

# SLUTTRAPPORT FOR FHF PROSJEKT 901303

## OPTIMALT FISKE MED REKETRÅL

### NASJONAL SATSING FOR Å LØSE UTFORDRINGER MED BIFANGST I DET NORSKE REKEFISKET



Roger B. Larsen<sup>1</sup>, Bent Herrmann<sup>1,2</sup>, Manu Sistiaga<sup>3</sup>, Ólafur A. Ingólfsson<sup>3</sup>,  
Terje Jørgensen<sup>3</sup>, Wenche Emblem Larssen<sup>4</sup>

<sup>1</sup>UiT Norges Arktiske Universitet, <sup>2</sup> SINTEF Ocean AS,  
<sup>3</sup> Havforskningsinstituttet i Bergen, <sup>4</sup>Møreforskning AS,

Tromsø, 31.10. 2020



## FORORD

Denne rapporten er vår leveranse til oppdragsgivere Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) og Fiskeridirektoratet på prosjekt Optimalisering av fisket med reketrål. Prosjektet har vært finansiert av FHF og Fiskeridirektoratet med tilnærmet like andeler, samt egeninnsats fra Havforskningsinstituttet og UiT.

Prosjektet startet høsten 2016 og vi hadde en offisiell åpning av prosjektet med prosjektmøte og forsøk i modelltanken ved Nordøcenteret i Hirtshals i januar 2017. Under denne samlingen ble det diskutert mange løsningsforslag og styringsgruppen kom med konstruktive innspill. Mange av de foreslåtte tekniske løsningene har blitt testet gjennom de snart 4 årene som har fulgt. Det ble i mars 2019 lagt til en arbeidspakke nr 5 for å teste ut bruk av krepsespalte i Nordmørsristen, og forsøkene har av ulike årsaker også blitt videreført i andre halvdel av 2020. Verdien av fra resultatene som er oppnådd er i første rekke at man har dokumentasjon – fakta - på hvordan ulike systemer vil fungere i det praktiske fiskeriet. Det gjenstår ennå å analysere noen data fra forsøkene og utfyllende beskrivelser vil komme i form av flere toktrapper og publikasjoner.

Samarbeidet mellom forskningsmiljøene i Tromsø, Bergen, Trondheim og Ålesund har vært givende og de gode relasjonene har gitt opphav til spennende diskusjoner og praktisk samarbeid med utførelse av tokt og publisering av data. Samarbeid på forskningsfartøy og vellykkede forsøk med flere kommersielle fartøyer (de fleste representert i styringsgruppen) har vært inspirerende.

Vi er svært takknemlig for alle de gode samtalene og innspillene vi har fått gjennom møter og skriftlig tilbakemelding fra styringsgruppen og våre oppdragsgivere. Vi håper at rapporten i kortform eller i sin helhet kan komme brukerne til nytte.

Roger B. Larsen, Bent Herrmann, Manu Sistiaga, Olafur Ingolfsson,  
Terje Jørgensen og Wenche Emblem Larssen

Tromsø, Hirtshals, Trondheim, Bergen og Ålesund,  
31. oktober 2020

<b>INNHALDSFORTEGNELSE</b>	<b>SIDETALL</b>
Sammendrag og anbefalinger	3
Summary	6
1: Innledning	8
1.1: Bakgrunn for prosjektet	8
1.2: Bakgrunn for dagens reguleringer	9
1.3: Nordmørsrist – praktisk bruk og optimal effekt	10
1.4: Et kort historisk tilbakeblikk	12
1.5: Fangst av reker og kvoteråd for 2020	14
2: Problemstilling og formål	16
3: Prosjektgjennomføring	17
4: Resultater	20
4.1: Kortfattet presentasjon av resultater oppnådd i 2016	20
4.2: Kortfattet presentasjon av resultater oppnådd i 2017	32
4.3: Kortfattet presentasjon av resultater oppnådd i 2018	39
4.4: Kortfattet presentasjon av resultater oppnådd i 2019	41
4.5: Kortfattet presentasjon av resultater oppnådd i 2020	47
5: Hovedfunn og anbefalinger	48
6: Leveranser	49
Diverse vedlegg (fakta-ark, forside/sammendrag av publikasjoner og mastergradsoppgaver)	52

## Sammendrag

Forsøkene som er utført i dette prosjektet viser at det er store utfordringer ved å optimalisere fisket med rekestrål. Mange av teknikkene vi har dokumentert kan utnyttes til å forbedre seleksjon og energiforbruk i fisket. Forskjellene fra sesong til sesong, store geografiske ulikheter og fiskernes preferanser gjør det likevel vanskelig å lage en felles anbefaling for utnyttelse.

Med et bredt anlagt forskningsprosjekt har det primært vært en målsetting å fremme flåteleddets behov for å videreutvikle det selektive rekestrålfisket i norske farvann til en bærekraftig og lønnsom industri. Prosjektet har vært nært knyttet opp mot forvaltningen av fisket.

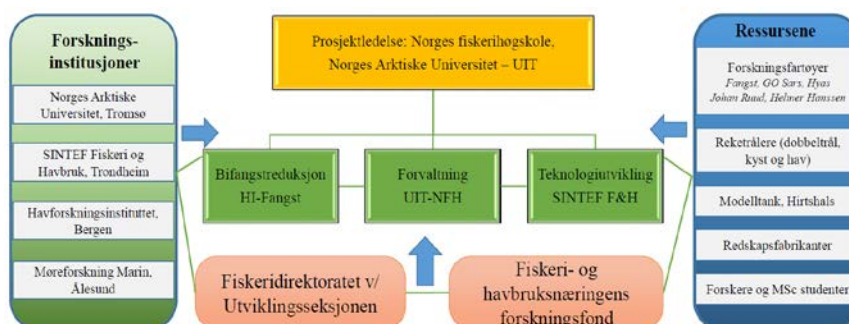
Hovedmålsetting har vært å optimalisere fisket etter reke med trål med fokus på å redusere uønsket bifangst generelt, redusere energiforbruk og undersøke overlevelse hos undermåls reker som har gått gjennom seleksjonsinnretningene. Delmål har vært:

- Utvikle teknologi som gir bedre utsortering av fiskeyngel fra regulerte arter.
- Utvikle teknologi som gir bedre utsortering på reker under minstemål.
- Utvikle kunnskap om effektene av snøkrabbe i seleksjonsinnretninger.
- Utvikle nye trålsystem som gir lavere energiforbruk ved endringer på trålkonstruksjon og grunntau.
- Undersøke overlevelse på reker som sorteres ut under fiske.
- Undersøke effektene av å anvende spalte i skilleristen for å fange sjøkreps effektivt.

Prosjektet har omfattet problemstillinger reist av fiskere fra både havfiskeflåten i nord og kystfiskeflåten langs hele Norges kystlinje. Selv om problemstillingene kan være ulike i de enkelte rekefiskerier, er mange av utfordringene som rekefiskerne arbeider daglig med også være sammenfallende. Prosjektgruppen har bestått av følgende personer:

- UIT v/Roger Larsen med hovedansvar for arbeidspakke 1 og 4.
- SINTEF F&H v/Manu Sistiaga/Bent Herrmann med hovedansvar for arbeidspakkene 2
- HI v/Olafur Ingolfsson med hovedansvar for arbeidspakke 3.
- Møreforskning Marin v/Wenche Larssen med hovedansvar for arbeidspakke 1- del 2.
- HI v/Terje Jørgensen med hovedansvar for arbeidspakke 5.

Opgavene i prosjektet har vært gjennomført som et nasjonalt prosjekt, der fiskere (næring v/Fiskeri og Havbruksnæringens forskningsfinansiering), forvaltning (v/Fiskeridirektoratet), redskapsfabrikanter, og fire forskningsmiljøer har samarbeidet for å innhente svar så effektivt og raskt som mulig. Prosjektet har blitt kvalitetssikret gjennom en styringsgruppe fra ulike deler av næringen. Prosjektet har blitt ledet av Norges fiskerihøgskole ved Universitetet i Tromsø og de ulike forskningsmiljøene har overlappet hverandre med praktisk gjennomføring og bruk av forskningsfartøyer og andre fasiliteter. Prosjektet har en egen [hjemmeside](#) hos UiT og FHF har opprettet en [prosjektside](#) (FHF 901303) hvor rapporter og annen informasjon kan lastes ned.



Styringsgruppen for prosjektet har hatt en bred sammensetning av representanter fra næring og redskapsindustrien. Gruppen har fortløpende kommunisert med prosjektledelsen via telefonmøter og epost, men det har også vært avholdt flere arbeidsmøter (workshops) for å diskutere framdriften og besørge at prosjektet holdt den kurs som forvaltning og næring er tjent med.

Navn	Bedrift	Område
Dag Olav Mollan	Katla	Kyst nord
Bjarni Petersen	Arctic Viking	Hav Nord
Martin Andsås	Sjøvik	Kyst Sør
Knut-Ove Øyra	Arctic Swan	Hav Nord
Frode Jensen	Tempofisk	Kyst Sør
Åsmund Breivik	Hermes	Hav Nord
Oddgeir Krag	Sara Karina	Kyst Nord
Øyvind Johansen	Svanesund	Kyst Sør
Gert Sandvik	Arctic Swan	Hav Nord
Jon Arne Larsen	Marina	Kyst Nord
Peder Asbjørn Pedersen	Skagerak Trål	Flekkerøy
Geir Mikalsen	Refa Vonin	Tromsø
Harald Lausund	Mørenot	Ålesund
Rita Maråk	FHF	Nasjonalt
Forskere	UIT/SINTEF/HI/MF	Nasjonalt
Dagfinn Lilleng	Fiskeridirektoratet	Nasjonalt

Prosjektet har hatt en referansegruppe bestående seksjonsleder Anne Kjos Veim (Fiskeridirektoratet), seniorforsker Eduardo Grimaldo (SINTEF Ocean AS) og professor Michaela Aschan (UiT). Kun i spesielle tilfeller har prosjektgruppen konsultert referansegruppen.

I løpet av prosjektperioden er det utført totalt 12 tokt med innleide reketrålere og 12 tokt med forskningsfartøy. I tillegg har det blitt utført kontrollerte forsøk i laboratorium. På bakgrunn av data som er opparbeidet fra disse forsøkene er det utarbeidet dokumentasjon i form 12 vitenskapelige publikasjoner (i anerkjente journaler) og minst ytterligere 5 er under publisering. Disse artiklene vil være viktige grunnlag for videre bilaterale forhandlinger om målsettinger og tekniske reguleringer i fisket etter reker. Prosjektet har i tillegg generert 3 mastergradsstudenter, det er skrevet 15 toktrapporter, det er holdt 16 konferansebidrag (nasjonalt og internasjonalt) og det er gitt 12 media-bidrag. En lang rekke med medhjelpere på hav og land har bidratt til å framskaffe resultatene. De mange møtene med styringsgruppen for prosjektet ga nyttige innspill til hva som burde testes og hvordan resultatene kunne utnyttes.

- Vi har fått dokumentert under forsøk fra felt nord av 62°N at dypvannsreker (*Pandalus borealis*) som sorteres ut av sekken under fiske viser stor evne til å overleve. Forsøkene ble utført i Troms og ved Svalbard. Resultatene er bekreftet med dypvannsreker som er fanget med trål utenfor Ålesund og undersøkt i laboratorium etter påvirkning av skillerist og maskesortering.
- I havrekefisket i Barentshavet og i Svalbardsonen er de største utforingene forbundet med bifangst av regulerte arter av fisk, særlig uer, blåkveite, torsk og hyse. Gapeflyndre, polartorsk og lodde skaper tidvis store praktiske problemer i fisket med bifangst og tilstopping av skillerist. Når f.eks. mange gapeflyndre ligger samtidig på ristflaten øker sjansen for å sortere ut også en betydelig andel av rekefangsten. Bifangst av snøkrabbe (i den nordøstlige del av Svalbardsonen) er ikke blitt rapportert som problem, men derimot er «fangst» av tapte teiner nevnt som et tilbakevendende problem.

- I fisket nord av 62°N er de største utfordringene i kystrekefisket forbundet med innblanding av fiskeyngel og i Varangerfjorden tap av de største rekene kombinert med bifangst av fiskeyngel. I noen av fjordene lengre sør (Troms og Nordland) vil også undermåls reker tidvis skape vansker for fisket. Også i denne delen av rekefisket vil bifangst av ikke-regulerte arter og søppel kunne skape utfordringer.
- I fisket sør av 62°N er de største utfordringene forbundet med undermålsreker og tilstopping av skillerist på grunn av tang/tare og søppel. Bifangst av regulerte arter (bl.a. øyepål) skaper tidvis utfordringer. Bruk av en 15 cm høy krepsespalte har vist å fungere hensiktsmessig for fangst av kreps. Krepsespalten gir imidlertid økt bifangst, særlig av haifisk og flatfisk, men reduserer ikke fangst av målarten, reke.

Mange av forsøkene har vist hva som kan bli effektene av å bruke tilleggs-anordninger til dagens tillatte seleksjonssystem som i hovedsak består av en skillerist med maksimalt 19 mm spileavstand og en maskevidde i sekken på minimum 35 mm. Mer inngående informasjon om de tekniske reguleringene og lokale tilpasninger finnes i [Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen](#).

Så lenge dette ikke hindrer eller reduserer trålenes seleksjonsevne, vil det ikke være noe hinder å bruke slike tilleggs-innretninger. Eksempel på slike innretninger kan være et silepanel i forkant av ristseksjonen, utslippshull bak skilleristen i sekkeforlengelsen, stormasket overpanel i trålbelgen og ristseksjon, og annet.

## Summary

The results from experiments made during the project period revealed several challenges in optimizing the Norwegian shrimp trawl fishery. Many of the techniques tested in this project can be used on a voluntary basis for improved selectivity and reduced energy consumption. The differences between seasons, areas in Norwegian waters and preferences between fishermen makes it complicated to create global recommendations on how to utilize the results.

The focus of this project has been improved selectivity and development of a cost-effective industry. The project has been linked to the management of the Norwegian shrimp trawl fisheries.

Main goals have been to optimize the shrimp trawl fishery by reducing unwanted bycatch in general, reduce the energy consumption and examine the survival rate of shrimps being sorting out by the selectivity devices during the capture process. Sub-goals were:

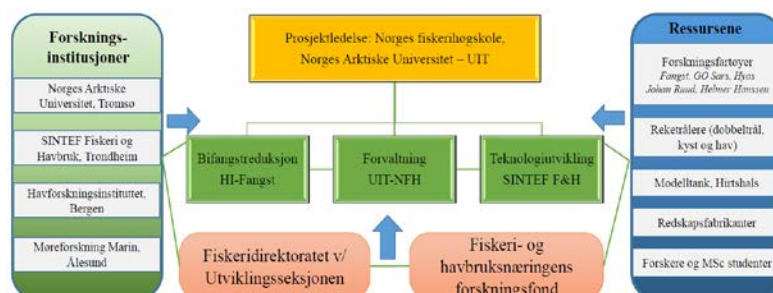
- Develop technology to improve the size selectivity on quota-regulated species of fish.
- Develop technology to improve the size selectivity on shrimps, focusing reduction on undersized specimen.
- Develop knowledge on the effect bycatch of snowcrab would cause for the mandatory selection devices.
- Develop trawl system (trawl design and footrope) to reduce energy consumption and carbon footprints.
- Examine survival rates on escaping shrimp during the fishing operation.
- Examine the effects of using a slot in the lower part of the mandatory grid to improve retention on Norway lobster (nephrops)

The project has been dedicated to questions raised by fishermen in the deep sea fleets and inshore/coastal fleets along the entire Norwegian coast. The project group comprised:

- UIT: Roger Larsen (main focus work-package 1, 2 and 4).
- SINTEF Ocean: Manu Sistiaga/Bent Herrmann main focus work-package (2 and 3)
- IMR: Olafur Ingolfsson (main focus work-package 3).
- Møreforskning: Wenche Larssen (main focus work-package 4).
- IMR: Terje Jørgensen (main focus work-package 5).

The effort of these work-packages has been conducted as a national project. Stakeholders like fishermen, the shrimp industry (represented by the Norwegian Seafood Research Fund -FHF), management (the Directorate of Fisheries) and fishing gear suppliers have co-operated throughout the project period with the four research institutes involved. The project was led by UiT the Arctic University of Norway and the research groups overlapped during the experiments.

A steering committee was selected from the stakeholders (fishermen and the industry) to assure the quality of the process. They held one or two meetings annually with the project organization (see map). A [webpage](#) was created and FHF has created a page in their project-base, i.e. [project page](#) (FHF 901303) from where reports and other outreach can be downloaded.



During the project period 24 research cruises were performed, whereof half of them with research vessels. Furthermore, controlled experiments (on shrimps) were made in a laboratory. Based on data from these experiments results are described in 12 peer reviewed publications and five more are under production. These papers will be important scientific documentation in further national and bi-lateral negotiations about the technical regulations of shrimp fisheries. The projects has produced three master degree candidates at UiT, it is written 15 cruise reports, held 16 national and international conference contributions and it has been produced 12 media-contributions. A number of participants on land and at sea have contributed to the project. The meetings with steering committee gave important and constructive input on what to test and how results could be utilized by the shrimp trawl fleets.

- It is documented during trials in areas north of latitude 62°N that deepwater shrimps (*Pandalus borealis*) passing between the bars of the Nordmøre grid and escape through the codend meshes survive at a high rate close to 70%. These findings were confirmed during laboratory tests (at Møreforskning, Ålesund).
- In the offshore shrimp fishery (i.e. in the Barents Sea and the Svalbard zone) the major challenges are bycatch of juvenile fish from quota-regulated species like redfish spp., Greenland halibut, cod and haddock). Bycatch of snowcrab in the northeast area of the Svalbard zone has not been reported or observed as a problem for the selective devices, but unintended capture of lost crab pots is reported as a recurring problem.
- In the inshore/coastal shrimp fishery north of 62°N the major challenges are made from bycatches of undersized fish (of regulated species). In a local fishery in the Varanger fiord area, the largest shrimp are sorted out by the mandatory grid. Experiments with larger bar-spacing in the grid showed that bycatch numbers of juvenile fish increased dramatically. In areas further west and south along the coast of Northern Norway, bycatches of juvenile fish, undersized shrimps and plastic garbage dominate the challenges.
- In the shrimp fishery south of 62°N the major challenges are made from bycatches of undersized shrimps and clogging of the grid face by seaweeds (and garbage) resulting in lost shrimps and fish. Bycatches of Norway and blue whiting cause problems during certain periods of the year. The use of a 15 cm high opening in the lower section of the mandatory Nordmøre grid to retain Norway lobster (nephrops) do not affect the shrimp catches, but it is shown to increase bycatches of shark and flatfish species.

Many of the trials at sea have documented the effect by adding additional modifications to the mandatory selective devices, i.e. a maximum bar spacing of 19 mm in the Nordmøre grid combined with a minimum mesh size of 35 mm in the codend. Further details on the technical regulations can be found in [Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen](#).

Without reducing the selective properties of the shrimp trawl, there is no restriction in adaption and use of such additional technical solutions. Examples of such devices are sieve panels in front of the grid section, fish release openings behind the grid, large mesh panels in the upper section of the trawl, etc.



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for prosjektet

Det har siden midten 2010-tallet vært stor interesse fra næringen for å få optimalisert fisket etter reker. FHF og Fiskeridirektoratet har over de senere år finansiert prosjekter på reketrål hvor det trengs oppfølging. I prosjekt-databasen til FHF finnes det for eksempel for årene 2015-2016 referanser til blant annet “Forsøk med seleksjonssystem med vekt på utsortering av små reker i Nordsjøen og Skagerrak og kystrekefisket i fjordområdene” (FHF-901100) og “Bifangstreduksjon i reketrål i Barentshavet” (FHF-901175) (Barentshavet).

For kystrekefisket nord for 62°N er utfordringen ofte for høy innblanding av fiskeyngel som ofte resulterer i at områder stenges for rekefiske. Fisket nord for 62°N domineres hovedsakelig av havreketralere som fryser fangsten om bord. Rekefisket i fjordene avtok dramatisk fram til tidlig 2000-tallet, og de fleste rekemottakene er lagt ned. I dag preges markedet av reker fra Lyngen, Kvæningen (Nord-Troms) og Varangerfjorden (Øst-Finnmark).

Som følge av skiftet i de sirkumpolare rekefiskeriene (særlig ved Newfoundland og vestsiden av Grønland) tyder mye på at havrekefisket i Barentshavet er på full fart tilbake igjen. På tross av økende årlige landinger fra det nordlige rekefisket utgjør landingene per i dag kun en tredjedel av kvantumet anbefalt av Det internasjonale rådet for havforskning (ICES). Imidlertid har bestanden på bl.a. nordøstatlantisk torsk nådd rekordhøye nivåer og høy innblanding av fiskeyngel skaper store utfordringer for rekefiskerne i Barentshavet. I henhold til gjeldende reguleringer om maksimal innblanding av fiskeyngel i rekefangster er resultatet ofte stenging av områder for rekefiske. Ifølge fiskerne er de største problemene skapt av svært strenge innblandingskriterier for rødfisk-arter (dvs. yngel av vanlig uer og snabel-uer). Polartorsk og lodde er tidvis typiske innslag i det i det nordlige rekefisket (særlig øst av Svalbard). Gapeflyndre er annen typisk bifangst-art som finnes over hele Barentshavet.

Fra 1. januar 2019 ble påbudet om bruk av rekerist utvidet til å omfatte hele området sør for 62° N, herunder også for fisket innenfor 4 nautiske mil. Etter nytt initiativ fra Fiskarlaget Sør ble det i samråd med Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet bestemt å gjennomføre en ny serie forsøk for å skaffe til veie mer omfattende data for hvordan krepsespalte påvirket nivået av bifangst i forhold til standard rist. Basert på disse forsøkene vil det så bli vurdert om det skal gis dispensasjon til bruk av krepsespalte i rekefisket innenfor 4 nautiske mil fra grunnlinjene.

Gjeldende bifangstregler for reketrål i norske farvann pr. 10 kg rekefangst er:

- 8 torsk (*Gadus morhua*),
- 20 hyse (*Melanogrammus aeglefinus*),
- 3 uer (*Sebastes spp*),
- 3 blåveite (*Reinhardtius hippoglossoides*),
- 10% i antall av reker (*Pandalus borealis*) under 15 mm karapaks lengde



Et utvalg av reker og yngel av torsk, hyse og uer som har passert mellom spilene i en 19 mm Nordmørsrist.

## 1.2 Bakgrunn for dagens reguleringer

I Norge skjøt arbeidet med utvikling av det selektive rekefisket fart tidlig på 1970-tallet<sup>1 2</sup>, og på midten av 1980 tallet kom skillenett i bruk<sup>3 4</sup>.

Gjennom flere møter i den Blandete norsk-russiske fiskerikommisjonen på slutten av 1980 tallet ble det fremmet forslag om å øke arbeidet med seleksjon i rekefisket. Norske havforskere mente at det økende rekefisket hadde medført betydelig bifangst og uheldig beskatning av yngel og ungfisk fra kommersielt viktige fiskeslag som torsk, hyse, sei og blåkkeite. Den russiske part var ikke uenig i dette, men mente at innsatsen burde fokusere mer på å få bukt med uheldig bifangst av uer. Kommisjonens krav og Fiskeridirektoratets engasjement i saken satte fart i utviklingen og det virkelige gjennombruddet kom våren 1989 og ved inngangen av 1990 var Nordmørsristen utviklet<sup>5</sup>.

I årene etter 1991 og fram til ca. 2004 ble det gjennomført en rekke forsøk i regi av Fiskeridirektoratet, Fangstseksjonen ved Havforskningsinstituttet, NTNU og Norges fiskerihøgskole ved Universitetet i Tromsø for å teste ut og dokumentere effektene av nye varianter av Nordmørsrister<sup>6</sup>. De viktigste forsøkene og konklusjonene fra disse forsøkene er gjengitt i tabell 1 under.

Tabell 1. Teknikker som ble utprøvd og dokumentert i rekefiske i løpet av perioden 1989 - 2005.

Forsøksopplegg	Konklusjon
Ulike design og fasonger av rister ( <u>rektangulære</u> , ovale, elliptiske, kvadratiske).	Rektangulær fasong mest brukt
Ulike materialer (aluminium, <u>stål</u> , HDPE, <u>PA</u> ).	PA og stål mest brukt i havrekefiske, mens noen ennå benytter aluminium i kystrekefiske.
Ulike spileavstander: 16-17- <u>19</u> -20-21 mm.	Lav spileavstand øker utsortering på fisk, men også på reker. For stor spileavstand øker bifangst av små fisk.
Ulike vinkler på rist ((50-) <u>45</u> -35-30-25 grader). (Forsøk utført langs vest-Svalbard).	Lavere vinkel ga bedret sortering på fisk, mens reketapet ikke ble høyere enn 1,3% i vekt selv ved 25 grader.
Ulike varianter av ledene og ledetunnel foran rist, eventuelt ingen ledetunnel.	Ingen ledetunnel vil øke utsortering av fisk, men også gi økt reketap.
Ulike distanser mellom ledetunnel og rist.	Økt avstand (mer enn 50 cm) øker utsortering på fisk.
Stormasket panel i deler av ristseksjonen.	Ingen klare resultater.
Stormasket panel i deler av overpanel bak rista.	Ingen målbare effekter.
Fjerning av nett over ledetunnel.	Fisk gis bedre sjanse til å unnsnippe, men ingen klare resultater.

<sup>1</sup> Rasmussen, B., Øynes, P., 1974. Forsøk med rekefiske som sorterer bort fisk og fiskeyngel. Fiskeridirektoratet, Særtrykk, Nr. 4, 1974.

<sup>2</sup> Thomassen, T & Ulltang, Ø. 1975. Report from mesh selection experiments on *Pandalus borealis* in Norwegian waters. ICES CM 1975/K:51.

<sup>3</sup> Karlsen, L. 1976. Experiments with selective prawn trawls in Norway, ICES CM 1976/B:28

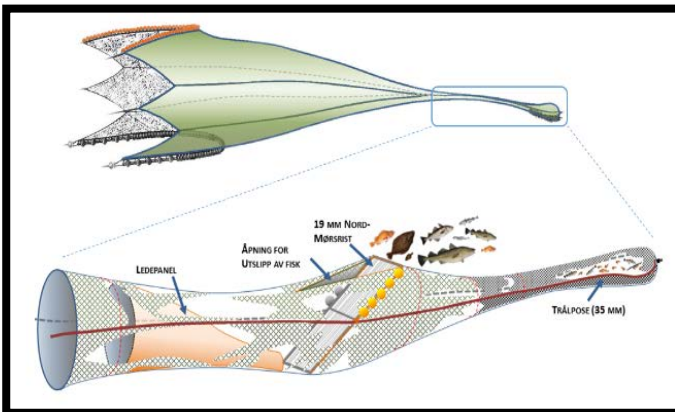
<sup>4</sup> Karlsen, L. & Larsen, R.B. 1989. Progress in the selective trawl development in Norway. Proceedings of the World Symposium on Fishing gear and Fishing vessels, St. John's, Canada.

<sup>5</sup> Isaksen, B., Valdemarsen, J.W., Larsen, R.B. & Karlsen, L. 1992. Reduction of fish by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. Fish. Res., 13: 335-352

<sup>6</sup> Brinkhof, Jesse, 2015. Fire tiår med utvikling av det selektive rekefisket (rapportsammendrag), 136 sider. Fiskeridirektoratet.

## 1.3 Nordmørsrist – praktisk bruk og optimal effekt

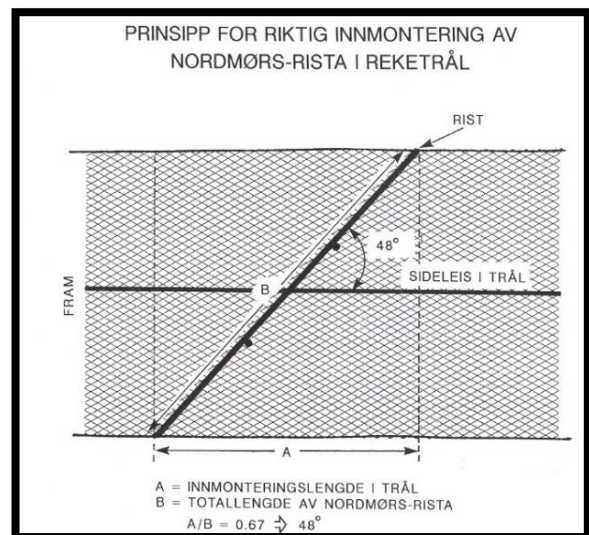
Bruk av Nordmørsrist har vært en udiskutabel suksess for norsk-russisk og internasjonal fiskeri- forvaltning siden tidlig 1990-tall. Etter 30 års erfaring med Nordmørsristen, er mye av monterings- anvisningen som ble utarbeidet i 1989 fremdeles gyldig. Det er det ingen grunn til å endre prinsippene som vist i vedlagte skisser (figurer 2.1-2.5). Resultater fra mange forsøk i denne 30-års perioden har vist at i det nordlige rekefisket vil 95-100% av all fisk sorteres ut med et begrenset reketap på 1-3% i vekt. Det finnes naturligvis lokale unntak fra disse veiledende verdier. I rekefisket sør av 62°N, i Norskerenna og Skagerrak, vil utfordringene være svært ulike de problemer man møter nord av 62°N og i Barentshavet.



### 1.3.1 Innmonteringsvinkel

Det er anbefalt å montere Nordmørsristen inn ved 45-50 graders vinkel. Forholdet mellom lengde på rist (B) og innmonteringslengde i seksjonen (A), vil når (forholdet)  $A/B = 0.67$  gi en ristvinkel på 48°. Dette kan også skrives som  $[\cos 48^\circ = 0,669]$  og betyr at innmonteringslengden er 67% av ristens lengde. Monteringsprinsippet er vist i figur 2.1 og tabellen angir vinkel som oppnås ved gitt forhold A/B.

Jo lavere vinkel som brukes, desto bedre utsortering av fisk oppnås. Samtidig øker sjansene for økt tap av reker. Ved for høy vinkel vil fisk, tang og tare, stein og leire, søppel, etc. kunne blokkere store deler av ristflaten og føre til unødig stort tap av reker.



Figur 2.1. Montering av Nordmørsrist<sup>7</sup>

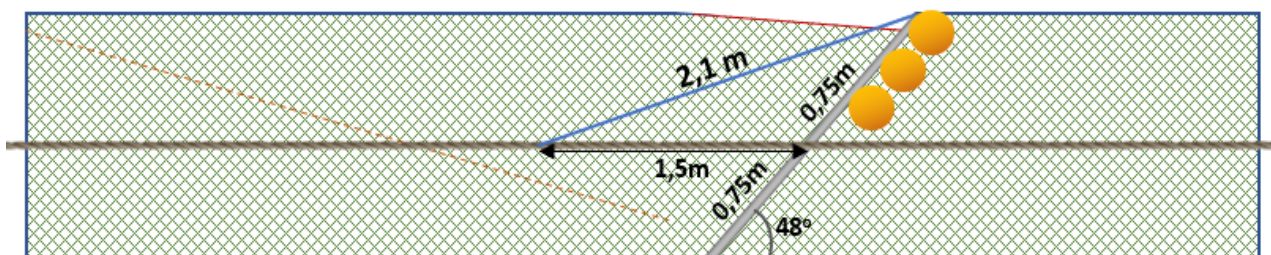
Vinkel	50°	49°	48°	47°	46°	45°	44°	43°	42°	41°	40°
Forhold A/B	0.643	0,656	0.669	0.682	0.695	0.707	0.719	0.731	0.743	0.755	0.766

Anbefalt innmonteringsvinkel for Nordmørsrist er 45-48 grader.

<sup>7</sup> Skissene i figur 2.1 og 2.3-2.5 er hentet fra Larsen et al. 1989. Utarbeidelse, montering og praktisk bruk av sorteringsrist («Nordmørsrist») i reketrål.

For de som har anledning til å bruke vinkel-/strømmåler (f.eks. Scanmar ristensor) på risten, vil man kunne følge endinger i vinkel og gjennomstrømming gjennom hele halet og oppdage eventuelle problemer. I tilfeller der tang og tare, søppel, eller mye fisk blokkerer ristflaten, vil gjennomstrømming avta dramatisk. Ved å stoppe tauinga en kort stund vil Nordmørsrista reise seg (høyere vinkel) og når tauinga gjenopptas vil risten for en kort stund få et fall i vinkel slik at urenheter glir av og slippes ut gjennom utslippshullet.

For å sikre at Nordmørsristen står stabilt har det vært vanlig å bruke støttetau på to-panels seksjoner. Disse tauene festes i øvre hjørne på hver side av risten og strekkes et stykke (2-3 m) framover og festes i sideleisene. Lengden på støttetau avhenger av ristens størrelse og den vinkel man ønsker Nordmørsristen skal stå i. Ved bruk av fire-panels ristseksjoner vil ristens vinkel være stabil i utgangspunktet. Det er også verdt å nevne at en rekesekk som blir tyngre og tyngre vil gradvis føre til lavere ristvinkel. Også under innhaling av trålen vil risten vinkel innta en lavere vinkel og en del av rekene som er på vei inn i belg og inn mot ristseksjonen i denne fasen vil kunne tapes.

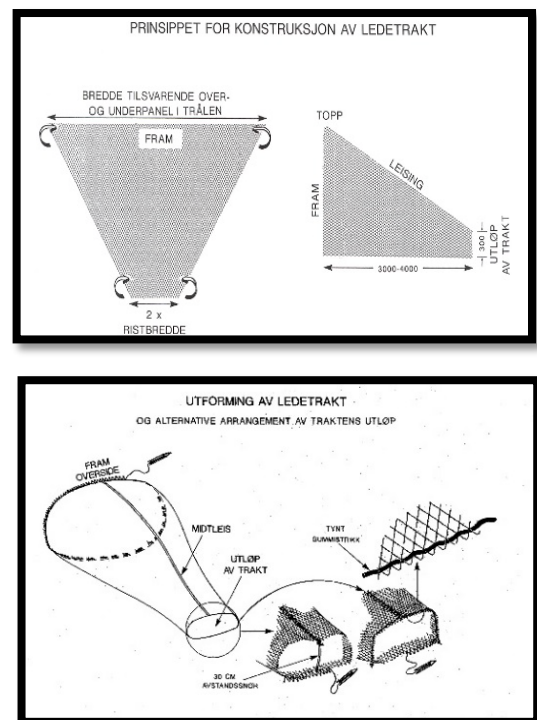


Figur 2.2. Montering av støttetau i en to-panels ristseksjon. Det er tatt utgangspunkt i at den 1.5 m lange risten er montert i 48° vinkel. Dersom støttetauet festes 1.5 m foran leispunktet for risten, vil lengden av støttetauet bli 2.1 m langt.

### 1.3.2 Ledetrakt (ledepanel)

Hensikten med ledetrakt/ledepanel er å unngå eller å redusere til et minimum mulig tap av reker. Ulempen med denne innretningen er at også fisk i alle størrelser ledes ned mot bunnen i seksjonen. For de minste fisk vil dermed sjansene for å passere mellom spilene bli stor.

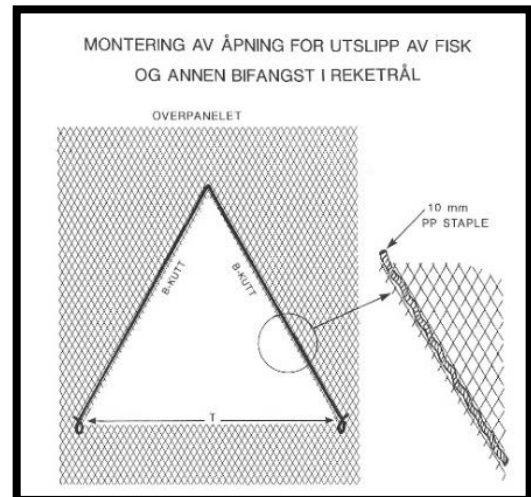
Det er ingen eksakt oppskrift for hvordan ledetunnel eller ledepanel skal lages, se et eksempel på en ledetrakt i figur 2.3 I forskriften er det imidlertid krav om at avstand fra ledetrakt/ledenett til risten må være minst 50 cm. Jo større avstand det anvendes med ledetrakten/-panelet og risten, desto lettere vil det for fisk å slippe ut gjennom utslippshullet i topp-panelet. Flere fabrikanter monterer ledepanel som er montert inn ved lav vinkel slik at ledepanelet blir relativt langt.



Figur 2.3. Montering av ledetrakt.

### 1.3.3 Utslippshull

Det enkleste er å skjære ut en trekant (se fig. 2.4) som i bakkant er like bred som risten, f.eks. 70 masker bred i en firepanels seksjon for kystrekestrål. Dersom hullet skjæres ut langs stolperetningen, så blir lengden 35 masker. Dette tilsvarer en lengde opp mot 1,9 m i en 50 mm seksjon. Det kan oppfattes som dramatisk stort, men erfaringene viser at dette gjør utsortering av fisk enklere. For å beholde fasong (og styrke) i overpanelet i ristseksjon, kan det være fornuftig å tre et PE-tau gjennom maskene i trekanten.

