

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

2023

ISSN 2535-2806

MINA fagrapport 83

Torsk og hummer i indre Oslofjord: Effekter av vernetiltak

Thrond O. Haugen
Jonathan E. Colman
Stein R. Moe



Haugen, T., Colman, J.E. & Moe, S.R. 2023. **Torsk og hummer I indre Oslofjord: Effekter av vernetiltak.** – MINA fagrapport 83. 34 s.

Ås, mai 2023

ISSN: 2535-2806

RETTIGHETSHAVER

© Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Forskningsutvalget, MINA, NMBU

OPPDRAKSGIVER

Fiskeridirektoratet

FORSIDEBILDE

Nora Bae med torsk og hummer. Foto: Jonathan E. Colman

NØKKELORD

Bestandstetthet, *Gadus morhua*, *Homarus gammarus*, Oslofjorden, rekruttering, verneområder, fangstforbud, fangst per innsatsenhet, merking-gjenfangst

KEY WORDS

Atlantic Cod, *Gadus morhua*, *Homarus gammarus*, European lobster, Oslo Fjord, population density, marine protected areas, recruitment, catch-per-unit-effort, capture-mark-recapture

Thron O. Haugen (thrond.haugen@nmbu.no), Jonathan E. Colman & Stein R. Moe: Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås.

Forord

Denne rapporten består av data satt sammen av flere delprosjekter og masterprosjekter finansiert dels av NMBU gjennom betydelig egeninnsats og ved finansiering fra både Finn Jørgen Walvigs stiftelse (2020 og 2021) samt fra Fiskeridirektoratet (2022).

Forfatterne ønsker å rette en stor takk til Odd Sørensen (SOS Oslofjorden), Knut Hove (tidligere NMBU) og Hans Erik Karlsen (UiO) samt andre ansatte ved Biologen. Eli Moe takkes både for feltinnsats og ikke minst for tilrettelegging for at prosjektet kom i gang og for å ha besørget god informasjon til brukerne gjennom Frogn kommunes nettsider. Vi vill også takke kolleger, studenter og frivillige som har bidratt i felt (i tilfeldig rekkefølge): Linda Lemmens, Nora Bae, Mikkel Bae, Kjetil Flydal, Håkon Rekstad, Odin Kirkemoen, Elina Lungrin, Mari Vold, Teyie Sharon, Kate Hawley, Louise Chavarie, Markus Stitz, David Craig, Fredrick Clausen, Erik Røed, Katrine Eldegard, Ronny Steen, Brit Morken, Gjertud E. Fostad. Markus Stitz takkes også for produksjon av videosnutt fra feltarbeidet med hummer (se: <https://youtu.be/fx2EoHwJYo>).

Takk til Sigurd Espeland ved HI-Flødevigen for deling av R-script for randomisering og stratifisering av hummerteiner (og torskeruser) samt strandnotdata fra indre Oslofjord. Også takk til Kjetil Hylland (UiO) for deling av 2022-data av trålfangster i indre Oslofjord.

Undersøkelsene har fått tilskudd fra Fiskeridirektoratet gjennom ordningen «Tilskudd til fiskeriforskning» (NMBU prosjektnummer: 3751000045), samt midler fra Finn Jørgen Walvigs stiftelse. Mer enn 50 % av utgiftene er dekket inn gjennom egeninnsats fra NMBU.

For å mest mulig fange allmenhetens interesse presenterer rapporten i all hovedsak overordnet statistikk og figurer og legger mindre vekt på statistisk modellering og testing i denne omgang. For lesere som måtte være interessert i kvantitative analyser oppfordrer vi disse til å kontakte en av medforfatterne slik at masteroppgaver og publikasjoner kan sendes når disse foreligger. Vi håper rapporten vil komme til nytte i arbeidet med å bringe Oslofjorden tilbake til gamle høyder igjen!

Ås, 05.05.2023

Thrond O. Haugen

Stein R. Moe

Jonathan E. Colman

Sammendrag

Oslofjorden som økosystem er under stort press. Hummer og torsk er to arter med langvarige lave bestander. Forvaltningen har opprettet verneområder for begge artene og torsk er totalfredet siden 15. juni 2019 i hele fjorden. Selv om det ville vært svært nyttig å vite effekten av vernetiltakene, er det lite eller ingen systematisk overvåking av bestandene i midtre og indre Oslofjord. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) har imidlertid drevet systematisk fangst av torsk fra 2011-2012 og hvert år siden 2019 og hummer fra 2020 (ett år før etableringen av hummerfredningsområdet i Drøbaksundet). Hovedformålet med prosjektet er å kvantifisere effekt av innførte vernetiltak hos fjordtorsk og hummer i midtre og indre deler av Oslofjorden. Vi ønsker spesielt å kvantifisere effekten av vernetiltak på dødelighet og populasjonstetthet samt alders- og størrelsesstruktur.

Hummeren ble fra september 2020 av fanget i et verneområde (Jetéen) og to kontrollområder (Biologen og Askholmene) i et såkalt BACI-design (before-after-control-impact). Dette er et sterkt design, velegnet for å kvantifisere om og hvordan vernetiltakene virker, både på individ og bestandsnivå. Fangstperiodene foregikk over fem dager i september og desember med 60 teiner fordelt over de tre sonene (dvs. 300 teinedøgn per fangstperiode). I og med at verneområdet ved Jetéen ble større enn opprinnelig foreslått utvidet vi antall teiner i dette området med 10 fra og med september 2022. Alle hummerne ble lengdemålt, kjønnsbestemt, utvendig rogn notert og de ble merket med Floy T-bar merker før de ble satt tilbake. Vi brukte CPUE (Catch Per Unit Effort) som et tilnærmet mål på tetthet av hummer, målt som antall hummer per teine per døgn.

Torsk ble samlet inn under et BA-design (Before-After) fra våren 2019 av, men med før-data også fra 2011-2012. Torskene ble fanget i tre studieområder i Indre Oslofjord på innsiden og utsiden av Bærumsbassenget og ved Ildjernet vår, høst og vinter, og i to studieområder på henholdsvis nord- og sørsiden av Håøya på høsten (siden 2021). Tjue torskeruser sto i seks dager og ble sjekket annen hver dag. Torsk ble forsiktig tatt opp, lengdemålt, veid, tatt skjell- og vevsprøver av, og merket med Floy T-bar merker før de ble satt ut igjen i god behold. Med denne studieprotokollen kunne vi beregne bl.a. CPUE som tilnærmet bestandstetthet, regne ut fiskens kondisjonsfaktor, vekstrate, alder og sammenligne resultater mellom studieområder.

Hummerbestanden i verneområdet på Jetéen har doblet seg (fra omkring 0,6 til 1,2 hummer per teine per 24 t) sammenlignet med før vern i september 2020 og 2021. Før vern var variasjonen i tetthet stor mellom våre tre studieområder. Mens Jetéen (før fredning) og Biologen hadde relativt høye tettheter (mellom 0,5-0,6 hummer per teine per 24 t) så hadde det nordlige området (Askholmene), langt færre hummere (0,04 - 0,24 hummer per teine per 24 t). I løpet av den relativt korte tiden vi har registrert hummer så finner vi ingen klare endringer i størrelsessammensetning.

CPUE hos torsken var meget lav i alle våre innsamlingssoner (0,06-0,20 torsk/ruse/døgn i indre fjord og 0,19-0,52 i Drøbak), med noe variasjon mellom år og sted. Kondisjonsfaktoren var lav hos torsk i indre fjord (gjennomsnitt mellom 0,8 og 0,9) og noe høyere ved Drøbak (0,92-0,98). Det var betydelig variasjon mellom sesonger og studieområder i aldersfordelinger, med ingen individer eldre enn 5 år ved Drøbak, mens indre fjord har fått en gledelig økning i andelen fisk eldre enn 5 år i særlig 2022 der disse utgjorde nesten 1/3 av fangsten. Imidlertid har ikke lengdefordelingen økt tilsvarende hos torsken i indre fjord, noe som kan tyde på dårlig individvekst. Ulik utvikling i alders-, størrelse og kondisjonsforhold mellom torsk fra Drøbak og indre fjord kan tyde på at torsken er påvirket av ulike mekanismer mellom de to fjordområdene. Våre resultater gir kun liten støtte for at vernetiltak foreløpig har bidratt til forbedringer i torskebestanden i hverken økt tetthet, bedre kondisjon eller størrelsesfordeling i bestanden, men det kan se ut som at flere individer blir eldre i indre fjord.

Vernetiltaket for hummer i Drøbak viser allerede tegn til positiv effekt i form av at tettheten av hummer har nesten fordobla seg i vernesonen bare et drøyt år etter at tiltaket trådte i kraft.

Foreløpig er det ikke tegn til at demografien av hummer inne i vernesonen endrer seg. I og med at den størrelsesrelaterte dødeligheten heller ikke skiller seg tydelig ut i vernesonen sammenlignet med kontrollsonene kan det tyde på at en betydelig del av vernesonehummeren fortsatt er sårbare for fiske. Vi mener at fiske i randsonene til verneområdet kan være viktig her og at dette kan være særlig viktig for et så lite verneområde som Jetéen.

Etter snart 4 år med vernetiltak er det for tidlig til å fastslå om tiltakene har bidratt til forbedring av torskebestanden. Selv om fiske utvilsomt har vært en hovedårsak til kollapsen i torskebestanden i indre Oslofjord må vi være oppmerksomme på at også andre påvirkningsfaktorer kan påvirke gjenoppbyggingen av torskebestanden. Klimaendring, overgjødsling, forurensing og fysiske habitatødeleggelser er alle faktorer som sammen med fiske vil påvirke mulighetene for gjenoppbygging. Det kan også være at fiskeforbudet ikke er godt nok formidlet eller håndhevet og at torsk fortsatt fiskes i stort nok omfang til at bestanden holdes nede. Videre må det på plass en målrettet vurdering av hva betydningen av dels bifangst i rekestrål, dispensasjonsfiske og ulovlig fangst fra fritidsfiske betyr i denne gjenoppbyggingsfasen. Det er allikevel viktig at disse vernetiltak fortsetter. Uavhengig hva som står bak torskens nedgang i Indre Oslofjord og Drøbak, vil fiskeforbud være en positiv påvirkning opp mot alle de andre utfordringer torsken står ovenfor.

For å finne ut av dette med sårbarhet for randsonenfiske vil det være avgjørende å gjennomføre telemetriundersøkelser for hummeren i området. Dette vil NMBU gjennomføre så snart tilstrekkelig finansiering er på plass, muligens med oppstart allerede i 2023.

Vi er avhengig av lengre tidsserier med data på torsk innsamlet på de samme studieområdene og med de samme metodene for å kunne teste årsakssammenhenger for hvorfor torsketetthet og kondisjon varierer mellom områder og habitattyper i fjorden. I årene som kommer planlegger vi også merking av juvenile torsk med akustiske sendere for å mer detaljert undersøke deres bevegelser, habitatbruk og overlevelse. Det vil også legges større vekt på prøvetaking av fysiologiske variabler som kan gi informasjon om torsken fysiologiske tilstand. Sammen med rusedataene presentert her, vil vi i større grad kunne teste flere påvirkningsfaktorer som igjen vil kunne bidra til å finne en løsning for å «redde» torsken i Oslofjorden.

Innhold

Forord.....	1
Sammendrag.....	2
1 Introduksjon.....	5
2 Materialer og metoder	7
2.1 Studieområder	7
2.1.1 Hummer	7
2.1.2 Torsk.....	8
2.2 Metoder	8
2.2.1 Hummer	8
2.2.2 Torsk.....	10
3 Resultater.....	12
3.1 Hummer	12
3.1.1 Merke-gjenfangstanalyse.....	13
3.1.2 Fangst per innsatsenhet (CPUE).....	14
3.1.3 Lengdefordeling	15
3.1.4 Kjønnfordeling	17
3.2 Torsk.....	18
3.2.1 Merking-gjenfangst.....	18
3.2.2 Fangst per innsatsenhet (antall individer per ruse per døgn, CPUE)	19
3.2.3 Størrelsesfordeling og aldersfordeling.....	23
3.2.4 Kondisjon.....	25
4 Diskusjon.....	26
4.1 Hummer	26
4.2 Torsk.....	28
4.3 Samlet vurdering og planer framover.....	31
5 Referanser.....	32

1 Introduksjon

Økosystemet Oslofjorden er under et sterkt press. I dag bor 1,6 millioner mennesker i de 26 kystkommunene som omkranser Oslofjorden og kystbefolkningen er økende (Miljødirektoratet 2022). Tett bosetning fører med seg en rekke problemer i form av forurensning, intensivert arealutnyttelse og økt utnyttelse av biologiske ressurser som torsk og hummer. Som et avbøtende tiltak mot reduserte bestander er torsk nå siden 2019 totalfredet i fjorden og hummer er fredet i enkelte områder. Det er knyttet sterke brukerinteresser til Indre Oslofjord. For disse kan slike vernetiltak oppleves som inngripende. Det hviler derfor et betydelig ansvar for dokumentasjon av effekter av tiltakene overfor befolkningen i området.

Hummer ble vurdert som sårbar (VU) på Artsdatabankens rødlista for 2021 (<https://artsdatabanken.no/lister/rodlisterforarter/2021/14133>). Det er innført lands- og regionsomfattende fangstbegrensinger i form av maksimums- og minstemål (hhv 32 og 25 cm kroppslengde) og forbud mot fangst av hummer med utvendig rogn. I tillegg til disse tiltakene har det de senere årene blitt opprettet en rekke fredningsområder for hummer langs norskekysten (> 50 reservater i 2021, Knutsen mfl. 2022).

Et av de nyere fredningsområdene for hummer ble etablert i Drøbaksundet i 2021. Dette fredningsområde er kun 85 ha (<https://www.fiskeridir.no/Fritidsfiske/Artar/Hummarfiske/Frednings-og-bevaringsomraade>). Det knytter seg stor usikkerhet til hvor effektivt et slikt lite fredningsområde er i praksis, selv om et tidligere studium har vist at både hummer og torsk kan dra nytte av relativt små verneområder (Moland mfl. 2013, Moland mfl. 2021, Knutsen mfl. 2022).

Det er kjent at hummer har en høy og stabil dødelighet i områder som er åpne for fangst (Fernández-Chacón, 2021). Bestanden tar seg imidlertid raskt opp i områder som blir vernet (Kleiven mfl. 2017, Moland mfl. 2021). I tillegg til en økning i bestandsstørrelsen fører vern til flere store individer, noe som er viktig for hummerens reproduksjonspotensial (Sjørdalen mfl. 2018). Det er velkjent at mange fiskere legger teinene sine nær verneområdene («Fishing the line» se for eksempel Kellner mfl. (2007)) for å øke fangsten. En slik praksis med økt fiskepress kan i mange tilfelle redusere den effektive størrelsen av verneområdet, i og med at hummer med bruksområder som både er i og utenfor verneområdet kan bevege seg utenfor og potensielt bli fanget. Dette kan være et spesielt stort problem i relative små verneområder, som i Drøbaksundet. Kleiven mfl. (2019) fant at intenst fiske rundt verneområder reduserte bestanden innenfor et 1,5 km belte utenfor verneområdet. Hummer har imidlertid gjentatte ganger blitt vist å ha relativt små bruksområder mellom 0,6– 4 ha (Moland mfl. 2011a), noe som kan redusere problemet med små verneområder. Til tross for at hummeren har små bruksområder har en telemetristudie vist at hummer beveger seg ut av verneområder og at de dermed er sårbare for fangst (Moland mfl. 2011b).

Torskebestanden i Oslofjorden har sunket kraftig det siste tiåret (Moland m fl. 2021), uten at man med sikkerhet vet hvorfor eller hvor omfattende nedgangen har vært i Indre Oslofjord, hvor vi også finner den største konsentrasjonen av fritidsfiskere i landet (Vølstad mfl. 2019).

I 2011-2012 gjennomførte NMBU (den gang UMB) en merke-gjenfangststudie på torskebestanden i Indre Oslofjord (Ski 2012). Denne studien, sammen med Bøe (2013), viste, som mange andre studier av fjordtorsk fra Norge, at torsken i Indre Oslofjord er svært stedegen, men med enkelte individer som foretar lengre vandringer. Typisk beveger en Oslofjordtorsk seg innenfor arealer som tilsvarer 3-5 fotballbaner i løpet av året. NMBU estimert i en telefonundersøkelse i 2014 (utført av Norstat) en meget høy tetthet av fritidsfiskere i Indre Oslofjord, med over 130 000 personer som fisker i sjøen minst én gang i løpet av året. Disse oppga en gjennomsnittlig fangst på 0,25 fisk per time, tilsvarende

12 kg fisk per år når de 15 timene de i snitt brukte per år legges til grunn (Holter 2015). Tilsvarende tall fra flere feltintervjuer der faktisk observert fangst ble notert lå noe høyere (0,5 kg pr time) og her viste dataene at fangsten besto desidert mest av makrell, men torsk var nest viktigste fisk (Thimamontri 2014). På dette tidspunktet (2012-2014) var det med andre ord et stort uttak av fisk fra Indre Oslofjord av fritidsfiskerne, i størrelsesorden 1 600 tonn.

