



EVALUERING AV TILTAK FOR VERN AV KYSTTORSK I SØR INNFØRT JUNI 2019

Halvor Knutsen, Sigurd Heiberg Espeland og Even Moland (HI)

Tittel (norsk og engelsk):

EVALUERING AV TILTAK FOR VERN AV KYSTTORSK I SØR INNFØRT JUNI 2019

Evaluating protection of coastal cod in Skagerrak, june 2019

| Rapportserie: | År - Nr.: | Dato: |
|--|------------------|--------------|
| Rapport fra havforskningen ISSN:1893-4536 | 2022-48 | 21.12.2022 |

Forfatter(e):
Halvor Knutsen, Sigurd Heiberg Espeland og Even Moland (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Huse Programleder(e): Jan Atle Knutsen

Distribusjon:

Åpen

Antall sider:

20

Sammendrag (norsk):

Vi ser i våre data ingen tegn til at bestandssituasjonen for torsk er endret i indre Skagerrak, ytre- og indre Oslofjord siden tiltak ble innført i 2019. Havforskningsinstituttets data viser stabilt lave fangster av torsk i hele tiltaksområdet, selv om årene 2017 og 2019 viste forholdsvis sterke årsklasser.

Landingene i yrkesfisket viser en vedvarende nedgang siden 2019.

Fravær av torsk på strandnotstasjoner i Oslofjorden innenfor Drøbak knyttes til flere forhold. Særlig er vegetasjonen på tidligere gode habitater klart dårligere sammenholdt med andre deler av Skagerrakkysten. Økt temperatur i overflaten og tilgroing av habitater med hurtigvoksende trådformede alger («lurv») bidrar trolig til dette. Avrenning, næringsbelastning og formørkning av kystvannet er også påvirkninger som bidrar i negativ retning for torsk og andre bunnfiskbestander.

Det er stort press på habitatene i Oslofjorden, da mange brukere ønsker å benytte arealene til brygger, moringer og fiskeri (inkludert bunntråling). Klimaendringene peker mot mindre gunstige forhold for torskefisk i Skagerrak på sikt, og bestandene her lever i den varmere delen av artens preferansevidu.

På tross av temperaturøkning, miljø- og habitatendringer er det fremdeles potensial for gjenoppbygging av lokale bestander av torsk og andre bunnfiskarter i Skagerrak og ytre Oslofjord. Gjenoppbygging av torskebestander vil innebære at vi også legger til rette for og observerer en gjenoppbygging av bred alders- og størrelsessammensetning.

Erfaringer fra andre steder i verden gjør at en må forvente at gjenoppbygging vil ta tid. Langvarig fiske/ høsting samt forringede habitat og miljøforhold og langvarig svekkelse av lokale bestander er sentrale drivere for bestandssituasjonen slik vi observerer den i dag, og tiltakene som er evaluert i denne rapporten har foreløpig ikke vært effektive i å snu en negativ trend.

Vi har i denne rapporten evaluert tiltakene som enkeltvis og samlet hadde til hensikt å dempe fisketrykket i indre Skagerrak, Ytre Oslofjord, Indre Oslofjord. Det er viktig å poengtere at det fortsatt foregår et yrkesfiske innenfor området omfattet av tiltakene, og vi mangler oversikt over hvor effektive tiltakene har vært i å begrense fritidsfisket. Et bestandskompleks bestående av kraftig reduserte bestander vil være svært sårbart for ethvert fisketrykk.

Sammendrag (engelsk):

[Text]

Innhold

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Bakgrunn | 5 |
| 2 | Strandnotundersøkelsene | 6 |
| 2.1 | Strandnoterien - resultater | 7 |
| 2.2 | Strandnotserien i ytre og indre Oslofjorden | 7 |
| 3 | Vinterfisket – standardisert garnfiske etter torsk og andre kystarter | 9 |
| 3.1 | Vinterfiske/ Garnserien - resultater | 11 |
| 4 | Gytefeltkartlegging (eggtrekk) langs Skagerrakkysten | 13 |
| 4.1 | Eggtrekk - resultater | 13 |
| 5 | Landinger i Skagerrak | 16 |
| 6 | Diskusjon | 18 |
| 7 | Referanser | 19 |

1 - Bakgrunn

Havforskningsinstituttet har over lang tid opprettholdt en bred tilnærming for å bygge opp kunnskap omkring kystnær torsk i Skagerrak. Torsken her utgjør en blanding av mer eller mindre lokale bestander bestående av to sameksisterende genetiske varianter kjent som «økotyper» (Knutsen m.fl. 2018, Barth m.fl. 2019). Den ene økotypen dominerer innerst i fjordene, mens den andre er mer vanlig i eksponerte områder, og er genetisk svært lik torsk i Nordsjøen. Disse økotypene er genetisk relativt ulike hverandre, mer enn kysttorsk og skrei er i nord.

Flere studier peker mot biologiske forskjeller med hensyn på vekst, diett, vandringsmønster, dybdepreferanse m.m. Yngel av begge varianter rekrutterer til og vokser opp i fjorder og kystnære leveområder. Det kan ikke utelukkes at kystnær torsk av «Nordsjø»-økotypen er demografisk uavhengig fra torsk i selve Nordsjøen. I forvaltningssammenheng defineres torsk (av ICES) innenfor 12 nautiske mil som adskilt fra Nordsjøtorsk.

Tilstanden for kyst- og fjordtorskbestandene på Sørlandet og Indre Skagerrak er over tid redusert, spesielt fra Agder til svenskegrensa – med vedvarende høy fiskedødelighet for kystnær torsk (Olsen og Moland 2011, Fernandez-Chacon m.fl. 2017, Kleiven m.fl. 2016).

15. juni 2019 trådte forskrifter i kraft som innebar forbud mot alt fiske i definerte gytefelt for torsk fra og med 1. januar til og med 30. april, og et helårlig forbud mot torskefiske fra fylkesgrensen Agder-Vestfold og Telemark til grensen mot Sverige. Vernetiltakene som ble innført var delt i tre hoveddeler:

1. Det er forbode å fiske torsk i Oslofjorden innafor grunnlinja frå og med Vestfold og Telemark og til grensa mot Sverige. Forbudet gjeld heile året. Fiskar du i dette området og får ein torsk skal du løyse den forsiktig frå reiskapen og sette den forsiktig ut i sjøen igjen.
2. Det er forbod mot alt fiske i gyteperioden for torsk innafor 14 definerte gyteområder frå Lindesnes langs Skagerrakkysten, i Oslofjorden og til grensa mot Sverige. Forbudet gjeld frå og med 1. januar til og med 30. april. Undervassjakt i gytefelta vil vere tillate sidan dette er heilt selektivt. Forbudet gjeld ikkje laks, sjøaure og annan anadrom fisk.
3. Det er også forbode å fiske med botnsette garn heile året innanfor grunnlinja frå og med Vestfold og Telemark til grensa mot Sverige. Denne regelen kjem i tillegg til det eksisterande forbudet mot fritidsfiske med garn på grunnare vatn enn 25 meter, som gjeld i heile Skagerrak i perioden frå og med 1. juni til og med 15. august.