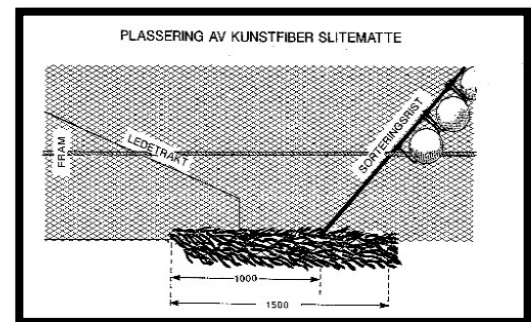
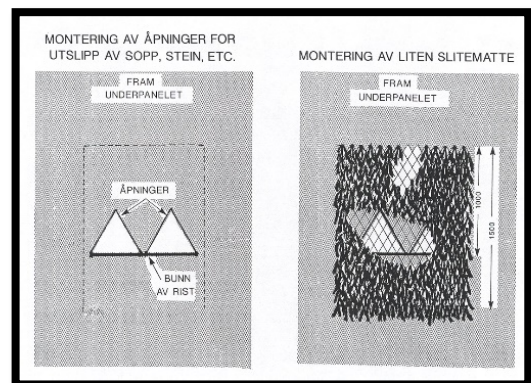


Figur 2.4. Montering av utslippshull.

### 1.3.4 Sopp- og steinutslipp

Under de første årene (1990-1993) med testing av Nordmørsrist i havrekefisket i Barentshavet og i Svalbardsonen, ble det flere ganger observert at sopp, leire og stein kom inn i belgen og etter hvert inn i ristseksjonen. I beste fall ble deler av ristflaten blokkert, men flere ganger oppstod det skader på underpanelene i ristseksjonen og risten. Noen ganger gikk hele fangsten tapt.

For å unngå dette problemet ble det laget en enkel løsning med to relativt små utslippshull i underpanelet rett foran risten (se skissen). Hullene ble dekket av et stykke «labbetuss» og montert på ordinær måte. Labbetussen ble sydd fast foran og langs sidene til starten av Nordmørsristen. Den siste 1/3-delen av labbetussen var løs slik at sopp, leire og stein kunne frigjøres enkelt. Vi har ved flere anledninger i senere år brukt dette systemet for å unngå skader i f.eks. ristseksjoner.



Figur 2.5. Montering av steinutslipp.

## 1.4 Et kort historisk tilbakeblikk

Utfordringer i fisket med rekestrål er ingen nyhet. Bifangst av fisk har vakt hodebry for både fiskere og forvaltning i lang tid. Allerede da professor Johan Hjort<sup>8</sup> i 1898 gjorde de første vitenskapelige forsøk med en liten rekestrål lånt fra Danmark, viste fangstene i Oslofjorden at en småmasket bunnetrål ville være effektiv for fangst av både små og store individer. Det norske rekefisket kom forsiktig i gang tidlig på 1900-tallet (total årlig fangst på 400-500 tonn) og foregikk de første årene fra Oslofjorden til Rogaland med størst fangst henholdsvis i Østfold, Rogaland og Vestfold<sup>9</sup>. Fra og med 1923 økte årlig fangstmengde betydelig da rekefisket også startet langs kysten av Møre og delvis i Sogn og Fjordane.

<sup>8</sup> Professor Johan Hjort (zoolog/marinbiolog) var også den første Fiskedirektør (1906-1918).

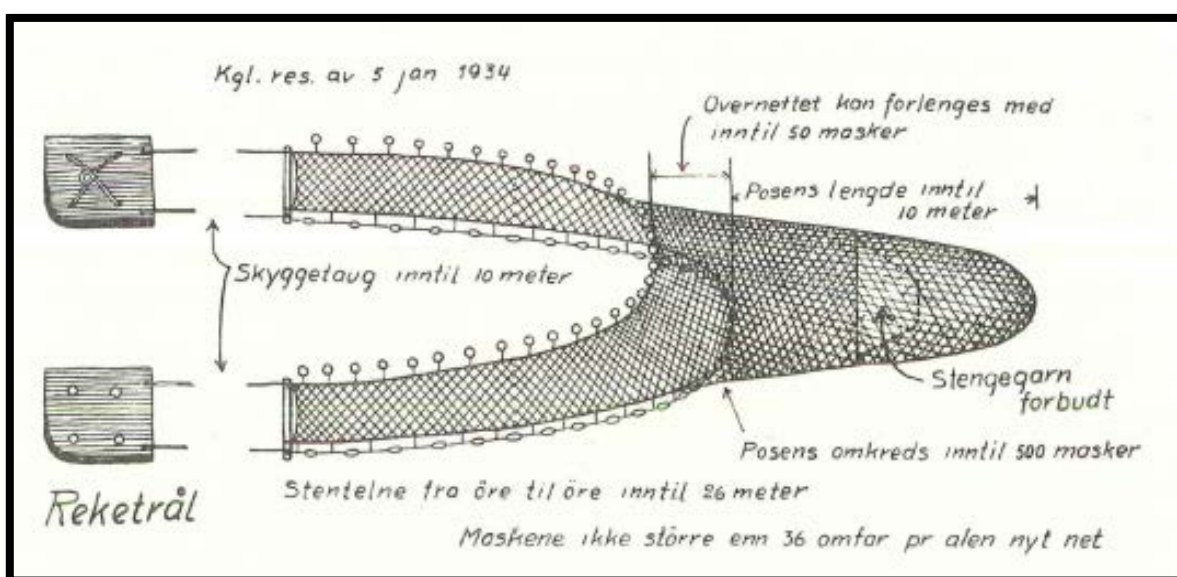
<sup>9</sup> Thor Iversen, 1937. Trålfiskets historie. Fiskeridirektørens utgivelser.

Rekefisket fikk lov til å utvikle seg fritt i mange år og på tross av lov av 13. mai 1908 - om forbud mot fiskeri med bunnslepenot (trål) – ble det gjort unntak fra reglene om forbud mot tråling med rekeetrål. En av begrunnelsene var at man ut fra de første års erfaringer mente at rekeetrål ikke medførte fangst av fisk «av noen betydning». Men for å være på den sikre siden ble det inntatt en bestemmelse om at rekeetråls største tillatte mål skulle fastsettes av Kongen (se fig 2.6 under).

Denne bestemmelse ble gjentatt uforandret også i den reviderte trålerlov av 22. mai 1925. Etter hvert som rekefisket økte i omfang, kom det klager fra andre fiskere om bifangst i rekefisket. I begynnelsen av 1920-årene ble det klaget over at rekeetrålerne tok mye fisk, bl.a. i Oslofjorden. Klagene ble foranledning til strengere reguleringer og bestemmelsen om rekeetråls dimensjoner ved kongelig resolusjon av 1. oktober 1926.

I 1925 startet fisket etter reker i Sør-Trøndelag og i 1927 i Nord-Trøndelag. De årlige fangstene hadde da økt til 1.223 tonn. I 1929 starte man forsiktig med rekefiske i Nordland og i 1932 begynte rekefisket i Troms og i 1935 ble det fanget litt reker også i Finnmark fylke. Total fangst i 1935 kom opp i 3.387 tonn. Rekefisket vokste gradvis etter 2. verdenskrig, men skjøt skikkelig fart etter at den Atlantiskandiske sildebestanden begynte å kollapse i slutten av 1960-tallet. Mye av den «overflødige» flåtekapasiteten kom inn i utviklingen av havrekefisket i Barentshavet, i Svalbardsonen og langs rekefeltene ved Grønland.

Fisket etter dypvannsreke har i perioder vært Norges tredje viktigste fiskeri målt i form av førstehandsverdi. De årlige landingene av reker fra begynnelsen av 1980-tallet varierte mellom 130 000 tonn og 40 000 – 60 000 tonn, men etter 2002 ble de gradvis redusert fram til 2013 da kun 14 000 tonn ble landet. Den samme utviklingen ble gjenspeilt i antall konsesjoner som ble tildelt i perioden 1980 – 2014: Tallet ble redusert fra 157 til 70 konsesjoner (Fiskeridirektoratet, 2015). En viktig årsak til den negative utviklingen i det norske rekeetrålfiskeriet i denne perioden ble tillagt de lave fangstverdiene og høye kostnadene kombinert med den gode fangsttilgjengeligheten som har vært i rekefiskeriet langs østkysten av Canada, Grønland og til dels Island (vest-Atlanteren). Bestanden av dypvannsreke i vest-Atlanteren har de siste årene gått kraftig tilbake og bestanden anses i dag som overfisket og rekefisket regnes ikke som bærekraftig.



Figur 2.6. Dimensjoner og utforming av rekeetrålen pr 1934. Kilde: Thor Iversen, 1937.

Merk: Maskestørrelse på 36 omfar = 34,9 mm

## 1.5 Fangst av reker og kvoteråd for 2020

Ifølge statistikken fra Fiskeridirektoratet har den norske fangsten på dypvannsreke (*Pandalus borealis*) hatt en viss økning siden 2016. I årene 2016–2019 ble det landet henholdsvis 18.590, 13.313, 28.220 og 28.035 tonn reker i Norge. I Norges Råfisklags distrikt har det i første halvdel av 2020 vært en nedgang i landinger av reker. Fram til og med uke 37 er det landet ca. 11.600 tonn.

### 1.5.1 Reke i Barentshavet

Fra Havforskningsinstituttet (pr. 16.01.2020):  
Reke er den viktigste skalldyrressursen i Nord-Atlanteren, der den danner basis for et fiskeri på ca. 250 000–450 000 tonn årlig. Arten finnes også i de kaldere delene av Stillehavet.

#### 1.5.1.1 Status og råd for år 2020

Rekebestanden i Barentshavet er sunn og fiskeriet bærekraftig. Mengden av reker har variert betydelig siden fiskeriet startet i 1970, dels som følge av skiftende fiskeriintensitet og dels på grunn av naturlig variasjon i rekens levetid. Til tross for dette har bestanden holdt seg innenfor sikre biologiske grenser. Den totale mengden av reke har vært stabil på et relativt høyt nivå siden 2005. I de senere årene har vi observert at reken har flyttet seg lenger mot øst og at det er blitt dårligere med reke på de tradisjonelle fiskefeltene i de vestlige områdene.

#### 1.5.1.2. Fiskeri

De årlige fangstene har variert mellom 20 000 og 130 000 tonn siden slutten av 1970-tallet. Målt i førstehåndsverdi har rekefisket i lange perioder vært blant Norges tre viktigste fiskerier. Norske fartøyer tar rundt 40 % av den totale fangsten, mens Russland og andre land (primært fra EU) står for resten. Fiskeriet foregår hovedsakelig med store fabrikktrålere som bearbeider og pakker fangsten om bord. Etter en lengre periode med dalende fortjeneste som følge av stigende priser på brennstoff og fallende rekepriser, har denne trenden nå snudd.

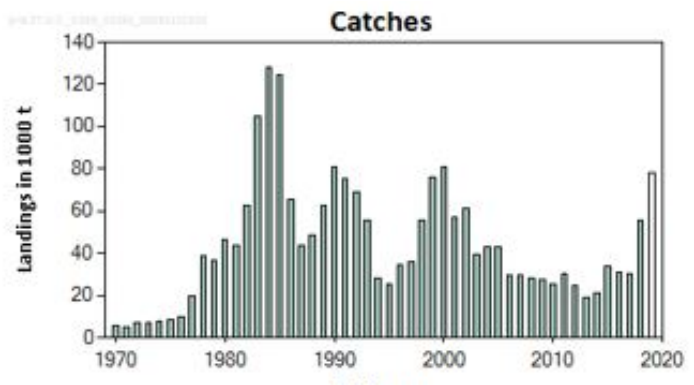
På verdensplan har likevel rekefangstene vist en fallende tendens siden 2004, og vi har nå begynt å se en effekt av dette i form av stigende rekepriser. Samtidig er brennstoffprisene redusert betydelig, og interessen for dette fisket er dermed økende, hvilket også avspeiles i stigende fangster. Andre problemer har imidlertid dukket opp for rekefiskerne i Barentshavet. Store bestander av fisk fører til høy bifangst av fiskeyngel og til at rekefeltene derfor periodevis blir stengt for fiske. Da må fiskerne finne nye felt. Siden reken samtidig er på flyttefot mot øst, blir det ekstra vanskelig å finne brukbare forekomster.

#### 1.5.1.3 Økosystemeffekter

Reke fanges med en finmasket trål som kan gi bifangst av fiskeyngel. I det norske fisket er denne type bifangst relativ liten siden det benyttes sorteringsrist som sender mesteparten av fisken over en

#### Reke i Barentshavet

Anbefalt kvote 2020: 150000 tonn  
Anbefalt kvote 2019: 70000 tonn  
Avtalt kvote 2019: Ingen felles kvote satt



Figur 3.1. Fangst av reker fra Barentshavet i 1000 tonn i perioden 1970-2019.

viss størrelse, ut av trålen igjen. Hvis bifangsten av yngel blir for høy til tross for bruk av sorteringsrist, stenges det aktuelle fangstfeltet for rekefiske.

## 1.5.2 Reke i Norskerenna og Skagerrak

Fra Havforskningsinstituttet (pr. 11.03.2020):

Råd fra mars 2019: Anbefalt midlertidig kvote første halvdel av 2020 (fangster): 6329 tonn.

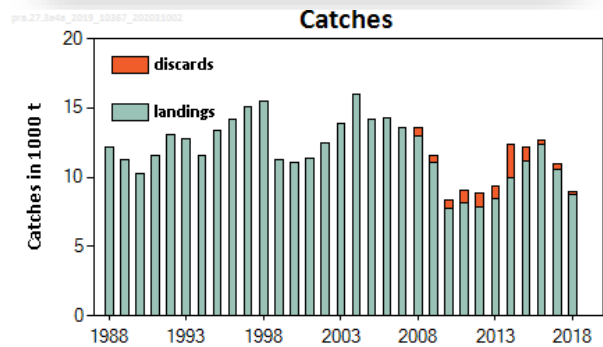
Avtalt midlertidig kvote første halvdel av 2020 (landinger): 6329 tonn (basert på rådet fra mars 2019). Avtalt endelig kvote 2019 (landinger): 6163 tonn (basert på rådet fra mars 2019). Avtalt midlertidig kvote første halvdel 2019 (landinger): 4608 tonn (basert på rådet fra november 2018). ICES sitt råd (råd gitt i mars 2020): ICES anbefaler i tråd med den langsiktige forvaltningsplanen at fangstene i 2020 ikke bør overstige 8736 tonn og at fangstene for første halvdel av 2021 ikke bør overstige 4552.

### Reke i Norskerenna og Skagerrak

Anbefalt endelig kvote 2020 (fangster): 8736 tonn

Anbefalt midlertidig kvote første halvdel av 2021 (fangster): 4552 tonn

Avtalt endelig kvote 2020 (landinger) og midlertidig kvote første halvdel av 2021 (landinger): ikke fastsatt



Figur 3.2. Fangst av reker fra Norskerenna og Skagerrak i 1000 tonn i perioden 1988-2018.

### 1.5.2.1 Momenter som er relevant for rådet

Det oppdaterte kvoterådet for 2020 er 30 % lavere enn det opprinnelige kvoterådet (8736 tonn sammenlignet med 12 439 tonn). Hovedgrunnen til denne forskjellen er at de faktiske fangstene i 2019 var 29 % høyere enn kvoterådet (faktiske fangster på 7944 tonn sammenlignet med kvoterådet på 6163 tonn).

Høyere fangster i 2019 skyldtes overføring av ubrukt kvote fra 2018 til 2019 (768 tonn), utkast (368 tonn), mangel på korrigering for vekttap grunnet koking av store reker om bord (ca. 463 tonn) og overfiske av 2019-kvoten med ca. 150 tonn. Den langsiktige forvaltningsplanen gjelder fra 1. januar 2019, og fremtidig overføring av kvote fra et år til det neste vil kun bli tillatt når bestanden er over  $MSY B_{trigger}$ .

Fangst-prediksjonen for 2021 avhenger av fisket i 2020, som er antatt å være likt kvoterådet (8736 tonn). Den langsiktige forvaltningsplanen antar at alle fangstene er basert på rå vekt. Nasjonal landingsstatistikk bør korrigeres for å ta høyde for vekttap grunnet koking av deler av fangsten om bord.



## 2. Problemstilling og formål

Hovedmålet med prosjektet var å optimalisere trål-fisket etter reke med fokus på å redusere uønsket bifangst generelt, redusere energiforbruk og undersøke overlevelse hos undermåls reker som har gått gjennom seleksjonsinnretningene.

Gjennom hele prosjektperioden har det vært nær kontakt opp mot referansegruppen og oppdragsgiverne Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering og Fiskeridirektoratet. Underveis, og på hver samling med styringsgruppen, har resultatene blitt evaluert og retningen på prosjektet justert i forhold til de problemstillingene næringen har pekt på. På denne bakgrunn var det i løpet av 2019 formålstjenlig å legge til arbeidspakke nr. 5 (krepsespalte i Nordmørssrist). Denne delen av prosjektet har i sin helhet blitt ivaretatt av Havforskningsinstituttet.

I løpet av prosjektperioden har fokuset vært på å løse så mange som mulig av de problemene forvaltning og næring sliter med i utøvelsen av fiskeriet. Det er tydelige forskjeller i problemstillinger mellom rekefisket i nord og i sør og mellom kyst og hav. Fangst av undermålsreker er som oftest utfordring i kystrekefisket i nord og i det sørlige rekefisket. I både hav- og i kystrekefisket i nord vil bifangst av fiskeyngel dominere som en utfordring.

Hovedtyngden av forsøkene har vært på å redusere bifangst generelt, men det er også gjort arbeid på blant annet, reduksjon av energiforbruk og på overlevelse på reker (se leveranser i seksjon 6).

Til tross for at prosjektet har bidratt med betydelig kunnskap innenfor rekefiske som blir til nytte for næringa (se seksjon 5: hovedfunn og anbefalinger), er flere av utfordringene identifiserte ved prosjektstart til en viss grad fortsatt til stede. Videre arbeid kreves i følgende områder:

- Seleksjonsinnretninger som kan bidra til maksimal utsortering av fisk og minimalt tap av reker, f.eks. konstruksjonsendringer av trål, endringer av ristseksjon og trålpose (sekken) og måtes reketrål rigges og opereres på.
- Forsøk på nye trålkonfigurasjoner (trål, dører, m.v.) som kan gi ytterligere reduksjon i energiforbruk.
- Forsøk for å kvantifisere skadeomfang og overlevelse på reker som sorteres gjennom rist og ut gjennom masker i trålposen (og belgen).

### 3. Prosjekt-gjennomføring

Siden 2016 har vi samlet inn mye ny informasjon gjennom den nasjonale satsingen. Prosjektet FHF901303 «Optimalisering av fiske med rekestrål» ble finansiert av Fiskeri- og havbruksnærings forskningsfinansiering (FHF) og Fiskeridirektoratet, med egeninnsats fra UiT, HI og den øvrige prosjektgruppen. Siden oktober 2016 og fram til d.d. har det vært gjennomført mange forsøk med innleide trålere og forskningsfartøy, samt forsøk under kontrollerte betingelser (laboratorium). Vi har skaffet god oversikt over problemstillinger som dominerer i kyst-rekefisket både nord og sør av 62. breddegrad (62°N) og havrekefisket i nord (primært Svalbardsonen).

De aller fleste forsøkene og teknikkene som har vært testet er basert på innspill og dialog med næringens representanter i prosjektet (styringsgruppen) og Fiskeridirektoratets utviklingsseksjon. Noen av forsøkene har blitt preget av dårlig vær, ugunstige isforhold, tekniske uhell og annet, slik at resultatene har blitt mangelfulle/usikre.

Listen av vellykkede forsøk er lang, men det er bare et begrenset antall av de utprøvde teknikkene som kan anbefales å innarbeide i regelverket og forskriften som omhandler de tekniske reguleringene. For at nye tiltak for å bedre seleksjonsevnen i rekestrål (dvs. redusert bifangst av fisk og undermåls reker) skal implementeres i regelverket, er det et absolutt krav at slike reguleringer kan kontrolleres ute på feltene på en effektiv og akseptabel måte.

Dagens hovedregel er at det i rekefisket skal brukes et sorteringssystem bestående av en skillerist (Nordmørsrist) med maksimalt 19.0 mm spileavstand kombinert med en trålpose med minimum 35 mm maskevidde. Mange som er involvert i rekefisket har stilt spørsmål ved om (de tekniske) reguleringene av rekefisket er moden for revisjon. Utfordringene i rekefisket er ulike fra område til område og fiskere har fremmet forslag om at det lages et mer differensiert regelverk. Ønsket om å ha lokale/regionale reguleringer av rekefisket med ulike tekniske krav, vil gi et svært uoversiktlig kontroll-regime. Det er ingen resultater fra våre forsøk som tilsier at Nordmørsristen bør fjernes i noen norske rekefiskerier. Ordningen med skillerist har vært brukt i Norge siden 1990 og erfaringene med denne teknikken har vært god.

Den tekniske utforming av seleksjonsinnretningene i rekestrål er basert på en avveining av hensyn til god utsortering av fisk uansett størrelse på regulerte arter (særlig torsk, hyse, blåkveite og uer) samtidig som tapet av reker og sjøkreps over minstemål skal være minimalt.

Forskningsmiljøene ved UiT, SINTEF Ocean, HI og Møreforskning har ledet ulike deler av arbeidspakkene, men forsøkene har blitt utført med personell fra flere miljøer parallelt. Fokus-områdene 1-5 ble avtalt i 2016, mens område 6 ble lagt til prosjektet i løpet av mars 2019 (arbeidspakke nr 5). Målsetting for FHF prosjekt 901303 optimalisering av fisket med rekestrål var:

1. Utvikle teknologi som gir bedre utsortering av de minste fiskeyngel fra regulerte arter.
2. Utvikle teknologi som gir bedre utsortering på reker under minstemål.
3. Utvikle kunnskap om effektene av snøkrabbe i seleksjons-innretninger.
4. Utvikle nye trålsystem som gir lavere energiforbruk ved endringer på trålkonstruksjon og grunntau (gear).
5. Undersøke overlevelse på reker som sorteres ut under fiske.
6. Undersøke om bruk av krepsespalte i rekerist øker omfanget av bifangst.

Forsøkene som er utført i dette prosjektet viser at det er store utfordringer ved å optimalisere fisket med rekestrål. Mange av teknikkene vi har dokumentert kan utnyttes til å forbedre seleksjon og

energiforbruk i fisket. Forskjellene fra sesong til sesong, store geografiske ulikheter og fiskernes preferanser gjør det likevel vanskelig å lage en felles anbefaling for utnyttelse.

Mange av forsøkene har vist hva som kan bli effektene av å bruke tilleggs-anordninger til dagens tillatte seleksjonssystem. Så lenge dette ikke hindrer eller reduserer trålens seleksjonsevne, vil det ikke være noe hinder å bruke slike tilleggs-innretninger. Eksempel på slike innretninger kan være et silepanel i forkant av ristseksjonen, utslippshull bak skilleristen i sekkeforlengelsen, stormasket overpanel i trålbelg og ristseksjon, og annet. Av forslag som bør vurderes tatt inn i regelverket er:

Endringer i trålsekkens oppbygging eller endringer i seleksjons-systemer som f.eks. Nordmørsrisk, kan påvirke mengden (antall) av ulovlig bifangst i reketrål i negativ retning (dvs. vil være til hinder for optimal seleksjon). I slike tilfeller må det utarbeides nye forskrifter. Alle slike endringer vil bety at det utarbeides klare beskrivelser med tydelige tegninger for å unngå misforståelser hos fiskere, redskaps-produsenter og kontroll-organ.

- Vi har fått dokumentert under forsøk fra felt nord av 62°N at dypvannsreker (*Pandalus borealis*) som sorteres ut av sekken under fiske viser stor evne til å overleve. Forsøkene ble utført i Troms og ved Svalbard. Resultatene er bekreftet med dypvannsreker som er fanget med trål utenfor Ålesund og undersøkt i laboratorium etter påvirkning av skillerist og maskesortering.
- I havrekefisket i Barentshavet og i Svalbardsonen er de største utforingene forbundet med bifangst av regulerte arter av fisk (særlig uer, blåkveite, torsk og hyse). Gapeflyndre, polartorsk og lodde skaper tidvis store praktiske problemer i fisket med bifangst og tilstopping av skillerist. Når f.eks. mange gapeflyndre ligger samtidig på ristflaten øker sjansen for å sortere ut en betydelig andel av rekefangsten. Bifangst av snøkrabbe (NØ Svalbardsone) er ikke blitt rapportert som problem, men derimot er «fangst» av tapte teiner et tilbakevendende problem.
- I fisket nord av 62°N er de største utforingene i kystrekefisket forbundet med innblanding av fiskeyngel og i Varangerfjorden tap av de største rekene kombinert med bifangst av fiskeyngel. I noen av fjordene lengre sør (Troms og Nordland) vil også undermåls reker tidvis skape vansker for fisket. Også i denne delen av rekefisket vil bifangst av ikke-regulerte arter og søppel kunne skape utfordringer.
- I fisket sør av 62°N er de største utfordringene forbundet med undermålsreker og tilstopping av skillerist på grunn av tang/tare og søppel. Bifangst av regulerte arter (bl.a. øyepål) skaper tidvis utfordringer. Bruk av 15 cm høy krepsespalte er vist å fungere hensiktsmessig for fangst av kreps. Krepsespalten gir imidlertid økt bifangst, særlig av haifisk og flatfisk, men reduserer ikke fangst av målarten, reke.

Kombinasjon av Nordmørsrisk og ulike teknikker som er testet ut i løpet av FHF prosjekt 901303 Optimalisering av fiske reketrål vi kunne gjøre reketrålfisket mer selektivt. Valgene vil måtte tilpasses ulike fangstforhold og årstids-variasjoner. I perioder med mye rekeyngel og/eller fiskeyngel vil kombinasjonen av Nordmørsrisk og større masker f.eks. i trålposen kunne være gunstig. Effektene vil avhenge av maskefasong. De beste resultatene oppnås med ordinært diamantnett og innkortede leiser som gjør at maskene holdes åpne uansett fangstmengde.

I understående tabell er det gitt en samler oversikt over de teknikker som har vært testet i løpet av prosjektperioden. Oversikten viser hva som kan tas i bruk (implementeres) på frivillig basis uten endring i forskrifter og hva som krever slike endringer. Det er gitt en stikkords-beskrivelse av effekten på seleksjon i reketrål ved å ta i bruk disse teknikkene.

*Kort oppsummering av teknikker som er utprøvd og dokumentert i rekestrål i løpet av prosjektet FHF901303  
«Optimalisering av fiske med rekestrål» og hvilke effekter disse vil få under fiske.*

Teknisk innretning i tillegg til 19.0 mm Nordmørsrist og 35 mm maskevidde i sekken	Kan brukes på frivillig basis	Krever endring i forskrift	Effekt på seleksjon i rekestrål	
			Fangst av reker (i volum)	Regulerte arter fisk (i antall)
LED lamper langs fiskeline	JA		Reduksjon	Økning
LED lamper langs overtelne	JA		Reduksjon	Økning
LED lamper i belg, overpanel	JA		Færre undermåls	Færre undermåls
LED lamper langs Nordmørsrist, oppe	JA		Ingen effekt	Økning
LED lamper langs Nordmørsrist, nede	JA		Ingen effekt	Ingen effekt
Pelagiske tråldører	JA		Ingen effekt	Ingen effekt
Løftede sveiper	JA		Ingen effekt	Litt færre fisk
Semi-Circle Spreading Gear (SCSG)	JA		Litt økning	Litt økning
Økt avstand mellom ledene og rist	JA		Ingen effekt	Færre undermåls
Lang Nordmørsrist montert i 30°	JA		Litt økning	Litt flere undermåls
Stormasket silepanel for ristseksjon	JA		Litt reduksjon	Færre fisk
Store masker i overpanel i ristseksjon	JA		Ingen effekt	Ingen effekt
Hull i overpanel bak rist	JA		Reduksjon	Liten effekt
Mindre spileavstand i Nordmørsrist	JA		Færre store reker	Færre undermåls
Firepanels sekker	JA		Færre undermåls	Færre undermåls
Innkorting av leisetau på sekk	JA		Færre undermåls	Færre undermåls
Nedkorting av sekkens lengde	JA		Ingen effekt	Ingen effekt
Store masker i overbelg	JA		Litt reduksjon	Færre fisk
Brattere, kortere trålbelt	JA		Færre undermåls	Færre undermåls
T-45° Kvadratmasker (35 mm) i sekk	JA		Færre undermåls	Litt mindre småfisk
T-90° T-nitti masker (35 mm) i sekk	JA		Færre undermåls	Færre undermåls
Økt maskevidde i sekk (T0, T45, T90)	JA		Færre undermåls	Færre undermåls
Ekstra rist bak/foran Nordmørsrist		JA	Færre undermåls	Færre undermåls
Økt spileavstand i Nordmørsrist		JA	Flere store reker	Flere undermåls
Regulert omkrets av sekk		JA	Færre undermåls	Færre undermåls
Regulert innkorting på leisetau, sekk		JA	Færre undermåls	Færre undermåls
Regulert lengde av sekk		JA	Ingen effekt	Ingen effekt

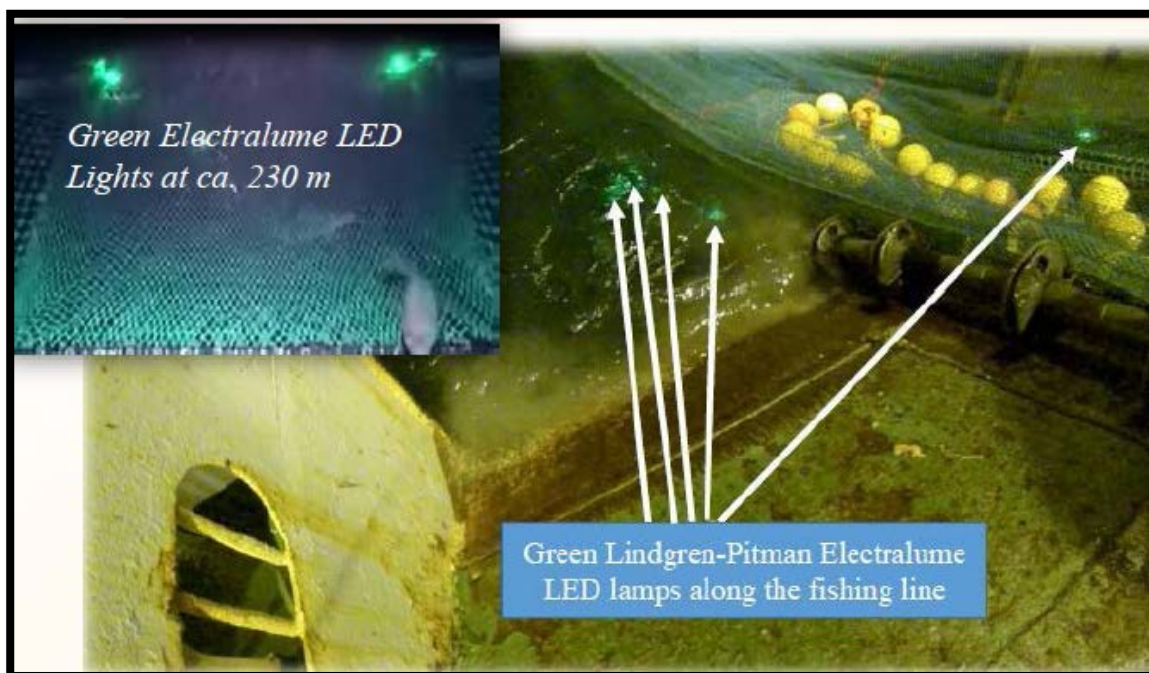
## 4. Resultater

### 4.1. Kortfattet presentasjon av resultat som er oppnådd i 2016.

#### 4.1.1. Bruk av LED-lamper i kystrekefisket

##### 4.1.1.1. Bruk av LED-lamper i kystrekefisket

Basert på oppløftene opplysninger fra rekefisket i Oregon, vestkysten av USA, ble det gjort flere forsøk med inntil 20 stk. grønne Lindgren-Pitman LED-lamper langs den 53 m lange fiskelina (og 45 m lang overtelne) for å redusere mengden bifangst av fisk. I ett av forsøkene med standard oppsett med 19 mm Nordmørsrist og 20 stk LED lamper langs fiskelinen registrerte vi et reketap på ca. 9%. Mengden av fisk var beskjedent, men antall fisk avtok; torsk med 22%, hyse 90%, øyepål med 26% og gapeflyndre med 35%. Fra forsøk i fjorder i Troms ble erfaringene varierende, men ansett som lite egnet for å fjerne fisk i større omfang. Forsøkene ble utført med F/F «Johan Ruud».

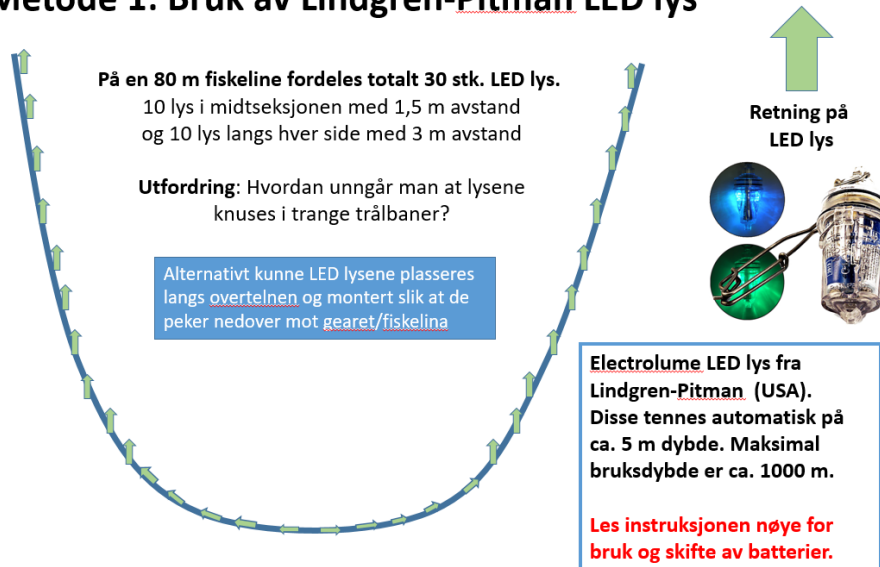


Effekten av denne endring: Det er tydelig at både fisk og reker reagerer på de grønne led-lampene, men resultatene er varierende og de fører til tap (9% i snitt) reker når de er montert langs fiskelina. Det er verdt å merke seg at bifangst av fiskeyngel gikk ned.  
**Referanse:** *Brinkhof, Jesse; Larsen, Roger B.; Tatone, Ivan, 2016.* Further experiments with LED-lights along the fishing line to reduce the by-catch of juvenile fish in the Norwegian shrimp trawl fishery.

### 4.1.1.2. Bruk av LED-lamper i Havrekefisket

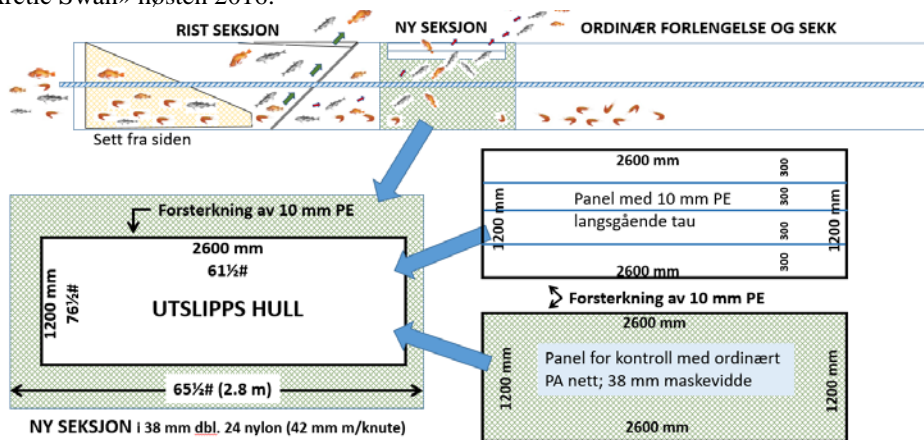
Etter anbefalinger fra Styringsgruppen gjennomførte Fiskeridirektoratet et forsøk med «Arctic Swan» i Svalbard-sonen med slike LED-lamper og stormasket overpanel bak Nordmørsristen. Både plassert på fiskelina og på overtelne tydet resultatene på at effekten av grønne LED lamper var: Mindre reker og til dels betydelig mer fisk, særlig uer-yngel. Rent praktisk er det vanskelig å bruke slik lamper fordi de knuses i trålbanelene. 40 LED lamper langs den 72 m lange fiskelina ga mer enn 40% reketap og mer bifangst av fisk. 30 LED lamper plassert langs den 64 lange overtelna ga reketap fra 60-70% og mer bifangst av fisk. Forsøkene ble gjort i Svalbard-sonen med havrekestråler «Arctic Swan» høsten 2016.