Den høye tettheten av fritidsfiskere og en stasjonær og lav bestand gjør torskebestanden i Indre Oslofjord meget sårbar. Dette selv med fangstforbud ovenfor torsk på grunn av manglende kunnskap/vilje om vernetiltakene eller gjennom bifangst i annet fiske. NMBU konkluderte i 2012 med at tettheten av torskbestanden i Indre Oslofjord var høyere den gang enn tilsvarende estimater for fjordtorskbestander langs Sørlandskysten (Ski 2012). I løpet av de siste 10 årene har det skjedd noe dramatisk med torskebestanden også i Indre Oslofjord, men det foreligger ikke gode nok data fra disse områdene av Oslofjorden til å sammenligne med våre undersøkelser i 2011-2012. Vi planla derfor å gjennomføre den samme studien på nytt og sammenligne resultatene fra 2012 med dagens tilstand. Dette vil bidra til et bedre kunnskapsgrunnlag ovenfor kysttorskbestanden i Oslofjorden, samt bidra til en forståelse ovenfor effektene av de nye forvaltningstiltakene.

I de fleste av områdene, særlig i Indre Oslofjord, er det ikke noe system for overvåking av bestandsutvikling i vernede områder. HI har ikke fått øremerkede midler til slike målrettede undersøkelser og må derfor basere sine evalueringer på allerede pågående overvåkingsprogrammer som blant annet strandnotserien, slik det er gjort i den nylig publiserte evalueringsrapporten til Knutsen mfl. (2022). Denne evalueringsrapporten konkluderer med at dataene de har til rådighet viser få signaler om at torskebestanden er i ferd med å bygge seg opp og at det er for tidlig å vurdere effekter av disse. HI konkluderer derfor med at tiltakene må videreføres, at det er behov for mer målrettede studier og at effekt av fangst fra både bunntåling og dispensasjonsfiske sammen med vurdering av i hvilken grad fangstforbud respekteres av fritidsfiskere må på plass. Det er med andre ord mangelfull dokumentasjon på effekten av vernetiltakene som er innført i Oslofjorden, særlig i indre del, hvor flest hobbyfiskere befinner seg. Dels fordi tiltakene er av en nyere dato og dels på grunn av manglende overvåkingsprogram. Selv om vernetiltakene er nødvendige er det viktig at bestandenes respons til vern dokumenteres både for å informere brukerne og forvaltningen hvorfor slike strenge tiltak er nødvendige, og for å øke kunnskapen om hvordan populasjonene responderer under de forhold som er i Indre Oslofjord.

I dette prosjektet ønsker vi en langvarig kartlegging og overvåking av hummerbestanden i Drøbaksområdet, samt torsk i indre Oslofjord. Dette må til for å vurdere effekten av fredning i disse områdene og for å få kunnskap om fredningen også har effekt på omkringliggende områder over tid. I tillegg vil vi bruke dataene til populasjønøkologiske studier i form av masteroppgaver samt i undervisningen av naturforvaltnings- og økologifagene ved NMBU.

Hovedformålet med prosjektet er å kvantifisere effekt av innførte vernetiltak hos fjordtorsk og hummer i midtre og indre deler av Oslofjorden. Spesielt vil vi:

1. Kvantifisere dødelighet og populasjonstetthet hos lokal fjordtorsk og hummer i verneområder og kontrollområder i midtre- og indre deler av Oslofjorden.
2. Kvantifisere effekter av vernetiltakene på alders- og størrelsesstruktur i torske- og hummerpopulasjonene i indre og midtre deler av Oslofjorden.

2 Materialer og metoder

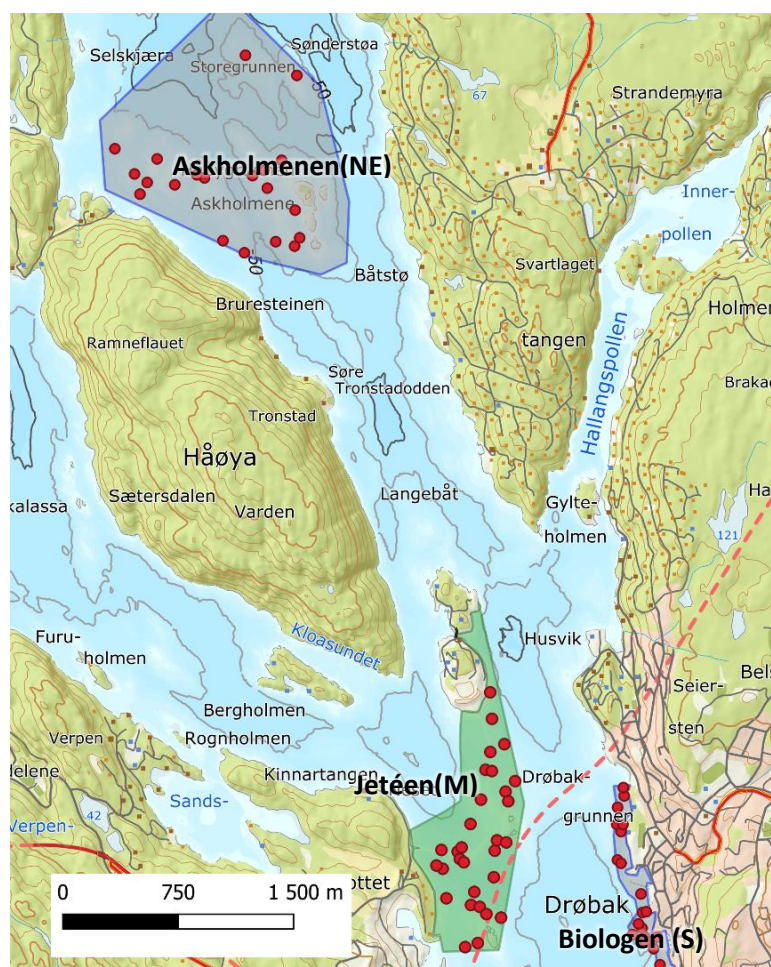
2.1 Studieområder

2.1.1 Hummer

Studien er gjennomført i tre soner i Drøbaksundet (Figur 1). Et område, Jetéen (85 ha) er vernet, og to områder, et ved Askholmene (115 ha) og et utenfor Biologen forskningsstasjon i Drøbak (18,2 ha), ble benyttet som kontrollområder.

Jetéen, hvor det har vært forbudt med hummerfangst siden september 2021 (hjemlet i forskrift <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-07-06-883>), går langs det meste av hummerfredningsområdet. Den er en del av festningsverket ved Oscarsborg. Jetéen ble bygget i 1874-79 for å hindre at store båter kunne seile inn vest for festningen. Store steinblokker er lagt opp over en strekning på 1,5 km. Jetéen er rundt 4 m bred og på det høyeste 25 m. Område over jetéen er svært grunt, < 1 m ved lavvann. Det er kun to smale åpninger hvor småbåter kan passere. Totalt utgjør selve jetéen 315 000 m³ med menneskeskapt hummerhabitat.

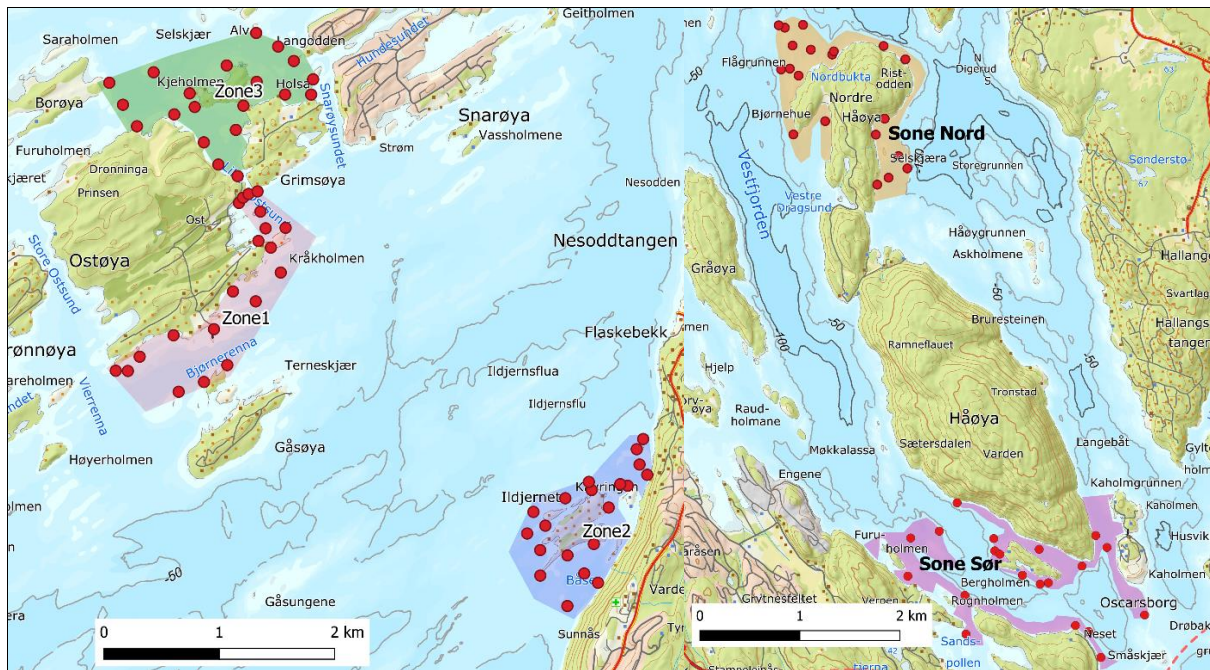
Det ene kontrollområdet er et relativt smalt område fra Badeparken til sør på Lehmannsbrygga i Drøbak (kalt «Biologen» i denne rapporten). Det andre kontrollområdet ligger mellom Håøya og fastlandet, rundt Askholmene.



Figur 1. Kart over de tre innsamlingssonene og de tilhørende teineposisjonene som ble brukt under de fem innsamlingsrundene i 2020-2022-perioden.

2.1.2 Torsk

I torskeundersøkelsen brukte vi torskeruser i to hovedområder: indre Oslofjord (tre soner, Figur 2) og ved to soner ved Håøya (Figur 2). Rusefisket i indre fjord gjennomføres to til tre ganger om året (vår og seinhøstes og noen ganger i desember) der samme soner og ruseposisjoner brukes fra gang til gang. Noen av disse ruseposisjonene er akkurat de samme som ble samlet i 2011-2012. Stasjonene rundt Håøya samples kun i slutten av september/tidlig oktober. Alle sonene har minst tre tømninger per runde, med tømning hver andre dag. Med et slik opplegg sikrer vi oss gjenfangster som både er på kort (daglig) og lang (ett år eller 6 måneder) tidsskala. Et slik såkalt robust design åpner for estimering av både overlevelse og populasjonstørrelse ved bruk av såkalte Hugginsmodeller (Huggins 1989). En tilsvarende analyse av torskedata fra indre Oslofjord er presentert i Ski (2013). Grunnet den lave populasjonstørrelsen og dermed det lave antall torsk som merkes og gjenfanges er ikke antall observasjoner høyt nok til å foreta slike analyser i denne omgang.



Figur 2. Kart over de to studieområdene for torsk: Indre fjord (venstre) og Drøbak (høyre). De fikserte ruseposisjonene (randomisert og stratifisert) er indikert som røde punkter, og sonenavn framkommer som tekst knyttet til de respektive polygonene.

2.2 Metoder

2.2.1 Hummer

I og med at fredning av områder var foreslått av Frogn kommune i 2020, satt forskere ved Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA) ved NMBU i gang en prøvefangst (i samarbeid med Biologisk feltstasjon i Drøbak ved Universitet i Oslo) i september 2020 for å følge bestandsutviklingen

før og etter fredning. Området ved Jetéen ble fredet for hummerfangst i 2021 og vi har dermed to år med fangst før fredning (september 2020 og september 2021) samt en fangstperiode etter etablering av fredningsområdet i desember 2021, samt fangst i september og desember 2022.

Siden oppstart i 2020 har vi gjennomført en merke-gjenfangststudie med hummer med et såkalt BACI-design (before-after-control-impact). Vi har med andre ord et sterkt design på plass for å kvantifisere om og hvordan vernetiltakene virker, både på individ og bestandsnivå.

Vi har hatt tre soner der to utgjorde kontrollområder med fiske (Askholmene og Biologen) og en sone var verneområdet (Jetéen). Hummeren ble fanget med skotteteiner agnet med en makrell per døgn. Teinene ble fordelt tilfeldig ved bruk av randomiseringsrutine i QGISs vektor-verktøy i to dybdelag (strata): 3-15 m og 15-30 m i de respektive sonene. Vi hadde totalt 60 teiner (20 teiner per sone) på faste posisjoner over 5 dager i hver periode (dvs totalt 300 teinedøgn per fangstperiode). Fra og med september 2022 utvidet vi med 10 teiner i vernesonen (Jetéen) da denne ble bestemt til å være en del større enn forslaget som lå på bordet da vi tok til med før-studien i 2020. Randomiserings- og stratifiseringsrutinene som ble brukt til plassering av teinene sikrer representativ plassering av teiner mellom 3 og 30 meters dyp og gjør at resultatene kan sammenlignes med andre studier gjennomført av blant annet Havforskningsinstituttet. Merkjingsprosedyrene og forsøksdesign var godkjent av Mattilsynet (FOTS id: 20/163702).

All hummer ble merket med Floy T-bar merker på buksiden av første abdomsegment ved hjelp av en merkepistol (

Figur 3). Denne plasseringen gjør at merket kan bli sittende også etter skallskifte. Vi hadde i 2021 og 2022 flere gjenfangster fra foregående år hvor merkene var bevart til tross for skallskifte. I tillegg til merking noterer vi kjønn, lengde og eventuell utvendig rogn på hummerne vi fanger. Til slutt klippet vi en liten bit av den ytre halefinnen (uropoden) for å senere kunne analysere deres DNA. Ved gjenfangst kan vi også bruke spor etter finneklippen på hummeren som mål på eventuelle tap av merker. Alle disse merke- og målerutinene er harmonisert med Havforskningsinstituttets rutiner for å sikre sammenlignbarhet med deres overvåkningsstudier i andre verneområder.

Fiskerne i området ble gjort oppmerksom på merkeprosjektene gjennom annonsering på Frogn kommunes hjemmeside (<https://www.frogn.kommune.no/aktuelt/fredningsomrade-for-hummer/>) samt lokalpressen. Opplysninger om merkenummer, størrelse og fangststed sendes til epostadressen tag@nmbu.no.

Som tilnærmet mål på tetthet av hummer brukte vi fangst per innsatsenhet (CPUE, catch per unit effort). Dette ble målt som antall hummer per teine per døgn. Om teina, av en eller annen grunn, sto lenger enn ett døgn mellom tømning, ble CPUE utregnet som antall delt på antall døgn den sto mellom tømningene. Dette skjedde kun to ganger.

Selv om vi, i likhet med torskeundersøkelsen, hadde et robust design for merke-gjenfangstundersøkelsen av hummer, gjennomførte vi kun en overordnet merke-gjenfangstanalyse med fokus på å estimere overlevelse hos hummeren i de respektive sonene og som funksjon av tid (fangstrunde, år) og individkarakterer som lengde og kjønn. Dette for å se om det var støtte i dataene for fangstselektiv dødelighet og om både områdevernet og de overordnede kjønns- og størrelsesreguleringene fungerer etter hensikten. Vi forventet her å se økt overlevelse i vernesonen for begge kjønn og at i de fiskede sonene vil vise at individer mellom 25-32 cm har lavere overlevelse enn de som er større og mindre enn disse størrelsene. Vi brukte her en relativt enkel tilnærming som kalles Cormack-Jolly-Seber-metoden (CJS) (Lebreton mfl. 1992). Denne baserer seg på

fangsthistorikker som bygges opp som binære strenger av 0 og 1, der 0 betyr at individet ikke ble fanget en gitt periode og 1 at det ble fanget minst én gang.



