selv at bruk av rensefisk i produksjonen av laks er meget kostnadskrevenende, og at det er nødvendig å utnytte potensialet i rensefisk også etter endt bruk som avlusningsmiddel. Om man ser bort fra det økonomiske tapet dette innebærer, er dette også et miljømessig og etisk aspekt, som gjelder bruk av rensefisk generelt, som igjen kan skade omdømmet til norsk lakseoppdrett og muligheten til å benytte denne typen ikke- kjemisk avlusning. Det er dermed en rekke årsaker til at etterbruk av rensefisk er viktig for næringslivet. Skal man optimalisere potensialet i denne ressursen er det omfattende behov for mer kunnskap, kompetanse og kapasitet både i forskningen og i næringen. Med riktig kunnskap og kompetanse kan rensefisk bidra til å redusere kostnadene med å forebygge lus, og i beste fall også bidra til det økonomiske overskuddet i næringen. Innovativ etterbruk vil bidra til å dekke kostnader bedriftene allerede har tatt på kjøp av rensefisk, utvikle en ny næring med tilhørende arbeidsplasser og ringvirkninger, skape større incentiver til å løse utfordringer rundt dyrevelferd og sikre omdømmet til norsk sjømatnæring generelt, og norsk laksenæring spesielt.

Prosjektet som presenteres i denne sluttrapporten ble gjennomført av Akvaplan-niva i samarbeid med Nofima og Havforskningsinstituttet på oppdrag fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) v/ Eirik Sigstadstø gjennom prosjektet "Gjenfangst, bedøvelse, avlaving og etterbruk av rensefisk" (prosjektnummer 901560). I tillegg til nevnte FoU-aktører bidro industriaktørene Lerøy Aurora, Optimar og Ryfylke Rensefisk til gjennomføring av prosjektet. Referansegruppen besto av Petter Aanonsen (Ryfylke Rensefisk AS), Mons-Ove Hauge (Elax AS), Frode Kjølås (Optimar AS), Kari Marte Krane (Nova Sea AS), Bjørn Mikalsen (Lerøy Aurora AS) og Eirik Monsen (Lerøy Aurora AS).

Prosjektets hovedmål var å legge til rette for mer effektiv gjenfangst av rensefisk i laksemerder, utvikle metoder for skånsom og effektiv bedøvelse og avlaving samt å utforske markedspotensialet for rensefisk som et matprodukt. Om man kan oppnå en høyere og mer effektiv gjenfangst vil "brukt" rensefisk kunne utsorteres og samles opp i betydelige kvanta. Denne biomassen vil dermed kunne slaktes på en mer hensiktsmessig og dyrevelferdsmessig forsvarlig måte ved bruk av metodene som blir utviklet i prosjektet. Prosjektresultatene vil dermed bidra til at rensefiskens velferdskrav oppfylles, men også legge til rette for etterbruk i og med at fisken slaktes raskt og ustresset.

Prosjektet var delt inn i tre arbeidspakker, hvor hver arbeidspakke hadde et hovedmål:

### AP1. Gjenfangst

*Mål: Undersøke og utnytte rensefiskens naturlige adferd i forbindelse med utfisking, og utfra dette utvikle mer effektive metoder til bruk på rognkjeks og leppefisk.*

### AP2. Bedøvelse og slakt

*Mål: Å utvikle protokoller for bedøvelse og avlaving av rensefisk for å kunne sikre ulik bruk enten som mat som innbefatter bløtting og bearbeiding eller som utsortert fisk for restråstoff*

### AP3. Etterbruk

*Mål: Legge fundamentet for en strategisk, innovativ og realiserbar produktutvikling av rensefisk*

Resultater fra de respektive arbeidspakkene presenteres fortløpende i denne rapporten.



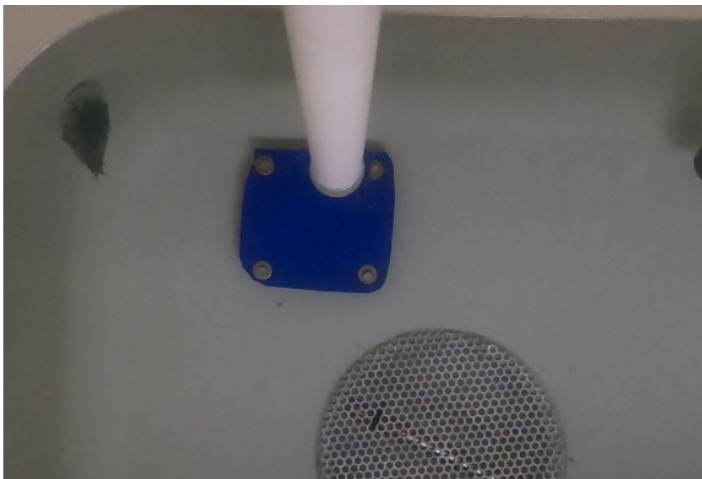
## 3 Arbeidspakke 1. Gjenfangst av rensefisk

### 3.1 Læring ved bruk av lyd- og lys-signaler - rognkjeks

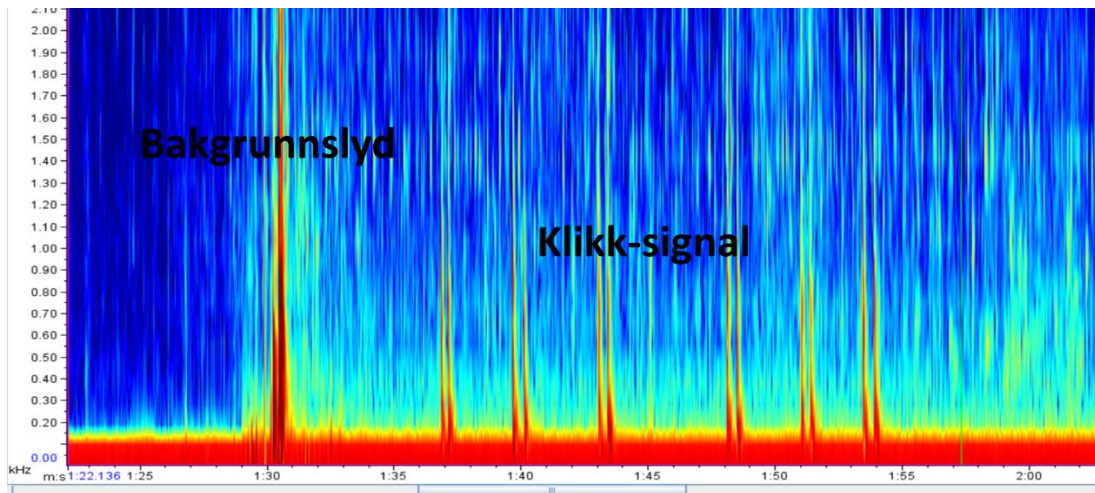
For å kunne utnytte rensefisken til alternative bruksområder, er det avgjørende å finne løsninger for utsortering og gjenfangsting av rognkjeks fra merdene. Tidligere studier har demonstrert at rognkjeks eksponert for undervannslys om natten i kar på land har vist en preferanse for, og trukket mot, en blå lyskilde. Dette resulterte i at fisken svømte inn i enkle feller (teiner) hvor den ble fanget. En tilsvarende effekt ble ikke dokumentert i større skala, dvs. i kommersielle merder. I denne arbeidspakken ønsket vi derfor å lære rognkjeks og berggyllt at lavfrekvent lyd, enten alene eller i kombinasjon med lys, gir en belønning i form av fôr. Det har blitt gjort forsøk i små (enkeltfisk) og store (fiskegrupper) kar på land, i små forsøksmerder i sjø, samt i kommersiell størrelse hvor det ble gitt lyd- og/eller lyssignal like i forkant, og i en tidlig fase av, foring. Utforing ble dretter gjort i et begrenset tidsrom og på bestemte foringsplasser, hvorpå fisken får en pause. Prosedyren ble gjentatt over tid og fiskenes adferd ble overvåket. Nedenfor følger en beskrivelse av de enkelte forsøk som ble gjort.

#### 3.1.1 Klikk-forsøk i kar

I dette første forsøket med individuell læring ble det brukt enkeltfisk (20-30 g) i 2 stk. 200-liters kar med gjennomstrømming. Karene var dekket av et lokk slik at ingen fisk ble forstyrret av bevegelser utenfor karet. Fiskens aktivitet ble overvåket ved hjelp av kamera. Hver fisk ble akklimatisert i karet i 24 timer før forsøkene startet. En fôringstube (rør) ble montert like under vannspeilet og et blått referansepunkt ble markert på karbunnen (Fig. 1). En fôrpellet ble deretter sluppet ned gjennom tuben i retning referansepunktet. Hver gang en fisk viser positiv aktivitet, dvs. reagerer på eller spiser pelletet, ble det gitt et lydsignal. I denne fasen brukte man en hunde-klikker. Denne gir fra seg et skarpt og tydelig lydsignal i området 0-1500 Hz, med klarest lyd opp til ca 500 Hz (Fig. 2).



Figur 1. Kar med enkeltfisk, fôringstube og blått referansepunkt.



Figur 2. Lydregistreringer (hydrofon) i oppdrettskar ved bruk av hundeklikker.

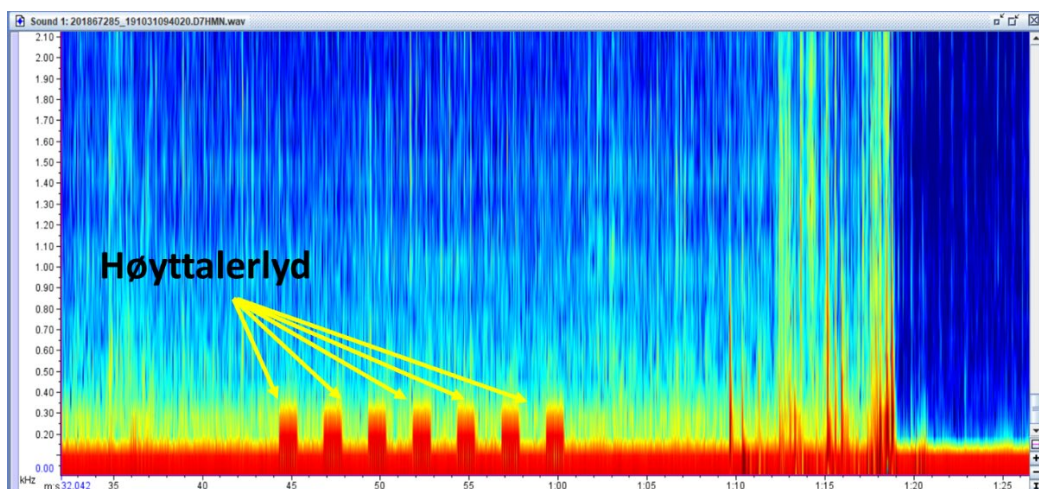
Et klikk-signal ble gitt hver gang fisken hadde en åpenbar retningsforandring mot fallende pellet og hver gang en pellet ble spist. Hovedmålet med forsøket var å på sikt lære fisken at et klikk betyr at det er mat til stede, og at man dermed lokker fisken til det blå referansepunktet. Denne prosedyren ble gjentatt 3 ganger pr. dag.

### Resultater

Det ble gjort forsøk med totalt 6 fisk. Noen individer tok ikke til seg en eneste pellet i løpet av 5 dager, mens andre spiste godt. Det ble etter hvert klart at fisken i all hovedsak reagerte på visuelle stimuli, dvs. at de så pelleten, eller at de hørte den traff vannflaten. De fiskene som spiste jevnlig og fikk klikk-stimuli reagerte ikke på klikk alene etter noen dager i forsøk, og denne lære-metoden ble forkastet.

### 3.1.2 Lyd og læring i små og store kar

Oppsettet i det første lyd-forsøket er identisk med det som er beskrevet ovenfor, bortsett fra at referansepunktet er en undervannshøytaler (Aqua-30, DNH AS, Kragerø, Norge) montert på karbunnen. Denne sender ut et lavfrekvent (300 Hz) lydsignal (Fig. 3) 10 sek før man slipper en pellet ned i føringstuben. Denne prosedyren ble gjentatt tre ganger daglig.



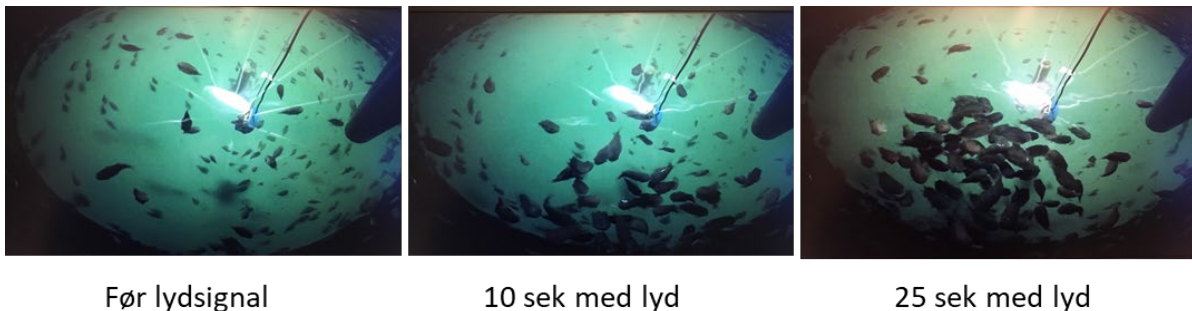
Figur 3. Lydregistreringer (hydrofon) i oppdrettskar ved bruk av undervannshøytaler.

I forsøk nr. 2 med lyd ble det brukt en fiskegruppe på 500 individer (40-60 g) i et 8 m<sup>3</sup> kar. Den samme undervannshøytteren som beskrevet ovenfor ble plassert hengende ca. 30 cm under vannflaten i et kar dekket med lystett presenning for å unngå visuelle stimuli. Et føringrør ble montert med utgang like over høytteren. I dette forsøket startet man å spille av lyden ca. 30 sek før føringen startet og gjennom hele føringen. Utføring varte i ca. 1 minutt. Denne prosedyren ble gjentatt 5 ganger daglig med minimum 1 time mellom hvert måltid i 3 uker.

### Resultater

I små kar ble det gjort forsøk med 2 fisk. Begge hadde god appetitt og kom til føringpunkt når pellet ble introdusert, men responderte bare sporadisk på lydsignal. Begge fiskene ble fulgt opp i 10 dager, men uten at det ble observert noe klart læringsmønster.

I stort kar ble det ikke observert noen respons på lyd den første uken, men fisken kom til utføringpunkt hver gang pellet ble introdusert. I uke 2 ble det observert tendenser til samling av fisk i forkant av føring og i uke 3 var det helt klart et mønster at det samlet seg en stor gruppe fisk under høytteren i perioden før utføring da lydsignalene pågikk (Fig. 4)



Figur 4. Ansamling av fisk ved undervannshøytter for lydsignal, etter 10 s med lyd og etter 25 s med lyd.

### **3.1.3 Lys og læring i små og store kar**

I det første forsøket ble det brukt enkeltfisk (20-30 g) i et 200-liters kar med gjennomstrømming. Karet var dekket av et lokk slik at ingen fisk ble forstyrret av bevegelser utenfor karet. Fiskens aktivitet ble overvåket ved hjelp av kamera. Hver fisk ble akklimatisert i karet i 24 timer før forsøkene startet. En føringstube (rør) ble montert like under vannspeilet og et blått referansepunkt ble markert på karbunnen (Fig. 5). Ved utløpet av føringstuben ble det montert et fjernstyrt blått LED-lys ([www.lightinthebox.com](http://www.lightinthebox.com)) som ble slått på 10 sek. før en førpellet ble sluppet ned til fisken. Lyset ble slått av dersom fisken spiste pelleten eller etter 10 sek dersom ingen respons ble påvist.



Figur 5. Kar med enkeltfisk, føringstube og blått LED-lys ved referansepunkt.

I forsøk 2 ble det benyttet en større fiskegruppe i et 1500 l kar. 50 fisk med snittvekt på ca. 30 g. I karet ble det installert 2 føringpunkter hvor hvert føringpunkt bestod av en føringstube og et blått LED-lys. Samme prosedyre som den brukt med enkeltfisk ble benyttet, dvs. at lyset ble slått på og etter 30 sek. fikk fisken belønning i form av fôrpellets. Den første uken ble det kun benyttet ett føringpunkt, og prosedyren med lys/føring ble gjentatt flere ganger om dagen. I uke 2 ble det brukt to utføringpunkter hvor man alternerte mellom de to gjennom dagen. I uke 3 ble det installert en tredje stasjon med lys, men uten fôr for å se om fisken kan ledes mellom tre punkter vha. lys-signaler.

### Resultater

I forsøkene med individuell fisk kunne man allerede etter 2 dager se antydning til at fisken viste interesse for blått lys da det ble slått på, og belønningen i form av fôr ble også i all hovedsak inntatt. Det var tydelig at lys var en bedre "trigger" enn lyd, og etter 5 dager kom fisken til utføringpunkt ved lyssignal nesten hver gang. Responsen var til en viss grad appetitt-styrt, og fôr-pellet ble ikke alltid spist, men lyset genererte oftest interesse.

Den samme interessen ble observert i stort kar med flere fisk. Allerede etter to dager var det tendenser til at flere fisk samlet seg rundt lyset like før føring, og i uke 2 av forsøket ble mønsteret tydelig ettersom fisken kunne styres mellom to utføringpunkter. Den tredje uken hadde man tre stasjoner med lys, og >70% av fisken samlet seg rundt lyset da de ble slått på ved de enkelte stasjoner. For å demonstrere at det var lyset som trigget fisken ble det gjort forsøk med kun lys, uten belønning, og den samme responsen vedvarte. En film med forklaring på alle ledd i prosessen er tilgjengelig på [https://www.youtube.com/watch?v=5o\\_TeIVHWP8](https://www.youtube.com/watch?v=5o_TeIVHWP8).

### **3.1.4 Lyd og læring i sjø - småskala**

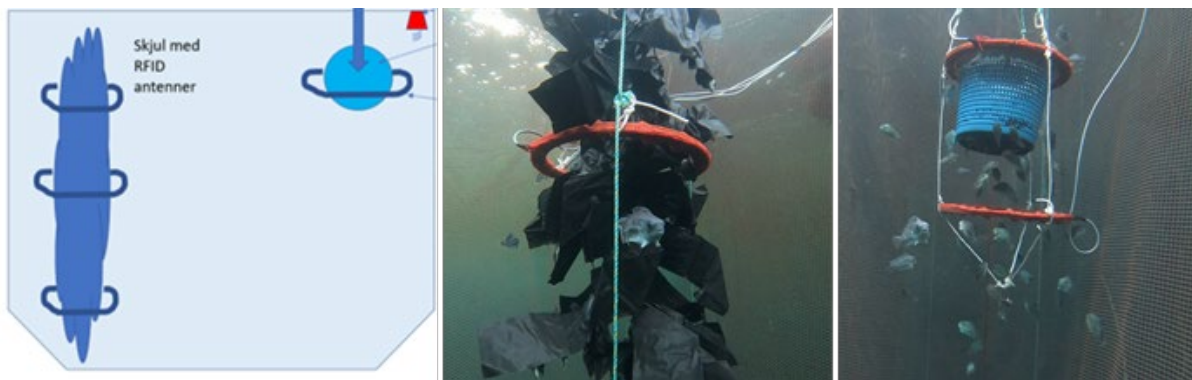
I november 2020 ble det gjennomført et forsøk i små-skala merd i sjø ved Havforskningsinstituttets forsøksstasjon på Austevoll. Det ble benyttet egenprodusert rognkjeks (n=200) med snittvekt 42 gram ved start. All fisk var merket individuelt med PIT-tags (Trovan RFID systems). Forsøket var delt opp i to perioder hvor periode 1 varte fra 18. november til 19. desember og periode 2 varte fra 13. januar til 24 januar. Hovedformålet med forsøket å dokumentere at rognkjeks kan "flyttes" til et gitt punkt i



merden ved bruk av lyd i kombinasjon med føring. Sekundært ønsker vi å finne ut hvor lang tid det vil ta å trene fisken til å foreta en slik forflytning og om fisken har evne til å huske signalresponsen etter en periode uten lyd-input.

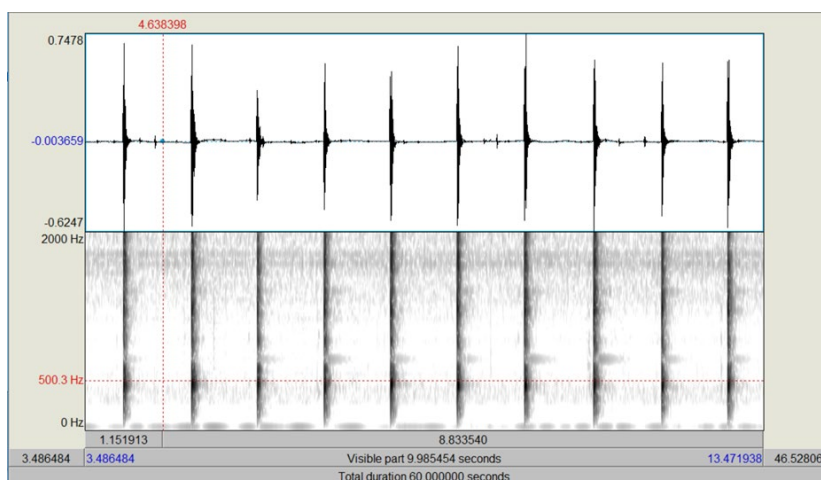
### Eksperimentelt oppsett

En forsøksmerd (5x5x5 m) ble utstyrt med et rensefisk-skjul i et hjørne og en føringstasjon i diagonalt motsatt hjørne (Fig. 6). Rundt skjulet ble det montert to RFID-antennene på hhv. 1.5 og 3.0 m dyp. Hver gang en PIT-merket rognkjeks var innenfor rekkevidde av disse antennene ble nærværet registrert. Føringstasjonen (referansepunktet) bestod av et før-rør som munnet ut ved en blå kurv som føret passerte gjennom (Fig. 6). Ved føringstasjonen ble det montert én RFID-antenne ved kurven og en antenne ca 0.5 m under kurv.



Figur 6. Illustrasjon av forsøksoppsett med rensefisk-skjul og føringstasjon med RFID-antennene for registrering av tilstedeværelse av fisk

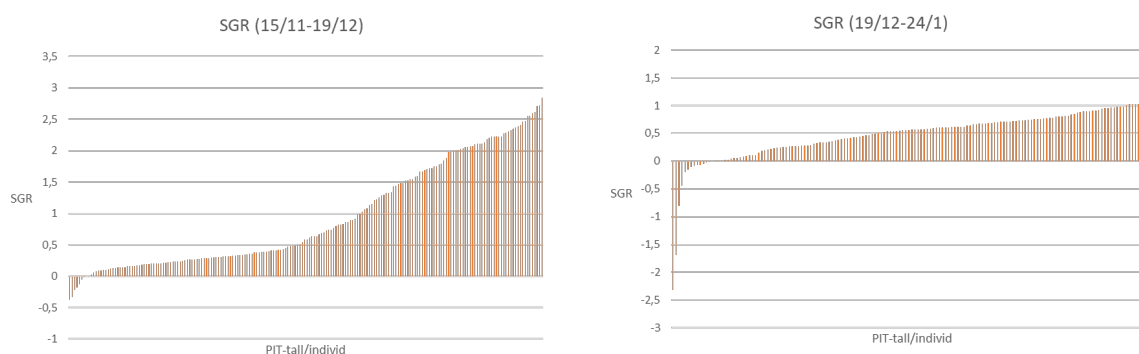
Ved forsøksstart ble 200 rognkjeks satt ut i merden. Fisken ble føret i korte perioder (ca. 1 minutt) 5 ganger om dagen med ca. 90 min pause mellom føringene. Lydsignalet startet 10 sek før føring startet. Lyd ble skapt vha. en egenprodusert "tromme" bestående av et pvc-rør koblet til en vanntett plast-beholder som ble senket under vann. En glassfiber-stav ble ført ned i pvc-røret manuelt og en jevn tromming i forkant av, og under føring, sørget for at lydsignalet ble gitt mens føring pågikk. Flere løsninger ble prøvd ut (trestav, plast-stav, metall-stav), men glassfiber gav det klareste lydbildet med høyest lydnivå målt ved ca. 500 Hz (Fig. 7).



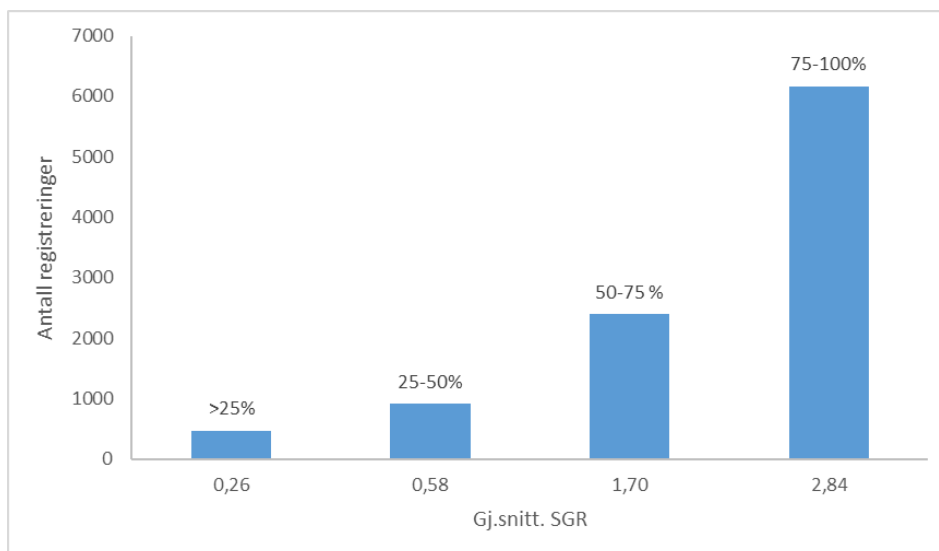
Figur 7. Frekvens-spektrogram av lyd-signal i forsøks-merd med tid på x-akse, og frekvens på y-akse.

## Resultater

I første perioden hadde fisken god vekst, og kun 7 individer hadde negativ vekst. I andre perioden med kaldere vann i sjøen var vekstratene lavere, og 13 fisk hadde negativ vekst (Fig. 8). Ved avslutning av forsøket ble det påvist utbrudd av AGD på sjønlegget og 48 fisk ble avlivet. Antall registreringer av fisk ved fôringsstasjon fordelt på SGR-kvartiler viste en tydelig sammenheng mellom vekst og aktivitet ved at fiskene med høyest SGR også var de som hyppigst ble registrert (Fig. 9).



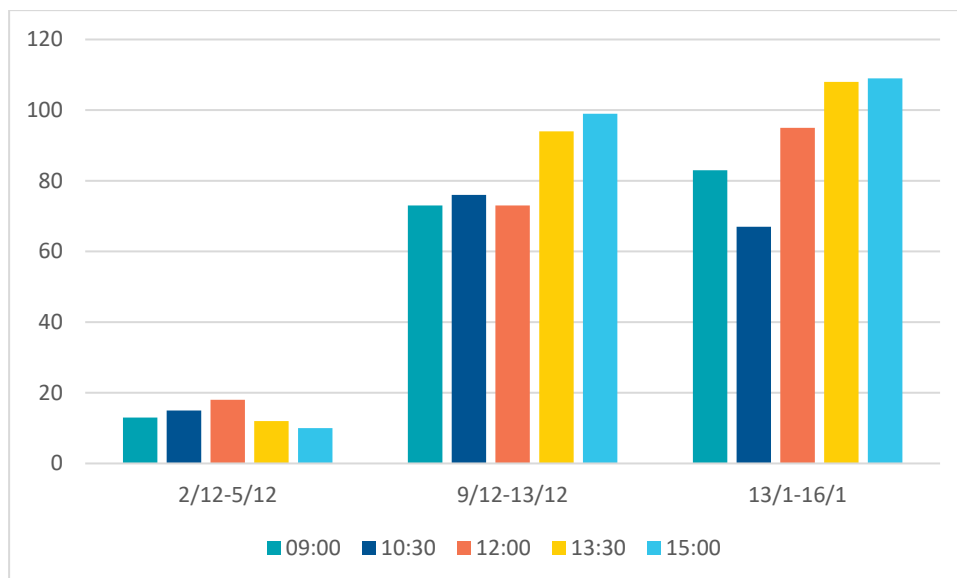
Figur 8. Individuelle vekstrater hos forsøksfisken i to forsøksperioder.



Figur 9. Antall registreringer av fisk fordelt på kvartiler

Visuelle observasjoner underveis i forsøksperioden tilsa helt tydelig at responsen på lydsignalet i forkant av fôring økte ettersom forsøket pågikk. Datamaterialet var komplisert å analysere ettersom en fisk som ble sittende i skjulet kunne bli registrert 10.000 ganger i løpet av noen timer, og det ble hovedsakelig fokusert på nærvær ved fôringsstasjon. Det ble funnet at i starten av forsøket ble kun ca. 7% av fisken registrert rundt fôringsstasjonen ved hver fôring, mens det i midten av forsøket ble registrert at over 40% av fisken i snitt ble registrert ved fôringsstasjonen ved hver utfôring (Fig. 10). Mot slutten av den eksperimentelle perioden hadde dette antallet økt til nesten 50%.





Figur 10. Antall rognkjeks registrert ved fôringsstasjon i en 15 min. periode ved hver fôring gjennom dagen ved start, midt og slutten av forsøket.

Ved slutten av første forsøksperiode var det helt tydelig at fisken responderte på lydsignalet, og denne responsen ble dokumentert ved undervannsfilmning ved flere anledninger. Første periode ble avsluttet den 19. desember, og fisken ble deretter fôret mer uregelmessig i perioden 20. desember til 12. januar, og ingen lydsignal ble gitt. Den 13. januar startet periode 2, og fisken fikk igjen lydsignal i forkant av fôring. Responsen på signalet var umiddelbart tydelig (Fig. 10). Som en liten tilleggsopplysning kan det også nevnes at etter endt periode 2 ble utfôringspunktet flyttet til motsatt side av forsøksmerden, mens lydsignalet ble sendt fra samme plass som før. Responsen til fisken var å følge utfôringspunktet (blå referanse) heller enn lydsignalet,

### 3.1.5 Lyd og læring i sjø - storskala

#### Ekspérimentelt oppsett

Den siste fasen i denne arbeidspakken gjelder uttesting av metoder i kommersiell skala. Det ble derfor satt opp et forsøk hvor rognkjeks allerede i landfasen skulle lære seg at lyd betyr mat, slik at ved overgang til sjø ville lydsignalet huskes som et matsignal. Det ble satt opp to kar med lik biomasse (30.000 fisk på 13.9 g) på Senja Akvakultursenter (Lerøy Aurora). I et kar ble det avspilt lyd hver gang fôrautomaten gikk, mens det i det andre karet ikke ble gitt noe signal). Forsøket startet den 07. april og ble avsluttet den 21. mai 2021.

I landfasen av forsøket ble det i starten fôret med 15 min. opphold mellom hver fôring, og daglig utfôring ble satt til 2%. Oppholdet var ment som en "pause" slik at fisken skulle ha anledning til å reagere på lydsignalet i forkant av hvert måltid. Dette regimet kunne kun beholdes i få dager. Fisken fikk ikke nok fôr, ble stresset, og det ble observert aggressiv adferd. Biomassen var rett og slett for stor til at fisken kunne få nevneverdige opphold i fôringen, og for å ivareta velferden til fisken måtte intervallene kortes betydelig ned og fôrmengden økes til 3-4%. Oppholdene mellom hvert måltid var i denne fasen så korte at lydsignalet ble spilt nærmest kontinuerlig i karet. Ved avsluttet forsøk ble de to fiskegruppene transportert i separate kammer i brønnbåt, og overført til separate merder i sjø. Fisken var da 35 g i snitt.

Det var på forhånd installert undervannshøytalere i to merder (Fig. 11). Høytaleren med styringskap var koblet til fôringsanlegget for rognkjeks, og startet hver gang utfôring startet. Fisken ble fôret i 30 min. fem ganger om dagen, med 90 min. pause mellom hver utfôring.



Figur 11. Styringskap med undervannshøytaler (venstre) og plassering av høytaler i rensefisk-skjul (høyre).

Forsøket hadde to hovedmålsettinger:

1. Tiltrekke flest mulig rognkjeks til utføringspunkt vha. lydsignal.
2. Avdekke om læring i landfasen hadde effekt på respons i sjø.

Forsøket i sjø ble startet 01. juni og avsluttet 24. september. Fiskens respons ble filmet vha. undervannsdrone ved start, underveis og ved slutten av forsøket for å dokumentere adferd ved lydsignal og føring. I tillegg ble det gjort visuelle observasjoner av teknisk personell ved anlegget.

### Resultater og diskusjon

I landfasen av forsøket ble det ikke observert noen respons på lyd. Gitt at den kommersielle driften ikke tillot lengre opphold mellom måltider er dette ikke overraskende. Når lydsignalet avspilles mer eller mindre kontinuerlig vil det bare være "normalen" for fisken, med små muligheter for å relatere lydsignalet til belønning, i form av mat. Sjøfase-delen av prosjektet ble dermed omdefinert til å se på effekten av lydsignal ved føring sammenliknet med føringssadferd i merd uten lydsignal.

Oppsettet med 30 min. føring og 90 min opphold var, etter vår mening, et fornuftig og godt oppsett som over tid, gitt resultatene fra forsøk utført i små-skala merder, ville gi rognkjeks mulighet til å koble lyd med mat. Det oppstod imidlertid flere problemer. I juni, i perioden etter utsett i sjø, ble det observert svært lite rognkjeks i rensefisk-skjulene. Det var i denne perioden store mengder organismer (krepssdyr) i de frie vannmassene, og det aller meste av rognkjeks ble observert langs not-veggene, beitende på det som kom drivende med strømmen. Omtrent på samme tid havarte også den ene høytaleren, slik at vi på det tidspunktet kun hadde en merd med lydsignal. På dette tidspunktet var det underordnet, ettersom rognkjeks uansett ikke befant seg i skjulene hvor utføring pågikk.

I juli fikk lokaliteten et stort innsig av sei-yngel som trakk inn i merdene. Mengden sei kan ikke beskrives som annet enn massiv (Fig. 12), og fylte opp hele den øverste delen av merden, inklusive rensefisk-skjulene. Seien konsumerte det aller meste av rognkjeks-føret som ble tilført merden, og fortrenget rognkjeks fra utføringspunkt.



Figur 12. Store mengder sei-yngel i rensefisk-skjul og frie vannlag i laksemerd.

Forsøket med lydsignaler ved fôring pågikk videre i august og september, men seien som hadde kommet inn i merdene som yngel ble værende, og i praksis konsumerte disse det aller meste av fôret som ble tilført, så det var lite håp om å lære rognkjeks noe som helst. Både video- og visuelle observasjoner viste svært liten aktivitet hos rognkjeks i denne perioden, og fisken ved denne lokaliteten ble slaktet ikke lenge etter endt forsøk, med mange tonn sei som avkast-fisk.

## 3.2 Læring ved bruk av lydsignaler - berggylte

### 3.2.1 Karforsøk

Formål: Observere om berggylte er i stand til å lære seg at et lydsignal betyr mat.

Tidsperiode: september 2019 – februar 2020

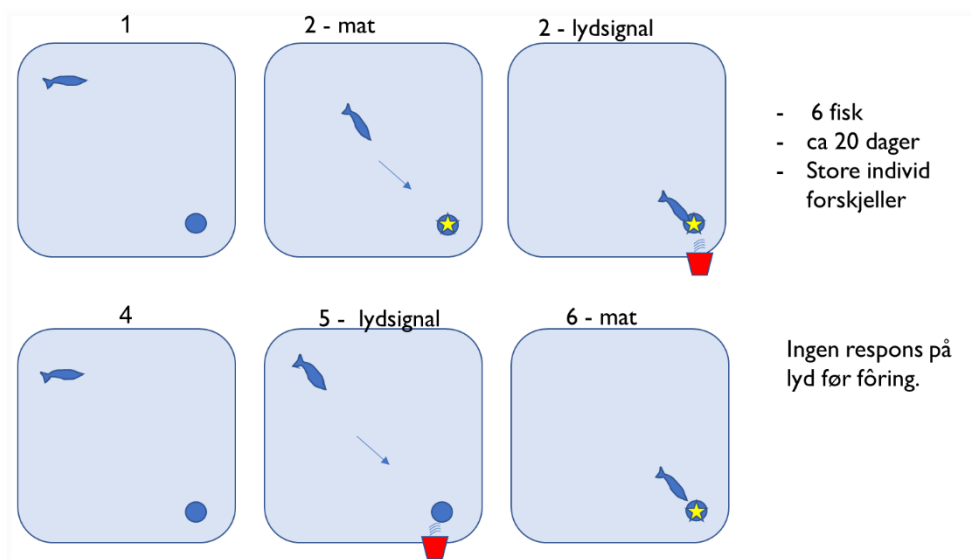
Lokalitet: Berggyltehallen, Forskningsstasjonen Austevoll, Havforskningsinstituttet

Kar: Et grønt firkantet kar (1x1m) med vannhøyde ca. 80 cm.

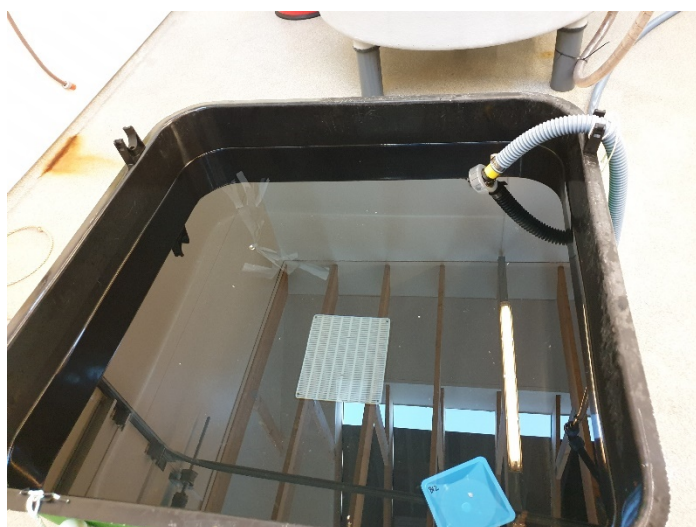
Lydkilde: «Klikker» - håndholdt liten ting som gir en høy klikkelyd når knappen trykkes inn.

Belønning: Tint og skrellet reke kuttet i biter. 1 reke er ca. 10 biter.

Oppdrettsfisken brukt til dette forsøket var i utgangspunktet veldig «tam», og mange ville komme til karkanten ved synet av personer i påvente av mat. Endel av dem ville også spise fôr fra hånden. Med dette som bakgrunn vet vi jo at berggylte er i stand til å forbinde ytre hendelser som et signal, og vi ville nå med dette forsøket se om de kunne lære et annet signal. Figur 13 er et skjematisk oppsett av forsøket og figur 14 er et bilde av karet som ble brukt i forsøket.



Figur 13: Skjematisk oppsett av forsøk. Lydsignal gis hver gang fisken spiser. Etter trening forsøkes det å gi lydsignal for å se om fisken vil svømme til brikken før mat gis.



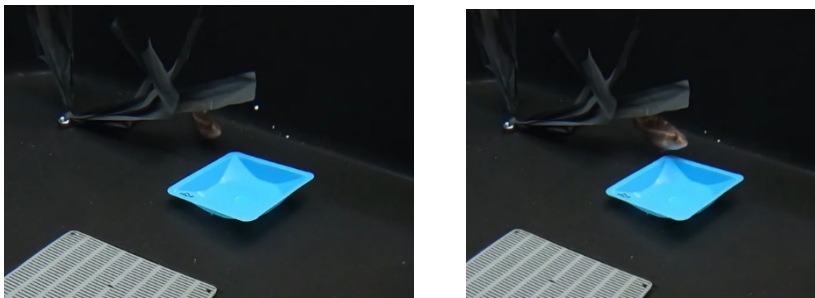
Figur 14: Bilde av kar brukt til trening av enkeltindivid av berggylte. Karet måler 1x 1 m og vannhøyden i karet var ca. 80 cm i dette forsøket. Et skjul var plassert i det ene hjørne, og den blå brikken plassert på bunnen av karet var der reke ble plassert ved fôring.

Forsøkskaret (1x1m), figur 14, var plassert midt i hallen, og det var stadig folk rundt det. Graden av forstyrrelser var altså stor, noe som var bevisst for at det kun skulle være lydsignalet som skulle bety belønning i form av mat, og ikke synet av mennesker. Tabell 1 er en oversikt over fisken som ble brukt i forsøket.

Tabell 1: En oversikt over berggylter brukt i treningsforsøk i kar inne

	Navn	Fargemerke	Vekt (gram)	Lengde (cm)
Fisk 1	Astrid	rød	39	13,5
Fisk 2	Bente	Grønn	51	14,5
Fisk 3	Cecilie	Gul	45	13,2
Fisk 4	Dory	Rosa	67	14,9
Fisk 5	Elisabeth	Rødx3	60	15
Fisk 6	Frøya		128	18

I karet var det et lite skjul av plastare i ene hjørnet, og en blå testplate ble plassert i nærheten av, men ikke inni skjulet (figur 15). Fôr ble tilbudt i form av små biter reke som ble sluppet ned i vannet over testplaten. Lydsignal (klikker) ble gitt idet fisken spiste rekebiten. Dette ble gjentatt så lenge fisken var interessert. Hvert individ ble merket med fargemerke (figur 16) etter forsøket for å unngå at samme fisk ble brukt flere ganger.



Figur 15: Bilde av fisk som står i skjulet og bilde av en som nærmer seg fôringsplassen på blå plate hvor rekebiten ble plassert.



Figur 16: Bilde av berggylte merket med VIE – fargemerke, her med grønt merke.

Forsøket ble avsluttet etter 6 individ, da resultatene var veldig sprikende (tabell 2). To av fiskene ville ikke forlate skjulet eller spise reke i det hele tatt, de resterende brukte fra 2 timer til 4 dager etter start.

Alle disse kom fram til testplaten for å spise reke, men ingen gjorde det kun ved lydsignal. Ved flytting av testplate til andre steder i karet lærte de seg fort at det var der maten kom, men kun hvis det faktisk kom mat dit, og ikke kun ved lydsignal.

Tabell 2: Resultat fra treningsforsøk i kar med berggylte

	Fisk	fra dato	til dato	Dager	Resultat
Fisk 1	Astrid	23.09.2019	25.09.2019	2	Flytter seg ikke fra skjulet. Spiser ikke reke.
Fisk 2	Bente	25.09.2019	30.09.2019	5	Flytter seg fra skjulet og begynner spise reke etter et par timer. Spiste villig hver dag, men fikk henne ikke til å komme på plata ved klikk før før.
Fisk 3	Cecilie	30.09.2019	17.10.2019	17	Utforskende fra start. Spiser etter et døgn. Spiste villig hver dag, men fikk henne ikke til å komme på plata ved klikk før før.
Fisk 4	Dory	22.10.2019	10.12.2019	49	Flytter seg fra skjulet og begynner spise reke etter et par timer. Spiste villig hver dag, men fikk henne ikke til å komme på plata ved klikk før før
Fisk 5	Elisabeth	16.12.2019	09.01.2020	24	Står kun i skjulet dag ut og dag inn. Spiste totalt en bit reke.
Fisk 6	Frøya	09.01.2020	06.02.2020	28	Begynte å spise etter fire dager. Spiste bra etter hvert, men ingen respons på lyd.

Dette forsøket var i utgangspunktet ment som starten på en rekke forsøk i kar der en gradvis ville gå opp i antall individer testet. Da resultatet fra innledende forsøk viste at det var store individforskjeller mellom testobjektene, ble det besluttet å ikke gå videre med forsøk i kar, men heller gjøre forsøk i små merder.

