

# Muligheter og prioriteringer for flerbestandsforvaltning i norske fiskerier

Geir Huse, Mette Skern-Mauritzen, Bjarte Bogstad, Per Sandberg, Trond Ottemo, Anne Kjos Veim, Elisabeth Sør Dahl og Bernt Bertelsen



# Prosjektrapport

**Rapport:**

FISKEN OG HAVET

**Nr. – År:**

7–2018

**Dato:**

20.04.2018

**Distribusjon:**

Åpen

**Tittel (norsk og engelsk):**

Muligheter og prioriteringer for flerbestandsforvaltning i norske fiskerier

*Possibilities and priorities for multispecies management in Norwegian fisheries***Antall sider totalt:**

50

**Program:**

Marine prosesser og menneskelig påvirkning

**Forfattere:**

Geir Huse, Mette Skern-Mauritzen, Bjarte Bogstad, Per Sandberg, Trond Ottemo, Anne Kjos Veim, Elisabeth Sør Dahl og Berni Bertelsen

**Sammendrag (norsk):**

Denne rapporten svarer opp en henvendelse fra Stortinget som har bedt regjeringen utarbeide en opptrappingsplan for norsk bestands- og ressursforskning med mål om å utvikle og innføre en modell for flerbestandsforvaltning av fiskeriene. Flerbestandsforvaltning er et sentralt begrep innen økosystembasert forvaltning, der hensyn til økologiske prosesser er integrert slik at forvaltning av en bestand ses i sammenheng med andre bestander i økosystemet. Utvalget anbefaler ingen generell overgang til flerbestandsforvaltning. Det som trengs etter vårt syn er individuelle vurderinger av de forskjellige bestandene i forhold til om der er sterke trofiske interaksjoner, forskningsmessig basis og enighet blant interessenter. Nedenfor har vi listet opp hvilke bestander og forskningsoppgaver vi mener bør prioriteres for å styrke kunnskapsgrunnlaget for flerbestandsforvaltning

**Summary (English):**

This report is a response to a request from the Storting that has asked the government to draw up a plan for Norwegian stock research with the aim of developing and introducing a model for multispecies management of fisheries. Multispecies management is a key concept in ecosystem-based management, with consideration for ecological processes integrated so that management of a stock is seen in conjunction with other stocks. The committee recommends no general transition to multispecies management. Instead we argue that individual assessments of the different stocks are needed in relation to whether there are strong trophic interactions, research base and unity among stakeholders. Below we have listed what stocks and research tasks we believe should be prioritized to strengthen the knowledge base for multispecies management.

**Emneord (norsk):**Ressursforskning  
flerbestandsforvaltning  
økosystembasert forvaltning  
økologiske interaksjoner**Subject heading (English):**Resource research  
multispecies management  
ecosystem based management  
ecological interactions

---

Geir Huse  
forskningsdirektør

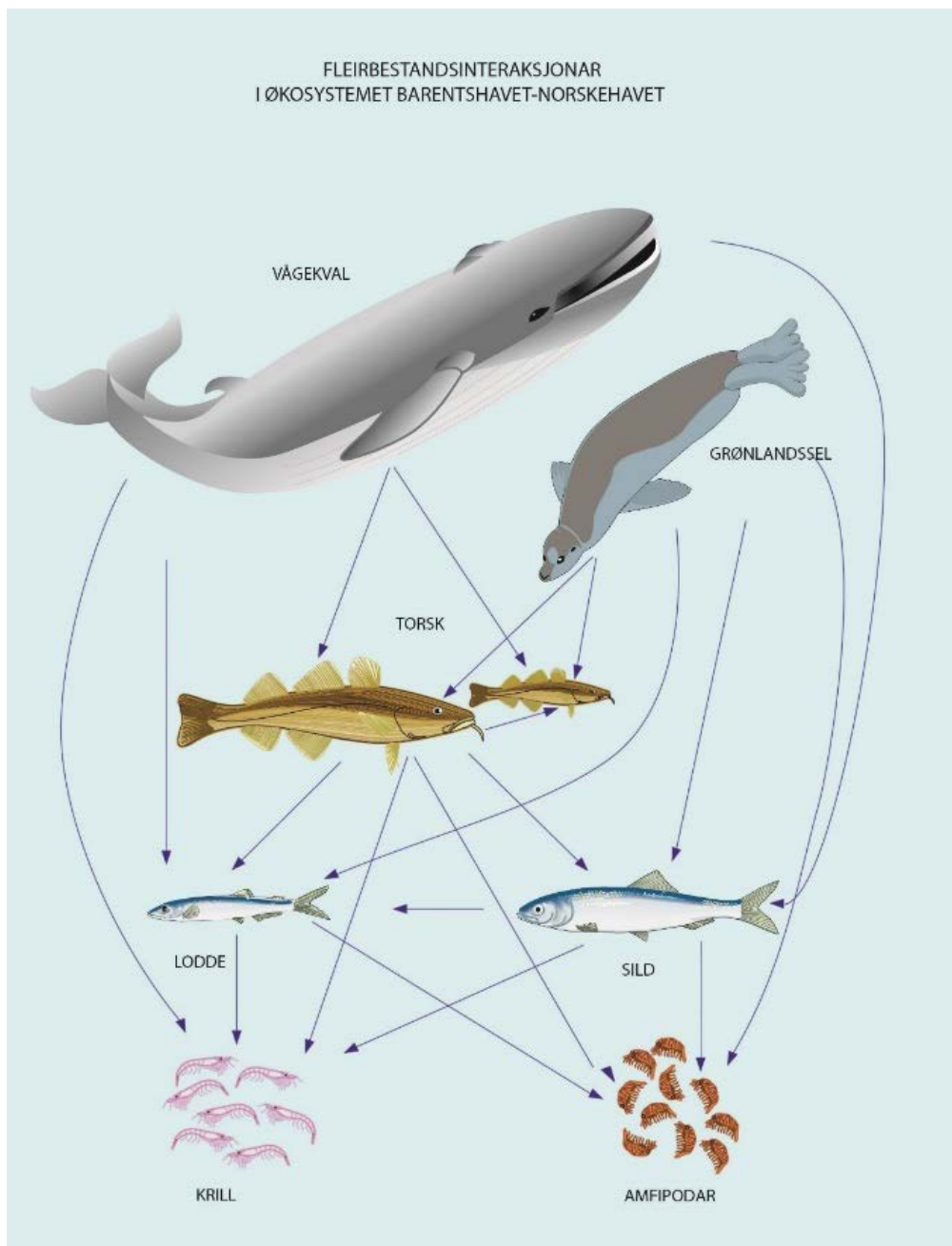
---

Frode Vikebø  
programleder



# Muligheter og prioriteringer for flerbestandsforvaltning i norske fiskerier

Geir Huse, Mette Skern-Mauritzen, Bjarne Bogstad, Per Sandberg, Trond Ottemo, Anne Kjos Veim, Elisabeth Sjørdahl og Bernt Bertelsen



## Innhold

Sammendrag .....	4
1. Introduksjon .....	6
1.1 Mandat .....	6
1.2 Avgrensning .....	7
2. Forvaltningsmessige målsettinger for og konsekvenser av flerbestandsforvaltning .....	8
2.1 Forvaltningsmål i norske fiskerier .....	8
2.2 Økonomiske konsekvenser for ulike flåtegrupper .....	9
2.3 Behovet for internasjonalt samarbeid .....	10
3. Kunnskapsstatus innen flerbestandsforskning .....	11
3.1 Historisk utvikling av flerbestandsforskning .....	11
3.2 Datagrunnlag .....	12
3.3 Prosess-studier .....	14
3.4 Modellverktøy .....	15
3.5 Ulike typer modeller brukes til ulike problemstillinger .....	17
4. Relevante former for flerbestandsforvaltning .....	18
4.1 Flerbestand i norsk fiskeriforvaltning .....	18
4.2 Høsting av bestander med sterke interaksjoner .....	19
4.3 Beskatning når bestander er (for) store .....	20
4.4 Høsting av lite utnyttede ressurser .....	20
4.5 Økosystemenes bæreevne og samlet uttak .....	21
4.6 Blandingsfiskeri .....	21
4.7 Valg av hensiktsmessige tilnærminger og modeller .....	22
5. Prioriterte forskningsbehov for opptrapping av flerbestandsforvaltning .....	25
5.1 Predasjon av makrell på nvg-sild og kolmule .....	25
5.2 Predasjon fra torsk på uer, reke, sild og snøkrabbe .....	25
5.3 Predasjon av sild og makrell på raudåte i Norskehavet .....	26
5.4 Effekt av tarehøsting på rekruttering av fiskebestander på kysten .....	26
5.5 Predasjon av hval og sel på sild, lodde, krill og makrell .....	26
5.6 Effekt av raudåte på rekruttering hos nvg-sild, torsk, sei og hyse .....	26
5.7 Predasjon av hvitfisk på kommersielt viktige bestander i Nordsjøen .....	27
5.8 Effekt av høsting av mesopelagisk fisk på næringsnett .....	27
5.9 Tekniske interaksjoner – blandingsfiskeri etter hvitfisk i Nordsjøen .....	27
5.10 Tekniske interaksjoner – blandingsfiskeri etter leppefisk .....	27
6. Konklusjon .....	27
7. Referanser .....	28

## Sammendrag

Denne rapporten svarer opp en henvendelse fra Stortinget som har bedt regjeringen utarbeide en opptrappingsplan for norsk bestands- og ressursforskning med mål om å utvikle og innføre en modell for flerbestandsforvaltning av fiskeriene. Flerbestandsforvaltning er et sentralt begrep innen økosystembasert forvaltning, der hensyn til økologiske prosesser er integrert slik at forvaltning av en bestand ses i sammenheng med andre bestander i økosystemet. Forskning på hvordan ulike bestander av fisk og sjøpattedyr påvirker hverandre gjennom predasjon og konkurranse startet på begynnelsen av 1980-tallet, da to parallelle aktiviteter ble satt i gang. Den ene var utviklingen av en flerbestandsmodell for Nordsjøen i regi av ICES (Det internasjonale råd for havforskning) og der alle landene rundt Nordsjøen, inkludert Norge, deltok. Her ble det teoretiske grunnlaget for en slik modell utviklet samtidig med at det ble utført en omfattende diettundersøkelse av de viktigste predatorerne i 1981. Den andre var utviklingen av en flerbestandsmodell for Barentshavet – MULTSPEC – som ble gjort ved Havforskningsinstituttet, sammen med oppstarten av årlig innsamling av diettdata for torsk sammen med PINRO i Russland, en aktivitet som fortsatt pågår. Den store forskningsinnsatsen ble motivert av kollapser i loddebestanden og betydelige ringvirkninger av dette, samt at sjøpattedyrs konsum av fisk ble trukket inn som en grunn til å opprettholde norsk fangst av sjøpattedyr.

Selv om oppdraget med utarbeidelsen av rapporten er knyttet til et mål om å innføre en modell for flerbestandsforvaltning av fiskeriene, så er det viktig å presisere at det ikke nødvendigvis er slik at alle bestander skal forvaltes gjennom flerbestandsforvaltning. Det er tre viktige premisser som bør være på plass for at man skal iverksette flerbestandsforvaltning. For det første må der være sterke økologiske interaksjoner i form av predator-bytte-interaksjoner eller fødekonkurranse. Dernest må der være en forskningsmessig basis som gjør at man har god forståelse av sammenhengene eller at interaksjonene er forutsigbare fra år til år. For det tredje må der også være enighet om målsetninger blant interessenter om avveininger og prioriteringer.

Behovet for enighet om målsetninger blant interessenter kan involvere både avveininger mellom flåtegrupper og internasjonale forhandlinger. En generell anbefaling er å ha en klargjørende diskusjon når det gjelder mål med flerbestandsforvaltning knyttet til avveininger mellom bestander. Man kan altså ikke se på de økologiske problemstillingene isolert fra de praktiske forvaltningsutfordringene man opererer under. Dette er i tråd med ICES sine vurderinger av basis for flerbestandsforvaltning (Rindorf et al. 2013). Så selv om flerbestandsforvaltning er nyttig der det er sterke interaksjoner mellom bestander, så er det også kompliserende for forhandlinger mellom land og flåtegrupper. En slik forvaltning bidrar og med usikkerhet ved at man baserer seg på flere bestandsestimater og bruk av interaksjonsparametre. Det vil også være økte kostnader i form av større behov for forskning, overvåking og rådgivning. Dette må veies mot fordelene man kan oppnå gjennom flerbestandsforvaltning med en mer bevisst avveining av høstingsstrategi og bedre beregning av bestandsdynamikk og mer presise kvoteråd. I tillegg til den rene flerbestandsforvaltningen kommer avveininger der høsting på nøkkelkomponenter i økosystemet bør tas i betraktning og tekniske interaksjoner gjennom blandingsfiskerier, der forvaltning av artene må ses i sammenheng fordi de fanges i samme redskap, ikke fordi de inngår i økologiske interaksjoner.