Figur 3. Hummeren ble merket med floymerke i 1. abdomsegment (venstre, pil) med merkepistol (høyre)

Våre fangsthistorier besto av fem tall da vi hadde fem runder (sept 20, sept 21, des 21, sept 22 og des 22). Så, et individ med fangsthistorikk 10010 ble fanget og merket i september 20, ikke gjenfanget september 22 eller des 22, men gjenfanget i september 22 og ikke i desember 22. Ved å sette sammen alle hummernes fangsthistorikker kan CJS-metoden estimere to parametertyper, gjenfangstsannsynlighet (p) og tilsynelatende overlevelse (ϕ) ved bruk av log-likelihood-metodikk. Overlevelsesestimaterne er kun tilsynelatende fordi metoden ikke klarer å skille permanent utvandring fra dødelighet. For en mer avansert analyse av 2020-2021-dataene henvises til Vold (2022), der også populasjonsstørrelse estimeres.

2.2.2 Torsk

Torskene innfanges ved hjelp av torskeruser som ble satt på 1-30 meters dyp innen de fem sonene. Alle innsamlingsrunder fant sted utenfor sommersesongen da det varme overflatevannet som er på denne tida av året medfører stress og økt dødelighet hos den kaldtvannstilpassede torskene. Rusene dras sakte opp for å muliggjøre mest mulig effektiv trykkutlignelse i svømmeblæren for torskene i rusene (for å unngå barotrauma). Torsken tas raskt ut av rusa og overføres rett i et mørkt, tildekket kar med friskt sjøvann (temperatur 5-10 °C). Torsk som hadde problemer med trykkutlignelse eller tydelige sykdommer eller skader ble ikke brukt videre i undersøkelsen. Disse ble avlivet og tatt vare på til andre undersøkelser (bl. a. mageinnhold og aldersbestemmelse). Etter nøye inspeksjon etter skader og eventuelle avvik tas en og en torsk ut fra oppbevaringskaret og bringes over til et vått håndkle. Hodet til torskene dekkes med håndkleet slik at fisken ikke har visuell kontakt med omverden. Fisken måles og veies og et Floy T-bar-merke applikeres ved basis av fremre ryggfinne

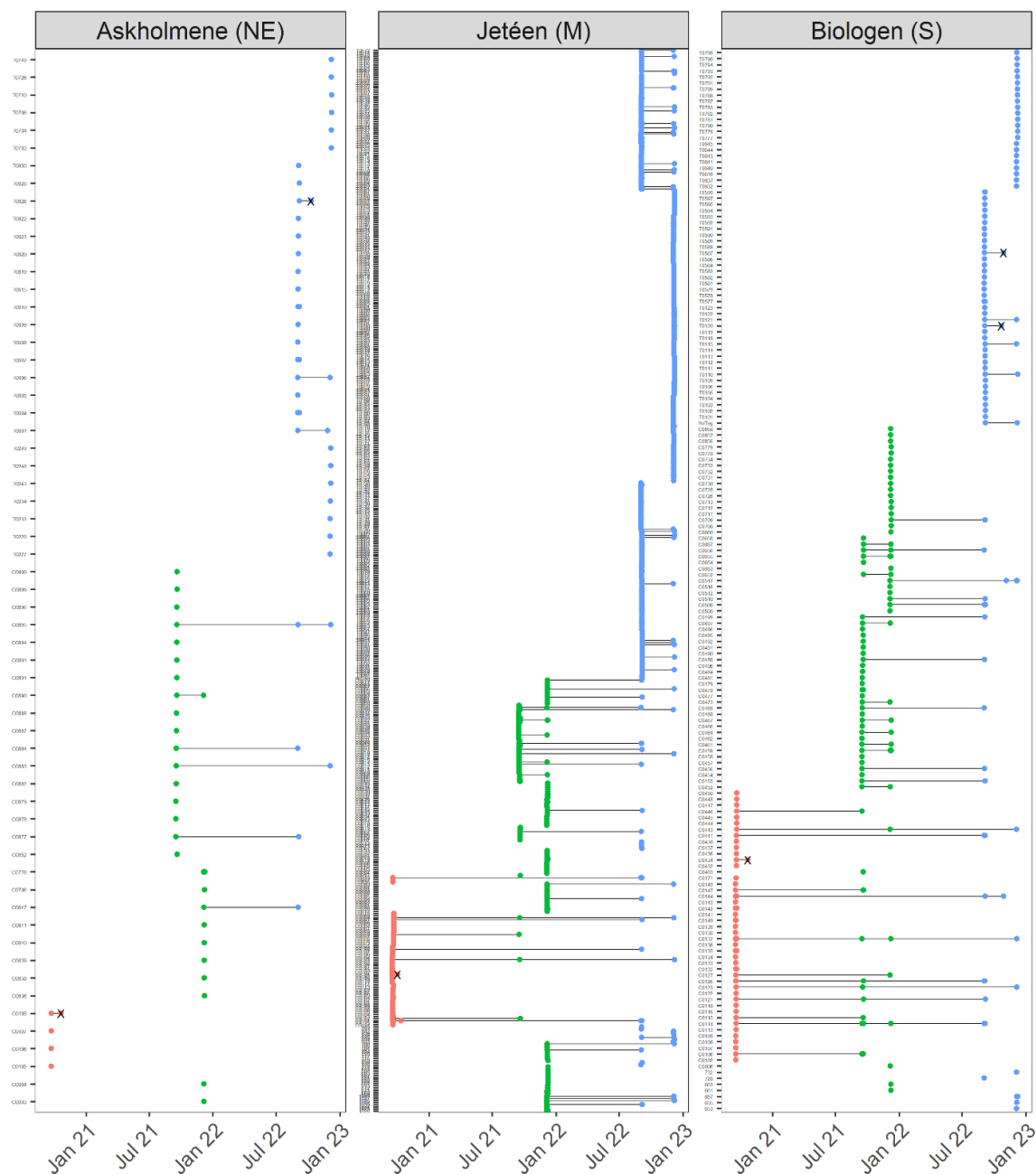
ved hjelp av samme type merkepistol som hos hummeren (Figur 3). Kun fisk 25 cm eller større merkes. Merkene er eksterne floymerker med ID og innleveringsadresse (tag@nmbu.no), samme som for hummer. Fisken føres fra håndkleet og over i en våt nylonpose mens den holdes i vann i et kar. En digital vekt løfter posen med fisken ut av vannet i 2-3 sekunder for registrering av fiskens vekt før fisken føres tilbake til sjøen. Hele denne merke- og måleprosedyren tar ca. 20 sekunder. I tillegg til merkingen foretar vi måling av lengde av all fisk. Individuer som ble gjenfanget flere ganger innen samme runde samme runde ble kun ID-registrert, for så å settes tilbake uten flere målinger for den runden. Ved merking tas også skjellprøver ved avnapping med pinsett fra området like ovenfor sidelinjen mellom andre og tredje ryggfinne for å aldersbestemme, og en liten finneklipp av bakre gattfinne (ca 0,5 cm²) for evt genetiske analyser i annet delprosjekt.

Mye av feltarbeidet utføres i et samarbeid mellom NMBU og UiO ved Biologen feltstasjon. Vi bruker åpne båter, 21-30 ft, med teinehalere for hummer mens torskerusen dras for hånd. I hver båt har vi et team på 3-4 personer: en båtfører, 1-2 teknikere/studentere som tar seg av teine/rusehaling samt en forsker som merker og tar prøver. Dataloggføring tas hånd om av båtfører eller en av halerne. I alt disponerer vi fem båter, men som regel er kun 2-3 i bruk per fiskerunde. Vi bruker også lokale hjelpere under hummerfisket. Dette er erfarne fiskere som har mye kunnskap om montering av utstyr og som har lært oss mye om praktisk arbeid på sjøen.

3 Resultater

3.1 Hummer

I alt ble 749 hummer merket gjennom hele 2020-2022-perioden og det ble registrert 201 gjenfangster. Av disse gjenfangstene har kun seks individer blitt innrapportert og tatt vare på av fiskere (markert som kryss i Figur 4). I alt åtte individer har blitt gjenfanga alle tre år og 47 individer har blitt gjenfanga to av årene. De resterende har blitt gjenfanga innen samme år. Ingen av gjenfangstene har vært i andre soner enn i den sonen hummeren ble merket i.



Figur 4. Tidslinjer for merking og gjenfangst hos hummer som ble fanget i prøvfisaket i Drøbakområdet i september 2020, september 2021, desember 2021, september 2022 og desember 2022. Hver linje utgjør et unikt individ og evt. gjenfangster er bundet sammen med svart linje. Hvert år har ulik farge. I alt 13 innrapporterte gjenfangster fra lokale fiskere er også tatt med der hummer som ble tatt vare på er indikert med X på fangsttidspunktet.

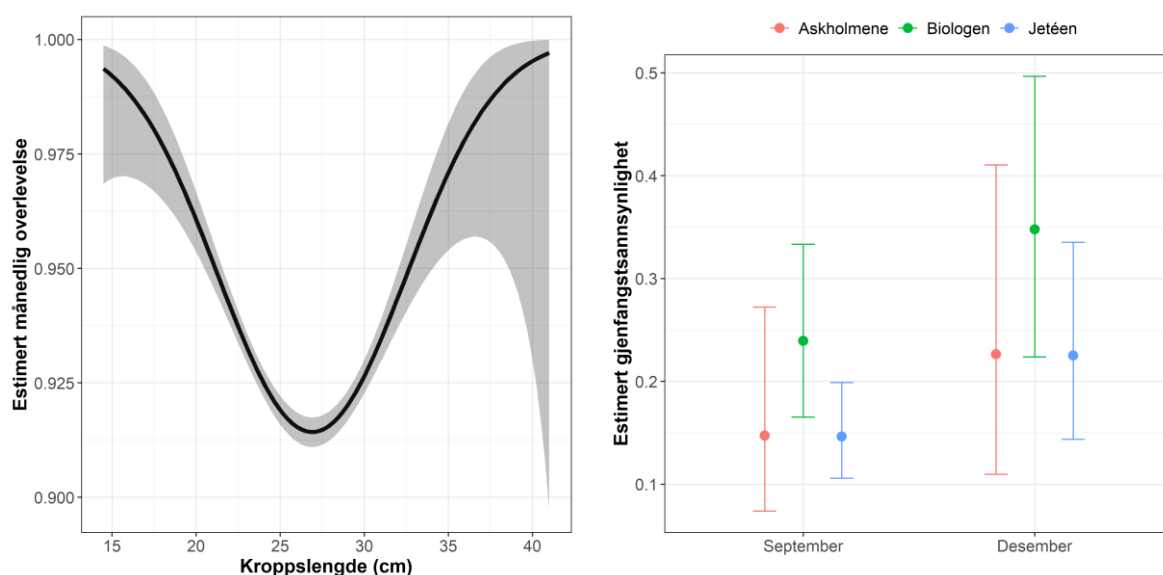
3.1.1 Merke-gjenfangstanalyse

Modellutvelgelsen for CJS-analysene favoriserte en enkel overlevelsesmodell, som fikk 43 % av AIC-støtten blant kandidatmodellene, der den tilsynelatende overlevelsen (ϕ) ble estimert som utelukkende funksjon av kvadratet av kroppslengde ($\phi = \text{lengde} + \text{lengde}^2$), og dermed uavhengig av kjønn, sone og periode (Tabell 1). Prediksjonene fra modellen viste at overlevelsen var høyest for små og store individer og lavest for lengde 27 cm (Figur 5).

Gjenfangstsannsynlighet ble, ut fra den utvalgte modellen, estimert som funksjon av måned og sone i en additiv modell ($p = \text{sone} + \text{måned}$, Tabell 1). Modellen predikerte generelt lavere gjenfangstsannsynlighet i septemberrundene enn i desemberrundene og at den generelt var høyest i Biologensonen (0,25-0,35) og omtrent like i de to andre sonene (0,15-0,22, Figur 5).

Tabell 1. Logit-parameterestimater for den utvalgte CJS-modellen som ble tilpasset merke-gjenfangstdata av hummer fra Drøbakområdet gjennom fem merkerunder i 2020-2022-perioden. ϕ = tilsynelatende overlevelse; p = gjenfangstsannsynlighet.

Parameter	Koeffisient	Kovariat	Sone	Periode	Est	SE
ϕ	Intercept		Alle	Alle	2,63	0,20
	Stigningstall	Lengde	Alle	Alle	-3,57	1,81
	Stigningstall	Lengde ²	Alle	Alle	3,75	1,94
p	Intercept		Jetéen	Desember	-1,76	0,19
	Intercept		Askholmene	Desember	0,01	0,41
	Intercept		Biologen	Desember	0,61	0,25
	Intercept		Alle	September	0,53	0,24



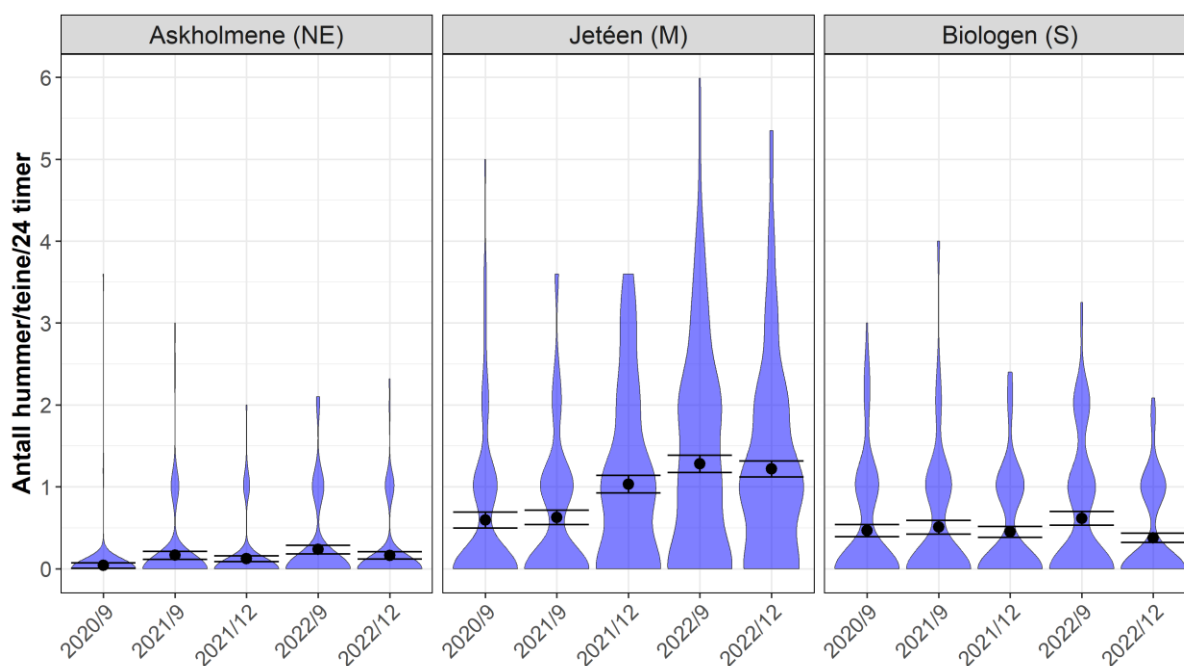
Figur 5. Venstre: Estimert månedlig tilsynelatende overlevelse som funksjon av kroppslengde ved merking hos hummer fra Drøbakområdet merket i 2020-2022-perioden. Høyre: estimerte gjenfangstsannsynligheter for de samme dataene som funksjon av sone og måned. Estimatenes stammer fra den utvalgte CJS-modellen som er rapportert i Tabell 1. De grå områdene i overlevelsesmodellen samt feillinjene i gjenfangstmodellen utgjør 95 % konfidensintervall.