Avgrenset dispensasjonstilgang for yrkesfiskere omfattet bestemmelser for rekefiske, krepsfiske og blandingsfiske. Det ble også gitt dispensasjon for garnfiske i enkelte områder.

Forbudet berører dermed begge grupper i de 14 definerte gyteområdene i fredningstiden, mens forbudet i all hovedsak berører fritidsfiske i de øvrige områdene fra fylkesgrensen Agder-Vestfold og Telemark til grensen mot Sverige.

Havforskningsinstituttet fikk ikke øremerkede ressurser til å designe en målrettet studie for å dokumentere effekter av forbudet mot torskefiske i gytetiden. Vi har derfor benyttet pågående overvåkingsserier og andre relevante data som er innhentet i området. Dataseriene benyttet i denne evalueringen består av:

- Høstundersøkelsene med strandnot (overvåking i Skagerrak)
- Vinterfiske med garn (overvåking i Skagerrak)
- Gytefeltkartlegging (Nasjonal overvåking med dekning hvert 5-7 år).
- Data fra Fiskeridirektoratets landings- og sluttседdelregister for perioden 2018-2021

Her følger en generell evaluering av tiltakene for torsk innenfor grunnlinja fra og med Vestfold-Telemark til grensen mot Sverige for perioden 2019 til 2022, på bakgrunn av Havforskningsinstituttets overvåkingsserier. Vi presenterer datagrunnlaget, samt viser og tolker foreløpige resultater fra disse, og til slutt diskuterer vi resultatene og gir våre anbefalinger.

2 - Strandnotundersøkelsene

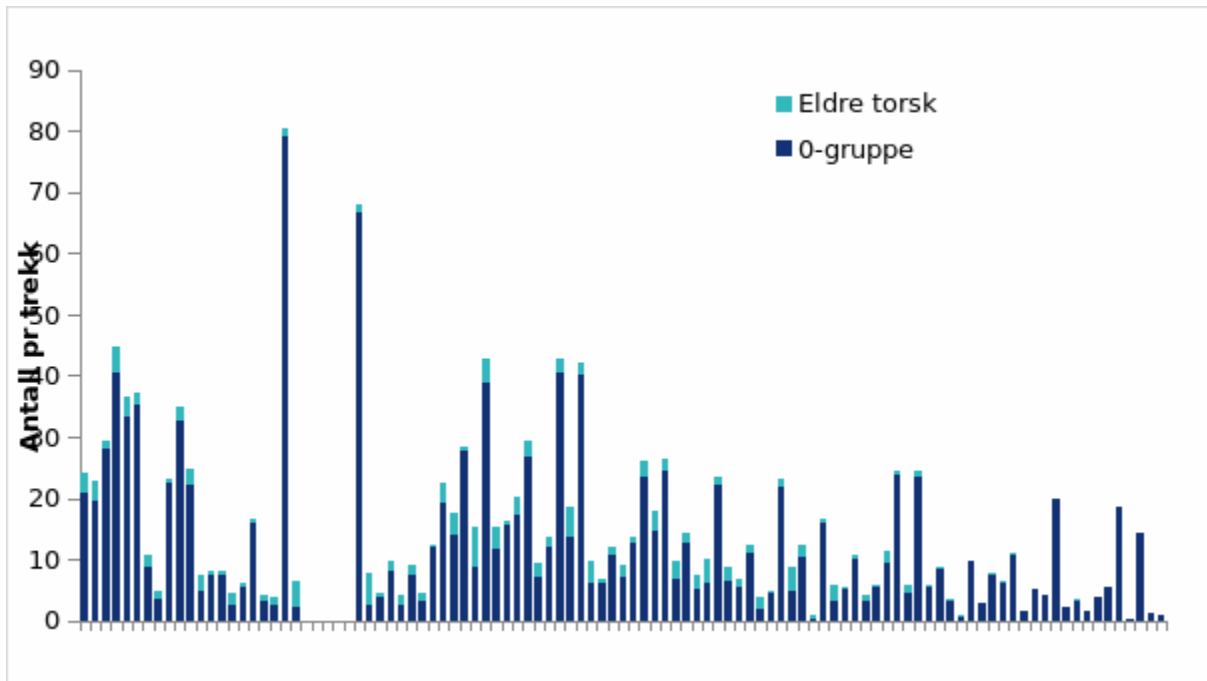
Strandnotundersøkelsene foregår på Skagerrakkysten i perioden september-oktober. Ved hjelp av en strandnot undersøkes rundt 130 faste stasjoner på kysten fra Søgne vest av Kristiansand til grensen mot Sverige. Stasjonene kan grupperes i 21 områder (Figur 1). Fisk og alle andre marine organismer blir identifisert, talt og lengdemålt. I tillegg til observasjonene av dyrelivet tas det målinger av temperatur, saltholdighet og oksygeninnholdet i vannet på et utvalg stasjoner. Strandnotundersøkelsene ble opprinnelig satt i gang av Gunder M. Dannevig for å se om utsetting av torskelarver hadde noen effekt. Senere har hovedformålet vært å studere rekrutteringen av torsk og annen fisk som vokser opp i strandsonen. Strandnotundersøkelsene har foregått nesten uforandret siden 1919. Nye nøter er laget etter de gamle tegningene. Denne kontinuiteten sikrer at undersøkelsene blir gjennomført på samme måte og at resultatene er sammenlignbare. I hovedsak er det juvenile fisk/ynge/0-gruppe som fanges opp i strandnotundersøkelsene.



Figur 1. Stasjoner i strandnotserien ($n > 130$) delt inn i 21 områder, fra sør for Kristiansand i vest til grensen mot Sverige i øst, inkludert Oslofjorden.

