



Bestilling , Oslofjorden.

*Alf Ring Kleiven, Espen Johnsen, Even Moland, Terje van der Meeren, Kjell-Magnus Norderhaug,
Lars-Johan Naustvoll, Mette Skern-Mauritzen*

Havforskningsinstituttet

2024



Bestilling, Oslofjorden

Havforskningsinstituttet (HI) viser til bestilling fra F.dir datert 16. september 2024 der Fiskeridirektoratet (F.dir) ber HI svare på en liste av spørsmål som berører økologiske effekter av tre ulike alternative forvaltningstiltak i Oslofjorden. F.dir presiserer i epost 24. september «Vi ber Havforskningsinstituttet svare på om det pr. i dag finnes noen forskning som indikerer at fisket etter pelagiske arter i Oslofjorden er skadelig for noen arter i fjordens økosystem.»

F.dir har på bakgrunn av Nærings- og fiskeridepartementet sin behandling av de nye forvaltningsrådene for Oslofjorden, behov for avklaring av flere spørsmål. Bidrag fra HI er avgjørende for å besvare spørsmålene som berører økologiske effekter. Tiltakene i forvaltningsrådene er foreslått med 10 års varighet og Fiskeridirektoratet ber HI legge dette til grunn i vurderingene.

De to første alternativene bygger på tradisjonell fiskeriforvaltning (enbestandsforvaltning), mens det tredje alternativet, som inkluderer innfasing av nullfiskeområder og et større forbudsområde for brisling, tar i bruk en bredere tilnærming der tiltakene har til hensikt å gjenoppbygge et økosystem i dårlig tilstand. Her utvides fokus fra å vurdere den enkelte bestanden alene til også å vurdere dens rolle i økosystemet, som f.eks. bindeledd mellom vannsøylen og bunnen samt mellom trofiske nivå, med et mål om å øke bestandene og forbedre tilstanden i økosystemet.

Det er i hovedsak med utgangspunkt i alternativ 3 at HI svarer. Grunnet korte tidsfrister er det også avklart at svaret vil være på et overordnet nivå.

HI vil svare på spørsmålene ved å følge samme struktur som er gitt i bestillingsbrevet, der vi tar utgangspunkt i å beskrive og sannsynliggjøre økosystemeffektene ved en gjennomføring av forvaltningstiltakene foreslått i alternativ 3.

Brisling, sild og makrell.

F.dir spørsmål: Gi en kortfattet oversikt over prosjekter og overvåkning for pelagisk fisk i Oslofjorden, spesielt brisling, både det som er i gang og det som planlegges.

Pågående og planlagte prosjekter og overvåkning med relevans for Oslofjordens pelagiske fisk:

- Det planlegges et akustisk-tråltokt i desember hvert år, men grunnet økonomiske nedprioriteringer har toktet flere ganger blitt kansellert. Toktet ble gjennomført i 2018 og 2022, og er planlagt for 2024. Toktet samler inn informasjon om tetthet og geografisk fordeling av fisk med ekkolodd, og pelagisk trål brukes til å samle inn informasjon om fordeling av art, lengde, vekt, alder og genetikk. Det gjennomføres prøvetaking av alle arter i



alle halene, men fangstene domineres av pelagisk fisk da pelagisk trål benyttes. Merk at det også er en god del ansjos i Oslofjorden.

- Fra 2025 vil det være mulig å bruke ubemannede overflatefartøyer til å måle tettheter av brisling og sild i Oslofjorden ved hjelp av ekkolodd.
- Prøvetaking fra det kommersielle fisket av brisling. Har måles individlengde, -vekt, -alder og genetikk).

Forvaltningen av fiskebestander må ta hensyn til bestandenes utbredelse og om de er lokale eller er del av en større bestand som også er utenfor fjorden hele eller deler av året. Det er generelt lite kunnskap om hvordan Oslofjorden påvirkes av mengden fisk i Skagerrak. De genetiske studiene av norsk kystbrisling (Glover m.fl. 2009, Quintela m.fl. 2020) har så langt hatt mangelfull dekning i Oslofjordområdet. Resultatene antyder likevel at det kan være forskjell på indre og ytre Oslofjord med hensyn til hvilken økotype brisling som finnes der; – kyst- eller havbrisling, eller muligens en hybridtype. Det er de senere år samlet inn et omfattende genetisk materiale av brisling som dekker hele Oslofjordområdet. Disse prøvene vil analyseres i løpet av høsten 2024.

I Skagerrak er det flere tidsserier fra tokt som gir informasjon om mengden pelagisk fisk i området: reketoktet som dekker hele Norskerenna, IBTS-toktene i kvartal 1 og 3, samt HERAS (Herring Acoustic Survey).

F.dir spørsmål: Beskriv brislingens rolle som nøkkelart?

Havforskningsinstituttet viser til grundig oppsummering om dette i kapittel 10.1 i «Faglig råd [om nye tiltak innen fiskeri i Oslofjorden](#)».

F.dir spørsmål: Hva er de eventuelle positive og negative effektene i økosystemet av å innføre et nullfiskeområde for brisling som beskrevet i alternativ 3? Presisering av spørsmålet j.f. epost til HI 24.09.2024: Vi ber Havforskningsinstituttet svare på om det pr. i dag finnes noen forskning som indikerer at fisket etter pelagiske arter i Oslofjorden er skadelig for noen arter i fjordens økosystem?