Utvalget anbefaler ingen generell overgang til flerbestandsforvaltning. Det som trengs etter vårt syn er individuelle vurderinger av de forskjellige bestandene i forhold til de tre premissene nevnt ovenfor knyttet til sterke trofiske interaksjoner, forskningsmessig basis og enighet blant

interessenter. Nedenfor har vi listet opp hvilke bestander og forskningsoppgaver vi mener bør prioriteres for å styrke kunnskapsgrunnlaget for flerbestandsforvaltning:

1. Predasjon av makrell på nvg-sild og kolmule
2. Predasjon fra torsk på uer, reke, sild og snøkrabbe
3. Predasjon av sild og makrell på raudåte i Norskehavet
4. Effekt av tarehøsting på rekruttering av fiskebestander på kysten
5. Predasjon av hval og sel på sild, lodde, krill og makrell
6. Effekt av raudåte på rekruttering hos nvg-sild, torsk, sei og hyse
7. Predasjon fra hvitfisk på tobis, øyepål, sild, brisling og fiskeyngel i Nordsjøen
8. Effekt av høsting av mesopelagisk fisk på næringsnettet
9. Tekniske interaksjoner - blandingsfiskeri etter hvitfisk i Nordsjøen
10. Tekniske interaksjoner - blandingsfiskeri etter leppefisk

Våre anbefalinger involverer altså kommersielt og økologisk viktige bestander der det forventes å være sterke interaksjoner og der vi mener at et styrket kunnskapsgrunnlag kan legge grunnlag for opptrapping av flerbestandsforvaltning dersom interessentene kommer til enighet om dette. Utvalget anbefaler også at effekter på økosystemet tas med som standard kriterium i evaluering av høstingsregler i tillegg til de vanlige kriteriene knyttet til langtidsutbytte og bestandsdynamikk.

# 1. Introduksjon

## 1.1 Mandat

Ved Stortingets behandling av Meld. St. 10 (2015-2016) *Sjømatindustrimeldingen* ble det fattet anmodningsvedtak hvor "Stortinget ber regjeringen utarbeide en opptrappingsplan for norsk bestands – og ressursforskning med mål om å utvikle og innføre en modell for flerbestandsforvaltning av fiskeriene". For å utarbeide en slik plan nedsatte Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) høsten 2016 en arbeidsgruppe ledet av NFD og med medlemmer fra Havforskningsinstituttet (HI) og Fiskeridirektoratet (Fdir). Gruppen har hatt fire møter og denne rapporten oppsummerer gruppens arbeid.

Det er behov for å definere hva vi legger i flerbestandsforvaltning, og hvordan flerbestandsforvaltning er relatert til økosystembasert forvaltning og økosystembasert fiskeriforvaltning. I en **økosystembasert forvaltning** forvaltes menneskelig aktivitet på tvers av ulike sektorer som petroleum, transport og fiskeri, der fiskeri bare drøftes i den hensikt å gjøre rede for hvilke krav en må sette til andre sektorer for at en skal kunne gjennomføre en bærekraftig fiskeriforvaltning, eller med hensyn til hvilke krav en må sette til fiskeriene for at aktiviteter i andre sektorer skal kunne gjennomføres. Forvaltningsplanene for Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet er de sentrale redskapene i økosystembasert forvaltning av våre havområder. Her gjøres det for eksempel rede for kunnskapsstatus og kunnskapsbehov for å bevare en best mulig sameksistens mellom slike aktiviteter. I en **økosystembasert fiskeriforvaltning** ses forvaltning av fiskeriressursene i sammenheng med prosesser i økosystemene, som næringskonkurranse og predasjon, som påvirker produksjonen i de høstede bestandene samt hvordan fiskeriene påvirker økosystemene.

**Flerbestandsforvaltning** er et sentralt begrep innen økosystembasert fiskeriforvaltning, der nettopp hensyn til disse prosessene er integrert og der forvaltning av en bestand ses i sammenheng med andre bestander i økosystemet.

Forvaltning av fiskeriressursene krever regulering av årlig uttak, regulering av hvor mange som kan delta i fisket og hvor, når og på hvilken måte fisket skal foregå. Flerbestandsforskning og flerbestandsforvaltning kan bidra til en bedre måloppnåelse av forvaltning av de marine ressursene, men det kan være nyttig å foreta en avgrensning av hvilken forskning og hvilke reguleringsgrep som er relevante.



Figur 1. Oversikt over de forskjellige begrepene knyttet til økosystembasert fiskeriforvaltning.

## 1.2 Avgrensning

**Flerbestandsforskning** dekker forskning på levende marine ressurser der det fokuseres på mer enn en art eller en bestand, og der bestandene påvirker hverandre. Et eksempel er forskning for å kjenne til hvor mye en predatorbestand spiser av en byttedyrbestand. Torskens konsum av lodde i Barentshavet har vært overvåket over mange år, og gir kunnskap som benyttes når de årlige totalkvotene for lodde fastsettes. Et annet eksempel er forskning for å forstå hvordan ulike fiskebestander konkurrerer om næringstilgang, eller hvordan vekst av en fiskebestand kan bidra til at andre fiskebestander fortrenses eller får dårligere vekstvilkår. Et tredje forskningsområde kan være større forståelse for energiflyten fra bunn til topp i et marint økosystem, og hvilken rolle ulike bestander spiller i denne energiflyten.

Nøkkelarter er ofte arter som har en spesielt sentral rolle i denne energiflyten, høsting av slike nøkkelarter vil derfor potensielt kunne påvirke mange andre bestander i økosystemet. Det vil være flere eksempler, men det som er felles for dem er forskning på hvordan en eller flere arter påvirker hverandre gjennom predasjon eller gjennom konkurranse om næringstilgang. I tillegg vil også forskning på fiskerienes samtidige påvirkning på flere bestander gjennom bifangst og tekniske interaksjoner gjennom blandingsfiskerier også kunne falle inn under flerbestandsforskning. Vi skal senere presentere en liste over det vi mener er de mest aktuelle områdene å gå videre med innen flerbestandsforskning relevant for norsk fiskeriforvaltning.

Som det vil fremgå nedenfor er de økologiske sammenhengene komplekse. Dette innebærer et behov for å bygge ulike typer modeller og bruke disse til å beregne konsekvensene av enten naturlige endringer i havmiljøet, endringer i marine ressurser eller høsting. En kan på denne måten teste ulike scenarier, noe som både kan gjøres for å øke kunnskapsgrunnlaget om det økosystemet og de ressurser vi forvalter, men også som et verktøy for å beregne hvordan fiskebestander endres i størrelse som konsekvens av høsting og økosystemenes struktur og virkemåte. Noen modeller kan bidra til framskrivning av bestander og er dermed nyttig for den etterfølgende kvotefastsettelse, mens de mer komplekse modellene gjerne bidrar til generell kunnskapsoppbygging som kan nyttes videre i utvikling av høstingsstrategier.

**Flerbestandsforvaltning** av levende marine ressurser dekker reguleringsgrep der vi tar hensyn til hvordan en art eller en bestand påvirker en annen. I noen tilfeller, som eksempelet med hvor mye lodde torsken spiser, kan denne kunnskapen brukes kvantitativt. I andre tilfeller, der vi har mindre presis kvantitativ eller kvalitativ kunnskap, om for eksempel energiflyten fra en gruppe marine organismer lavt nede i næringspyramiden av et økosystem til en gruppe organismer på et høyere nivå i næringspyramiden, kan ikke kunnskapen benyttes kvantitativt til fastsettelse av kvoter i samme grad. Det er like fullt viktig å utnytte mindre presis kunnskap når dette er det forvaltningen har å bygge på, og usikkerheten i kunnskapsgrunnlaget må inkluderes i føre-var-tilnærmingen i forvaltningen.

Det myndighetene kan forvalte er høsting av marine ressurser og gjennom dette påvirke størrelsen på disse ressursene. Høstingen, eller fisket/fangsten, kan reguleres ved å sette begrensninger på hvor mye som kan fiskes og begrensninger på hvilke størrelser det tillates fisket på. I en flerbestandsforvaltning vil en ta hensyn til hvordan fisket/fangsten påvirker målbestanden, og hvordan fisket påvirker arter som tas som bifangst eller i blandingsfiskerier og arter som står i en interaksjon med den bestanden det fiskes på, enten ved at målbestanden er predator for en annen bestand/ressurs eller ved at den er byttedyr for en annen bestand/ressurs. Fiske langs kysten utenom de store sesongfiskeriene på torsk, sild og lodde kan ofte karakteriseres som et blandingsfiskeri på arter som hver for seg ikke har stor betydning for de samlede norske fiskerier.



Hvilke reguleringsgrep myndighetene kan anvende vil være avhengig av kunnskapsgrunnlaget. Det er for eksempel primært de største og viktigste fiskebestandene som er forvaltet gjennom kvoteregulering. Kvoteregulering forutsetter et betydelig kunnskapsgrunnlag om angjeldende bestand, gjennom en løpende overvåknings- og forskningsinnsats med bl.a. toktvirksomhet. For mange kommersielt viktige fiskeslag er imidlertid naturlig bestandstørrelse og dermed samlet fangstverdi forholdsvis marginal, og det vil være lite rasjonelt å bruke betydelige forskningsmidler på å innhente tilsvarende kunnskap om disse bestandene som for de store. Dessuten ville eventuell kvoteregulering måtte tilpasses relativt lokale områder (den lokale bestandens utbredelsesområde), noe som trolig ville vært krevende for både forvaltning og for en rasjonell utøvelse av praktisk fiske.

For å sikre bærekraftig forvaltning av slike lokale og ofte kystnære bestander – i tråd med forvaltningsprinsippet i havressursloven, kan generelle områdereguleringer være hensiktsmessige. Dette er områder med særskilte reguleringer for eksempelvis fartøystørrelse og tekniske reguleringer med hensyn til redskapsbruk. Slike reguleringer for områder med lokale bestander kan begrense beskatningstrykket til et nivå som sikrer at bestandene utnytter sitt reproduksjonspotensial og at det bare høstes et overskudd.

Dette illustrerer at flerbestandsforvaltning i praksis ikke bare handler om kvotestørrelser eller balansering av kvotenivå mellom ulike bestander, men at slike områdereguleringer også kan være en form for flerbestandsforvaltning. Når Stortinget ber om en opptrappingsplan for norsk bestands- og ressursforskning, med mål om å utvikle og innføre en modell for flerbestandsforvaltning av fiskeriene, kan dette i utgangspunktet tolkes som avgrenset til de fiskebestandene eller marine ressurser som har eller kan forventes å innebære stor kommersiell verdi. Det kan imidlertid også være behov for økt kunnskap som kan bidra til å sikre produktiviteten for mindre bestander.

Denne rapporten vil ha hovedfokus på flerbestandsforvaltning av de kommersielt viktigste bestandene, men vi vil også diskutere høsting av nøkkelkomponenter i økosystemet. Der må komponentenes sentrale rolle i energiflyt i økosystemet tas i betraktning og blandingsfiskerier, der forvaltning av artene må ses i sammenheng fordi de fanges i samme redskap, ikke fordi de inngår i økologiske interaksjoner.

## 2. Forvaltningsmessige målsettinger for og konsekvenser av flerbestandsforvaltning

### 2.1 Forvaltningsmål i norske fiskerier

Fiskeridirektoratet har, i samarbeid med Havforskningsinstituttet, utviklet et sett tabeller som gir et rammeverk for å forvalte alle de bestander som høstes av norske fiskere, se <http://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/OEkosystembasert-forvaltning>.

En del av dette rammeverket er identifisering av forvaltningsmål for de ulike bestander, og følgende forvaltningsmål er identifisert;

Forvaltningsmål	
1	Optimalt økonomisk langtidsutbytte
2	Høyt, og om mulig stabilt langtidsutbytte
3	Sikre biodiversitet og økosystemets funksjon
4	Desimere bestanden
0	Uavklart

Havforskningsinstituttets bestandsoversikt gir en oversikt over hvilken forskning som foregår på de ulike bestandene, se <http://www.imr.no/radgivning/bestandsoversikt/html/main.html>. Ved overgang til mer flerbestandsforvaltning vil det kunne bli nødvendig å foreta en gjennomgang av om det skal etableres nye forvaltningsmål for noen bestander eller marine ressurser, men hensynet til å drive en føre-var-forvaltning og å oppnå høyest mulig vedvarende avkastning (maksimalt langtidsutbytte, ofte betegnet MSY – Maximum Sustainable Yield) vil uansett alltid veie tungt.

Forvaltningen står eksempelvis ikke fritt til å redusere en predatorbestand som utnyttes kommersielt ned til et nivå som innebærer stor fare for bestandskollaps. Havressursloven setter krav til en bærekraftig forvaltning. §7 i loven slår fast at det ved forvaltning av de viltlevende marine ressurser skal legges vekt på en føre-var-tilnærming i tråd med internasjonale avtaler og retningslinjer. Videre sier loven at forvaltningen skal være økosystembasert. Norge har også ratifisert både Havrettstraktaten og FN-avtalen om vandrende og langtmigrerende fiskebestander. Dette innebærer at vi neppe kan øke fiskedødeligheten for en predatorbestand som hval, sel eller torsk til et slikt nivå at vi kommer i konflikt med føre-var-prinsippet. Likevel er det verdt å merke seg at det at en bestand kan bli for stor i forhold til økosystemets bæreevne og dermed bør reduseres, ikke er en del av begrepsapparatet i forvaltning av fiskeressurser i våre havområder. Her skiller fiskeriforvaltningen seg fra forvaltning av for eksempel fiskebestander i innsjøer og bestander av hjortevilt, der det i mange tilfeller er en målsetning om at bestandene ikke skal bli for store.