2.1 - Strandnoterien - resultater

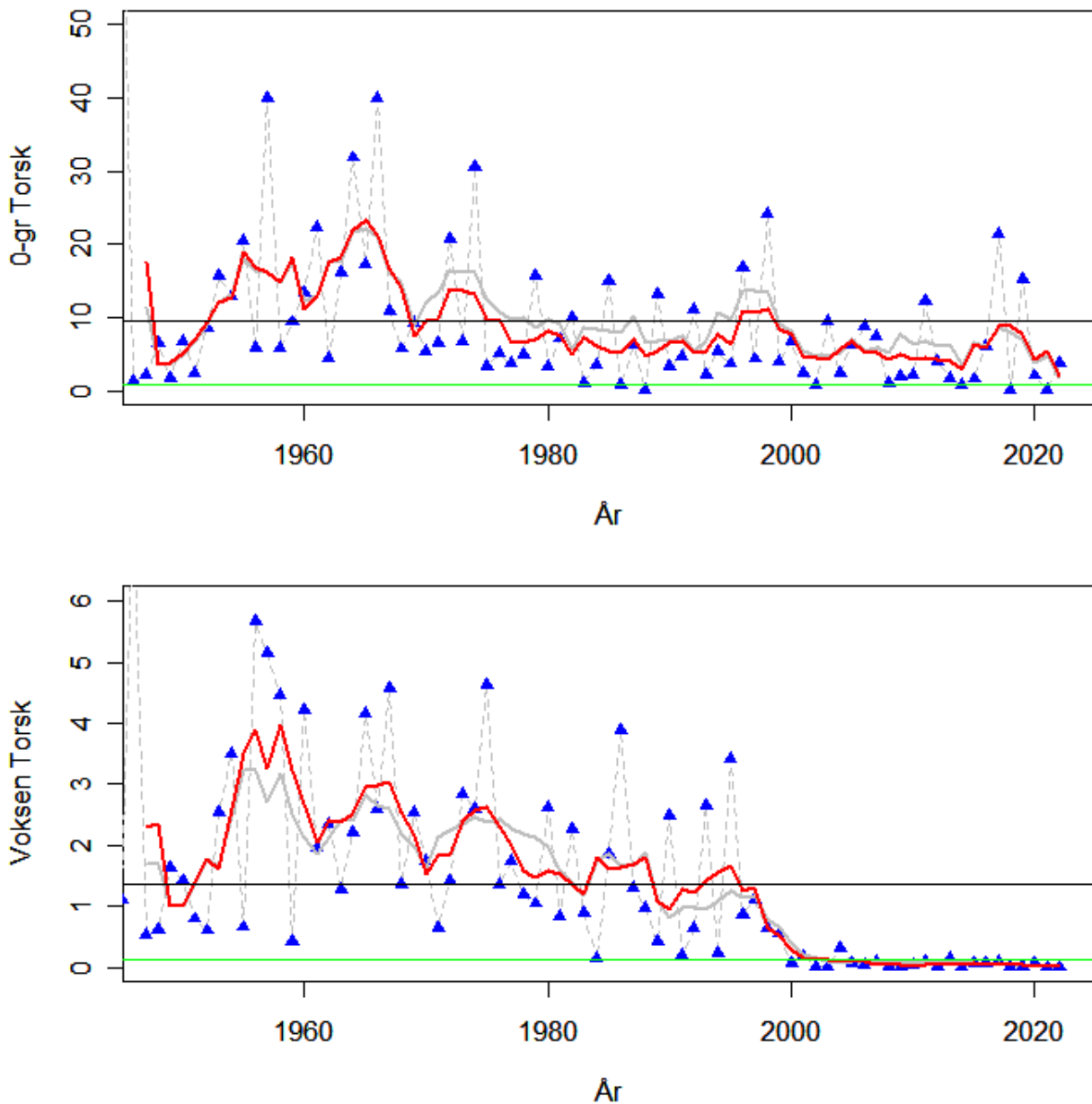
Historisk er det en klar nedgang i fangstene av årets yngel (0-gruppe) av torsk i strandnotserien fra Havforskningsinstituttet (Fig. 1-2) for Skagerrak sett under ett. Den største nedgangen er observert siden slutten av 1990-tallet og frem til de senere år, hvor tallene er stabilt lave selv om det fremdeles forekommer år med god rekruttering av torsk i Skagerrak.



Figur 2. Strandnotserien langs Skagerrakkysten fra 1919 til 2021. Blå søyler: årets yngel (0-gruppe), mens oransje del av søylen indikerer eldre torsk (1+, eldre enn årets yngel).

2.2 - Strandnotserien i ytre og indre Oslofjorden

Det er ingen store endringer i mengden torsk for noen av de to gruppene (0-gruppe og eldre torsk) gjennom de siste 22 årene (Fig. 3). Vi har i flere år ikke fanget torsk på strandnotstasjonene innenfor Drøbaksterskelen. I 2022, som ser ut til å være et moderat bra år for torskeyngel langs Skagerrak-kysten generelt, ble det heller ikke funnet torsk innenfor Drøbak. Utenfor Drøbak (Hallangspollen, Skiphelle osv.), ble det registrert flere torsk i 2022.

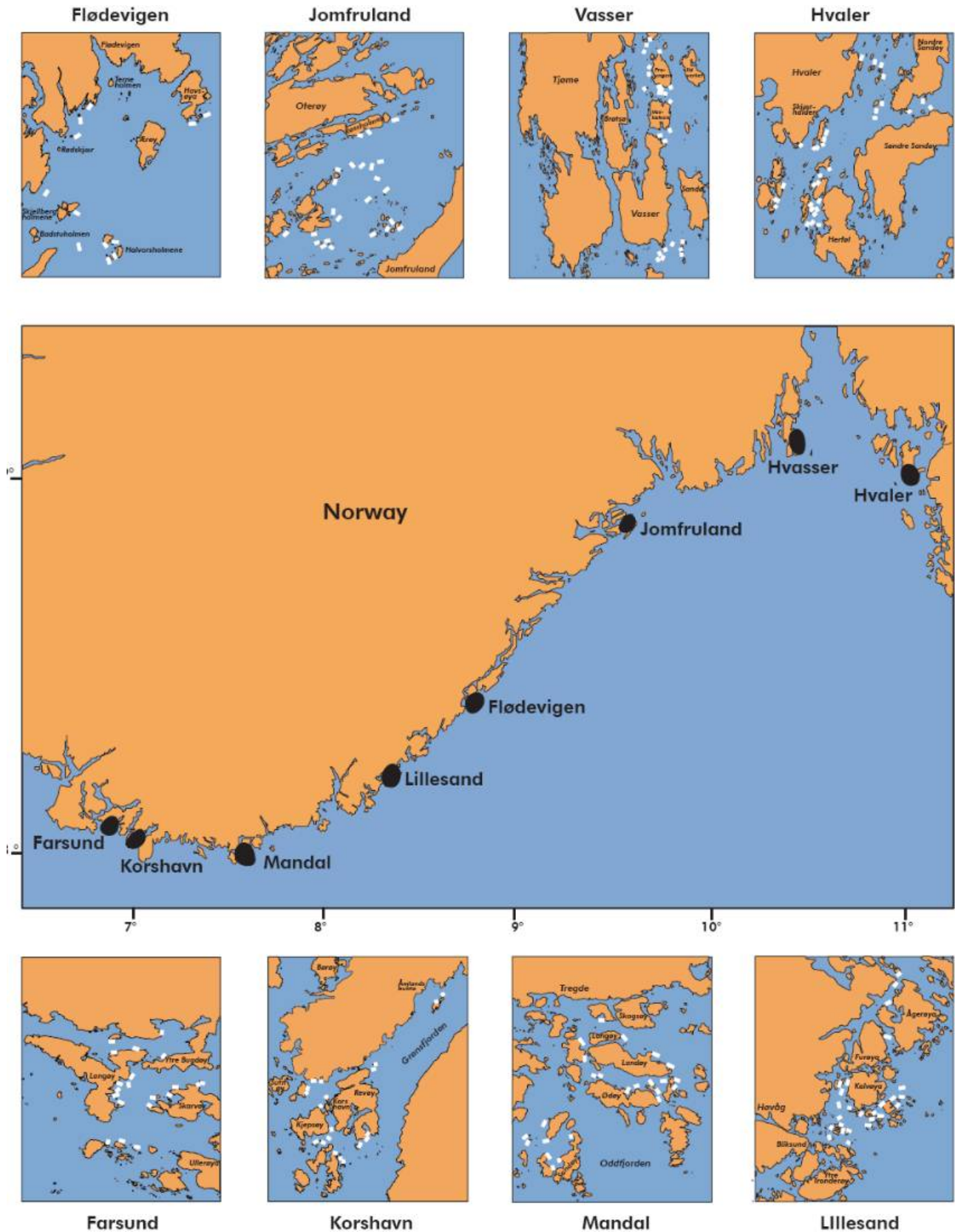


Figur 3. Utvikling av mengde rekrutter av torsk, eller 0-gruppe (øverst), og eldre torsk (nederst) fra strandnotserien. Hvert blått punkt er gjennomsnittsfangst for alle stasjoner i hele Oslofjorden (NB: ytre og indre deler). Den røde linjen er et femårs glidende gjennomsnitt. Den grå linjen er glidende gjennomsnitt for hele Skagerrak. Den svarte horisontale linjen er gjennomsnitt for hele tidsserien, tilbake til 1945. Den grønne horisontale linjen markerer 10% av langtidsgjennomsnittet