### Konklusjon

Det er stor variasjon mellom individer av berggylte. Noen vil være mye «modigere» enn andre, og forlate skjulet for å spise, selv i et nytt og ukjent miljø. Det er mulig at de mer «nervøse» individene ville ha oppført seg annerledes hvis de var flere sammen. Det er sannsynlig at det vi så på enkeltfisk også gjenspeiler seg i ulik «personlighet» på fisk i merd. Noen berggylter vil svømme blant laksen, langt fra skjul og notvegg, mens andre svømmer i «stim» langs notvegg eller holder seg kun i skjulet.

## 3.2.2 Lyd og læring- merdforsøk 1-småskalaforsøk

Formål: Trene leppefisk til å forbinde mat med lydsignal.

Tidsperiode: 19. november 2019 – 19. desember 2019

Lokalitet: Sjøanlegget, Forskningsstasjonen Austevoll, Havforskningsinstituttet

Merd: 5x5x5 m med tareskjul (ca. 4 m) plassert i ene hjørne. Utforkingskurv med antenne plassert i motsatt hjørne.

Lydkilde: Manuell lydgenerator.

Belønning: Fôrpølse og reker i nett.

Art: Bergnebb og berggylte

Observasjonsmetode: RFID-antennar

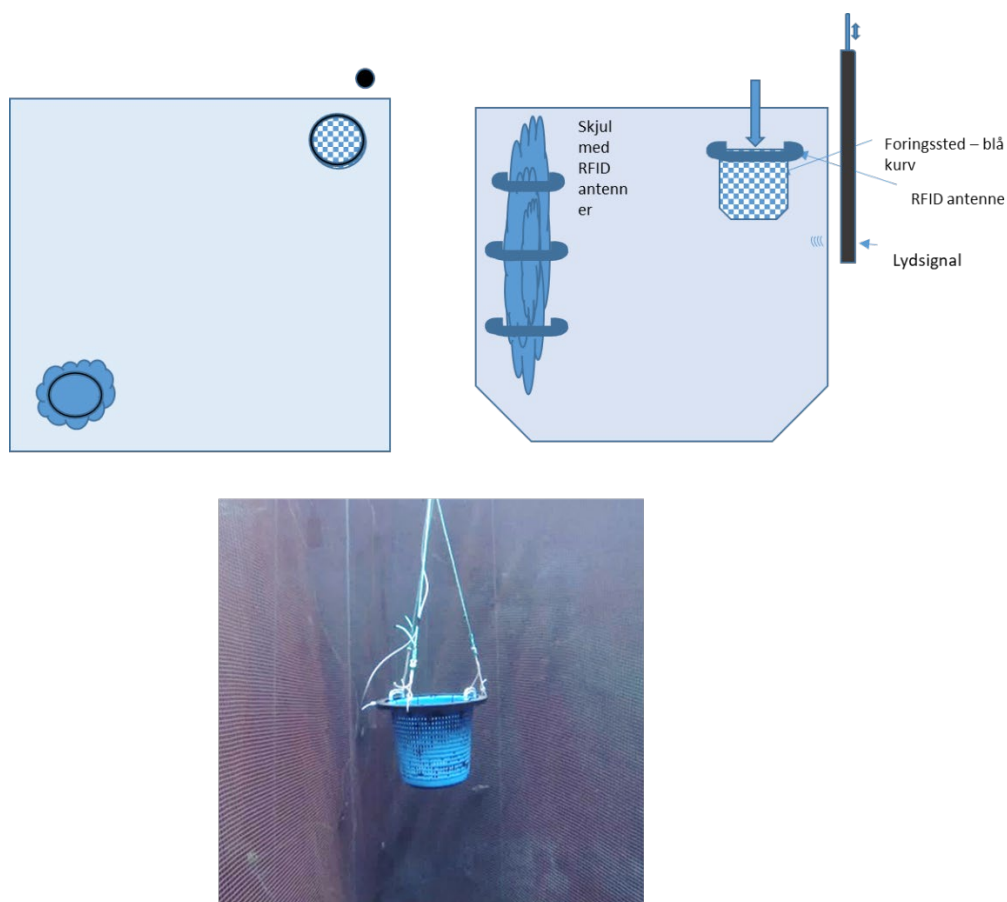


Prosedyre på trening: Signal ble gitt i form av dunk i lydgeneratoren på fem tidspunkt i løpet av dagen (kl. 0900, 1030, 1200, 1330 og 1500). Ved hver utføring ble det først gitt jevnlig dunk i ca. 1 min. Pose med fôr ble sluppet ned i kurven ved hjelp av tau i trinse etter lydsignal var gitt. Posen hang i ca. 5 min før den ble tatt opp igjen.

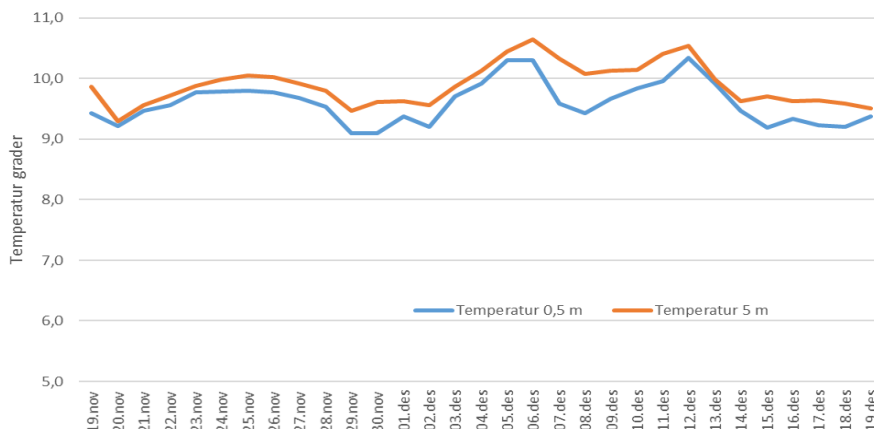
To arter leppefisk ble benyttet i forsøket (tabell 4). Bergnebb (101) var lokalfanget i området, og hadde gått i merd i 2 måneder før forsøksstart. I denne perioden var de fôret med «pølsefôr tilsatt reke». Berggylte (102) var produsert på Austevoll Forskningsstasjon (alder ca. 18 måneder). Berggylte var fôret med Skretting Cleansoft med ekstra reke før start (mykfôr). All fisk ble målt, veid og PITmerket før forsøket startet. Ved avslutning ble all fisk målt og veid igjen.

Forsøket ble utført i nov/des, med skiftende vær, lite lys og forholdsvis lave temperaturer (figur 18). Temperaturen varierte mellom 9,1 og 10,6 grader, med snitt på 9,9°C (5m) og 9,6°C (0,5m).

Registrering av aktivitet i forsøket ble utført ved bruk av RFID antenner. Antennene fungerer slik at hver gang en fisk med PIT merke kommer i nærheten av en antenne blir dette registrert med dato og tid. I merden var det plassert 4 antenner. Tre stykk i skjulet (1 -2 og 3 m) og en på fôringskurven. Vi får da data på hvor og hvor ofte et individ har oppholdt seg i nærheten av antennene i skjulet, og hver gang et individ har svømt oppi kurven. Fisk som ikke er i nærheten av antenner vil ikke bli registrert på noen måte. Forsøksoppsettet for merdforsøk 1 er vist i figur 17.



Figur 17: Oppsett av merdforsøk 1 med leppefisk, med skjematisk merd sett ovenfra, fra siden og et bilde av fôringskurven.



Figur 18: Sjøtemperatur i forsøksperioden til merdforsøk 1. 19. november til 19. desember 2019.

## Resultat

### Antenneregistreringer

Totalt var det 169 000 registreringer av RFID antennene i forsøksperioden. En god del av disse er viser fisk som står stille i skjulet nær en antenne. Spesielt når det er natt/mørkt vil aktiviteten på leppefisk være lav, men vi kan likevel får mange antenneregistreringer fra antennene nær skjulet. Dataene blir derfor bearbeidet til å vise mer reelle forhold med hensyn på aktivitet, og vi kommer da ned på 4475 registreringer.

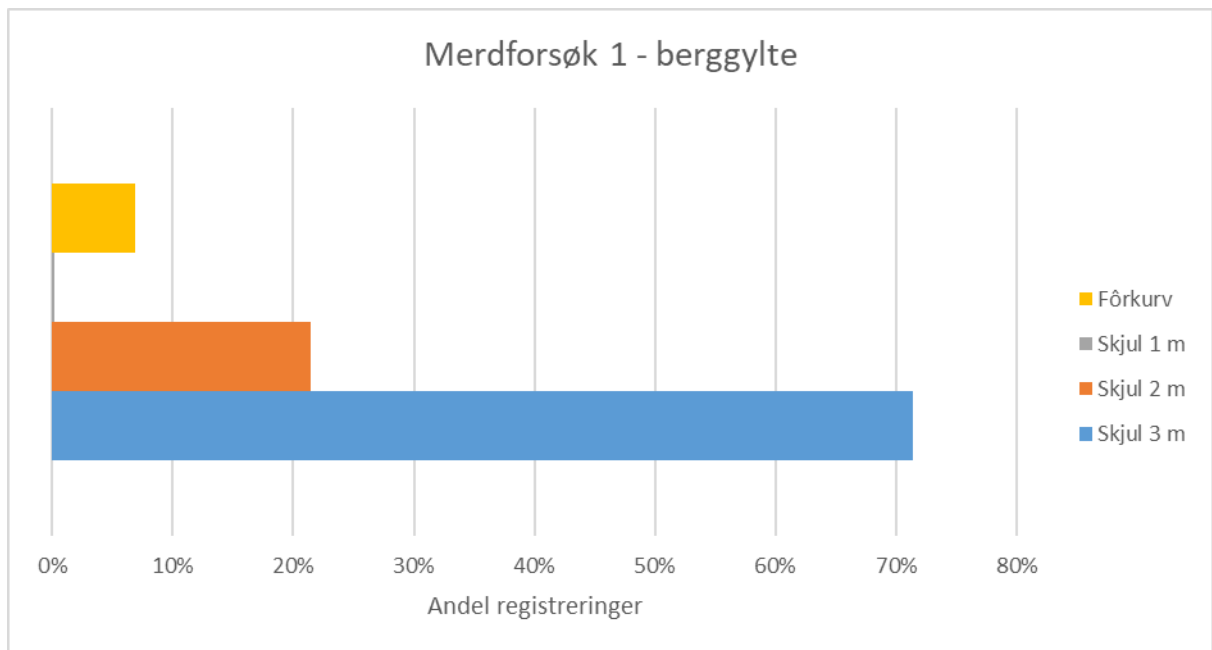
### Berggylte

Det var 70 800 antenneregistreringer av berggylte i forsøksperioden fra 19. november til 19. desember. Etter siling av data, der det kun ble registrert en per time for hver antenne, kom vi ned i totalt 536 registreringer.

Det var 47 av 102 berggylter som ble registrert av antennene i forsøksperioden, av disse hadde 28 mindre enn 5 registreringer. 4 fisk hadde mer enn 50, og dette var helt klart var fisk som sto lenge i skjulet.

Kun 6 av berggyltene var innom førkurven, derav alle utenom en kun besøkte den en gang. Den ene hadde 33 registreringer i løpet av de første døgnene etter utsett, så det var nok mer for å finne skjul enn spising. 4 av dem som var innom førkurven hadde kun den ene registreringen gjennom perioden, og var aldri i skjulet. 2 av disse igjen var innom kurven på tidspunkt utenom føring.

Tre antenner var plassert i skjulet på ca. 1, 2 og 3 m dybde. Totalt var det 499 registreringer, som fordelte seg med 1 registrering øverst, mens det i midten av skjulet var 115, og 383 nederst (figur 19).



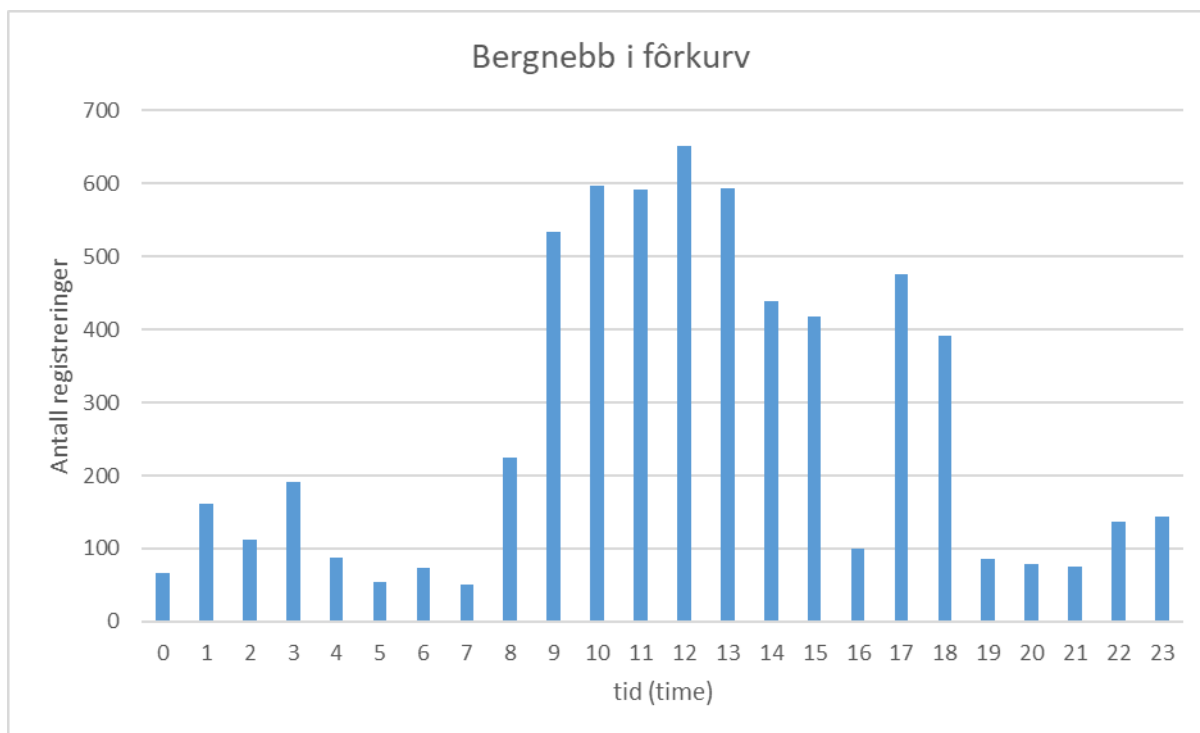
Figur 19: Berggylte registreringer med de 4 RFID antennene brukt i forsøket, og figuren viser den prosentmessige fordelingen av registreringene ved de ulike antenneplasseringene, basert på totalt 536 registreringer.

### Bergnebb

Det var 98 200 antennerregistreringer av bergnebb i forsøksperioden fra 19. november til 19. desember. Etter siling av data, der det kun ble registrert en per time for hver antenne i skjulet (mens data fra fôrkurven ikke ble silt på samme måte) kom vi ned i 3939 registreringer.

Det var 96 av 101 bergnebb som ble registrert av antennene i forsøksperioden, av disse hadde 15 bergnebb mindre enn 5 registreringer.

Totalt var det 2465 registreringer av bergnebb i fôrkurven. 62 individer var innom fôrkurven, derav 6 som kun besøkte den en gang. Et individ ble værende i kurven over flere dager, og kun disse dataene ble tatt bort. Figur 20 viser tider på døgnet fôrkurven ble besøkt gjennom perioden.

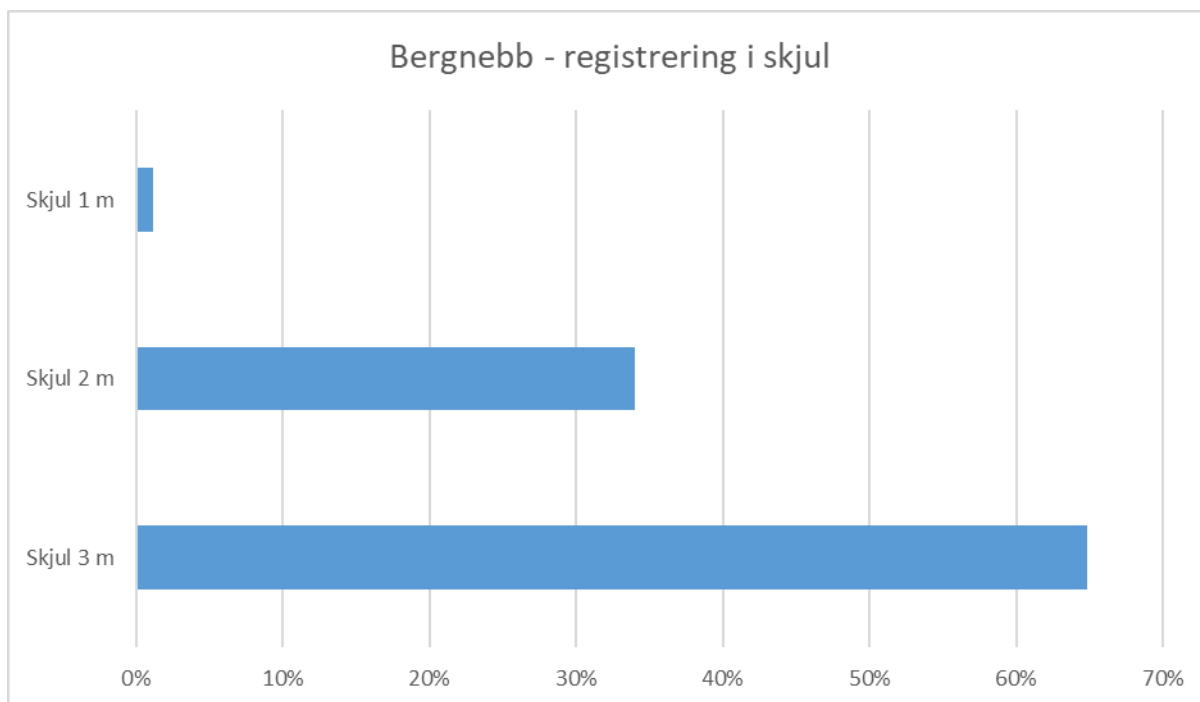


Figur 20: Aktivitet ved førkurven gjennom døgnet. Data fra RFID-registreringer.

Tabell 3: Bergnebb, antall registreringer og individ som var innom førkurven i løpet av forsøksperioden.

Bergnebb	antall registreringer	antall individ
uke 1	583	33
uke 2	922	41
uke 3	512	45
uke 4	308	42

Tre antenner var plassert i skjulet på ca. 1, 2 og 3 m dybde. Totalt var det 1474 registreringer, som fordelte seg med 17 registrering øverst, mens det i midten av skjulet var 501, og 956 nederst (figur 21).



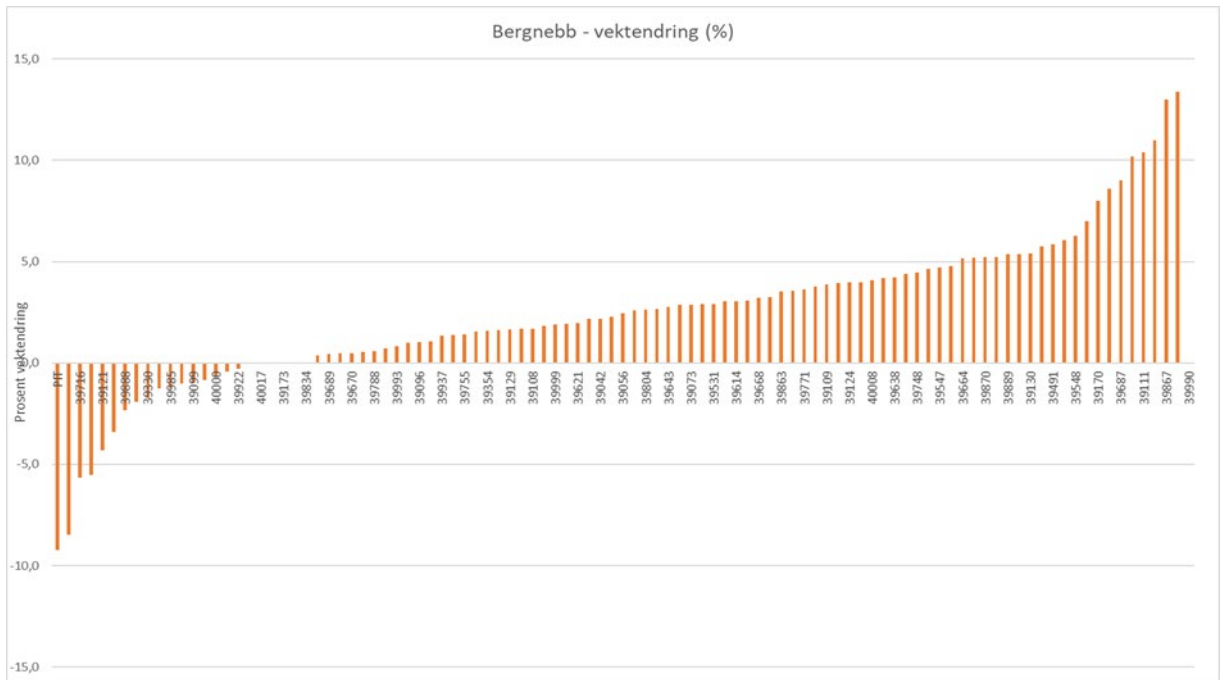
Figur 21: Prosentvis fordeling av bergnebb i skjul, basert på totalt 1474 registreringer

#### Vekt/ kondisjon

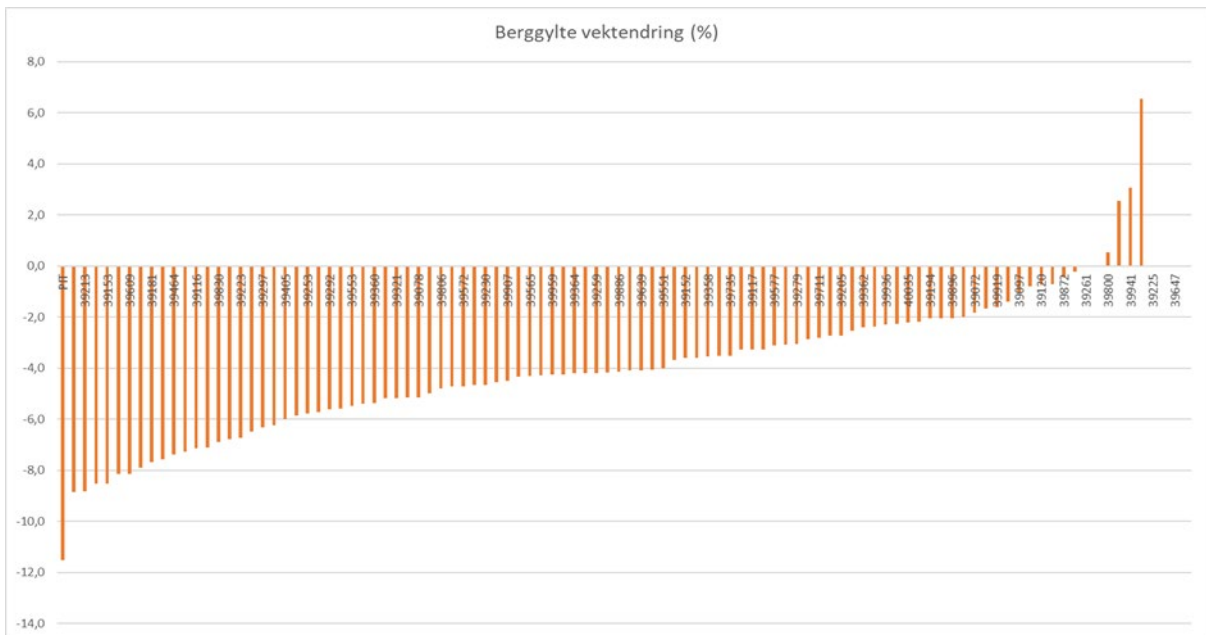
All fisk ble målt og veid før og etter forsøk. Selv om dette var et relativt kort forsøk ble det registrert endring i vekt i perioden, se figur 22 og 23, samt tabell 4. Det ble registrert 3 døde berggylte og en død bergnebb i forsøksperioden.

Tabell 4: Oversikt over antall bergnebb og berggylte benyttet i merdforsøk 1, og deres gjennomsnittlige lengde/vekt registreringer før og etter forsøk. Gjennomsnitt ± standard avvik.

	Antall		Lengde	Vekt		K-faktor		Andel individ - vektendring (%)		
	start	slutt	start	start	slutt	start	slutt	ned	0	opp
<b>Berggylte</b>	102	98	13,4 ± 1,3	44,3 ± 14,7	42,5 ± 14,4	1,8	1,7	94	2	4
<b>Bergnebb</b>	101	100	11,9 ± 0,7	23,0 ± 4,9	23,5 ± 4,9	1,3	1,4	17	6	77



Figur 22: Vektendringer i prosent for bergnebb i løpet av forsøksperioden fra 19. november til 19. desember.



Figur 23: Vektendringer i prosent for berggylte i løpet av forsøksperioden fra 19. november til 19. desember



### Konklusjon og oppsummering

Det var store forskjeller mellom artene både i aktivitet og vektutvikling. Bergnebben trivdes godt i merden og de fleste av dem besøkte både skjul og fôrstasjon. Berggylta trivdes ikke i merden, brukte lite skjul og veldig få individer besøkte fôrstasjonen.

Forsøket ble gjennomført i en periode med relativt lave temperaturer og minkende lys. Leppefisk er en varmekjær art, og aktiviteten vil naturlig gå ned mot vinteren. Bergnebben i forsøket hadde vært i merd i 2 måneder allerede, mens berggylta kom fra kar på land (med høyere temperatur, mer lys og lett tilgang på fôr). Dette kan forklare noe av ulikhetene vi så mellom artene. Selv om bergnebben helt klart kom for å spise i fôrkurven, var det ikke noe tydelig tegn på at lydsignalet hadde noen innvirkning på deres adferd. De var ofte innom for å se etter fôr også utenom foringstid. Det var ingen sammenheng mellom antall besøk i fôrkurven og vektutvikling. Begge artene oppholdt seg mest i nedre del av skjulet.

Basert på erfaringene med dette forsøket ble det besluttet å gjennomføre enda et merdforsøk, der vi ville ha flere arter, høyere temperaturer og bedre «lokkemat».

### **3.2.3 Lyd og læring - merdforsøk 2 - småskalaforsøk**

Formål: Trene leppefisk til å forbinde mat med lydsignal.

Tidsperiode: 14. september 2020 – 14. oktober 2020

Lokalitet: Sjøanlegget, Forskningsstasjonen Austevoll, Havforskningsinstituttet

Merd: To firkant merder: 5x5x5 m. Et tareskjul (ca 4 m) plassert i ene hjørne. Utføringskurv med antenne plassert i motsatt hjørne.

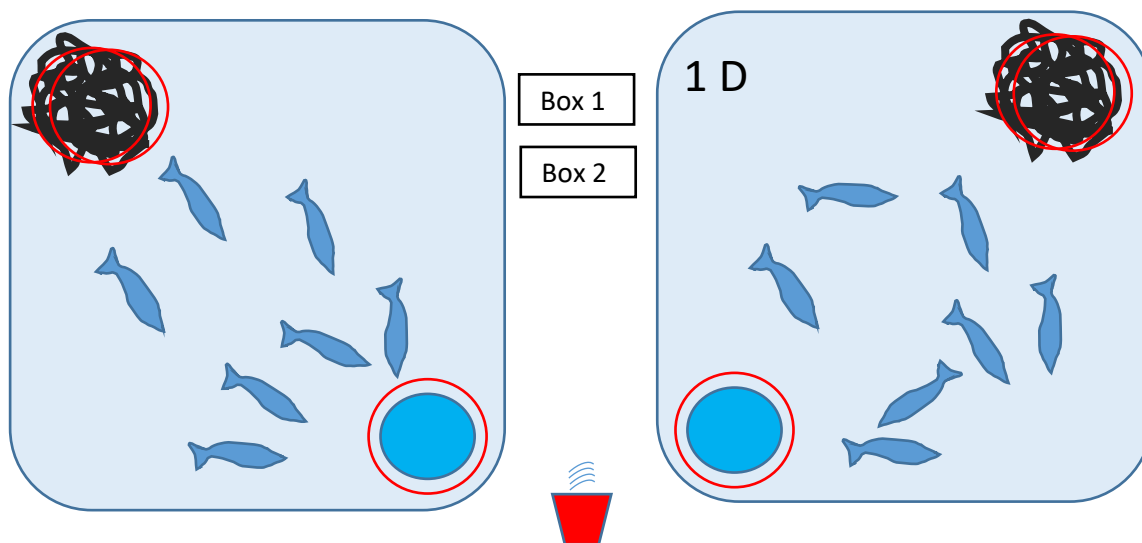
Lydkilde: Manuell lydgenerator.

Belønning: Reker i nett

Arter: Berggylte (oppdrett og vill), bergnebb og grønnngylt

Observasjonsmetode: RFID-antennar og filming

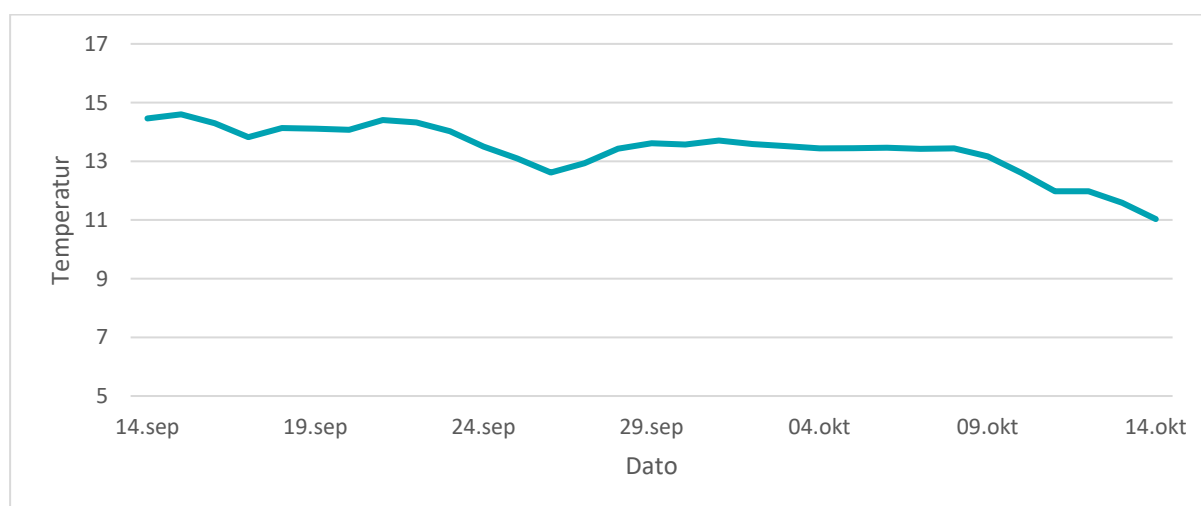
Merdforsøk 2 ble utført på Austevoll forskningsstasjon, Havforskningsinstituttet fra 14. september til 14. oktober 2020. To små merder (5x5x5m) ble brukt i forsøket (figur 24).



Figur 24: Skjematisk oppsett for merdforøk 2. Skjul var satt opp i ett hjørne, foringsbøtte i motsatt hjørne, og lydsgnall gitt på utsiden av merden.

Berggylte (vill), bergnebb og grønngylt var lokalfanget i området. Berggylte (oppdrett) var produsert på Austevoll Forskningsstasjon (alder ca. 16 måneder). Det var ikke laks i merden. All leppefisk ble PIT merket før forsøket startet. Vekt og lengde ble målt på all berggylte og bergnebb ved oppstart, men ikke grønngylt før start, og all fisk ble målt ved forsøkets slutt (se tabell 8).

Forsøket ble utført i september/oktober, med bra vær og fine temperaturer (figur 25). Temperaturen varierte mellom 14,6 og 11 °C, med snitt på 13,4 °C (0,5 m). I løpet av perioden grodde merdene mye, i tillegg til at vi hadde en kraftig høstoppblomstring som førte til dårlig sikt.



Figur 25: Temperatur (°C) gjennom forsøksperioden målt på 0,5 meters dyp.

## Prosedyre på trening

Signal ble gitt i form av dunk i lydgeneratoren på fire tidspunkt i løpet av dagen (kl. 0845, 1045, 1245 og 1445). Før hver utføring ble det først gitt 30 dunk. Pose med reker ble sluppet ned i kurven ved hjelp av tau i trinse etter lydsignal var gitt. Det ble så på ny gitt 30 dunk. Posen med reker hang så i 15 min før den ble tatt opp igjen. Det ble kun utført trening i ukedagene, mens det i helgene ble gitt fôr i form av pølsefôr, blåskjell og krabbe i nærheten av skjulet.

I dette forsøket ville vi også teste om det var mulig å få fisken til å spise et annet sted i merden, og om den ville huske signalet etter opphold. Tabell 5 er en oversikt over hvordan dette ble gjennomført.

Tabell 5: Gjennomføring av forsøk.

	Ukedager	Helg
Uke 1	4 ganger daglig fôrkurv	Fôring i skjul
Uke 2	4 ganger daglig fôrkurv	Fôring i skjul
Uke 3	Test – flytting av fôrkurv	Fôring i skjul
Uke 4	Fôring i skjul	Fôring i skjul
Uke 5	Test - hukommelse	

## RFID registrering

Registrering av aktivitet i forsøket ble utført ved bruk av RFID antenner. Antennene fungerer slik at hver gang en fisk med PIT merke kommer i nærheten av en antenne blir dette registrert med dato og tid. I disse merdene var det plassert 3 antenner. To stykk i skjulet (dyp 1 og 3 m) og en på fôringskurven. Vi får da data på hvor og hvor ofte et individ har oppholdt seg i nærheten av antennene i skjulet, og hver gang et individ har svømt oppi kurven. Fisk som ikke er i nærheten av antenner vil ikke bli registrert på noen måte. På grunn av en feil med den ene registreringsboksen vil ikke data fra merd D inngå i presentasjonen av aktivitetsdata.

## Filming

Det ble filmet jevnlig med bruk av GoPro kamera. Kamera ble plassert mot fôringskurven. Analyse av film ble basert på telling av individer før og etter fôring.

## Resultat

### Antenneregistreringer

Det viste seg at registreringsboksen til merd D fungerte dårlig. Derfor er det kun data fra merd B som presenteres her (tabell 6 og 7). Kun data fra tiden med opp trening, altså før testing (flytting og hukommelse) presenteres (uke 1 og 2 – 14. til 25. september).

Totalt var det 77 600 registreringer i merd B av RFID antennene i forsøksperioden (tabell 7). En god del av disse er ikke relevante – da de viser fisk som står stille i skjulet nær en antenne, og også fisk som oppholder seg i fôringskurven. Spesielt når det er natt/mørkt vil aktiviteten på leppefisk være lav, men vi kan likevel få mange registreringer.

Tabell 6: Individu registrert i merd B

	Antall individ			Antall i forkurv	
	Tot	reg	% reg	reg	% reg
Berggylte - vill	8	8	100	4	50
Berggylte- oppdrett	50	42	84	4	8
Bergnebb	48	47	98	19	40
Grønngylt	50	50	100	45	90

Tabell 7: Registreringer av RFID antennene i merd B

	Registreringer			
	Tot	fôr	skjul oppe	skjul nede
Berggylte - vill	9 858	59	8 764	1 035
Berggylte- oppdrett	18 338	47	3 389	14 902
Bergnebb	11 051	36	437	10 578
Grønngylt	38 367	10 654	22 840	4 873

#### Berggylte - vill

Det var 9 858 antennerregistreringer av vill berggylte i forsøksperioden fra 14. til 25. september. Alle individene ble registrert av antennene, og 50 % var innom førkurven, der med totalt 59 registreringer. To antenner var plassert i skjulet på ca. 2 og 3 m dybde. Det var 1 035 registreringer nede i skjulet, og 8 764 registreringer oppe skjulet.

#### Berggylte - oppdrett

Det var 18 338 antennerregistreringer av oppdrettet berggylte i forsøksperioden fra 14. til 25. september. 84 % av individene ble registrert av antennene, og 8 % var innom førkurven, med totalt 47 registreringer. To antenner var plassert i skjulet på ca. 2 og 3 m dybde. Det var 14 902 registreringer nede i skjulet, og 3 389 registreringer oppe skjulet.

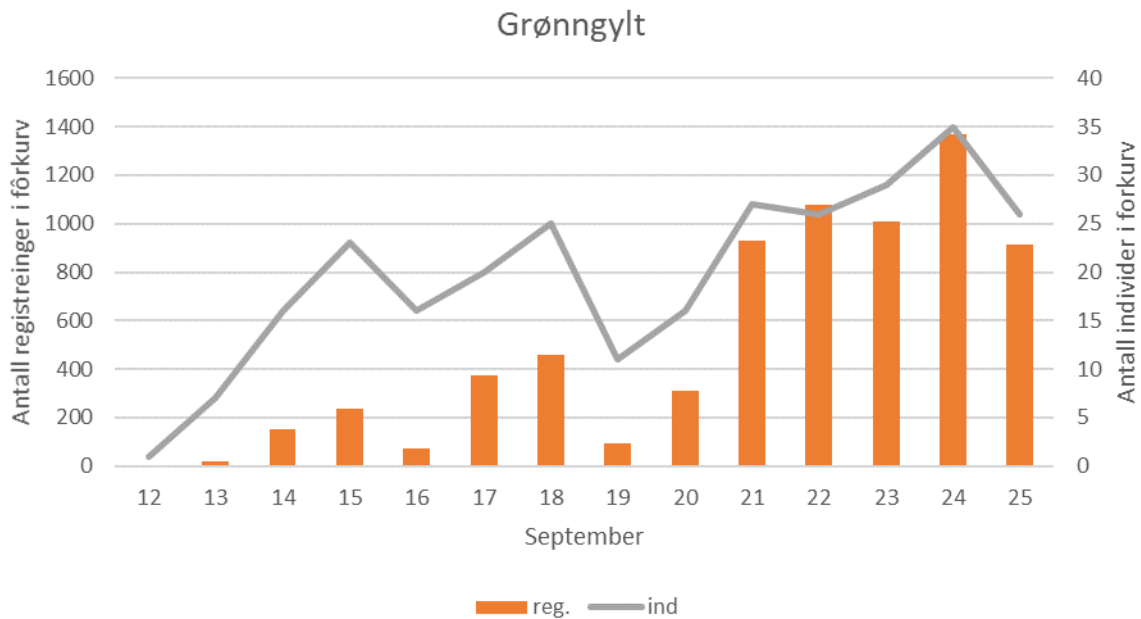
#### Bergnebb

Det var 11 051 antennerregistreringer av bergnebb i forsøksperioden fra 14. til 25. september. 98 % ble registrert av antennene, og 40 % var innom førkurven, med totalt 36 registreringer. To antenner var plassert i skjulet på ca. 2 og 3 m dybde. Det var 10 578 registreringer nede i skjulet, og 437 registreringer oppe skjulet.

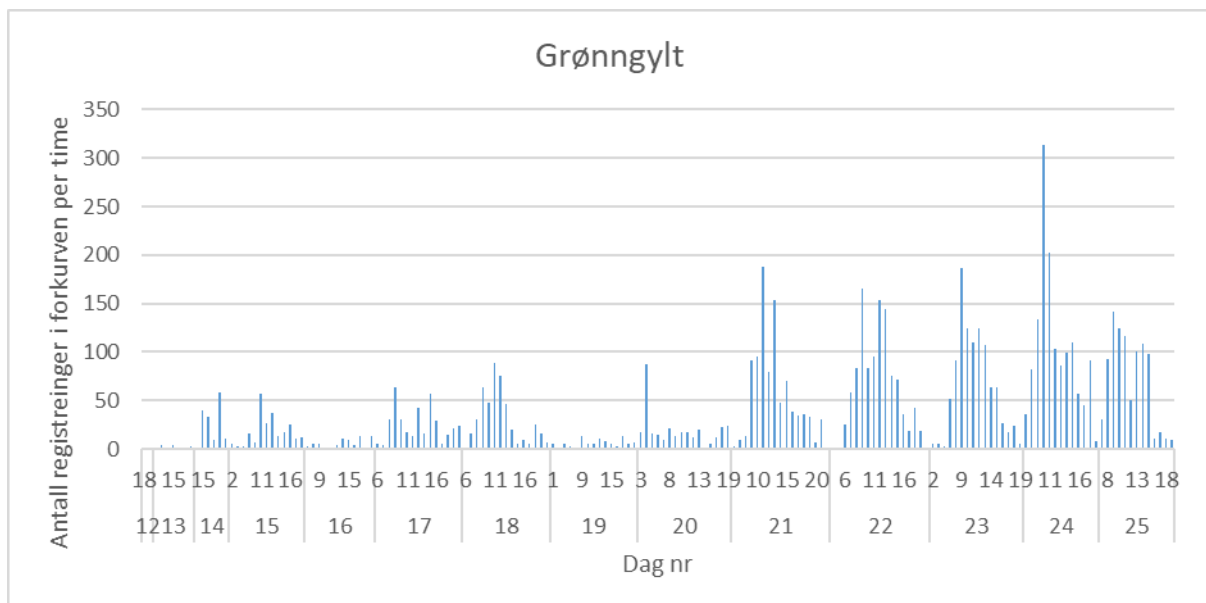
#### Grønngylt

Det var 38 367 antennerregistreringer av grønngylt i forsøksperioden fra 14. til 25. september. Alle ble registrert av antennene, og 90 % var innom førkurven, med totalt 10 654 registreringer. To antenner var

plassert i skjulet på ca. 2 og 3 m dybde. Det var 4 873 registreringer nede i skjulet, og 22 840 registreringer oppe skjulet. Et individ oppholdt seg omtrent kontinuerlig i førkurven, og utgjorde en stor del av registreringene. Ved å ta denne ut av datasettet kom vi ned i mer realistiske tall – med 7022 registreringer. Figur 25 viser hvordan antall registreringer øker i treningsperioden, og at det er flere individer som deltar mot slutten av perioden. Det er også tydelig å se når det er helg, med dropp i aktivitet. Aktiviteten gjennom døgnet (figur 26) viser også hvordan adferden påvirkes av foringen, og at det er økende aktivitet mot slutten av treningsperioden. Det er også tydelig at ved helg (og ingen føring) er det endel som er innom og sjekker kurven.

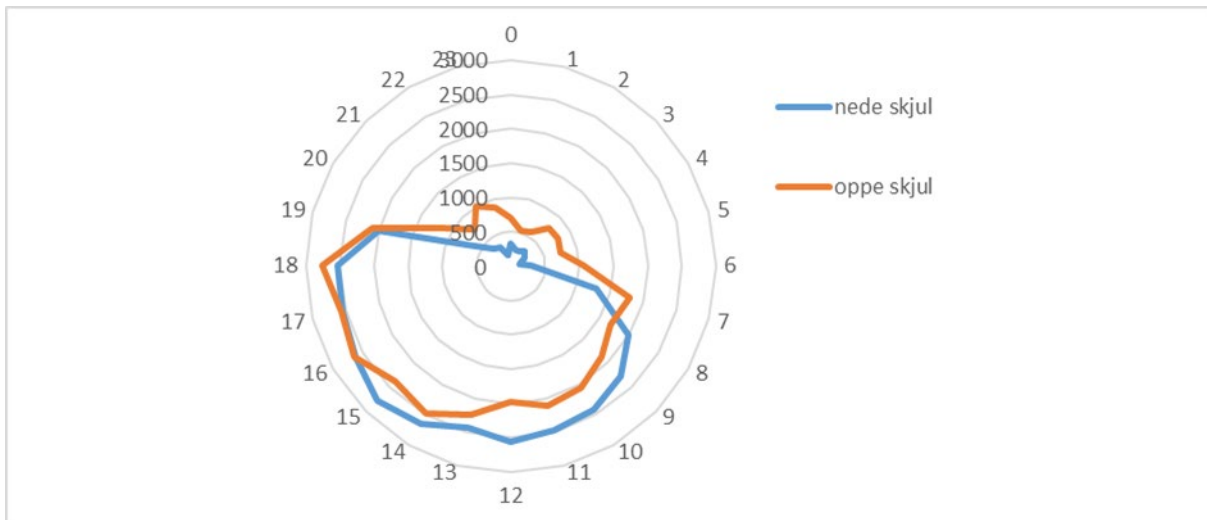


Figur 25: Aktivitet av grønngylt i føringskurv i treningsperioden. 12 -13 september var før forsøket startet, og 19-20 september ble det ikke føret i kurven.