Føre-var-prinsippet ble imidlertid introdusert i en tid der det var viktig å bygge opp igjen sentrale fiskebestander. Det har vært en gjennomgående trend at fiskedødeligheten i våre havområder er redusert det siste tiåret. Dette har ført til at naturlig dødelighet og prosesser i økosystemene har blitt relativt sett viktigere i å forklare bestandsvariasjoner. Paradoksalt nok vil dette føre til en økt usikkerhet i bestandsråd om det ikke kompenseres med redusert usikkerhet i andre elementer av bestandsråd-givningsgrunnlaget og økt innsikt i prosessene i økosystemene.

Selv om fiskedødeligheten er satt på et nivå som skal bidra til maksimal langtidsavkastning, kan kraftig under- eller overestimering av en fiskebestand også føre til at den realiserede fiskedødelighet ligger langt unna den fiskedødeligheten som gir ønsket forvaltningsmål. Sikre bestandsestimat er derfor en grunnleggende forutsetning for de kvoteregulerte bestandene, både i en énbestandsforvaltning og i en flerbestandsforvaltning.

## 2.2 Økonomiske konsekvenser for ulike flåtegrupper

En dreining mot mer flerbestandsforvaltning kan innebære at det fiskes mer av noen marine ressurser og mindre av andre, og at bestanden av noen marine ressurser således bygges opp

mens andre bygges ned. Dette vil ha økonomiske konsekvenser for ulike flåtegrupper, og for de lokalsamfunn næringen opererer ut fra.

Det økonomiske resultat for den enkelte fisker vil være avhengig av en rekke forhold som bestemmer inntektene og kostnadene i fisket. På inntektssiden vil fiskekvotenes størrelse og prisen man får for fangsten være bestemmende, mens effektiviteten i fisket vil være bestemmende for kostnadssiden. Flere av disse forhold bestemmes av andre elementer enn hvordan fiskebestandene forvaltes, eksempelvis vil kvotestørrelse til den enkelte fisker også bestemmes av antall deltakende fartøy, som igjen reguleres av deltakerbegrensninger.

Tilsvarende vil kostnadene i fisket i stor grad være bestemt av den generelle kostnadsutviklingen i samfunnet (lønn, rentenivå, oljepriser). Men forvaltningen av fiskebestandene vil også kunne påvirke det økonomiske resultat gjennom fartøyenes kvotestørrelse og tidvis prisen på fisk og kostnadene i fisket. Med hensyn til fartøyenes kvotestørrelse vil dette være åpenbart – variasjoner i norsk totalkvote av ulike fiskeslag vil føre til variasjoner i fartøykvotene. Sammenhengen mellom hvordan fiskebestandene forvaltes og i hvilken grad dette påvirker pris for fisken og kostnadene i fisket er langt mindre åpenbar.

For en rekke fiskebestander norske fiskere utnytter vil det være riktig å si at prisen i stor grad defineres i et verdensmarked. For slike fiskebestander vil det være rimelig å anta at inntekten til fisker i stor grad styres av fangstmengden, som igjen bestemmes av de årlige totalkvotene. For de fiskebestander der det norske fisket faktisk kan påvirke prisen, og denne er fallende med økende fangstmengde, må dette tas i betraktning dersom en skal beregne inntektsvirkningen ved overgang til flerbstandsforvaltning.

Kostnadene per innsatsfaktor vil som nevnt bestemmes av markedskrefter utenfor fiskeriet, men kostnadene per enhet fangst vil også være avhengig av fangst per enhet innsats. Denne vil igjen være avhengig av hvor tilgjengelig fisken er. Hvis fiskebestanden øker i størrelse vil gjerne tilgjengeligheten også øke, noe som kan gi fallende fangstkostnader og økende fangstmengde. Det antas ofte at tilgjengeligheten i fisket på fiskebestander der fisken danner stimer, slik pelagiske bestander gjør, er lite avhengig av fiskebestandens størrelse. Når fiskestimen først er lokalisert, vil fangst per enhet innsats kunne være like høy om fiskebestanden er liten som om den er stor. Den motsatte antakelsen gjøres ofte om tilgjengeligheten i fisket på fiskebestander som ikke er typisk stimpfisk, som eksempelvis torsk og hyse. Her vil økt bestandsstørrelse kunne føre til økt tilgjengelighet på fisk og dermed høyere fangst per enhet innsats. Men også her vil tilgjengeligheten og dermed fangst per enhet innsats kunne variere som følge av andre faktorer som fiskens vandringsmønster i forhold til de områder fisket tradisjonelt finner sted.

Enhver endring i forvaltningen av våre fiskebestander vil også ha samfunnsøkonomiske konsekvenser. Hvis en gjennom flerbstandsforvaltning reduserer det langsiktige uttaket av en fiskebestand og øker det langsiktige uttaket av en annen, vil dette medføre økonomiske virkninger for de som fisker, de som kjøper fisken og de som leverer innsatsfaktorer til både flåte og fiskeforedling.

### 2.3 Behovet for internasjonalt samarbeid

Norske fiskerier av de store kommersielle bestandene er basert på fiskebestander vi deler med andre nasjoner, og rundt 90 % av utbyttet fra norske fiskerier kommer fra slike delte bestander. Dette innebærer at det ved overgang til flerbstandsforvaltning må være prosesser for å etablere internasjonal enighet om forvaltningsmål og høstningsregler for hvordan disse marine ressursene skal utnyttes.

Selv om vi i Norge kan ønske å videreutvikle flerbestandsforvaltning, kan nasjoner som vi deler bestander med, ha andre prioriteringer. Dersom vi eksempelvis skulle fiske mer eller mindre av en fiskebestand fordi vi ønsker å prioritere en annen fiskebestand som står i økologisk interaksjon med førstnevnte, kan de parter vi deler bestanden med være enig eller motsette seg dette. En overgang til flerbestandsforvaltning basert på klare målsettinger må derfor tas opp i de årlige fiskeriforhandlingene med våre samarbeidspartnere, og en må bli enig om endring i den fiskedødelighet som skal styre de årlige totalkvoter. Det er her også verdt å merke seg at mens fiskeriforvaltningen er internasjonal, er forvaltningsplanene for både Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet nasjonale planer utarbeidet av Norge for den norske delen av disse havområdene.

### 3. Kunnskapsstatus innen flerbestandsforskning

#### 3.1 Historisk utvikling av flerbestandsforskning

Forskning på hvordan ulike bestander av fisk og sjøpattedyr påvirker hverandre gjennom predasjon og konkurranse startet på begynnelsen av 1980-tallet, da to parallelle aktiviteter ble satt i gang. Den ene var utviklingen av en flerbestandsmodell for Nordsjøen i regi av ICES og der alle landene rundt Nordsjøen, inkludert Norge, deltok. Her ble det teoretiske grunnlaget for en slik modell utviklet samtidig med at det ble utført en omfattende diettundersøkelse av de viktigste predatorne ('Year of the stomach') i 1981 (Daan 1989, ICES 1996). Den andre var utviklingen av en flerbestandsmodell for Barentshavet – MULTSPEC – som ble gjort ved HI (Tjelmeland & Bogstad 1998), sammen med oppstarten av årlig innsamling av diettdata for torsk sammen med PINRO i Russland (Mehl 1989), en aktivitet som fortsatt pågår.

Den store forskningsinnsatsen ble motivert av kollapser i loddebestanden og betydelige ringvirkninger av dette (som nedsatt vekst og økt kannibalisme hos torsk, selinvasjon på kysten av Nord-Norge, manglende hekkesuksess hos sjøfugl), samt at sjøpattedyrs konsum av fisk ble trukket inn som en grunn til å opprettholde norsk fangst av sjøpattedyr. I Norskehavet startet flerbestandsforskningen noe senere enn i de to andre havområdene, med det store forskningsprogrammet 'Mare Cognitum' (1993-2001, Skjoldal et al. 2004).

Forskningsinnsatsen på bestandsinteraksjoner har siden gått i bølger. I dag er det igjen en periode med stort forskningsfokus på bestandsinteraksjoner. Klimaendringer skaper endringer i produksjon av både dyreplankton og fisk, og dermed matfatet til fiskene, samtidig som endringer i bestandenes fordelinger også påvirker hvilke bestander som overlapper geografisk og som kan påvirke hverandre. I tillegg er sentrale fiskebestander økende (Nordsjøen) eller svært store, som makrellen i Norskehavet og torsken i Barentshavet (sistnevnte har nå passert toppnivået og nærmer seg langtidsgjennomsnittet). Det er knyttet stor interesse til konsekvensene av disse endringene. I dag er det særlig stort fokus på en eventuell næringskonkurranse mellom sild, makrell og kolmule i Norskehavet og hvilken effekt dette kan ha på dyreplanktonbestandene i området, på makrellens beiting på fiskelarver og dermed effekter på fiskebestandenes rekruttering (Huse et al. 2012, Skaret et al. 2015), samt mulig næringskonkurranse med sjøfugl.

I Barentshavet er det fokus på konsekvensene av den store torskebestanden. Torsken er den største predatoren i Barentshavet i forhold til biomasse konsumert per år, den spiser mer enn hval og sel. På grunn av oppvarmingen av Barentshavet kan torsken, som tidligere var begrenset til sørlige og sentrale deler av området, nå beite over hele Barentshavet. De senere år har

estimatet av torskens årlige loddekonsum vært på størrelse med total mengde lodde i Barentshavet. I tillegg kobles torskens predasjon til nedgang i flere arktiske fiskebestander (Fossheim et al. 2015) og til næringskonkurransen med sjøpattedyr, der sjøpattedyrene kanskje begrenses mer av torsken enn omvendt (Bogstad et al. 2015).

På grunn av en bedre forvaltning er fiskedødeligheten over tid redusert, og bestandsstørrelse hos mange fiskebestander har økt. Dette medfører at bestandene i økende grad reguleres av naturlige prosesser som predasjon og konkurranse og i mindre grad av fiskerier. Derfor vil interaksjoner mellom bestander spille en viktigere rolle i forvaltning og bestandsutvikling enn tidligere. Det skal også nevnes at blant annet på grunn av klimaendringer og introduserte arter, er de marine økosystemene i rask endring, slik at nye kandidater vil komme på listen.

I tillegg til forskningsinnsatsen på interaksjoner mellom kommersielt viktige bestander gjennom predasjon og næringskonkurransen, har det de siste tiår også vært betydelig innsats på å forstå de marine økosystemenes struktur og virkemåte, hvordan energiflyten gjennom systemet påvirker produksjon i ulike deler av systemet, og hvordan struktur og virkemåte bestemmer systemenes sårbarhet til påvirkninger som klima og fiskeri. Denne forskningsinnsatsen ble særlig motivert av storskala endringer, såkalte regimeskift, i flere økosystemer. Blant annet førte overbeskatning og kollaps av torskebestander i Nordsjøen, Scotian Shelf og Newfoundland til store omveltninger i økosystemene, med fremvekst av andre arter som igjen kan ha hindret torskens tilbakekomst.

Med økende regnekapasitet kom også fremveksten av økosystemmodeller som redskap for å øke vår kunnskap om økosystemenes struktur og funksjon, samt å studere hvordan påtrykk fra særlig klima og fiskeri påvirker økosystemene, og hvordan prosesser i økosystemene påvirker produksjon og høsting av de enkelte bestander. Både modellstudier og empiriske studier har for eksempel vist at énbestands MSY som mål for kvoterådgivning kan medføre både overbeskatning og underbeskatning, fordi dette ikke tar hensyn til at artene man høster av påvirker hverandre. Flerbestands-MSY, som tar hensyn til slike interaksjoner, vil dermed ofte gi lavere kvoter for noen bestander, men høyere for andre. Dette er demonstrert i rådgivningen for fiskebestandene i Østersjøen (ICES 2014), som er et relativt enkelt økosystem der torsk, sild og brisling er de dominerende fiskebestandene. Likevel er det vist i gjentatte studier, at summen av kvoter basert på énbestands-MSY vil totalt sett gi en overbeskatning av økosystemet, noe som resulterte i en grense for totalt uttak av fiskeriene i Beringhavet på 2 mill. tonn, og som nå diskuteres innført i andre deler av amerikanske farvann (Link 2018).