#### Metode 1: Bruk av Lindgren-Pitman LED lys



Effekten av denne endring: De grønne LED lampene langs fiskelina ga betydelig tap av reker og økt bifangst, særlig å uer-yngel. Ved å plassere grønne LEDs langs overtelna, økte reketapet opp mot 70%. **Referanse:** Rapport fra Arctic Swan.

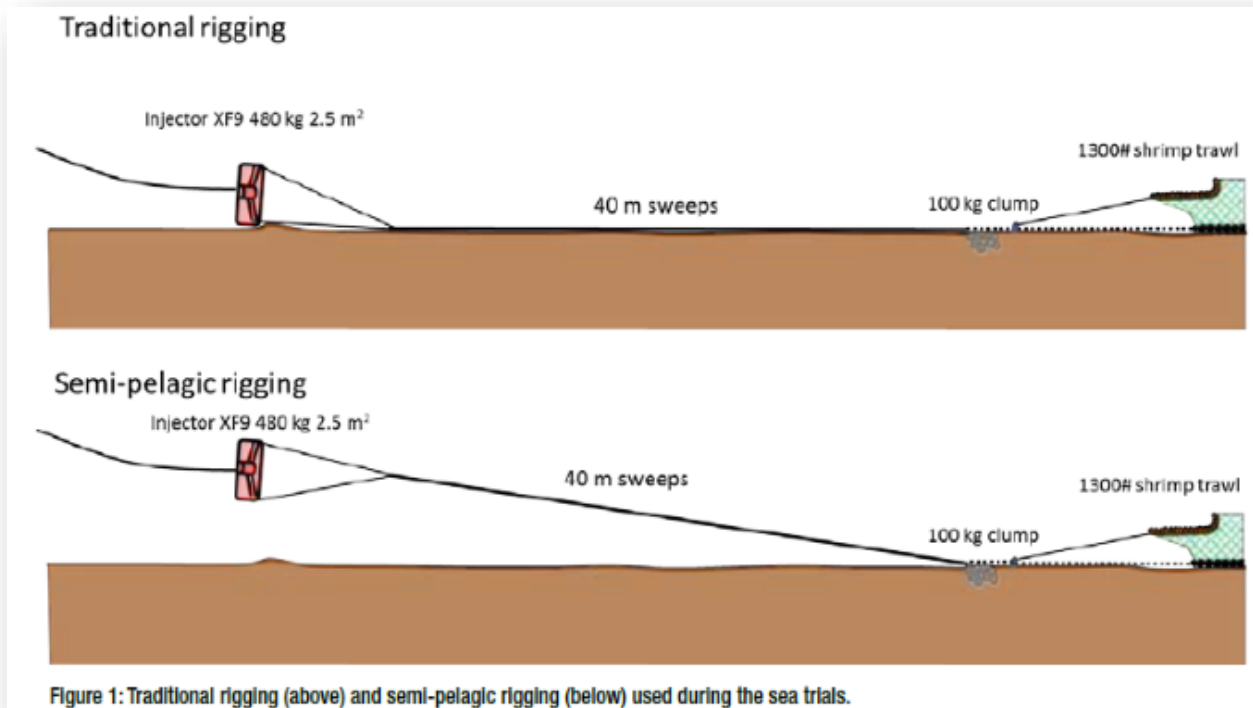
Med utslippshull i form av store masker (400 mm) eller langsgående tau, ble det registrert reketap på hhv 35% (rett bak rist) og 75% (10 m bak risten) og liten virkning på bifangsten av fisk. Forsøkene ble gjort i Svalbard-sonen med havrekestråler «Arctic Swan» høsten 2016.



Effekten av denne endring: Utslippshullet ga betydelig reketap når det plassert rette bak rist og enda større når det var plassert 10 m bak risten. Det ga liten effekt med hensyn til utsortering av fisk. **Referanse:** Rapport fra skipper Gert Sandvik på «Arctic Swan».

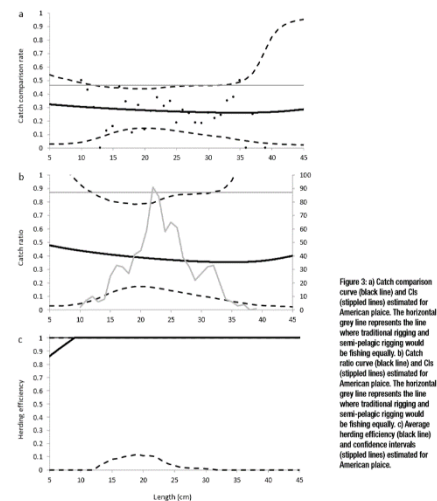
### 4.1.2. Redusert bunnkontakt (tråldører og sveiper)

Forsøk på et typisk reketrålfelt i Troms med pelagiske tråldører og sveiper løftet fra bunnen ble utført med forskningsfartøyet «Johan Ruud». Datagrunnlaget ble begrenset, men det ble fanget 52-66% færre gapeflyndre med størrelse 10-40 cm uten merkbar endring i fangst av reker. Med denne riggingen ble den totale slepemostand og oljeforbruk redusert.



Haul nr.	Rigging	Start towing (hh:mm)	Depth at tow start (m)	# American plaice	Shrimp in codend (kg)
1	Traditional	08:25	184	218	83.2
3	Semi-pelagic	11:45	185	145	98
5	Semi-pelagic	15:00	186	26	*
6	Traditional	17:00	185	112	42
7	Traditional	19:20	183	215	41
8	Semi-pelagic	08:45	186	36	36
9	Semi-pelagic	10:15	186	34	38
10	Traditional	11:40	*	94	35

Table 1: Overview of the eight valid hauls carried out during the experimental period. The duration of all hauls was fixed to 40 minutes. Missing values are represented with \*.

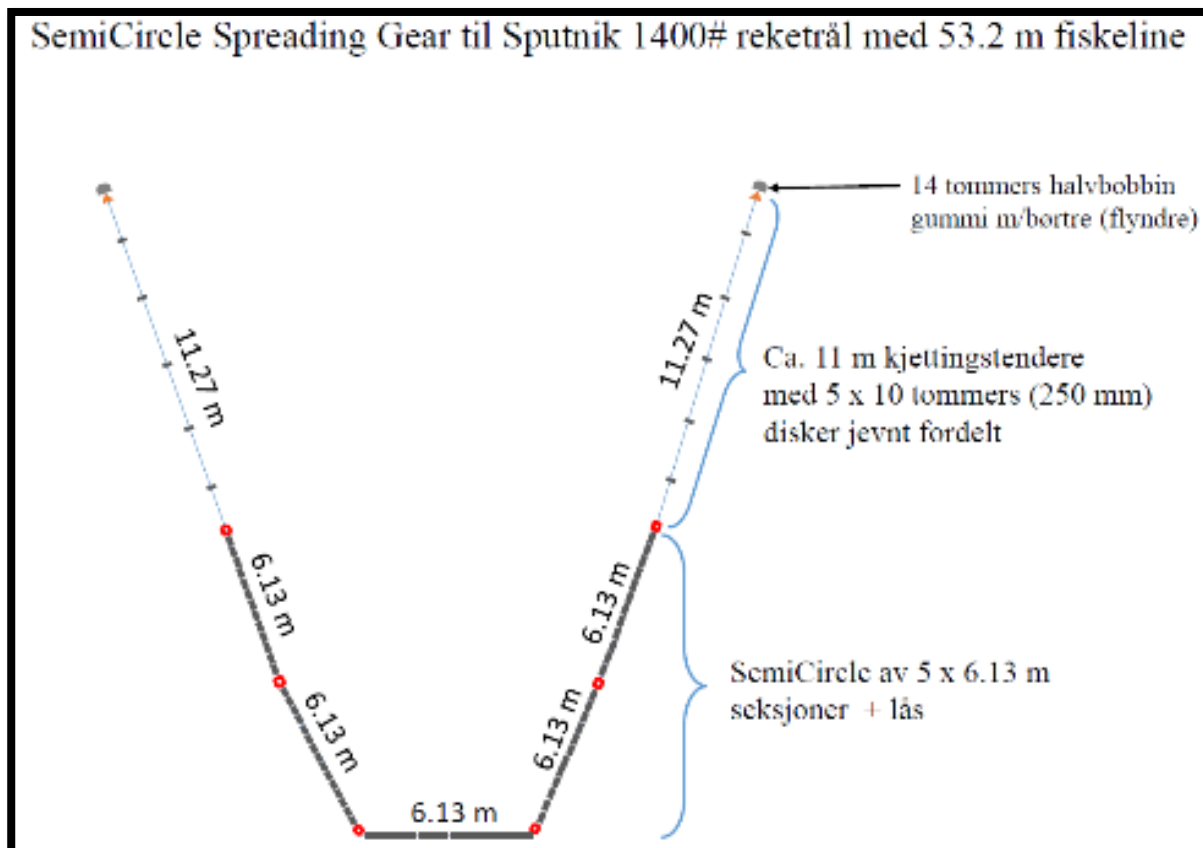


Effekten av denne endring: Ved å løfte dører og sveiper fra bunnen så er det en tydelig positiv effekt på reduksjon av flatfisk (her gapeflyndre). Fangst av reker var i noen tilfeller litt større med et slikt oppsett enn tradisjonell oppsett av trålen og trålen ble lettere å taue.

**Referanse:** Sistiaga, Manu Berrondo; Grimaldo, Eduardo; Herrmann, Bent; Larsen, Roger B., 2017. The effect of semi-pelagic trawling on American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) by-catch reduction in the northeast arctic shrimp fishery. *Journal of Ocean Technology* 2017; Volum 12 (2) s. 60-75.

### 4.1.3. Redusert bunnkontakt (grunntau/gear) I

Vi testet ut et Semi-Circle Spreading Gear (SCSG) bygget av HDPE-rør (50 cm elementer av Ø200 mm rør delt i halvmåner) med forskningsfartøyet «Johan Ruud» i fjordene i Troms. Basen på forskningsfartøyet mente etter noe innkjøring/balansering at dette grunntauet var enklere å arbeide med enn rockhopper-gearet (RH) og at SCSG fanget mer reker enn RH, samtidig som mengden stein, leire, etc. avtok. SCSG grunntauet ble i årene etter brukt som standard grunntau på bunntrålen på dette forskningsfartøyet (tatt ut av tjeneste og solgt våren 2020).



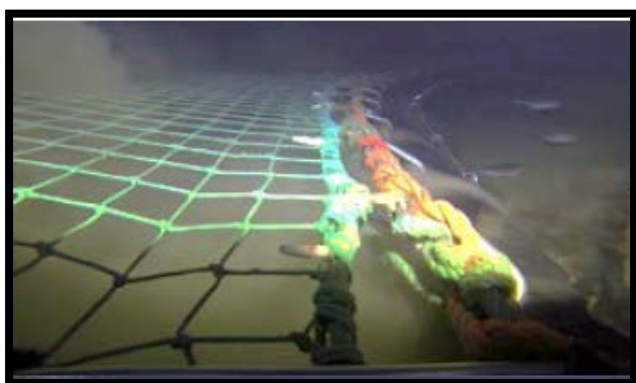
Effekten av denne endring: Det er en generell oppfatning av at SCSG har bedre fangstevne enn et rockhopper gear (se også publikasjoner og rapporter fra forsøk med torsketrål) og at det går lettere langs bunnen enn et tradisjonelt gear.

**Referanse:** Brinkhof, Jesse; Larsen, Roger B.; Tatone, Ivan, 2016. Further experiments with LED-lights along the fishing line to reduce the by-catch of juvenile fish in the Norwegian shrimp trawl fishery.



#### 4.1.4. Redusert bunnkontakt (grunntau/gear) II

I samarbeid med Fiskeridirektoratet fikk kystreke-tråleren «Katla» et Semi-Circle Spreading Gear (SCSG) grunntau til utprøving. SCSG'et var bygget på samme måte som det som ble brukt på «Johan Ruud». Det ble gjennomført 13 sammenlignings-hal en trål som hadde ordinært kysttrål-gear kombinert med snurrevadskjørt. Forsøkene viste ingen store forskjeller mellom SCSG og et grunntau som var av typen «skjørt» (grovmasket nett med kjettingvekt). Det ble i rapporten påpekt at det var en del ulikheter mellom trålene slik at resultatene blir vanskelig å vurdere. Skipper Dag Olav Mollan var ikke tilfreds med brukervennlighet av SCSG og forsøkene ble ikke videreført. Trål 1 var fartøyets standardoppsett med grunntau av typen «skjørt» og trål 2 var utstyrt med SCSG.



	Kokreker, kg		Reker industri, kg		Fisk totalt, kg	
	1	2	1	2	1	2
1	200	220	19	19	3	4,13
2	200	200	17	17	11,58	14,285
3	21	2			0	0
4	84	84	3,5	3,5	5,745	8,965
5	105	105	5,25	5,25	4,65	3,715
6	126	105	8	7	8,56	10,065
7	189	196	25	25	5,885	4,925
8	242	238	23,5	27	4,17	3,425
9	231	210	20	19	4,5	4,98
10	132	131	24	24	5,14	5,58
11	183	143	21	18	3,215	3,63
12	220	270	18	20	3,455	5,625
13	247	219	20	16	5,16	7,225
	2180	2123	204,25	200,75	65,06	76,55

Tabell 5: Antall fisk per 10 kilo reker, der torsk, hyse og uer inngår i stengekriteriene. Både gapeflyndre og lodde er typiske bifangststarter som skaper en del praktiske vansker under fiske med reke-trål.

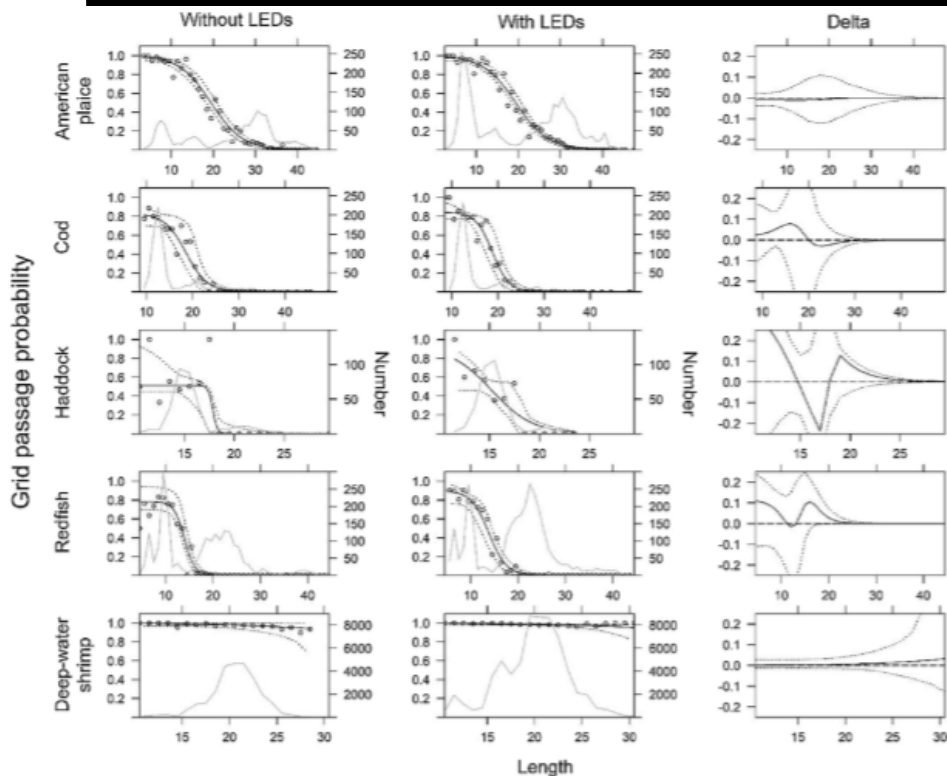
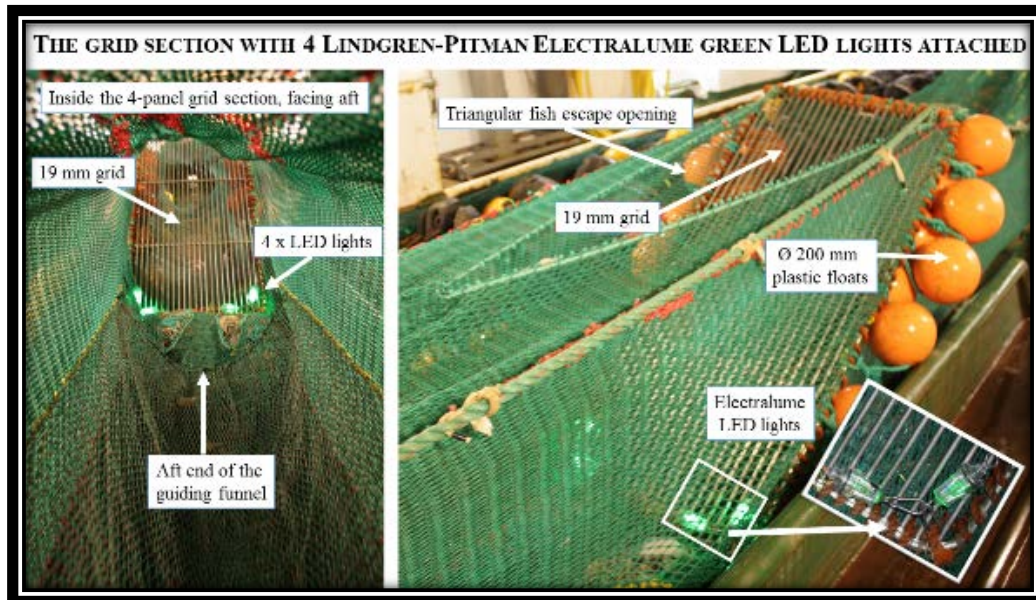
Dato	Hal	Trål 1 (babord)					Trål 2 (styrbord)				
		Torsk	Hyse	Uer	Gapefl.	Lodde	Torsk	Hyse	Uer	Gapefl.	Lodde
12.06	1	0,2	1,6	2,4	0,3	0,0	0,2	2,8	2,5	0,8	0,2
12.06	2	0,3	11,4	4,4	0,4	0,4	0,3	14,1	6,8	0,5	1,0
12.06	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.06	4	0,8	11,8	5,8	0,4	0,4	1,1	19,5	9,0	0,8	1,3
13.06	5	0,0	5,1	6,2	0,5	0,2	0,3	4,7	4,6	0,6	0,2
13.06	6	0,1	10,1	8,1	0,6	0,2	0,4	17,0	10,8	1,3	0,9
14.06	7	0,0	1,7	6,1	0,3	0,3	0,1	1,3	5,8	0,4	0,4
14.06	8	0,0	0,4	4,7	0,1	0,2	0,0	0,3	3,4	0,1	0,8
14.06	9	0,1	0,5	5,2	0,2	0,2	0,0	1,1	5,2	0,2	0,6
16.06	10	0,2	1,1	8,6	0,4	0,4	0,1	1,8	9,2	0,5	0,8
16.06	11	0,0	0,3	4,7	0,3	0,1	0,0	0,7	6,1	0,3	0,5
16.06	12	0,0	2,3	2,0	0,2	0,0	0,1	2,9	2,3	0,0	0,2
17.06	13	0,1	2,5	2,8	0,2	0,0	0,0	5,6	2,5	0,4	1,1
<b>Snittverdi</b>		<b>0,15</b>	<b>4,08</b>	<b>5,25</b>	<b>0,28</b>	<b>0,18</b>	<b>0,22</b>	<b>5,98</b>	<b>5,68</b>	<b>0,49</b>	<b>0,67</b>

Effekten av denne endring: Forsøkene viste at fangst i reker var temmelig lik i begge trålene, mens trålen med SCSG fanget litt mer fisk. Forsøkene ble ikke videreført.

**Referanse:** Pettersen, Hermann, 2017. Utprøving av ny type grunntau for kystreke-trål i Varangerfjorden med MS «Katla». 12.06 – 18.06. 2017.

#### 4.1.5. LED lamper i nedre del av ristseksjonen

Det ble gjennomført forsøk i Svalbardsonen med grønne LED-lamper plassert i nedre del av Nordmørsristen. Det ble for artene torsk, hyse, rødfisk og gapeflyndre beregnet at 51–100% av fiskeyngel passerte mellom spilene i risten. LED-lampene har effekt på fisk, men det ble registrert kun moderate endringer i antall fisk som passerte gjennom risten (og som da fanges i sekken). Forsøkene ble utført med F/F «Helmer Hanssen».

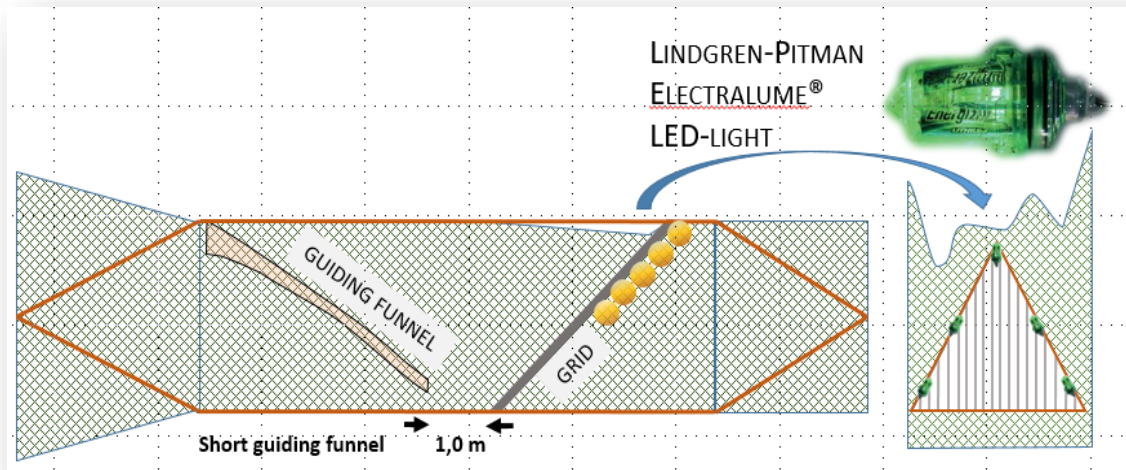


Effekten av denne endring: Forsøkene viste at fangst i reker var temmelig lik med og uten grønne LED, mens det ble funnet små endringer (men ikke signifikante) i antall fisk.

**Referanse:** Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brcic, Jure; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan. 2018. Could green artificial light reduce bycatch during Barents Sea Deep-water shrimp trawling? Fisheries Research 2018; Volum 204. s. 441-447.

#### 4.1.6. LED lamper i øvre del av ristseksjonen

Mellom 80 og 100% av yngel fra artene torsk, hyse, rødfisk og gapeflyndre passerte Nordmørsristen og endte opp i sekken. Ved å ha 5 LED langs åpningen for utslipp av bifangst, ble det fanget flere hyse-yngel, men det ble ikke målt signifikant forskjell for andre arter, inklusive reker. Det ble utført bare 5 hal med LED i denne serien, slik at datagrunnlaget blir nokså tynt. Forsøkene ble gjort med F/F "Helmer Hanssen".



Haul number	Configuration	Deepwater shrimp		Redfish		Haddock		Atlantic Cod		American Plaice	
		G (% measured)	C (% measured)	G	C	G	C	G	C	G	C
21	LEDs + short funnel	131 (15.63)	492 (2.78)	401	132	49	116	49	20	394	412
22	LEDs + short funnel	179 (13.22)	439 (2.93)	454	72	12	12	42	23	378	311
23	LEDs + short funnel	137 (71.73)	470 (3.17)	352	51	4	10	30	41	234	387
24	LEDs + short funnel	117 (53.76)	462 (3.98)	807	91	5	9	38	22	207	318

G = grid cover, C = cod end



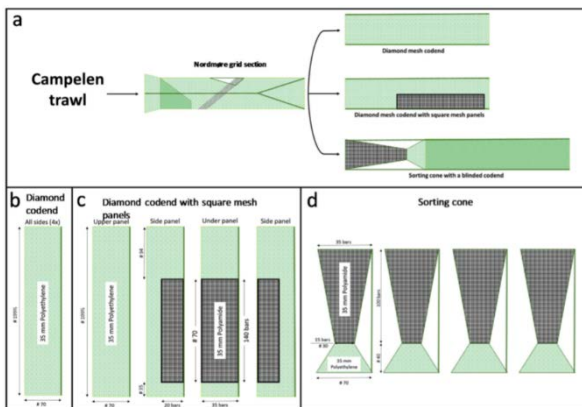
FIGURE 4. Underwater photo from inside the grid section as used during the selectivity experiments with five green Lindgren-Pitman Electralume LED lamps mounted around the escape outlet.

Effekten av denne endring: Forsøkene viste at fangst i reker var temmelig lik med og uten grønne LED langs utslipps-åpningen, mens det ble funnet små endringer (men ikke signifikante) i antall fisk, med unntak for hyse der det ble fanget langt flere individer på grunn av de grønne LED.

**Referanse:** Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brcic, Jure; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan. 2018. Could green artificial light reduce bycatch during Barents Sea Deep-water shrimp trawling? Fisheries Research 2018; Volum 204. s. 441-447.

### 4.1.7. Kombinert effekt av Nordmørsrist og tre ulike sekker – fokus torsk.

Bruk av det påbudt sorteringsteknologi som består av Nordmørsrist med 19 mm spileavstand kombinert med ne trålpose med minimum maskevidde på 35 mm, gir utsortering av både store og små individer. Den totale seleksjonsprosessen er komplisert og leder fram til en klokkeformet seleksjonskurve. I dette forsøket som foregikk i februar måned i Svalbard-sonen, ble det fokusert på torsk spesielt. De største individene sorteres bort med Nordmørsristen, mens torskelyngel (størst sett innenfor lengdespekteret 5-25 cm) som passerer mellom spilene i risten utsettes for en seleksjonsprosess i sekken. Forsøkene viser at med risten og en 35 mm sekk av diamantmasker, ble risikoen størst for tilbakeholdelse for torsk med størrelse 12-20 cm. Effekten av å sette inne kvadratmasker i underpanelet av sekken eller å ha en sorteringstrakt (i kvadratmasker) foran sekken, ga minimale og ikke-signifikante endringer. Forsøkene ble utført med F/F «Helmer Hanssen».

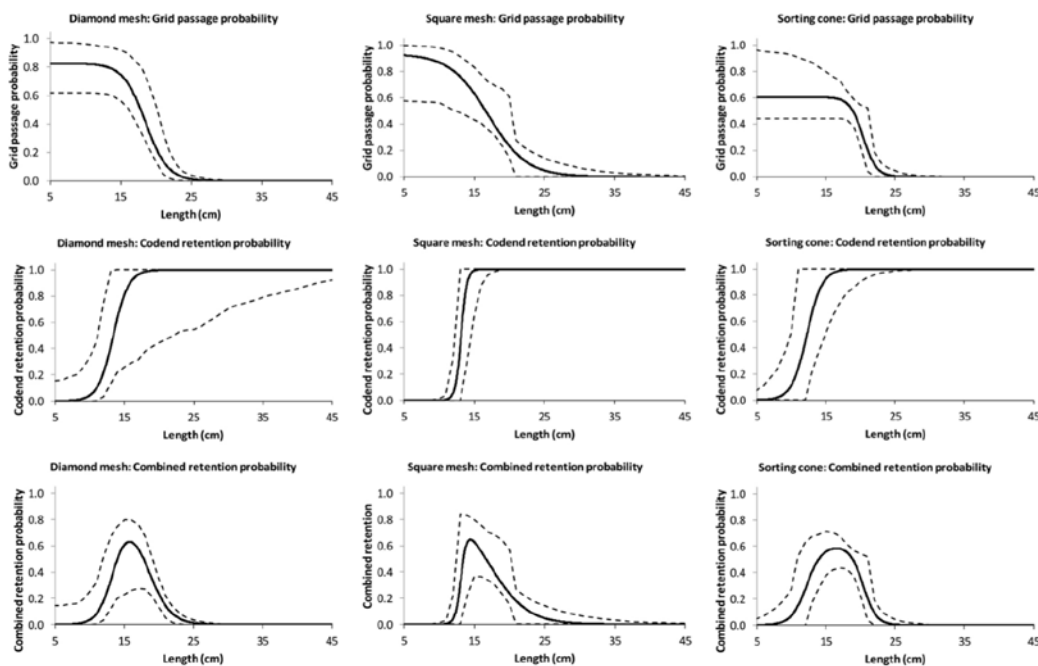


Figuren under viser resultatene for rist og de 3 varianter av sekker vi testet:

**Øverste rekke** viser sannsynlighet for at torskelyngel slipper gjennom risten.

**Rekke i midten** viser sannsynlighet at disse yngel holdes tilbake i sekken

**Nederste rekke** viser den samlede effekt med hensyn til tilbakeholdelse av torskelyngel.



Effekten av dagens seleksjonssystem og to endringer på sekken: Forsøkene dokumenterte på hvilken måte fisk (og reker) utsettes for en dobbel seleksjonsprosess. Forsøkene var fokusert på arten torsk, og den klokkeformede seleksjonskurven viste at torskelyngel mellom 12 og 20 cm hadde størst risiko for å bli holdt tilbake.

**Referanse:** Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Larsen, Roger B.; Brinkhof, Jesse, 2019. Effect of three different codend designs on the size selectivity of juvenile cod in the Barents Sea shrimp trawl fishery. Fisheries Research; Volum 219. ISSN 0165-7836.s doi: 10.1016/j.fishres.2019.105337.

### 4.1.8. Endring av avstand mellom ledenett og rist

Det ble gjennomført forsøk i Svalbardsonen med standard 0.5 m avstand fra utløpet av ledepanel til Nordmørsristen sammenlignet med en avstand 1.0 m. Selv om avstanden mellom ledenett og rist ble økt til det dobbelte (fra 50 til 100 cm) ble det ingen større tap av reker. Det største effekten ble målt på hyse ved at ble det sortert ut langt flere hyseyngel. Det var ubetydelige endringer for andre arter som torsk, rødfisk og gapeflyndre. (En tilsvarende effekt kan oppnås ved å ha en høyere/større åpning ved utløpet av ledetunnelen). Forsøkene ble gjort med F/F "Helmer Hanssen".

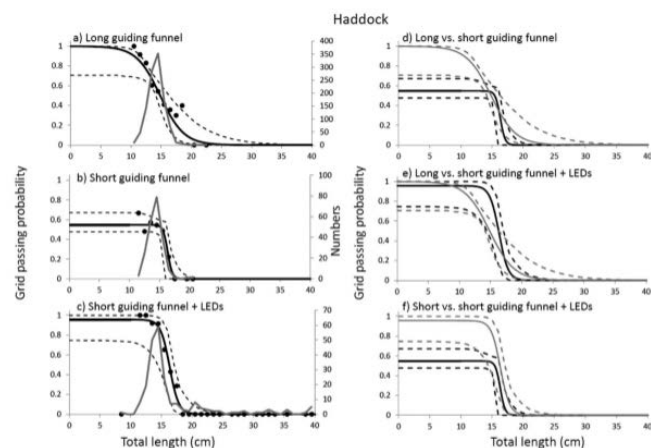
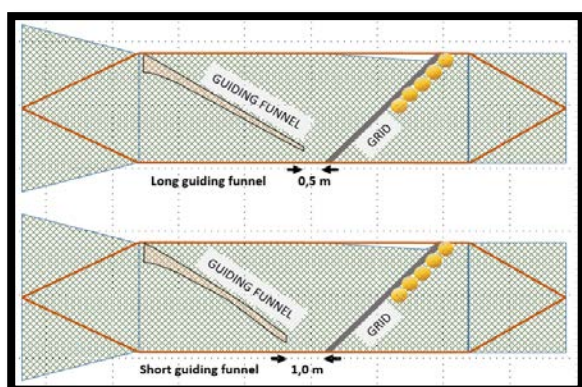


TABLE 1. Numbers of fish and shrimp measured for length in the hauls carried out during the trials. The values in parentheses represent the sampling factors. For the fish species there was no subsampling. Abbreviations are as follows: G = grid cover, C = cod end; asterisks indicate that data were not collected because the shrimp were crushed, making measurement impossible.

Haul number	Configuration	Deepwater shrimp		Redfish		Haddock		Atlantic Cod		American Plaice	
		G (% measured)	C (% measured)	G	C	G	C	G	C	G	C
1	Long funnel	123 (72.31)	160 (1.63)	56	36	13	23	21	11	208	177
2	Long funnel	120 (58.14)	153 (1.95)	143	37	20	10	17	8	238	182
3	Long funnel	163 (7.47)	173 (1.16)	404	169	112	113	58	9	438	187
4	Long funnel	108 (9.60)	171 (1.20)	184	86	36	38	12	7	265	156
5	Long funnel	144 (40.54)	160 (1.91)	108	20	22	15	28	9	321	121
6	Long funnel	169 (100.00)	175 (2.02)	68	34	10	12	8	12	206	150
7	Long funnel	208 (22.74)	169 (1.02)	187	94	52	42	12	12	391	287
8	Long funnel	189 (21.12)	190 (0.73)	164	120	33	72	18	12	327	301
9	Long funnel	123 (9.34)	412 (4.10)	242	68	16	18	34	20	424	196
10	Long funnel	133 (100)	482 (4.22)	174	92	15	16	43	21	417	320
11	Long funnel	100 (39.16)	515 (2.42)	149	180	26	62	30	18	378	396
12	Long funnel	*	*	381	172	36	74	35	23	402	413
13	Long funnel	144 (30.58)	521 (2.68)	216	66	15	20	34	21	302	204
14	Long funnel	112 (40.00)	394 (2.23)	204	55	16	19	20	23	347	294
15	Long funnel	175 (22.76)	462 (1.92)	189	143	36	98	27	8	304	295
16	Long funnel	138 (8.70)	458 (4.13)	309	27	4	4	17	14	426	312
17	Short funnel	149 (6.84)	441 (3.66)	368	46	3	8	22	12	429	300
18	Short funnel	129 (12.66)	428 (2.97)	542	67	17	8	49	29	496	276
19	Short funnel	124 (23.26)	453 (3.82)	440	70	13	6	51	23	394	281
20	Short funnel	188 (8.67)	517 (1.95)	473	147	71	88	44	21	552	452

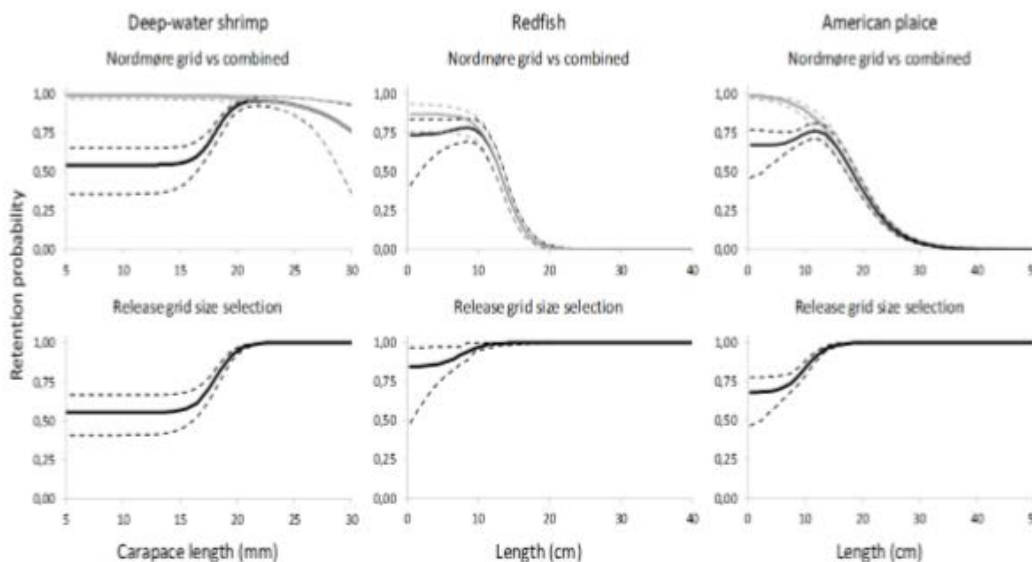
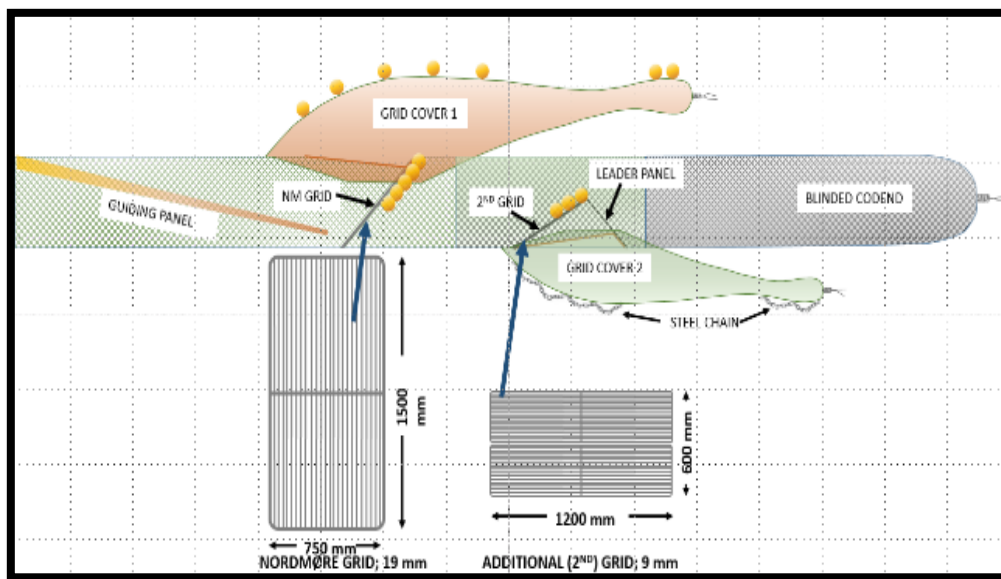
Effekten av denne endring: Forsøkene viste at fangst i reker var temmelig lik med begge ledenettene (0.5 og 1.0 m avstand til risten). Det ble funnet små endringer (men ikke signifikante) i antall fisk, med unntak for hyse der det ble utsortert langt flere individer.