Figur 26: Aktivitet ved føringskurven av grønngylt gjennom treningsperioden. Dag 19 og 20 er dager uten føring

Figur 27 viser leppefiskenes aktivitet i skjulene gjennom døgnet.

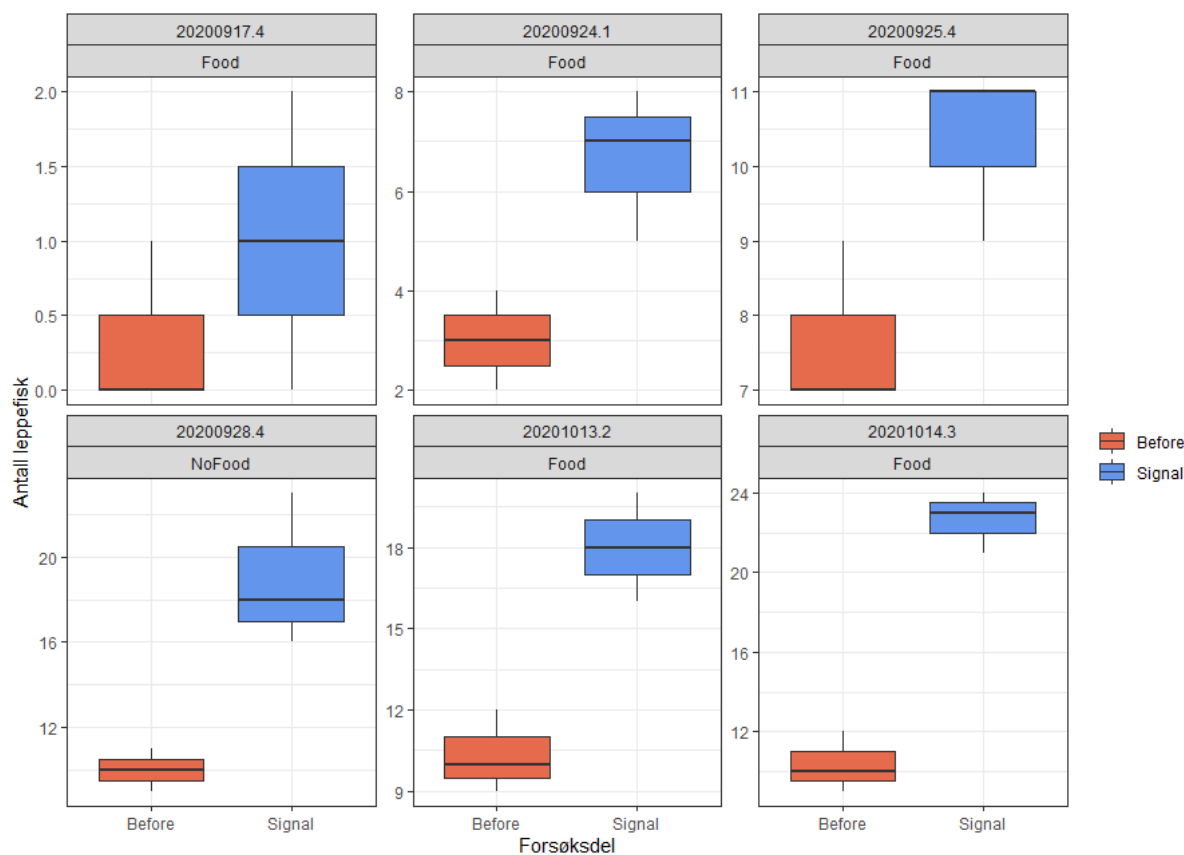


Figur 27: Tid på døgnet med aktivitet i skjulene, alle arter.

### Filming

Det ble filmet i forbindelse med lydsignal/fôring, og også ved testing i uke 3 og 5 da det ble gitt lydsignal uten fôring, og fôringskurven ble flyttet til andre hjørnet av merden (ca. 5 m).

Resultatene (figur 28), viser at det er økende respons på signalet utover i opptreningsperioden, og at det også er respons kun ved lydsignal etter to ukers trening. Testing av hukommelse en uke etter trening viser at de fremdeles husker signalet. Ved flytting av kurven var det tydelig at fisken samlet seg der selv uten fôring. De gikk altså ikke etter lydskilden.



Figur 28: Analyser av film. Viser antall leppefisk registrert ved føringskurven før og etter lydsignal, fra starten til slutten av forsøket.

### Kondisjonsutvikling

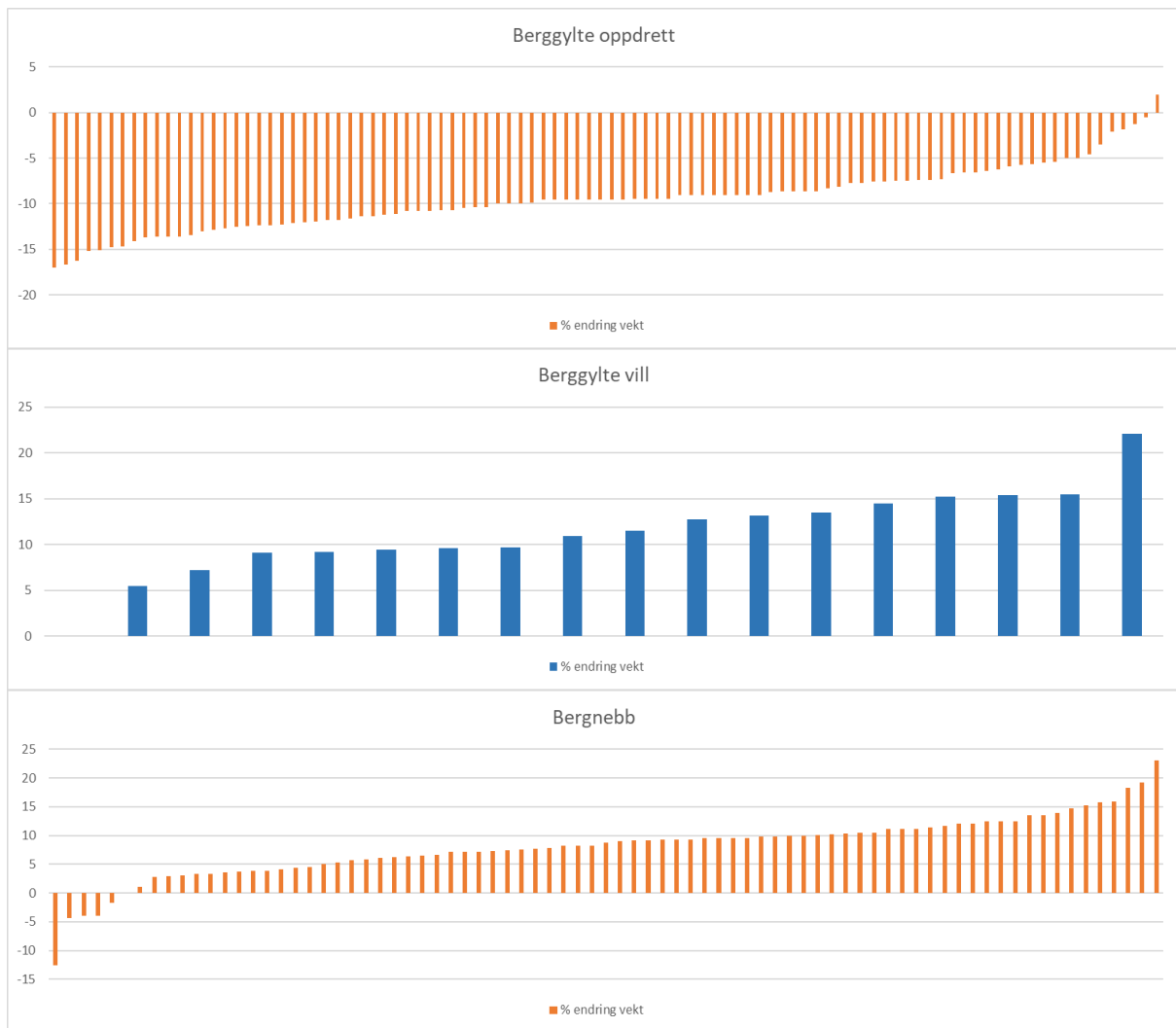
Selv om det var en kort periode mellom oppstart og avslutning av forsøket ser vi endring av kondisjon på fisken (tabell 8). Dessverre manglet vi vekt ved start på grønngylt, og får ikke sett utvikling der.

I dette forsøket ble det føret i skjulet i helgene med fôr som skulle passe alle arter. Likevel ser vi at den oppdrettede berggylta taper vekt etter kort tid i sjøen (figur 28). Villfanget bergnebb og berggylte går alle opp i vekt i samme periode (figur 28).

Tabell 8: Antall fisk per art i hver merd i tillegg til data på lengde og vekt ved start og avslutning. Det ble ikke målt vekt på grønngylt ved start, da disse var merket tidligere i forbindelse med feltarbeid. Alle individer var individmerket.

	Antall		Vekt - gram (start)				Vekt (slutt)			
	start	slutt	snitt	min	max	sd	snitt	min	max	sd
Merd B										
Berggylte oppdrett	50	50	22	19	27	1,6	20	17	24	1,6
Berggylte vill	8	8	117	41	241	67,8	130	45	263	75,0
Bergnebb	48	48	22	14	43	5,0	23	15	46	5,6
Grønngylt	50	50					44	26	90	14,2
Merd D										
Berggylte oppdrett	50	49	22	19	24	1,1	20	17	22	1,1
Berggylte vill	10	10	138	43	425	131,9	152	46	465	137,9
Bergnebb	52	51	24	18	39	5,2	26	19	43	5,0
Grønngylt	50	46					41	26	65	8,4





Figur 28: Endring i vekt for tre av artene i forsøket, berggylte oppdrettet, berggylt villfanget og bergnebb (villfanget).

### Konklusjon og oppsummering

I dette forsøket viste vi at grønnfylt lar seg trene opp til å forbinde et lydsignal med mat på kort tid. De kommer til fôringssted selv uten mat til stede når lydsignal blir gitt, og flytter seg etter kurven når denne flyttes. Noe overraskende var det grønnfylt som dominerte totalt i fôringskurven. Spesielt et individ var i kurven omtrent hele tiden, og brukte den som sitt private skjul fra dag 1. Vi kan spekulere i om store mengder grønnfylt vil være avskrekkende for bergnebb og berggylt på matjakt, og kanskje føre til at disse ikke tør nærme seg utføringskurven?

Vi oppdaget også ved en tilfeldighet at lydene grønnfylt lager selv i forbindelse med spising lignet til forveksling lyden vi laget i lydgeneratoren. Om dette har forsterket effekten på grønnfylt er uvisst, men kan ha en avskrekkende effekt på andre arter.

Oppdrettet berggylte er kjent for å ikke like fôrbytte, og det ser vi nok også her en effekt av. Selv om reke absolutt burde være fristende nok, så var responsen heller dårlig.

I skjulene så vi at artene liker å holde seg adskilt, med bergnebb og oppdrettet berggylte nederst og grønnfylt og vill berggylte øverst.

### 3.2.4 Lyd og læring i sjø- storskala

Fra søknad

«For å kunne utnytte rensfisken til alternative bruksområder, er det avgjørende å finne løsninger for utsortering og gjenfangsting. I denne arbeidspakken ønsker vi å lære berggylt og annen leppefisk at lavfrekvent lyd, enten alene eller i kombinasjon med lys, gir en belønning i form av fôr. Det vil gjøres forsøk hvor det blir gitt lyd- og/eller lyssignal like i forkant, og i en tidlig fase av, foring. Utforing vil skje over et begrenset tidsrom og på bestemte foringsplasser, hvorpå fisken får en pause. Prosedyren gjentas over tid og adferd overvåkes. Det er nødvendig å ha minst to foringsplasser for å kunne studere i hvilken grad fisken kombinerer retningsbestemt sansing, hukommelse og læringsevne. Da muliggjør man studier av rensfiskens evne til å skille fysisk plassering av signal og foringsplass, noe som kan være nyttig i en kommersiell situasjon. Dersom adferds-responsen er positiv vil utforingspunktet endres etter en tid for å kartlegge læreevne ytterligere, siden det er viktig at fisken følger signalene, og ikke bare lærer seg at foring skjer i et visst område av tanken/merden.

Den kommersielle utprøvingen gjøres i to faser. Vi ønsker først og fremst å dokumentere at fisken kan "flyttes" til et gitt punkt i merden ved bruk av lyd/lys i kombinasjon med fôring. En slik mekanisme vil muliggjøre rask utfisking av store mengder fisk v.h.a. håv/glipp/pumpe. En sekundær effekt av slik læring vil være å kunne flytte fisken dypere i en merd i perioder med høy overflatetemperatur i vannet, lave oksygenverdier (f.eks. ved bruk av luseskjørt), maneter/åte i øvre vannlag e.l., ved hjelp av de samme signalene. Hovedfokus i merd-forsøk:

- Effekt på "trente" individer
- Styre fisk til fôringsstasjoner for utfisking, varighet av læreprosess
- Stress ved utfisking og håndtering (denne delen i samarbeid med andre partnere)

De industrielle gjenfangstforsøkene vil bli utført etter vitenskapelige retningslinjer (like tidspunkt, varighet, dybde, replikater m.m.), men vil også bære preg av å være industri-relaterte forsøk med krav til ad-hoc løsninger for å oppnå best mulig resultat. effekt.»

Det var planlagt forsøk på et av Lerøy Vest sine anlegg for å teste ut om leppefisken kunne samles ved hjelp av lyd etter en treningsperiode der lydsignal skulle gis i forkant av leppefiskfôring på anlegget. Dette forsøket ble utsatt på grunn av Covid-19 situasjonen som oppstod i 2020 og vi fikk ikke tilgang til anlegget. Høsten 2020 ble det klart at det at forsøket på dette anlegget gikk ut og Lerøy Vest hadde ikke andre anlegg i denne perioden vi kunne kjøre forsøk på.

Vi kontaktet MOWI for å se om det var noen av deres anlegg vi kunne prøve å utføre forsøket på. Vi fikk tilgang på et anlegg i Hardangerfjorden som hadde oppdrettede berggylt som rensfisk i lakseanlegget, og som hadde planer om å få inn rognkjeks.

Lydgeneratoren (laget av Akvaplan-niva) var den samme som ble brukt i forsøket med rognkjeks, se figur 29.

Leppefisken i anlegget ble fôret med fôrpellets i strømpe, og det ble avtalt at lydsignal skulle gis rett før nytt fôr ble satt ut. Fôret ble skiftet ut en gang for dagen. Registering av aktivitet rundt fôrposen ble gjort ved hjelp av videoopptak.

Forsøket startet opp 4. november 2020 og berggylden var aktiv i starten av forsøket, men temperaturen sank til 6 °C og berggyltens appetitt for fôr stanset opp. Berggylt viste liten eller ingen respons på lydsignal i forkant av fôring. Fisken viste redusert interesse for fôr generelt på grunn av synkende temperaturer, så det er vanskelig ut fra dette forsøket å trekke konklusjonen at lyd ikke kan brukes til å

samle leppefisk i merd. Imidlertid viste rognkjeksens respons på lydsignalet, men den arten var ikke fokuspunktet i dette forsøket.

Vi gjorde et nytt forsøk på å få gjennomført forsøket med leppefisk høsten 2021, og hadde en avtale med Kobbevik og Furuholmen AS som skulle sette ut fisk i et anlegg i slutten av september. Da tidspunktet nærmet seg ble klart at vi ikke kunne gjennomføre forsøket her likevel, men vi ble tilbudt å gjennomføre forsøket på et annet anlegg med større laks og leppefisk. Utstyr ble satt opp og noen få registreringer ble gjennomført, men så måtte de gjennomføre behandling på anlegget og de kunne ikke prioritere å følge opp forsøket slik vi hadde planlagt.

### 3.2.5 Lydgenerator

Lydgeneratoren brukt i merdforsøk 1 og 2 (småskalaforsøk merd), ble utformet og produsert på forskningsstasjonen. Ideen bak å lage en enkel form for lydgenerator var at den lett kan lages, flyttes rundt og tilpasses ulike forhold. Den krever ikke strøm, noe som kan være greit. Utformingen består av et 3 m langt PE rør (ca. 10 cm diameter) som ble sveiset tett i bunn for å lage et resonanskammer. Røret ble montert på siden av merden med stålklammer. En stang ble brukt til å dunke oppi røret for å lage en jevn lyd som lød likt hver gang.

Vårt anlegg er, i motsetning til de fleste kommersielle anlegg, laget i stål med firkantbur. Det er mye lyder fra anlegget selv, og i tillegg kjøres det jevnlig med truck ut på midtgangen. Vi ønsket å lage en lyd som var unik, og som ikke kunne forveksles med lyder som oppstår på anlegget. På andre typer anlegg kan det være at andre typer lydgeneratorer vil være mer gunstige.

Fisk generelt hører best lyder som er under 500 Hz, altså ganske dype lyder.

En serie med tester ble i forkant av oppstart utført (Ocean Sonics – IC Listen HR) for å finne hvilket lydmonster typiske operasjoner på sjøanlegget produserer. Tolking av disse figurene viser at det er et «stille» vindu i bakgrunnsstøy mellom 90 og 120 Hz.

Vi testet også lydgeneratoren med «dunkestang» laget av ulike materialer, og basert på tolking av disse signalene ble en stang av glassfiber brukt videre. Det var denne som hadde sterkest signal i området 90-120 Hz.

Det kan nevnes at dykkere i nærheten (ca. 100 m fra anlegget) hørte lyden veldig godt. Den skilte seg klart ut fra andre lyder på anlegget.

## 4 Arbeidspakke 2. Bedøvelse og slakt

### 4.1 Innledning

Siden slutten av 90-tallet har det vært økt fokus på fiskevelferd i forbindelse med avliving og slaktning av oppdrettsfisk (Lines & Spence, 2012). Det er særlig oppdrettsfisk for humant konsum som har vært prioritert, enten om det er laks, ørret, kveite, piggvar, ål eller andre oppdrettsarter (EFSA, 2004; EFSA, 2009 a,b; Lines & Spence, 2012). I dag er det i prinsippet 3 metoder som benyttes for bedøvelse og avliving av fisk; 1) slag, 2) strøm eller 3) overdose med anestesimidler (Lines & Spence, 2012). Etersom anestesimidler hindrer videre bruk av fisken som restråstoff, er det behov for å kunne avlive fisk humant for avkast enten dette er på slakteri eller sortering av fisk på anlegg.

For bedøvelse og avliving av oppdrettslaks og ørret brukes det i all hovedsak elektriske bedøvere eller slagmaskiner i kombinasjon med bløgging (Lines & Spence, 2012; Lamboij et al., 2010) eller kvern (Roth et al. 2021). Felles for begge metoder er at de begge kan frembringe bevisstløshet tilnærmet momentant innen 0,5–1 s (Lamboij et al., 2010; Lamboij et al., 2012; Robb & Roth, 2003). Prinsippet med bruk av strøm og slag ansees foreløpig som en bedøvelses metode, hvor døden sikres gjennom sekundære steg som bløgging, hodekapping eller fysisk destruksjon (kvern).

For avliving av laks vil prinsippet være å bedøve fisk med elektrisk strøm eller slag før fisken bløgges som mat eller kvern ved destruksjon. Utfordringen er imidlertid at dette er automatiserte systemer bygget for ørret og laks, hvor slagmaskiner som har en viss størrelses avhengighet (Roth et al., 2007; Lines & Spence, 2012). Problemet oppstår når rensefisk eller andre arter kommer inn i systemet til slakterier som bruker slagmaskiner hvor smålaks, rensefisk eller andre arter ikke passer inn i selve slagmaskinen. Likeledes gjelder dette for systemer som bruker elbedøving for laks, hvor små rensefisk ikke vil komme i kontakt med elektrodene eller lar seg bedøve som tilfellet med rognkjeks (Foss et al., 2017). Dette medfører at slakteriene blir avhengig av et system hvor fisken sorteres ut gjennom silekasser og/eller manuelt etter pumping for å kunne sikre en forsvarlig bedøvelse og død hos ulike arter av rensefisk. Etersom filét-kvalitet ikke er et problem for utsortert fisk er løsningen å bruke egnede el-bedøvere som bruker 50 Hz, AC (Foss et al., 2017; Roth et al. 2021).

I slike systemer vil fisk som passer til systemet kunne bli tilfredsstillende bedøvet (Roth et al. 2021), men fortsatt vil det være utfordringer med å kunne bedøve arter som ikke kommer i kontakt med elektrodene. Likeledes kan det være en utfordring å avlive dyrene etter tradisjonelle metoder som bløgging basert på størrelsen. En mulig mulighet er å kunne bruke metoder for å sikre permanent tap av sensibilitet, dvs død, enten direkte gjennom fysisk destruksjon av hjernen som for eksempel kvern eller forstyrrelser av energi metabolismen som følge av en elektrisk stimulering eller indirekte ved hjertestans eller hypoksi. Selv om død er ofte et utfall av en elektrisk bedøving er det gjort få studier om dette kan la seg gjennomføre utover et kuldesjokk (Daskalova, 2019). Målsetningen med dette studiet var derfor å utvikle protokoller for bedøvelse og avliving av alle typer rensefisk.

## 4.2 Forsøk for bedøvelse og avliving av rensefisk

### 4.2.1 Leppefisk eksponert for strøm

Som vist i Tabell 1 kan leppefisk bedøves ved bruk av samme frekvensspekter som nyttes for laks; 105 V, 100 Hz, AC+DC ved bruk av tørrbedøver (Foss et al. 2017). Et problem kan imidlertid oppstå, ettersom flere av disse artene (eksempelvis bergnebb og grasgylt) kan være såpass små at de ikke vil kunne komme i kontakt med elektrodene under en kommersiell operasjon og dermed bare blir dratt gjennom systemet uten å bli bedøvet. Som et alternativ til tørrbedøving kan en generere et elektrisk felt i vann (Robb and Roth 2003; Roth et al. 2003, 2004; Robb et al. 2002; van de vis 2003). Tidligere studier viser ved bruk av 50 Hz AC at fisk kan bedøves innen 1 s for laksefisk, hvor 250 V/m ikke er tilstrekkelig for å bedøve laks innen 0.5s. Studier av Grimsbø et al. (2016) viser imidlertid at optimal frekvens for bedøvelse av laksefisk er 200 Hz. Ved å kombinere optimal frekvens med høy puls og Vrms verdier vil

man kunne bedøve fisk i større grad enn vist i studier gjort av både Roth et al. (2003; 2004) og Lines et al. (2004; 2005).

Et elektrisk system fra Askvik Aqua ble testet i denne sammenhengen. Både berggylt og bergnebb ble plassert i et vannkar med 4 titanelektroder 70 cm fra hverandre og eksponert for 210 V<sub>rms</sub>/m, pulserende likestrøm (pDC) med 400 pulser pr sekund (pps) tilsvarende svingningene til 200 Hz AC.

Som vist i Tabell 1 lar både berggylt og bergnebb seg bedøve innen 0.5 s. Etter strømeksponering har begge artene et epilepsi-lignende anfall i henholdsvis 25±10.7 og 26±4.1 sekunder før første respons for øye score 1 (Kestin, van de Vis, & Robb, 2002) på 28±13 s og 36 ± 7.8 s for terminert ved slag. En berggylt viste imidlertid tegn til fluktrespons etter eksponering og ble derfor definert som ikke bedøvet og terminert.

Tabell 1: Sannsynlighet for bedøvelse for fisk eksponert for 105 V, 100 Hz, AC+DC tørrbedøver (Tørr) (Hentet fra Foss et al. 2017) og for fisk eksponert for 210 V/m, 400 pps pDC i sjøvann (Vann). Verdier er oppgitt i p (n)

Type bedøvelse			Eksponeringstid (s)			
			0.5 s	1 s	5 s	30 s
Tørr	AC+DC	Berggylt	0.90 (10)	1.00 (7)	1.00 (57)	1.00 (21)
		Grønn-gylt	1.00 (3)	1.00 (2)	1.00 (5)	it
		Grasgylt	1.00 (3)	1.00 (2)	1.00 (5)	1.00 (3)
Vann	pDC	Berggylt	0.5 s		3 s	-
		Berggylt	0.86 (7)		-	-
		Bergnebb	1.0 (9)		1.0 (16)	-

I tillegg til de 16 fisk som ble testet for bedøvelse ble en gruppe på 14 bergnebb eksponert for 210 V/m, 400 pps pDC i 3 sekunder. Dette for å kunne simulere den totale eksponering i et pumpesystem. Etter strømeksponering ble fiskens bedøvelsesgrad karakterisert mht. stedeværelse av et epileptisk anfall etterfulgt av opphør av alle basale reflekser. Deretter ble fisken plassert i et kar med isvann (-0.5 °C) og basale reflekser som øye, ventilasjon og trykk ble undersøkt i 10 min. Deretter ble insensibel fisk plassert i friskt sjøvann for å undersøke om død hadde inntruffet eller om den kunne gjenvinne basale reflekser.

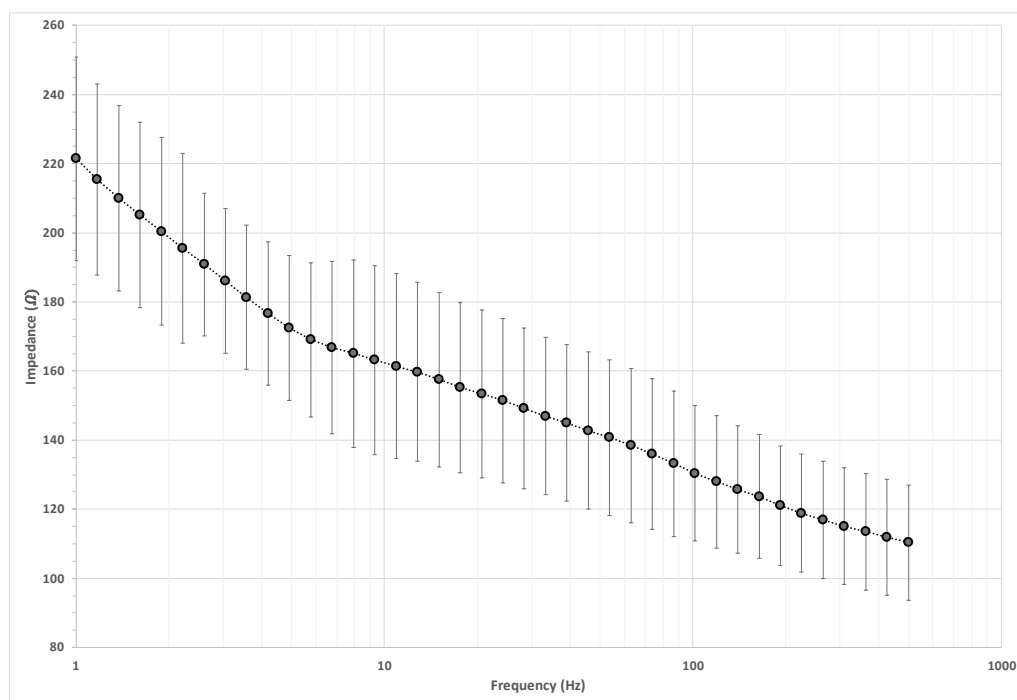
Som vist i tabell 2, å kjøre elektrisitet direkte på leppefisk medfører en viss dødelighet hos berggylt dersom den deretter plasseres i ferskt sjøvann. Derimot, når bergnebb eksponeres for 3 s med strøm i sjøvann og plasseres i isvann viser fisken få tegn til oppvåkning. Av 14 fisker gjenvinner ingen av fisken ventilasjonen, mens 3 fisker viser svake øye reflekser ved ikke ha fiksert øye, men manglende øyerulling. Etter 10 min når fisken plasseres i ferskt sjøvann viser 2 fisk tegn til oppvåkning ved å gjenvinne ventilasjon 8-10 min senere og avlives. Resten defineres som døde.

Tabell 2: Sannsynlighet for dødelighet og oppvåking for fisk eksponert for 105 V, 100 Hz, AC+DC tørr bedøver (Tørr) (Hentet fra Foss et al. 2017) og for fisk eksponert for 210 V/m, 400 pps pDC i sjøvann (Vann).

			Dødelighet (p)		Oppvåking (s)		Vekt (g)	
			Strøm eksponering (s)					
			5	30	5	30	Mean	SE
Tørr	AC+DC	Berggylt	0.22	0.73	101	452	350,9	21,7
		Grønngylt	0.00	it	95	it	261,5	6,4
		Grasgylt	1.00	1.00	død	død	99,8	12,2
			3		3			
Vann	pDC	Bergnebb	0.86		1080		36	2,8

#### 4.2.2 Rognkjeks eksponert for strøm

Tidligere studier på Rognkjeks viser at disse ikke kan bedøves med AC+DC (Foss et al. 2017). Noe av forklaring kan ligge i fisken anatomi som gir høyere kontaktmotstand og medfører gnistdannelser (Foss et al. 2017). Nyere undersøkelser viser imidlertid at rognkjeks har langt lavere impedans enn laksefisk (Grimsbo, Nortvedt, Hjertaker, Hammer, & Roth, 2016). Som vist i figur 3 har ikke rognkjeks en optimal frekvens mht. til impedans rundt 200 Hz som hos andre arter, men en flat synkende kurve fra likestrøm. Forklaring kan ligge her at fisken har et tykt skinnlag smed høy elektrisk motstand, kombinert med høyt vanninnhold.



Figur 3: Impedansmåling av rognkjeks mot frekvens (Fra Grimsbø upublisert)



Tidligere studier Foss et al. (2017) viste at 220 V var nødvendig for å bedøve rognkjeks innen 0.5 s ved tørrbedøving. Som vist i tabell 3 vil større rognkjeks på  $914 \pm 239$  g (gjennomsnittsvikt  $\pm$  SD) fortsatt kreve 220 V for å sikre bedøvelse. Bruk av 150 V var ikke tilstrekkelig for å bedøve rognkjeks selv etter 10 sekunder, hvor avbruddskriteriet i forsøket ble oppnådd allerede etter 7 fisk. For fisk som ble eksponert for 220 V i 5 eller 10 sekunder var samtlige tilstrekkelig bedøvet, og ingen gjenvant basale reflekser innen 10 min når plassert i isvann. Når derimot fisken ble plassert i friskt sjøvann, var det 1/35 og 2/14 for henholdsvis 10 og 5 s eksponeringstid som viste tegn til å gjenvinne bevisstheten og deretter måtte avlives ved slag.

Tabell 3: Bedøvelse og avliving av rognkjeks med tørrbedøver 50 Hz, AC

Volt	Tid (s)	Bedøvelse (p)	Død (p)	n
220	10	1.00	0.97	35
150	10	0.71	0.42	7
220	5	1.00	0.86	14

Ettersom fisken har høy kontaktmotstand, kan noe av løsningen være plassere fisken i vann eller spraye fisk med vann for å redusere motstanden og forhindre gnistdannelse. Et forsøk med liten rognkjeks på  $9.3 \pm 2.0$  g (Tabell 3) viser at elektriske feltspenninger som fungerer for laks og rensefisk (tabell 1) medførte avbruddskriterier hvor 1 av 3 fisk ikke viser tegn til epileptisk lignede anfall, men uttrykker fluktrespons. Å øke feltstyrken til 341 V/m gir umiddelbare effekter hvor 9/10 fisken kan bedøves etter 0.5 s, men de epileptisk anfallene er korte med snitt tid på  $16.5 \pm 2.5$  s, hvor fisken raskt gjenvinner deler av øyereflekser og ventilering innen samme tidsrom. Å øke eksponeringstiden til 3 sekunder gir bare minimale effekter og alle individer vinner raskt tilbake basale reflekser etter en epileptisklignede anfall etter  $50 \pm 23$  s og dermed må termineres med slag. Å senke frekvensen til 100 pps gav ingen umiddelbare effekter mht. til tiden fisken er bedøvet

Tabell 4: P verdi av rognkjeks bedøvet ved ulike eksponeringstid i sjøvann med pDC

Feltstyrke V/m	Frekvens pps	Tid s	Bedøvelse (p)	N
215	400	1	0.75	3
		0.5	0.9	10
341	400	1	1.0	3
		3	1.0	12
341	100	3	1.0	3

### 4.3 Protokoller for bedøving og avliving av rensefisk

Det hersker liten tvil om at utfordringen for industrien er, og vil være, å kunne bedøve og avlive rensefisk tenkt som bruk til mat i en industriell skala sammen med laks. Enten kreves det svært høy volt eller feltstyrker som for rognkjeks (tabell 3 og 4), eller så er fisken for liten til å kunne passe inn i laksebedøvere. Det positive er at alle undersøkte arter vil kunne la seg bedøve av strøm innen 0.5 sekunder uavhengig av om det skjer i vann eller i direkte kontakt med elektroder. Tidligere studier med EEG viser at et epilepsi-lignende anfall etterfulgt av tap av basale reflekser er en sterk indikasjon på tap av sensibilitet (Lambooij et al. 2010, 2011). I dette studiet viser resultatene (tabell 1 og 3) at dersom en utsetter fisken for tilstrekkelig voltstyrke eller feltstyrke resulterer dette i et epileptisk anfall med tap av basale reflekser som øyefiksering og opphøring av ventilasjon. Enhver reduksjon i spenning ga imidlertid mangelfull bedøvelse med tydelige tegn til fluktresponser og vridning av øyner og videre avbruddskriterium. I tråd med tidligere studier (Roth et al. 2003) viser korte eksponeringstider ned mot 0.5 sekunder en økt risiko for mangelfull bedøvelse og rask oppvåkning (tabell 1 og 3). En økt eksponeringstid vil medføre økt tid før fisken gjenvinner basale reflekser øke i takt med de elektriske sammensetning. Hvorvidt dette er i samsvar med tid i bedøvelse vil alltid være grunnlag for usikkerhet og diskusjon. Tidligere studier av Lambooij et al. (2010) og Robb and Roth (2003) med EEG på laks viser at bevissthetsgrad ikke alltid samsvarer med tilstedeværelse av basale reflekser. I disse studiene ble det observert fisk som hadde intakte reflekser for øye eller ventilasjon som var bevisstløse, og i andre tilfeller ble det helt motsatte observert. Uansett, i dette tilfelle vil et epileptisk anfall med følgende tap av basale reflekser være en sterkt indikasjon på tap av bevisstløshet, men varigheten vil ikke alltid kunne observeres basert på fravær av basale reflekser, og dokumentasjon ved bruk av EEG blir et sentralt verktøy for å verifisere dette.

Imidlertid vil graden av bevisstløshet og død også være en funksjon av de elektriske parameterne, samt omgivelsene etter strømeksposering. Tidligere studier på ål og flatfisk viser at en tilstrekkelig elektrisk eksponering etterfulgt av en kuldsjokk vil kunne sikre død (Lambooij et al 2006; Daskalova et al. 2016). Tidligere studier av Grimsbø et al 2016 og Foss et al. 2017 viser at en kombinasjon av elektrisk bedøving med 50 Hz AC vil medføre en viss grad av dødelighet, hvor Foss et al (2017) viste at en forlengelse av eksponeringstid medførte 85 % akutt dødelighet. Ved å øke eksponering til 220 V, 50 Hz AC i 10 sekunder etterfulgt av et kuldesjokk medførte i dette forsøket 100% tap av alle funksjoner for minst 10 min, men 1 av 34 fisk overlevet behandlingen (Tabell 3). Det er også interessant er 150 V i 10 sekunder ikke var tilstrekkelig for å bedøve dyret i det hele tatt. I likhet med Foss et al. (2017) krever rognkjeks svært høye voltstyrker for i det hele tatt å kunne bedøves. Noe av forklaringen kan ligge i fiskens impedans som en funksjon av frekvens, hvor høyere frekvenser vil være mer ineffektive (Grimsbø et al. 2016; Roth et al., 2004). Forklaringen ligger ikke bare i hvordan fiskens nervesystem responderer på en serie med pulser, men hvordan fiskens ledningsevne og impedans er av betydning, med lavest mostand ved cirka 200 Hz eller 400 pps for laks (Grimsbø et al., 2016). Imidlertid som vist i figur 3, viser rognkjeks å ikke ha et optimum frekvensbilde som hos laks, hvor lave frekvenser vil være å foretrekke. Imidlertid er effekten av strøm sammensatt. Impedans vil ha betydning for strømgjennomgang i fisken, mens nervesystemet vil være følsomt for frekvensen i hvilken stor grad sentralnervesystemet blir stimulert. I praksis betyr dette at lavere frekvenser er sub-optimalt for å kunne bedøve.

Betydningen av dette blir klar når en bedøver rognkjeks i sjøvann. Ved å simulere en 3 sekunders eksponeringstid (som vil være gjeldene i en pumpe), vil en kunne bedøve fisken ved 400 pps ved 341 V/m feltstyrke (tabell 4). Selv om man reduserer kontaktmostanden kreves det høye spenninger for å sikre bedøvelse. I dette tilfelle er ikke de elektriske parameterne tilstrekkelige for å sikre en langvarig tap av reflekser. Det er derfor lite trolig at en kan sikre bedøvelse frem til død enten ved bruk av kulde eller bløtting. En mulig strategi er å øke feltspenningene og eksponeringstiden ytterligere.

Ut fra resultatene i denne arbeidspakken kan man konkludere med at rensefisk kan bedøves med elektrisk strøm, enten det er ved tørrbedøving eller i pumpe-systemer i vann. Utfordringen er å oppnå en sikker avliving. Forsøk med kulde viser at lengre eksponeringstid vil kunne sikre død hos rognkjeks hos 97% av individene på en begrenset populasjon på 34 dyr. Imidlertid er det fortsatt risiko for at dyret kan gjenvinne bevisstheten uten at dette kan observeres, så EEG-målinger av hjerneaktivitet er nødvendig for å konkludere endelig at denne prosedyren resulterer i død. Likeledes gir tørrbedøving varmeutvikling og brennmerker som vil ha negativ effekt på kvaliteten av fisken. Forsøk med å bedøve fisk med kort

eksponeringstid i vann for å sikre kjøttkvalitet gir raskt oppvåkning, og avliving ved bruk av kulde (isvann) eller bløgging synes derfor ikke mulig. En løsning kan være å øke tid og feltstyrker.

For leppefisk vil de gjeldene elektriske parametere i vann kunne oppfylle velferdskrav etter verifisering ved bruk av EEG.

Som et alternativ, vil bedøvelse av rensfisk i kombinasjon med bruk av kvern være en fullgod løsning (Figur 3). Ettersom det er mulig å sikre bevisstløshet i perioden dyret gjennomgår et epileptisk lignende anfall vil en destruksjon av individet i denne tidsperiode kunne sikre hurtig død. Som demonstrert av Roth and Foss (2021) vil fisk som komme ut av en tørrbedøver eller vann kunne kvernes svært raskt etter strømeksponering. Velferdsriteriet i denne sammenheng blir et spørsmål om effektivitet av kvern og mengde fisk inn. For et slakteri som sorterere ut enkeltvis vil velferden gjennom strøm og kvern kunne sikres (Roth and Foss 2021). På anlegg som skal destruere større mengder fisk på kort tid vil en derimot måtte kvalitetssikre systemet først.



*Figur 3 Venstre bilde: Innmating av fisk til Stansas destruksjonsbedøver, innmating til venstre er for småfisk fra avsilingskasse, mens høyre er fra manuell utsortering fra slakteriggen. Høyre bilde: Viser en GS 150 tannkvern.*

## 5 Arbeidspakke 3. Legge fundamentet for en strategisk, innovativ og realiserbar produktutvikling av renseskjeks

Målet med arbeidspakke 3 er å legge fundamentet for en strategisk, innovativ og realiserbar produktutvikling av renseskjeks. Dette krever ei tverrfaglig tilnærming hvor vi både ser nærmere på hva fisken inneholder for at den skal være sunn og trygg og spise. Det er også viktig å se nærmere på hvordan den bør prosesseres og lagres for å ta best mulig vare på råstoffet frem til den når et marked. Siden oppdrett og fiske etter renseskjeks er forholdsvis nytt er det også behov for en gjennomgang av regelverket. Avhengig av hvilket marked man skal selge fisken til, vil det kreve innsikt i deres matkultur slik at råstoffet blir best mulig tilpasset bruken. Markedsinnsikt er derfor en sentral del av arbeidspakken. I tillegg vil informasjon om kostnadsaspekter og potensiell nytteverdi ved ulike bruksområder være relevant for videre arbeid med utnyttelsen av renseskjeks. Metodikk blir beskrevet under hver deloppgave.

### 5.1 Identifisering av næringsinnhold og prosessstekniske egenskaper

#### Forsøksoppsett og metoder

##### Rognkjeks

Rognkjeks ble tatt fra laksemerd i mars 2020 (Uttak 1) og september 2020 (Uttak 2). Begge uttak med rognkjeks ble levert av Lerøy Aurora AS.

Uttak 1. Det første partiet med oppdrettet rognkjeks (kroppsvekt ca. 30 g) ble overført til laksemerd i Karanes (Karlsøy, Troms og Finnmark fylke, Norge) i juli 2019. Deretter ble ny rognkjeks (kroppsvekt ca. 30 g) levert til samme laksemerd omtrent hver fjerde uke frem til oktober 2019. I laksemerden ble fisken tilleggsfôret med renseskjeksfôr (Lumpfish Grower 20 mg, BioMar, Norge) en gang om dagen. I mars 2020 ble rognkjeks (n = 83) fisket med hov ut fra merden, bedøvet med et slag i hodet og bløget. Etter utblødning, ble fisken pakket i plastposer og lagret ved -18 °C. Dagen etter ble fisken sendt til Nofima, Tromsø. Ved ankomst til Nofima ble fisken overført til et fryserom -40 °C inntil videre analyser.

Ved prøveuttak ble rognkjeksene tint i plastposer i kar med rennende vann (3,4 °C) over natta. Tint fisk ble sortert og fordelt i to vektgrupper: liten (n = 57, 78 ± 39 g) og stor (n = 26, 231 ± 67 g). Fem store rognkjeks ble sløyd og filetert. Under filetering ble sløyd vekt, samt vekt av filet, hode og bein registrert. Deretter ble tre prøvetyper tatt: 1) hel fisk fra rognkjeks med liten størrelse, 2) fileter fra stor rognkjeks og 3) skinn fra stor rognkjeks (Tabell 1). Hver gruppe ble hakket ved bruk av en kvern (Kilia, TK 20 ltr, Dorfmark, Tyskland). De tre prøvene ble deretter pakket i plastbeholdere (Kartell Labware, Noviglio, Italia) og frosset ved -40 °C inntil kjemiske analyser (Tabell 2).

Uttak 2. I september 2020 ble rognkjeks fisket ut fra laksemerd i Åbornes (Hansnes, Troms og Finnmark fylke, Norge). I denne laksemerden var det første rognkjekspartiet (kroppsvekt ca. 30 g) overført i august 2019. Deretter, ble nye rognkjekspartier (kroppsvekt ca. 30 g) tilsatt omtrent hver fjerde uke. Fisken ble tilleggsfôret (Clean Lumpfish 2–4 mm, Skretting, Norge) en gang om dagen. På uttaksdagen, ble 10 rognkjeks fisket ut fra laksemerd og slaktet som beskrevet for Uttak 1. Ferdig utblødd rognkjeks ble pakket i isoporkasse med is, transportert til Nofima, Tromsø, og lagret på et kaldt rom ved 0 °C over natta, inntil prosessering.