Det foreligger ikke noen spesifikke forskningsresultater fra Oslofjorden som evaluerer om fisket etter pelagiske arter er skadelig for andre arter. Samtidig foreligger det heller ikke forskningsresultater som evaluerer om fisket etter pelagiske arter ikke er skadelig for andre arter i Oslofjorden.

Mer generelt er konsekvensene av å bevare pelagiske arter for økosystemet gjenstand for en faglig debatt (se Engelhard m.fl. 2014), men pelagiske fisk er viktige for energistrømmen i marine økosystemer. En rekke studier anbefaler å forvalte slike bestander mer restriktivt enn bunnfisk og andre bestander på høyere trofisk nivå for å sikre næringstilgang til arter oppover i næringskjeden, inkludert sjøfugl (e.g., Cury m.fl. 2011). Dersom mengden og overlapp i rom og tid med brisling er



begrensende for overlevelse og vekst hos større fisk, sjøfugl og sjøpattedyr vil et null-fiske kunne ha en positiv effekt på veksthastighet og overlevelse av disse predatorene. På den andre side så beiter brisling (og sild) på egg og larver fra andre fiskearter, og dette kan, som vist i Østersjøen og Nordsjøen, ha en begrensende effekt på rekrutteringen av for eksempel torsk i situasjoner med mye pelagisk fisk og lite torsk (Fauchald 2010, Köster m.fl. 2017). Köer m.fl. (2017) viser også til at brisling og sild konkurrerer om tilgjengelig dyreplankton med andre fiskelarver og yngel, som f.eks. torsk. En mulig negativ effekt av en større totalbestand av brisling (og andre pelagiske arter) i fjorden kan derfor være et høyere predasjonstrykk på egg og larver av andre fiskearter i fjordsystemet.

Generelt varierer mengden og biomassen av bestander av små pelagiske fisk mye selv uten et kommersielt fiskeri (Baumgartner m.fl. 1992), noe som skyldes raske endringer i produktivitet i økosystemet og det faktum at disse bestandene har en r-seleksjon med høy somatisk vekst, tidlig modning og rask respons på tilgjengelighet av byttedyr (Alheit & Pech, 2019). I Nordsjøen viser pelagiske bestander store bestandsfluktasjoner over tid, og at fiskepresset også er med å drive slike fluktasjoner (e.g., Dickey-Collas m.fl. 2014). Kunnskap om adferd og fødevalg til brisling i Oslofjorden er publisert i Solberg m.fl. (2015). Dietten til overvintrende brisling var dominert av hoppekrepsarter, og brislingen inngikk i dietten til hyse. Brisling er også identifisert som en viktig diettkomponent for sjøørret langs Skagerrakkysten (Knutsen et al. 2001, Knutsen et al. 2004).

Potensielle positive effekter av Oslofjorden som et nullfiskeområde for brisling kan innebære en mer stabil bestandsdynamikk i form av lavere total dødelighet for lokale brislingpopulasjoner i fjordsystemet, med økt antall av eldre individer som resultat. Dette vil igjen kunne bedre mattilgangen for predatorer av brisling (torsk, hyse, hvitting, lyr, sjøørret, nise, steinkobbe, sjøfugl m.v.). I Hardangerfjorden er det vist at brisling kan ha planteplankton i dietten om våren (Falkenhaus og Dalpadado 2014). Det er sannsynlig at en større totalbestand av brisling vil omsette primærproduksjonen i fjordsystemet mer effektivt enn i dag (Jónasdóttir, 2019). Vi anser det også som sannsynlig at en større totalbestand av pelagiske arter over tid vil gjøre Oslofjorden mer attraktiv for større predatorer på næringsvandring (økosystemeffekter).

F.dir spørsmål: Vi skal også svare på spørsmål om fiske etter andre pelagiske arter og ber om at effektene i økosystemet av å innføre stans i notfisket etter sild og makrell som beskrevet i alternativ 3 også omfattes, altså i det samme geografiske området som stansen i fisket etter brisling.

HI påpeker at det såkalte notfisket etter brisling i realiteten er et blandingsfiske etter både sild og brisling, der brisling dominerer i fangstmengde. Kommersielt fiske etter andre pelagiske arter som makrell er svært begrenset innenfor tiltaksområdet. En stans i notfisket av sild og makrell (som beskrevet i alternativ 3) i tiltaksområdet vil dermed ikke medføre vesentlige endringer i fisketrykket



disse artene opplever i Oslofjorden da fisketrykket per i dag er svært begrenset. Et slikt tiltak vil derimot sikre at et slikt fiske ikke forekommer i den perioden tiltakene skal vare.

Fritidsfiske.

F.dir spørsmål: Gi en kortfattet oversikt over arbeider/prosjekter rettet mot dette samt de funn som er gjort når det gjelder fangst og deltakelse. Vi er kjent med at noe ble lagt frem i vinter fra siste datainnsamling i Oslofjorden for noen år siden, men at det ikke er publisert noe på dette enda. Hvis det er kommet til nye funn så tas de med. Kan HI gi en vurdering av økologiske effekter av å begrense fritidsfiske i tråd med alternativ 2 og 3.