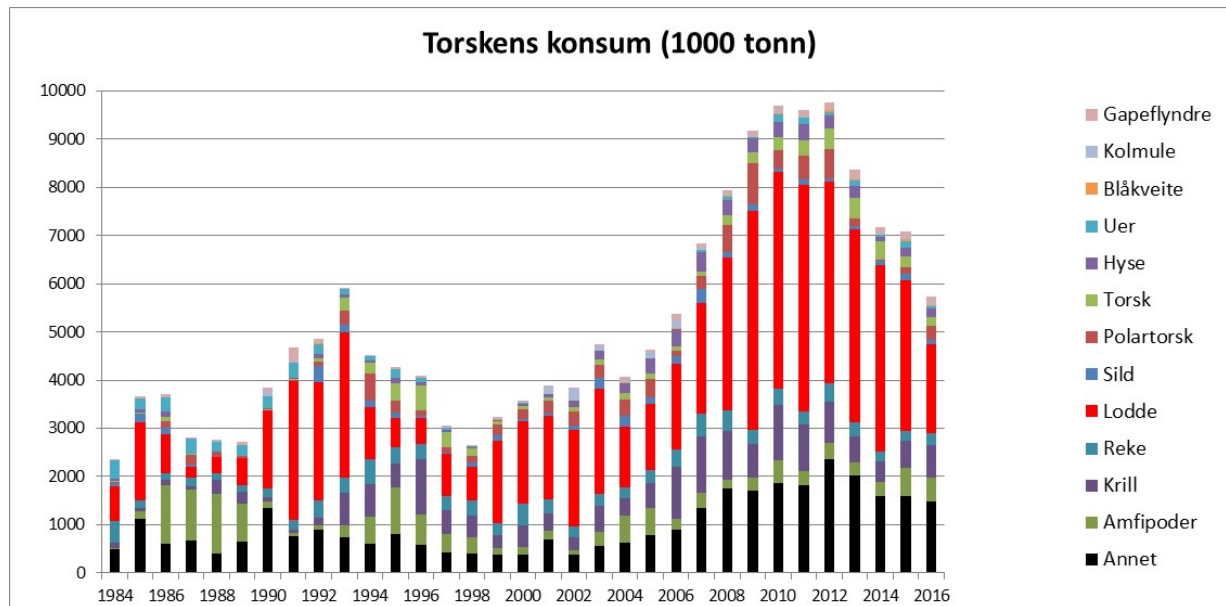
I punktene under går vi litt nærmere inn på datagrunnlag, prosessstudier og modellverktøy som nødvendige redskap i flerbefandtsforskning.

### 3.2 Datagrunnlag

Et viktig datagrunnlag for flerbefandtsforskning er diettdata ('hvem spiser hvor mye av hvem'). Diettdata opparbeides tradisjonelt med å analysere mageinnhold visuelt, men andre metoder er under utvikling eller i bruk, som genetiske metoder, analyser av fettsyrer og stabile isotoper. For å komme fra dietttundersøkelser til tall på konsum må man bruke modell for fordøyelsesrate basert på laboratorieeksperimenter (hovedsakelig brukt for fisk), eller energetikkmodeller (modeller for predatorens totale energibehov, hovedsakelig brukt for sjøpattedyr og sjøfugl). I tillegg til diettdata behøver man data for den geografiske fordelingen av bestandene gjennom året, for å kunne beregne i hvilken grad bestander overlapper og innvirker på hverandre. Figur 2 viser tidsserien for torskens konsum i Barentshavet (ICES 2017), beregnet ut fra den felles

norsk-russiske magedatabasen samt laboratorieeksperimenter for fordøyelsesrate (dos Santos & Jobling 1995).

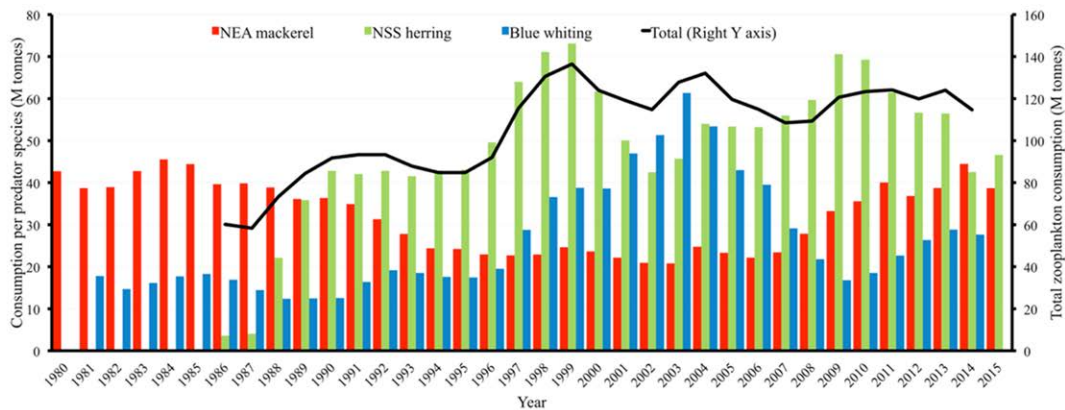
Havforskningsinstituttet samler årlig inn diettdata for torsk, lodde og polartorsk i Barentshavet, mens man i Norskehavet årlig samler inn slike data for sild, makrell og kolmule. Konsumet av disse artene er vist i figur 3 (Bachiller et al. 2018). I tillegg er det mindre regelmessig innsamling av data fra flere andre arter, inkludert sel og vågehval, blant annet gjennom pågående Strategiske Initiativ (SI\_Arctic og TIBIA) ved HI. PINRO har et omfattende innsamlingsprogram for diettdata som omfatter mange flere arter.



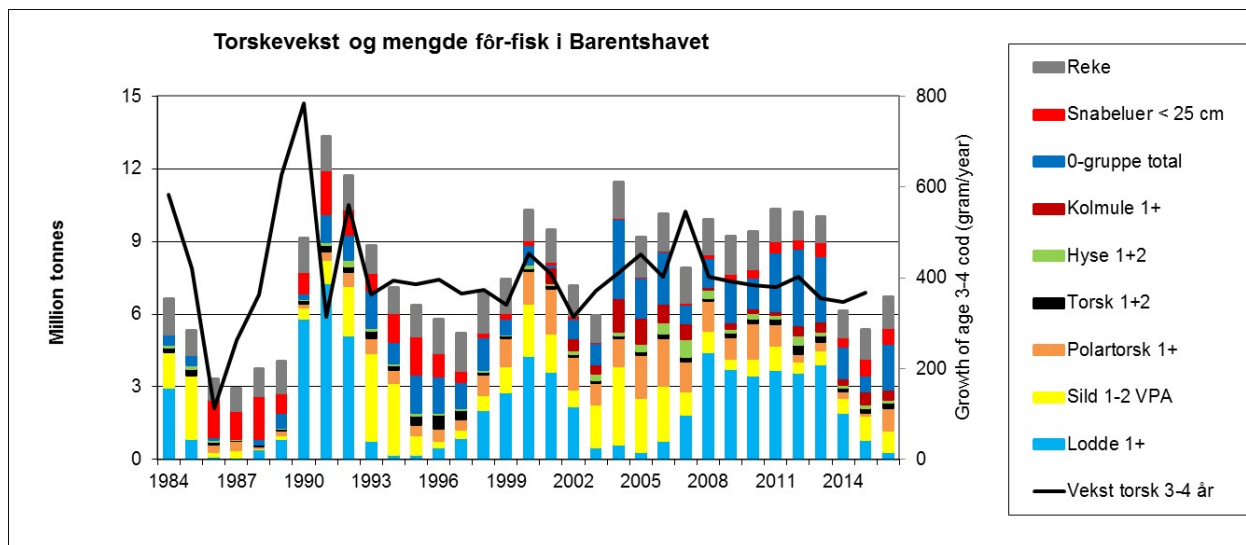
Figur 2. Torskens konsum i Barentshavet (fra ICES 2017).

I tillegg til diett og geografisk fordeling trenger vi data for den enkelte bestand som gir bestandsstørrelse, alders-/lengdesammensetning og vekst og kjønnsmodning for å kunne undersøke hvilken innvirkning andre bestander, fiskeri eller klima har på bestanden. Dette er data som samles inn rutinemessig for de større kommersielle bestandene. For en rekke andre bestander samler HI inn mindre detaljerte data som kan brukes til mengdeindekser og til å gi grove estimat på bestandsstørrelser. Over de siste tiårene har det også vært en stor dreining fra gjennomføring av énbestandstokt til økosystemtokt (Eriksen et al. 2017), der det samles data av mange arter samtidig, både kommersielle og ikke-kommersielle, for å få økt kunnskap om mattilgang, interaksjoner mellom artene og økosystemenes struktur og virkemåte.

I figur 4 har vi sammenstilt bestandsutviklingen hos torskens viktigste byttedyr med tilveksten hos torsk. I tillegg til bestandsinteraksjoner, som predasjon, mattilgang og konkurranse, er fiskeri og klima de viktigste faktorene som påvirker bestandenes dynamikk og utvikling. Derfor er det også viktig å ha tilgang på fiskerienes uttak av bestandene samt klimadata.



Figur 3. Konsum av dyreplankton, totalt og fordelt på makrell, sild og kolmule (fra Bachiller et al 2018).

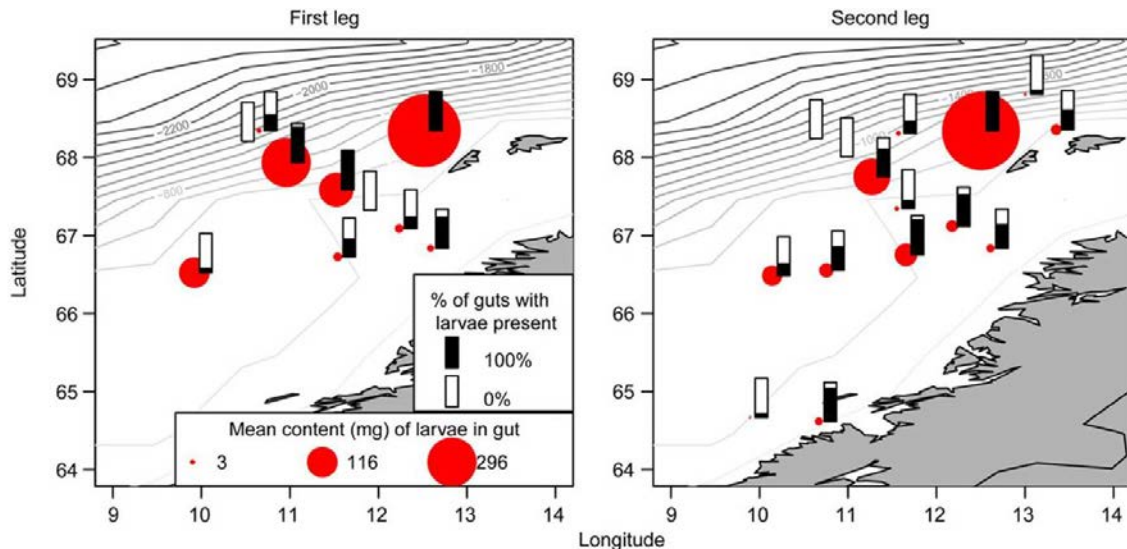


Figur 4. Mattilbud for torsk i Barentshavet sammenlignet med individuell vekst hos torsk.

### 3.3 Prosess-studier

Dataene brukes videre i prosess-studier, der økologiske prosesser som påvirker bestandene blir identifisert og kvantifisert. I et flerbestandsperspektiv vil de viktigste prosessene omfatte effekter av predasjon, konkurranse og klima på bestandens rekruttering, vekst og dødelighet samt geografisk fordeling. De lange tidsseriene med data som er samlet inn ved Havforskningsinstituttet er sentrale data i denne sammenheng. Etter hvert som vi får lengre tidsserier, får vi data fra ulike situasjoner eller tilstander i bestandene og økosystemene. Vi kan da lene oss mer på data i våre forventninger om hvordan bestandene påvirker hverandre i ulike klimaregimer, eller utvikler seg under en gitt høsting. For eksempel har vi nå fått kunnskap om hvordan økosystemene fungerer når torske- og makrellbestandene blir store, og vi har også fått et mer nyansert bilde av økosystemeffektene av en kollaps i loddebestanden (sterke effekter under det første kollapset og mye svakere effekter under det andre og tredje kollapset).

Vi begynner også å få et omfattende bilde på hvordan overgangen fra kaldt havklima på 1980-tallet til kraftig oppvarming på 2000-tallet har påvirket bestander og økosystemer. Likevel vil det i mange tilfeller kreves dedikerte prosess-studier for å frembringe nødvendig kvantitativ kunnskap ved overgang til flerbstandsforvaltning. Et eksempel på dette er studier av makrellpredasjon på sildelarver, som vist i figur 5 (Skaret et al. 2015).



Figur 5. Predasjon av makrell på sildelarver (fra Skaret et al 2015).

Det er viktig at denne typen studier vinkles slik at kunnskapen kan brukes inn mot rådgivning. Både bestander og økosystemer er nå i rask og kontinuerlig endring på grunn av oppvarming av økosystemene, og status på både havklima, produksjonsforhold og bestander oppsummeres årlig i integrerte økosystemvurderinger (Integrated Ecosystem Assessments) gjennom ICES.