**Referanse:** Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Langård, Lise., 2017. Performance of the Nordmøre grid in shrimp trawling and potential effects of guiding funnel length and light stimulation. Marine and Coastal Fisheries; Volum 9 (1). ISSN 1942-5120.s 479 - 492.s

#### 4.1.9. Effekt av ekstra rist bak Nordmørsristen

En stor andel av undermålsfisk og små reker passerer mellom spilene i risten og kommer inn i sekken. Ved å montere en liten 9 mm skråstilt (15-20°) rist i underpanelet ca. 2 m bak Nordmørsristen fikk vi betydelig reduksjon av undermålsreker opp mot 14 mm karapaks-lengde og en del utsortering av små uer opp mot 10 cm og gapeflyndre opp mot 13 cm lengde. For reker ble mengden undermålsreker redusert med 45 %, små rødfisk med 16% og små gapeflyndre med 32%.

Det ble også gjort et forsøk med 9 mm rister montert i en «timeglass»-fasong som viste god utsortering, men det ble ikke tid til å samle inn nok data for seleksjonsanalyser. Forsøkene ble gjort med F/F «Helmer Hansen».



Effekten av denne endring: Forsøkene viste at en ekstra rist med 9 mm spileavstand fjernet en stor andel (45%) av reker mindre enn ca. 14 mm karapaks lengde og en god andel av små uer og gapeflyndre.

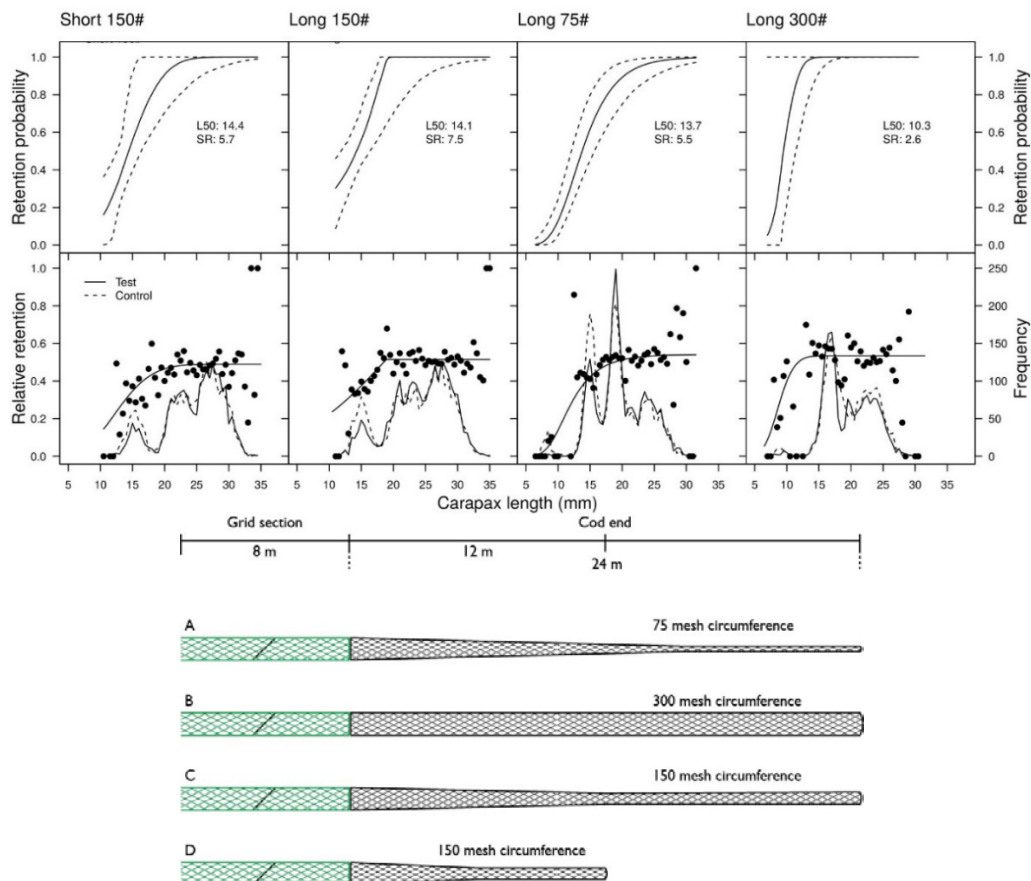
**Referanse:** Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brinkhof, Jesse; Grimaldo, Eduardo, 2018. Bycatch reduction in the Norwegian deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery with a double grid selection system. *Fisheries Research* 2018; Volum 208. s. 267-273

#### 4.1.10. Effekt av omkrets og lengde på sekkene

Forsøkene ble gjennomført med den 15 m lange reketrålere Katla i kystfisket i Troms og Finnmark, 15. - 27. november 2016 (tokt 1) og 21. juni - 01. juli 2017 (tokt 2), ved bruk av dobbeltrålmotoden (testsekk på den ene siden og en finmasket på den andre). Sekkene hadde nominellmaskevidde på 36 mm og ble brukt i kombinasjon med Nordmørerist. På tokt 1 ble to 24 m rekesekker med omkretser på 75 og 300 masker testet (Fig. 1, A & B). På tokt 2 ble det testet sekker med omkrets på 150 masker, den ene 12 m lang og den andre 24 m lang (Fig. 1, C & D).

For reke økte  $L_{50}$  (lengde hvor halvparten holdes igjen i sekken) fra 10,3 mm karapaks lengde for den vide (300 maske) sekken til 13,7 mm for den smale (75 masker) (Fig. 2). SR (seleksjonsbredde, forskjell i mm mellom  $L_{25}$  og  $L_{75}$ ) estimatet for den vide sekken var 2,6 mm og 5.5 mm for den smale.  $L_{50}$  for 150 masker sekkene var 14,1 mm for den lange og 14,4 for den korte. SR for disse sekkene var 5,7 mm for den korte og 7,5 mm for den lange.

På begge toktene ble det målt en del hyse fra 13 til 20 cm og på tokt 2 var det forekomster av uer fra 8 til 18 cm. Det var ingen tegn til seleksjon for disse artene. På tokt 1 var det en del torskeyngel fra 6 til 23 cm, men det var få individer under 8 cm. Seleksjonsestimatene ( $L_{50}$ , middelseleksjon) var 8,6 cm for den smale sekken og 8,5 cm for den lange. Så å si all torsk over 10 cm holdes igjen i sekkene Konfidensintervallene var svært vide, og estimatene er derfor usikre.



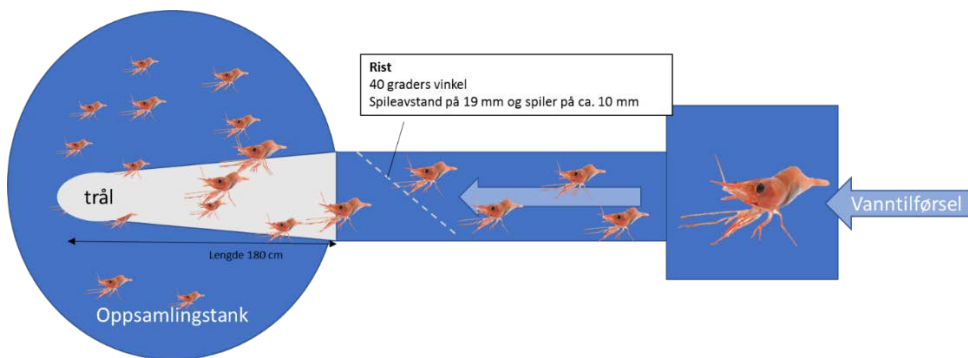
Effekten av denne endring: Forsøkene viste at en sekk med 300 maskers omkrets holder igjen så å si all reke over 15 mm karapaks lengde (~6 cm, minstemål) og mesteparten av reke over 10 mm karapaks lengde. Reduksjon til 150 masker reduserer fangst av undermålsreke uten tap av kok-reker (> 20 mm karapaks lengde). Reduksjon til 75 masker i omkrets har ikke merkbar effekt på seleksjon.

**Referanse:** Terje Jørgensen, Ólafur Arnar Ingólfsson, Liz Kvalvik, Manu Sistia, 2020. Oppsummering av resultater 2017-2019.

#### 4.1.11. Overlevelse på reker etter sortering gjennom rist og masker i sekken

Seleksjon av småreker er et prioritert område innen teknologiutvikling av trålfangst av reker. Dette for å hindre unødig beskatning av småreker som ikke kan utnyttes kommersielt. Møreforskning har gjennom et tankforsøk og tre ulike feltforsøk undersøkt overlevelse (vitalitet) hos undermåls reker som har gått gjennom seleksjonsinnretningene. Det har blitt undersøkt om de utsorterte smårekene tåler seleksjon gjennom rist og notlin (sekk), eller om dette vil medføre for mye skade til at de overlever videre i sjøen.

I samarbeid med Mørenot fikk en utformet en minitrål som hadde en diameter i åpning på 50 cm og som var i underkant av 2 meter lang. Trålen hadde en maskevidde på 40 mm diamantmasker. Trålen ble spendt ut i enden av en lengde-strømsrenne som ender ut i et kar (figur 1). I forkant av trållåpningen ble det montert opp en Nordmørerist, med spiler på 10 mm med 19 mm avstand, som var festet i en 40 graders vinkel. En vannstrøm med hastighet på 2,15 l/s ble ført gjennom lengde-strømsrennen, gjennom rist og trål før det endte ut i oppsamlingskaret.



Figur 1 Oppsett tankforsøk: «Tråling av reker» gjennom lengde-stømsrenne, rist og trål til oppsamlingsstank.

Trålfanget reker med en størrelse variasjon fra 13-25 mm CL ble benyttet i forsøket. Rekene ble trålfanget i Vigrafjorden. Rekene ble overført direkte fra trål til vanntank og kjørt til Møreforskning sine forsøkslokaler. Rekene ble deretter lagret på land i mellomlagringstanker, med vanngjennomstrømming, der rekene fikk svømme fritt. Temperaturen på vannet var 8,2 grader. Rekene ble her revitalisert i 3 døgn der døde og skadede reker ble sortert ut. 100 reker med topp vitalitet ble etter revitalisering satt ut i lengde-strømsrennen der vannstrømmen ført rekene gjennom rist og ut i trål. Forsøket ble gjentatt 3 ganger.

Etter 90 minutt eksponering for vannstrøm ble de rekene som hadde blitt selektert ut av trålen overført til en ny revitaliseringstank der de ble oppbevart i 48 timer for registrering av skader og dødelighet. Vitalitetsindeks utviklet av Larssen, et al. (2013) ble benyttet til å registrer skader og dødelighet. Rekene i forsøket hadde en gjennomsnitt karapaks lengde på rundt 17 mm med maks størrelse på 25 mm og minimumsstørrelse på 12 mm og en snittvekt på  $3,46 \pm 1,6$  g, med maks størrelse på 9,09 g og minimumsstørrelse på 0,70 g. I trålforsøket gikk henholdsvis 17, 35 og 32 av 100 reker gjennom trålen. Etter 48 timers observasjon etter tråling var alle reke i alle tre parallellene i fin kondisjon og det ble ikke observert hverken skadede eller døde reker.

Effekten av sortering: De kontrollerte forsøkene i laboratoriet (Møreforskning Ålesund) viste at 100% av rekene overlevde denne behandlingen. Utvalget var på 100 reker.

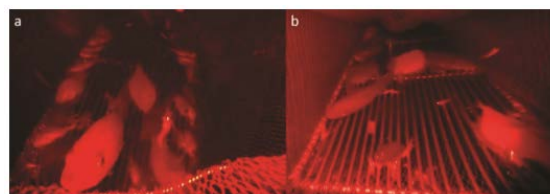
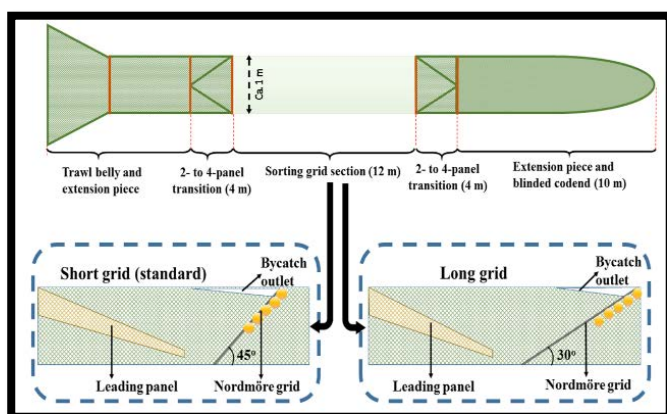
**Referanse:** Larssen, W.E and Christophersen, G. (2018) Overlevelse av reker etter seleksjon i reketrål. Toktrappert fra F/F Johan Ruud mai 2017 og januar 2018, og fra F/F Helmer Hanssen november 2017. Møreforskningsrapport. 14s



## 4.2. Kortfattet presentasjon av resultat som er oppnådd i 2017

### 4.2.1. Effekt av å bruke lang rist ved lav vinkel

Det ble gjennomført forsøk med standard rist (45° vinkel) og sammenlignet med lang rist montert i 30° vinkel. Standard Nordmørsrist montert i 45° var 1,5 m lang, mens risten montert i lav vinkel var 2,1 m lang. Begge ristene hadde 19 mm spileavstand. Med lang rist i av vinkel viste forsøkene på 2000-tallet at det generelt er lettere å få ut gapeflyndre og andre ting som kan blokkere ristflaten. Sannsynligheten for tap av de største rekene (over 20 mm karapaks lengde) avtar med lang rist, mens sannsynlighet for bifangst av fiskeyngel øker. Både torsk, hyse, uer og gape-flyndre økte i antall i rekefangstene med lang rist. Forsøkene ble utført med F/F «Helmer Hanssen».



**Table 1.** Summary data of the number of individuals that were length measured from individual hauls conducted with the short and long grids, respectively.

Haul	Grid	Deepwater shrimp		Redfish		American plaice		Cod		Haddock	
		$n_B$	$n_C$	$n_B$	$n_C$	$n_B$	$n_C$	$n_B$	$n_C$	$n_B$	$n_C$
1	S	60 (83.6)	162 (3.1)	8	18	182	278	6	7	37	12
2	L	0	144 (5.8)	187	108	67	76	3	8	22	25
3	L	4	204 (6.6)	149	61	80	88	2	8	27	19
4	S	121 (51.3)	195 (4.7)	103	82	299	200	20	5	118	26
5	S	165 (75.1)	201 (2.1)	104	103	175	281	15	12	117	59
6	L	8	211 (1.9)	66	155	243	176	3	5	79	100
7	L	18	220 (1.3)	110	407	203	309	26	33	175	402
8	S	127 (27.9)	187 (1.0)	167	320	238	297	87	88	340	348
9	S	193 (73.2)	222 (1.4)	75	214	230	403	57	45	81	89
10	L	222 (33.5)	198 (1.3)	140	417	284	264	72	94	105	172
11	L	9 (58.5)	239 (1.5)	29	72	132	218	16	24	11	29
12	S	54 (80.1)	174 (2.3)	30	15	218	271 (34.2)	55	9	7	7
13	S	16 (82.3)	179 (5.0)	80	18	91	226	16	3	25	19
14	L	10 (86.2)	172 (3.9)	169	33	200	264	13	6	49	56
15	L	8 (83.0)	174 (3.4)	215	53	141	310	15	8	44	43
16	S	96 (73.5)	217 (1.9)	71	31	234	423	37	3	61	23
17	S	181 (23.7)	198 (1.4)	186	28	387	610	85	14	191	52
18	L	13 (71.6)	168 (1.7)	312 (63.9)	528	246	295	138	143	764	521
19	L	29 (68.1)	202 (1.5)	370	524	305	359	165	182	276	540
20	S	148 (19.3)	237 (1.1)	358	420	341	531	253	276	794	413
Sum		1482	3904	2929	3607	4296	5879	1084	973	3323	2955

**Note:** Species: deepwater shrimp (*Pandalus borealis*), redfish (*Sebastes* spp.), American plaice (*Hippoglossoides platessoides*), cod (*Gadus morhua*), and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Values in parentheses are subsampling ratios shown as percentages (mass ratio for shrimp and number ratio for fish) provided only when subsampling took place. S, short grid; L, long grid;  $n_B$ , numbers in grid cover;  $n_C$ , numbers in codend.

Effekten av denne endring: Forsøkene viste at en lang rist med lav vinkel (30°) gir lavere tap av de største rekene, men samtidig blir fanget flere undermåls fisk.

**Referanse:** Larsen, Roger B.; Sistiaga, Manu Berrondo; Herrmann, Bent; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Santos, Juan. 2018. The effect of Nordmøre grid length and angle on codend entry of bycatch fish species and shrimp catches. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2018. Doi: 10.1139/cjfas-2018-0069.

### 4.2.2. Effekt av ulike konstruksjoner av trålekken

Det ble gjennomført forsøk med standard 19 mm Nordmørstribet kombinert med ulike oppsett på trålpopen: a) Vanlig to-panels 35 mm sekk, b) To-panels 35 mm sekk med underside i kvadratmasker og c) 9 mm rister montert i en «timeglass»-fasong og kort to-panels 35 mm sekk. Sekken med kvadratmasker i underpanelet forbedret seleksjonen av reker og fisk i relativt liten grad. Oppsettet med ekstra 9 mm rister viste god utsortering på både små reker og små fisk gjennom disse. Forsøkene ble utført med F/F «Helmer Hanssen».

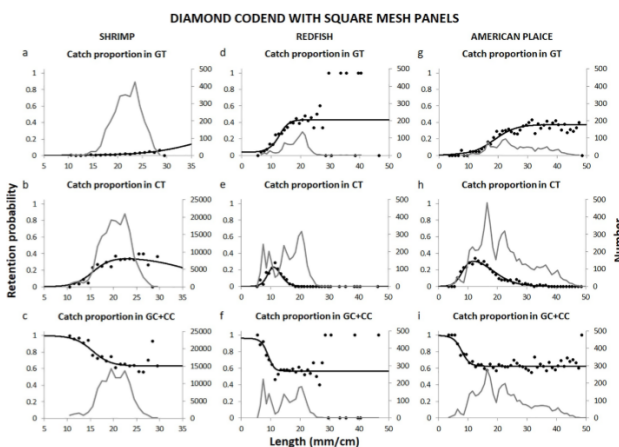
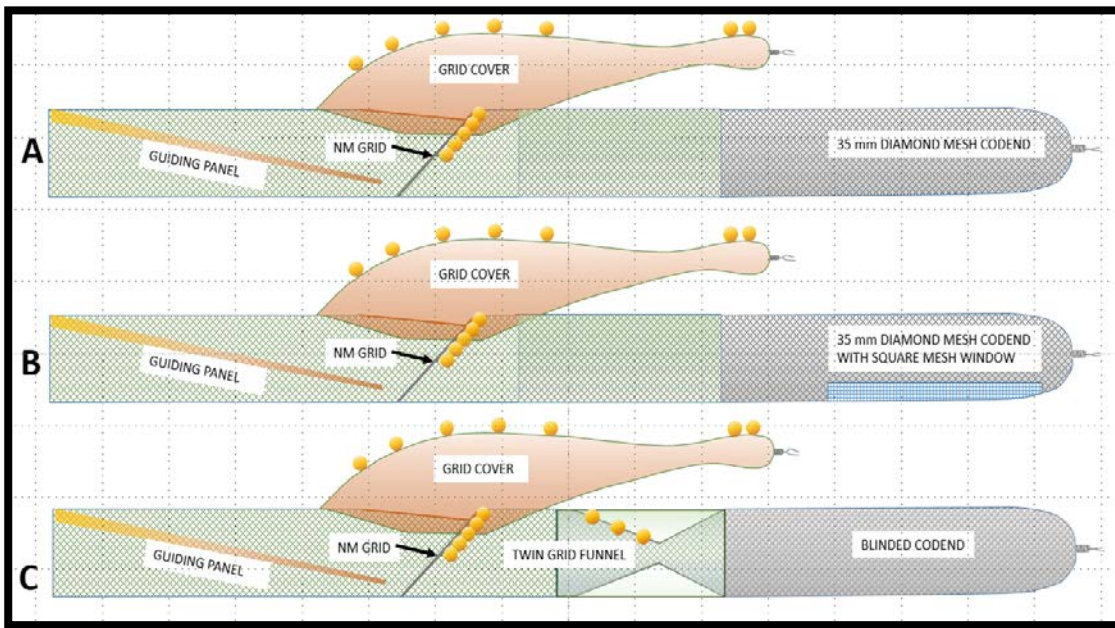


Fig 4. Catch proportion observed with the grid and diamond mesh codend with square mesh system. The test grid cover (GT), test codend (CT) and control grid cover + control codend (GC + CC), the model fit and size distribution (grey line) for the shrimp (a-c), redfish (d-f) and American plaice (g-i). Note that the catch distribution presented for the shrimp is based on raised numbers according to the subsampling factors (Table 1).

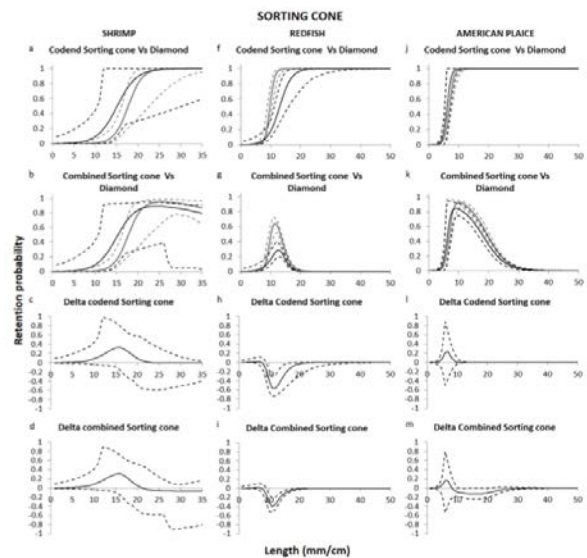


Fig 7. Codend and combined (grid and codend) selectivity curves and delta plots according to Fig (1) obtained with the diamond mesh codend (grey) and the sorting cone (black). Shrimp (a, b, c, d), redfish (e, f) and American plaice (g, h, i). Dashed lines represent the 95% confidence intervals for the curves.

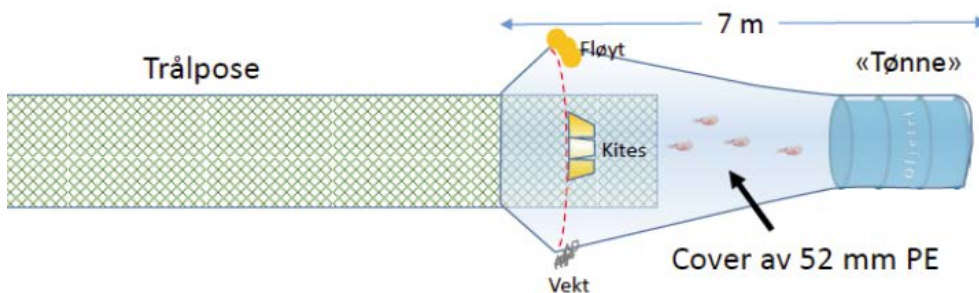
Effekten av denne endring: Forsøkene viste at sekken med 35 mm kvadratmasker i underpanelet ga beskjeden endring i seleksjonen av reker og små fisk, mens en 9 mm rist-konstruksjon mellom sorteringsrist og sekk ga bedre utsortering på små individer.

**Referanse:** Sistiaga, Manu Berrondo; Herrmann, Bent; Larsen, Roger B.; Brinkhof, Jesse, 2019. Quantification of bell-shaped size selectivity in shrimp trawl fisheries using square mesh panels and a sorting cone after a Nordmørstribet grid. PLOS ONE; Volum 14 (9). ISSN 1932-6203.s doi: 10.1371/journal.pone.0222391.

### 4.2.3. Overlevelse på reker etter sortering gjennom rist og masker i sekken

I samarbeid med UiT og SINTEF ble det gjennomført et innledende forsøket om bord i «Johan Ruud» i mai 2017 og to hovedforsøk henholdsvis på «Helmer Hansen» i november 2018 og på «Johan Ruud» i 2019. I det innledende forsøket ble det montert en finmasket oppsamlingspose over bakre del av sekken for å fange opp reker som ble sortert ut i løpet av trålhalet (1 time på bunn). En presenning ble festet over oppsamlingsposen for å minimere mekanisk påvirkning.

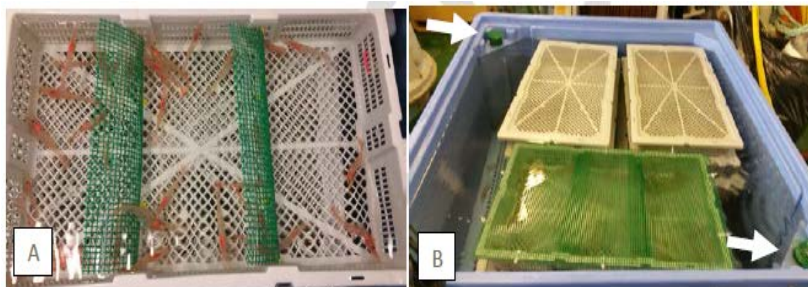
Oppsamlingsmetodikken ble forbedret i de to hovedforsøkene. Med bistand fra Mørenot ble en innretting med oppsamlingspose som ente ut i en 50 liter tønne benyttet. Tønnen beskyttet de oppsamlede rekene for slagskader under haling ombord i båten (figur 2).



Hoveddelen av reker selektert ut av en trålpose, med maskevidde på 38-40 mm, under haling vil overleve. Det ble registrert en samlet dødelighet og skade på 27,4 % etter 48 timers mellomlagring etter seleksjon i hovedforsøket om bord i «Johan Ruud». Til sammenligning hadde kontrollgruppen en dødelighet på 0,64 %. Dødelighet og skader skyldes muligens noe skade som følge av tråling og at reken ble selektert ut av maskene, men det er også en stor sannsynlighet for at rekene har fått skade på grunn av oppsamlingsmetode i tønne bak trålposen.

I forsøkene på «Helmer Hanssen» var det få reker som gikk gjennom trålposen på grunn av liten maskevidde (lysåpning <35 mm). Andelen døde i fangsten var i snitt 29%, mens dødeligheten relatert til håndteringen og lagringen i etterkant var 4%.

Andelen skadete reker var 2-4%. I forsøkene med reker fra stasjonene 1658-1673 overlevde i snitt 96% av reken som var levende etter fangst i tønne. Den lavere andelen levende reker (55-66%) relatert til totalt antall reker (levende og døde) rett etter fangst i tønne kan indikere at oppfangingen av de selekterte rekene ikke har vært skånsom nok. Revitaliserte reker fra posen ble brukt som en referansegruppe, og av disse overlevde 73-90%.

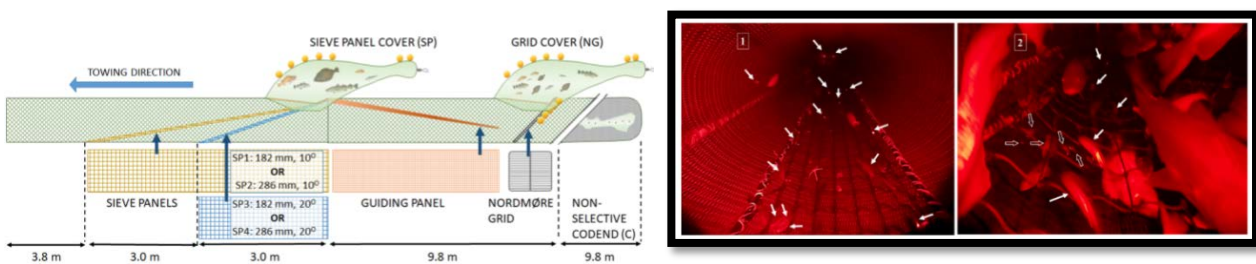


Resultatene fra disse forsøkene: Forsøkene viste at reker som sorteres gjennom 19 mm Nordmørsrist og 35 mm masker i sekken har stor grad av overlevelse, opp mot 70%.

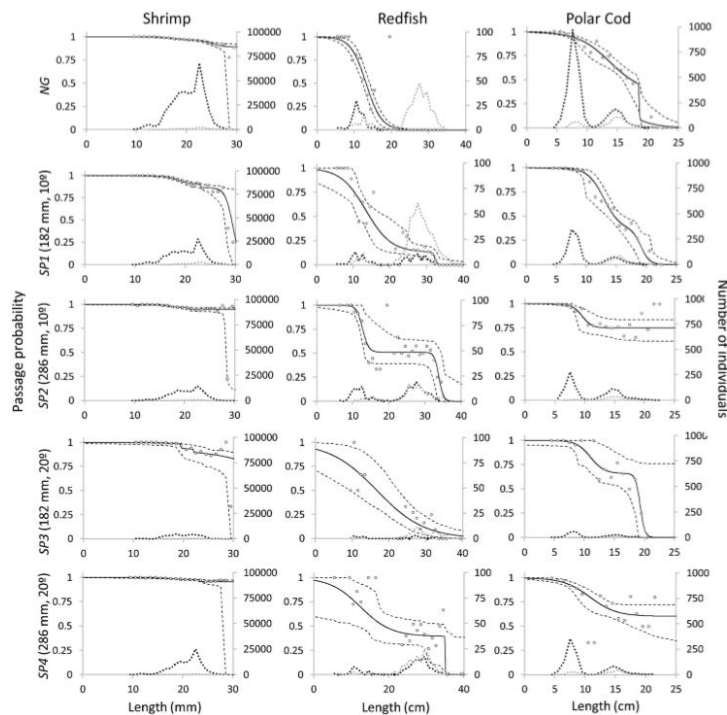
**Referanse:** Larssen, W.E and Christophersen, G. (2018) Overlevelse av reker etter seleksjon i reketrål. Toktrappport fra F/F Johan Ruud mai 2017 og januar 2018, og fra F/F Helmer Hanssen november 2017. Møreforskningsrapport. 14s

#### 4.2.4. Effekt av stormasket silepanel foran ristseksjonen

Det ble på «oppdrag» av Styringsgruppen gjennomført forsøk i Svalbardsonen med standard Nordmørsrist og et grovmasket silepanel (150 mm kvadratmaske) foran ristseksjonen. Silenettet var 6 m langt og montert i en vinkel på ca. 10 grader. Dette ga relativt god utsortering av fisk ned til en viss størrelse, men ga samtidig uakseptabelt stort tap av reker. Forsøkene ble utført med F/F «Helmer Hanssen» i januar 2017. Forsøkene med silepanel ble videreført med forsøk i Svalbardsonen desember 2017 med standard Nordmørsrist og 4 kombinasjoner med grovmasket silepanel (200 mm og 300 mm kvadratmaske) foran ristseksjonen. Silepanelene var 6 og 3 m lange og montert i vinkel på ca. 10 og ca. 20 grader. Panelet med 300 mm (286 mm) kvadratmasker montert i 20 grader ga det beste resultatet med hensyn til reketap. Reketapet var ca. 5% i volum. Fordelen med silenettet er at store individer og eventuelt søppel kan sorteres bort før fisk og reker møter Nordmørsristen. Dermed unngår man at risten tilstoppes under fiske og ristens virkemåte opprettholdes under hele halet.



Figuren under viser sannsynligheten for at reker, uer og polartorsk passerer gjennom de ulike oppsettene som ble testet. NG = Nordmørsrist, SP = Silenett.



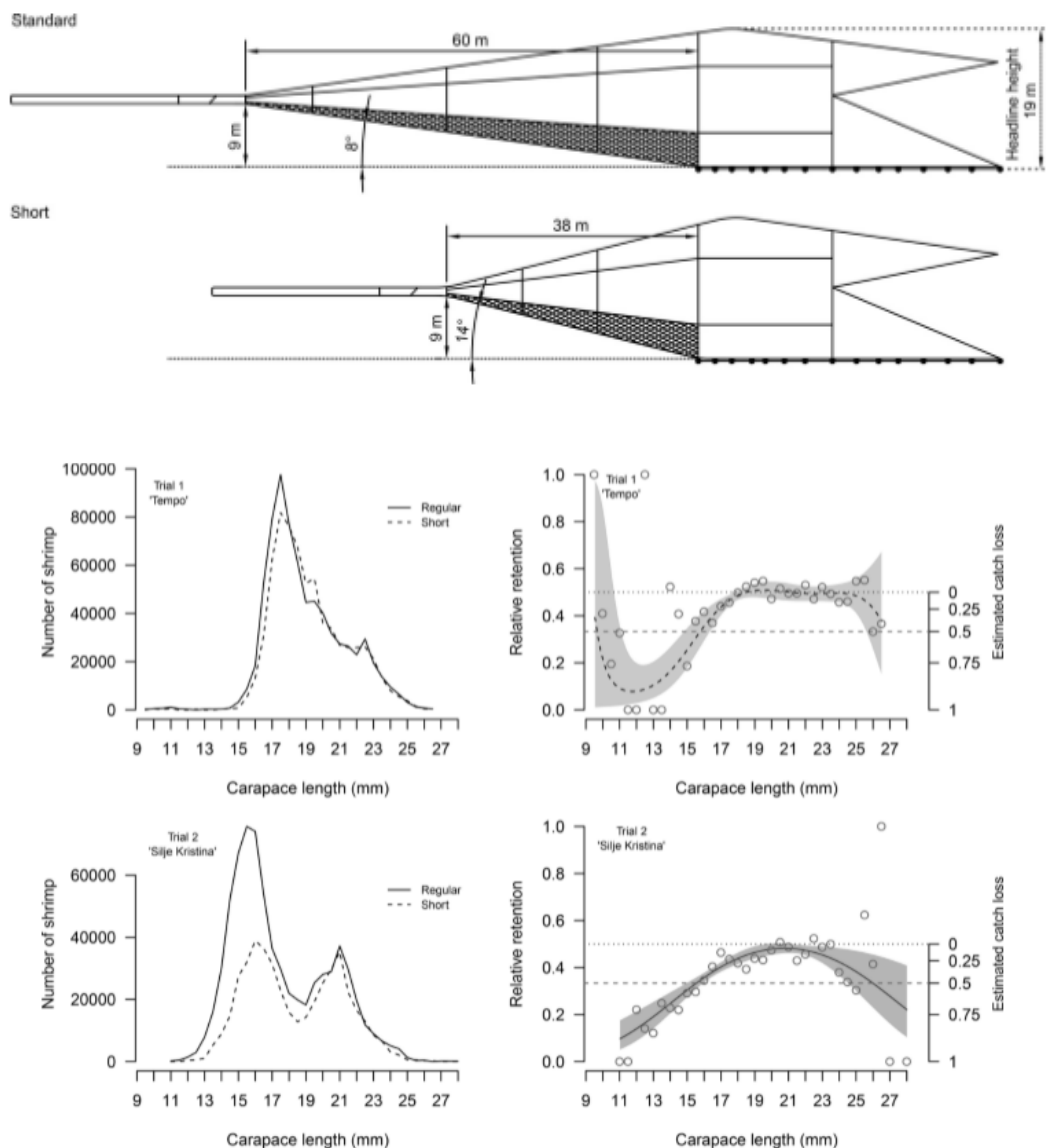
Effekten av denne endring: Forsøkene viste at de beste og eneste akseptable resultatene ble oppnådd med et silepanel i 286 mm maskevidde montert i 10 graders vinkel.