3 - Vinterfisket – standardisert garnfiske etter torsk og andre kystarter

Dataserien med garnfiske gikk på deler av kysten på 1980 tallet (1984-1990; se Fig. 4), men ble gjenopptatt i 2001, og har vært gjennomført årlig siden da (med unntak av 2008). Det fiskes med trollgarn, ca. 16 til 20 garn som utføres 2 døgn per sted, der garnsettene har gjennomsnittlig 16 timer ståtid (hvite streker på kartet under). Det er noe avvik i hvor ofte vi kan gjennomføre alle stasjonene, men stasjonene Jomfruland, Vasser, Hvaler, Farsund, Mandal og Lillesand er stort sett vært gjennomført hvert år.

Garnene som benyttes er av typen trollgarn, 14 omfar, som fanger en bred alders- og størrelsessammensetning av en rekke arter, selv om torsk er fokusart for toktet.

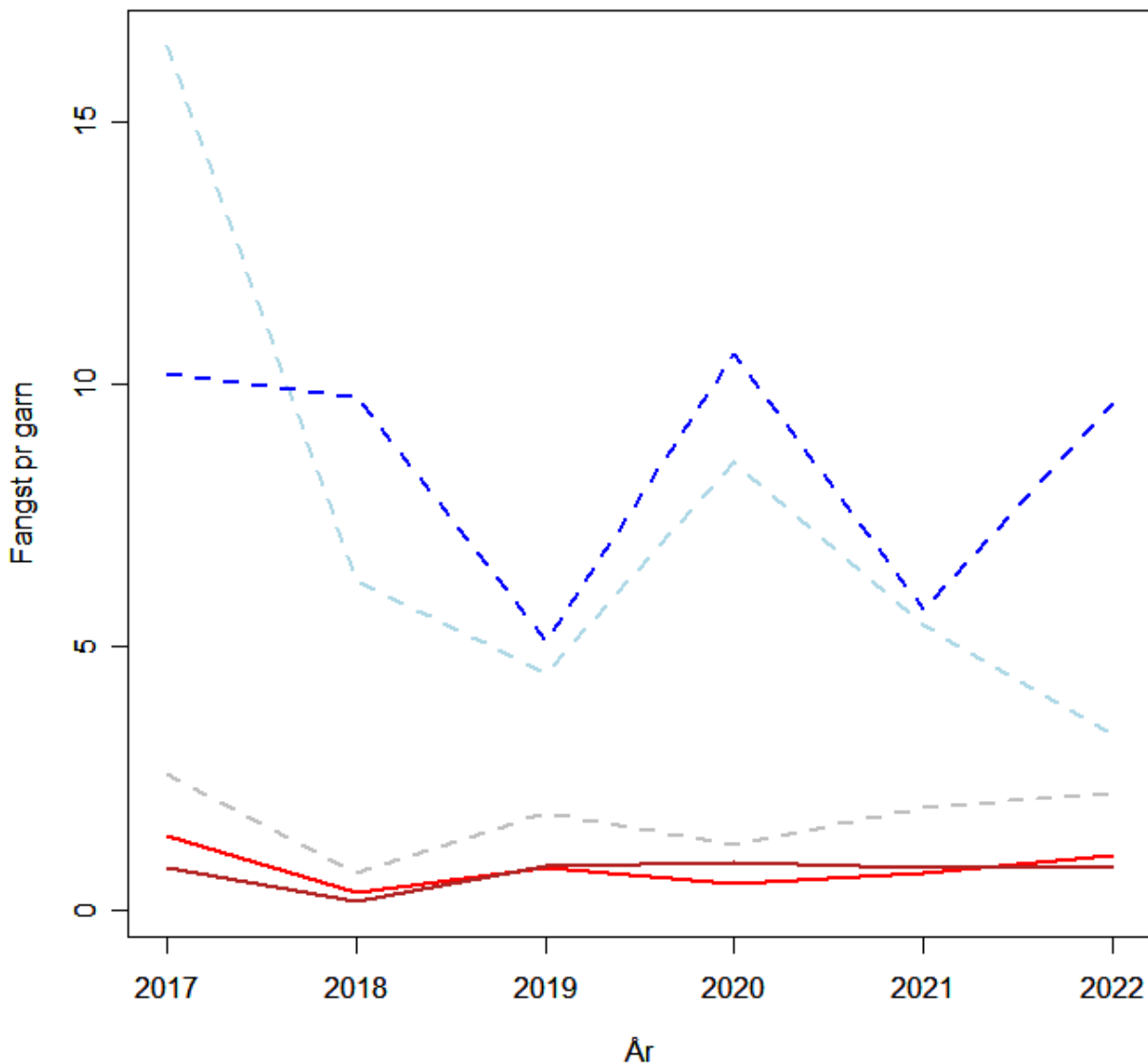


Figur 4. Vinterfisket – garnserien: svarte sirkler viser stasjonsnettet for innsamling, mens hvite streker viser hvert garn i områdene. Tidsserien spenner over periodene 1984-1990, 2000-2007, og 2009-2021.

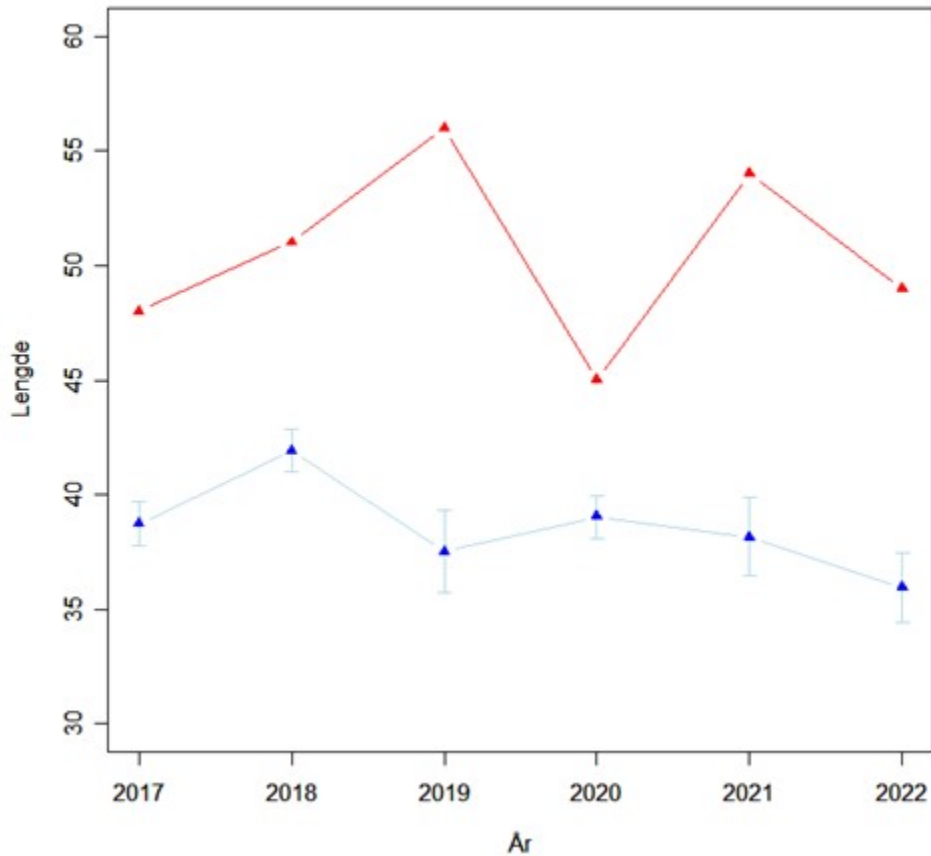
3.1 - Vinterfiske/ Garnserien - resultater