Ved prosessering, ble alle rognkjeks (kroppsvekt 513 ± 84 g) veid, sløyd, filetert og skinnnet. Vekt av de ulike delene ble registrert underveis prosessering. Av de 10 fiskene, ble kroppsdeler (unntatt innvoller) fra fem rognkjeks samlet, kvernet og analysert som sløyd fisk med hode (SLMH) (Tabell 1). Filetene fra de resterende fem rognkjeksene ble brukt til å analysere næringsinnhold (innhold av protein, fett, vann og karbohydrater) (Tabell 1). Disse to miksene ble pakket i plastbeholdere og frosset ved -40 °C, på samme måte som Uttak 1, før de ble analysert. Alle analyser som ble gjennomført er oppgitt i Tabell 2.

Tabell 1 Oversikt over prøver og parametere som ble analysert på rognkjeks fra Uttak 1 og Uttak 2, samt berggylt

Parameter	Rognkjeks, Uttak 1		Rognkjeks, Uttak 2	Berggylt
	78 ± 39 g <sup>1</sup>	231 ± 67 g <sup>1</sup>	513 ± 84 g <sup>1</sup>	464 ± 147 g <sup>1</sup>
Forenklet næringsinnhold	Hel fisk	Filet Skinn	Filet SLMH	Filet SLMH
Fettsyre (FA)	Hel fisk		SLMH	SLMH
Total Aminosyre (TAA)	Hel fisk			SLMH
Vitaminer (utenom vit. D3)	SLMH			SLMH
Vitamin D3			SLMH	
Mineraler	Hel fisk			SLMH
Metaller	Hel fisk			SLMH
Miljøgifter	Hel fisk			SLMH

<sup>1</sup> Kroppsvekt (gjennomsnitt ± standard avvik). SLMH: sløyd med hode.

### Berggylt

Berggylt ble sendt fra Lerøy Vest AS i Bekkjærвик (Austevoll, Norge) til Nofima i Tromsø i april 2020. Villfanget berggylt var overført til laksemerd i august 2019, rett etter fangst. I løpet av perioden i laksemerden fikk fisken renseskifor (CLEAN Soft, Skretting, Norge). I juni 2020 ble berggylt (n = 19, total vekt 464 ± 147 g, lengde ca. 30 cm) fisket ut fra merden ved hjelp av teiner. Deretter ble fisken bløgget, pakket i plastposer (2 fisk per pose), lagt i en isoporeske og deretter fryst ned ved å plassere esken i et fryserom på cirka -18 °C. Dagen etter ble fisken sendt til Nofima, Tromsø. Ved ankomst til Nofima ble esken lagret i et fryserom på -40 °C inntil analyser.

I juni 2020, ble 10 fisk i pose tint i kar med rennende vann (4 °C) over natta. Ferdig tint fisk ble veid, målt for lengde, sløyd og filetert. Filetene fra fem fisk ble deretter homogenisert i en grinder (Kilia, TK 20 ltr, Dorfmark, Germany), pakket i plastbeholdere (Kartell Labware, Noviglio, Italy) og fryst ned ved -40 °C for senere analyser av bruttoenergi og næringsinnhold: innhold av vann, aske, fett og protein (Tabell 1).

De resterende fem berggyltene ble analysert som sløyd med hode (SLMH). Av disse fem, ble tre fisk brukt for oversikt over prosentvis fordeling av kroppssammensetning med hensyn på prosessering. Dette vil si at sløyd vekt, samt vekt av filet, hode, bein og innvoller ble registrert. Deretter ble alt utenom innvoller, homogenisert, pakket i plastbeholdere og fryst ned ved -40 °C for senere analyser. Miksen av SLMH (sløyd med hode) ble brukt for analyser av næringsinnhold (vann, aske, fett og protein) og bruttoenergi, samt innhold og sammensetning av totale aminosyrer (TAA), fettsyrer (FA), vitaminer, mineraler, tungmetaller og miljøgifter (polyklorerte dibenzodioksiner/furaner, PCDD/Fs; polyklorerte bifenyler, PCB og dioksinlignende polyklorerte bifenyler, dl-PCBs) (Tabell 1).

Alle kjemiske analyser ble gjennomført med to parallelle prøver fra hver miks. Analysemetodene er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Oversikt over analyser som ble gjennomført både på rognkjeks og berggylt

Parameter	Analyseprinsipp	Referanse
Vann	Gravimetrisk analyse	AOAC International, 2019
Tørrestoff	Gravimetrisk analyse	AOAC International, 2019
Fett	Pulsed NMR	Fiebig & Lüttke, 2003
Protein	N × 6.25, Leco TruMac N analyzer	Hamre & Mangor-Jensen, 2006
Total Aminosyre	Ion exchange chromatography	Commission Regulations, 2009
Fettsyre	Transmethylation extraction and GC/FID	ISO 12966-2:2011
Vitamin A	HPLC	ISO 14565:2000
Vitamin E	HPLC	ISO 6867:2000

Vitamin B1	HPLC	EN 14122:2014
Vitamin B2	HPLC	EN 14152:2014
Vitamin B3	HPLC	EN 15652:2009
Vitamin B6	HPLC	EN 14663:2005
Vitamin B9	SPR and HPLC	Mæland et al., 2000
Vitamin B12	HPLC	Vyas et al., 2012
Vitamin D3	HPLC	EN 12821:2009
Tunge metaller	ICP-SFMS	ISO 17294-2:2016
PCDD/Fs + PCBs + dl-PCBs	HRGC/HRMS	CSN EN 16190

Pulsed NMR: pulset kjernemagnetisk resonans spektrometri.

GC/FID: gasskromatografi/flamme ioniseringsdetektor.

HPLC: høypresisjonsvæskeskromatografi.

SPR: overflate plasmon resonans.

ICP-SFMS: induktivt koblet plasmasektor feltmassespektrometri.

HRGC/HRMS: gasskromatografi- og massespektrometri med høy oppløsning.

PCDD/Fs: polyklorerte dibenzodioksiner/furaner.

PCB: polyklorerte bifenyler.

dl-PCBs: dioksinlignende PCB.

I september 2021 ble resterende ni (av de 19 fiskene fra juni) tint og brukt for å kartlegge prosess tekniske egenskaper. Resultat fra 12 fisk (3 fisk i juni + 9 fisk analysert i september, Uttak 1) er oppsummert i Tabell 10. I mars 2021, for samme formål, ble berggylt av mindre størrelse ( $n=12$ , sløyd vekt  $89 \pm 29$  g, lengde  $19 \pm 2$  cm) prosessert (Tabell 10, Uttak 2). Denne fisken kom fra Lerøy Midt AS, lokalitet Hitra (Trøndelag, Norge). Vill berggylt (Uttak 2) ble satt ut i laksemerd i juli 2020 og var der til midten av mars 2021. Den ble slaktet og bløgget på utsendingsdagen.

## 5.2 Prosessering

På grunn av redusert aktivitet under Covid-restriksjoner, var det utfordrende med tilgang på råstoff til gjennomføring i prosjektet. Forsøk med prosess og lagring er derfor gjennomført på rognkjeks.

### 5.2.1 Fryseforsøk

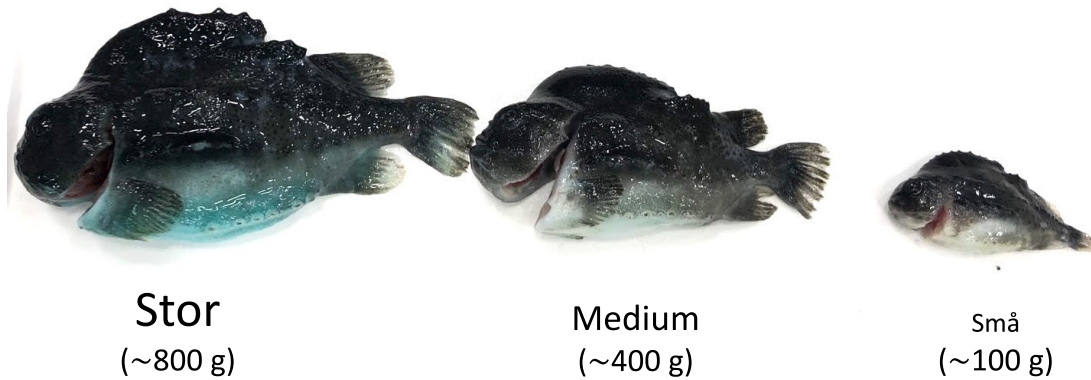
Formålet med forsøket var å undersøke effekt på kvalitet på rognkjeks ved bruk av to forskjellige frysemetoder. Dette ble gjort ved å studere effekter fra innfrysing, tining og fryselaagring av rognkjeks.

I mars 2020, ble rognkjeks ( $n = 20$ , vekt  $524 \pm 191$  g) skaffet til veie fra et norsk oppdrettsanlegg som ligger cirka 40 km nordvest for Tromsø. Ved slaktning, ble hver fisk tatt ut ifra merd med hov, bedøvet med slag i hode, bløgget, lagt i sjøvann for utblødning i cirka 30 minutter, pakket i isoporkasser med is og transportert til Nofima, Tromsø. Dette råstoffet ble brukt både til fryseforsøk og holdbarhetsforsøk.

Ved ankomst ble seks rognkjeks brukt for å studere kvalitetsforskjeller knyttet mot innfrysingsmetode. Fiskene ble veid og størrelsessortert i tre grupper (Figur 1). Deretter ble en gruppe singelfryst i vindtunnel ( $-21$  °C, 3 m/s) og den andre gruppen i lakefryser ( $-19$  °C, 0,1 m/s) (Figur 2) og temperaturen logget. Direkte etter innfrysing ble disse tint i et kar med rennende vann ( $4$  °C) og tatt ut av tinekaret etter hvert som de ble tint (pga. den ulike størrelsen). Fisken ble deretter lagret i en tett pose i kjøleskap (cirka  $4$  °C) i en uke. Fisken ble veid før innfrysing, etter tining og etter kjølelagring.

I tillegg, ble rognkjeks ( $n = 7$ ) brukt for å studere fryselaagringseffekt. Rognkjeks ble fryst i fryselaake ( $n = 4$ ) og vindtunnel ( $n = 3$ ), glasert (ved å dyppe fiskene tre ganger i nedkjølt ferskvann) og fryselaagret ( $-21$  °C) i en åpen plastbakke i 14 uker. Fiskene ble fryselaagret uten innpakning for å fremskynde forskjeller som kan forekomme under fryselaagring. Alle fisk ble veid før og etter innfrysing, gjennom fryselaagring og til slutt etter tining.





Figur 1 Ulike størrelser av rognkjeks



Figur 2 Viser tunnelfryser (venstre) og lakefryser (høyre) brukt i forsøket

### 5.3 Regulatoriske aspekter

Reglene for bruk av rensefisk har betydning både for kostnadene forbundet med oppdrett og fangst av rensefisken, bruken i laksemerden og for avliving og etterbruk. Arbeidet er basert på en skrivebordstudie av relevante regler og forskrifter, samt offentlig statistikk på produksjon. I tillegg er noe informasjon innhentet direkte fra fagpersoner i Mattilsynet, Fiskeridirektoratet og oppdrettere.

### 5.4 Marked

For å kunne sikre en bærekraftig etterbruk av rensefisk, er det viktig å identifisere et marked med forbrukere som er villig til å kjøpe og spise rensefisk. Tidligere forundersøkelser av rognkjeks har vist et potensiale i asiatiske markeder (Nøstvold *et al.*, 2016; Nytrø *et al.*, 2015). I dette prosjektet valgte vi derfor å undersøke potensial og eventuelle utfordringer knyttet til bruk av rensefisk til human konsum i et asiatiske land, nærmere bestemt Sør-Korea. Sør-Korea er Norges nest største handelspartner i Asia, og Norges femte største marked, og byr dermed på store markedsmuligheter innen blant annet sjømat ([www.innovasjon norge.no](http://www.innovasjon norge.no)). Sør-Korea er et av de landene i verden som bruker mest penger på bedriftsutvikling og forskning, og er rangert som nr. 5 på Ease of Doing Business index av

Verdensbanken. Dette gjør at Sør-Korea på få tiår har utviklet seg til et økonomisk og teknologisk foregangsland, med store muligheter for norske bedrifter ([www.innovasjon Norge.no](http://www.innovasjon Norge.no))

### Metode

Ettersom man ikke har mye kunnskap om hvordan ulike typer rensefisk (rognkjeks og berggylt) oppfattes i det sørkoreanske markedet ble det valgt en kvalitativ tilnærming. Dette besto i en markedstest av rognkjeks og berggylt, der 7 sentrale aktører (importører, grossister, og kokker) innen sjømatnæringen i Sør-Korea fikk tilsendt rensefisk til testing. Uttestingen foregikk ved at de koreanske aktørene tilberedte fisken med ulike metoder, etterfulgt av intervju for å undersøke hvordan de evaluerte fisken. Grunnet reiserestriksjon som følge av Covid-19 var det ikke mulig å selv reise til utvalgt marked for å teste produktene. Det ble derfor inngått en kontrakt med Innovasjon Norge i Sør-Korea for å få hjelp til å utføre undersøkelsene.

Nofima skaffet fisk fra norske oppdrettsanlegg, cirka 70 rognkjeks og 70 berggylt, med størrelse 200–600 gram. Rognkjeks og berggylt ble bløgget og sendt til Nofima iset i kasser. Rognkjeksen ble sløyd av oppdrettsanlegget, mens berggylten ble sløyd hos Nofima. Deretter ble all fisken hurtig innfryst. Hurtig innfrysing ble sikret ved at fisken ble fordelt i en reol med hyller og satt inn i et fryserom med  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Deretter ble en kraftig vifte satt inn i fryserommet for å blåse kald luft over fisken. Etter cirka en time med denne behandlingen var fisken helt fryst. Fisken ble tatt ut av fryserommet og glasert ved hjelp av å senke den i isvann med oksygen i totalt 20 sekunder (2 dypp av 10 sekunder). Fisken ble deretter fordelt i flyfraktkasser (isopor) og satt på fryselager ( $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) fram til avsendelse. Transporten til Sør-Korea ble gjort ved fly i fryst tilstand fra Tromsø til Seoul i Sør-Korea, hvor fisken ble satt på fryselager. Deretter ble fisken transportert ut til respondentene av en representant for Innovasjon Norge etter avtale om når det passet dem å få testet ut fisken. Hver respondent fikk utlevert cirka 10 rognkjeks og 10 bergylt hver.



*Figur 3 Bilder av Rognkjeks – singelfrysing (venstre), glasering med is og oksygen (midten), singelpakket i flyfraktkasser (høyre)*



Figur 4 Bilder Berggylt – før innfrysing (venstre) og etter innfrysing (høyre)

De sørkoreanske aktørene fikk i oppgave å vurdere beste tilberedningsmåte ut fra fiskens utseende/utforming og koreansk matkultur. De vurderte fiskene i forhold til smak, konsistens, utseende og potensiale for bruk i den koreanske matkulturen. På grunn av tidspress og mangel på kapasitet til flere koreanske aktører endte det opp med 7 vellykkede testinger.

I etterkant av testen ble det foretatt semistrukturerte intervju ved hjelp av en intervjuguide. Denne intervjuformen gir mulighet til å stille utdypende spørsmål underveis i intervjuet. Intervjuguiden var en liste over temaer og generelle spørsmål som skulle gjennomgås i løpet av intervjuet. Dette for å gi en god balanse mellom standardisering og fleksibilitet. Hovedtemaene i intervjuguiden var:

- Sammenligning av rensefisk med andre fiskearter
- Oppfattelse av rensefisk før og etter tilberedning
- Potensiale i det sørkoreanske kjøkkenet
- Holdning til rensefisk som lusespiser
- Interesse for kjøp, betalingsvillighet og kjøpskriterier

Intervjuene ble foretatt av representant fra Innovasjon Norge som møtte respondentene ansikt til ansikt. Intervjuene fulgte intervjuguiden utviklet av Nofima. I de første 3 intervjuene deltok forskere fra Nofima på Teams, slik at de kunne instruere representanten fra Innovasjon Norge hvordan intervjuene skulle utføres på en mest mulig vitenskapelig måte. Det ble lagt vekt på viktigheten av å stille alle respondentene de samme spørsmålene, samt viktigheten av oppfølgingsspørsmål når respondentene kom med interessante svar som krevde mer utdyping. Intervjuene der forskere fra Nofima deltok ble foretatt på engelsk eller koreansk. Representant fra Innovasjon Norge fungerte som oversetter under intervjuene som ble foretatt på koreansk. Intervjuene ble tatt opp, transkribert og oversatt fra koreansk til engelsk ved behov. Transkripsjonene ble nøye gjennomgått og resultatene, med sitater fra respondentene for å sikre transparens (Guba & Lincoln, 1991).

## 5.5 Kost-nytte

Rensefisken sorteres i dag ut ved merd eller på slakteri, ensileres og inngår i verdikjeden for ensilasje fra oppdrettsnæringen. I prosjektet er det gjennomført en eksplorativ studie om hvordan kostnadsforhold påvirkes av å benytte rensefisk til humant konsum, eksemplifisert med salg fersk eller frossen til Asia. Dette vil være en helt ny verdikjede, noe som medfører stor usikkerhet i hvilke aktiviteter som kreves og hvordan denne organiseres. For å belyse dette har vi gjort dybdeintervju med informanter hos en sentral oppdrettsaktør med stor erfaring både med bruk av rognkjeks og rensefisk. Disse intervjuene danner sammen med sekundærdata grunnlaget for en økonomisk modell over dagens ressursbruk og en tenkt produksjon der rognkjeks og berggylt sorteres ut, føres opp og sendes til slakteri og videre til kunde. Denne modellen estimerer kostnadene forbundet med aktivitetene. Vi har dessverre svært lite informasjon tilgjengelig om nyttesiden av salget i form av priser. De estimerte kostnadene, som er svært usikre, gir dermed bare grunnlag for betraktninger om hva salgsprisene bør være for at nytten skal overstige kostnadene.



## 5.6 Resultater – næringsmessige egenskaper

Når man skal vurdere om fisken er egnet til humant konsum er det potensielt både positive og negative egenskaper som bør tas hensyn til. Positive egenskaper knyttes ofte til forekomst av vitaminer og mineraler, proteinkvalitet, innhold av essensielle aminosyrer og fettsyrer, mens negative egenskaper kan være innhold av miljøgifter som for eksempel dioksiner, PCB og tungmetaller. I tillegg vil prosessstekniske egenskaper ha betydning, som for eksempel kroppsform, om det er enkelt/ikke enkelt å bearbeide, vil være viktig med hensyn på hvordan fisken skal kuttes/bearbeides før den blir introdusert til konsument. I dette arbeidet er rensefisk - rognkjeks og berggyllt - karakterisert med tanke på humant konsum, basert på de næringsmessige og prosessstekniske egenskapene til fiskene. Samme metoder er brukt i analyser av begge artene og der det var mulig presenteres resultatene samlet.

### 5.6.1 Rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*)

Størrelse på rognkjeks i Uttak 1 varierte mye, ettersom fisken ikke ble sortert før forsendelse til Nofima. Ved Nofima ble fisken sortert etter vekt før videre analyse; og delt i to grupper, henholdsvis små og stor fisk. I gruppen med små rognkjeks varierte vekt mellom 22–150 g og i gruppen med stor fisk mellom 151–384 g. Ny rognkjeks ble tilsatt til merden hver fjerde uke, og tid for hvor lenge den hadde stått i merd som lusespiser kunne variere fra 4 uker til 8 måneder. Imidlertid var det mer små fisk enn stor. Under bearbeiding av Uttak 1 ble det observert at noen rognkjeks hadde forrester i mage- og tarmsystemet. Ettersom dette kunne påvirke resultater fra de kjemiske analysene samt at det var mye små fisk, ble det bestemt å få tak i større rognkjeks (Uttak 2) og analysere disse som sløyd med hode (SLMH).

#### Nærings sammensetning

Næringsinnhold i rognkjeks, samt førsammensetning som ble gitt til rognkjeks i Uttak 1 og Uttak 2, er vist i Tabell 3. Alle prøver av rognkjeks hadde høyt vanninnhold (87,5–92,2 %) og lavt proteininnhold (5,3–7,41 %). Hel fisk, skinn og SLMH hadde et høyere askeinnhold enn fileter fra begge uttak, noe som er knyttet mot høyere innhold av mineraler og sporstoffer i bein og hud enn i fiskemuskel (Lorentzen *et al.*, 2001).

Tabell 3 Næringsinnhold i rognkjeks, analysert fra to uttak. Her vises også førsammensetning, Lumpfish Grower 20 mg og CLEAN Lumpfish 2–4 mm

Parameter	Uttak 1				Uttak 2			
	Lumpfish 20 mg <sup>1</sup>	Grower	Hel fisk	Filet	Skinn	CLEAN Lumpfish 2–4 mm <sup>1</sup>	SLM H	Filet
Aske (%)	12		1,6	1,2	1,5	10,5	1,5	0,5
Vann (%)	8		91,5	87,5	92,1	i.t.	92,1	92,2
Protein (%)	48		5,7	7,41	6,3	57	5,3	6,5
Fett (%)	12		1,3	3,7	0,9	15	0,7	0,9
Energi (kcal/100g)			34	64	33		29	33
Energi (kJ/100g)			144	266	141		121	140

i.t. – ikke tilgjengelig.

SLMH: sløyd med hode

<sup>1</sup> Lumpfish Grower 20 mg (Biomar, 2020); CLEAN Lumpfish 2 – 4 mm (Skretting, 2021).

Fettinnholdet i fileter fra Uttak 1 og 2 var veldig forskjellig, henholdsvis 3,7 og 0,9 %. Dette er mest sannsynlig ikke knyttet til forskjellene i føret, da fettinnhold i begge typer før var nærmest likt. Resultatene tyder på at fisken fra Uttak 2 ikke har spist tilstrekkelig til tross for at den ble tilbudt før daglig. Andre forskere har registrert en økning i fettinnhold (fra ca. 2,8 til ca. 4,2 %) hos oppdretts-rognkjeks etter opphold i laksemerd i cirka sju måneder (Espmark *et al.*, 2020). I løpet av denne perioden økte rognkjeksens vekt fra 30–50 g til 230–500 g. Konklusjonen var at fisken har spist nok, ikke kun

rensefiskfôr, men det kunne også vært plankton og/eller laksepellet, som førte til oppbygging av fettreservene. Våre resultater viser at næringsmessig kvalitet på rognkjeks avhenger av håndtering/fôringsregimet og generell tilgang til mat mens fisken brukes som rensefisk i laksemerd.

#### Totalt aminosyrer (TAA) og proteinkvalitet

TAA-sammensetning i hel rognkjeks fra Uttak 1 er oppsummert i Tabell 4. Rognkjeksprotein hadde alle essensielle aminosyrer (EAA), og prosentvis andel av EAA var 36,0 %. EAA er de aminosyrene som menneskekroppen ikke kan produsere selv, mens de ikke-essensielle aminosyrene blir produsert i kroppen. Betinget-essensielle aminosyrer blir også produsert i kroppen, men det usikkert om kroppen klarer å produsere nok av disse aminosyrene til å fylle behovet hvis en blir syk eller under stress (FAO/WHO/UNU, 2007). Blant EAA var nivåene av histidin (His) og metionin (Met) de laveste (ca. 1,5 mg/g), mens valin, leucin, lysin, (Val, Leu, Lys) og fenylalanin (Phe) var blant de høyeste (ca. 3 mg/g).

Tabell 4 Totalt aminosyrer (TAA), essensielle aminosyrer (EAA), betinget-essensielle aminosyrer og ikke-essensielle aminosyrer både i rognkjeks (Uttak 1) og berggyllt (SLMH)

Aminosyrer	Rognkjeks (hel, Uttak 1)	Berggyllt (SLMH)*
<b>Essensielle aminosyrer</b>	<b>mg/g</b>	<b>mg/g</b>
Histidin	1,6	3,3
Treonin	2,4	6,9
Valin	2,9	6,7
Isoleucin	2,6	6,5
Leucin	3,2	9,9
Lysin	3,2	12,6
Metionin	1,5	4,4
Fenylalanin	2,9	6,2
Tryptofan	i.a.	i.a.
<b>Betinget-essensielle aminosyrer</b>	<b>mg/g</b>	<b>mg/g</b>
Tyrosin	0,9	4,0
Glycin	9,2	11,6
Arginin	4,9	11,2
Prolin	4,0	5,8
Cystein	0,5	1,4
<b>Ikke-essensielle aminosyrer</b>	<b>mg/g</b>	<b>mg/g</b>
Serin	3,4	7,0
Alanin	4,2	9,0
Asparaginsyre	4,6	13,7
Glutaminsyre	6,9	20,1
∑ TAA	58,9	140,3
∑ EAA	21,2	60,5
% EAA	36,0	43,1

\*SLMH – sløyd med hode

i.a. – ikke analysert. Tryptofan brytes ned under hydrolyse med 6M saltsyre.

∑ TAA – sum totale aminosyrer

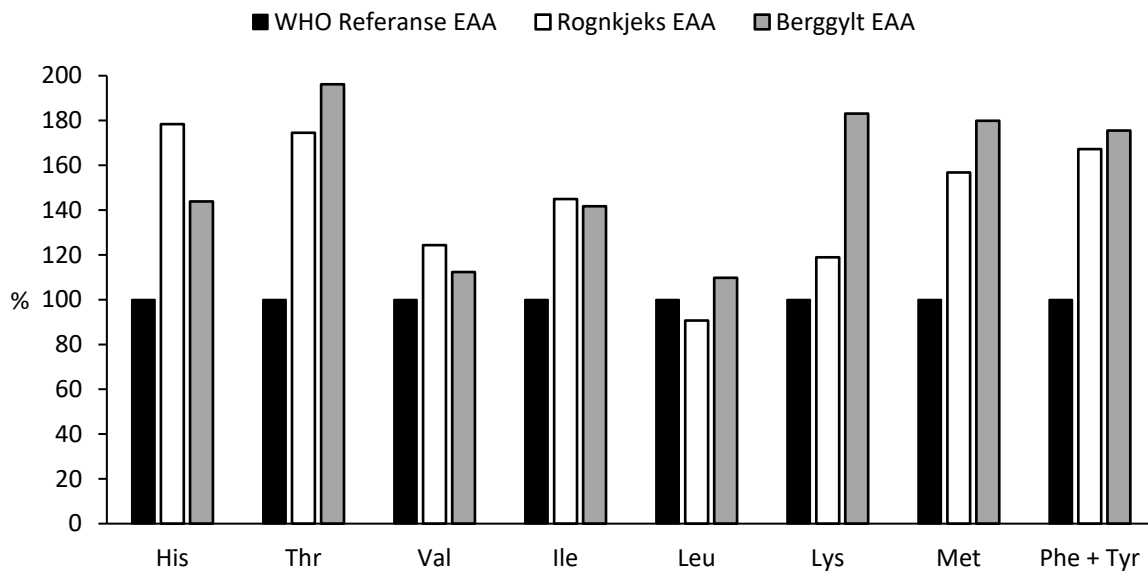
∑ EAA – sum essensielle aminosyrer

% EAA – prosentvis andel essensielle aminosyrer

Proteinkvalitet er i hovedsak knyttet til fordøyelighet og innholdet av EAA. For å evaluere proteinkvalitet i kosten, foreslås en sammenligning med et "referanseprotein" for mennesker oppgitt av Verdens helseorganisasjon (WHO) (Damodaran, 2008; FAO/WHO/UNU, 2007). Et referanseprotein inkluderer den minimale nødvendige mengden av hver EAA for voksne friske mennesker. Ved å beregne forholdet mellom hver EAA både i det analyserte proteinet og referanseproteinet, er det mulig å sammenligne de to proteinene, og dermed bestemme proteinkvalitet. En aminosyre (AA) som gir den laveste verdien er

den mest begrensende AA. Proteiner av høy kvalitet inkluderer alle EAA som er på nivåer over "referanse"-nivået.

Prosentvis sammenligning mellom hver EAA i rognkjeksprotein med den korresponderende EAA i WHO-referanseprotein når referanse EAA-nivået er satt opp til 100 % er visst i Figur 5. Bare Leu-nivå var noe lavere i rognkjeks enn det oppgitte referanse EAA-nivået, som antas å være relatert til prøvetakingsmetoden (Tabell 1). Rognkjeksprotein gir imidlertid en tilstrekkelig mengde av de resterende EAA-ene, spesielt His, Thr, Ile, Met og Phe. Resultatene tyder på at rognkjeksprotein er av god kvalitet. Imidlertid er det av interesse å få informasjon om fordøyeligheten samt proteinkvaliteten i rognkjeksfilet i senere forsøk.



Figur 5 Essensielle aminosyrer (EAA) både i rognkjeksprotein (hel Uttak 1) og berggyllt (sløyd med hode, SLMH) i forhold til de WHO-estimerte inntaksbehov hos voksne mennesker når referanseproteinnivået er satt opp til 100 %. His - Histidin, Thr - Treonin, Val - Valin, Ile - Isoleucin, Leu - Leucin, Lys - Lysin, Met - Metionin, Phe + Tyr - Fenylalanin og Tyrosin er summert.

### Fettsyre (FA) sammensetning

FA-sammensetning i hel rognkjeks fra Uttak 1 og rognkjeks SLMH fra Uttak 2 er oppsummert i Tabell 5. FA-sammensetningen var omtrent lik i begge uttakene. Det vil si, prosentvis andel av mettet FA (SFA) varierte fra 19,7 til 20,8 %, av enumettet FA (MUFA) fra 34,5 til 37,1 % og flerumettet FA (PUFA) fra 31,6 til 34,4 %.

Palmitinsyre (16:0) var den dominerende SFA i rognkjeks. Andelen av palmitin syre var litt høyere i Uttak 1 enn i Uttak 2. Forskjellen i innhold av palmitinsyre kan forklares med at rognkjeks i Uttak 1 var analysert som hel fisk, ikke sløyd. Palmitinsyre er også den vanligste SFA både i vill og oppdrettstorsk (Jensen *et al.*, 2013), laks (Jensen *et al.*, 2020) og andre sjømatarter fanget i langs den nordøstlige Middelhavskysten (Durmuş, 2018). Prosentvis andel av oljesyre (18:1n-9) var høyest blant MUFA. Oljesyre er også den vanligste MUFA både hos planter og dyr samt mikroorganismer (Lund & Rustan, 2020; Tvřzicka *et al.*, 2011).

Andel av linolsyre (LA, 18:2n-6) var dobbelt så høy i rognkjeks fra Uttak 1 (10,8 %) som i Uttak 2 (5 %). Fisken i Uttak 1 var hel, noe som antas å forklare forskjellen. Andelen  $\alpha$ -linolsyre (ALA, 18:3n-3) var nesten lik i begge uttakene, henholdsvis 1,8 og 2,2 % i Uttak 1 og Uttak 2. Linolsyre (18:2n-6) finnes i betydelige mengder i planter og i vegetabiliske oljer, og i dyr kommer den hovedsakelig fra vegetabiliske oljer.  $\alpha$ -linolensyre (18:3n-3) finnes det også mye av i vegetabiliske oljer og alger. Dermed kan linolsyre (18:2n-6) og  $\alpha$ -linolensyre (18:3n-3) brukes som markører på at fisken har fått vegetabiliske oljer (Lund & Rustan, 2020; Olsen, 2017; Sigurgisladóttir & Pálmadóttir, 1993). Både LA- og ALA-nivåene

indikerer at vegetabiliske oljer ble tilsatt til rensefiskfôret. Det er også kjent at FA-sammensetning i fôret blir gjenspeilet i den totale FA-sammensetningen i fisk (Jobling *et al.*, 2008; Olsen, 2017; Ytrestøyl *et al.*, 2015). For eksempel kan andelen LA i oppdrettstorsk (4 %) være fire ganger høyere enn hos vill torsk (1 %) (Jensen *et al.*, 2013).

Tabell 5 Fettsyre (FA) sammensetning vist som prosentvis andel (prosent av totale FA) og innhold av FA (mg/g prøve) i hel rognkjeks (Uttak 1), rognkjeks (SLMH, Uttak 2) og berggyllt (SLMH\*)

Fettsyre	Rognkjeks (hel, Uttak 1)		Rognkjeks (SLMH*, Uttak 2)		Berggyllt (SLMH*)	
	Prosent	mg/g	Prosent	mg/g	Prosent	mg/g
14:0	2,7	0,4	4,5	0,3	2,3	0,4
16:0	14,0	1,8	10,9	0,8	15,0	2,7
18:0	4,1	0,5	4,3	0,3	5,0	0,9
∑SFA	20,8	2,7	19,7	1,4	22,3	4
16:1n-7	5,1	0,7	4,4	0,3	6,4	1,2
18:1n-9	25,6	3,3	16,9	1,2	24,4	4,4
20:1n-9	2,5	0,3	8,8	0,6	3,7	0,7
22:1n-9	1,3	0,2	7,0	0,5	1,6	0,3
∑MUFA	34,5	4,5	37,1	2,6	36,1	6,6
18:2n-6 (LA)	10,8	1,41	5,0	0,4	3,1	0,6
18:3n-3 (ALA)	1,8	0,23	2,2	0,2	1,0	0,2
18:4n-3	1,0	0,13	2,0	0,1	0,6	0,1
20:2n-6	0,3	0,04	0,3	0,02	0,6	0,1
20:5n-3 (EPA)	8,3	1,08	9,0	0,6	6,1	1,1
22:5n-3	1,3	0,16	0,9	0,1	1,8	0,3
22:6n-3 DHA)	10,9	1,42	12,2	0,9	16,1	2,9
∑PUFA	34,4	4,5	31,6	2,3	29,3	5,3
∑omega-3	23,2	3,0	26,3	1,9	25,6	4,6
∑omega-6	11,1	1,5	5,3	0,42	3,7	0,7
Forhold omega-6/omega-3	0,5		0,2		0,1	

\*SLMH – sløyd med hode

LA: linolsyre; ALA:  $\alpha$ -linolensyre acid; EPA: eicosapentaensyre; DHA: docosahexaensyre; SFA: mettede fettsyrer; MUFA: monoumettede fettsyrer; PUFA: polyumettede fettsyrer.

De helsebringende effektene av sjømat er ofte knyttet opp mot høyt innholdet av langkjedete omega-3 PUFA, spesielt eicosapentaensyre (EPA, C20:5n-3) og docosahexaensyre (DHA, C22:6n-3), samt forholdet mellom omega-6 og omega-3 FA. Det anbefales at inntaket av EPA (20:5n-3) og DHA (22:6n-3) (EPA+DHA) bør være mellom 250–500 mg/dag (Jensen *et al.*, 2013; Olsen, 2017; Tvrzicka *et al.*, 2011). Resultatene viser at cirka 170 g rognkjeks (SLMH) kunne gi 250 mg EPA+DHA og, dermed, dekke det anbefalte daglige behovet. Det anbefales også å redusere omega-6/omega-3 FA forholdet. Oftest, dette forholdet i det vestlige kostholdet ligger mellom 15–17 omega-6/1 omega-3 (Jensen *et al.*, 2013; Simopoulos, 2008). Forholdet bør imidlertid være 5 omega-6/1 omega-3 eller færre (Olsen, 2017). Forholdet omega-6/omega-3 FA var 0,5 i hel rognkjeks (Uttak 1) og 0,2 i rognkjeks SLMH (Uttak 2). Begge tall var veldig lave, derfor kan konsum av rognkjeks bidra til å redusere omega-6/omega-3-forholdet i hverdagskosten.



## Vitaminer

Innhold av utvalgte vitaminer i rognkjeks SLMH (Uttak 1) er oppsummert i Tabell 6. Vitamin A og B9 var under metodens deteksjonsgrense, henholdsvis < 60,0 µg/100g og < 25,0 µg/100g (data er ikke vist). For sammenligningsformål brukes de anbefalte EU-nivåene, populasjonsreferanseinntak (Population Reference Intake, PRI) eller tilstrekkelig inntak (Adequate Intake, AI).

Tabell 6 Vitaminer både i rognkjeks sløyd med hode (SLMH, Uttak 1) og berggylt sløyd med hode (SLMH) samt EU-anbefalte inntaksnivåer, populasjonsreferanseinntak (PRI) og tilstrekkelig inntak (AI) for menn og kvinner (≥ 18 år). PRI er i vanlig skrift og AI er i **fet** skrift.

Vitamin	Rognkjeks (SLMH, Uttak 1)	Berggylt (SLMH)	Enhet	PRI / AI <sup>1</sup>		Enhet
				Menn	Kvinner	
E	1,26	1,13	mg/100g	<b>13</b>	<b>11</b>	mg/day
B1 <sup>2</sup>	1,2	0,26	mg/MJ	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	mg/MJ
B2	0,2	0,12	mg/100g	1,6	1,6	mg/day
B3 (total) <sup>2</sup>	5,3	2,3	mg/MJ	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	mg/MJ
B6	0,05	0,13	mg/100g	1,7	1,6	mg/day
B12	1,8	2,2	µg/100g	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	µg/day
D3 <sup>3</sup>	9,2		µg/100g	<b>15</b>	<b>15</b>	µg/day

<sup>1</sup> PRI er inntaksnivået som er tilstrekkelig til å dekke det daglige næringsbehovet til 97,5% (praktisk tall alle) friske mennesker av bestemt alder (EFSA, 2017). AI brukes når det ikke er nok informasjon til å etablere en PRI. AI er det observerte eller eksperimentelt bestemt inntaksnivået basert på data samlet fra en gruppe friske mennesker av bestemt alder som er antatt å være tilstrekkelig.

<sup>2</sup> For vitamin B1 og vitamin B3 uttrykkes PRI-ene som vitaminmengde per MJ forbrukte kalorier. MJ = megajoule = 239 kcal. Rognkjeks: Vitamin B1 0,14 mg/100 g = 1,2 mg/MJ. Vitamin B3 0,64 mg/100 g = 5,3 mg/MJ. Berggylt: Vitamin B1 0,1 mg/100 g = 0,26 mg/MJ. Vitamin B3 (total) 0,86 mg/100 g = 2,3 mg/MJ.

<sup>3</sup> Vitamin D3 ble analysert i rognkjeks SLMH fra Uttak 2. Vitamin D3 3,68 IE/g = 9,2 µg/100g. Under vilkår for antatt minimal kutan (gjennom hud) vitamin D-syntese. I nærvær av endogen (indre) kutan vitamin D-syntese er kravet til vitamin D i kosten lavt eller kan til og med være null.

Vurdert fra analysene ser vi at rognkjeks kan være en god kilde til vitaminer B12 og D3. For eksempel, basert på AI, kan 220 g rognkjeks dekke det daglige behovet for vitamin B12 hos voksne menn og kvinner (Tabell 6). PRI-nivå for vitamin D3 kan bli oppfylt ved å spise kun 160 g rognkjeks.

Nivåer av vitamin B1 og vitamin B3 i rognkjeks var høyere enn de korresponderende AI (Tabell 6). Imidlertid, for vitamin B1 er det ingen bestemt øvre tolerable inntaksnivå (Upper tolerable level, UL) grunnet ekstremt lav toksisitet og mangel på vitenskapelige data (Scientific Committee on Food & Scientific Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies, 2006). Det finnes ingen rapporter om bivirkninger for vitamin B1, selv ved daglige inntak opptil flere 100 mg (Scientific Committee on Food & Scientific Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies, 2006). Vitamin B3 (total) er en sum av nikotinsyre og nikotinamid og har en fellesbetegnelse niacin. UL for fri nikotinsyre er 10 mg/dag og for nikotinamid er 900 mg/dag (EFSA NDA Panel, 2014) (EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies), 2014), dvs. det detekterte nivået av vitamin B3 i rognkjeks er fortsatt akseptabelt.

## Mineraler

Innhold av makro- og mikromineraler i hel rognkjeks (Uttak 1) er vist i Tabell 7. I likhet med vitaminer ble innholdet av forskjellige mineraler evaluert basert på PRI og AI. Nikkel (Ni), kobolt (Co) og krom (Cr) var under metodens deteksjonsgrenser, henholdsvis < 0,02, < 0,004 og < 0,02 mg/kg (data er ikke vist).

Innholdet av alle mineraler var lavt og under de korresponderende PRI eller AI (Tabell 7). Det er ingen bestemte PRI eller AI for svovel (S) og Vanadium (V). S regnes ofte ikke som et essensielt mikromineral for mennesker ettersom det finnes mye S ellers i naturen. De viktigste kildene til S er aminosyrer, metionin og cystein, som brukes til å produsere de fleste proteiner i kroppen (Lorentzen *et al.*, 2001). Vanadium (V) anses ikke som essensielt for mennesker og har ingen næringsverdi, og derfor ingen anbefalte inntaksnivåer bestemt (EFSA, 2004).

Natrium (Na) var mineralet det var mest av i rognkjeks. I følge EFSA NDA -panelet (2019) vil et Na-inntak på 2,0 g/dag være tilstrekkelig til å redusere risikoen for kardiovaskulære sykdommer og for å opprettholde Na-balansen for de fleste voksne. Fra en slik vurdering vil rognkjeks på 250 g bidra med bare 0,8 g Na og kan dermed bidra til lavt natriuminnhold i kosten.

Tabell 7 Mineraler både i rognkjeks (hel, Uttak 1) og berggylt sløyd med hode (SLMH) samt populasjonsreferanseinntak (PRI) og tilstrekkelig inntak (AI) for menn og kvinner ( $\geq 18$  år). PRI er oppgitt i vanlig og AI i *fet* skrift

Mineral	Rognkjeks (hel, Uttak 1)	Berggylt (SLMH)	Enhet	PRI and AI <sup>1</sup>		Enhet
				Menn	Kvinner	
<b>Makromineraler</b>						
Na	324	110	mg/100g	i.b.	i.b.	
P	292	1090	mg/100g	<b>550</b>	<b>550</b>	mg/day
Ca	232	1500	mg/100g	1000 <sup>2</sup>	1000 <sup>2</sup>	mg/day
K	150	305	mg/100g	<b>3500</b>	<b>3500</b>	mg/day
Mg	21.8	40,7	mg/100g	<b>350</b>	<b>300</b>	mg/day
S	81,5	244	mg/100g	i.b.	i.b.	
<b>Mikromineraler</b>						
Se	22,5	29,7	$\mu\text{g}/100\text{g}$	<b>70</b>	<b>70</b>	$\mu\text{g}/\text{day}$
Mo	3,35	u.d.	$\mu\text{g}/100\text{g}$	<b>65</b>	<b>65</b>	$\mu\text{g}/\text{day}$
V	0,755	18,7	$\mu\text{g}/100\text{g}$	i.b.	i.b.	
Zn	0,695	1,3	mg/100g	16,3	12,7	mg/day
Fe	0,348	0,814	mg/100g	11	16	mg/day
Mn	0,101	0,379	mg/100g	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	mg/day
Cu	0,048	0,042	mg/100g	<b>1,6</b>	<b>1,5</b>	mg/day
Cr		11,3	$\mu\text{g}/100\text{g}$	i.b.	i.b.	

i.b. – ikke bestemt.

<sup>1</sup> PRI er inntaksnivået som er tilstrekkelig til å dekke det daglige næringsbehovet til 97,5 % (praktisk tall alle) friske mennesker av bestemt alder (EFSA, 2017). AI brukes når det er ikke nok informasjon til å etablere en PRI. AI er det observerte eller eksperimentelt bestemt inntaksnivå basert på data samlet fra en gruppe friske mennesker av bestemt alder som er antatt å være tilstrekkelig.

<sup>2</sup> Aldersgruppe  $\geq 18$ –24 år. For aldersgruppe  $\geq 25$  år er PRI for Ca = 950 mg/dag både for menn og kvinner.

### Miljøgifter og tungmetaller

Innhold av miljøgifter og tungmetaller i hel rognkjeks (Uttak 1) er oppsummert i Tabell 8. Nivåene av miljøgifter var lave, og i noen tilfeller under deteksjonsgrensen (data er ikke vist). Eksempelvis, var SUM ICES-6 PCB var 68 ganger lavere, og SUM TEQ 12 dl-PCB og TEQ 17 PCDD/Fs var 14 ganger lavere enn EU sine maksimumsnivå satt opp for fisk (Commission Regulation, 2011).