**Referanse:** Jacques, Nadine; Herrmann, Bent; Larsen, Roger B.; Sistiaga, Manu Berrondo; Brčić, Jure; Gökçe, Gökhan; Brinkhof, Jesse, 2019. Can a large-mesh sieve panel replace or supplement the Nordmøre grid for bycatch mitigation in the northeast Atlantic deep-water shrimp fishery? Fisheries Research; Volum 219. ISSN 0165-7836.s doi: 10.1016/j.fishres.2019.105324.

## 4.2.5. Effekt av kortere og brattere trålbelg

I november 2017 ble det gjort seleksjonsforsøk med kortere og brattere skåret trålbelg. Forsøkene ble gjort både i kystrekefisket i nord og i Skagerrak. Resultatene under er utført med reketrålere Tempo. Forsøkene ble gjort med dobbeltrålsystem og direkte sammenligning. Trål med kort belg var 37% kortere enn standard trålen (se skisse under). Begge trålene hadde 40 mm maskevidde i underpanelene og 35 mm maskevidde i sekkene. Resultatene viste betydelig utsortering på reker mindre enn 15.5-16.0 mm karapaks lengde (nært minstemålet), se nederste figur der heltrukket line er størrelsesfordeling på reker i vanlig sekk og stiplet linje er resultatet med nedkortert trål. Det ble oppnådd en del utsortering av øyepål med kortere trål.

Fig. 5. A schematic drawing of the geometric differences between the standard and short-belly trawl used in the experiments on board the Tempo. Note the difference in the slope of the bottom panel of the bellies.



Resultatene fra disse forsøkene: Kortere og brattere skåret trålbelg gir god utsortering av reker under minstemål (dvs. 15.5-16 mm karapaks lengde).

**Referanse:** Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T. 2020. Shorter trawls improve size selection of northern shrimp. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 77(1): 202-211, <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0443>.

## 4.2.6. Effekt av korte leisetau på trålekkene

I november 2017 ble det gjort seleksjonsforsøk med både en fire-panels rekesekk med leisetau som var 30% kortere enn selve sekken, og en vanlig rekesekk. Begge sekkene hadde en omkrets på 150 masker og lengde på 24 meter. Maskevidde i sekkene var 40 mm (innvendig). Forsøkene ble gjort med kystreketråleren «Katla». Forsøkene viste generelt renere fangster og «bedre» seleksjon (høyere L50 og brattere seleksjonskurve) for sekken med korte leisetau.

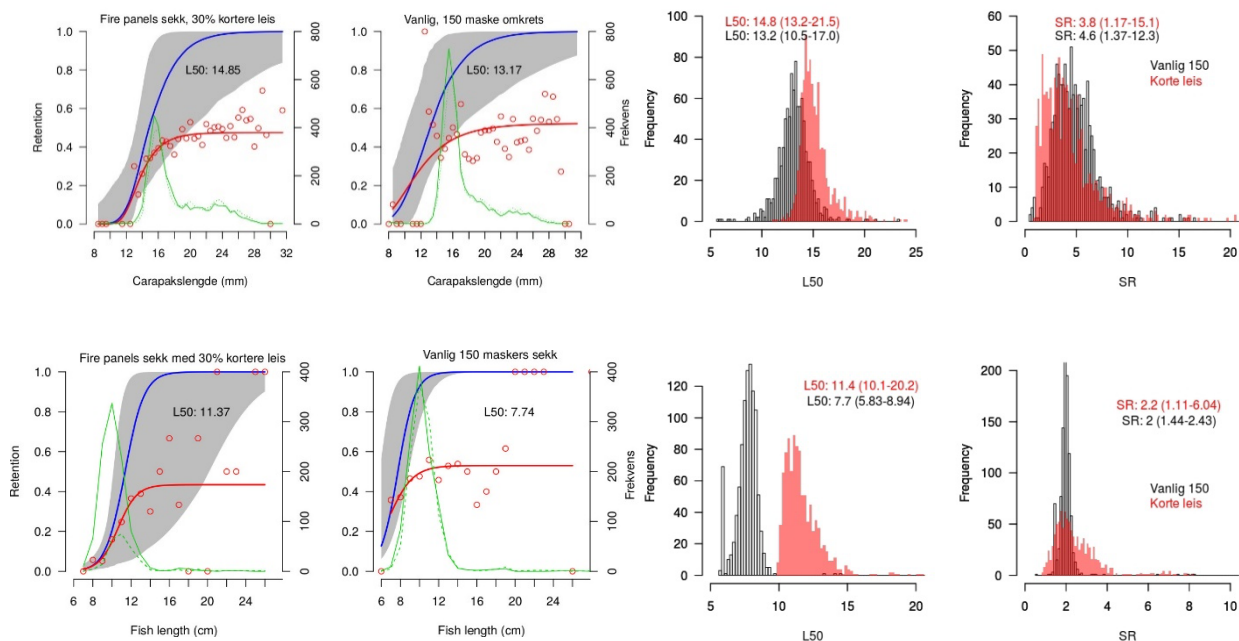


Fig 2 (øverste rekke). Reke; de to figurene til venstre viser seleksjonskurver og størrelsesfordeling for reke med firepanels sekk med 30% kortere leisetau og en konvensjonell sekk, 150 masker i omkrets uten leisetau. Blå kurve: seleksjonskurve. Grønn stiplet kurve: størrelsesfordeling fra kontrollsekk. Grønn hel kurve: størrelsesfordeling fra testsekk. De to figurene til høyre viser fordelingene av seleksjonsparametrene fra simuleringer (bootstrap) med de observerte data.

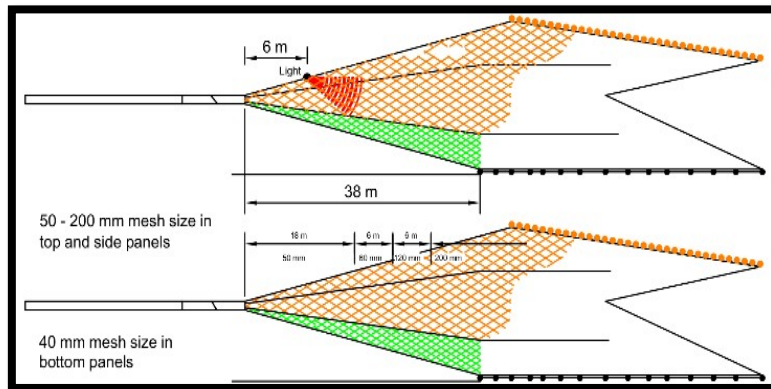
Fig 3. Torsk (nedre rekke). De to figurene til venstre viser seleksjonskurver og størrelsesfordeling for torsk med firepanels sekk med 30% kortere leisetau og en konvensjonell sekk, 150 masker i omkrets uten leisetau. Blå kurve: seleksjonskurve. Grønn stiplet kurve: størrelsesfordeling fra kontrollsekk. Grønn hel kurve: størrelsesfordeling fra testsekk. Det er verdt å merke forskjellen i størrelsesfordelingene i kontroll og testsekk for sekk med korte leis. De to figurene til høyre viser fordelingene av seleksjonsparametrene fra simuleringer (bootstrap) med de observerte data.

Effekten av denne endring: Middelseleksjon for reke økte fra 13,2 mm for den vanlige sekken til 14,8 mm for fire-panels sekken med korte leisetau (alle hal slått sammen, Fig 2), men forskjellen var ikke statistisk signifikant. For torsk yngel var det en klar forbedring i seleksjon og mesteparten av yngel under ~10 cm ble utsortert. L50 for vanlig sekk var 7,7 cm og 11,4 cm for fire-panels sekken med korte leisetau (Fig 3). Bifangst av hyse ble også registrert og bestod hovedsakelig av fisk med lengde fra 12 til 19 cm. Ingen seleksjon ble detektert, hverken i den vanlige sekken eller den med kortere leisetau. Størrelsesseleksjon i kontroll- og testsekkene var tilnærmet identisk.

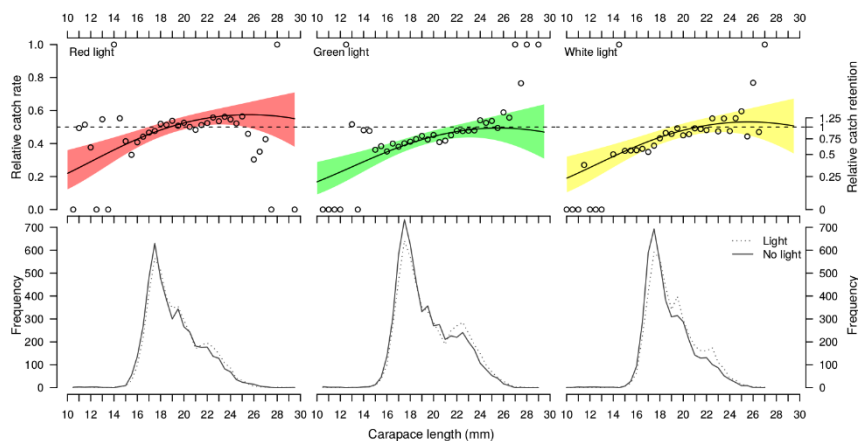
**Referanse:** Terje Jørgensen, Ólafur Arnar Ingólfsson, Liz Kvalvik, Manu Sistia, 2020. Oppsummering av resultater 2017-2019.

## 4.2.7. Effekt av LED lamper i trålbelgen

Forsøk med lys i bakre del av overbelgen ble gjennomført i november 2017 med reketrålere Tempo. To identiske, korte tråler ble fisket samtidig og hvite, grønne og røde lys satt på den ene trålen, i taket foran ristseksjonen. Resultatene viser markant økning i utsortering av småreke ved bruk av lys. I forsøkene ble det benyttet partrål med to identiske tråler, begge med nedkortet belg. På den ene ble det montert lys i bakkant av belgen, 6 m fremfor forkant av ristseksjonen. Relativ seleksjon i trålen med lys i forhold til den uten ble så modellert. Det ble testet ut lyskilder med rødt, hvitt og grønt lys. Relativ lengdeavhengig effektivitet for trålen med lys ble så modellert med polynomisk logistisk regresjon.



Forsøkene viste forbedret størrelsesseleksjon i forhold til kontrolltrålen for alle lyskildene som ble testet (Fig. 2), men grønt og hvitt lys ga høyere utsortering av småreker enn rødt lys. Dette samsvarer med studier av spektral sensitivitet hos andre krepsdyr. Disse har øyne som er sensitive i området 400-600 nm, med høyest sensitivitet for lys med en bølgelengde på ca 500 nm (grønt lys).



Resultatene antyder at reker responderer på lyset ved å prøve å unngå det (negativ phototaxis). Siden det kun er fangsten av småreker som reduseres ved bruk av lys, er det sannsynlig at seleksjonen skjer i bunnpanelene, og at reker har en nedoverrettet fluktnespons. Bunn og sidepanelene har større masker, og hvis seleksjonen skjedde her ville det også ha vært et tap av større reker.

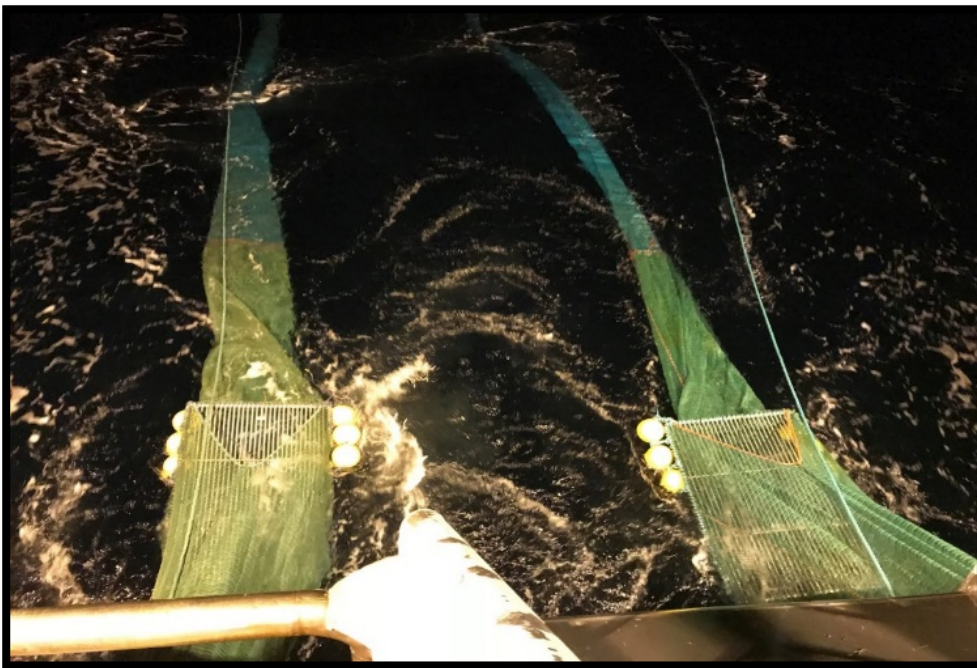
Effekten av denne endring: Resultatene tyder på at reker reagerer negativt (skremmes) av lys, og særlig i det grønne spekter. Ved at det er småreker som tapes, tyder resultatene at fluktnespons er nedover med utsortering i underpanelet.

**Referanse:** Terje Jørgensen, Ólafur Arnar Ingólfsson, Liz Kvalvik, Manu Sistia, 2020. Oppsummering av resultater 2017-2019.

## 4.3. Kortfattet presentasjon av resultat som er oppnådd i 2018

### 4.3.1. Forsøk med 19 og 22 mm Nordmørsrist

Det ble gjennomført seleksjonsforsøk med 19 og 22 mm spileavstand i Nordmørsrist, 2 uker med M/Tr «Gullholm» og F/F «Johan Ruud». Forsøkene ble utført relativt tidlig i sesongen av fisket på Varangerfjorden. Det er ingen tvil om at det tapes en viss andel store reker med bruk av 19 mm rist. Noen hal i starten av sesongen viste at mengden kok-reke (ca. 70 stk/kg) ble redusert med 25-50% med 19 mm rist sammenlignet med 22 mm rist. Mengden (i kg) bifangst av fisk økte med 48-55%. I slutten av mai var det tidvis betydelige mengder maneter som skapte uventede variasjoner i resultatene fra hal til hal. I forsøkene med «Johan Ruud» var bifangst av fiskeyngel (spesielt hyse) med 22 mm spileavstand i Nordmørsristen langt over dagens kriterier. Problemstillingen med fisket på Varangerfjorden burde være grunnlag for et utvidet studium.



hal	start	stopp	område	19 rist			22 rist					
				kokt	industri	yngel antall pr kg	kokt	industri	yngel antall pr kg			
1	142300	150700	Kibergfeltet	168	13	30	feil vektdata	225	16	46	feil vektdata	
2	151000	151800	Kiberg -flyplassen t/r	179	14	27	74	230	18	42	70	
3	152100	160500	Kibergfeltet	175	12	9	74	155	18	16	62	
4	160730	161530	Kibergfeltet	161	9	9	87	239	17	17	70	
				168	30			225	46			34%
				179	27			230	42			26%
				175	9			155	16			
				161	9			239	17			49%

Effekten av denne endring: Resultatene viser at rist med 22 mm spileavstand vil fange flere av de store reke, men bifangsten av fisk blir uakseptabel stor.

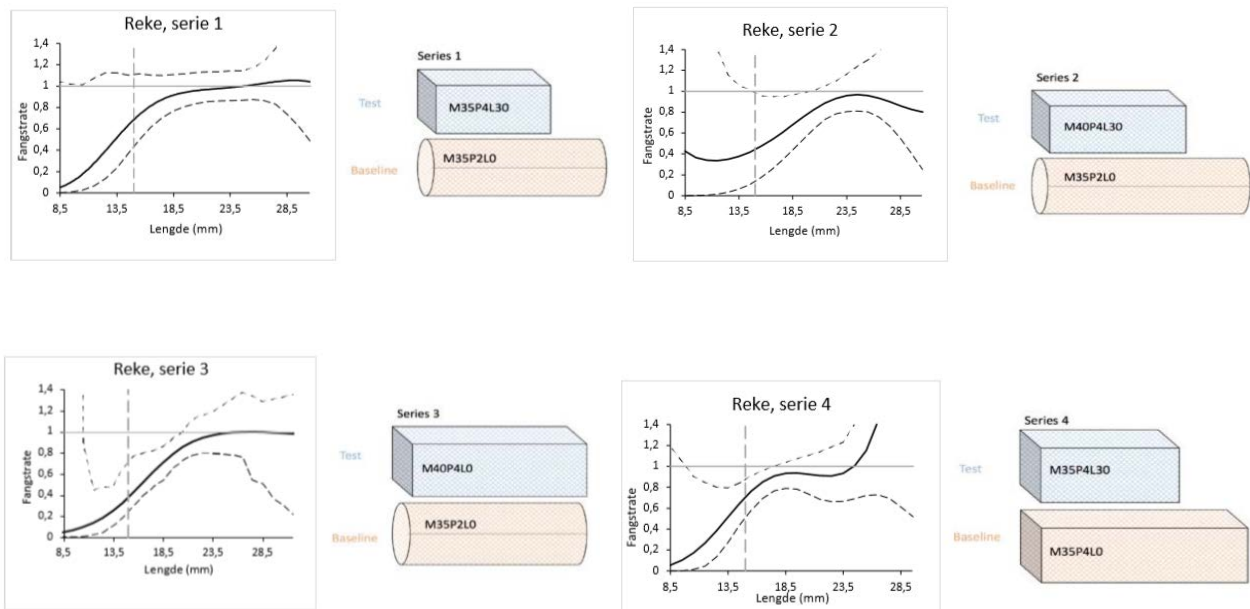
**Referanse:** Vollstad, Jørgen, 2018. Sammenligning mellom 19 og 22 Nordmørsrist ombord i "Gullholmen" F-500-M, Varangerfjorden 14-16 april 2018. SINTEF Nord.



### 4.3.2. Forsøk med innkorting av leiestau og firepanels konstruksjon

I samarbeid med Fiskeridirektoratet ble det utført forsøk med forskjellig maskevidde i sekkene og 30% innkortet leis med «Arctic Viking» i Svalbardsonen, 2 uker i oktober. Forsøkene ble utført med dobbeltrål system. Den ene trålen var utstyrt med et standard oppsett med 19 mm Nordmørsrist og en to-panels 35 mm sekk. Den andre trålen hadde standard Nordmørsrist og en testsekk. Testsekk nr. 1 var fire-panels i 35 mm m/30 % innkortete leiser, testsekk nr. 2 var fire-panels i 40 mm m/30 % innkortete leiser, testsekk nr. 3 var fire-panels i 40 mm diamantform nett (uten innstramming på leisene) og testsekk nr. 4 var fire-panels i 35 mm m/30 % innkortete leiser som ble testet mot en firepanels sekk i 35 mm (uten innstramming på leisene). Ved å øke maskevidden fra 35 til 40 mm i sekkene og bruke 30% innkortet leis oppnås det god utsortering av små reker (undermåls og industri-størrelse) og noe fiskeyngel. Det ble gjort registrering av antall reke pr kg fra hver sekk for hvert hal.

Fangst av reker ble delt inn i fire størrelseskategorier. Industrireker ble ikke talt, men totalvekten fra hver sekk ble registrert i hvert hal. Det ble oppnådd relativt gode seleksjonsdata på reker og uer, mens antall torsk, hyse og blåkveite var begrenset.



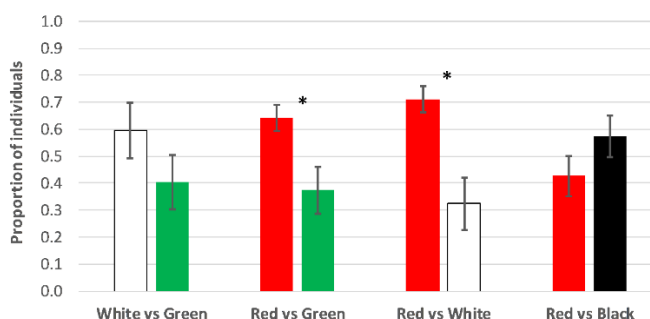
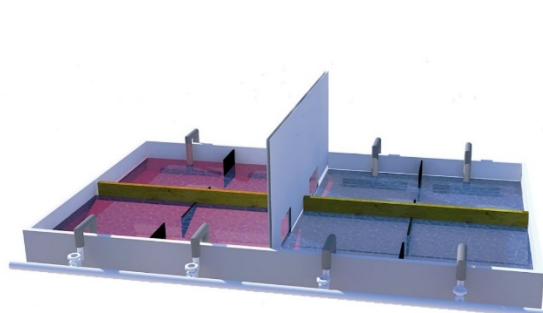
Effekten av endringene: De beste resultatene med hensyn til effektiv utsortering ble oppnådd med fire-panels sekk i 40 mm og 30% innkorting på leis, men tap av industrireker (de fleste større enn minstemålet) blir markant. I områdene med mye fiskeyngel er denne teknikken likevel ikke tilstrekkelig for å løse bifangst-problematikken for fisk. For å unngå for stort tap av reker større enn 15 mm karapaks lengde, vil en fire-panels sekk med 35 mm maskevidde som er skutt inn 30% på leisene være gunstig. På den annen side vil denne sekken gi liten effekt med tanke på å sortere bort uønsket fangst av fiskeyngel.

**Referanse:** Pettersen, Hermann. 2020. A catch comparison study on different codend designs to evaluate bycatch reduction in the North-East Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. MSc thesis, UIT

## 4.4. Kortfattet presentasjon av resultat som er oppnådd i 2019

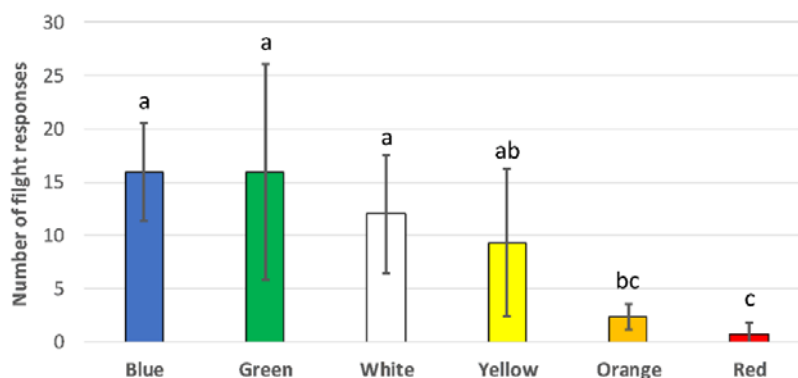
### 4.4.1. Atferds studier på reker

Eksperimentet ble utført i en lys grå glassfibertank med to parallelle lengdestrøms-renner (figur 3). Tanken ble delt i midten med en lyssikker presenning. En 50 cm åpning i hver renne tillot reker å bevege seg fritt mellom hvert rom. Friskt sjøvann som hadde en temperatur på 7 ° C ble tilført gjennom rennen. Ekstern belysning ble eliminert ved å dekke glassfibertanken med et lystett telt. I forsøket ble lys med lik lysintensitet ( $\pm 5,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-2}$ ) med rød, grønn og hvit farge ble testet mot hverandre eller mot fravær av lys. Eksperimenter ble kjørt i duplikater, med totalt 100 reker fordelt mellom de to kamrene der de fikk roe seg ned i 30 minutter før de ble eksponert for lys i 45 minutt. Åpningen på 50 cm mellom de to kamrene ga rekene muligheten til å velge den foretrukne lyskilden. Etter 45 minutter var rekens aktivitet minimal og antall reker i hvert kammer ble registrert. Ved å bruke nye reker ble eksperimentet gjentatt tre ganger, slik at en totalt har 6 replikanter for hver kombinasjon av belysning.



I preferanseeksperimentet ble et betydelig lavere antall reker funnet i områder opplyst med grønt (530 nm) eller hvitt lys (425-750 nm) sammenlignet med områder med rødt lys (630 nm) eller hvor det var helt mørkt der en ikke så forflytting mellom områder av betydning (figuren over).

Grønt(530nm), blått (480nm) og hvitt (425-650nm) lys gav et betydelig høyere antall fluktnespons sammenlignet med reker utsatt for oransje (605nm) eller rødt lys (630nm) (figur 5). Totalt sett tyder dette på at lys i det blågrønne bølgelengde-spekteret har en avskrekkende effekt på reker. Dette bør tas i betraktning dersom en ønsker å benytte fangstredskap med belysning for å minimere bifangst.



Effekter av lyspåvirkning: Resultatene viser at lys i det blågrønne bølgelengde-spekteret har en avskrekkende effekt på reker. Dette kan utnyttes med tanke på å minimere bifangst under fiske.

**Referanser:** Larssen, W. E. and Bakke, S. (2019). Behavioural responses of northern shrimp (*Pandalus borealis*) to artificial light in laboratory experiments. In: International Perspectives on Regional Research and Practice: Orkana Forlag. p13.

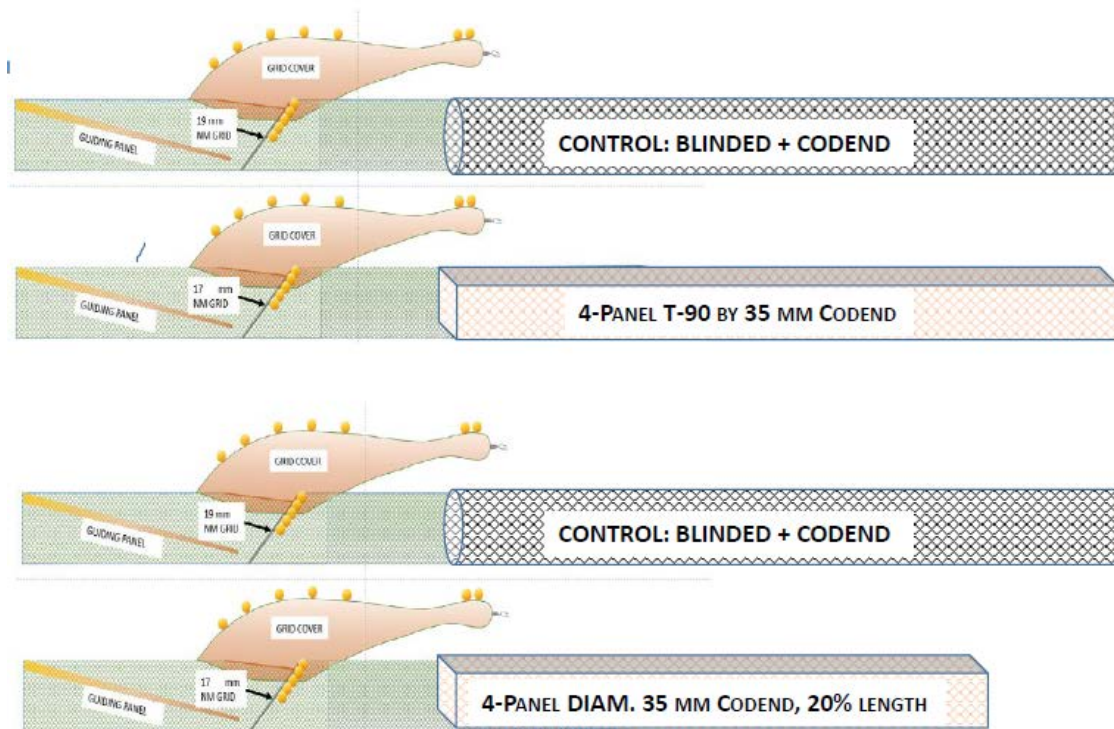
Larssen, W. E. and Christoffersen, G. (2021). Survival of shrimp slipping through the trawl net. Orkana Forlag. (pub.in process).

#### 4.4.2. Forsøk med 17, 19 og 21 mm spileavstand i rist.

Forsøk med Nordmørsrist med 17 mm, 19 mm og 21 mm spileavstand ble gjennomført i Svalbardsonen i januar 2019. I tillegg ble det testet 3 fire-panels sekker (35 mm, 40 mm og 40 mm T-90) hvor det ble brukt null og 30% innstramming av leisene.

Toktet ga et omfattende data-materiale (som ennå er under bearbeiding og publisering). Vi har fått god informasjon om hva spileavstand vil kunne bety for fangst-effektivitet på reker og bifangst-reduksjon (fisk og reker). Reduksjon av spileavstand til 17 mm gir bedre utsortering av fisk, men fører samtidig til (større) tap av de største rekene. Ved å øke spileavstand til 21 mm er det svært liten sannsynlighet for tap av Barentshav- og Svalbard reker, men innblanding av yngel fra regulerte arter kan bli uakseptabelt høyt.

Resultatene med ulik spileavstand i Nordmørsristen kan bidra til å belyse hva som kan bli effektene av f.eks. å bruke større spileavstand i enkelte områder som Varangerfjorden. Resultatene fra de ulike trålekkene har relativt liten verdi fordi leverandøren hadde produsert sekkene med ukurant maskestørrelse.

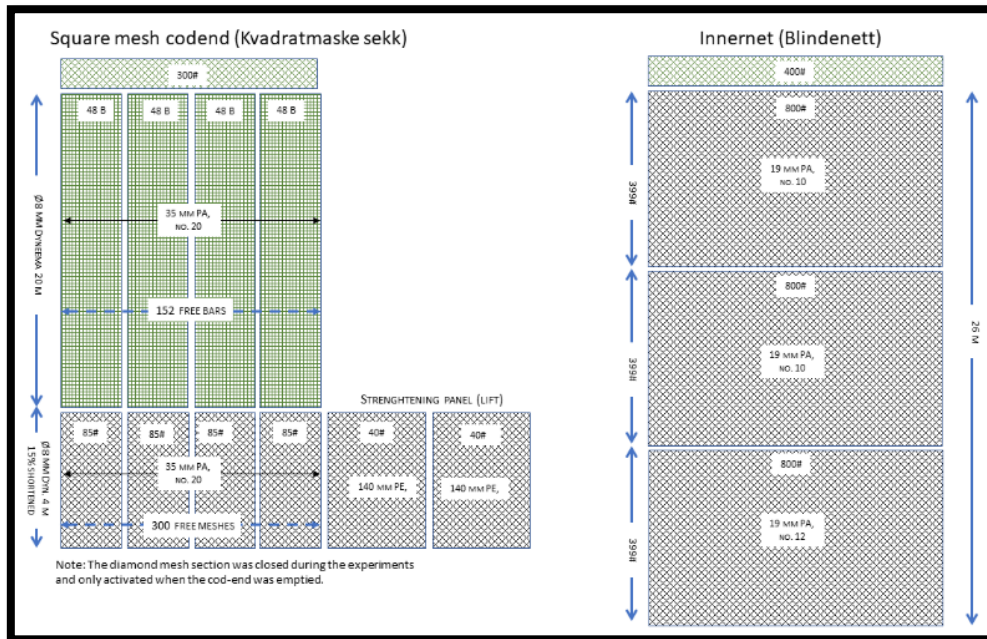


Effekten av endringene: Toktet ga et omfattende data-materiale (som ennå er under bearbeiding og publisering). Vi har fått god informasjon om hva spileavstand vil kunne bety for fangst-effektivitet på reker og bifangst-reduksjon (fisk og reker).

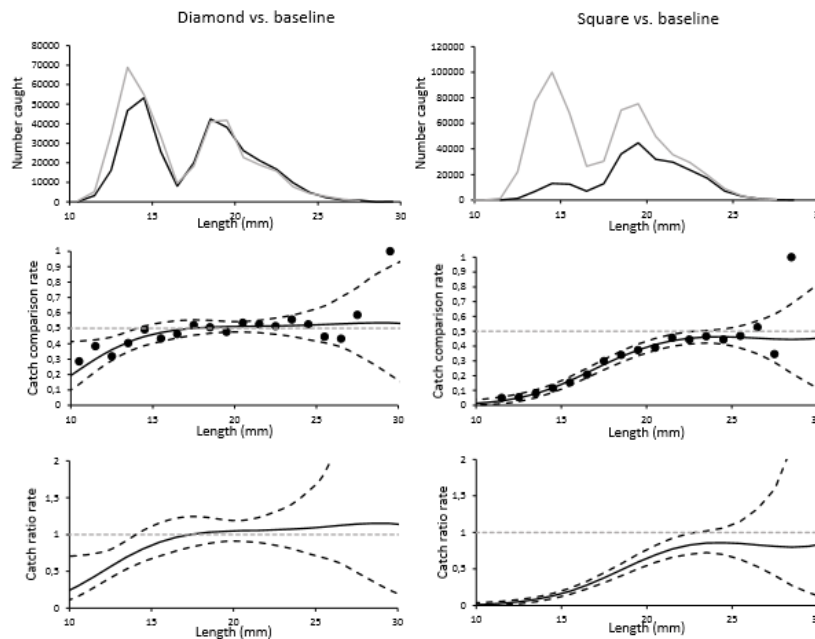
**Referanser:** Under bearbeiding

### 4.4.3. Forsøk med kvadratmaskesekk i Skagerrak

Forsøk med 35 mm kvadratmaske-sekk bel sammenlignet med ordinær sekk med 35 mm diamant masker med formål å redusere fangst av undermålsreker og bifangst av fisk som øyepål og kolmule. Forsøkene ble gjennomført i Skagerrak i første halvdel av mai 2019 med reketråleren Monsun. Kvadratmaskesekken sorterte ut opp mot 80% av bifangsten av øyepål og kolmule, men samtidig ble så mye som 70% av rekerne sortert ut.



Figuren under viser effekten på rekestørrelse ved å bruke 35 mm ordinær sekk og 35 mm kvadratmaske sekk. Merk at tapet av reker mellom 10 og 20 mm karapaks lengde er betydelig for kvadratmaske-sekken.



Effekten av endringene: Toktet viset at en 35 mm kvadratmaske sekk vil gi en god utsortering på bifangst av øyepål og kolmule, men et uakseptabelt stort tap av reker.

**Referanse:** Jacques, N.; Cerbule, K.; Herrmann, B.; Larsen, R.B. & Lilleng, 2020. The effect on size selection and the catch pattern by changing from a diamond to a square mesh codend design in the Skagerrak Northern shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. Cruise report from trials with “Monsun”, 3.-15. May 2019.

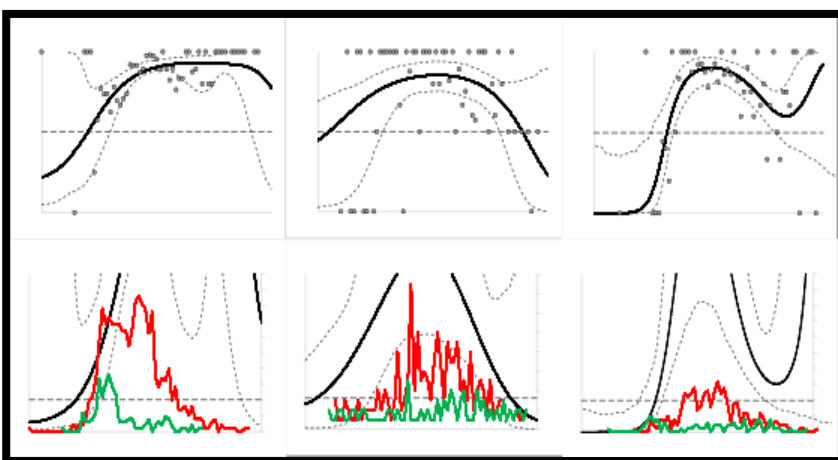
#### 4.4.4. Forsøk med krepsespalte

Fra 1. januar 2019 ble påbudet om bruk av rekerist i Skagerrak/Nordsjøen utvidet til også å omfatte fiske innenfor 4 n. mil. Spørsmålet om bruk av rist med spalte ved fiske innenfor 4 n. mil ble derfor på nytt aktualisert. I samråd med forvaltningsmyndighetene ble det bestemt å gjennomføre en ny serie forsøk i 2019 for å skaffe til veie et bedre datagrunnlag for hvordan bifangst endres ved bruk av spalte. Forsøkene, finansiert av FHF og Fiskeridirektoratet, skulle gjennomføres på kommersielle fartøy i tre delområdet; Skagerrak øst (Hvaler), Skagerrak sør (Lindesnes) og Rogaland (Karmøy). Havforskningsinstituttet fikk det faglige ansvaret for gjennomføringen.

Forsøket ble gjennomført som komparative fiskeforsøk, der fartøyet fisket med dobbeltrål med to identiske tråler der den ene hadde standard rist og den andre tilsvarende rist med spalte. Etter ønske fra Fiskarlaget Sør ble det benyttet en spaltehøyde på 15 cm. Begge trålene hadde montert standard oppsamlingspose over ristutslippet. Forsøket i Karmøy-området ble utført i oktober/november, men de to andre forsøkene gikk i hhv mars (Hvaler) og april (Lindesnes).