### 3.4 Modellverktøy

Data og kunnskap om hvordan bestander påvirker hverandre, samt påvirkning fra fiskeri og eventuelt klima, brukes til å bygge modeller. Modellene er nødvendige redskap for å undersøke konsekvensene av ulike høstingsstrategier. I flerbestandsforskningens barndom tenkte man seg én stor modell som skulle inkludere hele økosystemet, slik også referert til i anmodningsvedtaket. Det ble etter hvert tydelig at det for ulike formål var behov for modeller av varierende kompleksitet og presisjon (Plaganyi 2007). Vi har tre klasser av modeller med bestandsinteraksjoner i bruk:

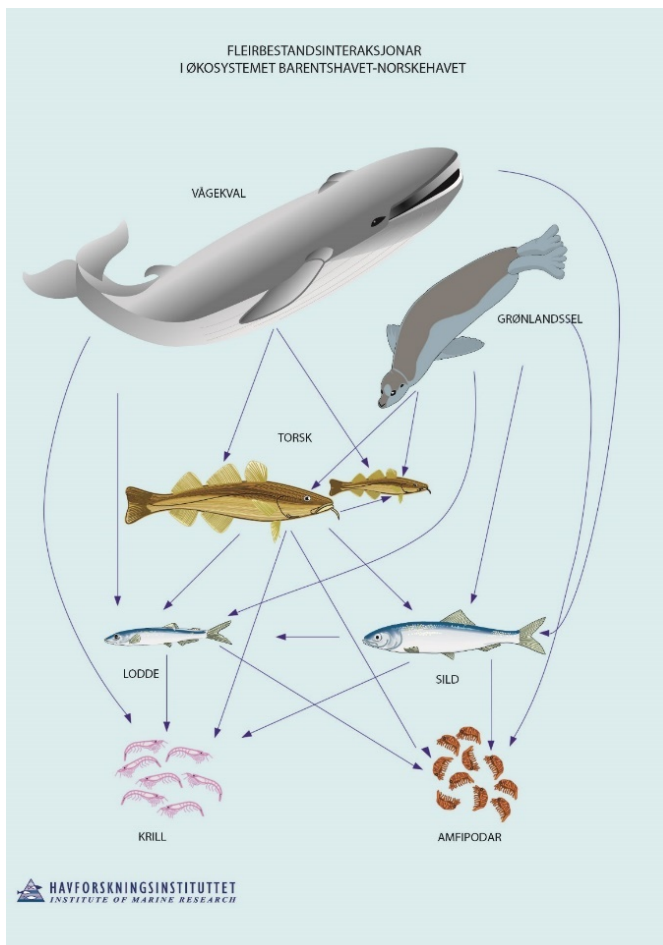
#### *Utvidede énbestandsmodeller*

Dette er énbestandsmodeller der man har lagt til en enkel flerbestandsmodul, for eksempel predasjon fra den viktigste predatoren. For Barentshavet har slike modeller i mange år vært i bruk for lodde, der torskens beiting på lodda er inkludert (Gjørøseter et al. 2002). Torskens beiting på ung torsk (kannibalisme) og ung hyse er også inkludert i bestandsmodellene for disse to bestandene (ICES 2017). Estimer av predasjon og naturlig dødelighet og annen kunnskap fra flerbestandsmodeller kan tas i bruk i slike modeller. Disse modellene opererer typisk på en grov skala i tid og rom (måned til år og ingen geografisk inndeling av bestanden), og deles oftest inn bare i aldersgrupper og kjønnsmoden/ ikke kjønnsmoden.

#### *Flerbestandsmodeller*

Dette er modeller der man modellerer de viktigste interaksjonene mellom relativt få, og gjerne kommersielt viktige bestander. Et eksempel for Barentshavet er Gadget (tidligere MULTSPEC, Bogstad et al. 1997, Lindstrøm et al. 2009), som modellerer interaksjoner mellom dyreplankton, pelagisk fisk, torsk, vågehval og grønlandssel (figur 6). Disse modellene opererer typisk på en relativt grov skala i tid og rom (måned, et fåtall geografiske områder). I tillegg til aldersgrupper deles bestandene ofte inn i lengdegrupper og kjønn og i kjønnsmoden/ikke kjønnsmoden.

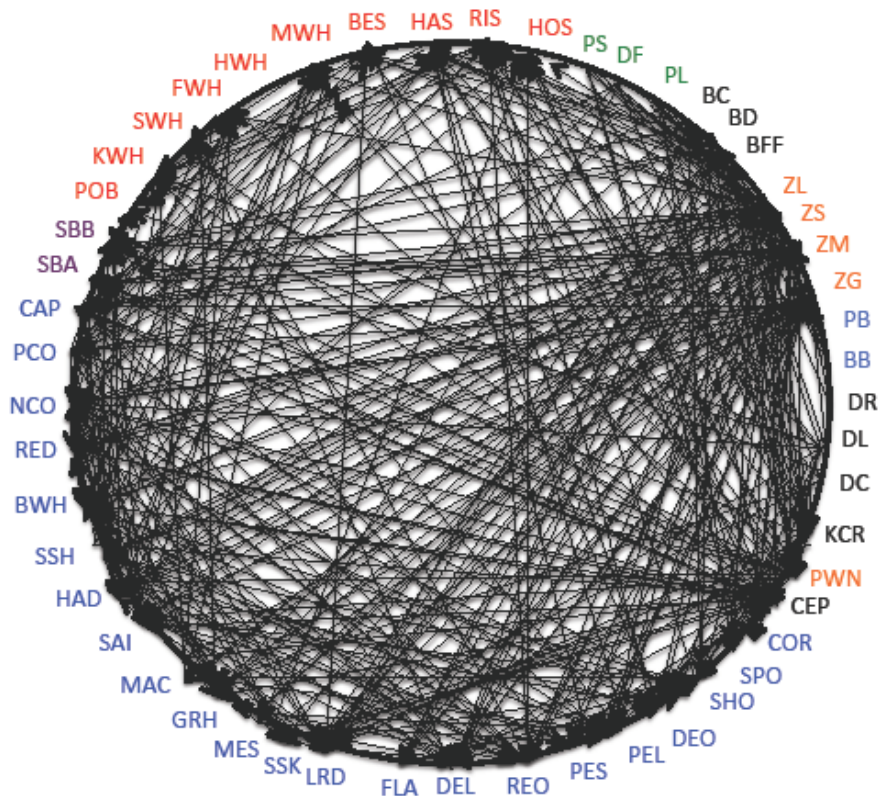




Figur 6. Bestander og interaksjoner i GADGET flerbestandsmodell for Barentshavet.

### Økosystemmodeller

Økosystemmodeller er store og komplekse, og inkluderer hele næringsnett fra hydrografi og primærproduksjon til topp-predatorer. Økosystemmodellen NoBa Atlantis (Hansen et al. 2016) dekker Barentshavet, Norskehavet, Grønlandshavet og Islandshavet, og deler området opp i mindre regioner. Modellen er utviklet for å studere kombinerte effekter av fiskeri og klima på bestander og økosystemenes struktur og virkemåte. Den representerer 53 grupper, hvor store, viktige bestander (e.g., torsk, hyse, lodde), sårbare arter (uer, isbjørn) representeres i egne grupper, mens andre (for eksempel små pelagiske fisk, store bunnfisk) er samlet i funksjonelle grupper. Gruppene og artene i NoBa Atlantis er knyttet sammen gjennom en diettmatrise som viser hvem som spiser hvem (figur 7). I tillegg inkluderer NoBa fiskerier (flåter, seleksjon, høstingsregler) og klima, og har stor fleksibilitet som redskap for å utforske ulike forvaltningsstrategier inkludert flerbestandsstrategier, også i et klimaendringperspektiv, og konsekvensene av disse for de høstede bestandene, samt andre bestander i økosystemene som blir berørt direkte eller indirekte.



Figur 7. Næringsnett i NoBa Atlantis for De nordiske hav og Barentshavet. Bokstavene indikerer 53 arter eller funksjonelle grupper i modellen, linjene mellom indikerer predator-byttedyr-interaksjoner.

Ecopath with Ecosim (EwE) er den mest brukte økosystemmodellen globalt sett. Det er bygget en EwE for Barentshavet som omfatter 58 arter og funksjonelle grupper (Skaret & Pitcher 2016). Denne modellen har ikke kommet inn i en driftsfase og bruk i forskning, men er nå gjenstand for fornyet innsats i samarbeid mellom Universitetet i Tromsø og HI. Også denne modellen vil være et nyttig redskap for å studere samtidig påvirkning av klimaendringer og flerbestands-høstingsstrategier.

En siste type økosystemmodell er biofysiske modeller som NORWECOM (Aksnes et al. 1995, Skogen et al. 2007) som opererer på en fin skala i tid (dager) og rom (1 x 1 km til 20 x 20 km). Denne typen modeller har blant annet sin styrke i å studere hvordan havstrømmer styrer fordeling av unge livsstadier hos fisk, samt romlig overlapp mellom predatorer og byttedyr (Huse & Fiksen 2010), for eksempel sild og loddelarver i Barentshavet eller makrell og sildelarver langs Norskekysten. Dette er særlig nyttig verktøy for å øke forståelsen av rekrutteringsdynamikk og sannsynliggjøre interaksjoner mellom bestander og hvordan dette varierer mellom år.

### 3.5 Ulike typer modeller brukes til ulike problemstillinger

Disse ulike klassene av modeller har ulike anvendelsesområder. Utvidete énbestands-modeller inkluderer interaksjoner som estimeres med høy presisjonsgrad ved hjelp av data med høy kvalitet. Slike modeller brukes i dag til estimering av bestandsstørrelse for lodde og hyse, der

predasjon av torsk tas med som en faktor, og legger dermed grunnlaget for kvotefastsettelsen av disse bestandene. Med økende grad av kompleksitet, til flerbstandsmodeller og økosystemmodeller, øker også usikkerheten i modellene, fordi vi må inkludere flere prosesser enn vi har gode data på og kunnskap om. Vi må da lene oss mer på økologisk teori samt data samlet inn på lignende bestander eller prosesser, eller samme bestand eller prosesser i andre økosystem. En flerbstandsmodell med få bestander basert på gode data kan være presis nok til å inngå i grunnlaget for kvoteberegninger, og kan også anvendes for å vurdere kortsiktig og langsiktig bestandsutvikling. For den kortsiktige (nærmeste 2–3 år) utviklingen kan slike modeller forbedre prognosene for dødelighet, vekst og kjønnsmodning i forhold til en énbestandsmodell, og dermed gi mer treffsikre prognoser for bestandsutvikling. I tillegg vil flerbstandsmodeller også være viktige som redskap for å teste ulike flerbstands-høstingsstrategier, i.e. for å identifisere høstingsstrategier som for eksempel gir best økonomisk utbytte, størst fangst eller best fordeling mellom fartøygrupper. De store, komplekse økosystemmodellene, derimot, har for liten presisjon og stor usikkerhet til å brukes som grunnlag for kvotefastsettelse. Disse modellene kan imidlertid brukes til å gi prognoser om kortsiktig og langsiktig bestandsutvikling samt studere hvordan ulike høstingsstrategier påvirker bestander og økosystem i et mer langsiktig perspektiv.

Nettopp fordi disse modellene er heftet med usikkerhet, er det svært nyttig å bruke flere modeller til å evaluere for eksempel flerbstands-høstingsstrategier med såkalt «ensemble»-tilnærming (Anderson et al. 2017). Mens lignende resultater på tvers av modeller gir økt styrke til resultatene, gir ulike resultat mellom modeller et godt grunnlag for å undersøke hvordan formulering av ulike prosesser påvirker resultatene, noe som igjen kan peke på viktige forskningsfelt og avdekke svakheter i modeller.

## 4. Relevante former for flerbstandsforvaltning

### 4.1 Flerbestand i norsk fiskeriforvaltning

Det er ulike former for flerbstandsforvaltning. I punktene under diskuterer vi de formene vi mener er mest relevant for norsk fiskeriforvaltning.

Flerbestandsforvaltning setter store krav til datainnsamling, empiriske studier av bestandenes biologi og økologiske prosesser, modeller og forvaltningsmyndigheter. Derfor er det også få eksempler på innføring av flerbstandsforvaltning ved kvotefastsettelse, både nasjonalt og internasjonalt (Skern-Mauritzen et al. 2016). Våre nordlige havområder er blant de best overvåkede og mest studerte havområder i verden. Likevel vil det i noen sammenhenger være nødvendig med en mer fokusert og intensivert innsats for å sikre et tilstrekkelig vitenskapelig fundament for en overgang fra et tradisjonelt énbestandsperspektiv til en flerbstandsforvaltning. De største fiskebestander som utnyttes av norske fiskere er i god forfatning. Over en periode på vel 30 år er det etablert en rekke forsknings- og forvaltningsgrep som har bidratt til å bygge fiskebestandene opp. Dels har det vært etablert bærekraftige høstingsregler og dels har det vært etablert et effektivt vern av ungfisk. Også tilsyn og kontroll med fisket har bidratt til en positiv utvikling.

Med noen få unntak har imidlertid beregningene av fiskebestandene og forvaltningen av dem vært gjort i et énbestandsperspektiv. Til tross for sine mangler har man med en slik tilnærming klart å bygge opp predator så vel som byttedyrbestander, og bunnfisk så vel som pelagiske bestander. Ved overgang til større grad av flerbstandsforskning og flerbstandsforvaltning vil

det være en målsetting å utnytte de marine ressursene enda bedre. En slik endring vil imidlertid utfordre kunnskapsgrunnlaget for forvaltningen fordi forvaltningstiltakene ikke lenger bare skal bygge på effekter som fisket har på den bestand det fiskes på, men også på de økosystemeffekter og de interaksjoner mellom fiskebestander som fisket måtte forårsake.

Der er tre viktige premisser som bør være på plass for at man skal iverksette flerbstandsforvaltning. For det første må der være sterke økologiske interaksjoner i form av predator-bytteinteraksjoner eller fødekonkurranse. Dernest må der være en forskningsmessig basis som gjør at man har god forståelse av sammenhengene eller at interaksjonene er forutsigbare fra år til år. For det tredje må der også være enighet om målsetninger blant interessenter om avveininger og prioriteringer. Dette punktet kan involvere avveininger mellom flåtegrupper og internasjonale forhandlinger. Man kan altså ikke se på de økologiske problemstillingene isolert fra de praktiske forvaltningsutfordringene man opererer under. Dette er i tråd med ICES og Nordisk Ministerråd sine vurderinger av basis for flerbstandsforvaltning (Rindorf et al. 2013).