Tabell 8 Miljøgifter og tungmetaller i hel rognkjeks (Uttak 1) og berggylt, sløyd med hode (SLMH)

Forbindelse	Rognkjeks	Berggylt	EU maksimum nivå	Enhet
-------------	-----------	----------	------------------	-------

	(hel, Uttak 1)	(SLMH)	Muskel eller hel fisk <sup>1</sup>	
Sum ICES-6 PCBs <sup>2</sup>	1,1	11	75	ng/g
Sum TEQ 12 dl-PCBs <sup>3</sup>	0,22	1,5	6,55	pg/g
Sum TEQ 17 PCDD/Fs <sup>4</sup>	0,25	0,39		pg/g
Hg	0,00438	0,174	0,5	mg/kg
Pb	0,0161	0,0178	0,3	mg/kg
Cd	0,00692	0,00793	0,05	mg/kg
As	0,255	4,77		mg/kg

<sup>1</sup> Der fisk forventes å bli spist hel, gjelder maksimumsnivået for hele fisk (Commission Regulation, 2006, 2011).

<sup>2</sup> Sum ICES-6 PCB inkluderer PCB 28, 52, 101, 138, 153, og 180.

<sup>3</sup> Sum TEQ 12 dl-PCB inkluderer PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, og 189.

<sup>4</sup> Sum TEQ 17 PCDD/PCDF inkluderer 2378-TCDD, 12378-PeCDD, 123478-HxCDD, 123678-HxCDD, 123789-HxCDD, 1234678-HpCDD and OCDD; 2378-TCDF, 12378-PeCDF, 23478-PeCDF, 123478-HxCDF, 123678-HxCDF, 123789-HxCDF, 234678-HxCDF, 1234678-HpCDF, 1234789-HpCD, OCDF.

<sup>5</sup> Sum of PCDD/Fs og dl-PCBs. Sum of PCDD/Fs er 3.5 pg/g våtvekt.

Nivåene av tungmetaller kvikksølv (Hg), bly (Pb) og kadmium (Cd) i rognkjeks var også mye lavere enn de korresponderende EU-maksimumsnivåer (Commission Regulation, 2006). Resultatene tyder på at rognkjeks brukt som rensefisk kan anses som en trygg fisk til human konsum.

### Konklusjon

Rognkjeks hadde høyt vanninnhold og lavt proteininnhold. Imidlertid var proteinet av god kvalitet og det er en god kilde til alle essensielle aminosyrer. Fettinnholdet var ulikt i Uttak 1 og Uttak 2, noe som indikerer en variasjon avhengig av fôringsregimet mens den brukes som rensefisk i laksemerd.

Fettsyresammensetningen var gunstig med hensyn til innhold av de langkjedete omega-3 fettsyrene, spesielt EPA- og DHA. Hvis en 170 g rognkjeks blir konsumert, vil det anbefalte daglige inntaksnivået på 250 mg EPA+DHA bli dekket. Rognkjeks kan også være en god vitaminkilde. For eksempel kan 160–220 g rognkjeks dekke det daglige behovet hos mennesker av vitamin D3 og B12. Innholdet av flere mineraler var lavt, men rognkjeks kan være nyttig i en natriumfattig diett. Nivå av miljøgifter og metaller var lavere enn de fastsatte maksimumsnivåene i EU, noe som gjør rognkjeks til et trygt produkt å konsumere.

Med henvisning til analyse av næringsmessig kvalitet på rognkjeks vil vi understreke at dette er gjort basert på kun to uttak og dermed bør betraktes som veiledende. Tilsvarende analyser på rognkjeks fra flere oppdrettsanlegg bør gjennomføres for å få bedre innsikt. Screening og karakterisering av rognkjeks bør utføres både på individuell fisk og filet. Dersom fisken skal vurderes til konsum som en hel fisk, bør sulting av rognkjeks før slakt innføres for å unngå fôrrester i mage-tarm systemet.

Resultatene presentert i denne studien anses å være lovende med tanke på muligheter for forbedret etterbruk av rognkjeks sammenlignet med den manglende etterbruk som praktiseres i industrien i dag.

## 5.6.2 Berggylt

### Nærings sammensetning

Næringsinnhold av berggylt (brukt som rensefisk i laksemerd) analysert som filet og SLMH er oppsummert i Tabell 9. Resultatene viste at SLMH hadde et noe lavere vann- og proteininnhold samt et noe høyere fett- og askeinnhold enn berggyltfilet. Det er som forventet ettersom prøvene SLMH hadde skinn, bein og hode i tillegg til fileten i kontrast til prøvene tatt fra fileten hvor det er kun fiskemuskel som ble analysert.

Videre viste resultatene at både berggylt SLMH og fileten hadde et relativt høyt vanninnhold og lavt fettinnhold. Tidligere ble det rapportert at villfanget hel berggylt av omtrent samme størrelse (total vekt 430 ± 138 g) kan inneholde cirka 3,4 % fett i våt vekt (Hamre *et al.*, 2013). I dette tilfellet var ikke fisken

sløyd. Det vil si at innvollene var med, noe som kunne gi et høyere fettinnhold ettersom innvoller kan inneholde mer fett, spesielt lever, sammenlignet med andre deler av fisken. Et annet studie har vist at fettinnholdet i villfanget berggylt av mindre størrelse (kroppsvekt  $182,6 \pm 23,1$  g) kan være 3,6 % (Espmark *et al.*, 2020). I samme studie ble det også påvist at oppdrettet berggylt (total vekt  $35,1 \pm 3,2$  g) kan inneholde opptil 8,5 % fett. Dette tyder på at fettinnholdet varierer ut ifra størrelse og vedlikehold/fôrtilgang før slakting. Fisken som ble analysert i vårt forsøk var mager. Det lave fettinnholdet og høye vanninnholdet tyder på at til tross for at berggylden fikk rensefiskfôr hadde den ikke spist nok. Det bør også nevnes at de fleste fisk som ble analysert var kjønnsmodne hunner. Ved kjønnsmodning bruker fisken sitt energilager for oppbygging av gonader (Eliassen & Vahl, 1982). Dette kan delvis forklare det lave fettinnholdet som ble registrert.

Proteininnholdet i berggylt analysert i dette forsøket var noe lavere enn det som ble rapportert tidligere. Eksempelvis, kan hel villfanget berggylt av omtrent samme størrelse inneholde 18,7–18,9 % (Hamre *et al.*, 2013, Espmark *et al.*, 2020). Proteinkvalitet blir omtalt i kapittel Totale aminosyrer (TAA) og proteinkvalitet.

Basert på forenklet næringsdeklarasjon, kan man si at den analyserte berggylden ligner noe på torsk, som for eksempel, torsk, hyse, og andre fiskearter som pangasius (Tabell 9).

Tabell 9 Næringsinnhold (%) i berggylt, analysert som filet ( $n=5$  fisk) og sløyd med hode (SLMH) ( $n=12$  fisk)

Parameter	Berggylt		Torsk*	Hyse*	Pangasius*
	Filet	SLMH	I skiver, rå	Filet, rå	Filet, rå
Fiskens vekt (g)	439 ± 45	444 ± 90			
Vann (%)	80,4	76,7	80	81	84
Protein (%)	16,7	14,8	18,1	16,6	13,1
Fett (%)	0,5	1,8	0,3	0,2	1,1
Aske (%)	1,1	3,4			
Karbohydrater	1,3	3,3	0	0	0
Energi (kcal/100g)	77	89	75	68	63
Energi (kJ/100g)	325	374	319	290	265

\*Kilde: <https://www.matvaretabellen.no/>, hentet 17.09.2021.

#### Totale aminosyrer (TAA) og proteinkvalitet

Resultater for innhold og TAA-sammensetning i berggylt analysert som SLMH er oppsummert i Tabell 4. Resultatene viste at berggyltprotein inneholdt alle essensielle aminosyrer (EAA), og prosentandelen av EAA var 43,1 %. Av alle EAA var innhold av histidin (His) og metionin (Met) lavest (ca. 3–4 mg/g), mens nivået leucin (Leu) og lysin (Lys) var høyest (ca. 10 og 13 mg/g).

Kvalitet på berggyltprotein ble evaluert ved bruk av samme metode som for rognkjeksprotein. Figur 5 viser prosentvis sammenligning mellom hver EAA i berggyltprotein med den korresponderende EAA i WHO-referanseprotein når mengde til hver referanse-EAA er satt opp til 100 %. Resultatene viste at berggyltprotein hadde en tilstrekkelig mengde av alle EAAer, spesielt His, Thr, Ile, Lys, Met og Phe. Det tyder på at berggyltprotein er av god kvalitet og kan brukes til humant konsum. Imidlertid er det nødvendig med mer forskning for kunnskap om fordøyelighet og proteinkvalitet i berggyltfilet.

#### Fettsyre (FA) sammensetning

Tabell 5 gir en oppsummering av resultater for sammensetning og innhold av FA i berggylt SLMH. Prosentvis andel av mettet FA (saturated fatty acids, SFA) var cirka 22 %, enumettet FA (monounsaturated fatty acids, MUFA) var cirka 36 % og flerumettet FA (polyunsaturated fatty acids, PUFA) var cirka 29 %.

I likhet med rognkjeks var palmitinsyre (16:0) den dominerende SFA i berggylt og oljesyre (18:1n-9) var den dominerende MUFA. Når det gjelder PUFA er det verdt å nevne at berggylt inneholdt både linolsyre (LA, 18:2n-6) og  $\alpha$ -linolensyre (ALA, 18:3n-3). Dette er indikasjon på at fiskefôr som ble gitt til berggylt inneholdt vegetabiliske oljer.

Videre, resultater antyder at kun 63 g berggylt (SLMH) er tilstrekkelig for å få 250 mg EPA+DHA og dermed dekke det anbefalte minimale daglige inntaksbehovet. Imidlertid, her bør det nevnes at prøvene var analysert som SLMH og resultatene kan være annerledes hvis man analyserer kun fileten. Likevel, resultatene er lovende.

Forholdet omega-6/omega-3 i den analyserte berggylden var 0,1. Dette er veldig lavt og derfor kan inntak av berggylt bidra til å redusere omega-6/omega-3-forholdet i hverdagskosten.

### Vitaminer

Tabell 6 viser innholdet av utvalgte vitaminer som ble detektert i berggylt (SLMH). Vitamin A og B9 var under minimum deteksjonsgrensene, henholdsvis  $< 60,0 \mu\text{g}/100\text{g}$  og  $< 25,0 \mu\text{g}/100\text{g}$  (data er ikke vist). Som for rognkjeks, for sammenligningsformål legges de anbefalte daglige EU-nivåene, populasjonsreferanseinntak (Population Reference Intakes, PRI) eller tilstrekkelig inntak (Adequate Intakes, AI) til i tabellen.

Resultatene indikerer at den analyserte berggylden kan være en god kilde til vitamin B12. For eksempel, hvis en spiser en cirka 200 g berggylt som porsjonsfisk kan det dekke det daglige behovet for vitamin B12 hos voksne menn og kvinner. Vitamin B12 finnes hovedsakelig i en diett av animalsk opprinnelse, og sjømat er en spesielt god kilde i det typiske kostholdet (Nordic Council of Ministers, 2014). Konsentrasjonene av vitamin B1 og B3 i berggylt var litt høyere enn tilsvarende AI men basert på de korresponderende øvre tolerable inntaksnivå (se kapittel Rognkjeks (Cyclopterus lumpus)

### Mineraler

Tabell 7 viser innholdet av makro- og mikromineraler i berggylt (SLMH) samt de anbefalte daglige EU-nivåene, PRI og AI. Nikkel (Ni), kobolt (Co) og molybden (Mo) var under metodens deteksjonsgrenser, henholdsvis  $< 0,02$ ,  $< 0,005$  og  $< 0,009 \text{ mg}/\text{kg}$  (data er ikke vist).

Blant makromineraler, var nivåene av kalsium (Ca) og fosfor (P) de høyeste og de var høyere enn de korresponderende PRI og AI. Dette kan forklares med tilstedeværelse av beinvev i prøvene. Både Ca og P er beinmineraler, og for eksempel opptil 99 % av alt kalsium i en fisk finnes i beinvevet (Lorentzen *et al.*, 2001). Det tolerable øvre inntaksnivået (The tolerable Upper Intake Level, UL) for Ca er oppgitt som 2500 mg Ca per dag (Scientific Committee on Food & Scientific Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies, 2006). Videre er det ikke etablert UL for P, men det er indikert at normale friske individer kan tåle opp mot 3000 mg P per dag og samtidig unngå uønskede effekter (Scientific Committee on Food & Scientific Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies, 2006). Hvis fisken spises som porsjonsfisk vil beinvev mest sannsynlig ikke bli spist. Det er imidlertid av interesse å analysere rein fiskemuskel for innhold av mineraler i senere forsøk.

Innhold av Kalium (K) var under den korresponderende AI. I fisk regnes kalium som elektrolytt (Lorentzen *et al.*, 2001). Den er viktig for fiskens væskebalanse og løste kaliumsalter finnes intracellulært. I mennesker er K et essensielt næringsstoff som er involvert i væske-, syre- og elektrolyttbalansen og er nødvendig for normal cellefunksjon. Diettmangel på K er svært uvanlig på grunn av den utbredte forekomsten av kalium i ulike matvarer (Scientific Committee on Food & Scientific Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies, 2006).

For Natrium (Na) er det ikke gitt tilstrekkelige data til å godkjenne anbefalte nivåinntak for Na (EFSA NDA Panel (Panel on Nutrition Novel Foods and Food Allergens) *et al.*, 2019). Imidlertid, EFSA-panelet mente at Na-inntaket på 2,0 g/dag var tilstrekkelig til å redusere risikoen for kardiovaskulære sykdommer og for å opprettholde Na-balansen for de fleste voksne, inkludert gravide og ammende

kvinner. I den sammenhengen kan berggylt på cirka 250 g bidra med bare 0,3 g Na og kan dermed anses å være egnet for diett med lavt natriuminnhold.

Når det gjelder mikromineralene, var innholdet av alle forbindelser med definerte EU-inntaksnivåer i 100 g berggylt lavere enn tilsvarende PRI eller AI. For mikromineralet selen (Se), kan man oppsummere at hvis berggylt på cirka 250 g blir konsumert som porsjonsfisk, er bidraget til selen (Se) (74,3 µg) og det anbefalte gjennomsnittlige inntaksnivået AI blir oppfylt.

### Miljøgifter og tungmetaller

Innhold av miljøgifter og tungmetaller i berggylt (SLMH) er vist i Tabell 8. Til sammenligning med rognkjeks var innhold av alle miljøgifter i berggylt litt høyere. Dette er mest sannsynlig knyttet mot at berggylt var villfanget og ikke oppdrettet. Nivåene av alle miljøgifter var fortsatt veldig lave, og i noen tilfeller under metodens deteksjonsgrenser (data er ikke vist).

Det ble også registrert at berggylt (SLMH) inneholdt 1,87 mg aluminium (Al)/kg prøve. I 2008 etablerte EFSA AFC-panelet ett tolerabelt ukentlig inntak (Tolerable Weekly Intake, TWI) på 1 mg aluminium/kg kroppsvekt per uke for kostholdsaluminium fra alle kilder (EFSA AFC Panel, 2008). Ranau *et al.* (2001) har analysert 27 ulike fiskearter for Al-innhold i filet. De har påvist at de fleste fiskearter inneholdt mindre enn 0,2 mg Al/kg filet. En sammenligning mellom fileter og forskjellige torskeorganer viste høyere aluminiumkonsentrasjoner i organer enn i filet, spesielt i gjeller. Dette er mest sannsynlig knyttet opp mot Al-inntaket via gjeller. Det høye nivået av Al i berggylt analysert som SLMH kan mest sannsynlig forklares med at prøvene blant annet inneholdt vev fra gjeller. Som regel regnes ikke hode med gjeller og bein som den spiselige delen av fisken fordi fisken kan spises som porsjonsfisk. Likevel, resultatene tyder på at Al-nivået bør sjekkes også i filet.

### Konklusjon

Berggylt i Uttak 1 hadde et relativt høyt vanninnhold og et lavt fettinnhold. Næringsmessig kan den analyserte berggylden rangeres som mager fisk (fettinnhold er lavere enn 3 %). Det er også verdt å nevne at det ikke var forrester i magetarmsystemet slik som det ble funnet for rognkjeks. Sammenlignet med vill berggylt var fettinnholdet i den analyserte berggylden også noe lavere. Dette kan knyttes mot fôringsregimet i løpet av perioden da fisken ble brukt som rensefisk i laksemerd. I tillegg var flere analyserte fisker kjønnsmodne. Kjønnsmodning kan føre til at energilager hos fisk blir brukt til oppbygning av gonader, og dermed føre til et noe lavere fettinnhold. Følgelig, kan det være interessant å analysere berggylt av mindre størrelse.

Berggyltprotein var av høy kvalitet og gjør fisken til en god kilde til alle essensielle aminosyrer. Fettsyresammensetningen anses også å være gunstig med hensyn til innhold av de langkjedete omega-3 fettsyrene, spesielt EPA- og DHA-innholdet. Resultatene viser at kun 63 g berggylt er nok for å dekke det anbefalte daglige inntaket på 250 mg EPA + DHA. Det bør imidlertid nevnes at prøvene var analysert som SLMH og dette kan være annerledes hvis man analyserer på filet. Likevel, resultatene anses å være lovende.

Oppsummering av næringsmessig (basert på innhold av vann, proteiner og fett) innhold, viser at berggylt ligner mye på torskefiskearter (f.eks. torsk, hyse).

Berggylt kan være en god B-vitaminkilde, særlig vitamin B12. For eksempel, inneholder berggylt 2 ganger så mye vitamin B12 som oppdrettstorsk (<https://www.matvaretabellen.no/fisk-og-skalldyr-g4/torsk-oppdrett-raa-04.326>, hentet 22.09.2021). Hvis man spiser cirka 200 g berggylt som porsjonsfisk kan det dekke det daglige behovet for vitamin B12 hos voksne mennesker. Innholdet av flere beinmineraler var høyere enn det anbefalte daglige behovet for mennesker. Dette er sannsynligvis knyttet opp mot at fisken ble analysert som sløyd, med bein og skinn. Berggylt kan også være en god kilde til selen (Se). Innholdet av selen var like høyt som oppgitt for oppdrettstorsk, cirka 30 µg/100g (<https://www.matvaretabellen.no/fisk-og-skalldyr-g4/torsk-oppdrett-raa-04.326>, hentet 22.09.2021).

Nivåene av miljøgifter og tungmetaller var veldig lave, noe som gjør berggyllt til et trygt produkt å spise. Imidlertid bør en være oppmerksom på innhold av aluminium (Al) ettersom dette var litt for høyt sett i sammenligning med anbefalte verdier. Dette kan knyttes mot opparbeidingen av prøvematerialet fra fisken, da prøvene inneholdt bein, hode og gjeller. Dette er som regel ikke regnet som de spiselige delene av fisken.

Resultatene fra dette arbeidet tyder på at berggyllt brukt som rensefisk i laksemerd er en undervurdert fisk. Det er imidlertid viktig å nevne at resultater om næringsinnhold som presentert her kun dekker et begrenset uttak med berggyllt, og det bør derfor betraktes som veiledende. Mer omfattende screening og karakterisering av berggyllt fra flere oppdrettsanlegg, både på enkelt fisk og fileter anbefales får å få et bredere innblikk og kunnskap på dette feltet. Resultatene fra denne studien av næringsinnhold anses å være lovende med tanke på muligheter for mer bærekraftig etterbruk av berggyllt.

### 5.6.3 Prosesstekniske egenskaper og frysing

#### Berggyllt

Tabell 10 viser prosentvis fordeling av kroppsdelene av stor (Uttak 1) og liten (Uttak 2) berggyllt. I Uttak 1 var fiskene av stor størrelse (lengde ca. 30 cm, total vekt  $480 \pm 182$  g). Minstemål ved fangst av berggyllt som er oppgitt av fiskeridirektoratet er 14 cm<sup>1</sup> og som regel er berggyllt av denne størrelsen når den blir overført til laksemerd. Imidlertid, erfares det at villfanget berggyllt av større størrelse ( $\pm 20$  cm) kan bli overført til merden (Lerøy Vest AS, personlig kommunikasjon) noe som er sannsynlig for fisken analysert i dette arbeidet. Berggyllt i Uttak 1 ble brukt som rensefisk i cirka 8 måneder. Dette tyder på at fisken var større enn 14 cm allerede ved innsetting i laksemerd. I tillegg var de fleste individer i Uttak 1 kjønnsmodne hunner. Berggyllt er en hermafrodit, altså en fisk som skifter kjønn. De blir kjønnsmodne når de er cirka 16–18 cm lang, og da blir de fleste fiskene kjønnsmodne hunner<sup>2</sup>. Senere skifter hunnene kjønn og blir hanner. Fisk på 18–22 cm er fra 2 til 5 år gamle, og 36–38 cm lange berggyllt er cirka 16 år gamle. De fleste analyserte fiskene var fra 27 til 32 cm lange. Ifølge Dipper *et al.* (1977), kan fisken av den størrelsen være mellom 8 og 11 år gammel.

Ettersom det er vanlig å bruke berggyllt av mindre størrelse som rensefisk i laksemerd ble det besluttet å undersøke små berggyllt (Uttak 2). Fiskene i Uttak 2 var berggyllt på cirka 19 cm lengde og med cirka 89 g vekt (sløyd med hode) (Tabell 10). Basert på størrelsen tyder det på at fiskene var cirka 4–5 år gamle (Dipper *et al.*, 1977). Det var utfordrende å få tak i berggyllt ettersom det ikke brukes berggyllt som rensefisk nært Troms, i tillegg var det Covid-restriksjoner over en lengre tidsperiode. Fiskene i Uttak 2 ble analysert parallelt med en annen prosjektaktivitet (der fisk ble sendt til Korea for markedsundersøkelser), og råstoffet var på det tidspunktet allerede sløyd ved mottaket. Resultater for prosentvis fordeling av ulike deler av stor (Uttak 1) og liten (Uttak 2) berggyllt er derfor sammenlignet med utgangspunkt i sløyd fisk med hode (SLMH).

Ved sammenligning av en stor og liten berggyllt, Uttak 1 (SLMH) og Uttak 2 (SLMH) kan man se at den største forskjellen mellom uttakene var prosentandelen filet Tabell 10. Stor fisk hadde større andel filet enn mindre fisk, henholdsvis rundt 40 og 33 %. I tillegg kan det nevnes at alle fiskene ble filetert manuelt, og jo mindre fisken var, desto mer utfordrende og tidkrevende ble fileteringen. Filetandelen i berggyllt var tilstrekkelig også i forhold til den totale vekten av fisken. Til sammenligning, utgjør beinfri filet hos Atlantisk torsk cirka 37 % (Lynum, 2005) mot cirka 36 % hos analysert berggyllt i Uttak 1.

---

<sup>1</sup> <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tema/Leppefisk/Minstemaal>, hentet 17.09.2021

<sup>2</sup> <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/leppefisk/berggyllt>, hentet 17.09.2021



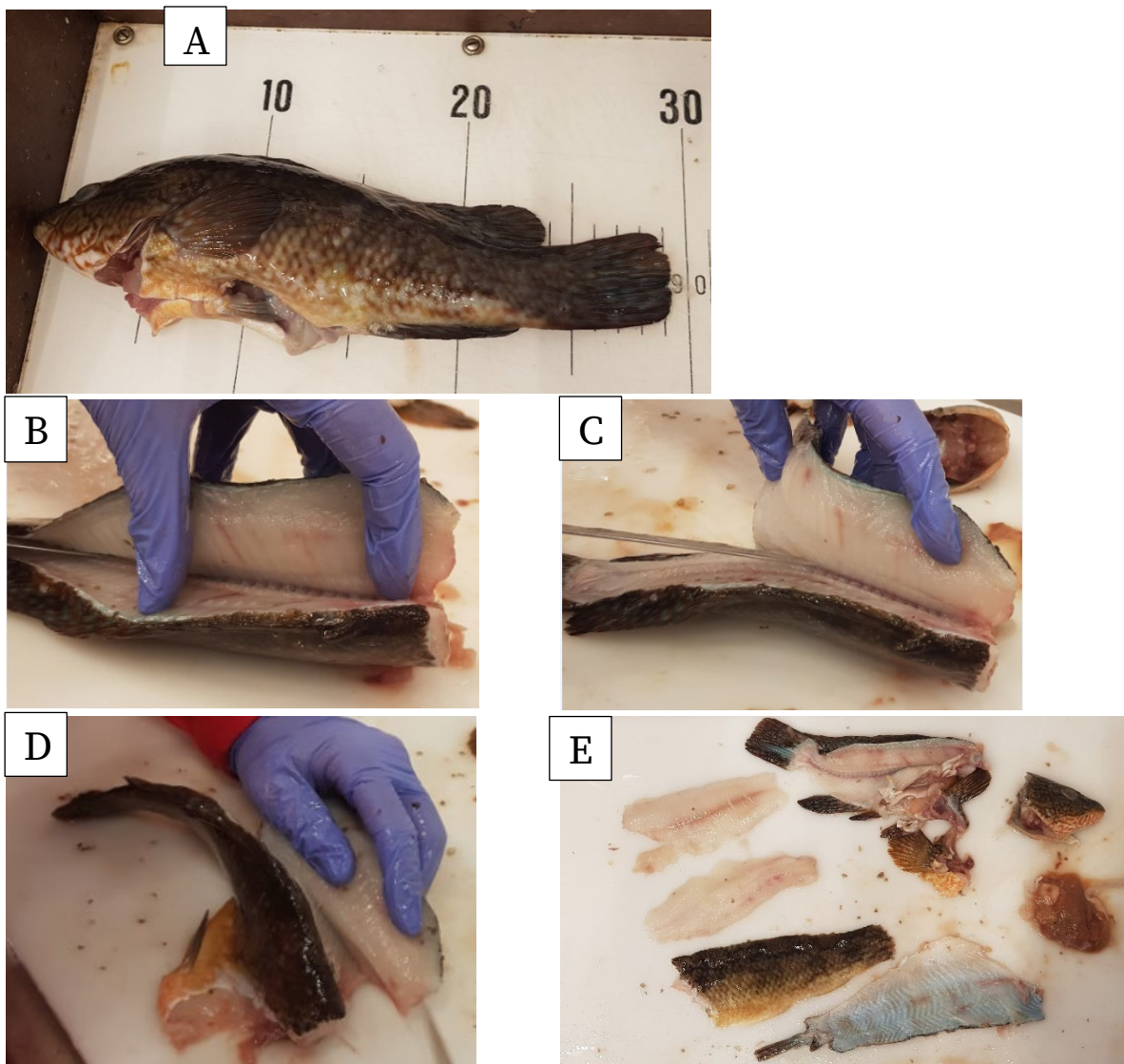
Tabell 10

Prosentvis fordeling av ulike deler av berggylt med ulik størrelse, Uttak 1 og Uttak 2

Kroppsdeler	Berggylt		
	Uttak 1 (n=12)		Uttak 2 (n=12)
	Total vekt	Vekt SLMH*	Vekt SLMH*
	480 ± 182 g	405 ± 81 g	89 ± 29 g
Hode (%)	24 ± 3	26 ± 3	26 ± 2
Skinn (%)	10 ± 3	11 ± 1	15 ± 3
Filet (%)	36 ± 2	40 ± 3	33 ± 6
Bein (%)	19 ± 4	19 ± 1	22 ± 3
Innvoller (%)	9 ± 4		

\*Vekt SLMH – vekt av sløyd fisk med hode.

For å studere kroppsoppbygning og mulighet for å sammenligne med andre fiskearter ble berggylt filetert på samme måte som for torskefisk. Først, ble fisken sløyd, deretter ble hode med ørebein fjernet og filet ble deretter frigjort fra ryggbeinet og skinnen (Figur 6).



Figur 6 Håndfiletering av berggylt (Uttak 1. A: berggylt SLMH med lengde på cirka 30 cm. B-D: fileteringstrinn. E: oversikt over berggyltens ulike deler.



Figur 7 Berggylt prosessert ved bruk av japankutt<sup>3</sup>

For å forenkle prosessering, mekanisk og med hensyn på tid, kan berggylt, spesielt av mindre størrelse, prosesseres ved bruk av såkalt «Japan kutt». Det vil si at hode og buk med innvoller blir skåret av på skrå (Figur 7). Dette er også vanlig måte å skjære vill berggylt blant fiskere<sup>4</sup>. Etter et japankutt kan man enten skjære fileter av fra ryggraden eller stoppe før fileteringen slik at man får en sløyd fisk uten hode, men med bein og skinn. Eventuelt kan man velge å fjerne halefinnen. Vi mener at et slikt produkt vil være sensorisk attraktivt dersom berggylden skal konsumeres som porsjonsfisk. Dessuten vil fjerning av hode, gjeller og innvoller være gunstig for å forlenge fiskens holdbarhet.

### Konklusjon

Den enkleste måten å prosessere berggylt på er japankutt. Dette sparer tid, og det passer både for stor og liten berggylt samtidig som et slikt kutt gir et produkt med attraktivt utseende. Man kan også lage fileter fra større berggylt. Filetene ligner da mye på abborfilet både i formen, farge og i innholdet av bein.

### Rognkjeks

Prosentvis fordeling av de ulike kroppsdelene i rognkjeks er visst i Tabell 11. Ingen av de analyserte rognkjeksene var kjønnsmodne. I Uttak 1 var andeler filet og skinn litt lavere enn i Uttak 2. Dette kan knyttes mot størrelsesforskjell samt at det var mer utfordrende å filetere små rognkjeks enn stor. Videre, filetandel (fra 15 til 19 %) var omtrent av samme størrelsesorden som oppgitt av Reykdal *et al.* (2012) og Ólafsson *et al.* (2009), henholdsvis 14 og 23 %. Andel innvoller i rognkjeks fra Uttak 1 var dobbelt så stor som for Uttak 2, henholdsvis 19 og 8 %. Mest sannsynlig er dette knyttet mot fôrrester i magetarmsystemet i rognkjeks fra Uttak 1.

---

<sup>3</sup> <http://www.fiskeri.no/Tema/Berggyltfilet.htm>, hentet 21.09.2021

Tabell 11 Prosentvis fordeling av ulike deler av rognkjeks fra Uttak 1 (n = 5) og Uttak 2 (n = 10)

Kroppsdel	Uttak 1	Uttak 2
	264 ± 73 g <sup>1</sup>	513 ± 84 g <sup>1</sup>
Hode (%)	18 ± 2	18 ± 1
Skinn (%)	29 ± 5	35 ± 3
Filet (%)	15 ± 5	19 ± 2
Bein (%)	13 ± 3	15 ± 2
Innvoller (%)	19 ± 5	8 ± 1

<sup>1</sup> Kroppsvekt (gjennomsnittlig total vekt ± standard avvik).

Hode og skinn til sammen utgjorde den største andelen i alle fisk, 47 og 53 % henholdsvis i Uttak 1 og Uttak 2. Dette er høyere sammenlignet med det som ble funnet for vill rognkjeks, cirka 40 % av Ólafsson *et al.* (2009) og Reykdal *et al.* (2012), men omtrent likt med det som ble oppgitt av Paradis *et al.* (1975), cirka 50 %. I de studiene varierte vekten på rognkjeks fra cirka 1 og 4,5 kg. Det at hode og skinn til sammen utgjør halvparten av fisken kan være problematisk i forhold til hvordan fisken skal utnyttes og hvilket produkt som skal lages. Spesielt gjelder det små fisk.

Som oftest blir vill rognkjeks verdsatt for sin rogn, som anses å være godt egnet for produksjon av kaviarprodukter, mens resten av fisken ofte håndteres som fiskeavfall (Davenport, 1985; Johannesson, 2006; Paradis *et al.*, 1975; Powell *et al.*, 2018). Imidlertid er det flere land som bruker selve fisken til humant konsum. For eksempel eksporterer Island frossen rognkjeks til Kina (Þórðarson *et al.*, 2018), og i Russland brukes vill rognkjeks til flere produkter, eksempelvis varmrøkte produkter eller til hermetikk (Figur 8)<sup>5</sup>.



Figur 8 Eksempler på utvalgte produkter laget av vill rognkjeks som brukes i Russland<sup>5</sup>

A: Røkt rognkjeksfilet i skiver

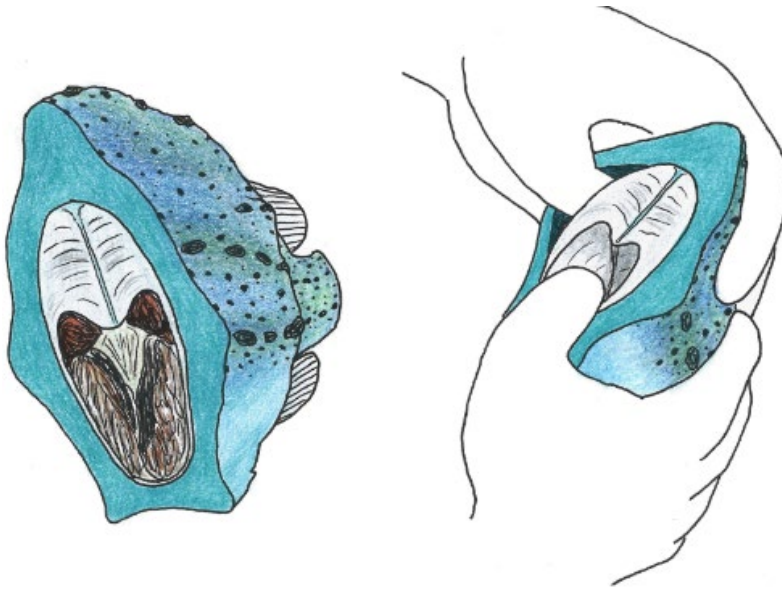
B: Hodekappet, sløyd og skinn rognkjeks, røkt

C: Hermetisert rognkjeksfilet med olje.

I følge Nøstvold *et al.* (2016) kunne norsk rognkjeks passet til og eksporteres til asiatiske land hel som en porsjonsfisk. I flere asiatiske land er det vanlig å konsumere fisk som hel med skinn, bein, hode og innvoller. I vår studie ble et alternativt produkt laget, der vi skar rognkjeks fra nakken bak ørebein, over magen til gattåpningen (Figur 10). En slik kutt blir ofte referert til som "japankutt" (Volda University College *et al.*, 2021). Japankutt forenkler prosessering ettersom tradisjonell filetering av rognkjeks (som også ble prøvd i denne studien) var ganske utfordrende og tidskrevende. I tillegg til japankutt ble også alle finner (inkludert halefinne) og skinn fjernet, noe som ga et produktutbytte på henholdsvis 28 og

<sup>5</sup> <http://xn--b1ade3afmki.xn--p1ai/species/%D0%BF%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D1%80/> hentet 27.09.2021

34 % i Uttak 1 og Uttak 2. Det er verdt å nevne at skinnets tykkelse og elastisitet gjorde det enkelt å fjerne skinnet for hånd (Figur 9).



Figur 9 Manuell fjerning av rognkjeksskinn (Illustrasjon: Gunhild S. Johansson, Nofima, Tromsø) (Prosjekt: Blue-CC)

Etter vår mening, ser det nye produktet tiltrekkende ut og ligner mer på andre fiskearter noe som kan gjøre det enklere å få en interesse for arten hos konsumenter. Hvis rognkjeks (etter å ha blitt brukt som rensefisk) skulle brukes til andre formål enn ensilering, kan dette produktet vurderes.



Figur 10Bilde av rognkjeks med bruk av japankutt (venstre) og japankutt uten skinn (høyre)

### Konklusjon

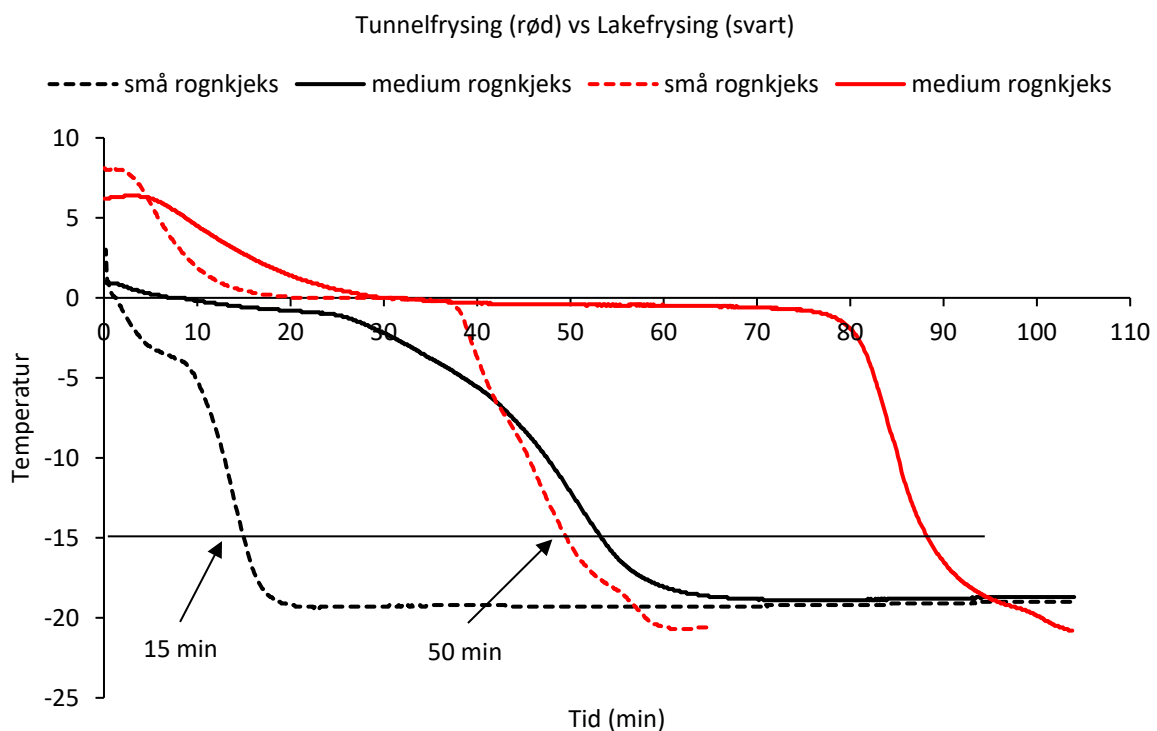
Prosessering av rognkjeks kan være utfordrende ettersom den har en kuleformet kroppsform med en stor andel av hode og skinn. Hvis rognkjeks (etter å ha blitt brukt som rensefisk) skulle brukes til andre formål enn ensilering, kan små rognkjeks brukes som hel fisk eller som et produkt ved bruk av japankutt,



skinning og fjerning av alle finner. Etter vår mening har sistnevnte et mer attraktivt utseende. I tillegg er det viktig å nevne at rognkjeks bør sorteres etter størrelse før prosessering. En fisk med vekt på over 150–200 g vil bli enklere å prosessere og gir et bedre utbytte enn små fisk.

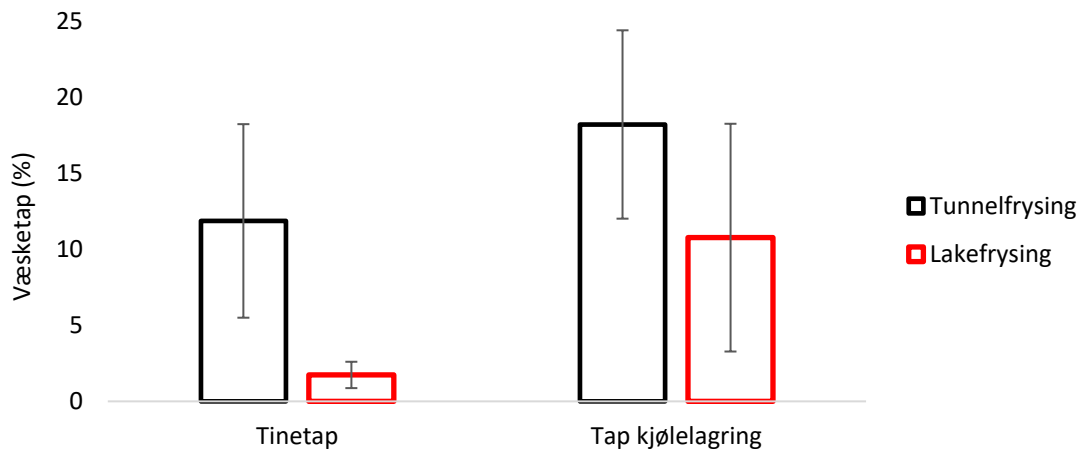
### 5.6.4 Fryseforsøk

Lake- og tunnelfrysing ble valgt ettersom det er metoder som oftest brukes i fiskeindustri og er relativt enkle å implementere i prosesseringslinjen ved behov. Figur 11 viser temperaturutviklingen for små og medium rognkjeks gjennom lakefrysing og tunnelfrysing. Sammenligning av innfrysingstid ved ulike frysemetoder ble gjennomført basert på tiden det tok før temperaturen i fisken sank ned til  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ved  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  er mesteparten av vann i fisken i frossen tilstand samtidig som at fryseraten fortsatt er høy. Resultatene viste at lakefryseren er cirka 3 ganger raskere enn vindtunnelen. For eksempel er innfrysingstiden for små rognkjeks 15 og 50 minutter, i henholdsvis lakefryser og vindtunnel. Det samme gjelder større fisk.



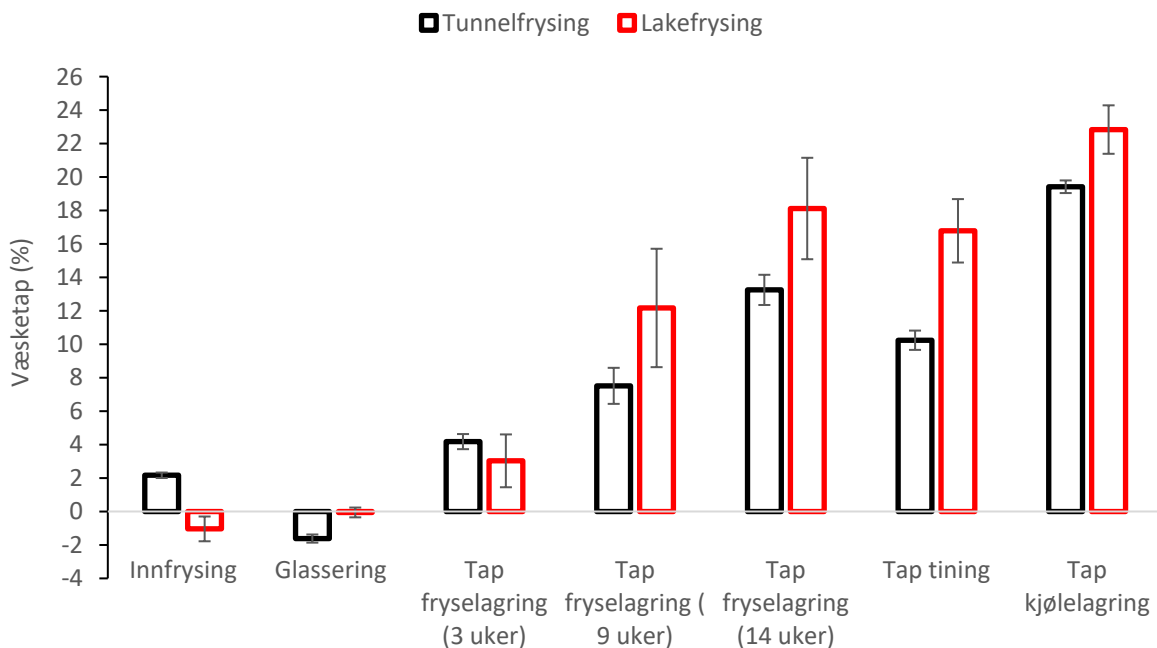
Figur 11 Fryseskjema for innfrysing av små og medium rognkjeks ved hjelp av vindtunnel og lakefrysing.