Trålen der rekerista med spalte var installert fanget generelt mer bifangst enn trålen med den ordinære rekerista. Resultatene viser at fisk under 15-20 cm (avhengig av fiskens form) går mellom spilene på rekerista, og krepsespalte bidrar derfor ikke til økning i fangst av fiskeyngel og småfallen fisk. Større fisk (flatfisk >30-35 cm, torskefisk >40-45 cm, skater m.m.) holdes igjen i fiskeposen, og vil derfor fanges uavhengig av om det brukes rist med eller uten spalte. Med bruk av krepsespalte øker imidlertid fangst av 'mellomstor' fisk som er for stor til å gå mellom spilene og for liten til bli holdt tilbake i oppsamlingsposen over fiskeutslippet i rista (også kalt fiskeposen). På samme måte bidrar krepsespalte til økning i mellomstor kreps (ca.30-70 mm karapaks lengde).

Andel bifangst varierte betydelig mellom områdene. Den var lavest i Skagerrak øst, der bifangst utgjorde 10% av totalfangsten, og høyest i Karmøy-området der nærmere 50% av totalfangsten var bifangstarter. Forsøkene bekrefter at det er et markant tap av kreps ved bruk av rist uten spalte. Forutsatt at all sjøkreps fanges ved bruk av spalte, var dette tapet på ca. 80% i Østre Skagerrak og 75% i de to andre forsøksområdene. I tillegg til kreps var det spesielt haifisk (svarthå, pigghå og hågjel) og flatfisk som ga markant økt fangst ved bruk av spalte. Dette kan skyldes dårlig svømmeevne med hensyn til å unngå spalten eller andre adferds-messige forhold. Fangstene av torsk var lav i alle forsøkene, og de få individene som ble fanget var generelt større fisk. Østre Skagerrak ser ut til være et yngelområde for lysing. Siden mye av lysingen er fisk under 15-20 cm, gir imidlertid bruk av krepsespalte kun en begrenset økning i fangsten av denne yngelen.



Effekten av krepsespalte: Forsøkene har vist at fangst av sjøkreps berges uten at det endrer fangst av reker, men bifangst av haifisk og flatfisk øker.

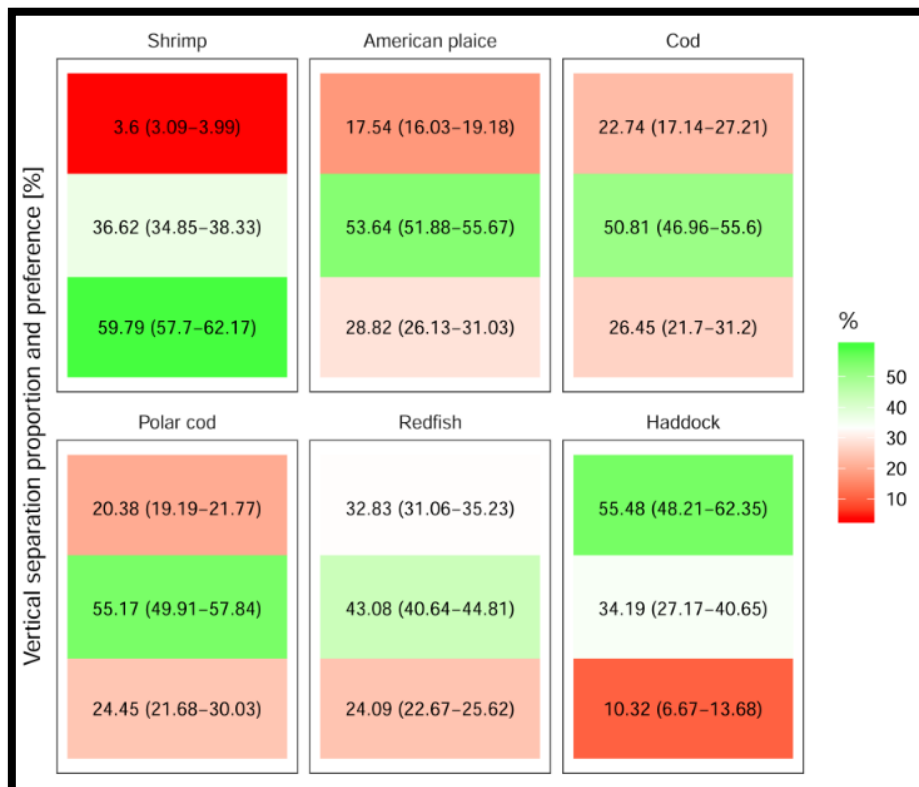
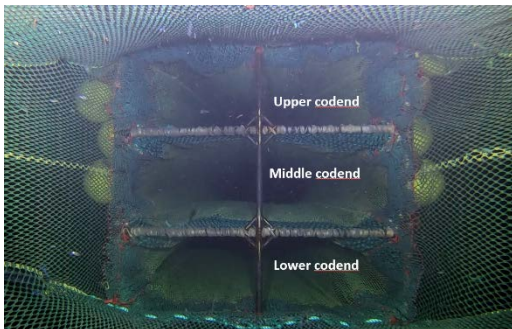
**Referanse:** Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Sistiaga, M. 2020. Forsøk med krepsespalte i rekerist. Rapport fra forsøkene i 2019. 5. mars 2020

#### 4.4.5. Studie på vertikal fordeling av reker og fisk

I løpet av et tokt i desember med «Helmer Hanssen» i Svalbardsonen undersøkte vi (ved hjelp av en tre-delt ramme med sekk i hver seksjon) hvordan den vertikale fordelingen av reker og fisk er i området hvor Nordmørsrist-seksjonen settes inn.

Forsøkene ga tydelige svar og det vil være interessant å diskutere med fiskerne om disse resultatene kan brukes aktivt. Reketapet i den øvre 3-del av rammen ble målt til beskjedne 3,6%, mens utsortering av fisk mindre enn 40 cm var markant: 18% for gapeflyndre, 23% for torsk, 20% for polartorsk, 33% for rødfisk og 55% for hyse.

Vi har gjort vurderinger av hvordan disse talleene kan utnyttes i det kommersielle rekefisket.

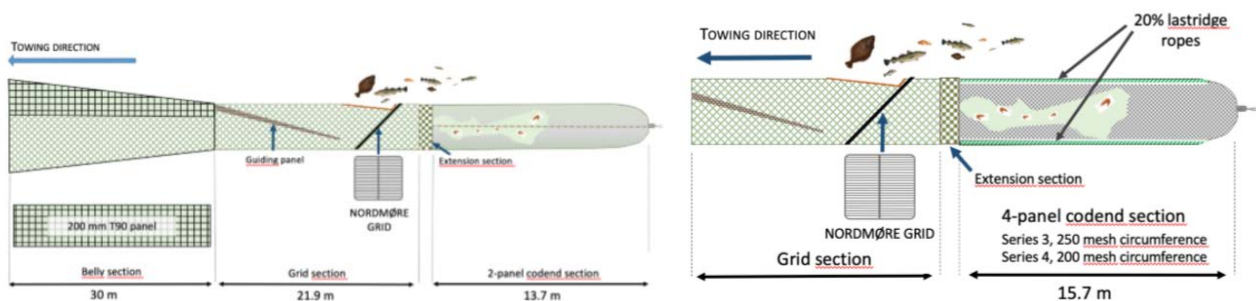


Studiet viste: I den øvre 3-delen av trålen vil en god del individer av de typiske bifangstartene befinne seg, men relativt lite reker. Ved å fjerne fisk i den øvre 3-delen før de entrer ristseksjonen, kan det oppnås forbedret seleksjon i rekefisket. Resultatene vil bli fulgt opp med flere forsøk.  
**Referanse:** Can vertical separation of species in trawls be utilized to reduce bycatch in shrimp fisheries? Under publisering.

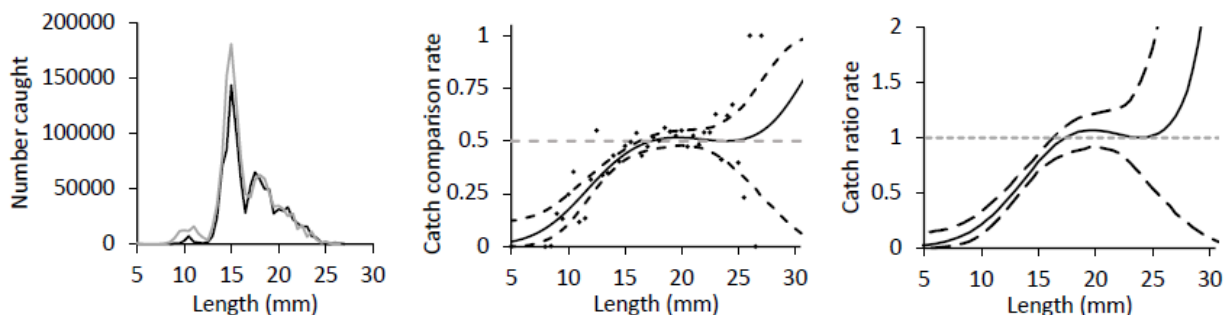
#### 4.4.6. Stormasket overbelg, innkorting av leis og omkrets i 4-panels sekker

Høsten 2019 ble det utført forsøk i Svalbardsonen med havreketraleren «Arctic Viking». Det ble benyttet dobbeltrål, der den ene trålen som var rigget på ordinært vis og fungerte som kontroll. Det ble montert et stormasket nett (200 mm i T90 retning) i overpanelene av den bakre del av belgen. Dette ga ingen tap av reker, men god utsortering på en del av bifangst-artene; 68% av blåkveite, 19% av polartorsk. Det ble ikke funnet merkbar reduksjon av uer.

Ved å korte ned leisetauene med 20% på en fire-panels sekken ble det fanget 34% færre polartorsk og nesten 20% færre gapeflyndre. Hele 45% av små reker ble sortert ut med dette oppsettet, hvorav bare 4% av disse rekerne var over minstemålet (15 mm karapaks lengde). Ved å kombinere effekten av innkortete leiser og reduksjon av sekkens omkrets fra 250 til 200 masker ble fangsten av undermåls reker redusert med ytterligere 17%, 93% av de minste polartorsk og 68% av de minste gapeflyndre ble sortert ut.



Series no.	Experimental design
1	<b>Baseline:</b> A regular 2-panel codend with a 35 mm mesh size <b>Test:</b> A 2-panel codend with a 35 mm mesh size and a 29.4 m long 200 mm mesh size T90 panel inserted in the top of the aft of the belly section before the grid
2	<b>Baseline:</b> A regular 2-panel codend with a 35 mm mesh size <b>Test:</b> A 4-panel codend with a 35 mm mesh size
3	<b>Baseline:</b> A 4-panel codend with a 35 mm mesh size <b>Test:</b> A 4-panel codend with a 35 mm mesh size and with 20% shortened lastride ropes.
4	<b>Baseline:</b> A 4-panel codend with a 35 mm mesh size <b>Test:</b> A 4-panel codend with a 35 mm mesh size, a circumference of 200 meshes and with 20% shortened lastride ropes.



Effektene av endringene: Både stormasket panel i overbelgen og overgang til 4 panels sekker øker utsortering av både fisk og små reker. Disse effektene forsterkes ved å åpne maskene mer med innkortede leisetau og mindre omkrets i sekkene.

**Referanse:** Jacques, N.; Pettersen, H.; Cerbule, K.; Herrmann, B.; Ingolfsson, O.; Brinkhof, J.; Larsen, R.B. and Lilleng, D. 2020. Improved size selectivity in the Barents Sea Deep – water shrimp fishery. Cruise report from trials done onboard the M/TR ‘Arctic Viking’ in October of 2019.

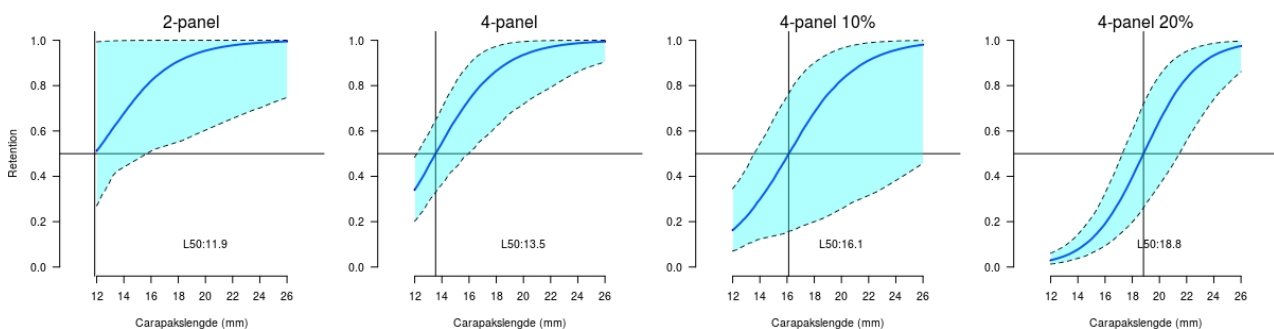
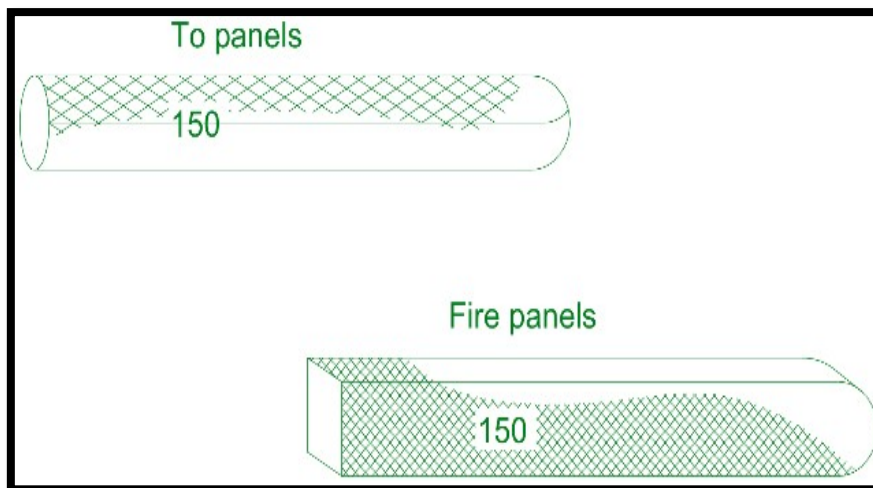
## 4.5. Kortfattet presentasjon av resultat som er oppnådd i 2020

### 4.5.1. Forsøk med to- og firepanels sekker

I juni 2019 og mai-juni 2020 ble det gjennomført seleksjonsforsøk med reketråleren Tangen fra Egersund. I disse forsøkene ble dobbeltrålmotoden brukt, dvs. med en småmasket kontrollsekk på den ene siden og den eksperimentelle sekken på den andre.

Det ble testet fire eksperimentelle sekker, alle med 150 maskers omkrets og med maskevidde på 38 mm. Sekkene var 16 m lange, de fremste 8 m var skråskårne fra 400 masker til 150 masker for å tilpasses ristseksjonen. De bakerste 8 m var rettskårne. De fire eksperimentelle sekke var rigget som hhv to-panels sekk, fire-panels sekk, fire-panels sekk med 10% kortere leisetau og fire-panels sekk med 20% kortere leisetau.

Forsøkene viste en klar økning i  $L_{50}$  med å gå fra to til fire panels sekk,  $L_{50}$  (middelverdi) økte med 1,6 mm fra 11,9 til 13,5 mm. Med å montere 10% kortere leisetau økte  $L_{50}$  til 16,1 mm og med å korte leisetauene til 20% økte  $L_{50}$  til 18,8 mm. Bifangst av fisk ble målt og innkorting av leisetau førte til økt utsortering av bl.a. øyepål og svarthå (dataanalyse av fiskedata gjenstår).



Forsøkene har vist: Forsøkene viste en klar økning i middelseleksjon med å gå fra to til fire panels sekk, middelverdien økte med 1,6 mm fra 11,9 til 13,5 mm. Med å montere 10% kortere leisetau økte den til 16,1 mm og med å korte leisetauene til 20% økte den til 18,8 mm.

Innkorting av leisetau førte til økt utsortering av bl.a. øyepål og svarthå.

**Referanse:** Terje Jørgensen, Ólafur Arnar Ingólfsson, Liz Kvalvik, Manu Sistia, 2020. Oppsummering av resultater 2017-2019.



## 5. Hovedfunn og anbefalinger

Tekniske løsninger som anbefales implementert i regelverket (nye forskrifter), og tekniske løsninger som det anmodes om å ta i bruk, for å forbedre seleksjonen gjennom økt utsortering av små reker og en del av de minste fiskeyngel, er:

- 1) Påbud om begrensninger i sekkens omkrets (og lengde).
  - 2) Påbud om bruk av fire-panels sekk.
  - 3) Anbefaling om økning av maskevidde i sekker med diamantformet nett.
  - 4) Anbefaling om bruk av innkortede leisetau (minimum 10%-20%) på sekken.
- Ad 1) Det er bevist gjennom grundig dokumentasjon at for stor omkrets i antall masker i sekken (og lengde av sekken) vil føre til at maskeåpning blir begrenset og hindrer effektiv utsortering av de minste individer.
  - Ad 2) Det er bevist gjennom grundig dokumentasjon at bruk av fire paneler (med fire langsgående leiser) i sekken så vil maskene holdes mer åpne slik at de minste individene sorteres enklere ut.
  - Ad 3) Det er bevist gjennom grundig dokumentasjon at økt minste maskevidde (f.eks. 40 mm) i sekkene vil gi bedre utsortering av de minste individene.
  - Ad 4) Det er bevist gjennom grundig dokumentasjon at innkortede leisetau på sekkene vil åpne maskene mer i tversretning og holde dem stabilt åpne under fiskeoperasjonen slik at det oppnås bedre utsortering av de minste individene.

Disse forslagene vil kreve at det utarbeides beskrivelser med tydelige tegninger for å unngå misforståelser hos fiskere, redskapsprodusenter og kontroll-organ.

## 6. Leveranser

Alle dokumenter i form av publikasjoner, mastergradsoppgaver, toktrapper, konferansebidrag og media-oppslag som er listet opp i det understående, er produkt av dette prosjektet. Mange av publikasjonene og rapportene finnes i FHF's prosjektdatabase (FHF 901303) og flere av disse dokumentene kan lastes direkte ned fra internettet. Annet materiale framskaffes ved forespørsel til forfatter (Forside/sammendrag til hoveddokumentene listet under finnes under Vedlegg 1).

### PUBLISERTE ARTIKLER

- 1) Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T. 2020. Shorter trawls improve size selection of northern shrimp. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(1): 202-211, <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0443>.
- 2) Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Larsen, Roger B.; Brinkhof, Jesse, 2019. Effect of three different codend designs on the size selectivity of juvenile cod in the Barents Sea shrimp trawl fishery. *Fisheries Research*; Volum 219. ISSN 0165-7836.s doi: 10.1016/j.fishres.2019.105337.
- 3) Jacques, Nadine; Herrmann, Bent; Larsen, Roger B.; Sistiaga, Manu Berrondo; Brčić, Jure; Gökçe, Gökhan; Brinkhof, Jesse, 2019. Can a large-mesh sieve panel replace or supplement the Nordmøre grid for bycatch mitigation in the northeast Atlantic deep-water shrimp fishery? *Fisheries Research*; Volum 219. ISSN 0165-7836.s doi: 10.1016/j.fishres.2019.105324.
- 4) Sistiaga, Manu Berrondo; Herrmann, Bent; Larsen, Roger B.; Brinkhof, Jesse, 2019. Quantification of bell-shaped size selectivity in shrimp trawl fisheries using square mesh panels and a sorting cone after a Nordmøre grid. *PLOS ONE*; Volum 14 (9). ISSN 1932-6203.s doi: 10.1371/journal.pone.0222391.
- 5) Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brinkhof, Jesse; Santos, Juan., 2018. Catch and release patterns for target and bycatch species in the Northeast Atlantic deep-water shrimp fishery: Effect of using a sieve panel and a Nordmøre grid. *PLoS ONE* 2018; Volum 13 (12).
- 6) Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brinkhof, Jesse; Grimaldo, Eduardo, 2018. Bycatch reduction in the Norwegian deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery with a double grid selection system. *Fisheries Research* 2018; Volum 208. s. 267-273
- 7) Larsen, Roger B.; Sistiaga, Manu Berrondo; Herrmann, Bent; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Santos, Juan. 2018. The effect of Nordmøre grid length and angle on codend entry of bycatch fish species and shrimp catches. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2018. Doi: [10.1139/cjfas-2018-0069](https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0069).
- 8) Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brčić, Jure; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan. 2018. Could green artificial light reduce bycatch during Barents Sea Deep-water shrimp trawling? *Fisheries Research* 2018; Volum 204. s. 441-447.
- 9) Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Langård, Lise. 2018. New approach for modelling size selectivity in shrimp trawl fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 2018; Volum 75. (1) s. 351-360.
- 10) Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Langård, Lise., 2017. Performance of the Nordmøre grid in shrimp trawling and potential effects of guiding funnel length and light stimulation. *Marine and Coastal Fisheries*; Volum 9 (1). ISSN 1942-5120.s 479 - 492.s
- 11) Larssen, W. E. and Bakke, S., 2019. Behavioural responses of northern shrimp (*Pandalus borealis*) to artificial light in laboratory experiments. In: *International Perspectives on Regional Research and Practice*: Orkana Forlag. p13.
- 12) Sistiaga, Manu Berrondo; Grimaldo, Eduardo; Herrmann, Bent; Larsen, Roger B., 2017. The effect of semi-pelagic trawling on American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) by-catch reduction in the northeast arctic shrimp fishery. *Journal of Ocean Technology* 2017; Volum 12 (2) s. 60-75.

### ARTIKLER UNDER PUBLISERING

- 1) Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T. Artificial light improves size selection of northern shrimp. Publ. in process.
- 2) Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Sistiaga, M. The effect of codend circumference and length on size selection in the northern shrimp fisheries. Publ. in process.
- 3) Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Sistiaga, M. The extra selvedges - increasing number of codend panels and the use of short lastridge ropes for size selection in the northern shrimp fisheries. Publ. in process.
- 4) Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Sistiaga, M., Herrmann, B., Kvalvik, L. Effect of inserting a lower gap for the catch of *Nephrops* and fish bycatch in the Skagerrak shrimp trawl fishery. Manuscript in progress.

- 5) *Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Brčić, Jure; Sistiaga, Manu Berrondo; Kristine Cerbule; Nielsen, Kåre Nolde; Jacques, Nadine; Lomeli, Mark J.M. Tokaç Adnan; Cuende, Elsa.* Can vertical separation of species in trawls be utilized to reduce bycatch in shrimp fisheries? Publ. in process.
- 6) *Larssen, W. E. and Christophersen, G., 2021.* Survival of shrimp slipping through the trawl net. Orkana Forlag. (publ. in process).

### **MASTERGRADSOPPGAVER**

- 1) *Helene M. Gjesteland, 2017.* Beskrivelse av skadeomfanget på snøkrabbe (*Chionoecetes opilio*) ved interaksjon med bunnet i Barentshavet. MSc thesis, UIT.
- 2) *Jacques, Nadine L. 2018:* Modelling the bycatch reduction of a shrimp trawl with a combined Nordmøre grid and sieve panel configuration in the north east Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. MSc thesis, UIT.
- 3) *Pettersen, Hermann. 2020.* A catch comparison study on different codend designs to evaluate bycatch reduction in the North-East Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. MSc thesis, UIT.

### **TOKTRAPPORTER**

- 1) *Jacques, N.; Pettersen, H.; Cerbule, K.; Herrmann, B.; Ingólfsson, O.; Brinkhof, J.; Larsen, R.B. and Lilleng, D. 2020.* Improved size selectivity in the Barents Sea Deep – water shrimp fishery. Cruise report from trials done onboard the M/TR 'Arctic Viking' in October of 2019 (in prep).
- 2) *Pettersen, H.; Jacques, N. og Larsen, R.B. 2020.* Forbedret størrelses-selektivitet i Nord-Øst atlantisk reketrål fiskeri. Toktrapport fra forsøk gjort med M/tr «arctic Viking», september 12.-26. 2018.
- 3) *Jacques, N.; Cerbule, K.; Herrmann, B.; Larsen, R.B. & Lilleng, 2020.* The effect on size selection and the catch pattern by changing from a diamond to a square mesh codend design in the Skagerrak Northern shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. Cruise report from trials with "Monsun", 3.-15. May 2019.
- 1) *Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Sistiaga, M. 2020.* Forsøk med krepsepalte i rekerist. Rapport fra forsøkene i 2019. 5. mars 2020
- 2) *Pettersen, H.; Jacques, N; Larsen, RB. 2020.* Toktrapport fra forsøk med modifiserte sekker om bord i «Arctic Viking», oktober 2018.
- 3) *Larssen, W.E and Christophersen, G., 2018.* Overlevelse av reker etter seleksjon i reketrål. Toktrapport fra F/F Johan Ruud mai 2017 og januar 2018, og fra F/F Helmer Hanssen november 2017. Møreforskningsrapport. 14s
- 4) *Vollstad, Jørgen, 2018.* Sammenligning mellom 19 og 22 Nordmørsrist ombord i "Gullholmen" F-500-M, Varangerfjorden 14-16 april 2018. SINTEF Nord.
- 5) *Pettersen, Hermann, 2017.* Utprøving av ny type grunntau for kystreketrål i Varangerfjorden med MS «Katla». 12.06 – 18.06. 2017.
- 6) *Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu Berrondo, 2017.* Rapport, reketrålforsøk i Hopendjupet med F/F «Helmer Hanssen» i perioden 24.02. – 06.03. 2017.
- 7) *Brinkhof, Jesse; Larsen, Roger B.; Tatone, Ivan., 2016.* Further experiments with LED-lights along the fishing line to reduce the by-catch of juvenile fish in the Norwegian shrimp trawl fishery.
- 8) *Sistiaga, Manu Berrondo; Larsen, Roger B.; Brinkhof, Jesse, Tatone, Ivan; Herrmann, Bent, 2016.* Bifangstreduksjon i reketrålfiskeriet i Barentshavet. Toktrapport: Tokt ombord F/F Johan Ruud mai 2016.
- 9) *Sistiaga, Manu Berrondo; Herrmann, Bent; Larsen; Roger B.; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan, 2016.* Bifangstreduksjon i reketrålfiskeriet i Barentshavet Toktrapport: Tokt ombord F/F Helmer Hanssen Februar 2016
- 10) *Sistiaga, Manu Berrondo; Grimaldo, Eduardo; Larsen, Roger B.; Tatone, Ivan; Vollstad, Jørgen; Herrmann, Bent, 2015.* Use of semi-pelagic trawling for reducing bycatch in shrimp trawls. Trials on board R/V Johan Ruud 02-06 February 2015. Trondheim: SINTEF 2015 (ISBN 978-82-14-05883-3) 15 pp.

### **KONFERANSEBIDRAG**

- 1) *Larsen, Roger B. 2020.* Utfordringer med bifangst av fisk i reketrål. Digitalt foredrag på Norfishing 2020.
- 2) *Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Sistiaga, M., Søvik, G. 2019.* Seleksjon i reketrål. Fiskeridepartementet, presentasjon, 4. desember 2019.
- 3) *Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T. 2018.* Kort reketrål og modifiserte sekker for størrelsesseleksjon. Konferens om framtidens rækfiske i Skagerrak och Nordsjön den 7 september 2018 Smögen, 07. september 2018 p. 19.
- 4) *Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T. 2018.* Using artificial light to improve size selection in the northern shrimp fisheries. ICES CM 2018, N:167
- 5) *Ingólfsson, O. A., Terje Jørgensen and Kvalvik, L. 2018.* Presentation: Reducing trawl length improves size selection in the Northern Shrimp fisheries. ICES-FAO WG FTFB meeting, Hirtshals, Denmark.

- 6) *Herrmann, Bent; Larsen, Roger B.; Sistiaga, Manu; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Grimaldo, Eduardo; Santos, Juan. 2018.* Presentation: Catch and release efficiency for bycatch and target species in shrimp fishery by using a Nordmøre grid or a sieve net. ICES-FAO WG FTFB meeting, Hirtshals, Denmark.
- 7) *Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Santos, Juan. 2018.* Effect on selectivity during shrimp trawling by changing grid length, grid angle and by adding a second grid. Presentation: ICES-FAO WG FTFB meeting, Hirtshals, Denmark.
- 8) *Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Langård, Lise; Brčić, Jure. 2018.* Poster: How artificial lights affect bycatches of fish and the Deep-water shrimp during trawling in the Barents Sea. ICES-FAO WG FTFB meeting, Hirtshals, Denmark.
- 9) *Larsen, Roger B.; Herrmann, Bent; Sistiaga, Manu; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan. 2018.* Poster: Quantifying bell-shaped size selectivity in shrimp trawl fisheries: effect of codend design. ICES-FAO WG FTFB meeting, Hirtshals, Denmark.
- 10) *Larsen, Roger B. 2018.* Optimalisering av fiske med reke-trål. Nasjonal satsing med vekt på utfordringer i rekefisket nord for 62°N. Foredrag på møte med fiskere fra Sør-Norge, Hirtshals, September 2018.
- 11) *Larsen, Roger B. 2018.* Optimalisering av fiske med reke-trål. Nasjonal satsing med vekt på utfordringer i rekefisket nord for 62°N. Speed-foredrag på Norfishing 2018.
- 12) *Maråk, Rita N. 2018.* Hvordan selektere ut fisk- og undermålsreke under fangst av reke med trål? Skalldyrskonferansen 5. Juni 2018.
- 13) *Herrmann, Bent, Sistiaga, Manu, Larsen, Roger B., 2016.* New method to identify the optimal bar spacing for grids in shrimp trawl fisheries: the case of the deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) in the North-East Atlantic. ICES FAO annual meeting of the FTFB WG, Merida, Mexico.
- 14) *Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Søvik, G. 2016.* Reke-trål med kort belg reduserer fangst av undermålsreker. Havforskningsnytt nr. 4, 2016.
- 15) *Ingólfsson, Ó.A., Jørgensen, T., Søvik, G. 2016.* Størrelsesseleksjon i rekefisket -kort reke-trål, Seminar om utkastreduserende tiltak i fiske med reke-trål i Nordsjøen og Skagerrak.
- 16) *Larsen, Roger B. 2016.* Effort to minimize unwanted bycatches in the northeast Atlantic trawl fisheries: A brief review of 40 years' research and current status. ICES FAO annual meeting of the FTFB WG, Merida, Mexico.

## **MEDIA-OPPSLAG**

- 1) 17.11.2016: Fiskeribladet: Forsknings-offensiv på reke-trål. <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=49513>
- 2) 10.12.2016: Fiskeribladet: Rekordstort løft for næringen i nord og sør. <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=50432>
- 3) 12.12.2016: Fiskeribladet/Fiskaren: Bruker 20 millioner på å få rekenæringa på fote igjen. <https://site.uit.no/reketrål2016-2019/files/2017/06/FBFI-12.12.2016-Reken%C3%A6ringa-p%C3%A5-fote-igjen.pdf>
- 4) 14.02.2017: Fiskeribladet: Tenker store tanker i tanken. <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=51472>
- 5) 19.02.2017: Fiskeribladet: Om tre år skal rekefiskerne få bedre økonomi. <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=61951>
- 6) 28.01.2017: Fiskeribladet: Rekeredskapene skal utvikles. <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=51205>
- 7) 20.08.2018: Vil gjøre rekefiske mer miljøvennlig. UiT, Fakultet BFE, aug. 2018. [https://uit.no/om/enhet/aktuelt/nyhet?p\\_document\\_id=588206](https://uit.no/om/enhet/aktuelt/nyhet?p_document_id=588206)
- 8) 21.08.2018: NRK Nordland TV: Bedre fangstmetoder kan gi reke-eventyr: Norge kan tene milliarder. <https://www.nrk.no/nordland/bedre-fangstmetoder-kan-gi-reke-eventyr--norge-kan-tjene-milliarder-1.14173121> og <https://tv.nrk.no/serie/distriktsnyheter-nordland/201808/DKNO98082118#t=3m3s>
- 9) 21.08.2018: Fiskeribladet: Rekefisket skal bli mer miljøvennlig. <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=61951>
- 10) 23.08.2018: iTromsø: Får 20 millioner for å forske på mer miljøvennlig rekefiske. Ny metode skal sikre færre yngel i reke-trålen, og dermed berge sårbare fiskearter. <https://www.itromso.no/nyheter/2018/08/22/F%C3%A5r-20-millioner-for-%C3%A5-forske-p%C3%A5-mer-milj%C3%B8vennlig-rekefiske-17374238.ece>
- 11) 18.09.2018: Tekfisk: Tester ut nye måter å fiske reke på. Målet er å gjøre rekefisket mer effektivt og mer bærekraftig. <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=62145>
- 12) 20.11.2019: Tekfisk. I nesten tre år har de testet ut nye måter å tråle på. Nå går prosjektet mot slutten. <https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=70086>

**VEDLEGG** (fakta-ark, forside/sammendrag fra artikler og kandidatoppgaver), side 52 – 72.

## FHF-901303 Optimalisering av fiske med reke-trål - Nasjonal satsing for å løse bifangst i det norske rekefisket

**Arbeidspakke 1: Analyser av effektene ved å bruke selektive innretninger i trål med hensyn på innblanding av yngel (fisk og reker) i det norske rekefisket for kyst- og havfiskeflåten.**

Opgavene i prosjektet har vært gjennomført som et nasjonalt prosjekt, der fiskere (næring v/Fiskeri og Havbruksnærings Forskningsfinansiering), forvaltning (v/Fiskeridirektoratet), redskapsfabrikanter, og fire forskningsmiljøer har samarbeidet for å innhente svar så effektivt og raskt som mulig. Prosjektet har blitt kvalitetssikret gjennom en bredt sammensatt styringsgruppe. Prosjektet har blitt ledet av Norges fiskerihøgskole ved Universitetet i Tromsø og de ulike forskningsmiljøene har overlappet hverandre med praktisk gjennomføring og utførelse av forsøkene med bruk av trålere, forskningsfartøyer og laboratoriefasiliteter. Prosjektet har en [prosjektside](#) (hos FHF) hvor rapporter og annen informasjon kan lastes ned. I løpet av prosjektperioden er det utført totalt 12 tokt med innleide reke-trålere og 12 tokt med forskningsfartøyer. I tillegg har det blitt utført kontrollerte forsøk i laboratorium. Fra prosjekt-databasen vil det være mulig å laste ned resultatene. Tabellen til høyre viser en oversikt over ulike teknikker som har blitt testet ut i løpet av prosjektperioden. De aller fleste av disse kan utnyttes på frivillig basis.

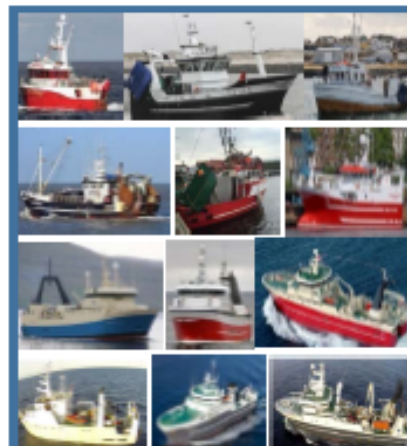
Vi har fått dokumentert under forsøk fra felt nord av 62°N at dypvannsreker (*Pandalus borealis*) som sorteres ut av sekken under fiske viser stor evne til å overleve. Forsøkene ble utført i Troms og ved Svalbard. Resultatene er bekreftet med dypvannsreker som er fanget med trål utenfor Ålesund og undersøkt i laboratorium etter påvirkning av skillerist og maskesortering.

I havrekefisket i Barentshavet og i Svalbardsonen er de største utfordringene forbundet med bifangst av regulerte arter av fisk (særlig uer, blåkveite, torsk og luse). Gapeflyndre, polartorsk og lodde skaper tidvis store praktiske problemer i fisket med bifangst og tilstopping av skillerist. Når f.eks. mange gapeflyndre ligger samtidig på ristflaten øker sjansen for å sortere ut også en betydelig andel av rekefangsten. Bifangst av snokrabbe (NØ Svalbardsonen) er ikke blitt rapportert som problem, men derimot er «fangst» av tapte teiner et tilbakevendende problem.

I fisket nord av 62°N er de største utfordringene i kystrekefisket forbundet med innblanding av fiskeyngel og i Varangerfjorden tap av de største rekene kombinert med bifangst av fiskeyngel. I noen av fjordene lengre sør (Troms og Nordland) vil også undermåls reker tidvis skape vansker for fisket. Også i denne delen av rekefisket vil bifangst av ikke-regulerte arter og soppel kunne skape utfordringer.

I fisket sør av 62°N er de største utfordringene forbundet med undermålsreker og tilstopping av skillerist på grunn av tang/tare og soppel. Bifangst av regulerte arter (bla øyepål) skaper tidvis utfordringer. Bruk av 15 cm høy krepsespalte har vist å fungere hensiktsmessig for fangst av kreps. Krepsespalten gir imidlertid økt bifangst, særlig av haifisk og flatfisk, men reduserer ikke fangst av reker.