Forskning fra Agder og Hordaland har vist at fritidsfiske med stang og snøre kan dominere fangstene av kystnær torsk (Kleiven m.fl. 2016, Ferter et m.fl. 2023). Områdene rundt Oslofjorden har den høyeste befolkningstettheten i Norge og det er god grunn til å forvente at fritidsfiske også her kan dominere fangstene på en rekke arter. Vi ønsker å vise til NINA-rapporten «Fritidsfiskevaner i saltvann blant bosatte i Norge» (Selvaag m.fl. 2021) for en oversikt over fiskeatferd, motiver og holdninger til fangstreguleringer.

Med tanke på notatet om fritidsfiske i Oslofjorden tidligere oversendt (upubliserede resultater), så har dette fortsatt ikke blitt publisert. Per i dag foregår det ikke, fra HIs side, fritidsfiskeundersøkelser i Oslofjorden. Det blir årlig gjennomført utvalgsundersøkelser under hummerfisket, der en del av utvalget kommer fra Oslofjorden. Det er tilgjengelig datagrunnlag for å kunne estimere innsats og fangst under hummerfisket i Oslofjorden.

Fiske er identifisert som en av de største påvirkningsfaktorene på økosystemet i Ytre Oslofjord (Aarflot et al. 2024). Samtidig er fritidsfiske utbredt både i Indre og Ytre Oslofjord, både snørefiske (fra båt og land) og faststående redskap. Det er vist at fritidsfisket dominerer innsats og fangst i hummerfisket i Skagerrak (Kleiven m. fl. 2019). Det er derfor grunn til å forvente at fritidsfiske har stor sannsynlighet for påvirkning på bestandene og økosystemet i Oslofjorden.

Indikatorer, hvordan måle tilstanden i økosystemet fremover.

F.dir spørsmål: Vi ber om en kortfattet oversikt over overvåkning som allerede gjennomføres som kan være relevant. Vi legger uten videre til grunn at strandnottrekkene og vinterfisket blir videreført. Så ber vi om å få innsikt i prosjekter som er i gang for å identifisere indikatorer og metodikk for å overvåke andre parametere enn de som allerede overvåkes, med spesiell vekt på de trofiske nivåene. Dersom instituttet kjenner til aktiviteter/overvåkning/tidsserier som andre institusjoner har i området så ber vi om en oversikt over disse og en kort vurdering av deres relevans i fremtidig måling av tilstanden i økosystemet Oslofjorden. Vi ber instituttet om å peke på



mulige kandidater til fremtidige indikatorer, selv om vi forstår at dette spørsmålet må utredes mer.

HI viser til «Rapport – Kunnskapsstøtte fra Havforskningsinstituttet til planlegging av pilotprosjekt for naturmangfold og økt biologisk produksjon i Skagerrak-Oslofjorden» (01.07.2022, vår ref. 22/00303). Her vises det til en rekke parametere som kan måle de biologiske effektene av områdebaserte fiskerforvaltningstiltak:

- Endring i størrelsessammensetning av arter på ulike trofiske nivå
- Endring i abundans og biomasse av mål- og bifangstarter i fiskeriene
- Endring i biologisk og funksjonelt mangfold
- Endring i bunnsamfunn og biogeokjemisk syklus (bløtbunn)
- Endring i makroalge- og plantesamfunn (hard og bløtbunn)

I vurdering av økologisk tilstand for havområdene er det identifisert 7 økosystemegenskaper som til sammen dekker ulike og sentrale aspekt ved økosystemenes struktur og funksjon. De 7 økosystemegenskapene er:

- Primærproduksjon
- Fordeling av biomasse mellom trofiske nivå
- Biomasse av funksjonelle grupper innen trofiske nivå
- Funksjonelt viktige arter og strukturer
- Landskaps-økologiske mønstre (e.g., utbredelse av habitat)
- Biodiversitet
- Abiotiske faktorer

I prosjektet CoastRisk jobbes det nå med å ferdigstille oversikter over anbefalte indikatorer for kystområder, inkludert Oslofjorden, for disse økosystemegenskapene, samt for menneskelig aktivitet og ulike påvirkningsfaktorer. Dette arbeidet forventes publisert i første halvdel av 2025.

Det er viktig å klargjøre hvilke svar forvaltningen ønsker med tanke på effekter av fiskeritiltak. For å vurdere effekter av tiltakene opp mot andre påvirkninger og naturlige variasjoner er det behov for kontrollområder. I alternativ 3 foreslås det tiltak i hele Oslofjorden (ulik tiltaksgrad). Det vil derfor også være formålstjenlig med kontrollområder utenfor tiltaksområdet. Det er også viktig med før-data i både tiltaks- og kontrollområdet (i en såkalt før-etter, kontroll-påvirkning design).

Vi vil først klargjøre hvilke forskningsaktiviteter og tidsserier som foreligger, før vi vurderer ulike indikatorer for å måle tilstanden i økosystemet fremover. Det kan da tas utgangspunkt i eksisterende data og tidsserier, og videre drøftes hva slags økt innsats på pågående datainnsamling og tilleggsbehov som vil være nødvendig for å følge opp indikatorene.