Garnserien dekker ikke indre Oslofjorden, men har stasjoner i Hvaler og Vasser (ytre Oslofjord). Under viser plottene at mengden torsk i Oslofjorden (ytre) er stabilt lave og ingen endring er å spore de siste 5 årene (Fig. 5). Det er markant mer torsk lengre vest i Agder, men vi har en negativ trend også der.

Basert på lengdemål gjort av alle fisk som er fanget i garnserien er gjennomsnittslengden for torsk fanget i Skagerrak synkende. Denne effekten er signifikant i perioden vist under (figur 6) og tilsvarer en årlig nedgang på ca 0.5 cm.



Figur 5. Utvikling i fangst av gjennomsnittlig antall torsk per stasjon i ytre Oslofjord (rødt) og resten av Skagerrak (stiplede linjer) for årene 2017 og frem til 2021. Den lyst røde linjen representerer Hvaler. Den Mørkerøde linjen representerer Vasser. Den grå stiplede linjen viser fangst i Kragere som i stor grad følger ytre deler av Oslofjorden. De to blå linjene tilsvarer fangst fra stasjoner i Lillesand (Lyseblå) og Mandal (mørkeblå).



Figur 6: Den blå linjen viser gjennomsnittslengde for alle torsk fanget på Skaggerak i vinterfiske. De vertikale strekene markerer usikkerheten i estimatet. Den røde linjen viser nedre størrelsen for de 10% største fiskene hvert år. En rett linje tilpasset til gjennomsnittene viser en signifikant nedgang.

4 - Gytefeltkartlegging (eggtrekk) langs Skagerrakkysten

Det har vært gjennomført kartlegging av gytefelt for blant annet torsk i Oslofjordområdet i tre omganger. Det første ble gjennomført i 2008 og 2009 der halve område ble dekket hvert år. Etter dette ble hele Oslofjorden fra Hvaler til Kragerø dekket med de samme stasjonene i både 2018 og 2022.

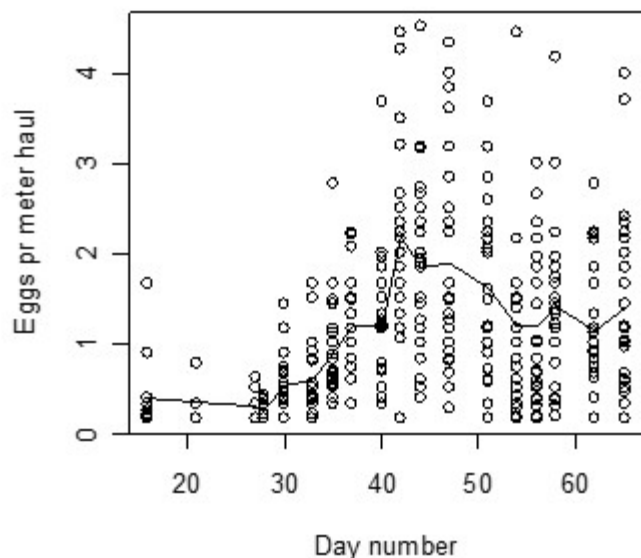
Gytefeltkartleggingen gjennomføres med vertikale planktontrekk med en egghåv (WP2, 500 µm duk) på faste stasjoner fra 50m og til overflaten. I samtlige prøver blir egg sortert ut, artsbestemt, fotografert og preservert på sprit.

Artsbestemmelse gjøres på friskt materiale, men for flere arter er det ikke mulig å gjøre en nøyaktig artsbestemmelse kun basert på visuelle trekk. Særlig gjelder dette torskefisk, der torsk, hyse, sei, hvitting og enkelte andre overlapper i størrelse og svært få kjennetegn som kan gjøre at disse kan skilles. En sikker artsbestemmelse av torskefisk er ikke mulig uten genetiske undersøkelser (Espeland og Sannæs 2018). Det foreligger ikke endelige genetiske resultater for egg som ble samlet i Oslofjorden i 2022. Nærmere beskrivelse av gytefeltkartleggingen er beskrevet i Espeland m.fl. (2013).

4.1 - Eggtrekk - resultater

Det ble totalt registrert 418 torskeegg i området i 2018, hvorav 99% av disse var antatt nylig gyttede egg. Eggene ble samlet i perioden 2. til 12. mars. En høy andel nygyttede egg tilsier at toktet ble gjennomført i begynnelsen av gyteperioden. Totalt ble det også bare funnet en larve, som ble identifisert som torskelarve.