3.1.2 Fangst per innsatsenhet (CPUE)

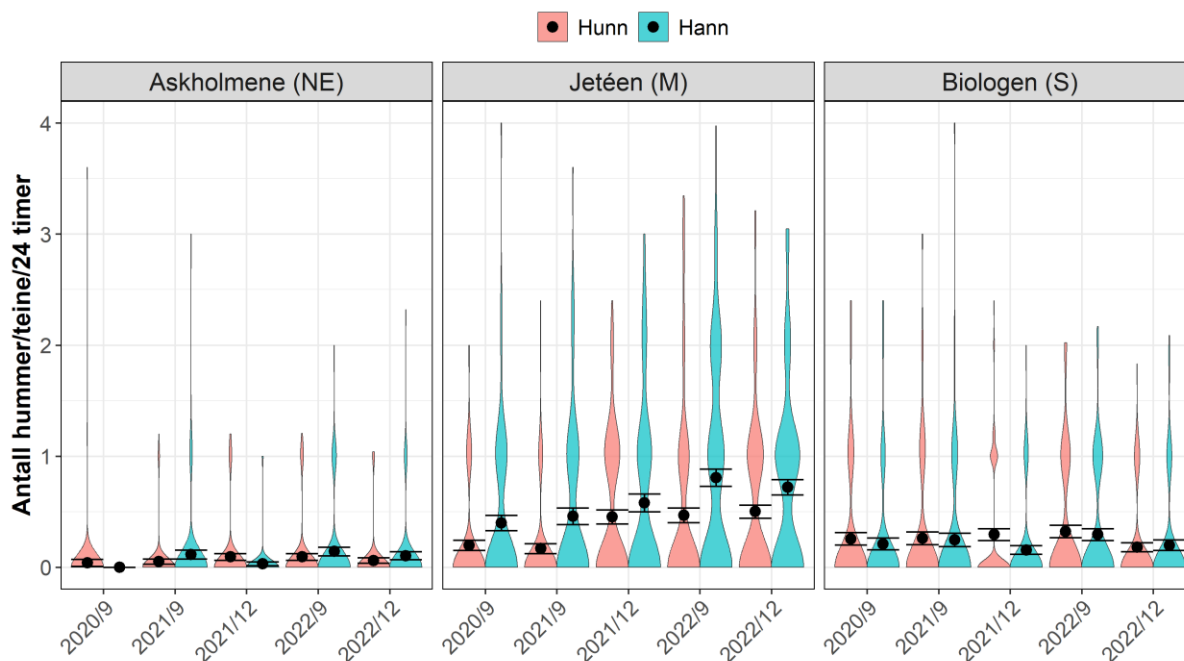
Innen verneområdet har den gjennomsnittlige totale fangst per innsats (CPUE) mer enn fordobla seg siden førsituasjonen i september 2020 (fra 0,60 til 1,28 individer/teine/døgn, Tabell 2 og Figur 6). En tilsvarende økning har ikke skjedd i de to sonene med som har vært åpne for fiske. For disse sonene ser vi forøvrig at CPUE faller fra september til desember i både 2021 og 2022, og særlig for hannene (Figur 7). Dette var mest tydelig i 2022. I 2021 var det en til dels betydelig økning i CPUE for hunnene i alle sonene, men mest i vernesonen, fra september til desember (Figur 7).

Tabell 2. Gjennomsnittlig (\pm standardavvik) fangst per innsats (antall hummer/teine/24 timer) fordelt på sonene og fiskerundene gjennom 2020-2022-fisket med hummerteiner i Drøbakområdet. Askholmene og Biologen er stasjoner hvor fiske er åpent, mens Jetéen har vært vernet mot fiske f.o.m. oktober 2021.

År	Måned	Askholmene	Jetéen	Biologen
2020	September	0,04 \pm 0,35	0,60 \pm 0,98	0,47 \pm 0,74
2021	September	0,17 \pm 0,49	0,63 \pm 0,88	0,51 \pm 0,82
2021	Desember	0,12 \pm 0,37	1,03 \pm 1,08	0,45 \pm 0,67
2022	September	0,24 \pm 0,52	1,28 \pm 1,29	0,62 \pm 0,83
2022	Desember	0,16 \pm 0,44	1,22 \pm 1,20	0,38 \pm 0,57



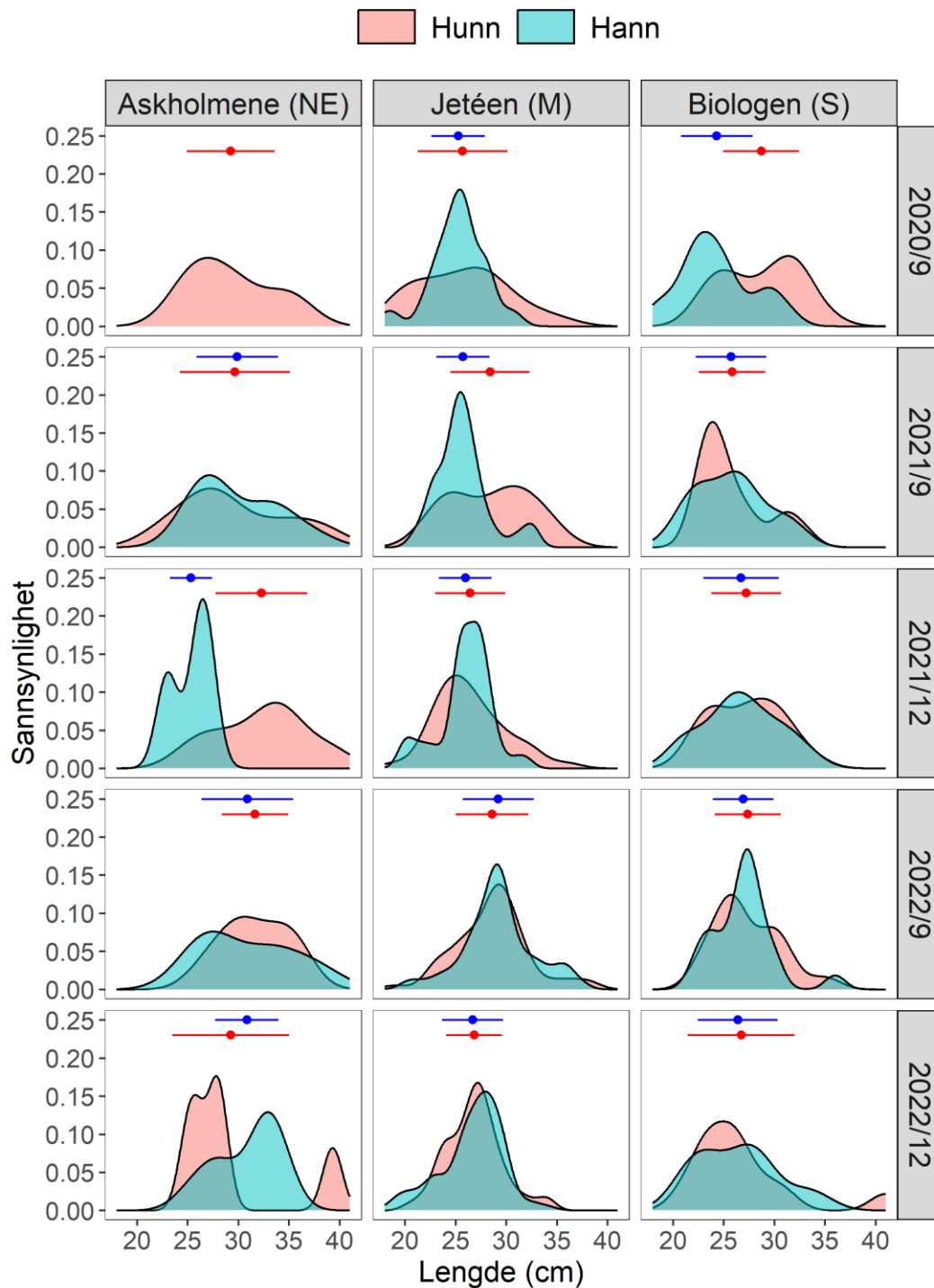
Figur 6. Omgangsspesifikke (år/mnd) fiolinplott av fangst per innsatsenhet (CPUE, antall hummer/teine/24 timer) med gjennomsnitt og tilhørende standardfeil (\pm 1SE) fordelt på sonene gjennom 2020-2022-fisket med hummerteiner i Drøbakområdet. Askholmene og Biologen er stasjoner hvor fiske er åpent, mens Jetéen har vært vernet mot fiske f.o.m. oktober 2021.



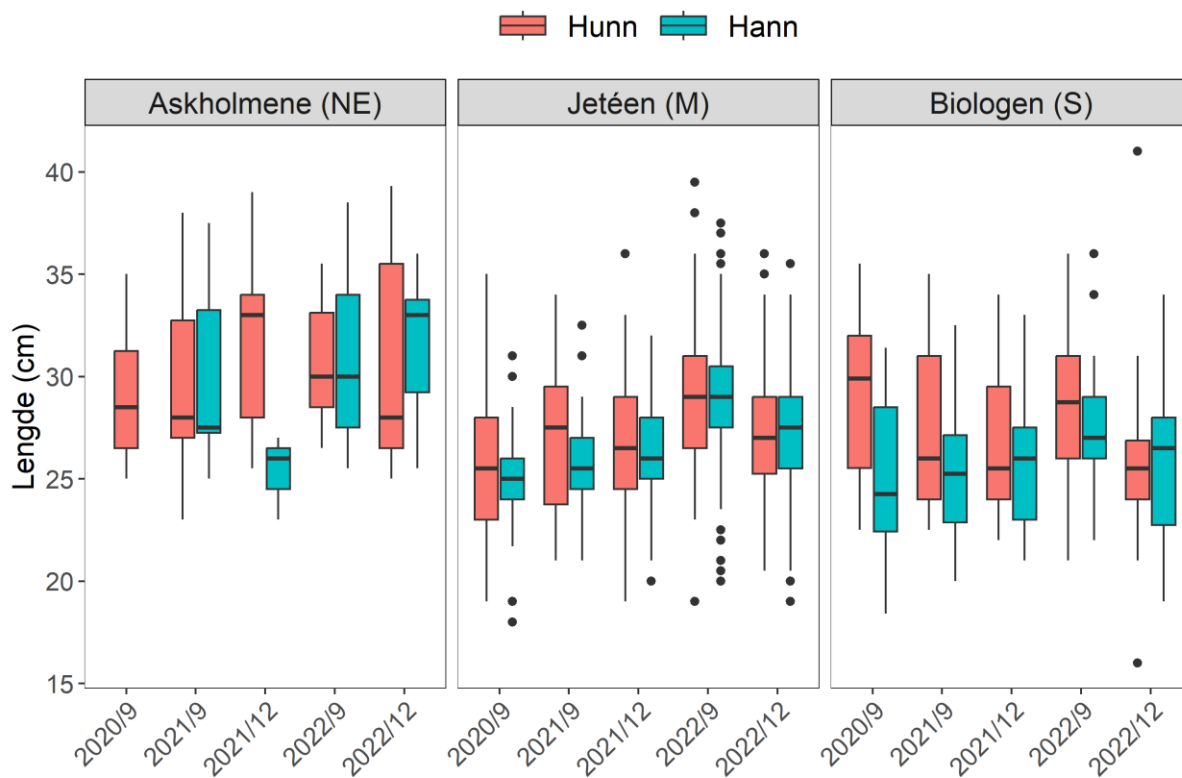
Figur 7. Omgangsspesifikke (år/mnd) fiolinplott av fangst per innsatsenhet (CPUE, antall hummer/teine/24 timer) med gjennomsnitt og tilhørende standardfeil ($\pm 1SE$) fordelt på kjønn og sone gjennom 2020-2022-fisket med hummerteiner i Drøbakområdet. Askholmene og Biologen er stasjoner hvor fiske er åpent, mens Jetéen har vært vernet mot fiske f.o.m. oktober 2021.

3.1.3 Lengdefordeling

Lengdefordelingene viste noe overraskende liten forskjell i sammensetning før og etter fiskeperioden mellom de fiskede sonene (Biologen og Askholmene) og vernesona (Jetéen), for begge kjønn (Figur 8). Det var en økning i gjennomsnittsstørrelsen for både hunn og hann i vernesona fra september 2021 til 2022, som ikke fant sted i de to fiskede sonene, men denne økte størrelsen falt betydelig i både vernesona og Biologen-sona fra september 2022 til desember 2022 (Figur 9). Datatilfanget for den fiskede sonen Askholmene er litt lite til å trekke robuste konklusjoner, men i det store og hele var hummeren i denne sonen større enn de to andre sonene.



Figur 8. Omgangsspesifikke (år/mnd) densityplott av lengdefordelinga hos hummer fordelt på kjønn og sone gjennom 2020-2022-fisaket med hummerteiener i Drøbakområdet. De blå og røde punktene i toppen av grafene angir gjennomsnittverdiene for hhv hann og hunn med tilhørende standardavvik i samme farge. Askholmene og Biologen er stasjoner hvor fiske er åpent, mens Jetéen har vært vernet mot fiske f.o.m. oktober 2021.



Figur 9. Omgangsspesifikke (år/mnd) boxplott av fordelt på kjønn og sone gjennom 2020-2022-fisket med hummerteiner i Drøbakområdet. Den tjukke streken inne i boksene utgjør medianen og boksene fanger opp 50 % av observasjonene mens de ytre vertikale linjene viser 10 og 90 prosentilene. Askholmene og Biologen er stasjoner hvor fiske er åpent, mens Jetéen har vært vernet mot fiske f.o.m. oktober 2021.

3.1.4 Kjønnfordeling

Det ble ikke påvist tydelige trender i kjønnfordelinga over tid i noen av sonene, men andelen hanner var gjennomgående høyere i verneområdet enn i den fiskede sonen ved Biologen (Figur 10), mens de lave fangsttallene i den nordlige kontrollsonen gjorde kjønnfordelinga usikker.



Figur 10. Omgangsspesifikke (år/mnd) kjønnsfordelinger av fangster (tall i søylene er total fangst) fordelt på sone gjennom 2020-2022-fisket med hummerteiner i Drøbakområdet. Askholmene og Biologen er stasjoner hvor fiske er åpent, mens Jetéen har vært vernet mot fiske f.o.m. oktober 2021. Vær oppmerksom på at f.o.m. 2022 ble det benyttet 30 teiner i Jetè-sonen.

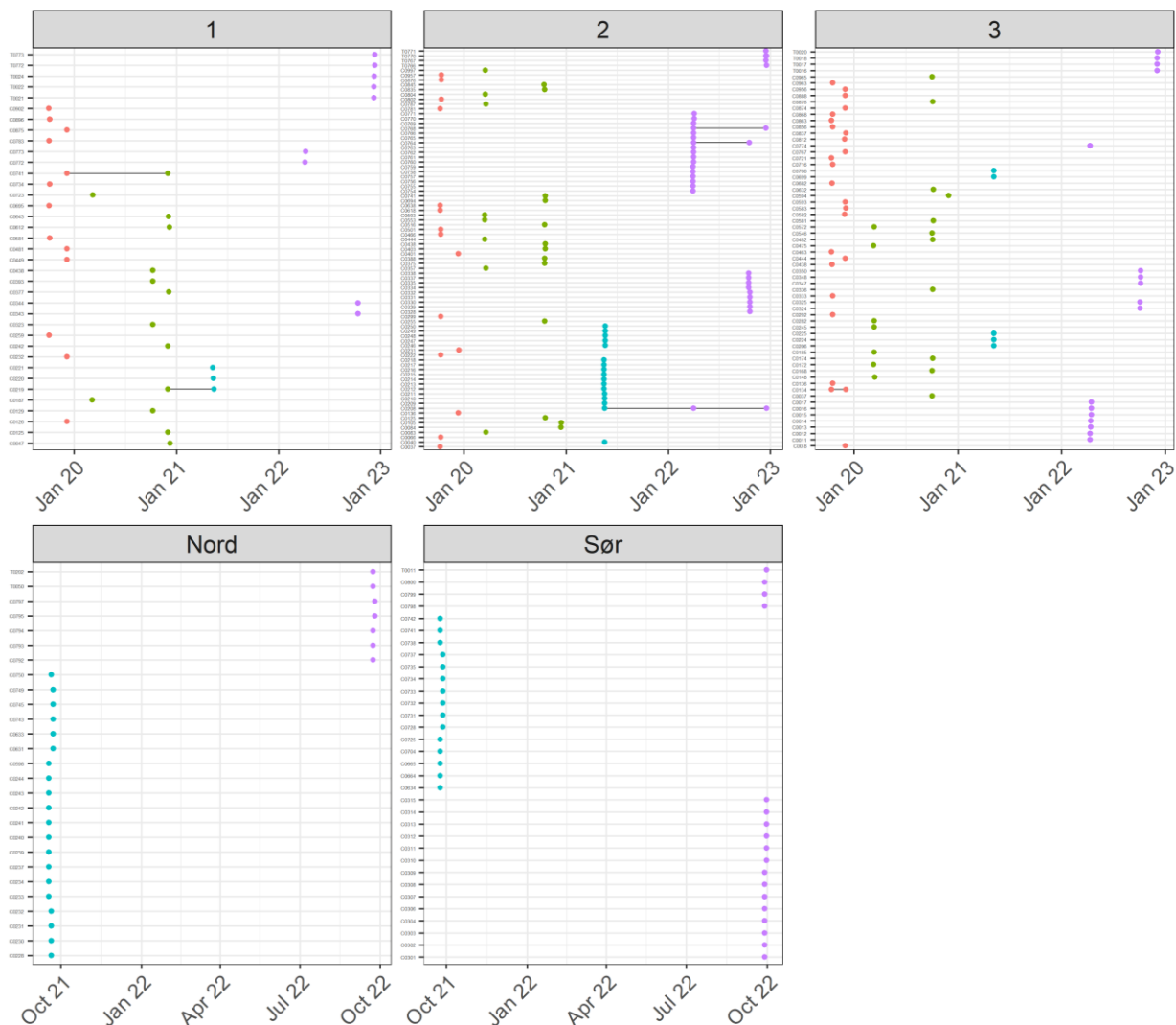
3.2 Torsk

3.2.1 Merking-gjenfangst

I de to fjordområdene (Drøbak og Indre fjord) ble i alt 487 torsk fanget og målt i 2019-2022-perioden. Av disse var 257 for små til å merkes (<25 cm), dvs. i alt ble 228 torskeindivider merket. Av disse ble 18 gjenfanget minst én gang og gjenfangstprosenten varierte mellom 6,5 og 14,3 mellom de fem sonene, der sone 2 i indre fjord lå høyest og sør-sona ved Drøbak lavest (Tabell 3). Ett individ ble fanget fire ganger og tre individer fanget tre ganger. De aller fleste av gjenfangstene fant sted i løpet av den samme fangstrunden (dvs. i løpet av 6-8 dager) og ingen individer ble gjenfanget i en annen sone enn den de ble merket i. Det var kun seks individer som ble gjenfanget mer enn tre måneder etter merking (Figur 11).