HI har en rekke forskningsaktiviteter og tidsserier i Oslofjorden og langs Skagerrakkysten.

1. *Strandnotserien*

Standardiserte strandnottrekk på faste stasjoner har pågått i Oslofjorden siden 1919 (rundt 50 strandnottrekk per år) og er en unik marinbiologisk tidsserie som samler data om miljøforholdene og flere nivåer i næringsnettet (alger og ålegress, små og store fisk). Dette gir gode data om biomangfold og økosystemet, samt størrelse, mengde og rekruttering av fisk i grunne bløtbunnsområder i Oslofjorden. Samtidig tas det genetikkprøver av utvalgte arter, som kan si noe om bestandsstruktur. Videre registreres siktedyp og mengde av makrolager og ålegress. Stasjonene ligger både innenfor og utenfor de skisserte null-fiskeområdene. Det gjennomføres også strandnottrekk vestover langs Skagerrakkysten. Her er det derfor før-data både i skisserte null-fiskeområder, Oslofjorden for øvrig og i kontroll utenfor tiltaksområdet. Nye stasjoner kan ved behov (og finansiering) suppleres.

2. *Akustisk-tråltokt på brisling og sild*

Rekruttering, geografisk fordeling, dødelighet, individvekst og sub-populasjon dynamikk. Toktet ble gjennomført i 2018 og 2022, og er planlagt for 2024.

3. *Garnfiske (trollgarn)*

I disse undersøkelsene benyttes trollgarn som dekker et bredt størrelsesspekter av bunnfisk. Stasjonene i tiltaksområdet ligger innenfor de foreslåtte null-fiskeområdene (Færeder og Hvaler). Samtidig gjennomføres samme typer undersøkelser i Jomfrulandsrenna og Lillesand. Disse kan brukes som kontrollområder. All fangst registreres og lengdemåles, og det tas mageprøver av torsk for diettanalyse. Garnfisket medfører dødelighet og innsats bør veies opp mot databehov for å minimere påvirkninger i tiltaksområdet.

4. *Surveytidsserier på plankton (Plante- og dyre-plankton) og vannkjemi i Oslofjorden*

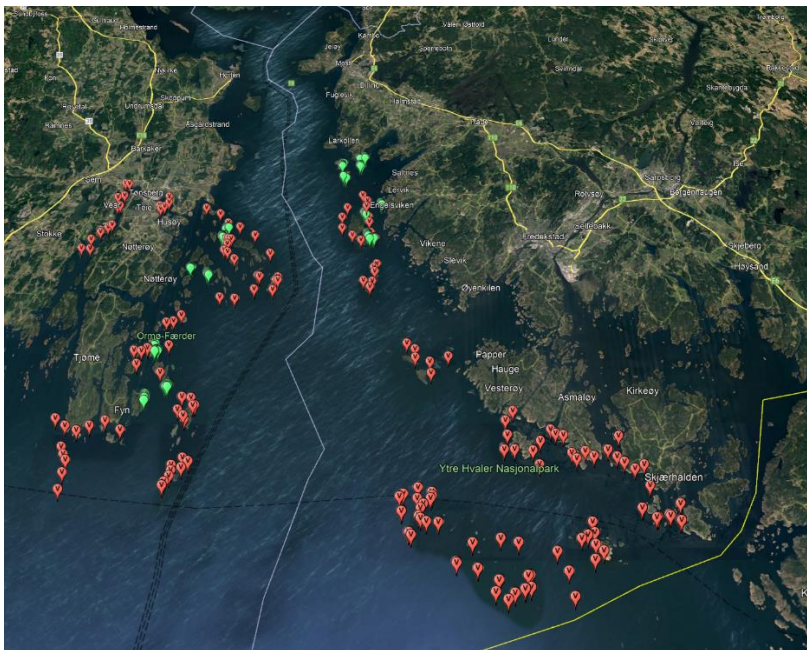
Tidsserien startet opp i 1995 og har i dag en månedlig dekning av Oslofjorden, Skagerrakkysten og åpen Skagerrak. Stasjoner finnes både innenfor de skisserte null-fiskeområdene og i Oslofjorden for øvrig. Prøvetagning gjennomføres også lengre vest (Telemark og Agder) og i Skagerrak (kontroll). I forbindelse med toktene innhentes det data for vurdering av nærings salt (nitrogen og fosfat) i hele vannsøylen. Den kjemiske delen av programmet har fokus på eutrofieringss spørsmål. Programmet foretar prøvetakning av dyreplankton ved utvalgte stasjoner (Missingen, Breianger, Langesundsbukta, Risør og Arendal) med prøver for artssammensetning og biomasse. Planteplankton er inkludert på alle stasjoner i området og dekker biomasse og sammensetning. Programmet har fokus på overflatevann, men dekker hele vannsøylen. Programmet inkluderer også fysiske parametere, temperatur, saltholdighet og lys. Det kan nevnes at Fagrådet for ytre Oslofjord og Indre Oslofjord har pågående program for vannkjemi. For ytre del dekker disse programmene sidefjordene (eks indre Hvaler).