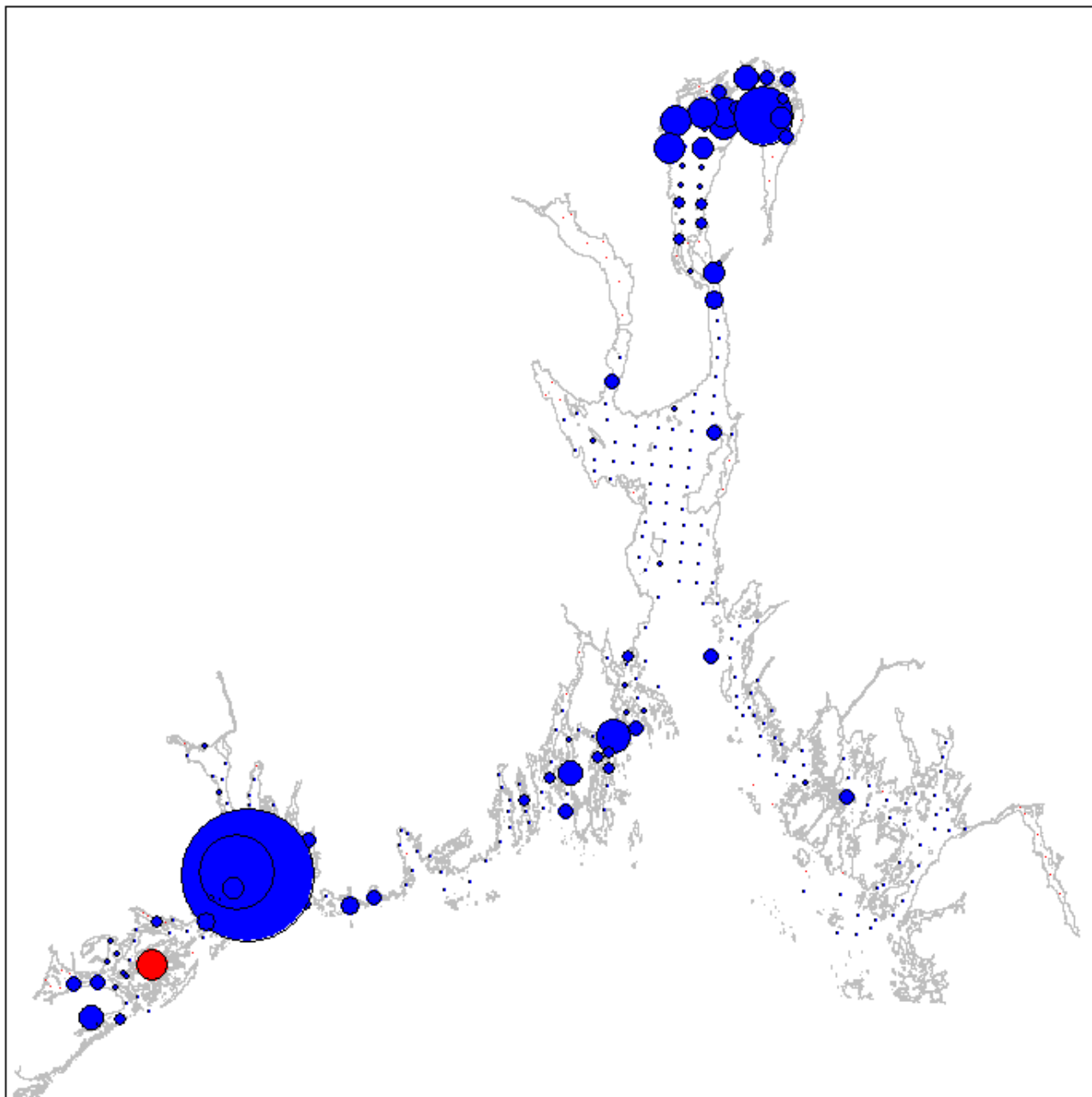
Til sammenligning ble det på toktet i 2022 funnet 263 egg som visuelt ble identifisert som torsk. Toktet ble gjennomført fra 4. til 15. mars. På dette toktet var 77% av eggene nygyttede, noe som indikerer at gytingen var kommet noe lengre i 2022. Torsk er en porsjonsgyter som kan gyte over en lengre periode, men gyteintensiteten er gjerne en kurve som øker fra starten på gytingen til en topp før den igjen avtar (se Fig. 7). I 2022 var kun 3% av eggene i siste stadium før klekking.



Figur 7. Mengden egg i et område gjennom gyteperioden. Figuren er basert på tall fra et gytefelt utenfor Arendal vinteren 2001, men gir trolig et generelt bilde av forløpet av gytetiden – med en start, en «topp» og en periode der store hunner med mye egg bidrar til jevn produksjon (= flere

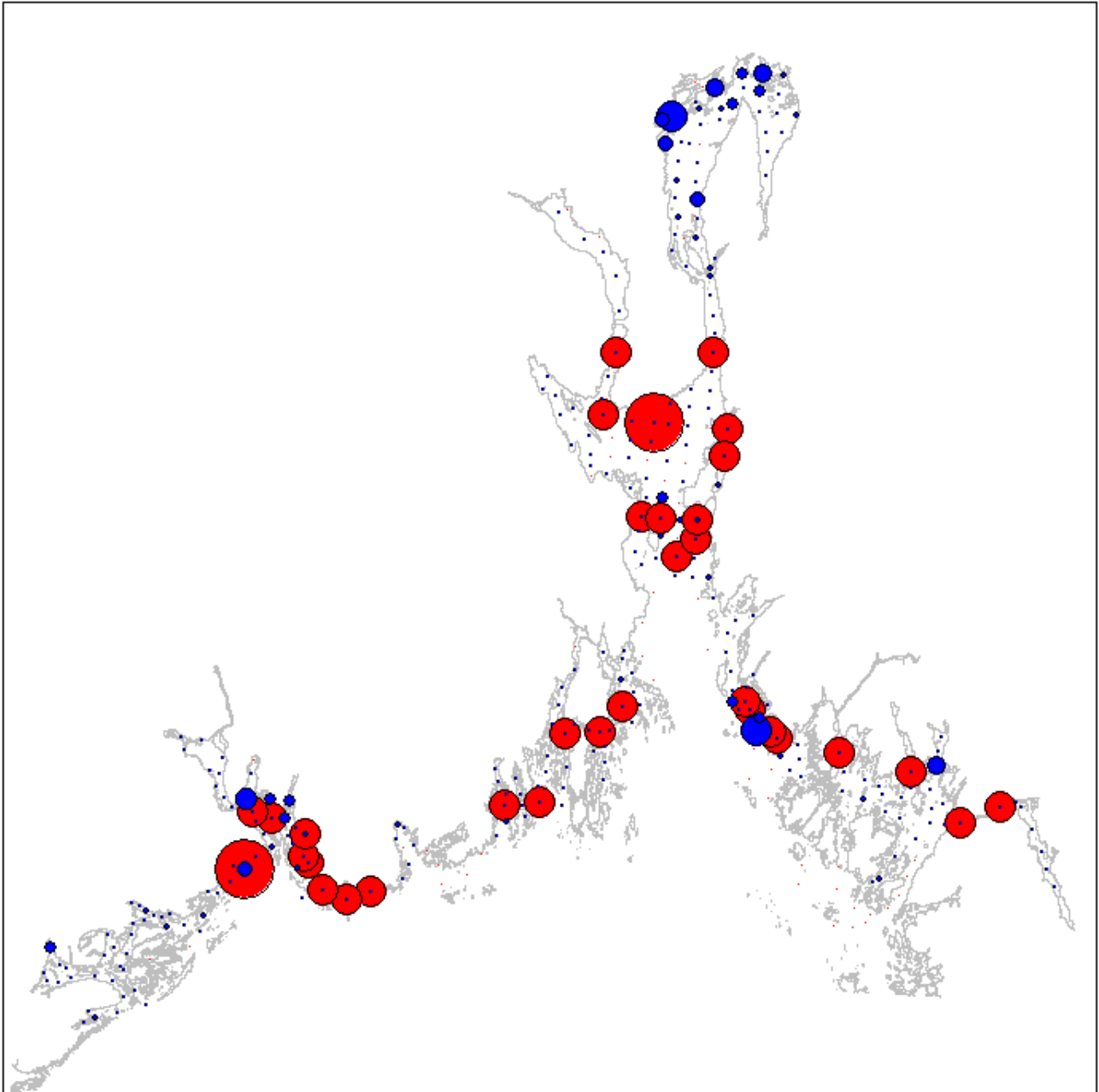
porsjoner) i en periode etter toppen (figuren er hentet fra Espeland m.fl. 2007).