Tabell 3. Antall torsk merket (Merk) og gjenfanget (Gj.f.) i de fem sonene i indre Oslofjord i perioden 2019-2022. %GF = % gjenfanget.

Sone:	1		2		3		Nord		Sør		
	År	Merk	Gj.f.	Merk	Gj.f.	Merk	Gj.f.	Merk	Gj.f.	Merk	Gj.f.
2019		13	0	14	1	24	1	–	–	–	–
2020		11	3	16	5	15	3	–	–	–	–
2021		2	1	17	0	5	0	17	3	13	2
2022		9	0	30	5	17	0	7	0	18	0
Totalt		35	4	77	11	61	4	24	3	31	2
%GF		11,4 %		14,3 %		6,6 %		12,5 %		6,5 %	

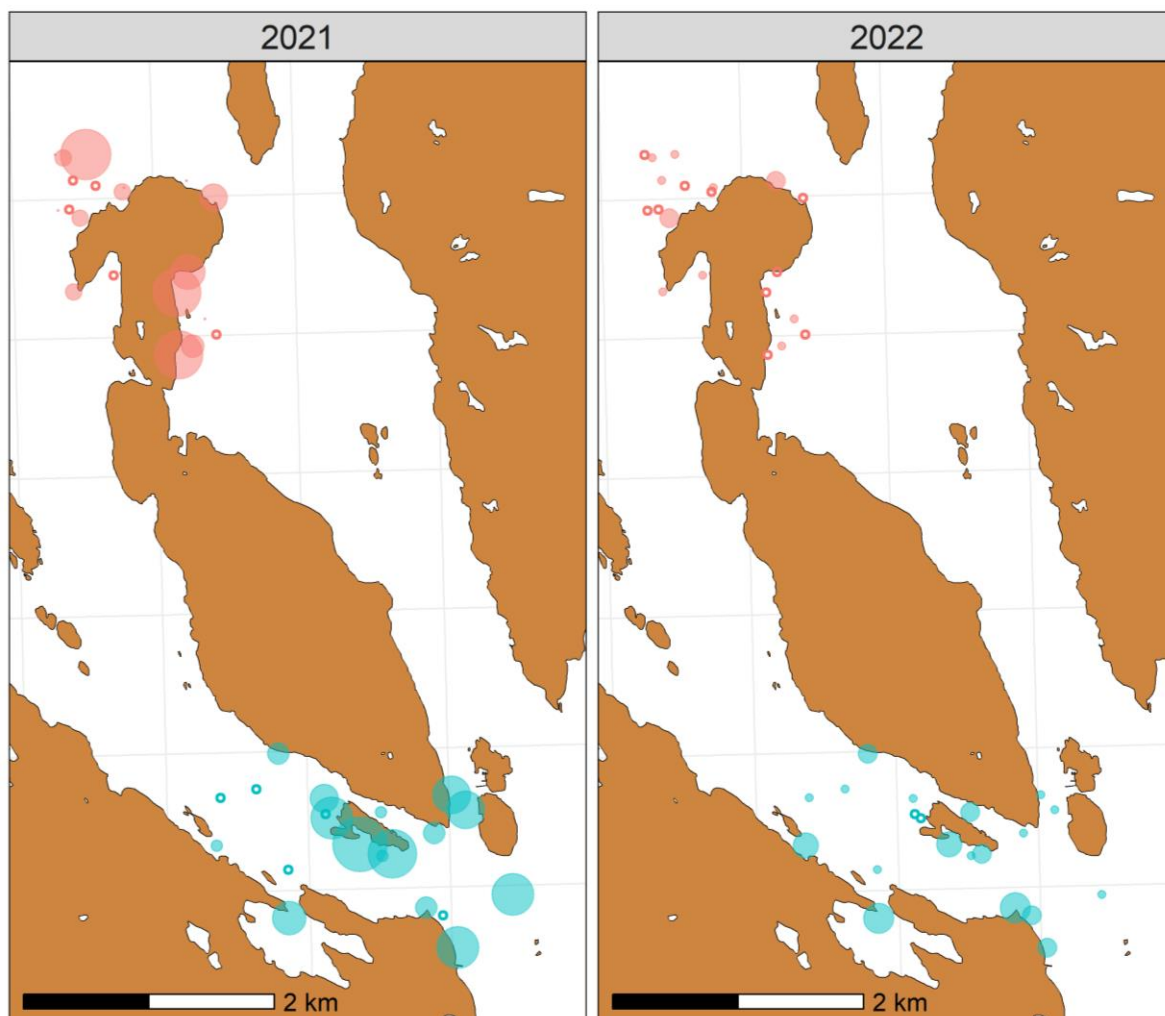


Figur 11. Tidslinjer for merking og gjenfangst hos torsk som ble fanget i rusefisket i Indre Oslofjord i 2019-2022-perioden. Hver linje utgjør et unikt individ og evt. gjenfangster er bundet sammen med svart linje. Hvert år har ulik farge.

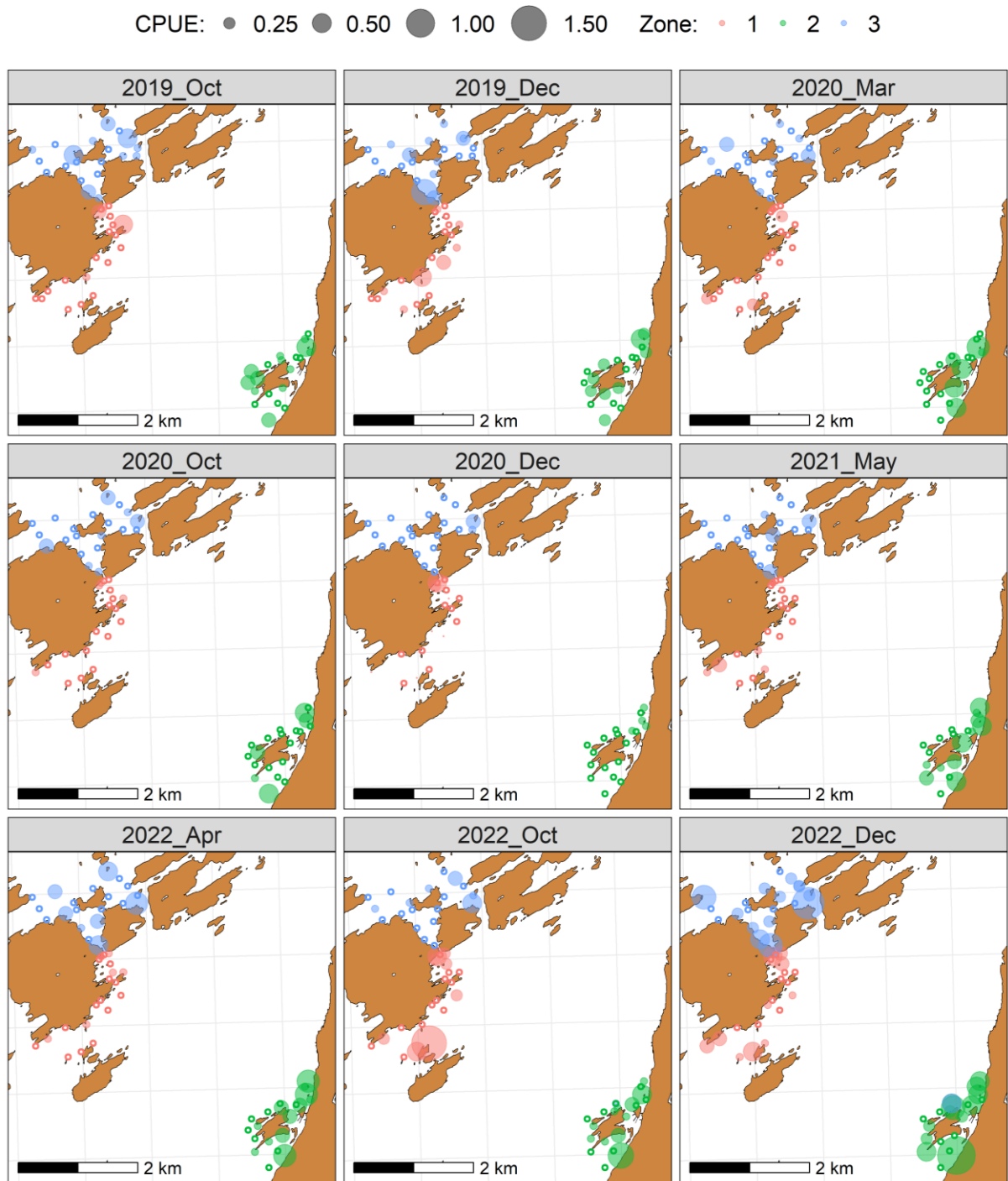
3.2.2 Fangst per innsatsenhet (antall individer per ruse per døgn, CPUE)

Det var store romlige og årlige variasjoner i CPUE i både Drøbaksområdet og indre fjord (Figur 12ab, Tabell 4). Når vi ser på tids- og sesongutviklingen i CPUE finner vi en svak økning i CPUE etter 2019 når vi sammenligner innen samme sesong (Figur 13). Den desidert høyeste CPUE ble funnet for 2021 ved Drøbak ($0,52 \pm 0,58$). Denne var faktisk nesten dobbelt så høy som høstdataene fra 2011-2012-undersøkelsen ($0,31 \pm 0,23$, beregnet fra data i Ski (2013)). Dessverre falt CPUE ved Drøbak til samme nivå som i indre fjor i 2022 (ca 0,2 individer/ruse/døgn).

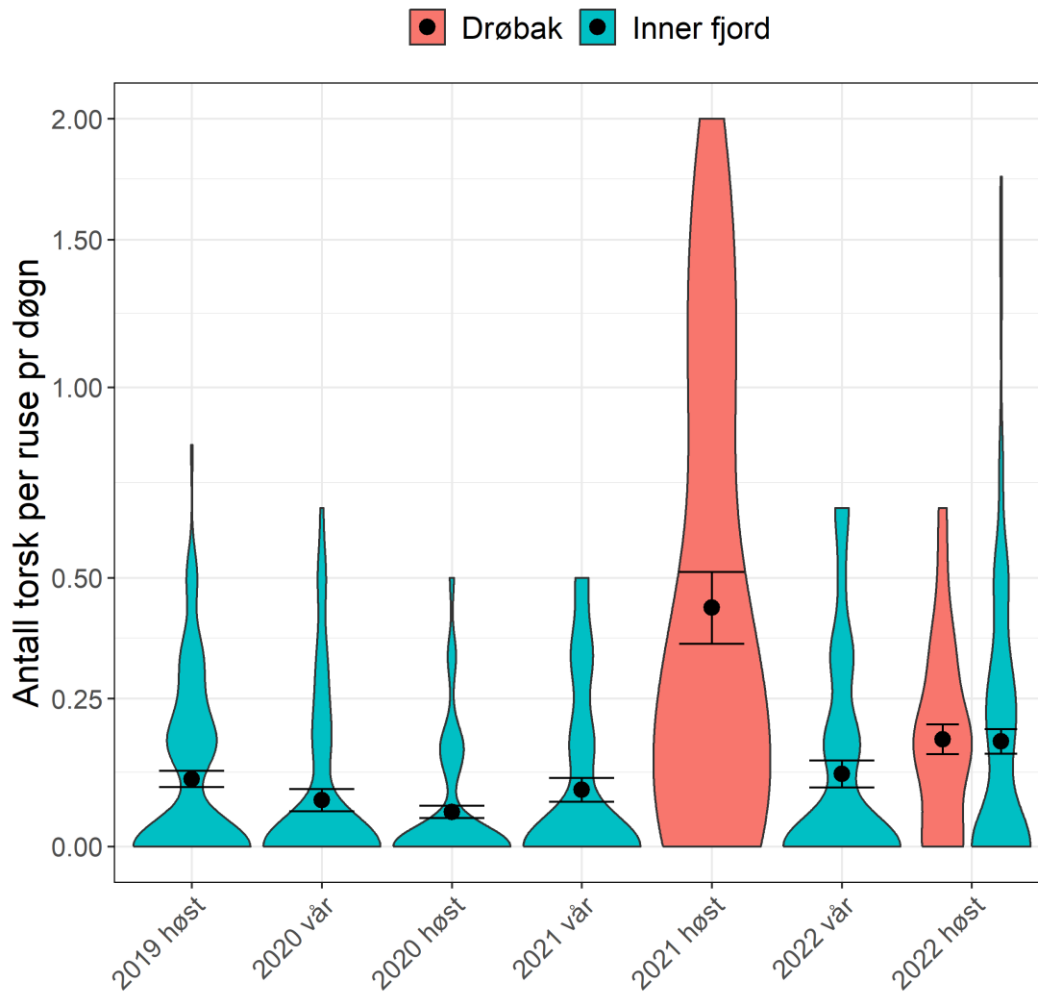
Zone: • North • South CPUE: • 0.25 • 0.50 • 1.00 • 1.50 • 2.00



Figur 12a. Bobleplott av fangst per innsatsenhet (CPUE, antall torsk/ruse/døgn) for september i 2021 og 2022 fordelt på de to sonene i Drøbakområdet. Ruser som ikke fanget noen torsk i løpet av perioden er vist som sirkler med litt tjukkere linjer.



Figur 12b. Bobleplott av fangst per innsatsenhet (CPUE, antall torsk/ruse/døgn) for de ni innsamlingsrundene som har vært i 2019-2022 fordelt på de tre sonene i indre Oslofjord. Ruser som ikke fanget noen torsk i løpet av de respektive rundene er vist som sirkler med litt tjukkere linjer.