5. Agnede stereo-video-rigger (BRUVs)

Det er innsamlet data med BRUVs i Ytre Oslofjord i 2017, 2018, 2019 og 2024. Stasjoner både innenfor det skisserte null-fiskeområdet og i tiltaksområdet for øvrig (se Fig. 1). BRUVs brukes nå i en rekke studier av effekter på fiskesamfunn knyttet til bevaringsområder både nasjonalt og internasjonalt (se Letessier et al. 2024). Standardisert datainnsamling med BRUVs gir også mulighet til å sammenligne data med en rekke andre områder i Skagerrak (slik som svenske null-fiskeområder og kontroller, samt Raet nasjonalpark). Prosjekter av nyere dato (EuRockfish og MARHAB) har etablert stereovideo stasjonsnett i Ytre Oslofjord fra og med høsten 2024, der også BRUV-data fra tidligere år blir benyttet.

BRUVs kan samle inn indikatorer på bunnfisk, evertebrater (e.g. krabbe og hummer) og habitat, slik som relativ tetthet, størrelsesdistribusjon, artsdiversitet, maksstørrelse etc. på ulike trofiske nivå. Pelagiske BRUVs kan også benyttes for å kartlegge pelagiske fiskesamfunn, dette er ikke testet ut i Skagerrak tidligere. Det er ikke planlagt nye undersøkelser med BRUVs i Oslofjorden på nåværende tidspunkt.



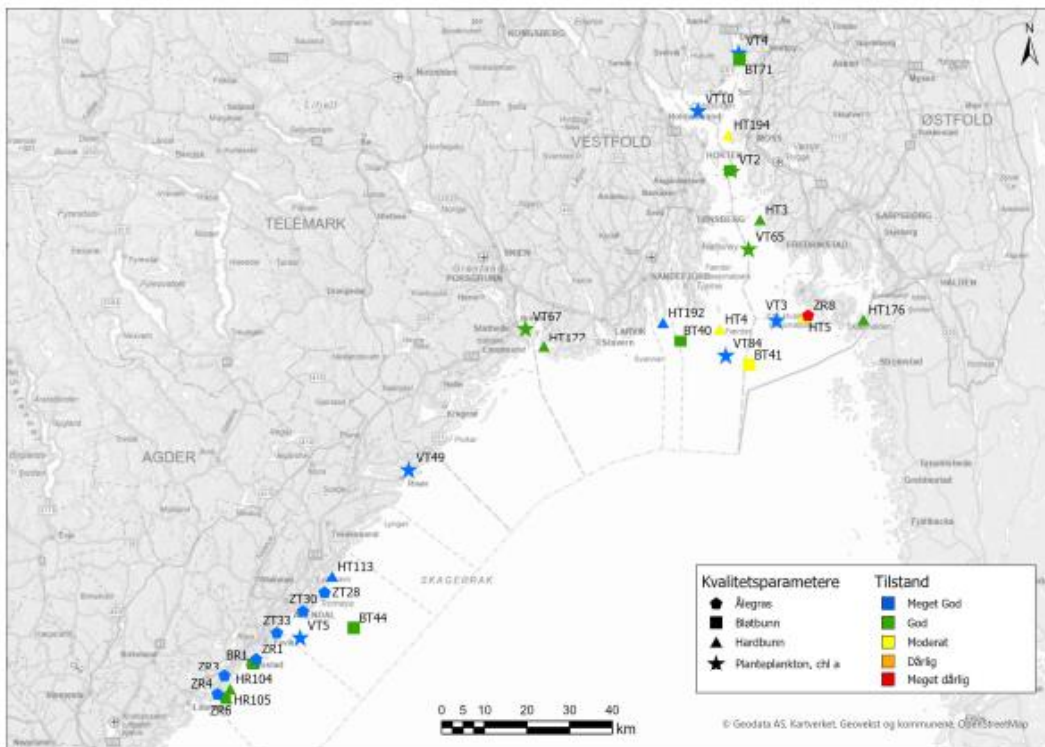
Figur 1: BRUV-stasjoner i Ytre Oslofjord. Røde: Gjennom prosjektet "Krafttak for kysttorsk" (2017-2019), grønne: Gjennom prosjektet "EuRockFish" (2024)

6. Økokyst, og eutrofiobservasjon (kan linkes til pkt4)

Økokyst-programmet gjennomføres på oppdrag for Miljødirektoratet. Programmets mål er å overvåke økosystemet i norske kyst- og fjordområder. Dette gjøres i hovedsak gjennom å dokumentere hvordan tilstanden i deler av økosystemet påvirkes av i) eutrofiering og organisk



belastning og ii) hvordan klimaendringer. Overvåkningen inkluderer hardbunnsamfunn (også tareskog som er viktige habitater og sårbar for hetebølger i Skagerrak, Filbee-Dexter et al. 2020), bløtbunnsamfunn og vannkjemi, og inkluderer flere programmer i fjorden. Økokyst bygger på overvåkning i Kystovervåkning og Sukkertareovervåkningen og har tidsserier i ytre Oslofjord på ålegress, hardbunn, bløtbunn og planteplankton fra 1990 og frem til i dag. Programmet er et samarbeid mellom HI og Norconsult (Lundsør et al. 2023). Overvåkningen for Fagrådet for Ytre Oslofjord ledes av NIVA og bygger på overvåkning som har foregått siden 2001. Overvåkningen av indre Oslofjord er et samarbeid mellom NIVA og UiO på oppdrag av Fagrådet for vann og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. Data samles også inn i andre deler av Skagerrakkysten. Det er relativt få målepunkter innenfor tiltaksområdet, så en eventuell utvidelse bør vurderes.