2018



Figur 8. Kart over Oslofjordområdet som ble dekket i forbindelse med gytefeltkartleggingen i 2018. Størrelsen på de blå sirlene er skalert i h.h.t. mengde egg som ble funnet på hver stasjon. Størrelsen på de røde sirlene er skalert i h.h.t. mengde larver som ble funnet.

2022

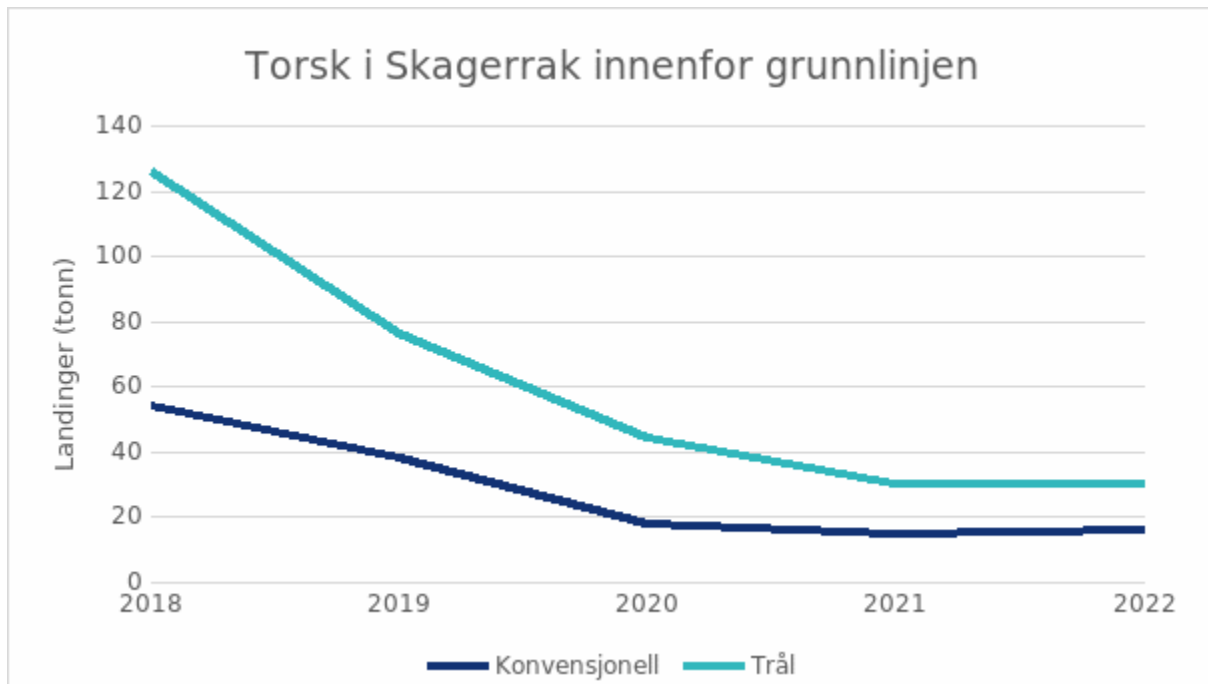


Figur 9. Kart over Oslofjordområde som ble dekket i forbindelse med gytefeltkartleggingen i 2022. Størrelsen på de blå sirkene er skalert i h.h.t. mengde egg som ble funnet på hver stasjon. Størrelsen på de røde sirkene er skalert i h.h.t. mengde larver som ble funnet. Størrelsen på sirkene er sammenlignbare mellom de to kartene i Figur 8 og 9.

Det ble funnet et større antall larver identifisert til torsk i 2022, totalt 35. Disse ble i hovedsak funnet i de ytre områdene (Oslofjorden utenfor Drøbak). Tidligere modellering av drift av egg fra ulike gytefelt i Oslofjordområdet peker mot at egg produsert inne i Oslofjorden i stor grad blir holdt tilbake innenfor Drøbak. Her ble det likevel ikke funnet larver. Dette kan indikere at larvene som ble funnet i området ikke er produsert på de lokale gytefeltene der man fant egg. Jfr. mønsteret vist i Fig. 8 vil en større mengde egg tidlig i gyteperioden i 2018 - sammenlignet med hva vi observerte senere i gyteperioden 2022 - indikere at det totalt sett var mindre gyteaktivitet og muligens mindre (av størrelse) gytefisk som bidro til eggproduksjon i 2022 i forhold til 2018.

5 - Landinger i Skagerrak

Vi har innhentet data for torsk landet i Skagerrak, for fangst med trål og konvensjonelle redskap (garn) – innenfor og utenfor grunnlinjen – for perioden 2018-2022. Uten informasjon om endringer i innsats i perioden er det ikke mulig å konkludere om en trend i fangster gjenspeiler bestandsutviklingen. Det er likevel nyttig å ha denne informasjonen med i vår evaluering all den tid et visst torskefiskeri innenfor grunnlinjen i Skagerrak er en indikator for artens tilstedeværelse og tilgjengelighet for fiskeredskaper i perioden.



Figur 10. Landinger av torsk i hele Skagerrak innenfor grunnlinjen i perioden 2018-2022 (per. 13. oktober 2022). Oransje linje: trål, blå linje: konvensjonelle redskaper (garn).



Figur 11. Landinger av torsk i Skagerrak utenfor grunnlinjen i perioden 2018-2022 (per. 13. oktober 2022). Oransje linje: trål, blå linje: konvensjonelle redskaper (garn).

6 - Diskusjon

Vi ser i våre data ingen tegn til at bestandssituasjonen er endret for torsk i indre Skagerrak, ytre- og indre Oslofjord siden tiltak ble innført i 2019, i form av: 1) gytetidsfredning i 14 definerte gyteområder, og 2) landingsforbud i fritidsfisket fra og med Telemark til svenskegrensen. Dette utelukker ikke at tiltakene kan ha bidratt positivt, men 2-3 år er vel knapp tid til å forvente effekter på en skala som vil kunne observeres i disse måleseriene.

Havforskningsinstituttets data viser stabilt lave fangster av både 0-gruppe (årets yngel) og eldre torsk i hele området, selv om årene 2017 og 2019 viste forholdsvis sterke årsklasser. Vi har i flere år ikke fått juvenil torsk på strandnotstasjonene i Oslofjorden innenfor Drøbak, selv om individer av torsk er blitt observert på dypere habitater i indre Oslofjord. Nylig ble juvenil og eldre torsk observert i forbindelse med Havforskningsinstituttets kartlegging av spøkelsesfiske i indre Oslofjord, der det også stod torsk i tapte fiskeredskap.

Resultater fra eggundersøkelsene indikerer at en betydelig andel torsk som rekrutterer til oppvekstområder i Skagerrak trolig ikke stammer fra de lokale gytefeltene inne i fjordene (se også Synnes m.fl. 2021). De kjente gytefeltene innerst i fjordene har trolig hatt svekket funksjon i perioden.