Figur 12 viser prosentvist væsketap etter tining (direkte etter innfrysing) og etter en ukes kjølelagring ( $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Tiden det tok for å tine en fisk varierte fra 30 minutter til 3 timer for små og stor rognkjeks, henholdsvis. Væsketap etter tining var  $2 \pm 1\%$  for lakefrossen og  $12 \pm 6\%$  for tunnelfrossen rognkjeks. Etter en ukes kjølelagring økte væsketapet for begge metoder, men det totale væsketapet var fortsatt lavere for lakefrossen rognkjeks. Resultatene indikerte at lakefrysingen begrenset væsketapet både ved tining og den påfølgende kjølelagringen.



Figur 12 Tinetaap (til venstre) og tinetaap etter kjølelagring (1 uke, 4 °C, til høyre).

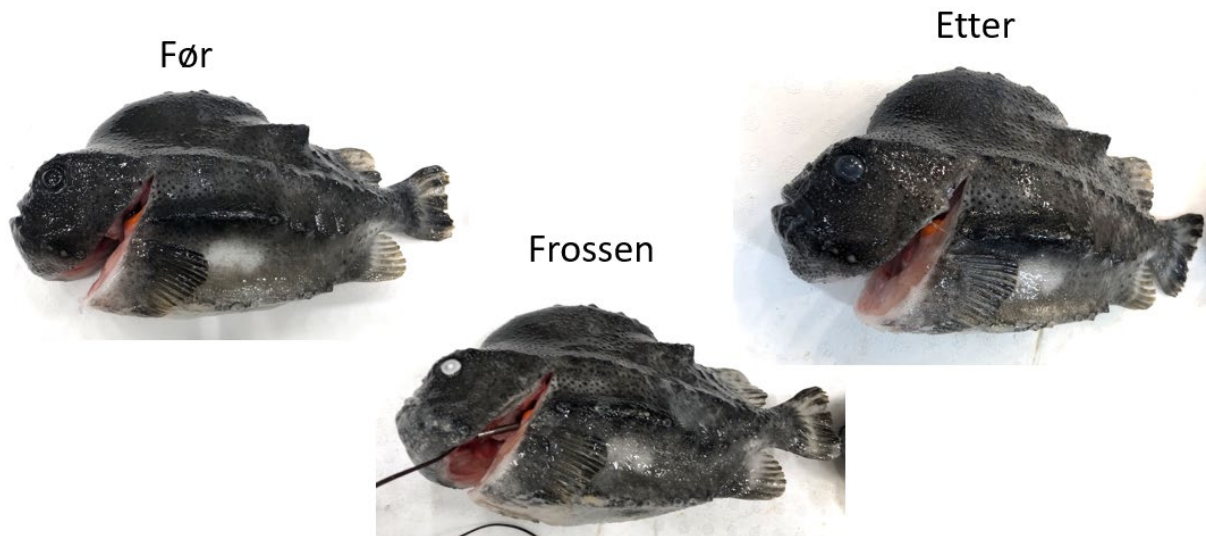
Figur 13 viser vektendringer (%) etter innfrysing, glasering, fryselaagring (3, 9 og 14 uker), tining og kjølelagring (en uke). Resultatene viste at lakefrysing medførte minst tap ved innfrysing, men at det lakefrosne råstoffet tapte mer vekt i frosset tilstand, vel og merke i upakket tilstand og ved -21 °C. De største vektendringer i lakefrosne fisk oppstod mellom 3 og 14 uker av fryselaagring.



Figur 13 Vektendring (%) gjennom innfrysing, glasering, fryselaagring (3, 9 og 14 uker), tining og kjølelagring (en uke).

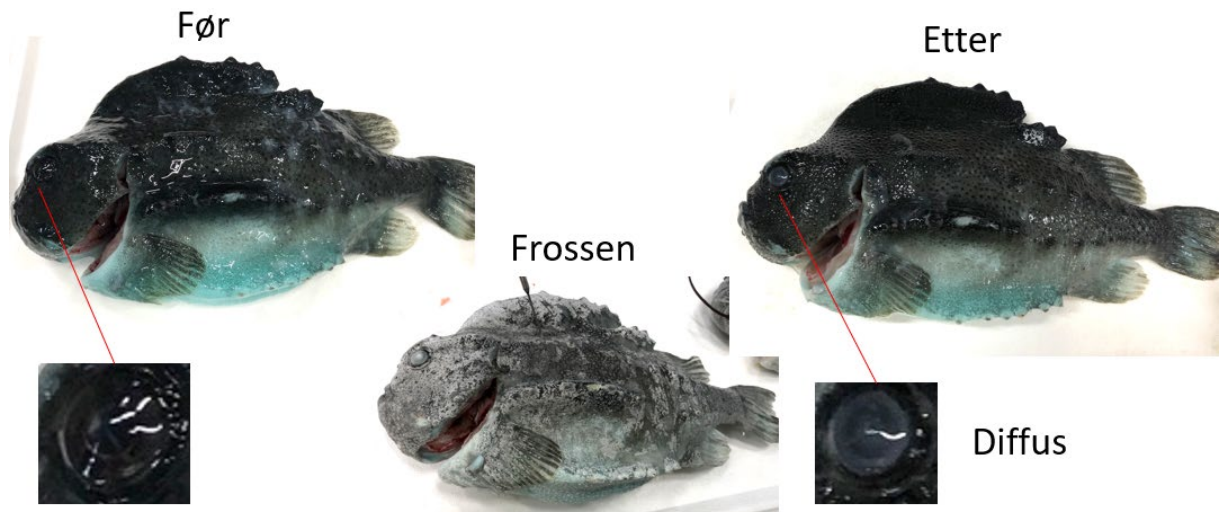
I tillegg hadde lakefrosne rognkjeks et mer attraktivt utseende (tilnærmet lik fersk fisk) i frosne tilstand (Figur 16), kun fargen på øynene ble forandret (Figur 14) i motsetning til tunnelfrosne fisk der rognkjeksene så mer uttørket ut (Figur 15). Lakefrosne rognkjeks i frosne tilstand hadde i tillegg annerledes tekstur, det vil si at det ble et synlig fingermerke etter et relativt intensivt fingertrykk på fisken i rygg-området. Mens tunnelfrosne fisk virket som mer uttørket og var hardere i konsistensen. Imidlertid, i tint tilstand hadde begge gruppene et attraktivt utseende, kun øynene ble mindre gjennomskjennelige.

## Lakefrysing



Figur 14 Rognkjeks før og etter lakefrysing, samt i frossen tilstand.

## Tunnelfrysing



Figur 15 Rognkjeks før og etter tunnelfrysing, samt i frossen tilstand.



Dag 0

Dag 20

Tunnelfryst

Lakefryst



Ser mer uttørket

Figur 16 Rognkjeks fryselagret i åpen plastkasse. Til venstre: tunnelfryst og lakefryst rognkjeks på dag 0 av fryselagring. Til høyre: tunnelfryst og lakefryst rognkjeks etter 20 dagers fryselagring.

### Konklusjon

Ettersom dette var et pilot-forsøk med begrenset antall fisk bør resultatene anses som veiledende. Ved videre forsøk bør fisken fryselagres i emballasje/innpakning. I dette forsøket visste det seg at lakefrysing var mer effektiv for innfrysing og kort kjølelagring mens tunnel singelfrysing var bedre for langtids fryselagring. Singelfrysing er best egnet hvis fisken ikke skal sløyes før innfrysing.

## 5.7 Regulatoriske aspekter

Fisk som blir benyttet til rensefisk er både villfanget og oppdrettet. Rensefisk som har sitt opphav som vill fisk har dermed vært underlagt et annet regelverk enn fisk som har blitt oppdrettet til rensefisk. Vi har derfor strukturert teksten etter rensefisken sitt opphav. Delkapittel 4.8.1 tar for seg rensefisk som har opphav som villfanget leppefisk. Delkapittel 4.8.2 tar for seg rensefisk som har blitt oppdrettet, men også bruk av rensefisk i akvakulturanlegg. Delkapittel 4.8.3 adresserer forskrifter som gjelder for bruk av fisk til humant bruk. Delkapittel 5.4.4 tar for seg begrensninger i og etterlevelse av dagens regelverk. For rensefisk gjelder *Dyrevelferdsloven* sine bestemmelser som viser til dyr sin egenverdi. I paragraf 3 uttrykkes følgende: «Dyr har egenverdi uavhengig av den nytteverdien de måtte ha for mennesker. Dyr skal behandles godt og beskyttes mot fare for unødige påkjenninger og belastninger.»

I tillegg er aktørene bundet til visse særforordninger som vi vil adressere i de følgende delkapitlene. Regelverket er omfattende og detaljert. Vårt mål er ikke å gi en fullstendig gjennomgang av regelverket, men å gi en oversikt av aktuelle forskrifter og de overordnede implikasjonene av forskriftene.

### 5.7.1 Villfanget leppefisk som rensefisk

Ifølge forskrift om regulering av fisket etter leppefisk i 2021 (2021) gjelder et generelt forbud for norske fartøy å drive fangst etter leppefisk (§ 1). Forskriften åpner derimot opp for at fartøy som er gitt adgang til å delta i fisket er unntatt forbudet (§ 2). Forskriften spesifiserer at fartøyene som har adgang til å delta i *Lukket gruppe* kan fiske 90 % av totalkvoten, mens fartøy som deltar i *Åpen gruppe*, *ungdomsfiskeordningen* og *fritidsfiske* kan fiske de resterende 10 % av kvoten (§ 2). Den totale kvoten er fullt ut definert av tre regioner som har egne totalkvoter, regioner som også har bestemmelser for når

en utøvelse av fisket kan foregå i løpet av året (§ 2). Videre er det introdusert fartøykvoter<sup>6</sup> i fisket (§ 3). Forskriften instruerer også at eventuell bifangst øyeblikkelig skal tilbakeføres til sjøen slik at den kan returnere til sitt naturlige habitat uten å påføres skade (§ 6). For aktører som deltar i fisket må det også finnes en leveringsavtale med kjøper (deltakerforskriften, 2021: § 43 til § 44).

I henhold til forskrift om utøvelse av fisket i sjøen (2004) stilles det krav til røkting<sup>7</sup> (§ 28 ledd 7), rømmingshull, fluktåpninger og inngangssperre i teiner og ruser som blir benyttet i fisket (§ 33b og § 33c). Det er også iverksatt regionspesifikke regler for bruk av teiner og ruser (§ 33 tredje ledd). Det er ikke satt artsspesifikke kvoter på leppefisk. Av hensyn til dyrevelferd finnes det bestemmelser for fangst som skal holdes levende (Kapittel XVIII). Visse paragrafer<sup>8</sup> gjelder for rensefisk, herunder generelle krav (§ 86) og krav til transport (§ 92). Forskrift om krav til fartøy som skal fiske og føre fangsten levende (2005) stiller krav til utrustningen av fartøyene som skal utøve fisket. Formålet er å sikre at fisken blir forsvarlig behandlet fra et fiskevelferds perspektiv (§ 1) og forskriften gjelder for fartøy som fisker og fører rensefisk (§ 2). Her stilles det krav til blant annet fartøyet sitt utstyr og innretninger om bord (§ 3), og fiskeredskap (§ 4). Fisket er også regulert etter landingsforskriften (2014) som krever at opplysninger om fangsten skal registreres, med formål om å trygge en bærekraftig forvaltning av ressursen og for å oppnå kvotekontroll (§ 1).

### 5.7.2 Akvakultur (oppdrett og bruk av rensefisk)

Akvakulturnæringen er regulert etter akvakulturdriftsforskriften (2008). Med utgangspunkt i denne forskriften kan man dele opp i tre kategorier etter driftstyper av rensefisk: (1) *Installasjoner for midlertidig oppbevaring av rensefisk*, (2) *bruk av rensefisk i akvakulturanlegg* og (3) *akvakultur av rensefisk inkludert stamfisk og settefisk av rensefisk*. Vi gir nå en utfyllende, men ikke en fullstendig presentasjon av paragrafene som gjelder. For en fullstendig oversikt over hvilke paragrafer og ledd som gjelder for de tre kategoriene henviser vi til forskriftens § 3. Felles er at kapittel 1 og 7 gjelder for de tre kategoriene.

Formålet med forskriften er å oppnå nærings- og samfunnsøkonomiske mål samtidig som utviklingen er bærekraftig, og bidrar til god helse hos akvakulturdyr og velferd hos fisk (§ 1). I forskriftens kapittel 2, Generelle krav, spesifiseres krav til driften som gjelder i sin helhet for kategorien *akvakultur av rensefisk inkludert stamfisk og settefisk av rensefisk* og i stor grad for de to andre kategoriene. For alle tre kategoriene gjelder følgende: driften skal være forsvarlig fra et teknisk, biologisk og miljømessig perspektiv og ivareta helse og velferd (§ 5), krav til faglige kvalifikasjoner hos personell (§ 6), en beredskapsplan som skal bistå til å opprettholde smittehygiene og fiskevelferd i kritiske situasjoner og som gir en oversikt over tiltak som kan iverksettes når slike situasjoner inntreffer (§ 7), krav til regelmessige tiltak for å hindre innføring av og spredning av smittsomme sykdommer (§ 11), en varslingsplikt overfor Mattilsynet ved mistanke om forskjellige typer sykdom, økning av uavklart dødelighet eller forhold som har ført til alvorlige fiskevelferdsmessige utfall (§ 14), krav til aktsomhet ved benyttelse av legemidler og kjemikalier (§ 15) og til fjerning av død fisk og slakting (§ 16).

Med få unntak gjelder kapittel 3, Særskilte krav ved produksjon av fisk, for alle tre kategoriene. Her gjelder følgende krav for de tre kategoriene: at installasjoner og produksjonsenheter legger til rette for et naturlig levemønster hos fisken, samt for inspeksjon og behandling av fisken (§ 19), at metoder, installasjoner og utstyr som benyttes skal være skikket ut ifra et fiskevelferds perspektiv (§ 20), at vannet skal tilpasses fisken sitt behov og overvåkes (§ 22), til en forsvarlig tetthet av fisk (§ 25), at fisken sin velferd skal ivaretas ved utsett i akvakulturanlegg (§ 26), at fôr skal være helse- og velferdsbringende og tilpasset fisken (§ 27), at håndtering av fisken er skånsom (§ 28), at fisk som det er en påkjenning for å leve skal avlives (§ 34), krav til tiltak for å hindre og begrense rømming (§ 37), meldeplikt dersom

---

<sup>6</sup> I åpen gruppe er det innført en maksimalkvote per fartøy.

<sup>7</sup> Gjelder ikke hellidager og søndager.

<sup>8</sup> Se § 85 andre ledd

rømming har oppstått eller mistenkes (§ 38). Paragraf 28 påpeker også at rensefisk som brukes sammen med annen fisk skal sorteres ut for gjenbruk eller avlivning før enheten blir tømt for fisk.

Noen paragrafer i kapittel 4, Ytterligere krav ved produksjon av stamfisk og matfisk, gjelder for kategoriene *bruk av rensefisk i akvakulturanlegg* og *akvakultur av rensefisk inkludert stamfisk og settefisk av rensefisk*. For førstnevnte gjelder krav til driftsplan og journalføring (§ 40 til § 42). For produksjonseenheter skal det eksempelvis journalføres utsett, uttak og tap på artsnivå. Det stilles også krav til månedlig rapportering (§ 44 første ledd bokstav a, b, f, g og h) og helsekontroller (§ 50 til § 50a). For sistnevnte kategori gjelder eksempelvis krav i forhold til avl og reproduksjon (§ 51) og avlsfaglig kompetanse (§ 53), men også her er det krav til rapportering (§ 44 fjerde ledd og § 45).

Kapittel 5, Ytterligere krav ved produksjon av settefisk og kultiveringsfisk, inneholder paragrafer som gjelder for kategorien *akvakultur av rensefisk inkludert stamfisk og settefisk av rensefisk*. Her stilles det eksempelvis krav til smittemessig adskilte enheter (§ 56), journalføring (§ 57), rapportering (§ 58), inntak av stamfisk eller villfanget fisk (§ 61) og helsekontroller (§ 62).

Videre må aktørene forholde seg til forskrift om IK-Akvakultur (2004). Forskriften stiller krav til det systematiske interne arbeidet (internkontroll) som skal iverksettes for at krav i overensstemmelse med akvakulturlovgivningen oppfylles (§ 1). Forskriften spesifiserer også hva internkontroll er, samt retningslinjer for dokumentering av kontrollen (§ 5). Forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe PD hos akvakulturdyr (2017) gjelder også, hvor formålet er å hindre utbrudd og minske konsekvensen av pankreassykdom (PD) (§ 1). Her er det krav til tiltak som rutinemessige prøvetakinger (§ 4).

I henhold til laksetildelingsforskriften (2004) vil en tillatelse til å drive akvakultur av laks, ørret og regnbueørret også omfatte bruk av rensefisk (§ 5a). Forskrift om utvidelse av akvakulturanlegg med videre (2008) spesifiserer at etablering av et akvakulturanlegg for oppdrett av rensefisk må godkjennes av Mattilsynet (§ 5) på bakgrunn av krav til søknaden (§ 6) og forhold inkludert hensyn til det omkringliggende miljøet (§ 7). Dersom det skal etableres en installasjon for midlertidig oppbevaring av rensefisk skal Mattilsynet ha melding om dette (§ 4 bokstav c).

### 5.7.3 Fisk for humant konsum

I dette avsnittet vil vi se på kravene som er gitt i forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer (2013). Formålet er at forbrukere skal bli tilbudt fisk og fiskevarer av god kvalitet (§ 1) og omfatter enhver fisk og fiskevare som hovedsakelig består av fisk som skal benyttes til humant konsum (§ 2). Kapittel IV, Kvalitetskrav til råstoff, spesifiserer krav til råstoffet for forskjellige typer av anvendelse (§§ 10–13). I paragraf 14 listes tilstander av fisk og fiskevarer som ikke kan brukes til humant konsum, for eksempel om fisken er selvdød. I kapittel VI, Særlige bestemmelser om oppdrettet fisk, adresseres oppdrettet fisk. Her stilles det krav til at spor av for ikke skal finnes i mage eller tarm (§ 16). Videre spesifiserer paragraf 17 følgende:

«Oppdrettet fisk skal sorteres innenlands slik at fisk med sår, misdannelser, grove behandlingsfeil eller indre kvalitetsfeil ikke omsettes til humant konsum.»

Det åpnes derimot opp for feilretting som muliggjør bruk til humant konsum og for bruk til diverse innlands konsum (§ 17). Kapittel X tar for seg generelle krav til emballasje og merking.

### 5.7.4 Begrensninger og etterlevelse av regelverket

I perioden juni–desember 2018 gjennomførte Mattilsynet en tilsynskampanje hos et utvalg av matfiskanlegg som benyttet rensefisk, alle settefiskanlegg for rensefisk, og hos fiskere (Mattilsynet, 2020). Tilsynet ble også supplert med en spørreundersøkelse. Hensikten med tilsynskampanjen, kjent som *Rensefiskkampanjen*, var å undersøke helse og velferd hos rensefisk og herunder identifisere forbedringspunkter. Mattilsynet påpekte at det legges ned mye arbeid for at rensefisken skal ha det bra,

men konkluderte med at situasjonen i næringen ikke var bærekraftig eller forsvarlig i henhold til dyrevelferd (Mattilsynet, 2020). Mattilsynet anslo at et høyt antall rensefisk døde i merdene og stilte seg spørrende til hvor individene ble av og hvorfor de døde. Videre forventet Mattilsynet tiltak fra næringen for å bedre dyrevelferden og påpekte at forholdet ville bli fulgt opp. I den forbindelse listet Mattilsynet opp noen punkter som næringen måtte etterleve. Mattilsynet påpekte også at regelverket må forbedres ettersom behov identifiseres og poengterte at det er viktig at regelverket blir kommunisert godt for å forenkle etterlevelsen av regelverket.

Det har også blitt stilt spørsmål ved bærekraften i leppefisket. Totalkvoten i 2018 var på 18 millioner leppefisk og dermed over 9 millioner mindre enn det som ble fisket i 2017 (Fiskeridirektoratet, 2021). Dette kan tyde på at uttaket var over det bærekraftige nivået i 2017, og at en totalkvote dermed var nødvendig for å trygge den biologiske bærekraften. Individuelle fartøyskvoter er også innført i fisket, noe som antas å fremme den økonomiske bærekraften (Asche *et al.*, 2008). Havforskningsinstituttet (HI) påpeker at det er usikkerhet rundt artene sine bestandsutviklinger og at lokalt overfiske kan forekomme selv om det er iverksatt regionale kvoter, noe som HI også har mottatt rapporter om fra publikum (Havforskningsinstituttet, 2020). Fiskeridirektoratet mottok også høringsinnspill fra aktører med forskjellige oppfatninger rundt bestandsutviklingen og kvotestørrelser (Fiskeridirektoratet, 2020b). HI har tidligere anbefalt en egen kvote for berggyllt, men har gått bort fra denne anbefalingen grunnet et redskapskrav som er innført i 2021 (Havforskningsinstituttet, 2020); HI argumenterer for at artene tilsynelatende er relativt likt påvirket av beskatningen. I fisket er det altså innført noen viktige, tradisjonelle fiskeriforvaltningsprinsipper, men det råder fortsatt noe uenighet hos aktørene om hvorvidt reguleringene trykker en bærekraftig forvaltning.

### 5.7.5 Oppsummering regelverk

Vår gjennomgang viser at regelverket som omfatter rensefisk er sammensatt og består av en rekke lover og forskrifter. Til tross for dette påpekte Mattilsynet at dyrevelferden hos rensefisk i mange tilfeller ikke var forsvarlig. På bakgrunn av dette stilte Mattilsynet krav til næringen for å forbedre situasjonen, men det ble også poengtert at regelverket kan bli tydeligere og kommunisert bedre, og dermed lette etterlevelsen av regelverket. I fisket etter leppefisk er det i senere tid innført viktige tradisjonelle fiskeriforvaltningsprinsipper noe som antas å forbedre bærekraften, men det eksisterer fremdeles noe uenighet blant aktørene om bestandsutviklinger og kvotestørrelser. En bærekraftig utvikling i både fisket etter leppefisk og bruken av rensefisk vil være viktig om et marked for etterbruk av rensefisk skal kunne oppstå.

## 5.8 Markedsmuligheter og utfordringer for rensefisk i Sør-Korea

Syv industrielle kjøpere/kokker sa seg villig til å tilberede rognkjeks og berggyllt for å teste potensialet for det sørkoreanske markedet. De to artene ble tilberedt på mange ulike måter, både stekt, grillet, fritert og kokt. Rensefisken ble utprøvd i flere forskjellige spennende retter, som for eksempel stuing med chilisaus, grillet med grønnsaker og soyasaus og frityrstekt (se bildene under for eksempler). Rettene ble laget etter respondentene sine egne preferanser, og hva de trodde ville være passende @tilberedning ut fra fiskens egenskaper.

Bilder under viser eksempler på ulike retter laget av respondentene i Sør-Korea. Respondentene har selv tatt bildene og delt de med oss.





Rognkjeks fritert



Rognkjeks i «hot pepper sauce»



Rognkjeks i soya



Berggylt i soya



Rognkjeks fritert



Rognkjeks stekt



Berggylt fritert



Berggylt i «hot pepper sauce»

### 5.8.1 Interesse for å prøve nye sjømatprodukter

Respondentene kom med motstridende svar når det gjelder villighet til å prøve nye arter/produkter. Det kommer frem av intervjuene at enkelte aktører kontinuerlig leter etter noe nytt å kunne tilby sine kunder, og at disse mener at forbrukere hele tiden leter etter noe nytt. Andre sier derimot at koreanerne er veldig konservative og ikke liker nye ukjente produkter, og at det er ekstremt vanskelig å nå gjennom i markedet med nye ting. Følgende sitat fra en av respondentene illustrerer dette på en god måte:

“Whomever the first penguin is, he must put a tremendous effort. Otherwise, it’s almost impossible.”

### 5.8.2 Sammenligning med andre fiskearter

Flere av respondentene synes rognkjeks og berggylt var lik andre fiskearter de hadde sett og/eller hatt erfaring med. To av respondentene sammenlignet berggylt med tropisk fisk på grunn av fargene. Andre assosiasjoner var til papegøiefisk, «croaker fish», goldeye rockfish og mountain trout. Rognkjeks ble oppfattet som en ukjent fisk av to respondenter, mens resten assosierte den med ulike fiskearter. Det er verd å merke seg at få av respondentene assosierte rognkjeks og berggylt med samme fiskeart, noe som kan tyde på at utseende til begge rensefiskene ble oppfattet som spesielle og nye.

### 5.8.3 Oppfattelsen av rensefisk før og etter tilberedning

Før tilberedning var reaksjoner på utseende på begge fiskene mest påfallende. De fleste respondentene likte ikke utseende til hverken berggylt eller rognkjeks, og det ble uttrykt av flere at de syntes fiskene så uappetittlige ut, rare, og rett og slett skumle. Når det gjaldt berggylten, likte flere respondenter ikke mønsteret og fargene på fisken. Den ene respondenten sa at mønsteret fikk den til å se uappetittlig ut, mens en annen sa at fargene gjorde han rett og slett redd for å spise den. Ikke alle respondentene hadde negative assosiasjoner til utseende til berggylten, en synes at den hadde nydelige farger, mens en annen ikke synes den så rar ut ettersom hen hadde sett en lignende fisk før.

Når det gjaldt rognkjeks, likte flere av respondentene ikke fargen. To av respondentene likte heller ikke formen på fisken, som ble beskrevet som ruglete. Flere av respondentene synes fisken var stygg eller skremmende. En av respondentene uttrykte det på følgende måte: «vi har mange styggere fisker i Sør-Korea, men denne er annerledes enn stygg, den er skummel.» En annen sa at denne fisken hadde definitivt ikke fristende utseende. En tredje respondent sa at utseende på fisken fikk han til å føle seg svært ukomfortabel og usikker på hvordan han skulle kunne lage noen som helst rett med fisken som ville bli bra.

Etter tilberedning kommenterte mange at berggylt hadde lite smak.. En av respondentene uttrykte det på følgende måte: *«det var ingen smak, litt kjedelig»*. Nesten alle kom med negative kommentarer til konsistensen som ble oppfattet som bløt eller myk uten motstand. Den ene respondenten uttrykte: *«Munnfullen var ikke god i det hele tatt. Den var ikke elastisk, men hadde en smuldrende konsistens.»* De fleste kommenterte at fargen etter tilberedning ikke var bra. En kommentar var at «mange oppfatter fargerik fisk som tvilsom eller rar». Størrelsen på fisken var grei.

Mange av de sørkoreanske aktørene kommenterte at det var lite kjøtt på rognkjeks. Dette gjorde det vanskelig å beskrive smak og konsistens. De som kommenterte smaken, sa at den var grei. Skinnet ble beskrevet som tykt uten mye tyggemotstand, og en respondent sa at skinnet ikke smakte godt. To sa at skinnet kunne inneholde mye kollagen. Den ene respondenten sa: *«Skinnet var veldig grøtaktig, bra for kollagen, men smakfullt.»* Konsistensen til kjøttet ble beskrevet som for myk og ikke en nytelse. Når det gjaldt utseende etter tilberedning sa en av respondentene at det var ruglete og en annen at fargen ikke var likende. En av respondentene kommenterte at fisken skulle vært større slik at det ville vært mere kjøtt.

En av respondentene forsøkte å tilby barna sine fisken som hun hadde tilberedt, men de hadde nektet å smake.

#### 5.8.4 Potensiale i koreansk kjøkken

Ingen av respondentene mente at berggylt kunne brukes i hel form i det koreanske kjøkkenet, mens en respondent mente at rognkjeks kunne brukes som substitutt for «shaggy sea raven» når denne arten var ute av sesong. Flere av respondentene mente at berggylt og rognkjeks hadde lite appetittvennlig utseende og at disse fiskeartene ikke kunne selges hel til forbruker. Utseende ville skremme forbrukerne. Fisken burde ifølge respondentene enten videreforedles før den selges til forbruker, eller selges til restauranter som kan lage retter med den uten å vise forbrukerne hvordan den ser ut. Når det gjaldt hvilke videreforedte produkter som kunne selges, nevnte tre av respondentene filet som et mulig alternativ. To av respondentene mener at tørking eller semi-tørking kan være en mulighet. Dette vil i ifølge en av respondentene få frem mer smak av fisken som i utgangspunktet er smakløs. En annen sier at tørket fisk er svært populært i Sør-Korea fordi det benyttes som snacks, blant annet i forbindelse med drikke av alkohol. En respondent sier at røyking kan prøves.

Det kom også noen anbefalinger til bruk som ikke var i det koreanske kjøkkenet. Noen av aktørene anbefalte å benytte fisken til kjæledyrfôr, under forutsetning at prisen ikke var for høy. En av respondentene antok at det var mye kollagen i skinnet til rognkjeks, og anbefalte derfor å satse på hudpleieindustrien som er en stor trend i Sør-Korea. Våre undersøkelser av næringsinnhold viser derimot at det ikke er mye kollagen i skinnet.

#### 5.8.5 Holdninger til rensefisk som lusespiser

I undersøkelsen var det viktig å finne ut hvordan respondentene ville reagere på det faktum at fisken har blitt brukt til å spise lus av laksen. Det ble stilt spørsmål om hvordan de reagerer på denne informasjonen selv, og hvordan de tenker at forbrukere ville reagere på det. Alle respondentene unntatt en svarte at de synes dette var negativt, men i ulik grad. Noen syntes det var litt ubehagelig, og tenkte at forbrukere generelt i hvert fall ville reagere på det. Andre syntes det var veldig negativt og en uttrykte følgende: *«Jeg tror ikke det er noen som ville kjøpe denne fisken hvis de visste det.»* En annen svarte at siden fisken ikke en gang er smakfull, så vil det at den har spist lus få forbrukerne til å tro at produsentene har dumpet fisken i markedet. En av respondentene mente at dette ikke var problematisk så lenge fisken smakte godt. Videre ble det uttrykt at godt informasjons- og markedsføringsarbeid kunne hjelpe til å få kjøperne fortrolig med dette faktum, og for å få forbrukere til å forstå at det ikke er farlig for dem å spise fisken. Samlebetegnelsen rensefisk var også fremmet som et ord som virket frastøtende og som ble anbefalt å ikke bruke.



### 5.8.6 Interesse for kjøp, betalingsvillighet og kjøpskriterier

Tre av respondentene ville ikke kjøpe renseskild. To svarte at de kanskje ville kjøpe, men at det var avhengig av pris. En ville kjøpt den om renseskild ble populært i markedet, mens siste respondent ville vurdere å kjøpe renseskild som dyremat. Ettersom ingen av respondentene var veldig interessert i å kjøpe renseskild var det vanskelig å snakke om betalingsvillighet. En respondent svarte at han kanskje kunne betale 3000–5000 won (ca. 22–38 NOK), mens en annen antydte en pris på 5000 won/kg (ca. 38 NOK). Viktigste kjøpskriterium var ferskhets. Andre kriterier som ble nevnt var kvalitet, bekvemmelighet, smak, fri for miljøgifter og pris.

### 5.8.7 Oppsummering og konklusjon markedsstest

Resultatene fra markedsstesten av berggyllt og rognkjeks viser at introduksjon av disse artene i det sørkoreanske markedet kan være svært utfordrende. Hovedårsakene er;

- Utseende og fargen til rognkjeks og berggyllt ble generelt oppfattet som stygg, rar, skummel og lite fristende både før og etter tilberedning. Dette er særlig utfordrende med tanke på salg av hel fisk direkte til forbruker. Mer videreforedlede produkter (filet/røkt/tørket) kan derimot ha større mulighet for å lykkes ifølge respondentene.
- Begge artene oppfattes ikke til å være god å spise. Årsakene som nevnes er at fiskene har lite smak, en løs eller bløt konsistens og lite kjøtt. Igjen blir videreforedling nevnt som en mulighet, ved å tørke eller røyke produktene mener respondentene at det er mulig at man kan få frem mer smak i fisken.
- Det kan være utfordrende at renseskild blir brukt til å spise lus. De sørkoreanske aktørene reagerer stort sett negativt eller meget negativt til dette. Riktig markedsføring og kommunikasjon om dette vil være viktig.

Hvis man velger å jobbe videre med det sørkoreanske markedet for rognkjeks og/eller berggyllt bør man sette søkelys på videreforedlede produkter. Filet, tørket eller røykte produkter kan være en mulighet. Videre bør man fokusere på bedrifter som er innovative, og åpne for å introdusere nye arter og produkter i markedet.

## 5.9 Nytte-kostnadsanalyse (NKA) av renseskild til humant konsum

En viktig driver for all produksjon hos private aktører er at aktiviteten er lønnsom. Aktiviteten i vårt case, renseskild, er spesiell ettersom aktørene allerede benytter disse som ikke-medikamentell intervensjon mot lakselus. Dette vurderer de dermed som en lønnsom aktivitet i seg selv, selv med betydelige kostnader. Lønnsomheten i alternativ etterbruk vil dermed avhenge av om tilleggskostnadene oppveies av salgsinntektene fra ny etterbruk. Man må her også ta hensyn til hvordan dagens salgsinntekter påvirkes.

I denne delen av prosjektet skal vi først belyse produksjonskostnadene knyttet til dagens produksjon og deretter gjøre betraktninger rundt kostnadene knyttet til de potensielle andre bruksområdene som er identifisert i prosjektet. Ettersom det naturlig nok er svært lite empiri tilgjengelig for sistnevnte vil det være betydelig usikkerhet knyttet til de konkrete tallstørrelsene. I mange tilfeller vil imidlertid den kvalitative vurderingen av lønnsomhet kunne gjøres mer sikker, ettersom usikkerheten i mange tilfeller ikke vil være tilstrekkelig til å endre på om prosjektet vurderes som lønnsomt eller ikke. Det er også viktig å påpeke at det ikke bare er økonomi som er avgjørende for mange av bedriftenes beslutninger. For eksempel kan den ikke-økonomiske verdien av at et produkt utnyttes kunne veie opp for manglende økonomisk lønnsomhet. Gjennomgangen og analysene som gjøres her baserer seg på grove antagelser og forutsetninger og kan nærmere utdypes i senere studier.

Selv om vi har som mål å få best mulig estimat på lønnsomhet ved alternativ etterbruk av renseskild, har NKA-metoden (nytte-kostnads-analyse) her snarere en veiledningsrolle. Ved mangel av empiriske data benyttes NKA som et rammeverk for å organisere kunnskap og stille viktige spørsmål om

problematikken (såkalt kognitive roller (Sunstein, 2000)). I analyser av nye prosesser med mange ukjente variabler er slik tilnærming vanlig og mest relevant. Det vil si at selv om beregningene er basert på grove antagelser og har betydelig grad av usikkerhet, er denne analysen nyttig for å avdekke viktige faktorer som påvirker lønnsomhet.

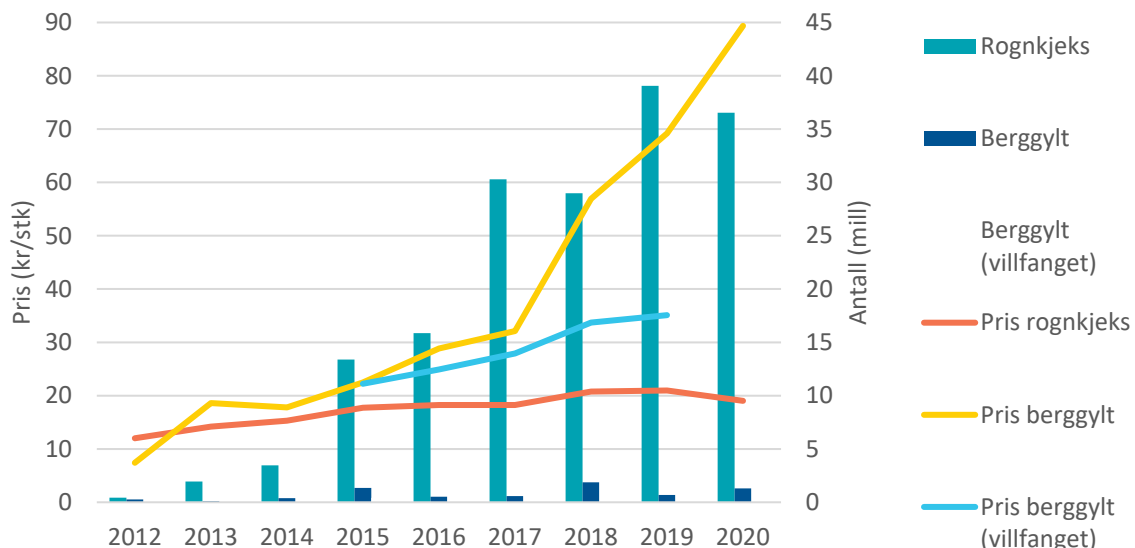
## 5.9.1 Økonomi i dagens verdikjede

### Produksjon av settefisk/innkjøp

En betydelig del av ressursbruken og kostnadene ved rensefisk skjer i forkant av utsett i fiskemerdene. Dette trinnet i produksjonsprosessen betegner vi her som settefiskproduksjon. For oppdrettet rensefisk vil dette være kostnadene knyttet til avl og hold av stamfisk, produksjon av befruktete egg, inkubering, startfôring og videre vekst frem til fisken er klar for utsett i sjøen. Ofte vil dette også inkludere vaksinerings av denne fisken. Det fiskes også et betydelig antall rensefisk fra ville bestander (berggyllt).

For settefiskproduksjon av laksefisk har man gode empiriske data for ressursbruk og kostnader gjennom den årlige lønnsomhetsundersøkelsen (se eksempelvis Fiskeridirektoratet, 2020a). Det gjøres ikke tilsvarende detaljert kartlegging av kostnader for produsentene av rensefisk. I svært mange tilfeller vil salgsprisene i stor grad reflektere kostnadsbruken, og denne vil dermed være en god indikator på ressursbruken. I tilfellet med rensefiskproduksjon har etterspørselen de senere årene vært svært høy og produksjonen relativt ny og sannsynligvis ikke i optimal skala. Dette kan bety at produsentene har kunnet ta noe høyere priser og hatt noe høyere kostnader enn i et modent marked. Vi benytter likevel observerte salgspriser som indikator på produksjonskostnadene i denne fasen av produksjonen.

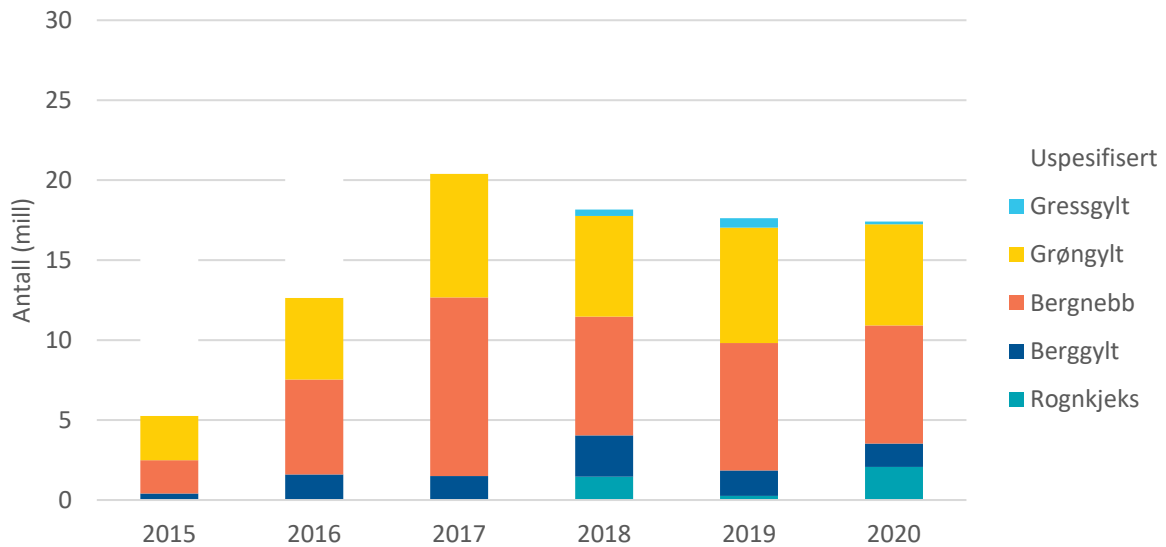
Pris og mengde solgt oppdrettet rensefisk til lakselusbekjempelse er vist i Figur 17 . I all hovedsak er det rognkjeks og berggyllt som oppdrettes. Salget av rognkjeks økte spesielt sterkt fra og med 2015, og var i 2020 på om lag 36 millioner fisk. Prisene steg fra 12–15 kr/stk til et nivå rundt 20 kr/stk. I 2020 var gjennomsnittsprisen 19,0 kr/stk. Antallet berggyllt er betydelig lavere enn for rognkjeks og med store variasjoner mellom årene. I 2020 ble det solgt om lag 1,3 millioner berggyllt. Beregnede salgspriser har økt svært kraftig, fra om lag 8 kr/stk i 2012 til 90 kr/stk i 2020, avhengig av størrelse.



Figur 17 Antall og pris for oppdrettet rensefisk og villfanget berggyllt (Kilde: Fiskeridirektoratet)

Som nevnt blir det også fisket en del rensefisk som selges til oppdrettere. Dette er ifølge statistikk fra Fiskeridirektoratet primært bergnebb og grøngyllt, men også rognkjeks, berggyllt og gressgyllt. Utsett i lakseoppdrett i perioden 2015 til 2020 er illustrert i Figur 18 . Totalantallet har vært relativt stabilt

de senere årene og var 17 millioner i 2020. Dette betyr at den oppdrettede rensefisken utgjorde om lag 70 % av totalen i 2020.



Figur 18 Antall villfangede rensefisk per art satt ut i lakseoppdrett (Kilde: Fiskeridirektoratet).

Det er variasjoner mellom de ulike lakseoppdretternes strategier for håndtering av lakselus og også mellom individuelle lokaliteter som benytter rensefisk. En viktig ressursbruksparameter er antallet som settes ut. Denne beregnes gjerne som en andel av antall laksefisk. En oppdretter indikerer at de sikter mot å ha om lag 8 % rognkjeks i forhold til antall laks. Dersom tilgangen på rognkjeks er dårlig kan ifølge en oppdretter 6 % også kan gi god effekt, mens 4 % ofte blir for lite. En annen informant som benytter villfanget leppefisk, sier de bruker 5–10 % innblanding. Når det benyttes villfanget rensefisk utgjør berggylt bare en liten andel av totalen. Med basis i salget som rapportert til Fiskeridirektoratet utgjør berggylden om lag 8 %.

Tid for utsett varierer også betydelig. En oppdretter valgte en strategi for første utsett der man satte ut rognkjeks når temperaturene øker etter en vinter i sjø. Første utsett gjerne i midten av april og siste i slutten av september. Eksempelvis for et utsett av stor settefisk (2–500 gr) i januar kan man ha første utsett av rognkjeks i juni. Ved utsett av mer normal smolt (ca. 100 gr) i juni eller senere tilsettes rognkjeks i april året etter. Denne satte ikke ut rognkjeks i det mørke halvåret.

For villfanget leppefisk er det vanligst å benytte disse fra juli, da åpner fiskeriene, og rensefisken har god aktivitet frem til november, når vinteren starter, da går den delvis i dvale. I merdene har leppefisken tilgang på fôr, noe som bidrar til å holde aktiviteten oppe. Oppdrett av leppefisk er i startfasen, men bidrar ikke med store mengder. Noen kan da supplere med utsett av rognkjeks på vinteren. På vestlandet kan sjøtemperaturen bli for høy for rognkjeks om sommeren, og den fiskes ofte ut og destrueres. Det settes ut leppefisk både på vårutsett og høstutsett og blir værende i merden helt til fisken slaktes ut.