Figur 2. Oversikt over alle stasjoner og parametere som inngår i Økokyst delprogram Skagerrak 2023. Kilde: Lundsør et al. 2023.

Det er forventet at NMBU, Universitetet i Oslo og NIVA forvalter relevante tidsserier med data fra ulike deler av tiltaksområdet. En koordinering mellom disse institusjonene, samt HI, vil være nødvendig for å sikre en felles strategi for følgeforskning. En sammenstilling av data fra de ulike institusjonene er underveis i arbeidet med oppdatert tilstandsrapport for Oslofjorden bestilt av Miljødirektoratet.



Potensielle indikatorer

Indikatorer kan være på ulike nivå og detaljgrad ut fra hvilke forskningsspørsmål som stilles. Bruk av kontrollområder er nødvendig for å sikre høy vitenskapelig kvalitet. Styrken i et prosjekt som Oslofjorden er at man kan sammenligne effekter innenfor og utenfor tiltaksområdet og på den måten få klarere indikasjoner på hvilke endringer som skyldes forvaltningstiltakene versus andre typer påvirkninger og endringer.

Det bør skilles mellom direkte og indirekte effekter. Direkte effekter er effekter på målarter som får en direkte beskyttelse gjennom forvaltningstiltakene. Indirekte effekter er effekter som forplanter seg i økosystemet og er avhengig av de direkte effektene inntreffer. Direkte effekter er det man vil kunne forvente å observere først. Med et relativt kort tidsperspektiv på 10 år er det derfor de direkte effektene det bør være hovedfokus på. Det bør derimot også samles inn data på indikatorer på indirekte effekter slik at dette kan evalueres og øke forståelsen av økosystemeffekter av forvaltningstiltakene. Havforskningsinstituttet kan sette opp en mer detaljert forskningsplan for å måle økosystemeffekter på ulike trofiske nivå. Dette betinger en dialog med forvaltningen for å avklare forventninger og en felles definisjonsforståelse av økosystemeffekter.

For å identifisere direkte effekter av forvaltningstiltak på målarter, anbefaler HI at det benyttes indikatorer som tetthet, abundans, biomasse, alders- og størrelsessammensetning og maksstørrelse på arter, samt artsdiversitet. Ved å kombinere data fra strandnot, BRUVs, pelagisk tokt (brisling og sild) og garnfiske kan flere av disse indikatorene identifiseres på ulike trofiske nivå. Dette er standard prosedyrer for å evaluere effekter av marine bevaringsområder og har blitt benyttet i en rekke studier globalt. Det vil være et behov for å styrke innsatsen på BRUVs og samtidig sikre kontinuitet i pelagisk tokt i Oslofjorden. En mer systematisk innsamling av miljøDNA i Oslofjorden kan også bidra til kunnskapsproduksjonen.

Indirekte effekter kan potensielt opptre i på ulike trofiske nivå, fra tare- og ålegressamfunn (se Fibee-Dexter et al. 2024) til diett hos sjøfugl. Eksisterende datainnsamling nevnt ovenfor kan bidra noe i å observere eventuelle indirekte effekter. Videre vil metodikk som brukes i blant annet økokyst og surveytidsserier på plankton kunne bidra i denne datainnsamlingen.

Systematisk datainnsamling og analyse for å identifisere direkte og indirekte effekter kan også bidra til å utvikle en økosystemmodell for Oslofjorden.

Oppsummering indikatorer og tidsserier:

Flere av tidsseriene nevnt ovenfor kan inngå i følgeforskningen for å observere direkte og indirekte effekter. Indikatorer på direkte effekter kan støtte seg på eksisterende datainnsamling, men det vil være behov for en helhetlig vurdering og mulig utvidelse av datainnsamlingen. Dette avhenger av



forvaltningens forventninger. Som nevnt er en sammenstilling av data fra de ulike forskningsinstitusjonene underveis i arbeidet med oppdatert tilstandsrapport for Oslofjorden bestilt av Miljødirektoratet. Videre jobbes det i prosjektet CoastRisk nå med å ferdigstille oversikter over anbefalte indikatorer for kystområder, inkludert Oslofjorden, for disse økosystemegenskapene, samt for menneskelig aktivitet og ulike påvirkningsfaktorer. Dette arbeidet forventes publisert i første halvdel av 2025.

Nullfiskeområder

F. dir spørsmål: Dersom det kun innføres et eller to nullfiskeområder, hva vil det ha si for effektene i økosystemet, herunder om det er en lineær eller eksponentiell sammenheng mellom størrelsen på området og effekten på økosystemet.