Landingene i yrkesfisket viser en vedvarende nedgang siden 2019. Det er samtidig verdt å merke til nærmet stabile landinger fra garnflåten innenfor grunnlinjen i perioden 2020-2022, med landinger på henholdsvis 18, 15 og 16 tonn. Dette tyder på at det stadig finnes noe eldre torsk i områdene som er mål for dette fisket. Havforskningsinstituttet mottar rapporter om torsk som observeres og fanges i krepse- og hummerteiner i ytre Oslofjord. En relativt sterk årsklasse rekrutterte til ytre Oslofjord og Skagerrak i 2019. Denne årsklassen kan ha vært medvirkende til opprettholdelse av fangster i yrkesfisket og en svak oppgang i trålfangst av torsk utenfor grunnlinjen i 2022.

Når det gjelder fravær av torsk på strandnotstasjoner i Oslofjorden innenfor Drøbak er det trolig flere forhold som spiller inn. Særlig er vegetasjonen på tidligere gode habitater klart dårligere sammenholdt med andre deler av Skagerrakkysten. Økt temperatur i overflaten, tilgroing av habitater med hurtigvoksende trådformede alger («lurv») og formørkning av kystvannet bidrar trolig til dette. Avrenning og næringsbelastning og er også påvirkninger som bidrar i negativ retning for torsk og andre bunnfiskbestander.

Det er stort press på habitatene i Oslofjorden, da mange brukere ønsker å benytte arealene til brygger, moringer og fiskeri (inkludert bunntåling). Klimaendringene peker mot mindre gunstige forhold for torskefisk i Skagerrak på sikt, og bestandene her lever i den varmere delen av artens preferansevidu. Nye data viser at arten opplever et kraftig økt stress selv ved små positive endringer i temperatur (Oomen m.fl. 2022). Samtidig vet vi at kystnær torsk i Skagerrak har strategier for å overleve og tåle langvarig sommervarmt overflatevann (Freitas m.fl. 2017). Summen av pressfaktorene kan forventes å redusere bærerevnen for torsk så lenge forholdene vedvarer.

På tross av temperaturøkning og miljø- og habitatendringer er det fremdeles potensial for gjenoppbygging av lokale bestander av torsk og andre bunnfiskarter i Skagerrak og ytre Oslofjord. Gjenoppbygging av torskebestander vil innebære at vi også legger til rette for og observerer en gjenoppbygging av bred alders- og størrelsessammensetning ([se tilråding i Moland m.fl. 2021](#)).

Selv om kystnær torsk i Skagerrak i dag ikke tåler summen av belastningene mener vi det er for tidlig å konkludere at det ikke er mulig å bygge opp levedyktige bestander. Erfaringer fra andre steder i verden, viser at en må forvente at en gjenoppbygging vil ta tid (Hutchings, 2000), og at en heller ikke kan forvente å nå samme nivå som før nedgangen. Langvarig fiske/ høsting og langvarig svekkelse av lokale bestander (se Sodeland m.fl. 2022) er en sentral driver for bestandssituasjonen slik vi observerer den i dag og tiltakene som er evaluert i denne rapporten har foreløpig ikke vært effektive i å snu en negativ trend. Det er viktig å poengtere at det fortsatt foregår et yrkesfiske innenfor området omfattet av tiltakene (jfr. Fig 9), og vi mangler oversikt over hvor effektive tiltakene har vært i å begrense fritidsfisket. Et bestandskompleks bestående av kraftig reduserte bestander vil være svært sårbart for ethvert fisketrykk.

7 - Referanser

- Barth, J.M.I., Villegas-Ríos, D., Freitas, C., Moland, E., Star, B., André, C., Knutsen, H., Bradbury, I., Dierking, J., Petereit, C., Righton, D., Metcalfe, J., Jakobsen, K.S., Olsen, E.M., Jentoft, S. (2019). Disentangling structural genomic and behavioral barriers in a sea of connectivity. *Molecular Ecology* 28:1394-1411. <https://doi.org/10.1111/mec.15010>
- Espeland, S.H., Sannæs, H. (2018). Estimating cod egg developmental stage based on DNA concentration. *ICES Journal of Marine Science* 75: 825-830 <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx172>
- Espeland, S.H., Gundersen, A.F., Olsen, E.M., Knutsen, H., Gjøsæter, J., Stenseth, N.C. (2007). Home range and elevated egg densities within an inshore spawning ground of coastal cod. *ICES Journal of Marine Science* 64: 920-928 <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm028>
- Fernandez-Chacon, A., Moland, E., Espeland, S.H., Kleiven, A.R., Olsen, E.M. (2017). Causes of mortality in depleted populations of Atlantic cod estimated from multi-event modelling of mark-recapture and recovery data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 74:116-126 <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0313>
- Freitas, C., Olsen, E.M., Knutsen, H., Albretsen, J., Moland, E. (2016). Temperature associated habitat selection in a cold-water marine fish. *Journal of Animal Ecology* 85:628-637 <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12458>
- Hutchings, AR (2000) Collapse and recovery of marine fishes. *Nature*, 406:882-885. <https://doi.org/10.1038/35022565>
- Kleiven, A.R., Nordahl, J-H., Moland, E., Espeland, S.H., Knutsen, H., Olsen, E.M. (2016). Harvest pressure on coastal Atlantic cod (*Gadus morhua*) from recreational fishing relative to commercial fishing assessed from tag-recovery data. *PLoS ONE* e0149595. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149595>
- Knutsen, Halvor; Jorde, Per Erik; Hutchings, Jeffrey; Hemmer-Hansen, Jakob; Grønkjær, Peter; Mose Jørgensen, Kris-Emil; André, Carl; Sodeland, Marte; Albretsen, Jon; Olsen, Esben Moland (2018). Stable coexistence of genetically divergent Atlantic cod ecotypes at multiple spatial scales. *Evolutionary Applications* 11:1527-1539. <https://doi.org/10.1111/eva.12640>
- Moland, E., Synnes, A-E.W., Naustvoll, L-J, Freitas, C.B., Norderhaug, K.M., Thormar, J., Biuw, M., Jorde, P.E., Knutsen, H., Dahle, G., Jelmert, A., Bosgraaf, S., Olsen, E.M., Deiningner, A., Haga, A. (2021). Krafttak for kysttorsken - Kunnskap for stedstilpasset gjenoppbygging av bestander, naturtyper og økosystem i Færder- og Ytre Hvaler nasjonalparker. Rapport fra havforskningen 2021-2, 51 s. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-2>
- Olsen, E.M., Moland, E. (2011). Adaptive landscape of Atlantic cod shaped by harvest selection and natural selection: inference from telemetry data. *Evolutionary Ecology* 25:695-710. <https://doi.org/10.1007/s10682-010-9427-9>
- Sodeland, M., Jentoft, S., Jorde, P.E., Mattingsdal, M., Albretsen, J., Kleiven, R.R., Synnes, A-E.W., Espeland, S.H., Olsen, E.M., André, C., Stenseth, N.C., Knutsen, H. (2022). Stabilizing selection on Atlantic cod supergenes through a millennium of extensive exploitation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119 (8) e2114904119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2114904119>
- Synnes, Ann-Elin; Huserbråten, Mats Brockstedt Olsen; Knutsen, Halvor; Jorde, Per Erik; Sodeland, Marte; Moland, Even (2021). Local recruitment of Atlantic cod and putative source spawning areas in a coastal seascape. *ICES Journal of Marine Science* 78:3767-3779. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab226>



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no