Det må ofte suppleres med tilleggsutsett for å kompensere for dødelighet og for rognkjeks etter hvert som den ved en viss størrelse stopper å spise lakselus. Intervallet mellom påfyll varierer avhengig av dødelighet og veksten hos rognkjeks i tillegg til lakselussituasjonen og tilgjengeligheten av ny rognkjeks. En oppdretter forteller at det generelt suppleres annenhver måned i det lyse halvåret.

Størrelsen på rognkjeks ved utsett er gjerne i gjennomsnitt 20–30 gram. Da vil det være en gruppe individer med størrelse ned mot 15 gram. Rognkjeks mindre enn 9 gram vil kunne rømme ut gjennom notposer beregnet for mindre smolt, mens i «storfiskposer» der lysåpning er 50 mm kan man ikke sette ut rognkjeks mindre enn 27 gram. Størrelsen på berggylt er svært varierende, men kan ofte være 14 til 30 cm ved utsett. Dette tilsvarer om lag 150–200 gram ved utsett.

En faktor som må hensyntas er at rognkjeks vokser fort om den får tilgang på laksefôr. Dette vil gjerne skje om forskjellen mellom laksefisk og rognkjeks er relativt liten. Den vil da relativt raskt vokse seg ut av størrelsen der den beiter mest på lakselus. Generelt finnes det lite lus i mageprøver av rognkjeks over 200 gram. En tommelfingerregel for vekst hos rognkjeks i merd er at den doubler vekten om lag hver 6. uke i sommerhalvåret og hver 8. om vinteren. Dette gjelder når den spiser lus kombinert med rognkjeksfôr. Berggylt opprettholder beiteaktiviteten godt uansett størrelse, men vokser svært sakte i merdene.

Når det slaktes ut merder flyttes leppefisk og rognkjeks som er under en viss størrelse over til de gjenværende merdene. Slik kan det bli relativt høy innblanding av rensefisk, om lag 20 %, mot slutten av en lokalitets driftssyklus. Svinnet av rognkjeks i løpet av en produksjonssyklus varierer betydelig, men er generelt om lag 30 %.

En del av rensefisken vaksineres før utsett. Dette koster om lag 1,75 kr/stk. Ettersom rognkjeks selv er utsatt for sykdommer (bl.a. skottelus), kan det oppstå behov for behandling på lokalitet.

Rensefisk transporteres med ulike metoder fra settefiskprodusenten til lokalitetene. Det er mest vanlig med lastebiltransport i kar. En lastebil har generelt 10 kar og kan ha om lag 3 500 stk per kar. Dette er biomassebegrenset, slik at man ved transport av små fisk kan ha et noe høyere antall, maksimalt 40 000. Kostnaden for biltransporten er gjerne 30–40 000 kr per leveranse.

Biltransport medfører at rensefisken må fraktes fra karene i settefiskanlegget til lastebilen, noe som medfører en viss belastning på fisken. I tillegg må fisken fraktes fra en kai til lokaliteten. Dette kan gjøres med en servicebåt med kran der karene løftes om bord. Avhengig av servicebåten må man gå flere turer for å ta alle karene. Operasjonen er arbeidskrevende. Typisk kreves det fire personer fra lokaliteten og tre mannskap på servicebåten i en varighet på om lag 10–12 timer.

Et alternativ til bil er bruk av brønnbåt. En vanlig prismodell for kjøp av brønnbåttjeneste er betaling per time og prisen kan være 2 000 kr/t. Det er vanlig å betale for båtens tur til settefiskanlegget. Dette betyr at flere suksessive transporter isolert sett vil være gunstig. En vanlig transport kan være startutsett på 8 % til en lokalitet med totalt 150 000 rensefisk. Transportkostnaden vil avhenge av distansen og tidsbruken ved mottak og avlevering. Eksempelvis kan en transport til en tenkt lokalitet ta to døgn og koste 100 000 kr.

Både lastingen og lossingen av brønnbåt er mer skånsom og effektiv enn ved biltransport. Rensefisken pumpes inn og ut av brønnbåten med vakuumpumpe. Dersom man tømmer båten sakte, spylor vann over fisk som suger seg fast og bruker lys mot pumpepunktet følger de aller fleste fiskene med. Lossing til seks merder kan ta om lag 3,5 timer.

Rognkjeks fôres med en egen type fôr med lavere fettinnhold enn laksefôret. Det anbefales en utfôring på 2 % av biomassen om sommeren. På vinteren anbefales en noe høyere utfôring siden det er mindre alternative matkilder. Fôrprisen er om lag 26–30 kr/kg og for en lokalitet brukes det 5–25 kg/dag.

Ifølge en informant vokser leppefisken ujevnt og relativt sakte. Selv om den har tilgang til fôr, går dette mest til vedlikehold, ikke vekst. Berggylt i vill tilstand vokser kanskje 1 cm per år, mens i oppdrett har den kanskje halve veksten. Dette er godt i samsvar med vekst som rapportert i Dipper *et al.* (1977) på 1–2 cm i året. Oppdretterne fokuserer på at kondisjonsfaktoren opprettholdes gjennom produksjonssyklusen, da dette er en god indikator på hvor godt man har ivarettatt velferden til fisken. En oppdretter indikerte at leppefisken øker rundt 10 % i vekt i løpet av prosessen. En annen oppdretter hadde gjort forsøk med å fôre bergnebb i egen merd i 30 dager. K-faktoren økte da kraftig, men den vokste lite i lengde. Oppdretteren anslo at ved 1–2 måneders oppfôring kunne vekten øke med 10–20 %, i all hovedsak som følge av økt kondisjonsfaktor.

Bruk av rognkjeks krever utstyr knyttet til fôring og skjul. Skjulene er med på å redusere svømmehastigheten hos laksen, slik at rognkjeks får bedre anledning til å beite på eventuelle lus. Det finnes forskjellige leverandører av begge deler. Basert på erfaringer fra en oppdretter antar vi at et skjul med tre blader har kapasitet til 23 000 rognkjeks og at det benyttes fire skjul per merd. I tillegg har man ett skjul i reserve. Bedriften regner med at varigheten for et skjul er tre år.

Skjulene må vaskes for å fjerne organismer som gror på disse. Noen oppdrettere vasker disse selv, mens andre benytter eksterne leverandører. Vaskeintervallet vil variere med begroingen, men kan være hver fjerde uke mens rensefisken er i sjøen. Tid med rognkjeks avhenger av produksjonsstrategien, men med en produksjon der man har rognkjeks fra april til slakting i oktober vil dette si vasking om lag 5 ganger i løpet av en produksjonssyklus.

Det finnes flere typer fôringsautomater, spesielt automater som står ved hver merd og en sentralfôringsenhet med lufttrykk. Førstnevnte krever en per merd med tillegg av vannpumpe, slange og innerdel. Levetiden er usikker, vi forutsetter i beregningene en levetid på 6 år. Selv om den faktiske levetiden kan være mye lengere utvikles det stadig nyere og mer effektive modeller av utstyr slik at erstatning av utstyret likevel er økonomisk hensiktsmessig.

Fôring, kontroll og røkting av rensefisken og tilhørende utstyr er arbeidskrevende. Det er samlet inn anslag på arbeidsbehovet fra lokalitetsledere. Dette er krevende å estimere, men disse melder generelt om at det kreves en ekstra person på anlegget som følge av hold av rognkjeks. Tidligere var det vanlig med to personer per skift på en lokalitet, nå er det gjerne tre. Det er kommet til flere arbeidsoppgaver de senere årene, både som følge av regelendringer og rutiner. Blant annet er det ikke lengre tillatt å arbeide alene på en lokalitet. Da kan det bli svært problematisk for driften å bare være to i utgangspunktet. Dette indikerer at det kan være flere forhold i tillegg til rognkjeks som har bidratt til den økte bemanningen. Vi velger likevel å benytte estimatet fra driftslederne i de videre beregningene. Årsverkkostnaden setter vi til 850 000 kr.

I utgangspunktet lar oppdretterne rensefisken bli i merden til slakting. Håndtering medfører stress og man kan ødelegge dynamikken mellom rensefisken og laksen. Ved en del tilfeller må rognkjeks tas ut. Dette kan være for å unngå at det er for stor størrelsesforskjell mellom nyutsatt og eldre fisk. Eksempelvis dersom det er tilsatt rognkjeks på høsten og laksen skal stå så lenge at det er behov for nyutsatt rensefisk til våren. Dette er velferdsmessig problematisk å drive utfisking vinterstid med lave sjø- og lufttemperaturer.

Plass til skjul kan bli en begrensning i en merd, da det er mye annet utstyr som også krever plass. Dersom det oppstår plassmangel i form av tilgjengelig skjul kan det bli aktuelt å fiske ut den største andelen av rognkjeks. Stor størrelsesforskjell i gruppen av rognkjeks kan føre til problemer med aggressivitet.

Ved badbehandling mot eksempelvis lakselus må også rognkjeks fises ut. Dersom behandlingen skjer i brønnbåt kan man samle rognkjeks i, eller nært, skjulet med fôring og trekke skjulet mot kanten av merden. Deretter kan det settes en avkastnot rundt dette for å unngå at rognkjeks suges inn i slangen til brønnbåten.

Ved presenningsbehandling samles rognkjeks og tas ut av merden og overføres til en separat merd eller i kar. Dette kan gi oksygenproblematikk og håndteringsdødelighet. Hvor ofte dette skjer varierer betydelig mellom lokaliteter. Noen er ubehandlet gjennom en hel produksjonssyklus, mens andre kan ha opplevd flere behandlinger.

Det vil være forskjellig arbeidsbehov knyttet til de alternative metodene. I tillegg kan ikke arbeidsbåten benyttes til andre oppgaver. Lokalitetslederne estimerer en kostnad på 10 000 kr per utfisking. Dette på grunn av at andre oppgaver må utsettes eller gjøres på overtid. For enkelthets skyld antar vi at utfisking fra merd koster 10 000 kr. Leppefisk fises vanligvis bare ut når laksen i merden skal slaktes. Ved andre operasjoner settes det en sperrenot rundt leppefiskskjulene og så fises gjenværende rensefisk ut og settes i denne nota. For rensefisk som skal avlives benyttes Tricaine, som er svært kostbart, men det benyttes kun små mengder.

Vasking av oppdrettsnøtene må gjøres oftere ved bruk av rensefisk enn ellers. Det er vanskelig å fastslå bidraget fra rensefiskbruken ettersom det er betydelige lokale og temporale variasjoner. Det er vanlig å vaske nøter før utsett av rognkjeks, hver tredje uke fra april, deretter om lag annenhver uke når man har rensefisk. Uten rensefisk er det store variasjoner. I nord rapporterer en oppdretter at det vaskes gjerne i forbindelse med våroppblomstring og før større operasjoner som krever trenging av fisken, eksempelvis avlusing og slakting. Lokaliteter med ASC-sertifisering kan ikke bruke kobberimpregnering av nøtene, men er henvist til andre stoffer som er mindre effektive. Nettoeffekten av dette er usikker – frekvensen av vasking med rensefisk vil øke, men det vil også frekvensen uten rensefisk.

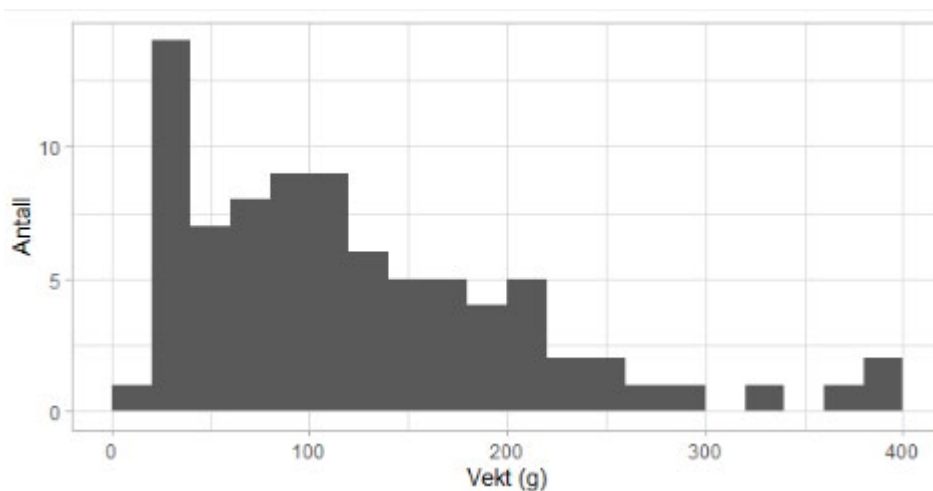
Vi antar at det gjøres 10 notvask med rognkjeks og 2 uten i løpet av en produksjonssyklus. Da har vi ikke hensyntatt behovet i forbindelse med avlusing og andre trengingsoperasjoner.

Det har i løpet av den senere tiden blitt opprettet flere selskaper som tilbyr notvasking som tjeneste. Det finnes derfor gode estimater for kostnaden forbundet med dette. Prisene har falt betydelig de senere årene etter en periode der tilbudet av disse tjenestene var lavt og i en oppskaleringfase. I nord var tilbudet relativt lite også på grunn av at få lokaliteter hadde rensefisk. Dagens priser er trolig i bedre samsvar med ressursbruken. Vi antar lokaliteten har 160m-merder og at det i gjennomsnitt vaskes 25 m dyp.

Ved utslakting av merder og lokalitet forsøker man generelt å fiske ut rensefisken før uttak av laksen. Da benyttes de samme metodene som beskrevet for behandling av laksen og med tilsvarende kostnader. Da avlives rensefisken og tilsettes i lokalitetens ensilasjesystem.

Ved utslakting av en merd på en lokalitet ble en del av rognkjeksene som ble fisket ut fryst og sendt til Nofima. Totalt var dette 83 fisk. Et histogram over størrelsesfordelingen på uttaket er vist i Figur 19. Det ble observert fisk mellom 20 og 384 gram. Fordelingen er forskjøvet mot små fisk. 14 fisk er mellom 20 og 40 gram og totalt 45 % var under 100 gram ved uttaket. Vi har ikke andre data over størrelsesfordelingen til rognkjeks ved utslakting tilgjengelig, men oppdretteren rapporterer også om stor variasjon. Stor variasjon skyldes delvis at det settes ut rognkjeks ved flere tidspunkt, samt at stor rognkjeks fiskes ut ved ulike anledninger.

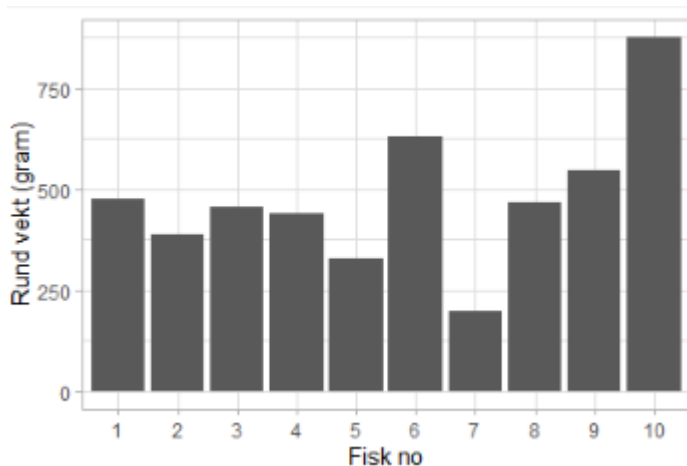
Ensilasje fra oppdrettslokaliteter hentes gjerne av eksterne aktører mot en kostnad på om lag 1,4 kr/kg.



Figur 19 Histogram over vekt på rognkjeks tilsendt Nofima ifm. utslakting av merd

Nofima mottok også uttak av berggyllt fra to lokaliteter. Det ene uttaket var sortert på små fisk og sees bort fra her. Det andre uttaket var mer tilfeldig, og vi antar dette gir et mer reelt bilde av størrelsesfordelingen i en merd som nærmer seg utslakting. Rund vekt for de 10 uttatte fiskene er vist i Figur 20. Tre av fiskene avviker betydelig fra gjennomsnittsvekten som er på 480 gram.



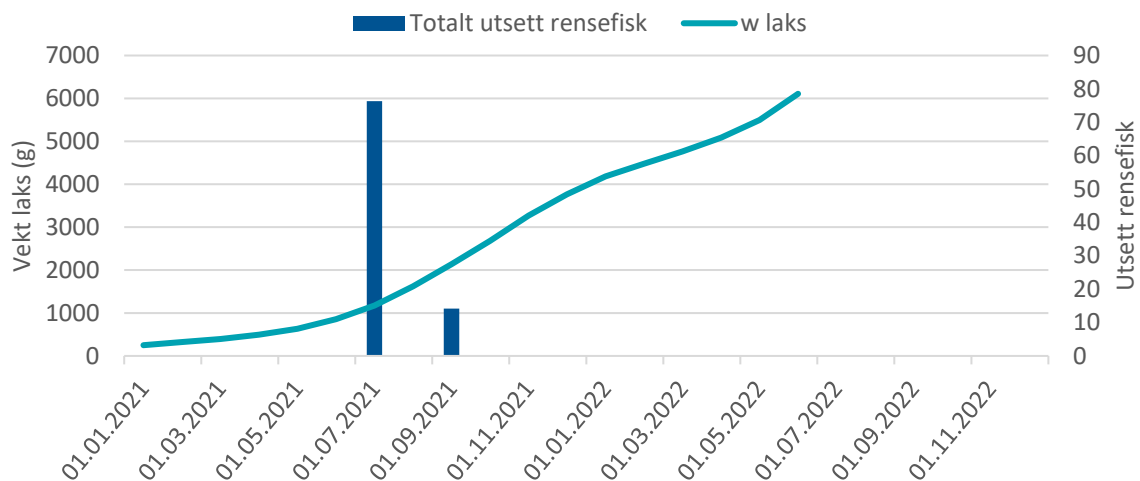


Figur 20 Rund vekt for uttak av berggyllt.

Selv om det fiskes ut rensefisk før laksen transporteres til slakteri følger det med en del rensefisk i brønnbåten som må håndteres på slakteriet. På slakteriet er det installert en sorteringsmaskin og elektrisitetsbedøver for rensefisk og villfisk som følger med brønnbåten, men spesielt rognkjeks kan sette seg fast eller havne utenfor sorteren og de må samles opp og manuelt overføres til bedøveren. En del stor rognkjeks passerer forbi sorteringsmaskinen på grunn av den runde formen og blir sortert ut av personellet som sørger for at laksen ligger i rett retning inn i produksjonslinjen. Av en informant på et slakteri ble det anslått at den totale arbeidsmengden knyttet til dette var om lag ett årsverk per år. Investeringene i el-bedøver var om lag 0,6 millioner kr. Om vi antar at slakteriet tar imot 65 000 tonn per år gir dette en arbeidskostnad på 0,01 kr/slaktet kg. Vi ser bort fra kapitalkostnadene, da disse blir relativt små.

Opplysningene i forrige delkapittel danner grunnlaget for en kostnadsberegning av bruken av rensefisk i dagens verdikjede. Her er nytten primært knyttet til rensefiskens effekt på lakselus. I neste delkapittel undersøkes det hvordan økonomien påvirkes ved alternativ anvendelse. Beregningene her gjøres for en tenkt lokalitet og en produksjonssyklus. Som nevnt vil bruken av rensefisk variere med hvilken utsettstrategi som er valgt for lakseoppdrettet. Vi tar derfor for oss flere alternative produksjonsstrategier. Forutsetningene og produksjonsstrategiene danner grunnlaget for en økonomisk modell av aktiviteten. Det benyttes en temperaturavhengig tilvekst fra Skretting og månedlige gjennomsnittstemperaturer basert på Tromsø regionen.

Vi har antatt at det velges en produksjonsstrategi med utsett av stor smolt på 250 gram i januar og med slaktning i juni påfølgende år. Vektutviklingen hos laksen og utsett av rensefisk i Modell 1 er illustrert i Figur 21 . Det settes ut om lag 1 million settefisk av laks i januar. Noe av laksen dør frem til utsett av rensefisk i juni, dermed settes det ut om lag 76 000 rensefisk. I september suppleres det med 14 000 rensefisk for å kompensere for dødelighet samt bringe andelen rensefisk opp til 8 %. I denne modellen antas det at rensefisken vil være effektiv mot lakselus gjennom hele perioden.



Figur 21 Vekt laks og utsett av rognkjeks ved tidlig utsett av stor settefisk.

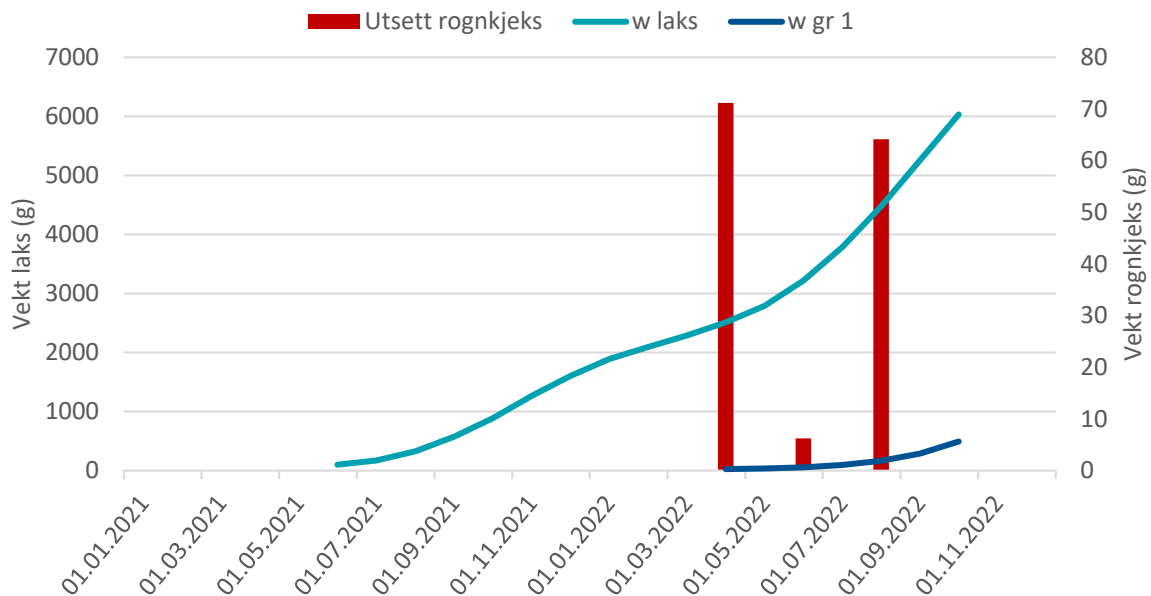
Kostnadene ved rensfiskholdet for modell 1 er oppsummert i tabell 12. De største kostnadspostene er innkjøp og røkting. Totalt er de modellerte kostnadene på 4,4 millioner kr. Med en modellert slaktevekt på 6,1 kg rund vekt og en total dødelighet på 7 % gir dette et slaktekvantum fra lokaliteten på 5 700 tonn. Dette gir igjen en modellert rensfiskkostnad per kg slaktet laks på 0,68 kr.

Tabell 12 Forutsetninger om antall og priser og sum kostnader for rensfiskhold Modell 1.

	Antall		Pris		Kostnad
Innkjøp	83,5	1 000 stk	19	kr/stk	1 586
Vaksine	100 %	andel av utsett	1,75	kr/stk	146
Brønnbåttransport	2	leveranse	100	1000 kr/leveranse	200
Arbeid mottak	8	t	450	kr/t	4
Røkting	1	årsverk	850	kr/årsverk	850
Fôr	5 343	kg	28	kr/kg	150
Vask not og skjul					960
Investeringer					186
Kapitalbinding	816	1 000 kr	5 %		41
Utfisking	10	ganger	10	1.000 kr/gang	100
Bedøvelse og annet			5 %		74
Ensilasje	67	Tonn	1,4	kr/kg	94
<b>Totalt</b>					<b>4 427</b>

Foregående del illustrerte utsett av rognkjeks når man setter ut stor settefisk i januar. Det er mer vanlig å sette ut en mindre settefisk i mai/juni som vil være slakteklar høsten om lag 1,5 år etter. Da vil det ofte ikke være behov for rognkjeks første høsten og første utsett av rognkjeks gjøres gjerne i april året etter utsett. Videre gjøres det suppleringsutsett for å kompensere for dødelighet av rognkjeks, samt at første utsett vil vokse seg for store til å spise lus i juni og august. Tilvekst hos rognkjeks varierer betydelig. Vi benytter en tommelfingerregel om at vekten dobles hver 6 uke om sommeren og hver 12 uke i den kaldeste perioden, hvilket betyr at utsett i april passerer 200 gram i august. Suppleringsutsettene vil

ikke passere 200 gram før rundt tiden laksen skal slaktes i oktober. Et antatt utsettsforløp for denne produksjonsstrategien er illustrert i Figur 22 .



Figur 22 Vekt og utsett laks og rognkjeks ved produksjonsstrategi vårutsett.

## 5.9.2 Alternative etterbruksområder

Initialt var det tenkt å undersøke alternative etterbruksområder som røyking, tørking, proteinpulver i tillegg til sløyd fisk, fersk eller frosset. Kompleksiteten og usikkerheten i både produksjonsprosessen og kostnadene forbundet med dette, samt lite informasjon om nytteverdien, selv fra fersk og frosset fisk medførte at vi har konsentrert oss om tilpasningene som er nødvendige i oppdrettsleddet og logistikken for rund fisk.

Markedstesten i prosjektet tok for seg relativt liten fisk og i et tidligere prosjekt ble porsjonsfisk med størrelse 400–600 gram trukket frem som en aktuell markedsstørrelse for markeder i Asia (Nytro *et al.* 2015). For berggyllt er kanskje det mest nærliggende alternativet å benytte denne som rensefisk på en ny lokalitet ettersom den opprettholder lusebeitingen. Ifølge en oppdretter er ikke dette eksplisitt forbudt, men kravene er svært utfordrende å tilfredsstille og ikke gjort så langt. Dette alternativet forfølges imidlertid ikke videre her.

## 5.9.3 Tilpasninger i verdikjeden ved alternativ etterbruk

Av ressurs hensyn velger vi å konsentrere de videre analysene om følgende etterbruksområder; salg av fersk og fryst rensefisk som matfisk til asiatiske markeder. Disse produksjonsformene vil kreve endringer i verdikjeden i form av aktiviteter og ressursbruk. Hvilke endringer som kreves er usikkert og lite empiri er tilgjengelig for å estimere ressursbruken ved de ulike aktivitetene. Dette betyr at resultatene og de økonomiske estimatene må tolkes med varsomhet og er mer egnet som utgangspunkt for diskusjon og synliggjøring av ressursbruk enn faktiske kostnader. Kvantifiseringen av nytte er også svært usikker, da vi bare har noen få indikasjoner på betalingsvillighet fra koreanske aktører. Hvordan salgsvardiene utvikler seg med en betydelig økning i tilbudet er også svært usikkert.

### Rognkjeks: Salg som matfisk fryst og fersk

En nærliggende mulighet er å selge rensfisk som matfisk. Dette gjøres med villfanget rognkjeks i dag. Det finnes dessverre liten kunnskap om de fleste aspekter ved markedets preferanser for rognkjeks. En ofte viktig variabel er størrelse, og dagens salg av rognkjeks til Asia er relativt stor fisk på flere kilo. Dette vil neppe være aktuelt for rognkjeks i første fase, og vi antar subjektivt at denne kan selges som porsjonsfisk med en størrelse på om lag 600 gram. Det er betydelig variasjon i størrelsen på rognkjeks i merdene, men en del av rognkjeks fra oppdrett vil være i denne størrelsesorden og kan sorteres ut og benyttes direkte i denne verdikjeden. En betydelig del av fisken er mindre enn dette. Vi antar imidlertid en produksjonsstrategi der det fiskes ut rognkjeks over 200 gram og der denne settes i en egen merd på lokaliteten der de føres opp til 600 gram og sendes med brønnbåt til slakteri for slakting, pakking og videre forsendelse. Vi antar at lokaliteten har en egen ledig merd til dette.

Det er vanskelig å fastslå hvordan det vil være rasjonelt å gjennomføre en slik produksjon og hvilke tilpasninger som vil være relevante. Det vil også være komplekse interaksjoner med den eksisterende verdikjeden – eksempelvis vil det å ta ut rognkjeks ved 200 gram sannsynligvis medføre redusert fôrforbruk i laksemerden og redusert arbeidsbehov og vask av skjul. Dette betyr at det vil være betydelig usikkerhet i beregningene. Dette og ressurs hensyn gjør at vi videre konsentrerer arbeidet rundt større kostnadsposter.

Vi antar derfor at anlegget fisker ut rognkjeks som passerer 200 gram og plasserer denne i en egen merd der den føres med et egnet fôr. Eksempelvis kan dette gjøres med laksefôr som både er billigere og gir raskere tilvekst enn rognkjeksfôr. Vi tar utgangspunkt i produksjonsplanen som illustrert i Figur 22. Her settes det ut rognkjeks i april, juni og august–september. Med vekstforutsetning som i vår modell vil førstnevnte passere 200 gram om lag i midten av august. De senere utsettene vil ikke passere 200 gram før laksen slaktes i oktober. Da er sjøtemperaturene fallende, noe som vil senke tilveksten hos rognkjeks og lokaliteten skal brakklegges. Vi antar derfor at disse gruppene ikke vil føres opp.

Første utsett av rognkjeks er på 8 % av et utsett av laks på 1 million, totalt 71 000 stk. Med et antatt svinn på 5 % per måned er disse blitt redusert til om lag 56 000 når 200 gram passerer og disse skal fiskes ut. Det er betydelig forskjell i tilveksten på rognkjeks, og noen vil være svært små. Oppdretterne sorterer ved noen anledninger ut stor rognkjeks, og har sorteringsutstyr som kan skille mellom stor og liten. Vi antar at det sorteres slik, og at den minste andelen destrueres og utgjør 25 % av totalen. Det vil gi 43 000 rognkjeks til oppfôring. Det er usikkert hvordan en slik utfisking vil kunne gjennomføres. Vi antar videre at utfiskingen uansett ville blitt gjennomført med samme ressursbruk, slik at denne prosessen ikke får noen betydning for kostnadene ved ny etterbruk. Faktisk vil kostnadene her være noe lavere, ettersom man ikke benytter middelet for avlivning av rognkjeks som man normalt bruker.

Vi antar rognkjeksens dobler vekten hver 6 uke, hvilket betyr at den vil vokse fra 200 til 600 gram i løpet av to måneder. Noe som passer godt med tidspunktet for når lokaliteten skal slaktes ut. Med en dødelighet på 5 % per måned vil det være 39 200 rognkjeks igjen. Estimer for overlevelse er basert på en undersøkelse om velferd av rensfisk gjennomført av Mattilsynet i 2018–2019. Ifølge resultater fra undersøkelsen er dødelighet hos oppdrettet rognkjeks i snitt 15 % første måneden og totalt 26 % dødelighet tre måneder etter utsett. Gjennomsnittlig dødelighet i løpet av en produksjonssyklus er 64 %.

Vi legger til grunn en økonomisk fôrfaktor på 1 for rognkjeks under oppfôring (basert på data fra Imsland *et al.*, 2019) og en pris for fôret på 14 kr/kg basert på informasjon fra oppdretter. Dette betyr at ett kilo tilvekst har en direkte fôrkostnad på 14 kr. Samtidig er det klart at denne fisken ville spist en del rognkjeks- og/eller laksefôr om den ble værende i laksemerden. Det er vanskelig å anslå den faktiske effekten av dette, og det er dermed ikke hensyntatt i de videre beregningene. Det totale fôrforbruket for de to månedene er, med basis i vekt og antall, estimert til 16,7 tonn.

Videre antar vi at 0,1 ekstra årsverk går med til røkting av fisken under oppfôring. Det kreves fire skjul, som beskrevet tidligere, og en fôrautomat som antas å koste 75 000 kr og har en levetid på 10 år. Det antas at en frigjort laksenot kan benyttes uten ekstra kostnad. Forbruk av diverse utstyr og forbruksmateriell forutsettes å koste 25 000 kr.

Rognkjeks må slaktes som oppdrettsfisk. Dette betyr primært at den må bedøves, avlives og blodtappes etter forskriftene. Dette vil være en viktig alternativkostnad. Bedøving må i dag gjøres når

rognkjeksens avlives, slik at dette ikke vil være en direkte tilleggskostnad, men den faktiske differansen vil avhenge av hvordan dette kan gjennomføres. Bedøving og avliving av laks gjøres i dag både på slakteri og ved merdkant med såkalte «bløggebåter». Dersom det utvikles metoder for bedøving og avliving ved merdkanten vil dette trolig være kostnadsbesparende for rognkjeks og annen rensefisk. Vi har imidlertid antatt at rensefisken sendes til et godkjent slakteri i brønnbåt. Brønnbåttransporten antas å kunne gjøres med tilsvarende brønnbåt som fraktet fisken til lokaliteten. En slik relativt liten brønnbåt koster gjerne 2 000 kr per time. Avstanden til slakteriet og inntransporten til lokaliteten vil påvirke den endelige kostnaden. Dersom vi antar at turen totalt tar ett døgn blir dette en kostnad på 48 000 kr.

Klargjøring til brønnbåttransporten medfører opptak av utstyr og trenging av rensefisken. Det er usikkert hva dette vil kreve av ressurser. Vi antar at siden mengden rognkjeks nå er betydelig større og med større biomasse at dette koster det dobbelte av en utfisking, altså 20 000 kr.

Innfrakt og slakting/pakking av laks kostet i gjennomsnitt 3,7 kr/kg (Fiskeridirektoratet, 2020a). Dette er imidlertid en prosess som er optimalisert over tid og tilpasset en stor mengde fisk og ikke minst en stor fisk på 5–6 kg. Rognkjeksens vil ikke ha stordriftsfordelene som laks har og er vanskeligere å sløye (Nytrø *et al.*, 2015). De faktiske kostnadene for slakting og pakking er vanskelig å estimere ettersom det ikke finnes slakterier godkjent for rensefisk eller prosedyrer for slaktingen. Produksjonslinjene for slakting og pakking av laks kan ikke brukes for rensefisk. Derfor vil det være behov for ombygging og tilrettelegging av produksjon på slakteriet, noe som krever betydelig investering. Kostnadene vil også være avhengig av hvordan prosessen kan gjennomføres, for eksempel, om fisken må bløgges, sløyes, pakkes individuelt, hva slags pakke som skal brukes, størrelse og annet. Produksjonsprosessen må bestemmes i dialog med Mattilsynet og det må søkes om godkjenning av slakteriet for prosessering av rensefisk. Mengden fisk som skal slaktes har også stor betydning for hvor rasjonelt man kan gjennomføre prosessen. Slakting av et noe større parti torsk med pakking i relativt små esker kunne ifølge en informant koste i størrelsesorden 8–10 kr/kg. Om vi antar at rognkjeksens kan pakkes i større esker og man unngår sløying kan dette være et estimat på en høyst usikker kostnad. Vi forutsetter derfor videre en slakte- og pakkekostnad på 5 kr/kg.

Gjennomsnittlig utbytte fra rund til sløyd med hode var for fiskene som ble næringsmessig analysert av Nofima 81 %. Disse fiskene var fra 176 til 362 gram. Det var ingen klar trend mellom utbytte og størrelse. Vi forutsetter videre et utbytte på 85 %. Med de overnevnte forutsetningene gir dette en kostnad for fisk pakket i eske på 32,0 kr/kg sløyd med hode.

Fersk fisk til Asia krever flytransport. Vi antar at denne fisken kan sendes med tilsvarende fly som laksen til samme kostnad. Det var vanskelig for informantene å fastsette kostnadene for transporten ettersom dette avhenger av mange variabler. Med basis i informasjonen fra en informant med transporterfaring av mindre partier fisk, legger vi til grunn en pris på 15 kr/kg i flyfraktkostnad inklusiv transport som stykk gods til logistikkentral tilknyttet flyplassen. Det tilkommer også forsikring og eksportavgifter. Disse antar vi utgjør 1,2 % og beregnes normalt av salgsværdien, men her beregner vi dem basert på summen av kostnadene. Med disse elementene blir kostnaden mottatt i Asia 43,1 kr/kg. Det understrekes at disse anslagene bygger på en rekke usikre variabler. De faktiske kostnadene for frakt av rensefisk vil være avhengig av en rekke faktorer hvorav kvantum kanskje er den viktigste.

Rognkjeks blir i dag primært ensilert ved lokaliteten. I dag rapporterer oppdrettere at de betaler 1,4 kr/kg for at ensilasjeselskaper henter fisk fra deres lokalitet. Dersom en mindre del av rognkjeksens går til ensilasje vil besparelsen knyttet til dette representere en alternativinntekt for bruken som matfisk. Samtidig vil dødeligheten under oppføringen av rognkjeksens fra 200 til 600 gram medføre at en viss mengde ensilasje, som avhenger av når dødeligheten og svinnet finner sted og hvor stor andel som ikke tas opp gjennom dødfisksystemet. Vi antok en dødelighet på 5 % gjennom oppføringsfasen. For enkelthets skyld antar vi en gjennomsnittlig dødfiskvekt på 400 gram og at 25 % er svinn som ikke blir ensilert. I modellen for dagens drift er det antatt at sluttbiomassen av rognkjeks som ensileres er 8,6 tonn. I oppføringsalternativet er biomassen som ensileres beregnet til 1,3 tonn. Med en pris på 1,4 kr/kg representerer dette en spart kostnad på 10.000 kr.

Kostnadene ved produksjon og salg av fryst fisk vil i stor grad være lik produksjonen av fersk fisk. Det tilkommer frysekostnader, mens fraktkostnadene blir betydelig redusert. Med basis i informasjon fra en slakterileder antar vi en frysekostnad på 3 kr/kg og en fraktkostnad for fryst fisk på 2 kr/kg i

containertransport fra Norge til Asia og 0,3 kr/kg i innfrakt til containerhavn. Dette betyr at kostnaden levert Asia vil være 33,4 kr/kg. Tabell 13 oppsummerer kostnadene for fryst fisk.

Tabell 13 Forutsetninger og tilleggskostnader salg som matfisk fryst

Aktivitet	Antall		Pris		Kostnad (1 000 kr)	Kostnad (kr pr kg)
Fôring 200-600 gram	16,7	tonn fôr	14	kr/kg fôr	233	
Røkting	0,1	årsverk	850	kr/årsverk	85	
Forautomat	1	stk	75	1.000 kr/stk	8	
Not og merd						
Diverse utstyr, strøm etc					25	
Uttak					20	
Ensilasje	7,4	tonn	1,4	kr/kg	-10	
Brønnbåt					48	
Slakting og pakking	23,4	tonn	5	kr/kg rund vekt	117	
<b>Sum kostnad pakket</b>	<b>18,9</b>	<b>tonn</b>			<b>526</b>	<b>27,7</b>
Frysekostnad	18,9	tonn	3	kr/kg	57	
Frysecontainer	18,9	tonn	2,3	kr/kg	44	
Forsikring, ekspavgift			1,20 %	sum kostnad	8	
<b>Sum</b>					<b>633</b>	<b>33,4</b>

Som nevnt er det stor usikkerhet knyttet til mange viktige aspekter ved den modellerte etterbruken av rognkjeksene. På et overordnet nivå er det usikkert om en slik produksjonsform lar seg gjennomføre i praksis, når og hvor mye renseskjeks som er tilgjengelig for oppfôring vil variere. Finnes det ressurser i form av merder, personell, passende brønnbåter og ikke minst slakteri i rimelig nærhet. Disse faktorene er vanskelige å estimere og vurdere effekten av. Usikkerheten forbundet med parametre som benyttes i modellen kan belyses gjennom sensitivitetsanalyse. Blant annet er det benyttet biologiske parametre som beskriver vekst og dødelighet, og økonomiske parametre om ressursbruk og priser. Alle disse er viktige forutsetninger i modellen for kostnadsberegning.

I Tabell 14 har vi undersøkt hvordan resultatet endrer seg om vi legger til grunn andre verdier enn de som er lagt til grunn i våres analyse for et utvalg av parametrene. I modellen antok vi at 25 % av rognkjeksene ved utfiskingen ble sortert ut og ikke ble satt i merd for oppfôring. Hvis veksten hos rognkjeks er mer ujevn og en større andel sorteres ut vil antall fisk til oppfôring og slakting bli redusert. Siden mange av kostnadene er antatt å være faste vil dette medføre økte kostnader. I sensitivitetsanalysen øker enhetskostnaden med 13 % om utsorteringen øker med 100 %, fra 25 til 50 %. Dette betyr at kostnadene ikke er svært sensitive for denne variabelen. Dødeligheten mens rognkjeksene står i laksemerden er en annen verdi som er svært usikker og også vil påvirke mengden rognkjeks til oppfôring. Hvis vi antar at det er 10 prosentpoeng større dødelighet i første måned etter utsett, øker kostnadene noe, men bare om lag 3 %, igjen er ikke kostnadene svært sensitive for dette. Dødeligheten under oppfôring har betydelig større utslag på kostnadene. Ved endring av månedlige dødelighetsnivå fra 5 % til 15 %, øker kostnadene med 4,6 kr, eller 12 %. Hvor mye fisken vokser under oppfôring har man også lite erfaring med. Hvis vi legger til grunn en vekstøkning på 10%, senker det kostnadene noe, men bare om lag 2 %.

Slakting- og pakkekostnadene var usikre og ble blant annet påvirket av hvordan slakteprosessen og pakkingen kunne gjennomføres. Disse kan påvirke totalkostnadene sterkt. Dersom slaktekostnadene øker fra de forutsatte 5 til 8 kr/kg øker enhetskostnadene med 19,8 %. Disse parametrene ser dermed ut til å ha en større betydning.



Tabell 14 *Endringer i beregnet tilleggs kostnader for fryst rognkjeks (33,4 kr/kg) ved parameterendringer*

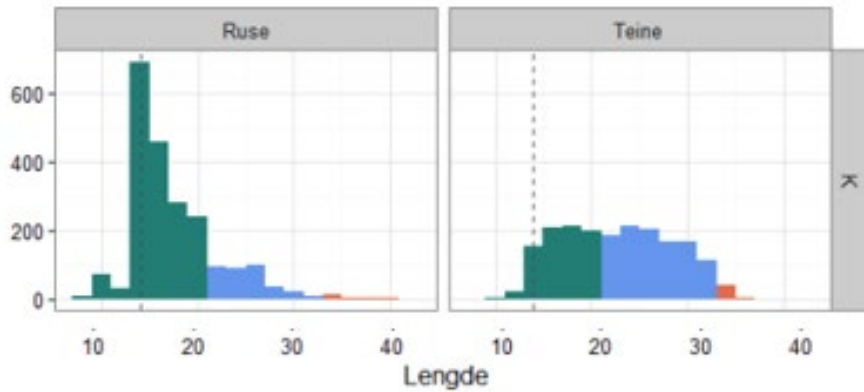
Parameter	Antatt verdi	Endret verdi	Kostnad, kr/kg	Endring i kostnad
Utsortert småfisk	25 %	50 %	38,6	13 %
Dødelighet i laksemerd	5 % per mnd	15 % første mnd	34,8	3,4 %
Dødelighet under oppföring	5 % per mnd	15 % per mnd	38,2	12 %
Vekst under oppföring	dobling av vekt hver 6. eller 8. uke	10 %	33	-1,8 %
Slaktning og pakking	5 kr/kg	8 kr/kg	41,9	19,8 %

#### Berggyllt: Salg som matfisk fryst og fersk

Av andre typer rensefisk som brukes i dag til avlusning, er berggyllt mest aktuell for bruk til matfisk. Vi valgte derfor å estimere tilleggs kostnader forbundet med etterbruk av berggyllt som matfisk i den grad det lar seg gjøre, basert på opplysninger fra én oppdretter, tilgjengelig litteratur og subjektive antagelser. Berggyllt kommer i dag fra både oppdrett og villfangst. Berggyllten vokser svært sakte og oppdrettet fisk settes inn i oppdrettsmerden ved en størrelse på om lag 40 gram. Vi anser det som lite aktuelt å selge eller videreföre berggyllt etter endt bruk i oppdrettsmerden. I fortsettelsen undersøker vi bare villfanget berggyllt. Denne kan da enten selges direkte fra oppdrettsanlegget eller videreföres en kortere periode ved anlegget før den slaktes. Det kan også tenkes at den selges til en ekstern aktör som tar den til en annen lokalitet for videreföring, og som vil medföre ytterligere kostnader. I vårt eksempel forutsetter vi at fisken holdes på lokaliteten.