Selv i alternativ 3 vil kommersielt fiske i form av bunntråling forekomme i betydelige deler av tiltaksområdet, og dette, sammen med annen fiskeriaktivitet, reduserer sannsynligheten for større bevarings- og restaureringseffekter i totalområdet. Det er derfor utfordrende å vurdere den samlede effekten i hele Oslofjorden. Likevel, basert på en omfattende forskningslitteratur, er det gode faglige holdepunkter for å forvente positive effekter på økosystemet i null-fiskeområder. Effekter av null-fiskeområder oppstår som en effekt av størrelse på området og varighet av tiltaket (samt håndhevelse og grad av isolasjon) (Edgar m.fl. 2014).

Størrelsen på biologiske effekter av fullt beskyttede områder (null-fiske) viser ofte en lineær sammenheng med størrelse og varighet (Claudet m.fl. 2008). Tettheten/responsen til målarter (kommersielle arter) øker med størrelsen til nullfiskeområder, og effekten på alders- og størrelsessammensetningen til målarter samt artsmangfoldet øker med alder på tiltaket (Ziegler m.fl. 2024).

Synergier i form av nettverkseffekter (e.g., Jonsson m.fl. 2016) er sannsynlige dersom nettverk matcher med mønstre for konnektivitet (sammenkoblinger) i tiltaksområdet (Sève m.fl. 2023). For eksempel kan dette være relevant for arter som har en romlig adferd og livssyklus som innebærer næringsvandring i ytre fjord og gytevandring til indre fjord, og/eller benytter indre fjord som oppvekstområde. Det er sannsynlig at dette var et mønster (historisk) for bestander tidligere betegnet som «innsigstorsk» med næringsvandring i Skagerrak og gytevandring til bassenger i Indre Oslofjord. Det vil derfor forventelig være en styrke at det etableres null-fiskeområder både i indre og ytre Oslofjord. Hvorvidt tiltakene er tilstrekkelige for å restaurere slike effekter, eller hvorvidt fiskepresset i områdene som forblir åpne for fiske vil være til hinder for å restaurere slik dynamikk er krevende å forutsi.



Referanser

Aarflot, J.M., Naustvoll, L.-J., Moy, F., Norderhaug, K.M., Berg, F., Kvamme, C., Søvik, G., Kleiven, A.R., Albretsen, J., Freitas, C., Thorbjørnsen, S.H., Falkenhaus, T. 2024. Pilotprosjekt for vurdering av samlet påvirkning i Oslofjorden – Ytre del. Rapport fra Havforskningen 2024-15.

Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2024-15>

Baumgartner T, Soutar A, Ferreira V (1992) Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. Calif Coop Oceanic Fish Invest Rep 33: 24–40.

Claudet, J., Osenberg, C.W., Benedetti-Cecchi, L., Domenici, P., García-Charton, J.-A., Pérez-Ruzafa, Á., Badalamenti, F., Bayle-Sempere, J., Brito, A., Bulleri, F., Culioli, J.-M., Dimech, M., Falcón, J.M., Guala, I., Milazzo, M., Sánchez-Meca, J., Somerfield, P.J., Stobart, B., Vandeperre, F., Valle, C. and Planes, S. 2008. Marine reserves: size and age do matter. *Ecology Letters*, 11: 481-489.

<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01166.x>

Cury, P.M. et al. 2011. Global Seabird Response to Forage Fish Depletion—One-Third for the Birds. *Science* 334:1703-1706. <https://doi.org/10.1126/science.1212928>

Dickey-Collas, M., G. H. Engelhard, A. Rindorf, K. Raab, S. Smout, G. Aarts, M. van Deurs, T. Brunel, A. Hoff, R. A. M. Lauerburg, S. Garthe, K. Haste Andersen, F. Scott, T. van Kooten, D. Beare, M. A. Peck. 2014. Ecosystem-based management objectives for the North Sea: riding the forage fish rollercoaster. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 71, Issue 1, Pages 128–142, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst075>

Edgar, G., Stuart-Smith, R., Willis, T. et al. 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506:216–220. <https://doi.org/10.1038/nature13022>

Engelhard, G.H., Myron A. Peck, Anna Rindorf, Sophie C. Smout, Mikael van Deurs, Kristina Raab, Ken H. Andersen, Stefan Garthe, Rebecca A.M. Lauerburg, Finlay Scott, Thomas Brunel, Geert Aarts, Tobias van Kooten, Mark Dickey-Collas. 2014. Forage fish, their fisheries, and their predators: who drives whom?, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 71, Pages 90–104,

<https://doi.org/10.1093/icesjms/fst087>

Falkenhaus, T., Dalpadado, P. 2014. Diet composition and food selectivity of sprat (*Sprattus sprattus*) in Hardangerfjord, Norway *Marine Biology Research*, 10:203-215.