Nedenfor diskuterer vi først den tradisjonelle tilnærmingen til flerbstandsforvaltning knyttet til høsting av bestander med sterke trofiske interaksjoner. Vi diskuterer også en del beslektede forvaltningsformer der det kan være nyttig å foreta en utvidet evaluering av høstingsregler i forhold til økosystembetragtninger. I tillegg tar vi også med høsting på nøkkelkomponenter, der komponentenes sentrale rolle i energiflyt i økosystemet må tas hensyn til og blandingsfiskerier, der forvaltning av artene må ses i sammenheng fordi de fanges i samme redskap, ikke fordi de inngår i økologiske interaksjoner.

#### 4.2 Høsting av bestander med sterke interaksjoner

Noen av de store, kommersielle bestandene i Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet inngår i sterke interaksjoner seg imellom, der høsting av den ene arten kan påvirke produksjon og høsting av den andre. I bestandsvurderingene for Nordsjøen er nivået på naturlig dødelighet for flere arter basert på resultater fra en flerbstandsmodell. Beregningene av predasjon er basert på diettdata samlet inn i de to 'Year of stomach', som var i 1981 og 1991. I Nordsjøen bør det være en prioritert oppgave å gjennomføre en ny datainnsamling på diett, tatt i betraktning de store endringene i dette økosystemet de siste tiår (Kenny et al. 2009).

I Norskehavet samles diettdata på makrell, kolmule og sild inn på årlige overvåkningstokt, samtidig som data på mengde og størrelsesfordeling, og mengde dyreplankton, samles inn. Det trengs imidlertid ekstra innsats for en full opparbeidelse av det materialet. Dette må suppleres av mer fokuserte tokt og prosess-studier for å få gode data på makrellens predasjon på fiskelarver langs Norskekysten og derigjennom innvirkning bl.a. på sildas rekruttering, i hvilken grad de ulike pelagiske bestandene kan kontrollere dyreplanktonmengden gjennom beiting, og om dette skaper konkurranse mellom artene. Deretter må økosystemmodellen NORWECOM.e2e for Norskehavet tilpasses resultatene fra prosess-studiene, og modellen benyttes til å teste om flerbstands-høstingsstrategiene vil fungere bedre enn dagens énbestandsstrategi gjennom simuleringsstudier.

I Barentshavet har vi tilstrekkelig data for å kunne inkludere torskens konsum av snabeluer, sild og reker i utvidete énbestandsmodeller, slik det alt er gjort for lodde og hyse. Likevel vil det kreve en forskningsinnsats for å definere torskens konsum med tilstrekkelig presisjon basert på tilgjengelige data, samt implementere dette i en modell. Et naturlig neste skritt vil være å koble disse artene i flerbstandsmodellen Gadget. Det må så testes om en forvaltning som tar hensyn til torskens predasjon på disse artene vil fungere bedre enn dagens forvaltning. Dette gjøres i

modellstudier der de ulike forvaltningsstrategiene simuleres, med bruk av både flerbestandsmodell og økosystemmodell.

### 4.3 Beskatning når bestander er (for) store

På grunn av lavere fiskedødelighet og endringer i klima, har noen fiskebestander vokst seg svært store, som makrellen i Norskehavet, som i sommerhalvåret nå beiter langs kysten i nord, og torsken i Barentshavet. Makrellens effektive beiting på små organismer kan påvirke næringsgrunnlaget for andre pelagiske fisk og for sjøfugl og sjøpattedyr, samt påvirke andre fiskebestanders rekruttering. Torsken, som nå har bredt seg ut over hele Barentshavet, kan likeledes ha store negative konsekvenser for nøkkelarter som lodde og polartorsk, og ulike arktiske fiskebestander og sjøpattedyr, både gjennom predasjon og næringskonkurranse (Bogstad et al. 2015, Frainer et al. 2017, ICES 2017). Det er derfor reist spørsmål om bestandene bør høstes mer (øke fiskedødeligheten) når de blir store, for å redusere effekten av disse bestandene på andre arter i økosystemene. For nordøstarktisk torsk innførte den norsk-russiske fiskerikommisjon i 2016 en slik høstingsregel. Også beskatning av hval kan diskuteres i dette perspektivet, da enkelte hvalbestander, som knølhval, er økende. I tillegg kan nykommere i økosystemene også vokse seg så store at de påvirker andre bestander og habitat negativt, slik som kongekrabbe og muligens snøkrabbe.

For å utvikle slike høstingsstrategier kreves det empiriske studier på de store bestandenes geografiske fordeling og hva de beiter på. Store bestander øker gjerne i utbredelse og får dermed tilgang til nye byttedyrbestander i nye områder. Slike studier må suppleres med data og studier av sentrale eller sårbare byttebestanders generelle biologi (rekruttering, vekst, dødelighet) for å vurdere hvor sårbare de er for den pågående predasjonen, samt diett og romlig fordeling av viktige konkurrerende arter. I tillegg kreves det bruk av både flerbestandsmodeller med fokus på de sterkeste interaksjonene, og de mer komplekse økosystemmodellene, for å vurdere hvordan de store bestandene og eventuelle hardere beskatning av disse påvirker energiflyt til også andre arter i økosystemet, som for eksempel arktiske fiskebestander, sjøfugl og sjøpattedyr. Når bestander blir for store vil også predasjon kunne gi tilbakekobling og tetthetsavhengige effekter som for makrell (Olafsdottir et al. 2015), som kan være et argument for å øke fiskedødeligheten når bestandstørrelsen blir høy, som i høstingsregelen for torsk.

### 4.4 Høsting av lite utnyttede ressurser

Vi høster av stadig flere ressurser fra havet, og over stadig flere trofiske nivå; fra lavere trofiske nivå som tare og dyreplankton, helt opp til toppredatorer på øverste trofiske nivå, som torsk, sel og hval. Når vi initierer høsting på nye bestander, eller oppskalerer en begrenset høsting, er det viktig å ha kunnskap om disse bestandenes økologiske rolle i økosystemet, i tillegg til mengde og produksjon av ressursen selv. Mens økosystemene består av mange arter i et komplisert samspill, er det noen arter eller grupper som utgjør *nøkkelkomponenter* i økosystemet. Dette er arter/grupper med en sentral funksjon i energiflyten i økosystemene, og har dermed en sentral funksjon for produksjonen til mange arter på ulike trofiske nivå. Nøkkelartene er ofte arter med høy biomasse, og dermed relevante kandidater for høsting. Raudåte, mesopelagiske organismer og tare er slike nøkkelkomponenter, og ressurser på lavere trofiske nivå vi enten har en begrenset høsting av som forventes å øke, eller der høsting kan starte i nær fremtid. For høsting av slike ressurser bør vi ha god empirisk kunnskap om biomasse og produksjon i bestandene, og betydningen av denne produksjonen oppover i næringskjeden. Dette krever god kunnskap om nøkkelbestandenes biologi, trofiske interaksjoner samt energiflyt i økosystemene. For tare må vi også ha kunnskap om tare som kritisk habitat. Både prosess-studier, økosystemmodeller og flerbestandsmodeller er viktige redskap i denne sammenheng.

I denne type flerbestandsforvaltning forventer vi ikke nødvendigvis å ha en presis tallfesting av hver enkelt interaksjon som nøkkelartene inngår i, men grove estimat på artens biomasse og produksjon, og hvor mye av denne produksjonen som opptas av andre arter. Denne type flerbestandsbetraktninger gjennomføres allerede, som i utviklingen av en forvaltningsplan for raudåte (Anon. 2016). I en føre-var-tilnærming er det implementert lave kvoter (165 000 tonn) i forhold til raudåtas bestandsstørrelse (33 mill. tonn som grunnlag for forvaltningsplan), i en erkjennelse av raudåtas nøkkelposisjon i økosystemet samt manglende kunnskap om hvordan effekten av høsting på raudåte kan forplante seg oppover i økosystemet, samt eventuelle bifangstutfordringer med hensyn på egg, larver og yngel av kommersielle fiskeslag. Når det gjelder høsting av raudåte er der i tillegg geografiske begrensninger, og høsting innenfor 1000 m dybdekoten er begrenset til 3500 tonn.

#### 4.5 Økosystemenes bæreevne og samlet uttak

Fordi vi høster av stadig flere komponenter over mange trofiske nivå i de store havøkosystemene, bør vi også ha kunnskap om hvor mye vi totalt sett kan høste av økosystemene uten å kompromittere økosystemenes struktur, funksjon eller sårbarhet til andre påvirkningsfaktorer, som klima. Hvor mye vi kan høste vil være avhengig av høstingsmønsteret; høster vi mer på lavere trofiske nivå, som dyreplankton, kan vi høste mer biomasse totalt, men kanskje høste mindre på mer økonomisk gunstige fiskeressurser på høyere trofiske nivå. En økt høsting på lavere trofiske nivå blir mer likt høstingsmønsteret på land, hvor vi høster mest av plantespisere (elg, hjort, rein), men minimalt av rovdyr som typisk har liten biomasse og liten produksjon. *Balansert høsting* er et eksempel nettopp på en slik høstingsstrategi som har skapt mye diskusjon (Garcia et al. 2012, Howell et al. 2016). Ifølge denne strategien bør alle bestander på alle trofiske nivå høstes moderat i forhold til hvor produktive bestandene er, for å sikre at man ikke endrer økosystemenes struktur – og dermed funksjon. Ulike høstingsstrategier må utvikles og testes i økosystemmodeller. I Beringhavet har dette resultert i en grense for totalt uttak fra økosystemet, og kvotene på de enkelte bestandene justeres i forhold til dette. Slik totalkvote vurderes nå også gjennomført i flere regioner i USA (Link 2018). Mange studier har etter hvert vist at summen av énbestands-MSY over alle høstede bestander i et økosystem vil gi en overbeskatning når interaksjonene mellom bestandene tas med i regnestykket. Det blir viktigere å ta hensyn til disse interaksjonene når antall høstede bestander øker i et økosystem, og med høsting over flere trofiske nivå (Link 2018).

#### 4.6 Blandingsfiskeri

I Nordsjøen og på kysten er blandingsfiskeri utbredt, og flerbestandsmodeller er utviklet for å se på hvordan ulike redskap og reguleringer påvirker fangst og utvikling av de ulike bestandene. Selv om vi også har blandingsfiskeri i Barentshavet på bunnfiskbestander (spesielt torsk og hyse) og ved bifangst av yngel i rekefisket og fiske etter raudåte, er dette likevel en mindre utfordring i både Barentshavet og Norskehavet enn i Nordsjøen. HI har derfor liten tradisjon for forskning på denne type flerbestands-interaksjoner.

For de praktiske reguleringene av fiskeriene er det viktig at det er konsistens mellom hvordan artene som fanges i et blandingsfiske reguleres. Dette gjelder både for høstingsregler/totalkvoter, minstemål, fordeling på flåtegrupper/andel direktefiske, og periodisering. Det generelle prinsippet bak en blandingsfiskeritilnærming er at enkeltfartøy må slutte å fiske når en av kvotene er oppfisket.

Imidlertid forventer vi at blandingsfiskeri blir en økende utfordring hvis høsting av mesopelagiske organismer utvikles. Mesopelagiske organismer er en samlebetegnelse på dyrene som lever på 200 til 1000 meters dyp. Dyresamfunnet her består av flere fiskearter og

mange ulike evertebrater (maneter, planktoniske krepsdyr, reker, krill og blekksprut). Disse organismene har sannsynligvis en nøkkelrolle som mat for fisk, fugl og sjøpattedyr i de dypere havområdene. Som beskrevet over må biologien til disse artene studeres og biomasse og produksjon estimeres. Videre må kunnskap om betydningen av denne produksjonen oppover i næringskjeden økes. Forvaltningsmål (tabell 1) må defineres for de ulike bestandene, og relevante høstingsstrategier må identifiseres og testes i flerbstands- og økosystemmodeller.

#### 4.7 Valg av hensiktsmessige tilnærminger og modeller

Vi har i dag tilgang på et godt utvalg av modeller som inkluderer både utvidete énbestandsmodeller, flerbstandsmodeller og økosystemmodeller. Mer bruk av modellene inn mot forvaltning setter større krav til modellene, det må derfor gjennomføres sensitivitetsanalyser og såkalte 'skill-assessments' for å kvalitetssikre modellene. Slike analyser vil også identifisere hvilke parametere og prosesser som er viktigst i et flerbstandsperspektiv, som bør følges opp med empirisk forskning. Videre må modellene videreutvikles for å dekke nye fokusarter.

De etablerte og oppdaterte modellene må så brukes til å teste flerbstandshøstingsstrategier, i form av ulike høstingsregler. Mens høstingsstrategier for bestandene listet under 5.2 vil bli adressert med utvidete énbestands- og flerbstandsmodeller, vil høstingsstrategier relatert til punkt 5.3, om noen bestander har blitt for store, punkt 5.4 høsting av lite utnyttede ressurser, og punkt 5.5 økosystemenes bæreevne i forhold til totalt uttak av fiskeriene testes i flerbstands- og økosystemmodeller. Målet med modelleringen vil være å teste om flerbstandsstrategier gir større utbytte i form av biomasse og/eller økonomi og mindre risiko for uønskede endringer i bestand eller økosystem enn énbestandsstrategier. Det er imidlertid klart at økonomi også er et viktig kriterium i avveininger av hvilke bestander man skal høste mer eller mindre av.