På lokaliteter sør i landet brukes oftest en blanding av flere rensefiskarter. Det er som regel 5–10 % rensefisk i forhold til antall laks i merd, hvorav berggyllt kan utgjöre en liten andel. En informant estimerte dette til å kunne være 2–3 %, mens gjennomsnittlig utsatt andel berggyllt var 8,5 % basert på Fiskeridirektoratets data. Det er betydelige variasjoner, men generelt settes rensefisk ut i juli etter vårutsett av laks og står til laksen er slaktet påfølgende år. Vi antar i modellen et utsett laks på 1 million, med 10 % innblanding av rensefisk og at 8,5 % av denne er berggyllt, som da utgjör 8 500 berggyllt.

Størrelsesfordelingen på fisken som settes inn i merden vil ha stor betydning for fisken ved slutten av produksjonsprosessen. Vi har ikke funnet data over den faktiske størrelsesfordelingen som settes inn, men ifölge en informant er det stor variasjon mellom lokalitetene. Et fangstforsök med teiner og ruse på Sörlandet ga en lengdefrekvensfordeling for berggyllt som vist i Figur 23. Vi ser at det er en relativt uniform fordeling av størrelse, med haler i begge endene av fordelingen. Ifölge en informant er størrelsen på berggyllt noe mindre i den nordlige delen av bruksområdet. Vi forutsetter imidlertid i de viderere beregningene at fordelingen fra teineforsöket gjelder i vår modell. Vi antar videre at lengdevekt forholdet beskrives av  $0,016 \times L^3$ . Da vil den uniforme fordelingen variere mellom om lag 50 og 480 gram.



Figur 23 Frekvensfordeling av berggylt i ruse- og teineforsøk (Halvorsen et al., 2017).

Berggylt vokser svært sakte. Vekstkurven beregnet for villfanget berggylt av Dipper *et al.* (1977) predikerer 150 gr vekt ved alder 5 år. Vi har ikke funnet data om tilvekst i produksjonsprosessen eller under eventuell oppfôring. Lein (pers. medd.<sup>9</sup>) rapporterte om at oppdrettet berggylt i et forsøk hadde doblet vekten fra om lag 50 til 100 gram i løpet av 7 måneder ved optimal temperatur. Basert på dette, samt samtale med en oppdretter antar vi subjektivt at fisken vokser 10 % gjennom produksjonssyklusen og under oppfôringsperioden på 2 måneder antar vi at fisken legger på seg ytterligere 20 %. Det understrekes at dette er usikre antagelser. Dette gir en størrelsesfordeling etter oppfôring på 70–630 gram for de samme fiskegruppene som referert over.

Berggylt sendt fra en lokalitet til Nofima derimot var 480 gr i snitt (se Figur 20). Dette kan skyldes forskjellig opprinnelse av fisken og forholdene på lokalitetene. Med en slik forskjell i størrelse kan man se for seg to mulige etterbruksstrategier. En der man fôrer all berggylden opp i en kortere periode og en der man tar relativt stor fisk og sender direkte til slakteriet.

Ifølge Mattilsynet sin rapport er gjennomsnittlig dødelighet for berggylt 63 %. Død fisk og svinn erstattes ved flere anledninger frem til slaktetidspunkt. Antall fisk som tilsettes varierer og er usikkert. I modellen antar vi en overlevelse gjennom produksjonsprosessen på 50 %. Dette er usikkert, og det kan være store forskjeller i dødelighet mellom størrelser av fisk. Dersom det primært er små fisk som faller fra vil dette trolig være gunstig for økonomien. Vi har lite informasjon om størrelsesavhengig dødelighet og antar uniform fordeling.

Fisk som skal slaktes overføres gjerne fra en merd til en annen på samme lokalitet. Ved avslutning av lokaliteten fiskes gjenværende fisk ut, avlives og sendes til ensilasjetank. Selve utfiskingen vil koste det samme som om rensefisken destrueres eller skal settes i en merd for videre vekst. Å sortere ut berggylden fra den andre rensefisken vil imidlertid medføre en tilleggskostnad. Ettersom berggylden er større antar vi at sorteringen kan gjøres effektivt og med en ekstra tidsbruk på en time per merd, totalt 5 000 kr for hele lokaliteten.

Både ved oppfôring og for direkteforsendelse til slakteri kan rensefisk samles i en merd eller et kar. Der kan det brukes skjul som allerede er tilgjengelig på lokaliteten. Røkting vil kreve personellressurser. Dersom fisken står i 2–3 måneder til oppfôring antar vi det benyttes 0,5 månedsværk til dette. For oppfôringsalternativet vil fôr representere en tilleggskostnad. Vi vet imidlertid lite om fôring og vekst av berggylt. Vi antar at berggylt fôres med egnet tørrfôr etter at den er plassert i egen merd uten laks. Dersom fisken skal vekstfôres er det rimelig å anta at det bør fôres noe mer enn anbefalingen fra produsenten med 2,5 kg fôr per 10 000 leppefisk annenhver dag. For beregningene har vi antatt et fôrforbruk som bestemmes av den modellerte biomasseendringen multiplisert med fôrfaktor på 1.

<sup>9</sup> Ingrid Lein, forsker ved Nofima.

Siden biomassen er liten, vil transportkostnader for å frakte (oppfôret) fisk til slakteri bli mindre enn det som var beregnet for rognkjeks. Vi antar at transport skjer med et lite fiskefartøy til slakteri for 10 000 kr.

Slakting og pakkekostnader vil være svært usikre. Prosessen må godkjennes av Mattilsynet og det er ikke etablert rutiner for dette. Ifølge en informant godkjenner ikke Mattilsynet bruk av el-bedøver for leppefisk, og fisk som følger med til slakteriet avlives i dag med bedøvelsesmiddel. Informanten mente at det vil være spesielt kostbart å slakte og pakke en så liten fisk som berggyllt. Kostnaden vil som for rognkjeks avhenge av bedøving, bløgging, sløying og hvordan produktet skal pakkes. Vi antar videre at dette kan gjøres til en kostnad på 8 kr/kg, altså noe høyere enn for rognkjeks som følge av at fisken er noe mindre. Fryse og transportkostnader antar vi er som for rognkjeks, altså 3 kr/kg for frysing og 2 kr/kg for containertransport til Asia. For rognkjeks fant vi at flytransport av fersk fisk var svært kostnadskreven og vi behandler ikke dette nærmere her, men antar at den sendes markedet fryst.

Dersom berggyllten sendes til markedet i fryst tilstand, vil man slippe kostnadene til flytransport og inn til flyterminalen. Det påløper i stedet kostnader til containertransport og til containerhavn. Forutsetninger og kostnader er oppsummert i Tabell 15. Kostnadene i merdfasen er i all hovedsak knyttet til personellressursene ved røkting og uttak for slakting og er estimert til 42,8 kr/kg. Kostnadene til brønnbåttransport og slakting/pakking øker totalen til om lag 75 kr/kg sløyd vekt og inklusiv transport og andre eksportkostnader gir dette en total kostnad levert til Asia på 77,7 kr/kg.

Tabell 15 Forutsetninger og tilleggskostnader salg som matfisk fryst

Aktivitet	Antall		Pris		Kostnad (1 000 kr)	Kostnad (kr per kg)
Utfisking/sortering					5	
Fôring	0,23	tonn	20		5	
Røkting	0,5	månedsverk	70		35	
Diverse utstyr, strøm etc					5	
Ensilasje	1,0	tonn	1,4	kr/kg ensilasje	-1,5	
Uttak					10	
<b>Sum merdfase</b>					<b>58,5</b>	<b>42,8</b>
Brønnbåt					10	
Slakting og pakking	1,38	tonn	8	kr/kg rund vekt	11	
Frysekostnad	1,1	tonn	3	kr/kg sløyd vekt	3,3	
<b>Sum pakket</b>					<b>83</b>	<b>74,8</b>
Frakt	1,1	tonn	2	kr/kg	2,2	
Forsikring, ekspavgift		1 000 kr	1,20 %	sum kostnad	1	
<b>Sum</b>					<b>86</b>	<b>77,7</b>

Som størrelsesdataene i Figur 20 indikerte kan en andel berggyllt være store nok til å kunne selges som porsjonsfisk uten videre oppfôring. Dette kan kanskje praktisk gjennomføres ved en lokalitet som slaktes ut over en kort periode, og at det ikke benyttes personell til røkting og fôring av oppsamlet rensefisk. Vi antar at fôr, røkting og diverse kostnader fra tabellen faller bort. Samtidig faller mengden som er tilgjengelig for slakt til 1 tonn. Dette fører til at kostnadene i merdfasen faller til 12,9 kr/kg og kostnaden levert Asia faller til 43,8 kr/kg.

### Sensitivitetsanalyse

Tabell 16 viser noen eksempler på hvordan kostnadsberegningene påvirkes når forutsetningene endres. Her tar vi også biologiske parametere inn i sensitivitetsanalysen i tillegg til slaktekostnad. Det viser seg

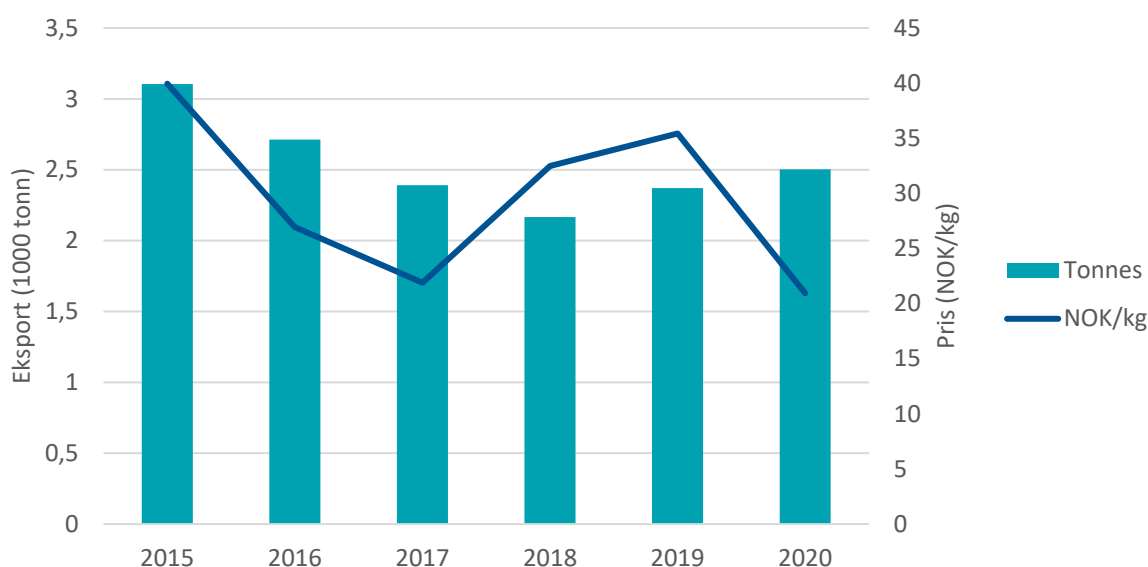
at kostnadene er ganske sensitive for endringer av verdiene, spesielt når det gjelder antall berggylt i forhold til laks i merd.

Tabell 16 Endringer i beregnet tilleggskostnader for fryst berggylt (77,7 kr/kg) ved parameterendringer

Parameter	Antatt verdi	Endret verdi	Kostnad, kr/kg	Endring i kostnad
Andel berggylt	8,5 %	3 %	211,2	62 %
Dødelighet i laksemerd	50 %	65 %	108,8	26 %
Dødelighet under oppføring	1 %	5 %	83,3	3,5 %
		30 %	109,1	21,1 %
Tilvekst i laksemerd	10 %	5 %	83,6	3,8 %
Tilvekst oppføring	20 %	10 %	85,1	5,5 %
Slakting og pakking	5 kr/kg	8 kr/kg	84,2	4,5 %

#### 5.9.4 Lønnsomhetsbetraktninger alternativ etterbruk

Prisen man kan oppnå vil være avgjørende for lønnsomheten i de alternative etterbruksområdene. Dessverre er det svært lite informasjon tilgjengelig om dette. Noen av de koreanske respondentene antydte at de kunne være villige til å betale 22–38 kr/kg for sløyd fisk. Samtidig rapporterte de at ferskhet var viktig. Det er usikkert om de her mente at fisken ikke kunne vært fryst tidligere. Til sammenligning rapporterer Nytrø *et al.* (*op cit*) om at islandske fiskere i 2012 fikk betalt opp mot 4,5 kr/kg for utgytt rognkjeks. Etter at Island innførte forbud mot utkast av rognkjeks i produksjonen av rogn, måtte aktørene intensivere innsatsen for å finne et marked (Jonmundsson, 2018). I all hovedsak selges den til Kina fryst (Jonmundsson, 2018). Eksportprisen fra Island for fryst rognkjeks er vist i Figur 24 og synes å være betydelig høyere enn de som er referert i Nytrø *et al.* (*op. cit.*). Det har vært betydelige variasjoner mellom om lag 40 og 20 kr/kg. Det kan imidlertid ikke gjøres en direkte sammenligning mellom denne fisken og porsjonsfisken fra vårt etterbruksscenario. Porsjonsfisken er vesentlig mindre i størrelse enn den islandske fisken som også er hodekappet med et snitt som kutter bort mye av buken. Dette betyr at gjenværende fisk har høyere verdi.



Figur 24 Eksportpris (FOB) fryst rognkjeks fra Island (Kilde: Statistics Iceland og valutakurser fra DNB).

Med estimerte kostnader i størrelsesorden 34 kr/kg for frossen rognkjeks synes dette alternativet å kreve at man finner markeder med noe høyere betalingsvillighet enn de som er skissert her. Vi har liten kjennskap om hvilken betydning størrelsen på fisken har. Den islandske eksporten er etter all sannsynlighet en vesentlig større fisk. Det er heller ikke beregnet noen margin for eksportør i våre kostnadsestimater. Disse forholdene trekker i retning av at man må finne andre markeder for å kunne oppnå lønnsomhet. Dette alternativet vil også være svært avhengig av at man finner et slakteri som både er godkjent for slakting av rognkjeks, har frysemuligheter, ikke ligger for langt unna lokaliteten og har kapasitet til å ta en slik mengde rognkjeks. Dette kan være vanskelig å finne, slik at en slik strategi kan være begrenset til bare noen lokaliteter, i alle fall på kort sikt. Dersom ikke fraktkostnadene til slakteriet skal bli svært høye kreves det at brønnbåten tar med hele produksjonen i en transport. Det er lite trolig at rognkjeks kan oppbevares i ventemerde hos slakteriet. I første rekke er det sjelden ledig kapasitet, og det vil være kostnadskrevende å hente ut rognkjeks i porsjoner fra ventemerden. Omstillingskostnadene på slakteriet vil også påvirkes negativt om det skal slaktes og pakkes i mindre porsjoner. Tilleggskostnadene man pådrar seg gjennom produksjonsprosessen er betydelige. En stor del av disse kostnadene vil også være faste – slik som røkting, utstyr og transport til slakteriet vil i liten grad endres om mengden fisk endres. Dette betyr at produksjonskostnadene vil være sensitive for mengde.

Det vil kanskje være mer nærliggende å benytte den andelen rognkjeks som allerede i dag kommer til slakteriet som ledd i en prøveproduksjon for å skaffe bedre kunnskap om betalingsvilligheten. Slakteriet rapporterte om at en mengde rognkjeks kommer med brønnbåten og må sorteres ut på slakteriet. Denne vil kunne fryses inn og benyttes til å skaffe bedre kunnskap om markedspotensialet. Fisken har også betydelig variasjon i størrelse, slik at den også kan gi informasjon om størrelsen er viktig for markedene.

Berggyllt har de høye tilleggs kostnader per kg knyttet til å tilgjengeliggjøre den for salg etter bruken som lusespiser i merden. Dette skyldes at mengden fisk som kan selges er relativt lite, og at kostnadene som påløper er relativt faste, spesielt knyttet til arbeidskraft og transport til slakteri. I tillegg til personellkostnadene på lokaliteten pådrar man seg betydelige kostnader til slakting og pakking. Transporten av fryst fisk til markedet er lite kostbar. I motsetning til rognkjeks har vi ikke funnet noen salgspriser med unntak av de som ble oppgitt av de koreanske informantene som gir grunnlag for vurdering av nytten og mulige salgsinntekter. For berggyllt var de estimerte kostnadene levert fryst i Asia på om lag 78 kr/kg. Vi har da antatt at man kan selge all berggyllt, også den som er svært liten. Det er rimelig å anta at små fisk vil være vesentlig mindre attraktiv og oppnå lavere priser om den kan selges i det hele tatt. Dersom man kunne sende berggyllt direkte til slakting uten noen røkte- og førkostnader ble kostnadene redusert til 44 kr/kg. Sammenlignet med respondentenes indikerte betalingsvillighet og sannsynligheten for at spesielt de små fiskene vil være lite attraktive synes det som man må finne markeder med høyere betalingsvilje for også denne fisken.

## 6 Hovedfunn i prosjektet

### 6.1 AP1. Gjenfangst

- Rognkjeks og leppefisk kan trenes, både individuelt og på gruppenivå, til å respondere på lyd- og/eller lyssignaler og flyttes til et gitt referansepunkt (utføringsplass).
- Læreperioden bør strekke seg over minimum 2-3 uker for å få god effekt.
- Signalresponsen huskes av fisken etter to ukers fravær av slike stimuli.
- Blå farge oppleves å ha sterkest effekt som både lys-stimuli og referansepunkt på rognkjeks.
- Lydsignal bør være i et lavfrekvent område (<1000 Hz) for å være sikker på at fisken oppfatter signalet.

### 6.2 AP2. Bedøvelse og avlivning

- Rensefisk lar seg bedøve innen 0.5 sekunder ved bruk av tørr-bedøving og i vann.
- Lengre eksponeringstid med kuldesjokk medfører økt dødelighet, men noen overlever.
- Lengre eksponeringstid og sterke feltstyrker er nødvendig for å sikre 100% dødelighet.
- EEG bør nyttes for å avklare om fisken gjenvinner bevisstheten under hele prosessen.
- Bruk av kvern etter elektrisk bedøving vil kunne sikre god dyrevelferd.

### 6.3 AP3. Etterbruk

- God kilde til B12 og D13-vitamin og god fettsyresammensetning.
- God proteinkvalitet.
- Prosessering rognkjeks utfordrende på grunn av form.
- Utfordrende å selge hel rensefisk til forbrukere i Sør-Korea på grunn av utseende, smak, konsistens på fiskene.
- Lusespiserhistorien oppfattes som ubehagelig av respondentene i Sør-Korea.
- Gjennomgang at regelverket som omfatter rensefisk består av mange lover og forskrifter. Til tross for dette har det blitt stilt spørsmål ved bærekraften i leppefisket og velferden til rensefisken, noe som skaper usikkerhet for om et marked for etterbruk av rensefisk skal kunne oppstå.
- Lønnsomhet
  - Det er betydelig usikkerhet i hvordan rensefisken kan utnyttes. I nytte-kostnadsanalysen har vi modellert strategier der rensefisken samles opp i en egen merd og føres opp i en kortere periode for så å transporteres til slakteri for avlivning og pakking. Vi har undersøkt salg fryst til konsummarked i Asia, da flyfrakt av fersk fisk er svært kostbart.
  - Den modellerte etterbruken for **rognkjeks** har en betydelig mengde rognkjeks som oppføres. Dette gir kostnader til fôr og røktning. Det er også antatt betydelige kostnader til transport til slakteri og slakting/pakking. Ferdig pakket er enhetskostnadene modellert til 32 kr/kg.
  - Den modellerte etterbruksstrategien for **berggyllt** gir svært høye enhetskostnader, primært som følge av liten mengde fra hver lokalitet, betydelig grad av faste kostnader i de videre leddene i verdikjeden og høye slakte- og pakkekostnader.
  - Leveranser av fersk fisk vil være problematiske på grunn av høye flyfraktkostnader og utfordringer med å selge større kvanta til lønnsomme priser. Fryst distribusjon og salg har vesentlig lavere kostnader for begge artene.



- Svært lite informasjon er tilgjengelig, både om kostnader og verdipotensiale. Mer informasjon kan kanskje genereres gjennom utnyttelse av mengden renseskjold som i dag kommer til slakteriet.

## 7 Referanser

- Akvakulturdriftsforordningen (2008). Forskrift om drift av akvakulturanlegg (FOR-2008-06-17-822).
- Anders N., B. Roth, E. Grimsbø & M. Breen (2019). Assessing the effectiveness of an electrical stunning and chilling protocol for the slaughter of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *PLoS ONE*, 14:9, e0222122. <https://doi.org/10.1371/journal>
- AOAC International. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 21 ed. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>
- Asche, F., H. Eggert, E. Gudmundsson, A. Hoff & S. Pascoe (2008). Fisher's behaviour with individual vessel quotas—over-capacity and potential rent: five case studies. *Marine Policy*, 32:6, pp. 920–927.
- Bergek, A. & S. Jacobsson (2003). The emergence of a growth industry: a comparative analysis of the German, Dutch and Swedish wind turbine industries. In *Change, Transformation and Development*, Metcalfe, J.S. & U. Cantner (Eds.). Physica Verlag, pp. 197–227.
- Biomar (2020). Biomar. Retrieved 02.09.2020 from <https://www.biomar.com/no/norway/produkter-og-arter/renefisk/rognkjeks/>
- Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, L364/365-324 (2006). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF>
- Commission Regulation (EU) No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in foodstuffs, L320/318-323 (2011). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0018:0023:EN:PDF>
- Commission Regulations (EC) No 152/2009 of 27 January 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed, L54/51-130 (2009). [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2009:054:FULL&from=EN%20UR-Lex%20-%20L:2009:054:TOC%20-%20EN%20-%20EUR-Lex%20\(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2009:054:FULL&from=EN%20UR-Lex%20-%20L:2009:054:TOC%20-%20EN%20-%20EUR-Lex%20(europa.eu))
- CSN EN 16190. Soil treated biowaste and sludge - Determination of dioxins and furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls by gas chromatography with high resolution mass selective detection. (2018). European standards. <https://www.en-standard.eu/csn-en-16190-soil-treated-biowaste-and-sludge-determination-of-dioxins-and-furans-and-dioxin-like-polychlorinated-biphenyls-by-gas-chromatography-with-high-resolution-mass-selective-detection-hr-gc-ms/>
- Damodaran, S. (2008). *Amino Acids, Peptides, and Proteins*. In *Fennema's Food Chemistry*. (4 ed.). Damodaran, S., K.L. Parkin & O.R. Fennema (Eds.). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Daskalova A.H., M.B.M. Bracke, J.W. van de Vis, B. Roth, H.G.M. Reimert, D. Burggraaf & E. Lambooij (2016). Effectiveness of tail-first dry electrical stunning, followed by immersion in ice water as a slaughter (killing) procedure for turbot (*Scophthalmus maximus*) and common sole (*Solea solea*). *Aquaculture*, 455, pp. 22–31
- Davenport, J. (1985). Synopsis of biological data on the lumpsucker, *Cyclopterus lumpus* (Linnaeus, 1758). Food & Agriculture Org.
- Deltakerforordningen (2021). Forskrift om å delta i kystfartøygruppens fiske og enkelte andre fiskerier for 2021 (FOR-2020-12-16-2907).
- Digre H., U. Erikson, E. Misimi, B. Lambooij & H. Van De Vis (2010). Electrical stunning of farmed Atlantic cod *Gadus morhua* L.: a comparison of an industrial and experimental method. *Aquaculture research*, 41, pp. 1190–1202.
- Dipper, F.A., C.R. Bridges & A. Menz, (1977). Age, growth and feeding in the ballan wrasse *Labrus bergylta*. *Journal of Fish Biology*, 11:2, pp. 105–120.
- Durmuş, M. (2018). Fish oil for human health: omega-3 fatty acid profiles of marine seafood species. *Food Science and Technology*, 39: suppl 2, pp. 454-461. <https://doi.org/10.1590/fst.21318>

- EFSA, (2004). Welfare aspect of animal stunning and killing methods. Scientific report of the scientific panel of animal health and welfare on a request from the commission related to aspects of animal stunning and killing method. EFSA-AHAW/04-027, Brussels, EC, 241.
- EFSA AFC Panel (2008). Safety of aluminium from dietary intake - Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC). EFSA Journal, 6:7. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.754>
- EFSA (2009). Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed Atlantic salmon Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. The EFSA Journal (2009) 2012, pp. 1–77.
- EFSA 2009. Species-specific welfare aspects of the main systems of stunning and killing of farmed turbot Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. The EFSA Journal (2009) 1073, pp. 1–34. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1073>
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies). (2014). Scientific opinion on dietary reference values for niacin. EFSA Journal, 12:7, 3759. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3759>
- EFSA NDA Panel (Panel on Nutrition Novel Foods and Food Allergens). Turck, D., J. Castenmiller, S. de Henauw, K.I. Hirsch-Ernst, J. Kearney, H.K. Knutsen, A. Maciuk, I. Mangelsdorf & H.J. McArdle (2019). Dietary reference values for sodium. EFSA Journal, 17:9, 191. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5778>
- EFSA (2004). Opinion of the Scientific Panel on Dietetic products, nutrition and allergies [NDA] related to the Tolerable Upper Intake Level of Vanadium. EFSA Journal, 2:3, pp. 1–22. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.33>
- EFSA (2017). Overview on the Dietary Reference Values (DRVs) for the European Union population as derived by the European Food Safety Authority Panel on Dietetic Products, Nutrition & Allergies (NDA) (Summary of Dietary Reference Values – version 4 (September 2017)). EFSA. [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/DRV\\_Summary\\_tables\\_jan\\_17.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/DRV_Summary_tables_jan_17.pdf)
- Eliassen, J.E. & O. Vahl (1982). Seasonal variations in biochemical composition and energy content of liver, gonad and muscle of mature and immature cod, *Gadus morhua* (L.) from Balsfjorden, northern Norway. Journal of Fish biology, 20:6, pp. 707–716.
- EN 12821:2009. Foodstuffs - Determination of vitamin D by high performance liquid chromatography - Measurement of cholecalciferol (D3) or ergocalciferol (D2) (CEN/TC 275). European Committee for Standardization. [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP\\_PROJECT,FSP\\_ORG\\_ID:27772,6256&cs=1D597F7B81605B657692E8499FFEB199E](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:27772,6256&cs=1D597F7B81605B657692E8499FFEB199E)
- EN 14122:2014. Foodstuffs - Determination of vitamin B1 by high performance liquid chromatography. (CEN/TC 275). European Committee for Standardization. [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP\\_PROJECT,FSP\\_ORG\\_ID:35371,6256&cs=16A0010D4EC5A335FFA820611D07D89FC](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:35371,6256&cs=16A0010D4EC5A335FFA820611D07D89FC)
- EN 14152:2014. Foodstuffs – Determination of vitamin B2 by high performance liquid chromatography. (CEN/TC 275). European Committee for Standardization. [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=CENWEB:110:::FSP\\_ORG\\_ID,FSP\\_PROJECT:6256,35372&cs=18B4038E3E617D97B66EBAA7588ABC51F](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=CENWEB:110:::FSP_ORG_ID,FSP_PROJECT:6256,35372&cs=18B4038E3E617D97B66EBAA7588ABC51F)
- EN 14663:2005. Foodstuffs – Determination of vitamin B6 (including its glycosylated forms) by HPLC. (CEN/TC 275). European Committee for Standardization. [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP\\_PROJECT,FSP\\_ORG\\_ID:22286,6256&cs=1508A6973E4266B34D137507A0BDC32DE](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:22286,6256&cs=1508A6973E4266B34D137507A0BDC32DE)
- EN 15652:2009. Foodstuffs - Determination of niacin by HPLC. (CEN/TC 275). European Committee for Standardization. [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP\\_PROJECT,FSP\\_ORG\\_ID:27776,6256&cs=1575593E5D0157E75CC20B786F8C76A52](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_PROJECT,FSP_ORG_ID:27776,6256&cs=1575593E5D0157E75CC20B786F8C76A52)
- Erikson U., B. Lambooij, U. Digre, H.G.M. Reimert, M. Bondø & H. van der Vis (2012). Conditions for instant electrical stunning of farmed Atlantic cod after de-watering, maintenance of unconsciousness, effects of stress, and fillet quality — A comparison with AQUI-S™. Aquaculture, 324–325, pp. 135–144.

- Espmark, Å.M.O., C. Noble, J. Kolarevic, G.M. Berge, G.H. Aas, S.A. Tuene, M.H. Iversen, H.I. Wergeland, L.-H. Johansen & E. Burgerhout (2020). Welfare in cleaner fish – operational welfare indicators (OWI) – RENSVEL. Revised edition of report 12/2019 (16/2020). Nofima [in Norwegian]. <https://nofima.no/en/publication/1809483/>
- FAO/WHO/UNU. (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43411>
- Fiebig, H.-J. & J. Lüttke (2003). Solid fat content in fats and oils - determination by pulsed nuclear magnetic resonance spectroscopy [C-IV 3g (2003)]. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105: 7, pp. 377–380. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200390076>
- Fiskeridirektoratet (2020a). Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2019.
- Fiskeridirektoratet (2020b). Forslag til regulering av fisket etter leppefisk i 2021.
- Fiskeridirektoratet (2021). Fangst av leppefisk. <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-av-leppefisk>
- Forskrift om IK-Akvakultur (2004). Forskrift om internkontroll for å oppfylle akvakulturlovgivningen (FOR-2004-03-19-537).
- Forskrift om krav til fartøy som skal fiske og føre fangsten levende (2005). Forskrift om krav til fartøy som skal fiske og føre fangsten levende (FOR-2005-12-22-1682).
- Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer (2013 ). Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer (FOR-2013-06-28-844).
- Forskrift om regulering av fisket etter leppefisk i 2021. (2020). Forskrift om regulering av fisket etter leppefisk i 2021 (FOR-2020-12-18-2969).
- Forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe PD hos akvakulturdyr (2017). Forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe pankreassykdom (PD) hos akvakulturdyr (FOR-2017-08-29-1318).
- Forskrift om utvidelse av akvakulturanlegg mv. (2008). Forskrift om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m (FOR-2008-06-17-823).
- Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen (2004). Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen (FOR-2004-12-22-1878).
- Foss, A., A.V. Nytrø & B. Roth (2017). Innfangning, avliving og tilrettelegging for etterbruk av rognkjeks – fra problem til ressurs: Forprosjekt. Sluttrapport FHF-prosjekt nr. 901235. 27 s.
- Guba, E.G. & Y.S Lincoln (1994). Competing paradigms in qualitative research. *Handbook of Qualitative Research*, 2, pp. 166–194.
- Grimsbø E., R. Nortvedt, E. Hammer & B. Roth (2014). Preventing injuries and recovery for electrically stunned Atlantic salmon (*Salmo salar*) using high frequency spectrum combined with a thermal shock. *Aquaculture*, 434, pp. 277–281.
- Grimsbø E., R. Nortvedt, B.T. Hjertaker, E. Hammer and B. Roth (2016). Optimal AC frequency range for electro stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 451, pp. 283–288.
- Halvorsen, K.T., R. Bjelland, T. Jørgensen & A.B. Skiftesvik (2017). Forsøksfiske for selektiv fangst av berggyllt. Rapport 8-2017, Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Hamre, K. & A. Mangor-Jensen (2006). A multivariate approach to optimization of macronutrient composition in weaning diets for cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture Nutrition*, 12:1, pp. 15–24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00377.x>
- Hamre, K., A. Nordgreen, E. Grøtan & O. Breck (2013). A holistic approach to development of diets for Ballan wrasse (*Labrus berggylta*) – a new species in aquaculture. *PeerJ*, 1, e99. <https://doi.org/10.7717/peerj.99>
- Havforskningsinstituttet (2020). Kunnskapsstøtte og råd for regulering av fisket etter leppefisk i 2021.
- Imsland, A.K., P. Reynolds, T.M. Jonassen, T.A. Hangstad, T.A. Elvegård, T.C. Urskog, ... & B. Mikalsen (2019). Effects of different feeding frequencies on growth, cataract development and histopathology of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.). *Aquaculture*, 501, pp. 161–168.

- ISO 12966-2:2011. Animal and vegetable fats and oils - Gas chromatography of fatty acid methyl esters – Part 2: Preparation of methyl esters of fatty acids. International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/standard/43172.html>
- ISO 14565:2000. Animal feeding stuffs — Determination of vitamin A content — Method using high-performance liquid chromatography. International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/standard/24065.html>
- ISO 17294-2:2016. Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes. International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/standard/62962.html>
- ISO 6867:2000. Animal feeding stuffs — Determination of vitamin E content — Method using high-performance liquid chromatography. International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/standard/13379.html>
- Jensen, I.-J., K.-E. Eilertsen, C.H.A. Otnæs, H.K. Mæhre & E.O. Elvevoll (2020). An Update on the Content of Fatty Acids, Dioxins, PCBs and Heavy Metals in Farmed, Escaped and Wild Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods*, 9:12, 1901. <https://doi.org/10.3390/foods9121901>
- Jensen, I.-J., R. Larsen, T. Rustad & E.-E. Eilertsen (2013). Nutritional content and bioactive properties of wild and farmed cod (*Gadus morhua* L.) subjected to food preparation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31:2, pp. 212–216. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.05.013>
- Jobling, M., O. Leknes, B.-S. Sæther & E.Å. Bendiksen (2008). Lipid and fatty acid dynamics in Atlantic cod, *Gadus morhua*, tissues: Influence of dietary lipid concentrations and feed oil sources. *Aquaculture*, 281:1-4, pp. 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.05.027>
- Johannesson, J. (2006). Lumpfish caviar: from vessel to consumer (485). Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/3/a0685e/a0685e00.htm>
- Jonmundsson (2018). Sjávurpendýr og fuglar sem meðafli í grásleppunet: Sjálfbærni grásleppuveiða og afturköllun MSC vottunar. Bachelor thesis, Haskólinn á Akureyri.
- Laksetilfelingsforskriften (2004). Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret (FOR-2004-12-22-1798 ).
- Lambooj, E., H. Digre, H.G.M. Reimert, G. Aursand, L. Grimsmob & J.W. van de Vis (2012). Effects of on-board storage and electrical stunning of wild cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) on brain and heart activity. *Fisheries Research*, 127–128, pp. 1–8.
- Lambooj, B., E. Grimsbø, H. Van de Vis, H.G.M. Reimert, R. Nortvedt & B. Roth (2010). Percussion and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture*, 300, pp. 107–112.
- Landingsforskriften (2014). Forskrift om landings- og sluttседdel (FOR-2014-05-06-607).
- Lines, J.A. & K. Spence (2012). Safeguarding the welfare of farmed fish at harvest. *Fish Physiol Biochem*, 38, pp. 153–162.
- Lorentzen, M., M.H. Berntssen & A. Måge (2001). Mineraler og Sporelementer. In Waagan, R., M. Espe, K. Hamre & Ø. Lie (Eds.). *Fiskeernæring* (pp. 126-139). Kystnæringen Forlag & Bokklubb AS.
- Lund, J. & A.C. Rustan (2020). Fatty Acids: Structures and Properties. In eLS. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0029198>
- Lynum, L. (2005). Videreforedling av fisk. Tapir Akademisk Forlag.
- Mandel, G. (2004). Gaps, Inexperience, Inconsistencies, and Overlaps: Crisis in the Regulation of Genetically Modified Plants and Animals. *William & Mary Law Review*, 45:5, 2167.
- Mattilsynet (2020) Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019 VELFERD HOS RENSEFISK.
- Mæland, A., I. Rønnestad, H.J. Fyhn, L. Berg & R. Waagbø (2000). Water-soluble vitamins in natural plankton (copepods) during two consecutive spring blooms compared to vitamins in *Artemia franciscana nauplii* and *metanauplii*. *Marine Biology*, 136:5, pp. 765–772. <https://doi.org/10.1007/s002270000280>

- Nordgreen, A.H., E. Slinde, D. Moeller & B. Roth (2008). Effect of Various Electric Field Strengths and Current Durations on Stunning and Spinal Injuries of Atlantic Herring. *J. Aquat. Anim. Health*, 20, pp. 110–115.
- Nordic Council of Ministers. (2014). Nordic Nutrition Recommendations 2012. Integrating nutrition and physical activity (Nord 2014:002). Nordic Council of Ministers. <https://www.norden.org/no/node/7832>
- Nordøy Sea AS (2015). Rognkjeks og Rognkall – mot koreanske ganer. Report to Innovation Norway.
- Nytrø, A.V., B. Roth, S. Fagerholt & A. Imsland (2015). Etterbruk av rognkjeks. Rapport:6837. Akvaplan-niva AS.
- Nøstvold, B.H., I.Kvalvik, G. Voldnes & A.R Jentoft (2016). Etterbruk av rognkjeks - Fra lusespiser til middagsmat. Rapport 43/2016, Nofima, Tromsø. [in Norwegian]. <https://nofima.no/en/publication/1397108/>
- Ólafsson, H.G., H. Einarsson, A.M. Jonsdottir & S. Haraldsson (2009). Fullnýting hrognkelsa (R-044-08). AVS [in Icelandic]. <https://biopol.is/files/webform/Fullnyting%20hrognkelsa.pdf>
- Olsen, R.L. (2017). Lipidkjemi : med vekt på fisk (4. utg. ed.). Norges Arktiske Universitetet [in Norwegian].
- Olsen, S.O., K. Toften, D.C. Dopico, A. Tudoran, & A. Kole (2008). Consumer Evaluation of Tailor-Made Seafood Products. In *Improving seafood products for the consumer*, Børresen, T. (Ed.). CRC Press.
- Paradis, M., R.G. Ackman, J. Hingley & C. Eaton (1975). Utilization of Wastes from Lumpfish, *Cyclopterus lumpus*, Roe Harvesting Operations: An Examination of the Lipid and Glue Potential, and Comparison of Meal with that from Nova Scotia-Caught Menhaden. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32:9, pp. 1643–1648. <https://doi.org/10.1139/f75-192>
- Porter M.E. (2001). The value chain and competitive advantage. In *Understanding Business: Processes* Barnes D (Ed.). London: Routledge.
- Powell, A., C. Pooley, M. Scolamacchia & C. Garcia de Leaniz (2018). Review of lumpfish biology. In *Cleaner fish biology and aquaculture applications*, Treasurer, J. (Ed.), pp. 98–121. 5M Publishing Ltd.
- Ranau, R., J. Oehlenschläger & H. Steinhart (2001). Aluminium content in edible parts of seafood. *European Food Research and Technology*, 212:4, pp. 431–438. <https://doi.org/10.1007/s002170000283>
- Reykdal, Ó., Þ. Ragnarsdóttir & G. Þórðarson (2012). Nýting og efnainnihald grásleppu/Utilization and composition of lumpfish. Rapport: 05-12. Icelandic Food and Biotech R&D, Matis. <https://matis.is/skyrsla/nyting-og-efnainnihald-grasleppu-utilization-and-composition-of-lumpfish/>
- Robb, D.H.F. & B. Roth (2003). Brain activity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) following electrical stunning using various field strengths and pulse durations. *Aquaculture*, 216, pp. 363–369.
- Roth B., E. Slinde & D.H.L. Robb (2007). Percussive stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and the relation between force and stunning. *Aquaculture Engineering*, 36, pp. 192–197.
- Roth B., D. Moeller & E. Slinde (2004). Ability of electric field strength, frequency and current duration to stun farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and pollock (*Pollachius virens*) and relations to observed injuries using sinusoidal and squarewave AC. *N. Am. J. Aquacult.*, 65, pp. 208–216.
- Roth, B., E. Slinde, A. Imsland & D. Moeller (2003). Effect of electric field strength and current duration on stunning and injuries in market-sized Atlantic salmon held in seawater. *N. Am. J. Aquacult.*, 65, pp. 8–13.
- Scientific Committee on Food, & Scientific Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (2006). Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. EFSA. [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa\\_rep/blobserver\\_assets/ndatolerableuil.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf)
- Sigurgísladóttir, S. & H. Pálmadóttir (1993). Fatty acid composition of thirty-five Icelandic fish species. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 70:11, pp. 1081–1087.
- Simopoulos, A.P. (2008). The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental biology and medicine*, 233:6, pp. 674–688. <https://doi.org/10.3181/0711-MR-311>
- Skretting (2021). Retrieved 04.05.2021 from <https://www.skretting.com/siteassets/local-folders/norway/product-features/clean-brochure-2019-28-10-19-lowres.pdf?v=4aeb63>



- Sunstein, C. (2000). Cognition & cost-benefit analysis. *Journal of Legal Studies*, 29:2, pp. 1059–1103.
- Þórðarson, G., P.G. Pálsson, J. Vang & L.D. Schoenemann-Paul (2018). West Nordic Fisheries: Utilization of rest raw material (NA2018:908). Nordisk Council of Ministers. <http://dx.doi.org/10.6027/NA2018-908>
- Tvrzicka, E., L.-S. Kremmyda, B. Stankova & A. Zak (2011). Fatty acids as biocompounds: their role in human metabolism, health and disease-a review. part 1: classification, dietary sources and biological functions. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacky, Olomouc, Czech Republic*, 155:2. <https://doi.org/10.5507/bp.2011.038>
- van de Vis, H., S. Kestin, D.H.F. Robb, J. Oehlenschläger, B. Lambooij, W. Münkner, Kuhlmann, K. Kloosterboer, M. Tejada, A. Huidobro, H. Otterå, B. Roth, N.K. Sørensen, L. Akse, H. Byrne & P. Nesvadba (2003). Is humane slaughter of fish possible for the industry? *Aquacult. Res.*, 34, pp. 211–220.
- Volda University College, Møreforsking, The Norwegian Fishermen's Association, Surofi & Å.H. School, (2021). Korrekt fangstbehandling om bord i fiskefartøy. Chapter 5. Cutting. Ulstein Media. Retrieved 04.05.2021 from <http://fangstbehandling.no/kapping/index.php%3Flang=eng.html>
- Vyas, P., A.A. O'Kane & D. Dowell (2012). Determination of Vitamin B12 in Infant Formula and Adult Nutritionals by Surface Plasmon Resonance: First Action 2011.16 (Test Kit Method). *Journal of AOAC International*, 95:2, pp. 329–334. [https://doi.org/10.5740/jaoacint.cs2011\\_16](https://doi.org/10.5740/jaoacint.cs2011_16)
- Ytrestøyl, T., T.S. Aas & T. Åsgård (2015). Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Aquaculture*, 448, pp. 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.023>

## 8 Leveranser

Lev.	Beskrivelse	AP	Type
1	Oppstartsmøte med prosjektgruppe og referansegruppe	1-3	Referat
2	Artikkel om bruk av attraktanter på rensefisk	1	Pop. vit. publ.
3	Presentasjoner fra prosjektet på lusekonferansen	1-3	Presentasjon
4	Møte i referansegruppe	1-3	Referat
5	Statusrapport FHF	1-3	Rapport
6	Storskala-test for bedøvelse og avliving	2	Rapport
7	Effektiv og optimal håndtering av rensefisk under prosessering og lagring	3	Protokoll
8	Strategisk, innovativ og realiserbar produktutvikling av rensefisk	3	Rapport
9	Artikkel om næringsinnhold hos rensefisk	3	Vit. publ.
10	Møte i referansegruppe	1-3	Referat
11	Presentasjoner fra prosjektet på lusekonferansen	1-3	Presentasjon
12	Artikkel på avliving av rensefisk	2	Pop. vit. publ.
13	Faglig og administrativ sluttrapport	1-3	Rapport