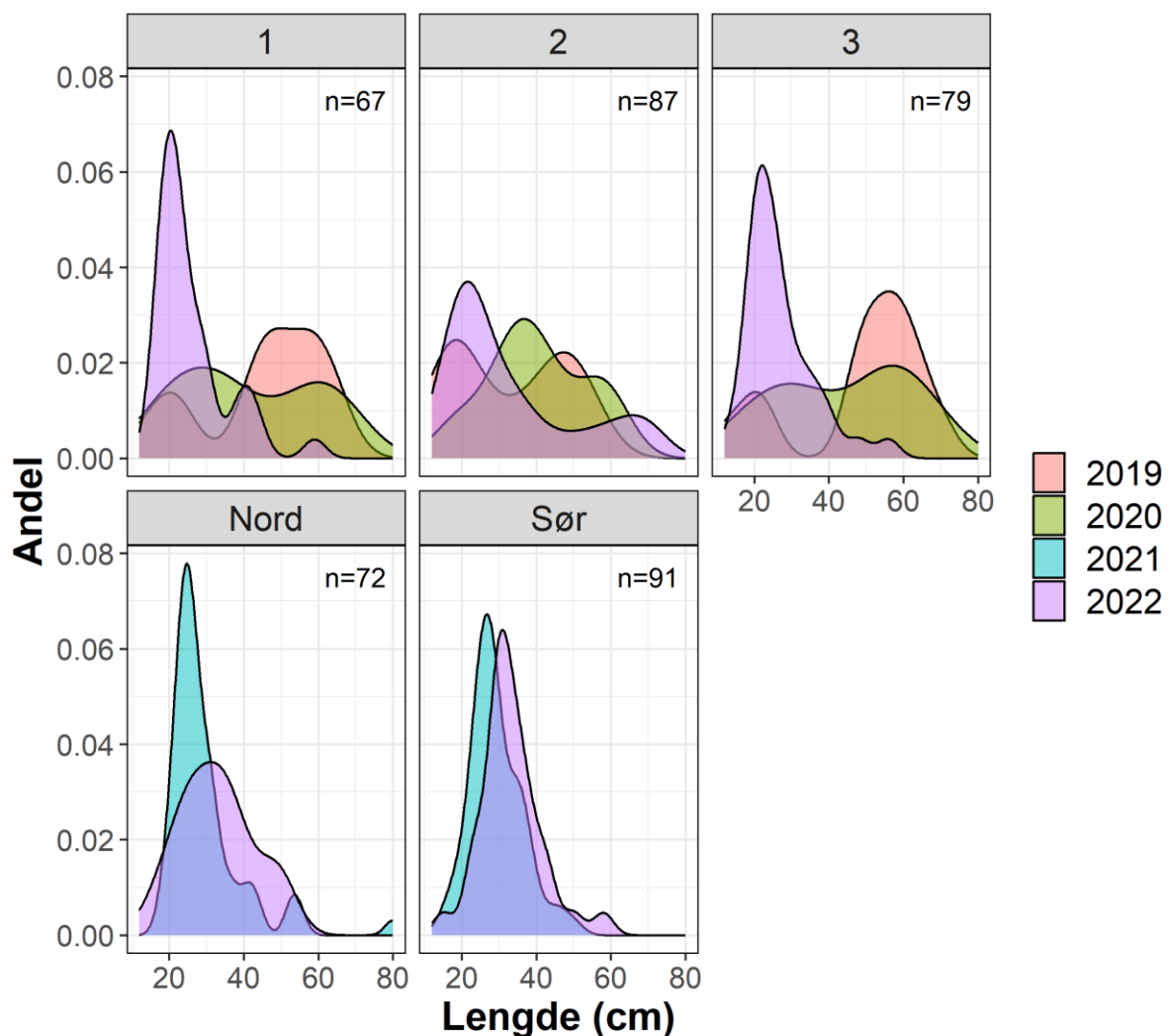
Figur 13. Fordeling av fangst per innsatsenhet av torsk fanget i ruser i perioden 2019-2022 i de to undersøkelsesområdene i indre Oslofjord. Tallene er fordelt på høst (som regel oktober og desember) og vår (mars-mai). Jo breiere fiolinene er jo flere data bak og de svarte prikkene tilsvarer gjennomsnitt der de vertikale variasjonslinjene utgjør ± 1 standardfeilenhet.

Tabell 4. Overordnet statistikk (gjennomsnitt \pm standardavvik) for fangst per innsatsenhet (antall torsk per ruse per døgn) i Drøbak og indre fjord fordelt på innsamlingsrunder i 2019-2022-perioden.

År	Sesong	Indre fjord	Drøbak
2019	Høst	0,12 \pm 0,16	
2020	Vår	0,08 \pm 0,16	
2020	Høst	0,06 \pm 0,12	
2021	Vår	0,10 \pm 0,16	
2021	Høst		0,52 \pm 0,58
2022	Vår	0,13 \pm 0,20	
2022	Høst	0,20 \pm 0,29	0,19 \pm 0,18

3.2.3 Størrelsesfordeling og aldersfordeling

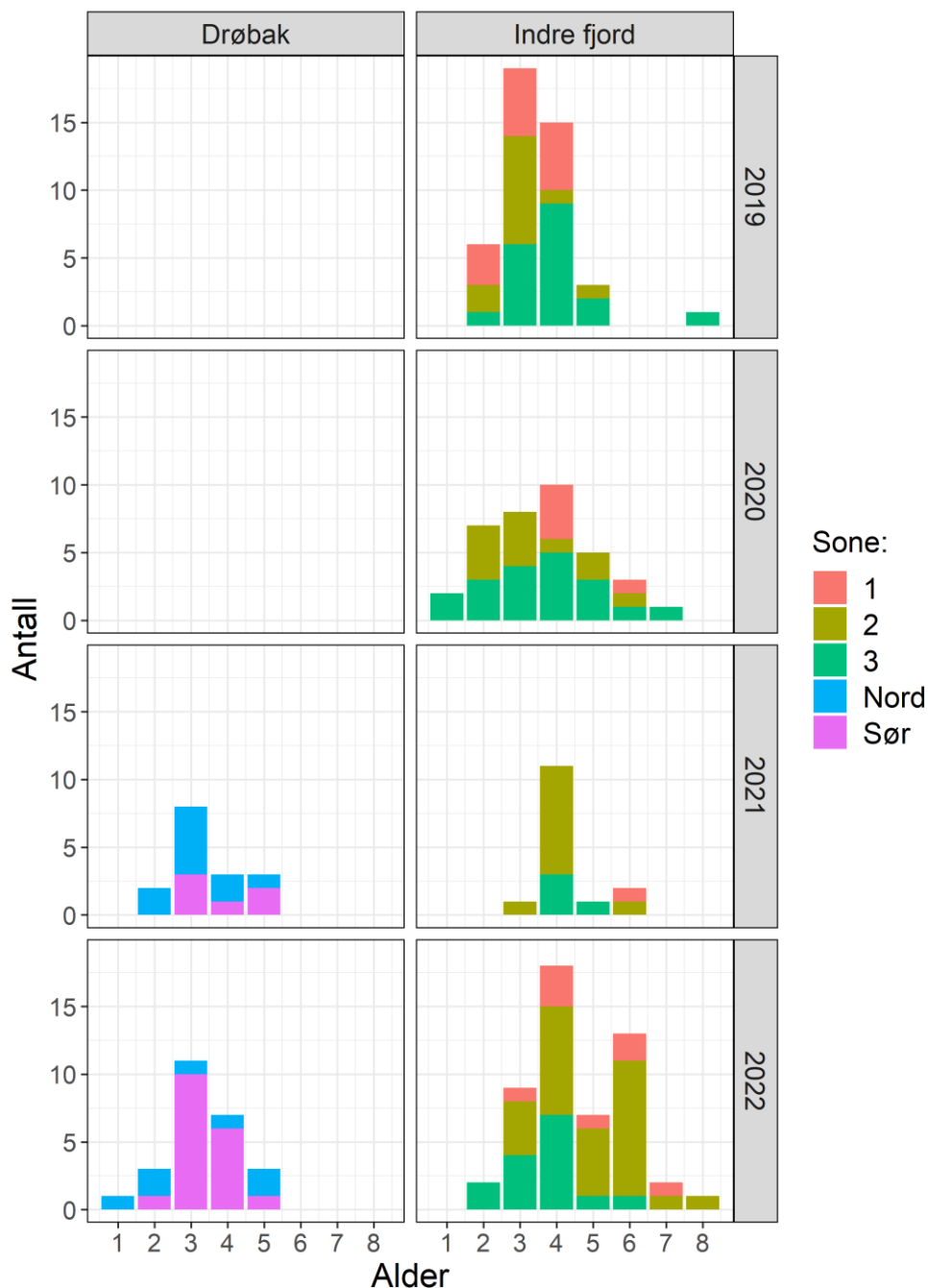
Lengdefordelingene var svært ulike mellom de to studieområdene i indre Oslofjord der de to Drøbaksonene hadde få individer >60 cm (Figur 14). De tre indrefjord-sonene har en fordelingstopp på litt over 20 cm i 2022 (minst tydelig i sone 2, ved Ildjernet) som kan indikere en sterk 2022-årsklasse, men denne er ikke til stede i de to Drøbaksonene. De to Drøbaksonene har imidlertid en tilsvarende topp rundt 21-22 cm i 2021, som kan indikere sterk årsklasse i 2021 i dette området. Denne årsklassen er tydelig til stede også i 2022, men da med topp rundt 26-27 cm. Dessverre hadde vi ikke en høstrunde i de indre sonene i 2021, men i og med at vi ser lite tegn til topp rundt 26 cm i 2022 i disse sonene kan det tyde på at 2021-årgangen ikke var like sterk i denne delen av fjorden. Om vi vurderer lengdefordelingene i lys av før og etter vernetiltakene som ble innført i 2019, er det kun sone 2 i indre fjord som indikerer at en økt andel av større torsk i 2022-dataene. For de to andre sonene i indre fjord har det snarere blitt mindre større torsk etter vernet ble innført.



Figur 14. Kernel-plott av lengdefordeling hos torsk fanget i ruser i perioden 2019-2022 i de to undersøkelsesområdene i indre Oslofjord i september-oktober. Øverste rad er for stasjoner i indre fjord og nederste rad fra Drøbak.

I alt ble skjell lest fra 195 rusefanga individer for 2019-2022-perioden. Av disse var fem individer eldre enn 6 år og de to eldste var 8 år. All fisk eldre enn 6 år ble fanga i indre Oslofjord (

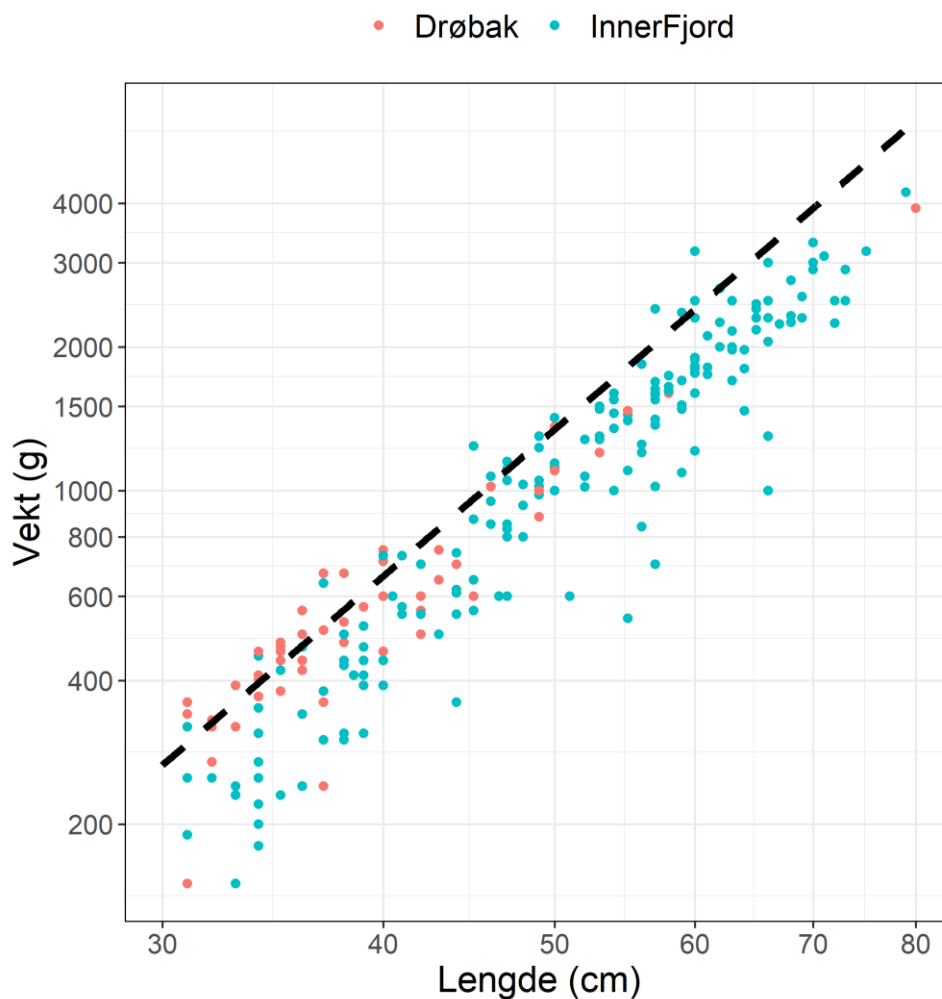
Figur 15). Det er en klart økende andel av fisk eldre enn 5 år i de indre områdene for årene etter innføring av vernetiltakene i 2019, og særlig ser 6 år gamle fisk i 2022 (dvs. 2016-årgangen) til å være sterk, spesielt i sone 2.



Figur 15. Aldersfordeling for torsk fanga i torskeruser i de to innsamlingsområdene i indre Oslofjord i perioden 2019-2022. De ulike sonene er har fått ulik fargekode. Fordelingene stammer fra aldersbestemmelse av skjell fra 195 torsk. Vær klar over at fiskene som ble aldersbestemt er >25 cm da skjell i liten grad ble tatt hos fisk mindre enn dette.

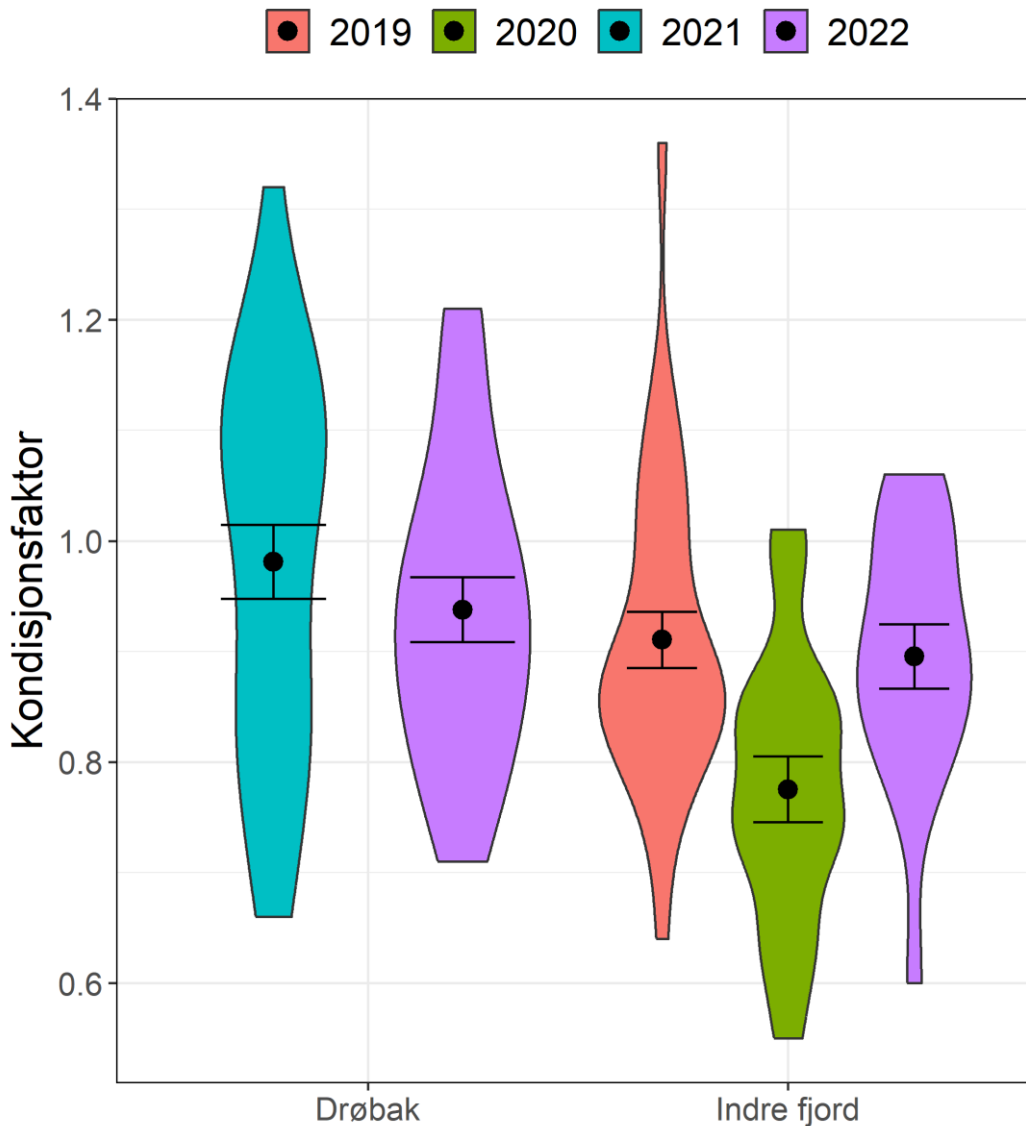
3.2.4 Kondisjon

Torsken i det innsamlede materialet var gjennomgående tynnere enn forventet i de tre indre sonene, men selv om også Drøbaksonene hadde enkelte tynne individer, var torsk fra disse sonene gjennomgående i bedre kondisjon (Figur 16). En lineær regresjonsanalyse viste at det var en signifikant område*lengde interaksjonseffekt på vekt (vekt og lengde er ln-transformert) som estimerer at torsk fra indre sonene er lettere enn forventa som små individer, men at de blir tyngre for gitt lengde ved økende størrelse. I Drøbaksonene var dette forholdet motsatt. En mulig tolkning av dette kan være at småtorsken er mer næringsbegrensa i indre fjord enn ved Drøbak, og at Drøbaktorsken er mer næringsbegrensa som større individer.