Slike økonomiske konsekvenser av forskjellige høstingsregler hører derfor hjemme i en utvidet evaluering av høstingsregler. Dette ligger utenfor Havforskningsinstituttets faglige kompetanse. Fiskeridirektoratet har imidlertid allerede en del kompetanse på dette punktet som klart er relevant for forvaltningen og avveiningene mellom bestandene. For å sikre at slike analyser foretas, foreslår utvalget at kompetansen ved Fiskeridirektoratet styrkes på dette punktet. I tillegg må vi få fram at en flerbstandsforvaltning også stiller større krav til forvalterne som skal ta beslutningene, og dette må formidles før en flerbstandsradgivning foreligger. Ensemble-kjøringer, dvs. bruke flere ulike modeller til å teste de samme høstingsreglene, er viktig. Dette fordi parametersetting av de mer komplekse modellene er forbundet med stor usikkerhet, og sammenfallene resultat gir økt støtte til resultatene. Hvis modellene gir ulikt resultat er det mye læring i å forstå hvorfor dette skjer, og eventuelt følge opp med empirisk forskning der det er usikkerhet om utslagsgivende parametere. Et viktig element i dette arbeidet blir å gi en endelig vurdering om når flerbstandsforvaltning faktisk gir en bedre forvaltning enn en føre-var-basert énbestandsforvaltning.

Tabell 1 under viser en del prioriterte forskningsutfordringer innen flerbstandsforvaltning av norske fiskerier som relaterer seg til typebeskrivelsene over, sortert etter bestand/økosystem, interaksjon, forskningsmessig basis samt nåværende og mulige forvaltningstiltak og hvorvidt målsettingene for forvaltningen er klar.

Tabell 1. Oversikt over prioriterte forskningsoppgaver som basis for videre utvikling av flerbestandsforvaltning.

Type	Bestand/ økosystem	Interaksjoner	Forskningsmessig behov	Nåværende og mulige forvaltningstiltak	Målavklaring og implementering
4.2/ 4.3	Torsk–lodde, Barentshavet	Torskens predasjon på lodde	Mageprøver, eksperimenter, predasjonsdødelighet  Mangler forståelse av økosystemeffekter av ny høstningsregel  Mangler forståelse av hvordan klima- endringer fører til endret overlapp mellom torsk og lodde og dermed predasjon	Økt høstingsgrad ved høy torskebestand  Høstingsregel for lodde som tar hensyn til torskens konsum	Avklart og implementert  Avklart og implementert
4.2/ 4.3	Torsk–hyse, Barentshavet	Torskens predasjon på hyse	Mageprøver, eksperimenter, variabel predasjonsdødelighet  Mangler modeller for predasjon på hyse	Økt høstingsgrad ved høy torskebestand  Høstingsregler for hyse som tar hensyn til torske- bestandens størrelse og torskens konsum av hyse	Avklart og implementert  Uavklart for hyse
4.2/ 4.3	Torsk–andre byttedyr, Barentshavet	Torskens predasjon på snøkrabbe, uer, reke og sild	Mageprøver, eksperimenter, mangler modell for variabel predasjonsdødelighet	Økt høstingsgrad ved høy torskebestand Høstingsregler for snøkrabbe, uer, reke og sild som tar hensyn til torske-bestandens størrelse og torskens konsum	Avklart og implementert  Uavklart for snøkrabbe, uer, reke og sild
4.2/ 4.3	Pelagisk fisk, Norskehavet	Fødekonkurranse	Behov for mer forskning på interaksjoner, tidsserier og modellutvikling	Økt uttaksgrad ved høye bestander	Uavklart
4.2	Makrell, sild og kolmule, Norskehavet	Predasjon av makrell på NVG sild og kolmule	Behov for mer forskning på interaksjoner, tidsserier og modellutvikling	Vurdering av høstingsregler som tar hensyn til interaksjoner	Uavklart
4.4	Tare, kysten	Effekter av taretråling på kystøkosystemet, inkludert fiskeyngel	Usikker effekt av taretråling på kystøkosystemet og overlevelse av fiskeyngel	Høstingsfrekvens, områdevern	Uavklart
4.2	Sjøpattedyr – byttedyr, Barentshavet,	Samlet predasjon av sjøpattedyr	Usikker kunnskap om diett og konsum	Høstingsregler for torsk, uer, reke, lodde og sild som tar	Uavklart. Ulike syn på målsetting for forvaltning.



	Norskehavet, kysten	Predasjon av vågehval og grønlandssel på torsk, hyse, sild, lodde, uer, reke,	Noe mageprøver, usikre konsumestimater, mangler modell for variabel predasjonsdødelighet	hensyn til sjøpattedyrenes størrelse og konsum Økt høsting av sjøpattedyr	Uavklart. Ulike syn på målsetting for forvaltning.
4.2	Torsk og sjøpattedyr, Barentshavet	Konkurransen mellom vågehval, grønlandssel og torsk	Trenger bedre informasjon om diett og konsum hos sjøpattedyr Muligheter ved å bruke indirekte mål på diett gjennom biopsi og isotopinformasjon	Bestandsmodell for torsk og sjøpattedyr som inkluderer interaksjonseffekten	Uavklart ikke implementert
4.4	Raudåte, Norskehavet og kysten	Effekter av raudåte høsting på andre økosystemkomponenter, bifangst av fiskeyngel	Usikker effekt av høsting på raudåte og dermed beitegrunnlag for andre fiskeslag	Etablering av forvaltningsplan	Uavklart
4.2	Makrell – sjøfugl, kysten	Konkurransen	Usikker predasjonsdødelighet på fiskeyngel (som er mat for sjøfugl)	Økt uttak av makrell	Uavklart
4.2	Sei, torsk, hvitting, og hyse i Nordsjøen	Predasjon fra hvitfisk på tobis, øyepål, sild, brisling og fiskeyngel	Trengs nye diettdata for å oppdatere konsumestimater og estimater av naturlig dødelighet på byttedyrsbestander	Økt høsting av predatorsbestander	Uavklart
4.4	Krill, Antarktis og Norskehavet	Effekter på andre økosystemkomponenter, bifangst av fiskeyngel	Usikker effekt av høsting av krill og dermed beitegrunnlag for andre predatorer	Etablering av forvaltningsplan	Uavklart
4.4	Mesopelagisk fisk, Norskehavet	Effekter på andre økosystemkomponenter, bifangst av yngel	Usikker effekt av høsting av mesopelagisk fisk og dermed beitegrunnlag for andre fiskeslag	Etablering av forvaltningsplan	Uavklart
4.5	Samlet uttak	Summen av enbestandsforvaltning kan gi overbeskatning	Mangler kunnskap om effekt av samlet fangst på ulike trofiske nivå og totalt på økosystemet	Sette tak på samlet uttak av trofisk nivå eller totalt for økosystem	Uavklart
4.6	Blandingsfiskeri leppefisk, kysten	Tekniske interaksjoner ved fiske av en rekke forskjellige bestander med forskjellig bestandsstatus og sårbarhet	Mangler kunnskap om effekt av høsting på leppefisk, og av høsting på økosystemet	Etablering av forvaltningsplan	Uavklart
4.6	Blandingsfiskeri hvitfisk, Nordsjøen	Tekniske interaksjoner gjennom fangst	Har utviklet system for rådgivning av blandingsfiskeri, men det er ikke basis for bestandsråd	Felles forvaltning av trålfiske etter hvitfisk basert på tilstand i enkeltbestander	Implementering av forvaltningsmodell for blandingsfiskeri

## 5. Prioriterte forskningsbehov for opptrapping av flerbestandsforvaltning

I det videre tar vi for oss de konkrete kunnskaps- og forskningsbehov vi ser for oss som er relevante i forhold til gjennomføring av en flerbestandsforvaltning som skissert i tabell 1 ovenfor. Vi anbefaler at forskningsinnsatsen fremover bør fokusere på:

1. Predasjon av makrell på nvg-sild og kolmule
2. Predasjon fra torsk på uer, reke, sild og snøkrabbe
3. Predasjon av sild og makrell på raudåte i Norskehavet
4. Effekt av tarehøsting på rekruttering av fiskebestander på kysten
5. Predasjon av hval og sel på sild, lodde, krill og makrell
6. Effekt av raudåte på rekruttering hos nvg-sild, torsk, sei og hyse
7. Predasjon fra hvitfisk på tobis, øyepål, sild, brisling og fiskeyngel i Nordsjøen
8. Effekt av høsting av mesopelagisk fisk på næringsnettet
9. Tekniske interaksjoner - blandingsfiskeri etter hvitfisk i Nordsjøen
10. Tekniske interaksjoner - blandingsfiskeri etter leppefisk

Nedenfor foretar vi en kort beskrivelse av prioriterte forskningsoppgaver for å underbygge videre utvikling av flerbestandsforvaltning for disse bestandene.

### 5.1 Predasjon av makrell på nvg-sild og kolmule

Hensyn tatt til at dette er tre kommersielt viktige fiskebestander tenker vi at denne bør ha førsteprioritet. I den grad makrellbestandens predasjon på nvg-sild og kolmule er viktig for produktiviteten til de to sistnevnte, kan dette være viktig å ta hensyn til ved valg av høstingsstrategi for makrellbestanden (med noen tilsvarende grep som det som er gjort for torsken). Makrell er en meget kapabel predator på fiskelarver, og undersøkelser viser at makrell spiser sildelarver langs Norskekysten (Skaret et al. 2015). Men det trengs mer feltundersøkelser for å belyse denne prosessen bedre. Denne mekanismen er meget dynamisk, og det er vanskelig å estimere predasjonen basert på felldata alene. Det bør derfor utvikles romlige modeller som simulerer forflytningen av både makrellen og sildelarvene for å estimere effekter av denne mekanismen på bestandsnivå. Makrellen vandrer også gjennom områder nord for Skottland der kolmulelarvene driver. Her er der også betydelig overlapp mellom disse bestandene i mange år, og der er klare hypoteser om at makrellen kan ha sterk påvirkning på kolmulerekrutteringen (Payne et al. 2012). Det er behov for feltstudier i dette området og romlige modellsimuleringer som nevnt ovenfor for å studere denne problemstillingen nærmere (Huse & Fiksen 2010). Mer kunnskap om denne predasjonsmekanismen kan brukes som argument for å foreta avveininger av høstingsnivå på makrellbestanden. Dersom det viser seg at makrell har en regulerende effekt på kolmule og/eller nvg-sild kan man vurdere hardere beskatning av makrellbestanden selv om det vil gi et lavere langtidsutbytte enn  $F_{msy}$ .

### 5.2 Predasjon fra torsk på uer, reke, sild og snøkrabbe

Nordøstarktisk torsk er en viktig predatorbestand i Barentshavet. Predasjon av torsk på lodde er allerede implementert i beregningen av loddebestanden. Dataene fra mageprøvetakingsprogrammet på torsk dekker hele utbredelsesområdet og konsumet til bestanden og kan brukes til å beregne predasjonsdødelighet på uer, reke, sild og snøkrabbe. For å få dette til trengs det innsats på modellutvikling. Det vil også øke presisjonen i estimeringen dersom det gjennomføres eksperiment der man studerer fordøyelsestid for disse byttedyrene, som tidligere

gjort av dos Santos og Jobling (dos Santos & Jobling 1992) for lodde. Predasjonsdødeligheten kan dermed brukes til å etablere en dynamisk naturlig dødelighetskomponent hos disse byttedyrbestandene på samme måte som for hyse. Videre må denne kunnskapen inkorporeres i modeller; fra utvidete énbestandsmodeller til flerbestands- og økosystemmodeller. Det vil kunne gi bedre beskrivelse av populasjonsdynamikken til disse bestandene og bedret rådgivning. Dette bidrar med kunnskap for å forstå mer om konsekvensene som eksempelvis endringen i høstingsstrategi for torsk høsten 2016 har for uer, reke, sild og snøkrabbe. I den grad denne predasjonen er stor når torskebestanden er  $2 \cdot B_{pa}$  kan dette være argument for å opprettholde den nye høstingsstrategien. Hvor vesentlig slik kunnskap er for forvaltning av uer, reke, sild og snøkrabbe er vi usikre på.

### 5.3 Predasjon av sild og makrell på raudåte i Norskehavet

Nvg-sild og makrell er viktige konsumenter av dyreplankton i Norskehavet, og studier har konkludert med at der er tetthetsavhengig vekst og at der er konkurranse om føden blant disse bestandene (Huse et al. 2012). De senere årene har der vært en nedgang i størrelse ved alder i makrellbestanden som antakelig i stor grad tilskrives tetthetsavhengig vekst (Olafsdottir et al. 2015). Raudåta utgjør hoveddelen av det mellomstore dyreplanktonet i Norskehavet, og i sammenheng med at bestanden av nvg-sild har blitt redusert, har raudåtebestanden økt i mengde. Siden raudåtebestanden nå blir høstet og det har blitt utarbeidet en egen forvaltningsplan for denne bestanden, bør man studere forholdet mellom raudåta og predatorbestandene. Ny kunnskap om denne sammenhengen kan brukes i utvikling av høstingsstrategier for makrell og sild i forhold til bæreevnen til økosystemet i Norskehavet. Hvis dette kan bidra til økt kunnskap om hvorvidt raudåte kan være en begrensende faktor for produktiviteten i sild og makrellbestanden, kan dette være viktig å ta hensyn til ved valg av høstingsstrategi for sild og makrellbestanden (men ikke nødvendigvis). En flerbestandsmodell for disse bestandene er under utvikling ved Havforskningsinstituttet.