De mange forsøkene har bekreftet at Nordmørsristen har en viktig funksjon i rekefisket. I et nasjonalt perspektiv er det beste kompromiss mellom effektiv fangst og seleksjon, fremdeles å bruke en spileavstand på 19 mm. For å redusere bifangst av små reker og små fisk enda mer, vil bruk av åpne masker i belg, forlengelse og sekken ha god effekt. Prosjektgruppen anbefaler derfor at Fiskeridirektoratet vurderer påbud om bruk av fire-panels sekker og setter en øvre grense for antall masker i sekken omkrets i rekefisket.



Teknisk innretning i tillegg til 19.0 mm Nordmørsrist og 35 mm maskevidde i sekken	Kan brukes på frivillig basis?
LED lamper langs fiskelina	JA
LED lamper langs overtelne	JA
LED lamper i belg, overpanel	JA
LED lamper langs Nordmørsrist, oppe	JA
LED lamper langs Nordmørsrist, nede	JA
Pelagiske tråldører	JA
Loftede sveiper	JA
Semi-Circle Spreading Gear (SCSG)	JA
Økt avstand mellom ledenett og rist	JA
Lang Nordmørsrist montert i 30°	JA
Stormasket silepanel for ristseksjon	JA
Store masker i overpanel i ristseksjon	JA
Hull i overpanel bak rist	JA
Mindre spileavstand i Nordmørsrist	JA
Firepanels sekker	JA
Innkorting av leisetau på sekk	JA
Nedkorting av sekken lengde	JA
Store masker i overbelg	JA
Brattere, kortere trålbelg	JA
T-45° Kvadratmasker (35 mm) i sekk	JA
T-90° T-nitti masker (35 mm) i sekk	JA
Økt maskevidde i sekk (T0, T45, T90)	JA
Ekstra rist bak/foran Nordmørsrist	NEI
Økt spileavstand i Nordmørsrist	NEI
Regulert omkrets av sekk	NEI
Regulert innkorting på leisetau, sekk	NEI
Regulert lengde av sekk	NEI

Prosjektet er finansiert av:



FHF-ansvarlig

Rita Naustvik Marik  
Fagsjet - Ålesund  
rita.marik@fhf.no  
475 64 306

Ansvarlig organisasjon

Universitetet i Tromsø (UIT) / Norges  
fiskerihøgskole (NFH)  
kathrine.tveit@uit.no  
77 64 60 00

Prosjektleder

Roger B. Larsen  
Universitetet i Tromsø (UIT)  
Forskningsleder  
roger.larsen@uit.no  
77 64 45 26

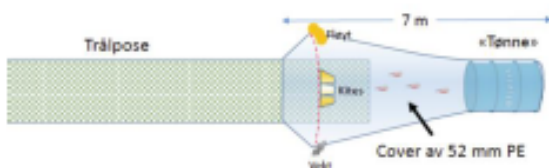


## FHF-901303 Optimalisering av fiske med reketrål - Nasjonal satsing for å løse bifangst i det norske rekefisket

**Arbeidspakke 1 - del 2: Overlevelse av reker etter seleksjon i reketrål - effektene etter å passere Nordmørsrist og maskene i trålposen (sekken).**

Seleksjon av småreker er et prioritert område innen teknologiutvikling av trålfangst av reker. Dette for å hindre unødig beskatning av småreker som ikke kan utnyttes kommersielt. I dette studiet finansiert av FHF og Fiskeridirektoratet har det blitt sett på overlevelse (vitalitet) hos undermåls reker som har gått gjennom seleksjons-innretningene. Det har blitt undersøkt om de utsorterte smårekene tåler seleksjon gjennom rist og notlin, eller om dette vil medføre for mye skade til at de overlever videre i sjøen.

Simulert tråling i tank der rekene ble ført gjennom en nordmørsrist og 40 mm trålmasker viste 100 % overlevelse. I felt ble rekene selektert ut av trål under 1 times tråling samlet i en finmasket oppsamlingspose som endte i en plasttønne (se figur 1).



Figur 1 Oppsamlingsystem for reker som ble sortert ut av ordinær sekk under fiske (Illustrasjon av Roger Larsen, UiT)

Deretter ble rekene overført til en mellomlagringsenhet og dødelighet og skader ble observert i 48 timer. Skade relatert til idoplastisk necrose (hvit hale), som kan oppstå enten som følge av klemskade eller som følge av ufullstendig oksygentilgang pga stress, er terminal.



Figur 2 Ideoplastisk necrose (hvit hale) som følge av klemskader og stress.



I felt så man at hoveddelen av reker selektert ut under haling av en trålpose med maskevidde på 38-40 mm, vil overleve.

I forsøkene på «Helmer Hanssen» var det få reker som gikk gjennom trålposen på grunn av liten maskevidde (lysåpning <35 mm). Andelen døde i fangsten var i snitt 29%, mens dødeligheten relatert til håndteringen og lagringen i etterkant var 4%. Andelen skadete reker var 2-4%.

I forsøk om bord «Johan Ruud» ble det registrert en samlet dødelighet og skade på 27,4 % etter 48 timers mellomlagring etter seleksjon.

Dødelighet og skader kan skyldes skade som følge av tråling og at reken ble selektert ut av maskene, men det er også en stor sannsynlighet for at rekene har fått skade på grunn av oppsamlingsmetode i tonne bak trålposen.

Det er derfor rimelig å anta at seleksjon av reker i de frie vannmassene vil kunne gi en høyere overlevelse enn i våre forsøk.

Forsøkene ble gjennomført i vinterhalvåret når rekene har tykkeste skall og temperaturrene i vannmassene er optimale for arten. Overlevelse av seleksjon i sommerhalvåret når reken har tynnere skall og temperaturrene i overflaten er over rekens preferanseområde vil trolig gi reduksjon i overlevelse.

For mer informasjon se [www.moreforsk.no](http://www.moreforsk.no) eller ta kontakt med [wenche.emblem.larssen@moreforsk.no](mailto:wenche.emblem.larssen@moreforsk.no)

Prosjektet er finansiert av:



**FHF-ansvarlig**

Rita Naustvik Marik  
Fagsjef - Ålesund  
rita.marask@fhf.no  
415 64 306

**Ansvarlig organisasjon**

Universitetet i Tromsø (UiT) / Norges  
fiskerihøgskole (NFH)  
kathrine.tveitens@uit.no  
77 64 60 00

**Prosjektleder**

Roger B. Larsen  
Universitetet i Tromsø (UiT)  
Førstamanuensis  
roger.larsen@uit.no  
77 64 45 36

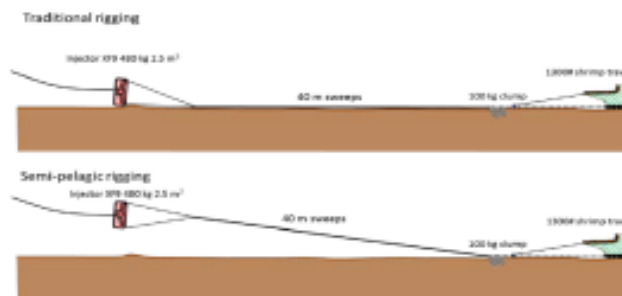


## FHF-901303 Optimalisering av fiske med reke-trål - Nasjonal satsing for å løse bifangst i det norske rekefiske

**Arbeidspakke 3: Nye trålsystem som gir lavere energiforbruk ved endringer på trålkonstruksjon og grunntau.**

I denne arbeidspakken ble det gjennomført forsøk med løftede tråldører og sveiper og med et bunngear -Semi-Cirkel Spreading Gear (SCSG)- som i utgangspunktet skal resultere i mindre og/eller mere skånsom bunnkontakt og lavere energiforbruk. I tillegg ble effekten av å bruke en trål med nedkortet belg for å få bedre utsortering av rekeyngel og fisk testet.

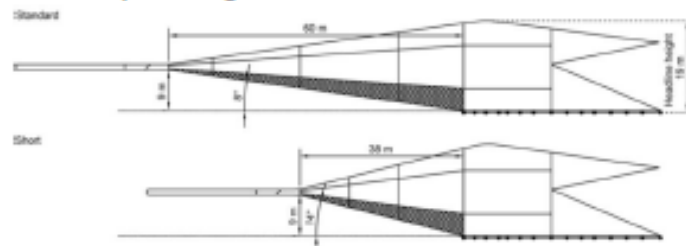
Forsøk med pelagiske tråldører og sveiper løftet fra bunnen ble utført med forskningsfartøyet «Johan Ruud». Datagrunnlaget ble begrenset, men det ble fanget 52-66% færre gapeflyndrer med størrelse 10-40 cm uten merkbar endring i fangst av reker. Med denne riggingen blir også slepemotstand og oljeforbruk antageligvis redusert.



Semi-Cirkel Spreading Gear (SCSG) bygget av HDPE-rør (50 cm elementer av Ø200 mm rør delt i halvmåner) ble brukt som standard grunntau om bord forskningsfartøyet «Johan Ruud» i flere år. Basen mente at dette grunntauet var enklere å arbeide med enn rockhopper-gæret (RH) og at SCSG fanget mer reker enn RH, samtidig som mengden stein, leire, etc. avtok. SCSG ble også testet i samarbeid med Fiskeridirektoratet om bord på kystreke-tråleren «Katla» Forsøkene viste ingen store forskjeller mellom SCSG og et grunntau som var av typen «skjørt» (grovmasket nett med kjettingvekt) men skipperen var ikke tilfreds med brukervennlighet av SCSG og forsøkene sluttet.



Det er gjort seleksjonsforsøk med kortere og brattere skåret trålbelt om bord på kommersielle fartøyer. Forsøkene ble gjort både i kystrekefiske i nord og i Skagerrak. Forsøkene ble gjort med dobbeltrålsystem og direkte sammenligning. Trål med kort belg var 37% kortere enn standardtrålen. Begge trålene hadde 40 mm maskevidde i underpanelet og 35 mm maskevidde i sekkene. Resultatene viste at trålen med kort belg sorterte ut betydelig mer reker under 16.0 mm karapakslengde enn standardtrålen. Det var også mer utsortering av øyepål med den korte trålen. Den økte utsortering antas å foregå i underpanelet av belgen.



Prosjektet er finansiert av:



**FHF-ansvarlig**  
Rita Nordvik Mark  
Fagjef - Ålesund  
rita.nordvik@fhf.no  
435 64 306

**Ansvarlig organisasjon**  
Universitetet i Tromsø (UIT) / Norges  
Øskerfagsskole (NFH)  
Sathine Evensen  
77 64 60 00

**Prosjektleder**  
Bjørn Larsen  
Universitetet i Tromsø (UIT)  
bjoern.larsen@uit.no  
77 64 43 34

## FHF-901303 Optimalisering av fiske med reke-trål - Nasjonal satsing for å løse bifangst i det norske rekefiske

### Arbeidspakke 4: Mulige konflikter mellom reke-trål og teinefiske etter snøkrabbe: Tekniske utfordringer og forvaltning i det nordlige rekefiske.

Det norske snøkrabbe-fiske startet forsiktig opp i 2012. Det foregår innefor et relativt lite område i det nord-østlige Barentshavet, som også regnes som gode rekefelt. Da prosjekt FHF901303 startet i 2016 var det klare oppfatninger om at det nye teinefiske ville skape problemer for utøvelsen av rekefiske, bl.a i form av bifangst i reke-trål. Det var forventninger om at snøkrabbefiske ville øke dramatisk i løpet av få år og det ble uttrykt frykt for at dette ville føre til brukskollisjoner og fortrengning av reke-trålfåten.

Bilde 1 til høyre viser posisjoner for teinelenker rundt Sentralbanken i slutten av oktober 2020. Hver lenke består av opp mot 220 teiner fordelt over en lengde på ca. 5 km. Snøkrabbefiskerne har på sin side hevdet at reke-trålerne med tunge trålsystemer var en trussel for den nye næringen på grunn av skader og dødelighet på krabber som ble kjørt over. Etter at snøkrabbefiske ble regulert i 2017 og med innføring av 3 måneder stopp i snøkrabbefiske i sommerhalvåret, har konfliktnivået blitt redusert.

Det ble i perioden 2015 til 2017 utført forsøk for å kartlegge utfordringene. Alle forsøk ble gjort med reke-trål og Nordmørsrist. Svært få snøkrabber kom inn i trålen og det ble ikke avdekket at snøkrabber blokkerte ristflaten. Våre funn er bekreftet med opplysninger fra den kommersielle flåten. Vi har derfor konkludert med at snøkrabber ikke forandrer seleksjonsegenskapene til reke-trål.

Vi monterte «krabbesekker» (bilde 2) bak gearet, dvs. på undersiden av trålen. Snøkrabber som ble overtrålet ble fanget opp ved hjelp av disse. Vi testet to ulike typer gear, det konvensjonelle gearet "rockhopper" (RHG) og et relativt nyutviklet gear av typen "semi-sirkel sprednings gear" (SCSG; satt sammen av elementer av Ø500 mm PVC-rør delt langs lengderetningen). Bilde 3 viser fangst fra en undersekk og 5 snøkrabber ses på dette utsnittet. Analysene omfattet også snøkrabber som kom inn i trålen og som stoppet opp i ristseksjoen. Snøkrabbene ble undersøkt for skader og skadene ble beskrevet i detalj. Undersøkelsene viste at snøkrabbene hadde skader i betydelig grad, se bilde 4. I november 2016 var det en klar forskjell i skadefrekvens mellom kjønn. I februar/mars 2017 var det en klar forskjell i skadefrekvens både mellom kjønn og hvilken tråldel snøkrabbene ble funnet i (ristseksjon eller undersekk).

Datamaterialet fra februar/mars 2017 inkludert trekkene viste at snøkrabbene som ble funnet i ristseksjonen hadde færrest skader, mens tett på 50% av snøkrabbene i i undersekken var skadet. I et område øst for E35'00' på under 200 m dybde ble det fanget et stort antall små snøkrabber med skjoldbredde mindre enn 20 mm. Disse individene var så små at nesten samtlige gikk gjennom risten og kom inn i rekesekken. I et kommersielt fiske vil det bli vanskelig å sortere bort de minste krabbene fra rekefangsten, men ved at trållens fiskeline i kommersielt fiske ligger 50-60 over bunn er slik bifangst lite sannsynlig.

Det ble fanget omtrent dobbelt så mange snøkrabber med bruk av RHG enn SCSG i våre forsøk. Skadefrekvensen på snøkrabbe var høy med begge typer gear. Med bruk av RHG var 36,9% av snøkrabbene skadet, mens 32,8% var skadet med bruk av SCSG. Det ble i løpet av toktene gjort forsøk med videokamera over og foran gearet, men oppvirvling av leire kombinert med bruk av kunstig lys gjorde at sikten ble tilnærmet null. Bilde 5 viser en relativt stor snøkrabbe som blir overtrålet av et rockhoppergear.

Flere reke-trålskipper har rapportert at det tidvis tas opp tapte snøkrabbeteiner under fiske nært snø-krabbefeltene (bilde 6). Tapte teiner kan skape skader på trålene. Ødelagte teinerammer og smett-lokkene på teinens hanefot kan splitte deler av trålen når de griper fatt i nettet under taving eller innhaling. Dette fører til kostnader ved reparasjon, til tap av fisketid og et soppel-problem for hvordan dette skal lagres om bord og eventuelt tas på land.

Prosjektet er finansiert av:



**FHF-ansvarlig**

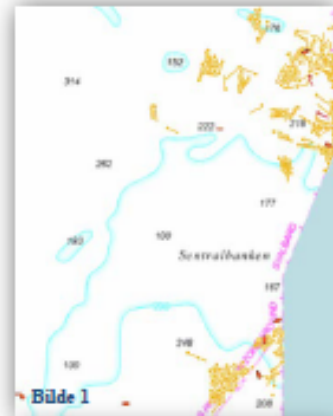
Rita Naustvik Mørk  
Fagsjef - Ålesund  
rita.maraak@fih.no  
415 64 306

**Ansvarlig organisasjon**

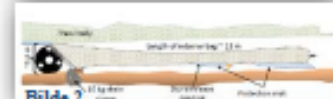
Universitetet i Tromsø (UIT) / Norges  
fiskerihøgskole (NFH)  
kathrine.tveit@uit.no  
77 64 60 00

**Prosjektleder**

Roger B. Larsen  
Universitetet i Tromsø (UIT)  
Ferretrossanvendelse  
roger.larsen@uit.no  
77 64 45 26



Bilde 1



Bilde 2



Bilde 3



Bilde 4



Bilde 5



Bilde 6 (B Petersen)



Bilde 5  
Ran over by the groundrope



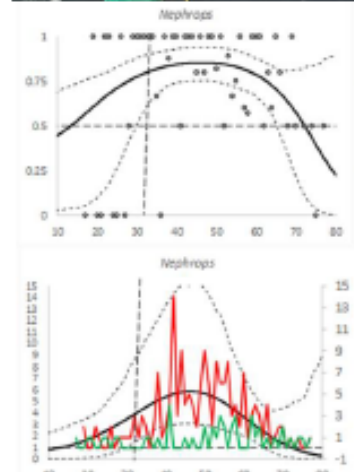
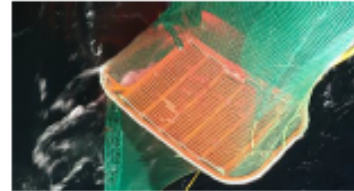


## FHF-901303 Optimalisering av fiske med reke-trål - Nasjonal satsing for å løse bifangst i det norske rekefiske

**Arbeidspakke 5: Undersøke effektene av å anvende spalte i skilleristen for å fange sjøkreps effektivt.**

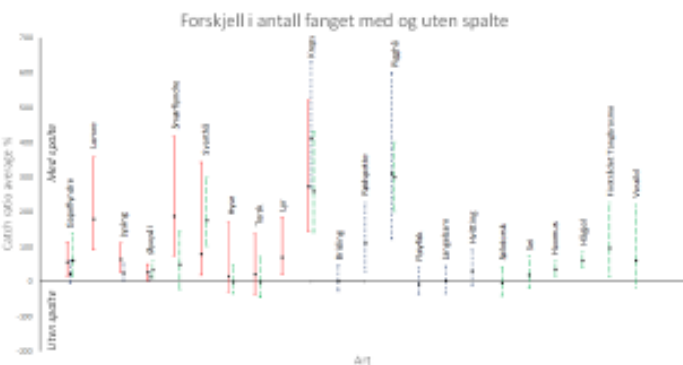
Fra 1. januar 2013 ble det innført krav om bruk av sorteringsrist i trålfisket etter reker utenfor 4 n. mil fra grunnlinjene i Skagerrak. For Nordsjøen ble påbudet gjeldende fra 1. januar 2015. Fra 1. januar 2019 ble påbudet utvidet til å omfatte hele området sør for 62° N, herunder også for fisket innenfor 4 n. mil. Med en største tillatte spileavstand i rista på 19 mm, blir hoveddelen av krepsene ledet opp langs rista og inn i oppsamlingsposen, hvor en betydelig andel unnslipper. Dette er et tap for fiskerne av en godt betalt bifangststart. Næringen ønsket derfor å finne tekniske løsninger som gjør det mulig å ta vare på krepsebifangsten.

Havforskning sinstituttet gjorde i 2013 en serie forsøk med krepsepalte i rekerist og resultatene viste at fangsten av sjøkreps relativt sett ble mer enn fordoblet uten signifikant økning i mengde bifangst av fisk. Med innføring av påbud om bruk av rekerist også innenfor 4 . mil, ble spørsmålet om å teste krepsepalte på nytt aktualisert. Forvaltningsmyndighetene ønsket et bedre datagrunnlag enn forsøkene i 2013 før det vurderes om det eventuelt skal åpnes for tillatelse til bruk av krepsepalte i sorteringsrist i reke-trål innenfor 4-milsgrensen.



For å evaluere endring i mengde bifangst med 15 cm krepsepalte ble det gjennomført tre forsøk i 2019 med parvise sammenligninger av rister med og uten spalte. Ristene var av typen Flex-rist, produsert av Carlsen Net AS, Esbjerg, Danmark. Ristene måler 150 x 80 cm. De har en spileåpning på 19 mm og en 30 cm høy utslippåpning for fisk øverst.

Resultatene fra de tre utførte toktene viste klare forskjeller mellom de to redskapene som ble testet. Trålen der rekerista med spalte var installert, fanget generelt mer bifangst enn trålen der den ordinære rekerista var installert. Med bruk av krepsepalte øker fangst av 'mellomstor' fisk som ikke går mellom spile og ikke holdes tilbake i fiskeposen. På samme måte bidrar krepsepalte til en økning i fangsten av mellomstor krepse (ca. 30-70 mm karapakslengde). Alt i alt viser forsøkene at spalte i rekerist reduserer tapet av kreps en har ved fiske med en standard rekerist, men på bekostning av en viss økning av bifangsten.



Prosjektet er finansiert av :



<b>FHF-ansvarlig</b> Rita Haustvik Mark Pappjeff - Åsland rita.mark@fhf.no 415 64 506	<b>Ansvarlig organisasjon</b> Universitetet i Tromsø (UIT) / Hørges Fiskeprosjektet (FHF) kathrine.fvillerand@uit.no 77 64 60 00	<b>Prosjektleder</b> Roger B. Larsen Universitetet i Tromsø (UIT) Fiskeprosjektet roger.larsen@uit.no 77 64 43 36
---	--	--

*Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science* 9:479–492, 2017  
 Published with license by the American Fisheries Society  
 ISSN: 1942-5120 online  
 DOI: <https://doi.org/10.1080/19425120.2017.1360421>



## ARTICLE

## Performance of the Nordmøre Grid in Shrimp Trawling and Potential Effects of Guiding Funnel Length and Light Stimulation

**Roger B. Larsen\***

*UiT, The Arctic University of Norway, Breivika, N-9037 Tromsø, Norway*

**Bent Herrmann**

*UiT, The Arctic University of Norway, Breivika, N-9037 Tromsø, Norway; and  
 SINTEF Fisheries and Aquaculture, Brattørkaia 17C, N-7010 Trondheim, Norway*

**Manu Sistiaga**

*SINTEF Fisheries and Aquaculture, Brattørkaia 17C, N-7010 Trondheim, Norway*

**Jesse Brinkhof and Ivan Tatone**

*UiT, The Arctic University of Norway, Breivika, N-9037 Tromsø, Norway*

**Lise Langård**

*Norwegian Directorate of Fisheries, Postbox 185 Sentrum, 5804 Bergen, Norway*

---

### Abstract

The introduction of the Nordmøre grid to shrimp trawls has reduced the issue of bycatch to that of small-sized species and juveniles that are able to pass through the grid and enter the small-meshed cod end together with the targeted shrimp. This study estimated the size- and species-selective performance of the Nordmøre grid in the configuration most often applied by fishermen and made a preliminary exploration of the effects of reducing the length of the guiding funnel in front of the grid and mounting light-emitting diodes (LEDs) around the escape exit. Experimental fishing trials were conducted in the Barents Sea to assess the size-selective properties of a 19-mm bar spacing Nordmøre grid, mandatory in this Norwegian trawl fishery targeting deepwater shrimp *Pandalus borealis* (also known as northern shrimp), and its potential improvement. Results were obtained for the target species and four bycatch species: redfish *Sebastes* spp., Haddock *Melanogrammus aeglefinus*, Atlantic Cod *Gadus morhua*, and American Plaice *Hippoglossoides platessoides*. In general, very few deepwater shrimp were found to escape through the escape exit, although the quantity increased slightly at larger sizes. Between 80% and 100% of the bycatch species up to a species-specific size passed through the grid and entered the cod end. A short guiding funnel decreased this for Haddock significantly by increasing the fraction of small Haddock seeking the escape exit. Further, adding LEDs around the escape exit significantly negated this effect. For the other bycatch species, the results indicated similar trends but were not statistically significant. However, considering that

---

Subject editor: Donald Noakes, Vancouver Island University, Nanaimo

© Roger B. Larsen, Bent Herrmann, Manu Sistiaga, Jesse Brinkhof, Ivan Tatone, Lise Langård

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The moral rights of the named author(s) have been asserted.

\*Corresponding author: [roger.larsen@uit.no](mailto:roger.larsen@uit.no)

Received April 7, 2017; accepted July 19, 2017

## New approach for modelling size selectivity in shrimp trawl fisheries

Roger B. Larsen<sup>1,\*†</sup>, Bent Herrmann<sup>1,2,†</sup>, Manu Sistiaga<sup>2,†</sup>, Jesse Brinkhof<sup>1</sup>, Ivan Tatone<sup>1</sup>, and Lise Langård<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The Arctic University of Norway UIT, Hansine Hansens veg 18, 9019 Tromsø, Norway

<sup>2</sup>SINTEF Fisheries and Aquaculture, Brattørkaia 17C, N-7010 Trondheim, Norway

<sup>3</sup>Norwegian Directorate of Fisheries, Postbox 185 Sentrum, 5804 Bergen, Norway

\*Corresponding author: tel: +4777644536; fax: +4777646020; e-mail: roger.larsen@uit.no

†These authors equally contributed to this study.

Larsen, R. B., Herrmann, B., Sistiaga, M., Brinkhof, J., Tatone, I., and Langård, L. 2017. New approach for modelling size selectivity in shrimp trawl fisheries. – ICES Journal of Marine Science, doi:10.1093/icesjms/fsx117.

Received 6 March 2017; revised 29 May 2017; accepted 30 May 2017.

In the deep sea trawl fishery targeting shrimp (*Pandalus borealis*) and other cold-water shrimp species, fishers often use a Nordmøre sorting grid ahead of a small mesh codend to avoid bycatch. However, small fish can pass through the grid and are subsequently retained in the codend. This makes shrimp size selection complex and the size-dependent curve for both the shrimp and the bycatch species often exhibits a bell-shaped signature. In this study we developed a new model and method to estimate size selection in this fishery, conducted fishing trials in the Northeast Barents Sea, and applied the new method to quantify the individual and combined size selection of the Nordmøre grid and codend for deep water shrimp and two bycatch species. The size selectivity for both bycatch species showed the expected bell-shaped signature with low retention probability of very small and larger fish. The Nordmøre grid had high passage probability for all sizes, although it decreased slightly for the largest shrimps. The smallest shrimps were released by the codend.

**Keywords:** bycatch, Nordmøre grid, shrimps, size selectivity, trawl fishery.

### Introduction

Shrimps are a commercially important species fished over the world. Although the species and sizes of targeted shrimp vary, in many shrimp fisheries the selectivity of the gear is based upon a grid to exclude non-shrimp bycatch followed by a size selective codend. This is the case for the deep water shrimp (*Pandalus borealis*) fisheries in the Northeast Atlantic shrimp fishery, which have used such selectivity devices since the early 1990s.

The Nordmøre grid, first developed based on a device used to exclude jellyfish, proved to be efficient in excluding fish bycatch during shrimp trawling (Isaksen *et al.*, 1992). The grid typically consists of a guiding funnel, a 30–50° sloped grid, and a triangular fish outlet in the upper panel just in front of the grid. This bycatch reducing device was introduced in the Norwegian inshore shrimp fishery in 1990. The use of this sorting grid became

compulsory for the international deep sea shrimp trawl fishery in the Northeast Atlantic (i.e. the Norwegian Sea and the Barents Sea) in 1993 and the technique is today used in several other shrimp fisheries around the world (Eayrs, 2007; He and Balzano, 2007; García *et al.*, 2007; Suuronen and Sardà, 2007; Frimodig, 2008).

All vessels targeting shrimp in Norwegian waters are obliged to use a Nordmøre grid with a 19-mm bar spacing followed by a codend with a minimum mesh size of 35 mm (Norwegian Directorate of Fisheries, 2011). Thomassen and Ulltang (1975) tested several codend mesh sizes for the northern shrimp fisheries at the end of the 1960s and found acceptable retention lengths for deep water shrimps with the 35-mm mesh size. Despite the many changes in the northern shrimp fishery that have occurred since this investigation, the minimum codend mesh size remains at

## THE EFFECT OF SEMI-PELAGIC TRAWLING ON AMERICAN PLAICE (*HIPPOGLOSSOIDES PLATESSOIDES*) BY-CATCH REDUCTION IN THE NORTHEAST ARCTIC SHRIMP FISHERY

**Manu Sistiaga<sup>1</sup>, Eduardo Grimaldo<sup>1</sup>, Bent Herrmann<sup>2,3</sup>, and Roger B. Larsen<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*SINTEF Fisheries and Aquaculture, Trondheim, Norway*

<sup>2</sup>*SINTEF Fisheries and Aquaculture, Fishing Gear Technology, Hirtshals, Denmark*

<sup>3</sup>*Norwegian College of Fishery and Aquatic Science, University of Tromsø, Norway*

### ABSTRACT

The present study reports results of a small-scale preliminary experiment to evaluate whether lifting trawl doors and sweeps from the seabed can lead to a reduction of by-catch in the Northeast Arctic shrimp trawl fishery. We carried out a catch comparison and catch ratio analysis between two gear configurations: one with trawl doors and sweeps on the seabed (traditional rigging) and the other with doors and sweeps clear of the seabed (semi-pelagic rigging). The study focused on the by-catch of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) and showed that the gear was significantly less efficient at catching this species when rigged in the semi-pelagic mode. When rigged this way, the gear captured 52%–66% fewer American plaice between 10 and 40 cm compared to traditional rigging. Moreover, this difference was significant for sizes between 12 and 31 cm, and it increased with fish size. The herding efficiency of doors and sweeps for American plaice was estimated to be 100% and significantly higher than 0 for these sizes. Finally, the analysis carried out did not detect a significant reduction in shrimp catch (in kg) with the experimental gear. This study demonstrates that in addition to having recognized environmental advantages, lifting the doors and sweeps from the seabed could help mitigate American plaice by-catch in the Northeast Arctic shrimp fishery. Although these preliminary results are promising, more extensive data collection is required before definitive conclusions can be reached.

### KEYWORDS

Shrimp; Trawl; Semi-pelagic Rigging; American plaice; By-catch; Herding; Flatfish



Contents lists available at ScienceDirect

Fisheries Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fishres](http://www.elsevier.com/locate/fishres)

## Could green artificial light reduce bycatch during Barents Sea Deep-water shrimp trawling?



Roger B. Larsen<sup>a,\*,1</sup>, Bent Herrmann<sup>a,b,1</sup>, Manu Sistiaga<sup>b,1</sup>, Jure Brčić<sup>c,1</sup>, Jesse Brinkhof<sup>a,b</sup>, Ivan Tatone<sup>a</sup>

<sup>a</sup> The Arctic University of Norway, UIT, Breivika, N-9037 Tromsø, Norway

<sup>b</sup> SINTEF Fisheries and Aquaculture, Brattørkaia 17C, N-7010 Trondheim, Norway

<sup>c</sup> University of Split, Department of Marine Studies, 21000 Split, Croatia

### ARTICLE INFO

Handled by George A. Rose

#### Keywords:

Bottom trawl  
Bycatch  
LEDs  
Nordmøre grid  
*Pandalus borealis*  
Size selectivity

### ABSTRACT

The Nordmøre grid is widely used in shrimp trawls to reduce the bycatch of fish species. However, small-sized fish species and juveniles still pass through the grid and enter the codend, along with the targeted shrimp. This bycatch of small fish has a negative impact on the ecosystem due to increased fish mortality, and leads to additional sorting work onboard. Some small-sized fish that enter the trawl avoid entering the codend by escaping through the outlet above the grid, without making contact with the grid itself. Design changes that promote this behavior could potentially reduce bycatch in shrimp trawl fisheries. Light-emitting diodes (LEDs) mounted around the escape outlet have previously been found to have either a negative effect, or no effect at all, on fish bycatch species. This study investigates the effect of mounting green LEDs on the lower part of a Nordmøre grid, to determine if their presence would encourage bycatch fish to rise towards the escape outlet prior to contacting the grid. Experimental fishing trials were conducted to assess the size selective properties of a 19 mm bar spaced Nordmøre grid with and without LEDs, mounted on a bottom trawl targeting Deep-water shrimp (*Pandalus borealis*). For the four bycatch species investigated, 51–100% of small fish passed through the Nordmøre grid. The addition of green LEDs to the Nordmøre grid did not significantly affect the escape probability or the size selectivity of any of the investigated species. Very few Deep-water shrimp were found to escape through the escape outlet independent of the presence of the LEDs mounted on the grid.

### 1. Introduction

The Nordmøre grid is widely used in shrimp trawls to reduce fish bycatch (Broadhurst, 2000; He and Balzano, 2011). However, substantial quantities of small fish species and juveniles can pass through the grid and enter the small-meshed codend along with the targeted shrimp (He and Balzano, 2007). This is a problem also in the Norwegian trawl fishery targeting Deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) in the Barents Sea (Larsen et al., 2017). The Deep-water shrimp is a commercially important species, and has been fished since the beginning of the 20th century in all Nordic countries. The international trawl fishery in the Barents Sea is often associated with a juvenile fish bycatch problem (Gullestad et al., 2015), mainly due to the small codend mesh size used in the fishery (minimum 35 mm). Bycatches of juvenile and undersized fish from various species of commercial interest can be significant during periods of the year in the Norwegian Deep-water shrimp fishery. These catches can have a negative effect on the ecosystem and

represent an unintended ecosystem impact of the fishery (Gullestad et al., 2017). The Nordmøre grid was initially developed to exclude jellyfish from catches, but is also efficient in excluding bycatch fish species during shrimp trawling (Isaksen et al., 1992). Legislation introduced in Norway in 1991, and internationally in 1993, requiring the use of the Nordmøre grid eliminated the issue of larger sized fish in bycatch. However, smaller fish, often juveniles, are still able to pass through the 19 mm bar spaced grid into the codend, together with the targeted shrimp. The Nordmøre grid system as used in Norway consists of a section with guiding panel, a sorting grid and a fish escape opening in front of the grid (Norwegian Directorate of Fisheries, 2017).

The current regulations in the Northeast Atlantic shrimp fishery allow the retention of low numbers of juveniles of commercially important species. A fishing area is closed if the authorities register that a fishing vessel is catching more than eight individuals of cod (*Gadus morhua*), 20 haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), three redfish (*Sebastes* spp.), or three Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*)

\* Corresponding author.

E-mail address: [roger.larsen@uit.no](mailto:roger.larsen@uit.no) (R.B. Larsen).

<sup>1</sup> Equal authorship.

<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.023>

Received 9 February 2018; Received in revised form 26 March 2018; Accepted 27 March 2018  
0165-7836/ © 2018 Published by Elsevier B.V.



# Uit Munin

open research archive

[Home](#) / [Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi](#) / [Norges fiskerihøgskole](#) / [Artikler, rapporter og annet \(Norges fiskerihøgskole\)](#)

## The effect of Nordmøre grid length and angle on codend entry of bycatch fish species and shrimp catches

### Permanent link

<https://hdl.handle.net/10037/14435>

### DOI

<https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0069>



### View/Open

[article.pdf \(1.661Mb\)](#)

[Accepted manuscript version \(PDF\)](#)

### Date

2018-06-18

### Type

Journal article

Tidsskriftartikkel

Peer reviewed

### Author

Larsen, Roger B.; Sistiaga, Manu Berrondo; Herrmann, Bent; Brinkhof, Jesse; Tatone, Ivan; Santos, Juan

### Abstract

The Nordmøre grid is regarded as an efficient bycatch reducing device and is used in various shrimp trawl fisheries globally. However, in some shrimp fisheries bycatch remains a problem that seriously impacts commercial trawl activities. This study tested and compared the performance of two versions of the Nordmøre grid in the Northeast Arctic Deepwater Shrimp (*Pandalus borealis*) fishery; a standard version with an operating angle of ca. 45° and a longer version of the grid (40% longer) with an operating angle of ca. 30°. The grid passage probability for the bycatch of juvenile Cod, Haddock, American Plaice and Redfish increased significantly for certain size ranges of fish when using the longer grid. The longer grid also resulted in a significant increase in grid passage probability for large shrimp. Previous studies have reported that a reduced operating angle can lead to a lower grid passage probability for bycatch fish species and shrimp, however the results of the current study demonstrate that a longer Nordmøre grid more than compensates for the reduced operational angle.

### Description

Accepted manuscript version. Published version available at <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0069>.