Figur 16. Lengde-vekt-forholdet for torsk >30 cm fanga i torskeruser i de to innsamlingsområdene i indre Oslofjord i perioden 2019-2022. De ulike sonene er har fått ulik fargekode. Den stipla linja er forventet lengde-vekt-relasjon for Skagerraktorsk (henta fra <https://www.fishbase.org/au/v4>). Merk at aksene er på log₁₀-skala.

Kondisjonsfaktoren viser at Drøbaktorsken generelt har høyere kondisjon enn torsk fra indre fjord (Figur 17). I indre fjord ser 2020 ut å ha vært et dårlig år da torsken dette året hadde gjennomsnittlig kondisjonsfaktor på under 0,8.



Figur 17. Fordeling av kondisjonsfaktorer for torsk fanga i torskeruser i de to innsamlingsområdene i indre Oslofjord i perioden 2019-2022. Dataene er kun fra september-oktober-rundene for å ha mest mulig sammenlignbare data (kondisjonsfaktoren vil variere naturlig mellom sesonger). De ulike sonene er har fått ulik fargekode. Svarte punkter med variasjonslinjer utgjør gjennomsnitt og ± 1 standardfeilenhet.

4 Diskusjon

4.1 Hummer

Fangst ansees som den viktigste årsaken til relativt lave bestander av hummer i Norge. Våre data fra Drøbaksundet viser tydelig hvordan hummerbestanden øker raskt etter fangstforbud, noe som også er vist i andre studier (Moland mfl. 2021). Sammenlignet med før vern i september 2020 og 2021

har bestanden i verneområdet på Jetéen doblet seg (fra omkring 0,6 til 1,2 hummer per teine per 24 t). Det var imidlertid stor variasjon mellom våre tre studieområder i før-situasjonen. Mens Jetéen (før fredning) og biologen hadde relativt høye tettheter (mellom 0,5-0,6 hummer per teine per 24 t) så har det nordlige området (Askholmene), langt færre hummere (0,04 - 0,24 hummer per teine per 24 t). Ut ifra bunnforhold skulle en forvente at Askholmen var et bedre område for hummer enn Biologen, i og med at Askholmen har mer varierte dybdeforhold med hard bunn, mens området ved biologen har mye sand med mindre kupert bunn. Hvorfor Askholmene har færre hummer enn biologen (og Jetéen før fredning) er usikkert. En mulig grunn kan være at det er enklere å fange hummer ulovlig ved Askholmene, i og med at dette området ligger mer skjernet til sammenlignet med Jetéen og spesielt Biologen som ligger rett inntil Drøbak.

Sammenligner vi våre fangster med andre områder så ligger Jetéen (før fredning) og Biologen på nivå med kontrollområdet på Klippeskjær ved Lindesnes (mellom 0,5-0,6 hummer per teine per 24 t) (Espeland mfl. 2019). Bestandsøkningen i verneområdet ved Jetéen var langt raskere enn det som var tilfellet på Klippeskjær, hvor det tok fire år før bestanden var oppe på samme nivå vi ser på Jetéen, bare ett år etter fredning. Et annet verneområdet ved Flødevigen hadde et tilsvarende lavt utgangspunkt som vårt område ved Askeholmen og etter to år med vern så hadde dette området omtrent én hummer per teine per 24 t (Moland mfl. 2013). Verneområder ved Bolærene og Kværnskjær er to områder hvor det er dokumentert stor effekt av vern (Moland mfl. 2013). Etter fire år med vern hadde begge disse områdene mer enn 2,5 hummer per teine per 24 t. Området ved Bolærene er ikke helt representativt i og med at dette kun var åpnet for fiske fra 2004 til fredning fra og med 2007. Området var tidligere militært og stengt for alt fiske.

Fredningsområdet i Drøbak er kun 85 ha. Dette kan være problematisk i og med at hummer som holder til i reservatet kan bevege seg ut av reservatet og bli tilgjengelig for fangst. På den annen side så kan også hummer immigrere fra omkringliggende områder og dermed bli beskyttet mot fangst. Mange fiskere legger teiner helt opp mot reservatgrensene for å øke fangsten. Det er vist at bestander kan bli redusert i avstander opp mot 1,5 km fra reservatet, sammenlignet med situasjonen før reservatet ble opprettet (Kleiven mfl. 2019). På samme måte vil bestanden innenfor reservatet bli redusert på grunn av at enkelte hummer beveger seg ut og blir fanget av teiner som ligger nær grensen (Kleiven mfl. 2019). Vi har ennå ikke sett på slike problemstillinger i verneområde på Jetéen. Det kan være spesielt relevant i og med at området er lite. Grensene på reservatet er imidlertid i stor utstrekning satt ut til dypere områder eller inntil land, noe som vil redusere denne problematikken betraktelig.

En annen problemstilling med etablering av fredningsområder er at andre nærliggende områder kan bli utsatt for et sterkere fangstpress og at bestanden dermed blir redusert i disse områdene. Vi ser foreløpig ikke tegn til dette i våre to kontrollområder.

I tillegg til fangst kan det være andre faktorer som påvirker hummerbestanden, slik at bestanden i verneområde kunne vært enda høyere enn det vi ser i dag. Endrede miljøforhold, slik det har vært i Oslofjorden, kan være en faktor som påvirker bestanden. Det kan også tenkes at predasjonstrykket på larver og juvenile hummer har endret seg i og med at predatorbestandene har endret seg. Torskfisker, som er mulige predatorer, er betydelig redusert i denne delen av fjorden, noe som skulle tilsi en økende bestand, gitt predatorregulering. På den annen side har andre potensielle predatorer som leppefisk, særlig grønngylt (*Symphodus melops*), økt i antall i Oslofjorden (egne data; Espeland og Knutsen 2023).

Vi skulle forventet en økning i størrelsen på hummer over tid i og med at store hummer nå er fredet. En ny studie av Sjørdalen mfl. (2022) viste at hummer vokser raskere i verneområder enn utenfor. Intuitivt så skulle man forvente at økte tettheter ville føre til redusert vekst. Sjørdalen mfl. (2022) forklarer vekstforskjellene med at fangst selekterer for saktevoksende individer, og argumenter med at rask vekst kan være et ytterligere argument for etablering av verneområder. Vi ser ingen klare endringer i størrelse i vårt materiale, noe som kan skyldes at vi har samlet data over relativt kort tid. Vi fant imidlertid at lengde var den eneste variabelen som hadde en positiv effekt på større hummers overlevelse. På sikt kan verneområdet fostre individer med raskere vekst, som igjen øker overlevelsen og reproduksjonspotensialet.

Når det gjelder variasjon i størrelse for våre fangster er det størst sannsynlighet for å fange hummer som er rundt 25 cm (Figur 9), altså rett over minstemålet. Sannsynligheten for å fange større hummer synker deretter dramatisk slik man skulle forvente i en bestand med ustrakt fangst. Voksen hummer har lav naturlig dødelighet og man skulle forvente at sannsynligheten for å få hummer over 25 cm vil øke betraktelig i verneområdet over tid, selv om ikke det vises tydelig i vårt område så kort tid etter området ble fredet.

Når det gjelder størrelsesfordelingen i våre fangster er det interessant at sannsynligheten for å få mindre hummer enn 25 cm også avtar raskt jo mindre hummeren er. Til tross for stengte fluktåpninger var de minste hummerne vi fanget rundt 15 cm, og svært få var mindre enn 20 cm. Tilsvarende resultater er også vist i andre studier (Kleiven mfl. 2017, Espeland mfl. 2019). Normalt ville enn bestand, tilsynelatende uten noen mindre rekrutterende individer være kritisk truet. Dette er nok ikke tilfelle for hummer i og med at slike resultater er vanlig og kan dateres tilbake i tid i andre områder (Kleiven mfl. 2017). Sannsynligvis er dette et metodologisk problem. En mulighet er at fangbarheten er lavere for de mindre hummerne, eventuelt at små hummere holder til i andre habitater. Leveområdene til mindre hummer er helt ukjent. Ifølge Havforskningsinstituttet har det aldri blitt fanget hummer mindre enn 7 cm i utbredelsesområdet (<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/hummer-europeisk>). Mer kunnskap om juvenil hummer vil være av stor forvaltningsmessig betydning.

4.2 Torsk

Det har vært en svak økning i CPUE siden innføring av vernetiltak i 2019, og mesteparten av denne økningen kan knyttes til økt rekruttering da fangst av individer under 30 cm har økt. I særlig de indre sonene kan det se ut til at andelen eldre fisk også øker i fangstene, uten at dette slår kraftig ut i størrelsessammensetningen. Dette kan indikere at flere fisk nå overlever til eldre enn 5 år – som i så fall kan tyde på at fangstforbudet virker etter hensikten. Det er imidlertid store år-til-år-variasjoner og også betydelige romlige variasjoner (ulik respons ved Drøbak og indre fjord) selv innenfor vårt begrensede undersøkelsesområde i Oslofjorden. Mye tyder også på at Drøbakområdet har andre begrensende faktorer enn hva som gjelder for indre fjord da det er liten grad av synkroni når det gjelder årsklassestyrke. En tilsynelatende sterk 2021-årsklasse ved Drøbak var i liten grad til stede i indre fjord, og tilsvarende var en tilsynelatende sterk 2022-årsklasse i indre fjord ikke til stede ved Drøbak.

Hls høstundersøkelse med strandnot i 2022 i indre Oslofjord var, i likhet med mange foregående år, nedslående med tanke på torskerekruttering. I rapporten fra undersøkelsen skriver Espeland og Knutsen (2023): «Det ble i 2022 fanget 3 hvittingyngel, men ut over det ble det ikke fanget verken torsk, lyr, eller sei i indre Oslofjord i strandnotserien». Dette bildet føyer seg inn i en trend som har vart siden årtusenskiftet, der det knapt har vært fanget rekrutter av torsk i indre Oslofjord i

strandnotttrekkene. Våre torskerusedata fra 2019-2022 viser imidlertid at det jevnlig er rekruttering også i indre fjord da vi har torsk fra alle årsklasser (kohorter) fra årene 2011-2022. Tilsvarende viser også Universitetet i Oslo sin bunntålserie fra indre fjord (vest for Steilene). Denne tråleserien har årlige sesongdata fra 2011 og har påvist økte fangster per innsats for torsk de to-tre siste åra etter veldig lave fangster (flere tomme trekk) særlig i 2017 og 2018 (Hylland og Holth 2021). Selv i de dårlige åra ble det hvert år fanget noen torsk i løpet av året i denne serien. I 2022 var fangstene godt over 20 torsk per trekk, og dessuten store mengder hvitting. De største fangstene per innsats for denne serien ligger riktignok tett oppunder 50 torsk per trekk (2014 og 2015). Vi sitter igjen med til dels paradoksale funn fra indre Oslofjord når vi setter sammen disse undersøkelsene:

- Ingen rekrutterer av torsk i strandnotttrekkene til HI i løpet av de 10 siste år.
- Store romlige variasjoner, men individer fra alle kohorter på plass i torskerusedataene fra 3-30 m dyp i perioden 2019-2022.
- Stor sesongvariasjon, men etter 2-3 dårlige år i 2017-2019 er det økende fangst av torsk i bunntål på >50 m dyp.

Som både Espeland og Knutsen (2023) og Knutsen mfl. (2022) skriver kan fravær av rekrutterer trolig knyttes til dels temperaturutviklingen (varmere overflatevann) og tap av viktige habitater som bl.a. ålegras (*Zostera marina*) pga både nedbygging av strandsone, økt eutrofiering og tilførsel av finpartikler samt bunntåling i dypere områder. De endrede miljøforholdene har favorisert kortlevde og hurtigvoksende, trådformede algearter («lurv») på bekostning av tang- og tarearter, noe som også har gitt habitattap for torskerukkene. Vi er i og for seg enige i disse vurderingene fra HI, men mener samtidig at dette alene ikke kan forklare hvorfor det påvises individer fra alle kohorter i både torskerusedata og bunntåldata, men ikke i strandnot-trekkene. Slik vi ser det kan dette komme av et metodisk artefakt ved at torskeyngelen, pga de endrede temperatur- og habitatforholdene, bruker andre leveområder enn tidligere slik at områder som tidligere hadde torskeyngel ikke lenger er like egnet. Det å finne ut om habitatbruken til torskeyngelen er slik at den gjør den nærmest utilgjengelig for fangst med strandnot er viktig, og NMBU vil i nær framtid gjennomføre en slik undersøkelse ved bruk av triangulert akustisk telemetri.

Et annet alternativ til at torskeyngel ikke fanges i strandnot, men fanges i ruser og bunntål, kan være at torsken som fanges i torskerusene og i bunntålen ikke er lokalt rekruttert, men stammer fra innsig fra ytre områder i Skagerak/Nordsjøen. De aller fleste torsk som fanges i torskerusene har høy infeksjonsgrad av svartprikkeparasitter (*Cryptocotyle lingua*). I og med at denne ikten har strandsnegl (og bl.a. torsk) som mellomvert (sjøfugl er endeverter) er det mye som tyder på at denne torsken i all hovedsak (for det gjelder ikke alle) er rekruttert lokalt fordi strandsnegl ikke er tilstede som mellomvert i mer åpne havområder som ute i Nordsjøen (Lysne mfl. 1997). Vi vil framover undersøke disse parasittene også hos bunntålfisken, men holder de til på dypt vann er det lite sannsynlig at disse vil ha høy infeksjonsgrad da strandsnegl for det meste holder til på grunnere vann. I og med at fjord/kysttorsken lar seg skille fra Nordsjøtorsken ved hjelp av genetiske analyser vil det være interessant å i tiden framover bruke både innsamlet vev fra torsken vi har merket samt ta tilsvarende vevsprøver fra bunntåltorsk for slike genetiske sammenligninger. Vi har foreløpig dessverre ikke lyktes med å skaffe finansiering for en slik undersøkelse.

Et positivt funn fra denne studien er at vi fanger økende andel av torsk eldre enn 5 år i indre fjord. Dette funnet står imidlertid i kontrast til liten endring i størrelsessammensetningen i indre fjord. Det kan tyde på at enten de eldre individene i disse områdene vokser sakte eller at individene i alle aldersgrupper har vokst saktere i perioden etter 2019. Den individuelle veksten hos denne torsken vil studeres nærmere i en NMBU masteroppgave som skal leveres medio mai 2023. Dersom (den

eldre) torsken vokser saktere enn man skulle forvente er det viktig å finne ut årsaken til dette. Om redusert vekst er tilfellet vil det kunne ta lengre tid å dra nytte av økt overlevelse hos torsken gjennom at viktige tilleggseffekter fra store hunner (større egg og relativt flere egg) i mindre grad slår inn som mekanisme i populasjonsveksten (Barneche mfl. 2018).

De mulig reduserte vekstratene hos torsken fra de indre sonene i Oslofjorden kan til en viss grad stemme overens med de lave kondisjonsfaktorene finner hos torsken i denne delen av fjorden. Gjennomgående veide torsk fra denne delen av fjorden mindre enn hva skal forvente for torsk fra Skagerrak og nord-øst-Atlanteren ved samme størrelse (Rätz og Lloret 2003). Mange av torskene fra indre fjord var også preget av å ha vintersår i den kalde perioden av året og store mengder svartprykkparasitter. Disse tilstandene varierte mye mellom soner og sesong, men i perioder var de fleste av torskene preget av avmagring og virket i generell dårlig tilstand. Slike tilstander er også sett i andre torskebestander i Europa, og en svensk studie har knyttet dette opp mot vitaminmangel – og særlig til thiaminmangel (vitamin B1) som kan kobles til delvis klimaindiserte endringer i økosystemet og påfølgende endringer i byttedyrs sammensetningen til den baltiske torsken hvor arter som bryter ned B1 ved produksjon av thiaminase har fått økt betydning (Engelhardt mfl. 2020). Vi finner det lite trolig at dette er hovedårsaken til at vi har en kollaps i torskebestanden i Oslofjorden, men mener at dette kan være en følgeeffekt av de generelle miljøendringene i Oslofjorden som, dersom dette er riktig, vil kunne forsinke gjenoppbyggingen av torskebestanden selv under et totalt fiskeforbudsregime. Basert på effekter vi har målt i mikrobefunnene rundt oppdrettsanlegg som følge av økt tilførsel av organisk karbon, mener NMBU-forskere at det kan være grunn til å se nærmere på tilstanden for mikrobefunnet også i Oslofjorden da endringene kan ha avgjørende betydning for næringskjedenes tilgang på essensielle vitaminer som blant annet B12 (Pettersen mfl. 2022; Wienhausen mfl. 2022). Vi er allerede i gang med slike undersøkelser gjennom blant annet en masteroppgave som skal leveres høsten 2023.