<https://doi.org/10.1080/17451000.2013.810752>



Fauchald, P. 2010. Predator-prey reversal: A possible mechanism for ecosystem hysteresis in the North Sea? *Ecology* 91(8): 2192-2197 <https://doi.org/10.1890/09-1500.1>

Ferter, K., Otterå, H., Christman, M., Kleiven, A.R., Weltersbach, M.S., Gundersen, S. Djønne, C., Bjelland, O., Hartill, B., Lyle, J., Hyder, K., Borch, T., Vølstad, J.H. 2023. Integrating complementary survey methods to estimate catches in Norway's complex marine recreational hook-and-line fishery, *ICES Journal of Marine Science* 80(1): 107–121, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac216>

Filbee-Dexter, K., Wernberg, T., Grace, S.P. J. Thormar, S. Fredriksen, C. N. Narvaez, C. J. Feehan, Norderhaug KM (2020) Marine heatwaves and the collapse of marginal North Atlantic kelp forests. *Sci Rep* 10:13388 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70273-x>

Jónasdóttir, S.H. Fatty Acid Profiles and Production in Marine Phytoplankton. *Mar. Drugs* **2019**, *17*, 151. <https://doi.org/10.3390/md17030151>

Jonsson, P.R., Nilsson Jacobi, M., Moksnes, P.-O. 2016. How to select networks of marine protected areas for multiple species with different dispersal strategies. *Diversity Distrib.*, 22:161-173. <https://doi.org/10.1111/ddi.12394>

Kleiven, AR., Fernandez-Chacon, A., Nordahl, J-H., Moland, E., Espeland, SH., Knutsen, H. Olsen, EM. 2016. Harvest pressure on coastal Atlantic cod (*Gadus morhua*) from recreational fishing relative to commercial fishing assessed from tag-recovery data. *PLOS ONE* 11(3): e0149595. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149595>

Kleiven, A.R., Lyle, J., Ferter, K., Espeland, S.H., Kleiven P.J.N., Christensen, L., Vølstad, J.H. 2019. Hummerfisket 2018 og 2019: Innsats og fangst. Rapport fra Havforskningen 2019-39. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-39>

Friedrich W. Köster, Bastian Huwer, Hans-Harald Hinrichsen, Viola Neumann, Andrei Makarchouk, Margit Eero, Burkhard V. Dewitz, Karin Hüsey, Jonna Tomkiewicz, Piotr Margonski, Axel Temming, Jens-Peter Hermann, Daniel Oesterwind, Jan Dierking, Paul Kotterba, Maris Plikshs, Eastern Baltic cod recruitment revisited—dynamics and impacting factors, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 74, Issue 1, January-February 2017, Pages 3–19, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw172>

Knutsen, J.A., Knutsen, H., Gjøsæter, J., Jonsson, B. 2001. Food of anadromous brown trout at sea. *Journal of Fish Biology*, 59(3): 533-543. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb02359.x>

Knutsen, J.A., Knutsen, H., Olsen E.M., Jonsson, B. 2004. Marine feeding of *Salmo trutta* during winter. *Journal of Fish Biology*, 64(1): 89-99. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.00285.x>



Lundsør, E., Falkenhaus, T., Thormar, J., Moy, F., Naustvoll, L. 2023. Økokyst Skagerrak – Årsrapport 2022. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2024/juni-2024/okokyst--delprogram-skagerrak-arsrapport-2023/>

Opdal, A.F., Andersen, T., Hessen, D.O., Lindemann, C., Aksnes, D.L., 2023. Tracking freshwater browning and coastal water darkening from boreal forests to the Arctic Ocean. *Limnol Oceanogr Letters* 10:10320. <https://doi.org/10.1002/lol2.10320>

Quintela, M., Kvamme, C., Bekkevold, D., et al. 2020. Genetic analysis redraws the management boundaries for the European sprat. *Evol Appl.* 13: 1906–1922. <https://doi.org/10.1111/eva.12942>

Selvaag, S., Aas, Ø., Borch, T., Kleiven, A.R., Stnsland, S. 2021. Fritidsfiskevaner i saltvann blant bosatte i Norge. En oversikt over fiskeatferd, motive og holdninger til fangstreguleringer. NINA Rapport 1857. Norsk Institutt for Naturforskning. <https://brage.nina.no/nina-xmlui/handle/11250/2679961>

Sève, C., Belharet, M., Melià, P., Di Franco, A., Calò, A., & Claudet, J. 2023. Fisheries outcomes of marine protected area networks: levels of protection, connectivity, and time matter. *Conservation Letters*, 16:e12983. <https://doi.org/10.1111/conl.12983>

Solberg, I., A. Røstad, S. Kaartvedt. 2015. Ecology of overwintering sprat (*Sprattus sprattus*), *Progress in Oceanography*, Volume 138, Part A, Pages 116-135, <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.08.003>.

Tveit, M.B. 2023. Fishing for answers: A historical analysis of 150 years of fisheries landings in Skagerrak. Masteroppgave, Universitet i Agder, <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/handle/11250/3080218>

Ziegler, S. L., Brooks, R. O., Bellquist, L. F., Caselle, J. E., Morgan, S. G., Mulligan, T. J., Ruttenberg, B. I., Semmens, B. X., Starr, R. M., Tyburczy, J., Wendt, D. E., Buchheister, A., Jarrin, J. R. M., Pasparakis, C., Jorgensen, S. J., Chiu, J. A., Colby, J., Coscino, C. L., Davis, L., ..., Hamilton, S. L. 2024. Collaborative fisheries research reveals reserve size and age determine efficacy across a network of marine protected areas. *Conservation Letters*, 17:e13000. <https://doi.org/10.1111/conl.13000>