### Publisher

NRC Research Press

### Citation

Larsen, R.B., Sistiaga, M., Herrmann, B., Brinkhof, J., Tatone, I. & Santos, J. (2018). The effect of Nordmøre grid length and angle on codend entry of bycatch fish species and shrimp catches. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0069>



Contents lists available at ScienceDirect

Fisheries Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fishres](http://www.elsevier.com/locate/fishres)

## Bycatch reduction in the Norwegian Deep-water Shrimp (*Pandalus borealis*) fishery with a double grid selection system

Roger B. Larsen<sup>a,\*,1</sup>, Bent Herrmann<sup>a,b,1</sup>, Manu Sistiaga<sup>b,1</sup>, Jesse Brinkhof<sup>a,b</sup>, Eduardo Grimaldo<sup>b</sup>

<sup>a</sup> The Arctic University of Norway UTT, Hansine Hansens veg 18, 9019 Tromsø, Norway

<sup>b</sup> SINTEF Ocean, Brattørkaia 17C, N-7010 Trondheim, Norway



### ARTICLE INFO

Handled by George A. Rose

#### Keywords:

Bycatch  
Nordmøre grid  
*Pandalus borealis*  
Shrimp  
Size selectivity

### ABSTRACT

Trawlers targeting Deep-water Shrimp (*Pandalus borealis*) in the North Atlantic use a Nordmøre sorting grid ahead of a small-meshed codend. Based on experimental fishing, the effect of adding a 9 mm spaced release grid behind the mandatory 19 mm spaced Nordmøre sorting grid, was determined. The performance in terms of size selection of the release grid and the two grids combined were assessed for target Deep-water Shrimp and for juvenile Redfish (*Sebastes* spp.) and American Plaice (*Hippoglossoides platessoides*), two of the most common bycatch species in the fishery. The aim of using the release grid was to improve the escape of undersized shrimp and the bycatch of juvenile fish from the gear. The results demonstrated that the release grid improved the escape of the smallest Deep-water Shrimp significantly. The fraction of small shrimp released through this grid was estimated to be 45%. However, the results also revealed the need for further improvements in the design of the release grid to increase the reduction of small shrimp and juvenile fish bycatch. For Redfish and American Plaice the fractions of juveniles escaping through the release grid were estimated to be 16% and 32%, respectively. In addition, the release grid only led to the escape of the smallest juvenile individuals, in particular for Redfish.

### 1. Introduction

Deep-water Shrimp (*Pandalus borealis*) is a commercially important species which has been fished in the North Atlantic since the 1970s. Peak landings of 105,000–128,000 metric tons were recorded from ICES areas I and II of the Northeast Atlantic during the mid-1980s (ICES, 2017). In Norway and many other countries in the area, shrimp fisheries are often associated with a serious bycatch problem (Howell and Langan, 1992; Isaksen et al., 1992; Grimaldo and Larsen, 2005). The bycatch issues are usually related to catching non-target fish species, however in some areas the excessive catch of small and undersized shrimp also represents a serious problem (He and Balzano, 2013; Larsen et al., 2018a). The bycatch problem in shrimp trawl fisheries is linked to the small mesh size used in the trawl (minimum diamond mesh size of 35 mm), which leaves little or no chance of escape for fish or shrimp once they have entered the fishing gear (Grimaldo and Larsen, 2005). The Nordmøre grid was introduced to the Norwegian and Russian shrimp fisheries in the early 1990s, eliminating the problem of bycatch of fish larger than 25–30 cm total length (Isaksen et al., 1992; Fonseca et al., 2005; Grimaldo, 2006). Today, the Nordmøre grid is used in

several shrimp fisheries around the world including Iceland, USA, Canada and Australia (Gabriel et al., 2005; Eayrs, 2007). The maximum bar spacing for the Nordmøre grid in Norway is currently 19 mm, which does not allow bigger fish to pass through it. These fish escape by swimming out or simply sliding along the grid, before being released through the escape opening in the upper panel of the grid section. Although most fish are released through the escape opening, small-sized fish and juveniles of various species are still able to pass through the grid and risk being retained in the codend together with the targeted shrimp (Larsen et al., 2017).

More than 25 years after the introduction of the Nordmøre grid in the Norwegian shrimp fishery, there are still serious concerns regarding the bycatch of juvenile fish in all Norwegian shrimp fishery areas (Gullestad et al., 2015). In the Northeast Atlantic, the regulations in this fishery allow the retention of low numbers of juvenile fish from regulated species. Areas are closed if samples from 10 kg of shrimp catch exceed eight Cod (*Gadus morhua*), 20 Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), three Redfish (*Sebastes* spp.) or three Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) (Norwegian Directorate of Fisheries, 2018a). Bycatch of Deep-water Shrimp below the minimum landing size (15 mm

\* Corresponding author.

E-mail address: [roger.larsen@uit.no](mailto:roger.larsen@uit.no) (R.B. Larsen).

<sup>1</sup> Equal authorship.

<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.08.007>

Received 25 May 2018; Received in revised form 15 August 2018; Accepted 16 August 2018  
0165-7836/ © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.

## RESEARCH ARTICLE

# Catch and release patterns for target and bycatch species in the Northeast Atlantic deep-water shrimp fishery: Effect of using a sieve panel and a Nordmøre grid

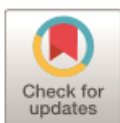
Roger B. Larsen<sup>1e‡</sup>, Bent Herrmann<sup>1,2e</sup>, Manu Sistiaga<sup>2e</sup>, Jesse Brinkhof<sup>1‡</sup>, Juan Santos<sup>3‡</sup>

**1** The Arctic University of Norway, UiT, Breivika, Tromsø, Norway, **2** SINTEF Ocean, Trondheim, Norway, **3** Thünen Institute of Baltic Sea Fisheries, Rostock, Germany

© These authors contributed equally to this work.

‡ These authors also contributed equally to this work.

\* roger.larsen@uit.no


 OPEN ACCESS

**Citation:** Larsen RB, Herrmann B, Sistiaga M, Brinkhof J, Santos J (2018) Catch and release patterns for target and bycatch species in the Northeast Atlantic deep-water shrimp fishery: Effect of using a sieve panel and a Nordmøre grid. PLoS ONE 13(12): e0209621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209621>

**Editor:** Heather M. Patterson, Department of Agriculture and Water Resources, AUSTRALIA

**Received:** September 11, 2018

**Accepted:** December 7, 2018

**Published:** December 21, 2018

**Copyright:** © 2018 Larsen et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** All data can be found in the manuscript.

**Funding:** This study was part of the project "Optimizing shrimp trawl fisheries", which is funded by The Norwegian Seafood Research Fund (project no. 901303). We are grateful to UiT The Arctic University of Norway for its support with the research vessel, the Directorate of Fisheries in Norway for granting the fishing permit (number 16/12094) and the Norwegian Seafood Research Fund

## Abstract

The Nordmøre grid and the sieve panel are two of the main devices used to reduce fish bycatch in trawl fisheries targeting shrimp species. However, even when using such devices, some small-sized fish enter the codend of the trawl together with the targeted shrimp. Therefore, bycatch reduction remains a problem in some shrimp fisheries. One such fishery is the Northeast Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery where it is mandatory to use a Nordmøre grid. In this study, the bycatch reduction efficiencies and patterns for several fish species using the standard Nordmøre grid and an experimental sieve panel were investigated and compared. The effect of combining these devices was also explored. The bycatch reduction patterns differed significantly between the two devices and a more efficient bycatch reduction was obtained by combining them. However, while the loss of commercial-sized shrimp was only between 0 and 2% for the Nordmøre grid, it was between 37 and 56% for the tested sieve panel, making this completely unacceptable for commercial fishing. Therefore, before a sieve panel can be considered as an option for the fishery, other sieve panel designs that have a significantly lower loss of shrimp catches need to be identified.

## Introduction

The bycatch of juvenile fish in shrimp trawls is an issue that has been investigated worldwide [1, 2], including in the North Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) trawl fisheries. Work regarding bycatch reduction in the North Atlantic deep-water shrimp fishery in Norway started in 1970 [3] and has continued for almost five decades [4–12]. In recent years, there has been an increased focus on sustainability and the fact that shrimp fisheries are often associated with high discard levels.





ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Fisheries Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fishres](http://www.elsevier.com/locate/fishres)

## Can a large-mesh sieve panel replace or supplement the Nordmøre grid for bycatch mitigation in the northeast Atlantic deep-water shrimp fishery?



Nadine Jacques<sup>a,\*</sup>, Bent Herrmann<sup>a,b,1</sup>, Roger B. Larsen<sup>a,1</sup>, Manu Sistiaga<sup>b,c,1</sup>, Jure Brčić<sup>d</sup>, Gökhan Gökçe<sup>e</sup>, Jesse Brinkhof<sup>a</sup>

<sup>a</sup>UIT, The Arctic University of Norway, Breivika, N-9037, Tromsø, Norway

<sup>b</sup>SINTEF Ocean, Brattørkaia 17C, N-7010, Trondheim, Norway

<sup>c</sup>Institute of Marine Research, Postbox 1870 Nordnes, N-5817, Bergen, Norway

<sup>d</sup>University of Split, Department of Marine Studies, 21000, Split, Croatia

<sup>e</sup>Cukurova University, Fisheries Faculty, TR-01330, Sarçam, Adana, Turkey

### ARTICLE INFO

Handled by George A. Rose

#### Keywords:

Shrimp fishery  
Bycatch reduction  
Nordmøre grid  
Sieve panel

### ABSTRACT

The Nordmøre grid is the principle bycatch mitigation device in many shrimp trawl fisheries. However, in several of these fisheries, bycatch is a problem because small sized fish can pass through the grid and enter the codend together with the targeted shrimp. One such fishery is the Northeast Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery, where the use of a Nordmøre grid is mandatory. In this fishery, redfish (*Sebastes* spp.) and polar cod (*Boreogadus saida*) are two common bycatch species. Redfish is a commercially important species that at times is captured in great numbers, whereas polar cod is a threatened species that can also be caught in high numbers. Sieve panels are bycatch reduction devices commonly used in shrimp fisheries and their potential to replace or supplement the Nordmøre grid in the Northeast Atlantic deep-water shrimp fishery is of interest. We investigated the size selectivity of redfish, polar cod and deep-water shrimp for the Nordmøre grid and four sieve panel configurations differing in mesh size (182 and 286 mm) and inclination angle (10 and 20°). The sieve panels were unable to replace the Nordmøre grid as a stand-alone device due to greater catches of the bycatch species. However, combining the two devices provided promising results. Specifically, when a large-mesh sieve panel was placed in front of the Nordmøre grid, 20–40% fewer small redfish and polar cod in a specific size range entered the codend, while the loss of targeted shrimp was less than 5%.

### 1. Introduction

The introduction of the Nordmøre grid in 1991 was one of the main breakthroughs regarding bycatch reduction in shrimp trawl fisheries (Isaksen et al., 1992). The device was not only applied in Scandinavia, where it was originally introduced, but also in many other countries (e.g. He and Balzano, 2007; Thorsteinsson, 1995). Although the introduction of the Nordmøre grid and other types of sorting grids have reduced the fish bycatch problem in shrimp fisheries considerably, small sized fish such as juveniles of various species are still able to pass through the grid and enter the codend together with the targeted shrimp (He and Balzano, 2013, 2007; Larsen et al., 2018a). In some fishing grounds the bycatch issue persists, seriously affecting the activities of commercial trawlers. When the number of small fish of certain species caught with the shrimp gets too high, the respective fishing

region can be closed. Furthermore, high concentrations of small fish in the catch can imply inconveniences such as additional sorting work on board and reduction of shrimp quality due to the longer catch processing time (Noell et al., 2018). Finally, high juvenile mortality can have consequences on the fish stocks in addition to the environmental and ethical implications they impose (Chopin et al., 1996).

In the Northeast Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery, the compulsory selectivity system is composed of a Nordmøre grid with a maximum bar spacing of 19 mm, and a codend with a minimum mesh size of 35 mm (Fig. 1) (Larsen et al., 2018a). Despite the implementation of this selectivity device, high numbers of juvenile fish catch are still frequent. Redfish (*Sebastes* spp.) and polar cod (*Boreogadus saida*) are bycatch species that currently receive special attention in this fishery. Redfish is a commercially important species in the Northeast Atlantic that is slow growing and at times can be caught in

\* Corresponding author.

E-mail address: [nadine.jacques@uit.no](mailto:nadine.jacques@uit.no) (N. Jacques).

<sup>1</sup> Equal authorship.

<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105324>

Received 12 April 2019; Received in revised form 1 July 2019; Accepted 4 July 2019

0165-7836/ © 2019 Published by Elsevier B.V.

## Shorter trawls improve size selection of northern shrimp

Ólafur Arnar Ingólfsson and Terje Jørgensen

**Abstract:** Discards of small northern shrimp (*Pandalus borealis*) are a problem in the Skagerrak northern shrimp trawl fishery. To reduce catches of small shrimp, we studied the effect of trawl belly length on size selectivity in November 2017 and June 2018 onboard 15 and 27 m double-rigged shrimp trawlers. The selectivity of the vessels' standard trawl was compared with a trawl differing only in the belly length, being 37% shorter. The trawls had 40 mm bottom panels and cod ends of 35 mm mesh sizes. Eleven and 14 hauls were made, respectively, in 2017 aboard the 15 m vessel and in 2018 aboard the 27 m vessel. The trawls fished shrimp above 19 mm carapace length equally, while catch rates of shrimp below 15.5–16 mm carapace length in the shorter trawl were more than halved. The results were consistent between the two vessels. In short, modifying trawl length is a simple design modification that can reduce catches of small shrimp. Bycatch of Norway pout (*Trisopterus esmarkii*) was slightly reduced in the shorter trawl, unrelated to fish length.

**Résumé :** Les rejets de petites crevettes nordiques (*Pandalus borealis*) constituent un problème dans la pêche à la crevette nordique au chalut du Skagerrak. Dans le but de réduire les prises de petites crevettes, nous avons étudié l'effet de la longueur du ventre du chalut sur la sélectivité selon la taille en novembre 2017 et juin 2018 à bord de crevetters à deux chaluts de 15 et 27 m. La sélectivité du chalut standard des navires a été comparée à celle d'un chalut dont la seule différence était son ventre de 37 % plus court. Le maillage des panneaux inférieurs était de 40 mm et celui des culs, de 35 mm. Onze et quatorze traits ont été effectués, respectivement, en 2017 par le navire de 15 m et en 2018 par le navire de 27 m. Les prises de crevettes de longueur de carapace de plus de 19 mm étaient égales pour les deux chaluts, alors que les taux de prises de crevettes de moins de 15,5–16 mm de longueur de carapace étaient au moins deux fois moindres pour le chalut court que pour le chalut standard. Les résultats des deux navires concordaient. En résumé, changer la longueur du chalut est une modification simple de la conception qui peut réduire les prises de petites crevettes. Les prises accessoires de tacauds norvégiens (*Trisopterus esmarkii*) étaient légèrement moindres dans le chalut plus court, sans relation avec la longueur des poissons. [Traduit par la Rédaction]

### Introduction

A large proportion of global fish discards has been attributed to small-mesh trawl fisheries, including shrimp trawling (Kelleher 2005). This was largely remedied in the North Atlantic northern shrimp (*Pandalus borealis*) fisheries by the introduction of the Nordmøre sorting grid designs (Isaksen et al. 1992; Madsen and Hansen 2001), which are now in use in most northern shrimp fisheries (Halliday and Cooper 1999; Garcia 2007; Aldrin et al. 2012; Gullestad et al. 2015). The grids are recognised as a successful selection device, resulting in cleaner catches, and are greatly appreciated by both fishers and fishery managers. However, shrimp, juvenile fish, and individuals of small species are only to a small extent excluded by the grid, and their chances of escaping generally depend on cod-end mesh selection. (Isaksen et al. 1992; Garcia 2007; Aldrin et al. 2012).

Annual catches from the *Pandalus* fishery in the Skagerrak and Norwegian Deep have ranged between 8000 and 16 000 tonnes (t) for the last 30 years. Shrimp in the area are managed as a single stock, with the total allowable catch (TAC) shared by Norway (59%), Sweden (14%), and Denmark (27%). In 2017, six Danish, 40 Swedish, and 214 Norwegian vessels participated in the fishery (NAFO SCS Doc. 18/21 Serial No. N6898; [www.nafo.int](http://www.nafo.int)). The three national fleets use similar trawl gear (Eigaard and Munch-Petersen 2011) with minimum legal mesh sizes of 35 mm. Sorting grids have been mandatory since 2013 in the Skagerrak and since 2015 in the North Sea south of 62°N, except in Norwegian coastal waters within

four nautical miles (1 n.m. = 1.852 km) of the baseline. The technical regulations include bycatch limitations and landing obligations that include juvenile shrimp. Norwegian and Swedish fishers boil most large shrimp ( $\geq 20$  mm carapace length (CL)) on board. Boiled shrimp sell for a much higher price (five to six times) than the raw shrimp that go to processing. This has resulted in incentives for high-grading of catches, particularly for vessels with small quotas. World Wildlife Fund (WWF) in Norway and Sweden red-listed the Skagerrak northern shrimp fishery in 2014 (WWF's Seafood Guide 2014; [http://jawsassets.wwf.no/downloads/sjomatguide\\_2014\\_web.pdf](http://jawsassets.wwf.no/downloads/sjomatguide_2014_web.pdf)). The red-listing is an attempt to save species from being overfished, and many supermarket chains now boycott red-listed species. Particular concerns were the discarding of juvenile shrimp and catches of specimens of vulnerable species, mainly cod (*Gadus morhua*) for which the permitted bycatch quota is very low. A concerted action in both countries has attempted to develop technical solutions to the juvenile shrimp bycatch problem. The technical revised regulations concerning the shrimp fishery in Norwegian waters also include a rise in the minimum legal size of shrimp from 6 to 7 cm (though this was later reduced to 6.5 cm) and the option of imposing real-time closures in areas in which undersized shrimp make up 15% or more by number of the catch (Anonymous 2005).

Most studies of technical measures to reduce or avoid catches of small shrimp have focused on cod-end mesh selection and rigid size-sorting grids. For most species, selection is believed to take place in the cod end (Wileman et al. 1996). Cod-end mesh size is thus generally regulated, and in the Northeast Atlantic northern

Received 15 November 2018. Accepted 1 July 2019.

Ó.A. Ingólfsson and T. Jørgensen. Institute of Marine Research, Fish Capture Research Group, P.O. Box 1879 Nordnes, NO-5817 Bergen, Norway.

**Corresponding author:** Ólafur Arnar Ingólfsson (email: [olafur.arnar.ingolfsson@hi.no](mailto:olafur.arnar.ingolfsson@hi.no)).

Copyright remains with the author(s) or their institution(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.



## Effect of three different codend designs on the size selectivity of juvenile cod in the Barents Sea shrimp trawl fishery

Bent Herrmann<sup>a,b,\*,1</sup>, Manu Sistiaga<sup>a,1</sup>, Roger B. Larsen<sup>b,1</sup>, Jesse Brinkhof<sup>a,b,1</sup>

<sup>a</sup> SINTEF Ocean, Brattørkaia 17C, N-7010 Trondheim, Norway

<sup>b</sup> The Arctic University of Norway, UIT, Breivika, N-9037 Tromsø, Norway



### ARTICLE INFO

Handled by George A. Rose

#### Keywords:

Shrimp fishery  
Bycatch  
Cod  
Size selectivity  
Nordmøre grid  
Codend design

### ABSTRACT

Shrimp trawlers often use a Nordmøre sorting grid ahead of a small mesh codend to avoid bycatch of juvenile fish while allowing shrimps to be efficiently caught. However, small fish can pass through the grid to enter the codend and risk being retained. The risk of retention for fish of different sizes depends on the size selection in the Nordmøre grid and the size selection in the subsequent codend, which makes the process complex and often results in a bell-shaped size selection curve. In the Barents Sea shrimp fishery, cod (*Gadus morhua*) is one of the species of concern because of its great commercial value. We studied the size selection of juvenile cod when the trawl was equipped with the compulsory gear in the fishery: a 19 mm Nordmøre grid followed by a 35 mm diamond mesh codend. As expected, the size selection curve showed a bell-shaped signature, with a certain size range of juveniles having high retention risk, while the risk for smaller and bigger cod was smaller. The retention risk was highest for cod between 12 and 20 cm in length. We also tested two alternative designs in the aft section of the gear: a codend with 35 mm square mesh panels and a square mesh sorting cone section. Neither of these designs affected the size selection in the trawl significantly.

### 1. Introduction

The deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) is a commercially important species that has been widely fished in the Northeast Atlantic for around four decades. Despite efforts made to reduce bycatch, the Norwegian trawl fishery targeting this species is still associated with juvenile fish bycatch issues. Due to the small mesh size used in the shrimp trawl (minimum 35 mm), substantial numbers of juveniles of various fish species may be retained when they are abundant in the shrimp fishing grounds. Introduction of the Nordmøre grid in the trawl in the early 1990s eliminated the bycatch of bigger fish because they could not pass through the 19 mm bar spacing grid and into the trawl codend (Isaksen et al., 1992; Grimaldo and Larsen, 2005; Grimaldo, 2006). However, juvenile fish can pass through the grid and enter the codend together with the targeted shrimp. The retention risk of fish of different species and sizes depends on the size selection in the Nordmøre grid and the size selection in the subsequent codend. Thus, the selection process is complex, and a bell-shaped size selection curve is often the result (Larsen et al., 2018).

The current regulations for the Northeast Atlantic deep-water shrimp fishery allow limited retention of juvenile fish from regulated

species. Fishing grounds are closed if, for example, 10 kg of catch contain eight or more juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). These rather strict bycatch rules have led to the closure of several large shrimp fishing grounds in the Northeast Atlantic over the last 20 years. The closures can last for weeks or months and cause huge operational problems and increased costs for the fishing fleet (e.g., the distances between potential fishing grounds become bigger with increased area closures). Bycatch of juvenile fish also causes practical problems, as it increases the need for sorting onboard the fishing vessel.

Larsen et al. (2018) recently assessed the size selection of the targeted deep-water shrimp as well as redfish (*Sebastes* spp.) and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) for the standard gear configuration used by the commercial fleet, a 19 mm Nordmøre grid combined with a 35 mm diamond mesh codend. They described how the bell-shaped size selection curve of the bycatch species could be modelled and assessed to obtain an estimate of which sizes of these species would have high risk of retention in the shrimp trawls when they are abundant on the fishing grounds. The results showed that specific size ranges of redfish and American plaice would have high risk for retention if they entered the trawl, which raised concerns about other bycatch species in this fishery.

Northeast Arctic cod is one of the largest cod stocks in the world,

\* Corresponding author at: SINTEF Ocean, Brattørkaia 17C, N-7010 Trondheim, Norway.

E-mail address: bent.herrmann@sintef.no (B. Herrmann).

<sup>1</sup> Equal authorship.

<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105337>

Received 15 March 2019; Received in revised form 22 July 2019; Accepted 25 July 2019

0165-7836/ © 2019 The Author(s). Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## RESEARCH ARTICLE

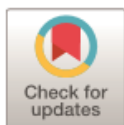
# Quantification of bell-shaped size selectivity in shrimp trawl fisheries using square mesh panels and a sorting cone after a Nordmøre grid

Manu Sistiaga<sup>1,2</sup>\*, Bent Herrmann<sup>1,3</sup>, Roger Bertrand Larsen<sup>3</sup>, Jesse Brinkhof<sup>1,3</sup>

**1** SINTEF Ocean, Brattørkaia, Trondheim, Norway, **2** Institute of Marine Research, Bergen, Norway, **3** The Arctic University of Norway, UiT, Breivika, Tromsø, Norway

\* These authors contributed equally to this work.

\* manu.sistiaga@hi.no



## OPEN ACCESS

**Citation:** Sistiaga M, Herrmann B, Larsen RB, Brinkhof J (2019) Quantification of bell-shaped size selectivity in shrimp trawl fisheries using square mesh panels and a sorting cone after a Nordmøre grid. PLoS ONE 14(9): e0222391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222391>

**Editor:** Vitor Hugo Rodrigues Paiva, MARE – Marine and Environmental Sciences Centre, PORTUGAL

**Received:** March 21, 2019

**Accepted:** August 22, 2019

**Published:** September 12, 2019

**Copyright:** © 2019 Sistiaga et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** All relevant data are within the manuscript and Supporting Information files.

**Funding:** This work was supported by the Arctic University of Norway (UiT) in Tromsø, the Norwegian Seafood Research Fund (Grant number 901303), and the Directorate of Fisheries of Norway. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

## Abstract

Shrimp trawlers in the Barents Sea use a Nordmøre sorting grid ahead of a small-mesh codend to avoid bycatch while catching shrimps efficiently. However, small fish can still pass through the grid to enter the codend, which increases their risk of being retained. In this study, we quantified the selectivity of a standard Nordmøre grid used together with one of two different codend designs, namely a diamond mesh codend with square mesh panels and a codend with a square mesh sorting cone section, for deep-water shrimp (*Pandalus borealis*), redfish (*Sebastes* spp.), and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). For the first time, the selective properties of these two alternative designs were estimated and compared to those of a Nordmøre grid used together with a 35-mm diamond mesh codend, which is the compulsory gear used in the fishery today. With this traditional codend, the size selectivity of both bycatch species showed the expected characteristic bell-shaped size selection pattern, with low retention probability of very small fish and bigger fish but with high retention probability of certain sizes of juveniles. Using the square mesh sorting cone significantly reduced the maximum retention risk of redfish. The maximum retention with the diamond mesh codend with square mesh panels was estimated to be 14% lower than that of the traditional codend, but the difference was not statistically significant. The two alternative codend designs did not result in any significant reduction in bycatch of American plaice.

## Introduction

The deep-water shrimp *Pandalus borealis* is a commercially important species that has been widely fished in the Northeast Atlantic for the past four decades [1]. In the Barents Sea, specifically, the catches of this species have oscillated between ~20,000 and ~40,000 tons since 2010 [2]. However, bycatch of juvenile fish of species like redfish (*Sebastes* spp.), cod (*Gadus morhua*), haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) and Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) remains a problem in this area [3, 4, 5].

# Behavioural responses of northern shrimp (*Pandalus borealis*) to artificial light in laboratory experiments

W.E Larssen<sup>1\*</sup> and S. Bakke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moreforskning Ålesund, 6009 Ålesund, Norway

**Keywords:** Shrimp, *Pandalus borealis*, light sensitivity, light preference, flight response

## Abstract

One of the more recent approaches in the study of selective fishery for northern shrimp (*Pandalus borealis*) has been the use of artificial light to minimize bycatch. Little knowledge however exist on how the use of lights might affect the target species. To identify which light characteristics are most attractive or deterrent to northern shrimp, we tested the effects of different wavelengths on the species behaviour. Both preference for different wavelengths and flight response to sudden light exposure was investigated. In the preference experiment a significant lower number of shrimp were found in waters illuminated with green (530 nm) or white light (425-750 nm) compared to water with red light (680 nm) or water with no lighting (darkness). Red light had the same effect as no lighting and did not initiate any specific behaviour. Green, blue (480 nm) and white light initiated a significant higher number of flight responses compared to shrimp exposed to orange (605 nm) or red light. Overall, this suggest that light in the blue-green wavelength spectrum have a deterring effect on northern shrimp and should be taken into consideration when fitting fishing gear with lighting in order to minimize bycatch.

\*Corresponding author. First author; E-mail: wenche.emblem.larssen@moreforsk.no

## Introduction

Northern shrimp (*Pandalus borealis*) (hereafter referred to as northern shrimp) are found all over the Northern Atlantic and Pacific Oceans where it occupies waters of depths between 20 and 1300 m (Shumway et al., 1985). Throughout their distribution area the shrimp is harvested commercially, mainly by large trawlers that use fine-meshed nets that are hauled along the bottom. One of the biggest challenges in the fishery has been bycatch of benthic finfish. This has led to the development of a range of technological solutions that aim to minimize the catch of non-target species. Most of these solutions are trawl modifications that sort the different species based on differences in size or by taking advantage of species-specific difference in behavioural responses to the fishing gear (see Broadhurst (2000) for a review). One of the more recent approaches in the study of selective shrimp fishery has been the use of artificial light to minimize bycatch (Larsen et al., 2018; Larsen et al., 2017). In

Orkana Forlag. p13.



Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

### Beskrivelse av skadeomfanget på snøkrabbe (*Chionoecetes opilio*) ved interaksjon med bunntål i Barentshavet

Helene M. Gjesteland

Masteroppgave i fiskeri- og havbruksvitenskap (60p)

Mai 2017



### Sammendrag

Hensikten med dette studiet var å beskrive skadeomfanget på snøkrabbe (*Chionoecetes opilio*) ved interaksjon med torske- og reketrål i Barentshavet. Prøvene ble samlet inn på F/F Helmer Hanssen 10. – 30. november 2016 og 24. februar – 6. mars 2017 ved å simulere et kommersielt trålfiske etter torsk og reke, hvor bunntål av typen Alfredo nr. 3 fisketrål, Egersund Polar 2800# reketrål og Campelen 1800# prøvetakningstrål (reketrål) ble benyttet. I tillegg ble det festet undersekker under trålposene slik at snøkrabben som ellers ville blitt overtrålet av gearet, ble fanget opp. To ulike typer gear; det konvensjonelle gearet ”rockhopper” (RHG) og et relativt nyutviklet gear av typen ”semi-sirkel sprednings gear” (SCSG) ble brukt på bunntålene. Snøkrabbene ble undersøkt for skader og skadene ble beskrevet i detalj. Til sist kunne en avklaring om hvilke faktorer som ga opphav til skader beskrives.

Undersøkelsene viste at snøkrabbene hadde skader i betydelig grad. Utfordringer med innsamling av tilstrekkelig datamateriale under toktene førte derimot til noe usikre resultater av de statistiske analysene. Om skadene som ble registrert oppstod i interaksjon med gearet eller



av andre årsaker var uvisst og gir også grunnlag for usikkerhet i denne oppgaven. I november 2016 var det en klar forskjell i skadefrekvens mellom kjønn. I februar/mars 2017 var det en klar forskjell i skadefrekvens både mellom kjønn og hvilken tråldel snøkrabbene ble funnet i (hovedtrål eller undersekk og oppsamlingsposer). Toktet i februar/mars 2017 ble delt opp i to ulike statistiske analyser på grunn av enorme mengder snøkrabber med skjoldbredde under 20 mm. De enorme mengdene snøkrabber ble samlet inn i løpet av kun fire tråltrekk, i et område avsidesliggende fra resten av tråltrekkene utført på toktet. Da disse fire tråltrekkene ble ekskludert, var skadefrekvensen mellom kjønn ikke lenger signifikant. Det ble derimot funnet en signifikant forskjell i skadefrekvensen mellom hunnkrabber med skjoldbredde under og over 50 mm, hvilken tråldel snøkrabbene ble funnet i (hovedtrål eller undersekk og oppsamlingsposer) og i forhold til hvor lenge tråltrekkene varte (under eller over 50 min.).

Fra og med 2012 har det foregått kommersiell fangst på snøkrabbe i Barentshavet, men fremdeles finnes det ikke en egen forvaltningsplan for denne arten. Fangstene øker hvert år, og den økonomiske verdien spås å bli betydelig i årene fremover. Samtidig som framtidsutsiktene for snøkrabbefisket ser lyse ut, har det oppstått konflikter i forbindelse med de allerede etablerte bunntålfiskeriene i Barentshavet. Ettersom bunntål- og teinefiskeriene holder til i samme område til samme tid rapporteres det om redskapskollisjoner. I tillegg er det usikkerhet knyttet til hvor stort skadeomfanget på snøkrabben er ved overkjøring med bunntål. Med en forventet ekspansjon av snøkrabbebestanden i Barentshavet, og dermed også fisket etter denne arten, vil det være nyttig å diskutere hvilke utfordringer som kan komme i tiden fremover. En beskrivelse av skadeomfanget på snøkrabben vil derfor kunne gi et nyttig innspill i diskusjonen om en helhetlig forvaltningsplan og regulering mellom bunntål- og teinefiskeriene i Barentshavet.

**Nøkkelord:** Snøkrabbe, skadeomfang, rock-hopper gear, semi-sirkel sprednings gear, Barentshavet.



Biosciences, Fisheries and Economics | Norwegian College of Fishery Science

**Modelling the bycatch reduction of a shrimp trawl with a combined Nordmøre grid and sieve panel configuration in the north east Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery**

Nadine Jacques  
Master thesis in International Fisheries Management (30 ECT) May 2018

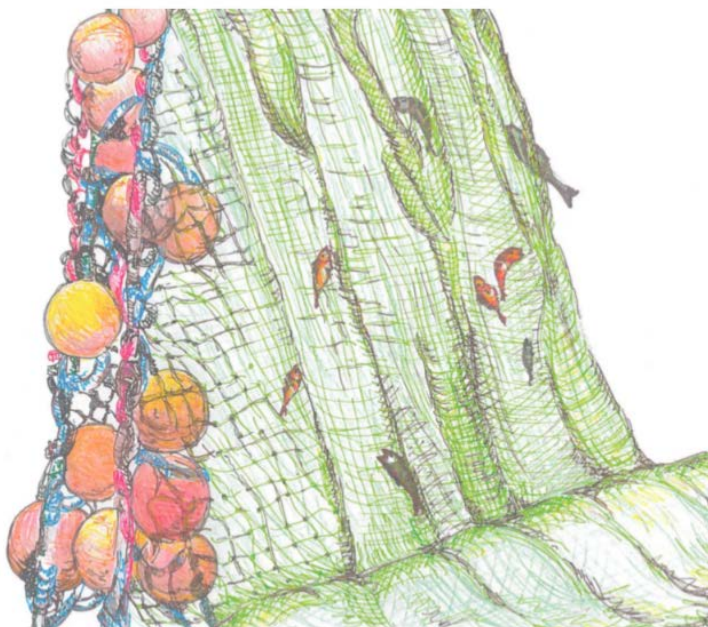


Illustration by Nadine Jacques



## Abstract

The aim of this study was to investigate whether a sieve panel could be an alternative to the Nordmøre grid or if a sieve panel could combine with the Nordmøre grid regarding bycatch reduction while simultaneously maintaining shrimp retention in the Northeast Atlantic deepwater shrimp (*Pandalus borealis*) fishery. These gears are the two most established bycatch reduction devices used today in shrimp fisheries internationally. Despite this, the incidental capture of non-target species, in particular the juvenile populations, continues to attract worldwide attention. This challenge was addressed by analyzing the selectivity of shrimp as well as three different bycatch species when the sieve panel replaced the Nordmøre grid. Alternatively, selectivity with a combination of the two was quantified using a special bootstrap technique. Passage was examined using four different sieve panel configurations (adjusting mesh size and sieving angle). When the sieve panel replaced the Nordmøre grid shrimp loss was higher when the small mesh size was used and unaffected with a large mesh size. Bycatch exclusion with a small mesh size

was superior, with passage probability being almost consistently significantly higher through the sieve panel than the Nordmøre grid. When the selective devices were combined, small meshes again led to much more shrimp loss, while the large meshes added approximately just 3% shrimp loss.

Based on the results, this thesis demonstrated that a combination of a sieve panel, configured in the correct way, followed by a Nordmøre grid provides an opportunity to significantly reduce bycatch while simultaneously retaining shrimp. The results and the potential use of the methods in practice are discussed.

**Keywords:** Sieve panel, Nordmøre grid, shrimp fishery, bycatch

**A catch comparison study on different codend designs to evaluate bycatch reduction in the North-East Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery**

Hermann Magnus Hagen Pettersen  
Master thesis in Resource Management, May 2020



## Abstract

Currently, there is a growing interest in the North-East Atlantic deep-water shrimp (*Pandalus borealis*) fishery with more actors expected to take part in the coming years. As the species and size of targeted shrimp varies globally, selectivity in this fishery is based on a grid system in front of a small mesh sized codend to avoid bycatch while simultaneously maintaining shrimp catches. However, small fish can still pass through the grid and risk being retained in the codend. Thus, the aim of this study was to analyze the selectivity of a modified shrimp trawl codend using shortened lastridges, an increased mesh size and a four panel codend in combination with the Nordmøre grid with the aim of reducing bycatch while simultaneously maintaining the retention of shrimp. This was carried out using a catch comparison analysis between the different treatment codends versus the compulsory two panel, 35 mm diamond mesh codend used in the fishery today. We found that applying shortened lastridge ropes, along with a four panel codend significantly improved the exclusion of redfish at approximately 50 % in length groups below 7.5 cm while simultaneously maintaining shrimp catches. However, a significant increase in catch efficiency for the Greenland halibut occurred. When all treatments were applied, a significant

reduction in shrimp was observed as well as a significant reduction in both redfish and Greenland halibut. An additional experiment was undertaken observing the effect of shortened lastridge ropes while the baseline codends used were configured with four panels rather than two. This caused a significant reduction in shrimp as well as redfish and Greenland halibut in the treatment codend.

The results from this thesis demonstrates that applying 30% shortened lastridge ropes along with a four panel codend may be a potential solution for the industry in reducing bycatch, but further exploration regarding the exclusion of flatfishes is needed. Reducing the percentage of lastridge shortening may offer some more clarity for these species'.

**Keywords:** Lastridge ropes, 4-panel, mesh size, shrimp, fishery, bycatch, Nordmøre grid, treatment tree, codend, North-East Atlantic, Greenland halibut, redfish.