Det kan være mange årsaker til torskens nedgang i Indre Oslofjord. Flere faktorer påvirker bestanden samtidig; over- og feilbeskatning fra både yrkesfiskere og fritidsfiskere, klimaendringer, oksygenvinn og dårlig vannkvalitet, konkurranse med f.eks. makrell som overvintrer i fjorden i større grad enn tidligere, sprengnings- og mudringsarbeid, habitatødeleggelser som f.eks. tap av ålegrasenger, tap til skarv og muligens sel (Moland mfl. 2021). Mange av disse forholdene er godt kjente og dokumenterte og innarbeidet som tiltaks mål i regjeringens tiltaksplan for Oslofjorden (<https://www.regjeringen.no/contentassets/7e80a758716344cbbb97adc5c7c27f18/t-1571b.pdf>). Selv om Oslofjorden mottar økende mengder næringssalter har dette noe overraskende ikke slått ut i store endringer i det pelagiske algesamfunnet da forholdene har holdt seg stabile for disse siden starten av 2000-tallet. NIVA konkluderer med at forholdene ikke er tilfredsstillende når det gjelder disse planktonsamfunnene, men man er ikke langt unna målsetningen om god vannkvalitet (Staalstrøm mfl. 2022). Situasjonen er imidlertid en helt annen når det gjelder bentiske alger og planter langs strendene, som tang og tare og ålegras. Her har det vært en klar negativ utvikling (Rinde mfl. 2021). En tredjedel av ålegrasengene i Indre Oslofjord har fått en forverret helsetilstand pga. nedgroing med lurv de siste 10 årene (Staalstrøm mfl. 2022). Vi vet fra studier i utlandet og på Sørlandet at spesielt fritidsfiske kan ha stor betydning (Kleiven mfl. 2016). Naturlig dødelighet grunnet predasjon, konkurranse med andre fiskearter, og variasjon i matfatet har torsken levd med i all tid og selv om særlig predasjon fra skarv kan ha betydelig effekt lokalt i områder som i Hvaler (Moland mfl. 2021), er det lite sannsynlig at skarv er viktig årsak til torskerekollapsen i indre Oslofjord. Fritidsfisket har endret seg mye i Indre Oslofjord de siste årene, og dette kan vi gjøre noe med.

Estimater fra spørreundersøkelser foretatt av NMBU i 2014 og 2015 viste at i størrelsesorden 130 000 fritidsfiskere fisket i indre Oslofjord minst én gang årlig (Holter 2015). Dessverre hjelper det ikke med forvaltningstiltak/restriksjoner dersom informasjonen ikke når ut til fiskerne og dersom brudd på fangstforbudet ikke får konsekvenser. Vi veit dessverre lite om disse samfunnsmessige aspektene ved vernetiltakene, men i en studie vi har gjennomført på fritidsfisking i sjøen sammen med HI i 2017, var det kun 20 % av fritidsfiskere som kunne svare riktig om minstemål på torsk (egne upubliserte data).

Fredningsområder med forbud mot all fisking er sannsynligvis den beste metoden å øke lokale fjordtorskbestander på, men dette er et svært inngripende tiltak. Med denne metoden vil vi unngå utfordringer med bifangst. Våre telemetristudier fra ti år siden viste, i likhet med andre kysttorskstudier fra Norge (f. eks. Espeland mfl. 2007), at voksne torsk fra indre Oslofjord bruker små områder gjennom hele året (Bøe 2013; Ilestad mfl. 2012). Dette gjør dem utsatt for overfisking, og bestanden blir spesielt sårbar hvis det i tillegg er lav rekruttering. Det må følges opp med god informasjonsformidling om forvaltningstiltakene slik at vi får en folkelig forankring og forståelse og vel så viktig er at vedtatte forskrifter håndheves i form av tilstrekkelig oppsyn.

4.3 Samlet vurdering og planer framover

Vi mener at vernetiltaket for hummer i Drøbak allerede viser tegn til positiv effekt i form av at tettheten av hummer har nesten fordobla seg i vernesonen bare et drøyt år etter at tiltaket trådte i kraft. Men vi ser foreløpig lite tegn til at demografien inne i vernesonen endrer seg og i og med at den størrelsesrelaterte dødeligheten heller ikke skiller seg tydelig ut i vernesona sammenlignet med kontrollsonene kan det tyde på at en betydelig del av vernesonehummeren fortsatt er sårbare for fiske. Vi mener at fiske i randsonene til verneområdet kan være viktig her og at dette kan være særlig viktig for et så lite verneområde som Jetéen. For å finne ut av dette med sårbarhet for randsonefiske vil det være avgjørende å gjennomføre telemetriundersøkelser for hummeren i området. Dette vil NMBU gjennomføre så snart tilstrekkelig finansiering er på plass, muligens med oppstart allerede i 2023.

Vi er enige med HI (Espeland og Knutsen 2023; Knutsen mfl. 2022) i at det er ingen eller kun svake positive signaler på effekter av vernetiltakene og at det er for tidlig å fastslå om tiltakene virker etter hensikten. Denne vurderingen stemmer godt overens med funn fra både HI, UiO (Hylland og Holth 2021) og våre torskerusedata. Det er svakt positive signaler i alle tre dataseriene, men signalene er svake og det er alt for tidlig å slå fast om trendene bare er årlige blaff eller starten på en økende og robust trend. Fordi Oslofjordens økosystem er under påvirkning fra fire sterke eksterne stressfaktorer: klimaendringer, overgjødning, miljøgifter og fysiske forstyrrelser (strandsonerutbygging, mudring mm), mener vi det er nødvendig å videreføre vernetiltakene for torsken i fjorden slik at populasjonen kan bygge seg opp til en robust størrelse og demografisk struktur igjen. For overfiske utgjør en femte sterk påvirkningsfaktor. Vi er enige med HI i at effekt av alle dispensasjoner fra fangst, pågående bunntåling og ikke minst en evaluering av hvorvidt fangstforbudet respekteres av fritidsfiskerne må kartlegges for å eventuelt kunne vurdere eventuelle skjerpelser av vernetiltakene i åra framover.

5 Referanser

- Barneche, D. R., D. R. Robertson, C. R. White, og D. J. Marshall. 2018. Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size. *Science* 360:642-645.
- Bøe, K. 2013. You are what you get caught with : inter-individual variation in coastal Atlantic cod behaviour. MSc thesis thesis, Norwegian University of Life Sciences, NMBU.
- Engelhardt, J., O. Frisell, H. Gustavsson, T. Hansson, R. Sjöberg, T. K. Collier, og L. Balk. 2020. Severe thiamine deficiency in eastern Baltic cod (*Gadus morhua*). *PLOS ONE* 15:e0227201.
- Espeland, S. H., A. F. Gundersen, E. M. Olsen, H. Knutsen, J. Gjøsæter, og N. C. Stenseth. 2007. Home range and elevated egg densities within an inshore spawning ground of coastal cod. *ICES Journal of Marine Science* 64:920-928.
- Espeland, S. H., A. R. Kleiven, H. Sannæs, og P. J. N. Kleiven. 2019. Aktiv forvaltning av marine ressurser – lokalt tilpasset forvaltning: LINDESNES. Rapport fra havforskningen Nr: 2019-12. IMR, Havforskningsinstituttet. 33 sider
- Espeland, S. H., og H. Knutsen. 2023. Rapport fra høstundersøkelsene med strandnot i indre og ytre oslofjord 2022. Rapport fra havforskningen Nr. IMR, Havforskningsinstituttet. 23 sider
- Fernández-Chacón, A., Villegas-Ríos, D., Moland, E., Baskett, M. L., Olsen, E. M. & Carlson, S. M.(2020). Protected areas buffer against harvest selection and rebuild phenotypic complexity. *Ecological Applications*, 30 (5): e02108.
- Holter, T. 2015. Fritidsfiske i Indre Oslofjord - verdi, fangst og omfang. BSc-thesis. NMBU. 34 sider.
- Huggins, R. M. 1989. On the statistical analysis of capture-recapture experiments. *Biometrika* 76:133-140.
- Hylland og Holth 2021. Presentasjon ved Årsmøtet til Fagrådet for vann & avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord 2021. «Fiskesamfunnet i indre Oslofjord». Tilgjengelig fra: <http://www.indre-oslofjord.no/uploads/2021fiskesamfunnhyllandut.pdf>
- Ilestad, A.-M., T. O. Haugen, og J. E. Colman. 2012. Differential habitat use between adult European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and North Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the inner Oslo fjord: Influence of abiotic environmental variables, Side: 265–288 i J. McKenzie, B. Parsons, A. Seitz, R. K. Kopf, M. Mesa, og Q. Phelps (red.) *Advances in Fish Tagging and Marking Techniques*, American Fisheries Society.
- Kellner, J.B., Tetreault, I., Gains, S.D., Nisbet, R.M. (2007). Fishing the line near marine reserves in single and multispecies fisheries. *Ecological Applications* 17(4):1039-54.
- Kleiven AR, Moland E, Sjørdalen TK, Espeland SH, van der Meeren GI. (2017) Evaluering av effekten av forvaltningstiltak på hummer og forslag til tiltak. Rapport fra Havforskningen no. 15.
- Kleiven, A. R., A. Fernandez-Chacon, J.-H. Nordahl, E. Moland, S. H. Espeland, H. Knutsen, og E. M. Olsen. 2016. Harvest Pressure on Coastal Atlantic Cod (*Gadus morhua*) from Recreational Fishing Relative to Commercial Fishing Assessed from Tag-Recovery Data. *PLOS ONE* 11:e0149595.
- Knutsen JA, Kleiven AR, Moland OE, Knutsen H, Espeland SH, Knutsen, Sjørdalen TK, Thorbjørnsen SH, Hutchings JA, Fernandez-Chacon A, Huserbråten M, Villegas-Ríos D, Halvorsen KT, Kleiven PJN, Langeland TK, Moland E. (2022). Lobster reserves as a management tool in coastal waters: Two decades of experience in Norway. *Marine Policy* 136:104908.
- Knutsen, H., S. H. Espeland, og E. Molan. 2022. Evaluering av tiltak for vern av kysttorsk i sør innført juni 2019. Rapport fra havforskningen Nr: 2022-48. IMR, Havforskningsinstituttet. 20 sider
- Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert, og D. R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals - a unified approach with case-studies. *Ecological Monographs* 62:67–118.
- Lysne, D. A., W. Hemmingsen, og A. Skorping. 1997. Regulation of intrapopulations of *Cryptocotyle lingua* on cod. *Parasitology* 114:145-150.
- Miljødirektoratet 2022. Gjennomføring av helhetlig tiltaksplan for Oslofjorden: Rapport for året 2021-2022.

- <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2022/september/gjennomforing-av-helhetlig-tiltaksplan-for-oslofjorden/>
- Moland, E., A. F-Chacon, T.K. Sørдалen, D. V.-Rios, S.H. Thorbjørnsen, K. T. Halvorsen, M. Huserbråten, E.M. Olsen, P.J.N. Kleiven, A.R. Kleiven, H. Knutsen, S.H. Espeland, C. Freitas, J.A. Knutsen (2021). Restoration of abundance and dynamics of coastal fish and lobster within northern marine protected areas across two decades, *Front. Mar. Sci.* doi.org/103389/fmars.2021.674756.
- Moland, E., A.-E. Synnes, L.-J. Naustvoll, C. B. Freitas, K. M. Norderhaug, J. Thormar, M. Biuw et al. 2021. Kraftttak for kysttorsken - Kunnskap for stedstilpasset gjenoppbygging av bestander, naturtyper og økosystem i Færder- og Ytre Hvaler nasjonalparker. Rapport fra havforskningen Nr: 2021-2. Havforskningsinstituttet, Havforskningsinstituttet. 51 sider
- Moland, E., Olsen, E. M., Andvord, K., Knutsen, J. A., and Stenseth, N. C. (2011a). Home range of European lobster (*Homarus gammarus*) in a marine reserve: implications for future reserve design. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68, 1197–1210.
- Moland, E., Olsen, E. M., Knutsen, H., Garrigou, P., Espeland, S. H., Kleiven, A. R., et al. (2013). Lobster and cod benefit from small-scale northern marine protected areas: inference from an empirical before-after control-impact study. *Proc. Biol. Sci.* 280:20122679.
- Moland, E., Olsen, E., Knutsen, H., Knutsen, J., Enersen, S., André, C. & Stenseth, N. C. (2011b). Activity patterns of wild European lobster *Homarus gammarus* in coastal marine reserves: Implications for future reserve design. *Marine Ecology Progress Series*, 429: 197-207. doi: 10.3354/meps09102.
- Nillos Kleiven P.J., Espeland, S.H., Olsen E.M., Abesamis R.A., Moland E, Kleiven AR. (2019). Fishing pressure impacts the abundance gradient of European lobsters across the borders of a newly established marine protected area. *Proc. R. Soc. B* 286: 20182455.
- Pettersen, R., I. Ormaasen, I. L. Angell, N. B. Keeley, A. Lindseth, L. Snipen, og K. Rudi. 2022. Bimodal distribution of seafloor microbiota diversity and function are associated with marine aquaculture. *Mar Genomics* 66:100991.
- Rätz, H.-J., og J. Lloret. 2003. Variation in fish condition between Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks, the effect on their productivity and management implications. *Fisheries Research* 60:369-380.
- Rinde, E., Bekkeby, T., Kvile, K., Andersen G. S., Brkljacic, M., d’Auriac, M. A., Christie, H., Fagerli, C. W., Fredriksen, S., Moy, S., Staalstrøm, A. & Tveiten, L. (2021), Kartlegging av marine naturtyper i Oslofjorden, NIVA-rapport 7605-2021. M-2066. 61 sider. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/juni-2021/kartlegging-av-et-utvalgmarine-naturtyper-i-oslofjorden/>
- Ski, S. A. (2013). Demografi, populasjonsstørrelse og vandringer hos atlantisk torsk (*Gadus morhua*) i indre Oslofjord : en merke-gjenfangststudie. 45 pp. UMB, UMB. Retrieved from http://www.nb.no/idtjeneste/URN:NBN:no-bibsys_brage_37834
- Ski, S. A. 2013. Demografi, populasjonsstørrelse og vandringer hos atlantisk torsk (*Gadus morhua*) i indre Oslofjord : en merke-gjenfangststudie, UMB, UMB.
- Sørдалen TK, Halvorsen KT, Olsen EM. 2022 Protection from fishing improves body growth of an exploited species. *Proc. R. Soc. B* 289: 20221718.
- Sørдалen, T.K., Halvorsen, K.T., Harrison, H.B., Ellis, C., Vøllestad, L.A., Knutsen, H., Moland, E. and Olsen, E.M. 2018. Harvesting changes mating behavior in European lobster. *Evolutionary Applications* 11: 963-977.
- Staalstrøm, A., G. S. Andersen, M. Walday, A. Engesmo, S. Gran, og T. Harvey. 2022. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord - Årsrapport 2021. NIVA-rapport Nr: 7771-2022, NIVA. 144 sider
- Thimamontri, J. (2015). Fritidsfisket i indre Oslofjord : økonomisk verdsetting av fritidsfisket, segmentering av fritidsfiskerne etter motivasjon og holdninger til forvaltningstiltak. (MSc), 91 pp. NMBU.

- Vold, M. 2022. Short-term effects of a marine sanctuary on the local lobster population in the Oslo fjord, Norway, Norwegian University for Life Sciences, NMBU-MINA.
- Vølstad, J.H., Christman, M., Ferter, K., Kleiven, A.R., Otterå, H., Aas, Ø., Arlinghaus, R., Borch, T., Colman, J.E., Harthill, B., Haugen, T. O., Hyder, K., Lyle, J.M., Ohldieck, M.J., Skov, C., Strehlow, H.V., van Voorhees, D., Weltersbach, M.S., & Weber, E.D. 2019. Field surveying of marine recreational fisheries in Norway using a novel spatial sampling frame reveals striking under-coverage of alternative sampling frames. *ICES Journal of Marine Science*.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz108>
- Wienhausen, G., L. Dlugosch, R. Jarling, H. Wilkes, H.-A. Giebel, and M. Simon. 2022. Availability of vitamin B12 and its lower ligand intermediate α -ribazole impact prokaryotic and protist communities in oceanic systems. *The ISME Journal* **16**:2002-2014.