### 5.4 Effekt av tarehøsting på rekruttering av fiskebestander på kysten

Tareskogen er oppvekstområde for mange av våre kystnære bestander. Men effekten av tareskog på yngeloverlevelse og rekruttering til kystbestander er lite kjent. Det er behov for å se nærmere på dette for å studere tettheter av fiskeyngel i områder med og uten tareskog og relatere rekrutteringssuksess til forekomst av tareskog gjennom feltstudier og ved simuleringer av larvedrift i forhold til gyteområder for nøkkelbestander som kysttorsk. Ny kunnskap om dette kan brukes i forvaltningen av hvor man høster tare. Kunnskap om dette er viktig for å forvalte tareressursene på en måte som ikke skader rekruttering av fiskebestander på kysten.

### 5.5 Predasjon av hval og sel på sild, lodde, krill og makrell

Med bortfallet av selfangsten og redusert fangst av hval er det mange som er bekymret over effekten som store sjøpattedyrbestander har for kommersielle fiskebestander. Det er tilgang på magedata fra vågehval og grønlandssel som kan brukes, men i liten grad fra de andre sjøpattedyrene. Samtidig vet vi at det er komplisert å forutsi konsekvensene som en økt fangst av sjøpattedyr vil ha for produktiviteten til de kommersielle fiskebestandene, og – at det er politisk kontroversielt å øke fangsten med basis i flerbestands-hensyn. Og at det heller ikke er enkelt å etablere et større marked for produkter fra sjøpattedyrnæringen.

### 5.6 Effekt av raudåte på rekruttering hos nvg-sild, torsk, sei og hyse

Det har vært en nedgang i mengden av raudåte i perioden 2003–2011. Denne trenden har blitt reversert og de senere årene har der vært en svak oppgang. Men på kysten har der vært en tydelig nedgang i dyreplanktonmengden. Det er viktig å studere effekten dette kan ha på

rekrutteringen hos de kystnære bestandene som sild, torsk, sei og hyse. Siden der er tett kobling mellom dyreplanktonet i Norskehavet og på kysten, kan ny kunnskap om denne mekanismen brukes til å regulere høsting av og predasjonspresset på raudåte. Men det trengs betydelig med nye feltstudier, eksperiment og modellering før man kan foreta forvaltningsrelevante grep her.

### 5.7 Predasjon av hvitfisk på kommersielt viktige bestander i Nordsjøen

I Nordsjøen er der en rekke forskjellige bestander av torskefisk og andre predatorer som beiter på kommersielt viktige fiskebestander som sild, brisling og tobis. Det er en lang tradisjon for flerbefandtsforskning i Nordsjøen, og det har blitt gjennomført "year of the stomach" i 1981 og 1991 der et stort antall mager ble analysert fra predatorbestander i Nordsjøen. Det er behov for økt satsing på å forstå næringsnettene i Nordsjøen. Vi anbefaler derfor at det innsamles mageprøver for sei, torsk, hvitting, og hyse i Nordsjøen med formål om å gi oppdaterte estimater for konsum av kommersielt viktige bestander.

### 5.8 Effekt av høsting av mesopelagisk fisk på næringsnettene

Der er stor interesse for høsting av mesopelagisk fisk. Dette er en sammensatt og lite kjent gruppe fisk med stor biomasse globalt sett, og det er viktig å styrke kunnskapen om rollen til mesopelagisk i næringsnettene og effekter på kommersielt og økologisk viktige bestander.

### 5.9 Tekniske interaksjoner – blandingsfiskeri etter hvitfisk i Nordsjøen

Reguleringene for blandingsfiskeri av hvitfisk i Nordsjøen (torsk, hyse, sei, hvitting, lysing) vil trolig endres de kommende årene for å ta høyde for konsekvensene av innføringen av utkastforbud i EU. Selv om sei er den eneste av disse bestandene der Norge har en stor andel av totalkvoten, er det viktig at Norge bidrar til å gjøre reguleringene av slike fiskerier så hensiktsmessige som mulig for norske fiskere og for andre lands fiske i norsk sone.

### 5.10 Tekniske interaksjoner – blandingsfiskeri etter leppefisk

Fisket etter leppefisk har økt betydelig i omfang de siste årene i tråd med økt behov for bekjempelse av lakselus i oppdrettsnæringen. Det fiskes på en rekke forskjellige bestander av leppefisk med forskjellig livshistorie og sårbarhet for høsting. Det er derfor behov for å utrede reguleringer som tar høyde for disse artsforskjellene i tallrikhet og sårbarhet.

## 6. Konklusjon

Avslutningsvis er det klart at flerbefandtsmetodikken kan bidra til å styrke forvaltningen ved å gi bedre beskrivelse av populasjonsdynamikken hos bestander som kan redusere prosess-usikkerheten og eksplisitte høstingsavveininger mellom bestander. Men samtidig er det viktig å være klar over kostnadssiden og at man introduserer ny usikkerhet ved at man benytter flere bestandsestimat med usikkerhet og har mer usikre prosessformuleringer som også gir økt usikkerhet. Det blir dermed et usikkerhetsregnskap som må vurderes. I tillegg kommer økte kostnader knyttet til forskning og utviklingsarbeidet og økt overvåkingsbehov som også må tas med i vurderingen av en videre opptrapping av ressursforskning mht. flerbefandtsforvaltning.

Utvalget anbefaler ingen generell overgang til flerbefandtsforvaltning. Det som trengs etter vårt syn, er individuelle vurderinger av de forskjellige bestandene i forhold til de tre premissene

nevnt ovenfor knyttet til sterke trofiske interaksjoner, forskningsmessig basis og enighet blant interessenter. Våre anbefalinger involverer altså kommersielt og økologisk viktige bestander der det forventes å være sterke interaksjoner og der vi mener at et styrket kunnskapsgrunnlag kan legge grunnlag for opptrapping av flerbestandsforvaltning dersom interessentene kommer til enighet om dette. Vi anbefaler også at effekter på økosystemet tas med som standard kriterium i evaluering av høstingsregler i tillegg til de vanlige kriteriene knyttet til langtids-utbytte og bestandsdynamikk.

## 7. Referanser

- Aksnes DL, Ulvestad KB, Baliño BM, Berntsen J, Egge JK, Svendsen E (1995) Ecological modelling in coastal waters: Towards predictive physical-chemical-biological simulation models. *Ophelia* 41:5-36
- Anderson SC, Cooper AB, Jensen OP, Minto C, Thorson JT, Walsh JC, Afflerbach J, Dickey-Collas M, Kleisner KM, Longo C, Osio GC, Ovando D, Mosqueira I, Rosenberg AA, Selig ER (2017) Improving estimates of population status and trend with superensemble models. *Fish and Fisheries* 18:732-741
- Anon. (2016) Forvaltningsplan for raudåte. Rapport fra Fiskeridirektoratet
- Bachiller E, Utne KR, Jansen T, Huse G (2018) Bioenergetics modeling of the annual consumption of zooplankton by pelagic fish feeding in the Northeast Atlantic. *Plos One* 13
- Bogstad B, Gjøsæter H, Haug T, Lindstrøm U (2015) A review of the battle for food in the Barents Sea: cod vs. marine mammals. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3
- Bogstad B, Hauge KH, Ulltang Ø (1997) A multispecies model for fish and marine mammals in the Barents Sea. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science* 22:317-342
- Daan N (1989) Data base report of the stomach sampling project 1981. Cooperative Research Report, Book 164
- dos Santos J, Jobling M (1992) A model to describe gastric evacuation in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey. *ICES J Mar Sci* 49:145-154
- dos Santos J, Jobling M (1995) Test of a food consumption model for the Atlantic cod. *ICES J Mar Sci* 52:209-219
- Eriksen E, Skjoldal HR, Gjøsæter H, Primicerio R (2017) Spatial and temporal changes in the Barents Sea pelagic compartment during the recent warming. *Progress in Oceanography* 151:206-226
- Fossheim M, Primicerio R, Johannesen E, Ingvaldsen RB, Aschan MM, Dolgov AV (2015) Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic. *Nature Climate Change* 5:673-677
- Frainer A, Primicerio R, Kortsch S, Aune M, Dolgov AV, Fossheim M, Aschan MM (2017) Climate-driven changes in functional biogeography of Arctic marine fish communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114:12202-12207
- Garcia SM, Kolding J, Rice J, Rochet MJ, Zhou S, Arimoto T, Beyer JE, Borges L, Bundy A, Dunn D, Fulton EA, Hall M, Heino M, Law R, Makino M, Rijnsdorp AD, Simard F, Smith ADM (2012) Reconsidering the Consequences of Selective Fisheries. *Science* 335:1045-1047
- Gjøsæter H, Bogstad B, Tjelmeland S (2002) Assessment methodology for Barents Sea capelin, *Mallotus villosus* (Müller). *ICES J Mar Sci* 59:1086-1095
- Hansen C, Skern-Mauritzen M, van der Meeren G, Jähkel A, Drinkwater KF (2016) Set-up of the Nordic and Barents Seas (NoBa) Atlantis model. *Fisken og Havet*
- Howell D, Hansen C, Bogstad B, Skern-Mauritzen M (2016) Balanced harvesting in a variable and uncertain world: a case study from the Barents Sea. *ICES J Mar Sci* 73:1623-1631
- Huse G, Fiksen Ø (2010) Modelling encounter rates and distribution of mobile predators and prey. *Progress in Oceanography* 84:93-104
- Huse G, Holst JC, Utne K, Nottestad L, Melle W, Slotte A, Ottersen G, Fenchel T, Uiblein F (2012) Effects of interactions between fish populations on ecosystem dynamics in the Norwegian Sea - results of the INFERNO project Preface. *Marine Biology Research* 8:415-419
- ICES (1996) Database report of the stomach sampling project 1991. ICES Cooperative Research Report 219, Copenhagen, 426 pp.
- ICES (2017) Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 19–25 April 2017, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2017/ACOM:06. 486 pp.
- Kenny AJ, Skjoldal HR, Engelhard GH, Kershaw PJ, Reid JB (2009) An integrated approach for assessing the relative significance of human pressures and environmental forcing on the status of Large Marine Ecosystems. *Progress in Oceanography* 81:132-148

- Lindstrøm U, Smout S, Howell D, Bogstad B (2009) Modelling multi-species interactions in the Barents Sea ecosystem with special emphasis on minke whales and their interactions with cod, herring and capelin. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 56:2068-2079
- Link JS (2018) System-level optimal yield: increased value, less risk, improved stability, and better fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 75:1-16
- Mehl S (1989) The Northeast Arctic cod stock's consumption of commercially exploited prey species in 1984-1986. *Rapp Proc-Verb Réunion Cons Int l'Explor Mer* 188:185-205
- Olafsdottir AH, Slotte A, Jacobsen JA, Oskarsson GJ, Utne KR, Nøttestad L (2015) Changes in weight-at-length and size-at-age of mature Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) from 1984 to 2013: effects of mackerel stock size and herring (*Clupea harengus*) stock size. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*
- Payne MR, Egan A, Fassler SMM, Hatun H, Holst JC, Jacobsen JA, Slotte A, Loeng H (2012) The rise and fall of the NE Atlantic blue whiting (*Micromesistius poutassou*). *Marine Biology Research* 8:475-487
- Plaganyi EE (2007) Models for an ecosystem approach to fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper No 477*
- Rindorf A, Schmidt JO, Bogstad B, Reeves S, Walther Y (2013) A Framework for Multispecies Assessment and Management. Copenhagen
- Skaret G, Bachiller E, Langøy H, Stenevik EK (2015) Mackerel predation on herring larvae during summer feeding in the Norwegian Sea. *ICES J Mar Sci* 72:2313-2321
- Skaret G, Pitcher TJ (2016) An Ecopath with Ecosim model of the Norwegian Sea and Barents Sea validated against time series of abundance. *Fisken og Havet*. Institute of Marine Research
- Skern-Mauritzen M, Ottersen G, Handegard NO, Huse G, Dingsør GE, Stenseth NC, Kjesbu OS (2016) Ecosystem processes are rarely included in tactical fisheries management. *Fish and Fisheries* 17:165-175
- Skjoldal HR, Sætre R, Fernö A, Misund OA, Røttingen I (eds) (2004) *The Norwegian Sea Ecosystem*. Tapir, Trondheim
- Skogen MD, Budgell WP, Rey F (2007) Interannual variability in Nordic seas primary production. *ICES J Mar Sci* 64:889-898
- Tjelmeland S, Bogstad B (1998) MULTSPEC - a review of a multispecies modelling project for the Barents Sea. *Fisheries Research* 37:127-142

Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**Institute of Marine Research**

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes  
NO-5817 Bergen  
Tlf.: +47 55 23 85 00  
E-post: [post@hi.no](mailto:post@hi.no)

[www.hi.no](http://www.hi.no)

