

## Utvalg til å vurdere fremtidig utvikling i våre mest sentrale fiskebestander

Geir Huse (leder), Olav Sigurd Kjesbu, Harald Gjøsæter, Bjarte Bogstad, Erling Kåre Stenevik, Jens Christian Holst, Petter Fossum, Randi Ingvaldsen, Geir Odd Johansen og Mette Skern-Mauritzen



# **Utvalg til å vurdere fremtidig utvikling i våre mest sentrale fiskebestander**

## Innhold

Bakgrunn .....	3
Mandat.....	3
Utvalgets medlemmer .....	3
1. Utvikling siste 5 år .....	4
Klimautvikling .....	4
Barentshavet .....	5
Lodde.....	6
Nordøstarktisk torsk .....	9
Nordøstarktisk hyse.....	12
Vanlig uer.....	22
Snabeluer.....	23
Norskehavet.....	24
Norsk vårgytende sild.....	25
Makrell .....	27
Kolmule.....	29
Nordsjøen .....	30
Tobis.....	30
Nordsjøsild .....	34
2. Prognose .....	39
Klima.....	39
Barentshavet .....	40
Lodde.....	40
Torsk.....	41
Hyse.....	41
Sei.....	42
Vanlig uer.....	43
Snabeluer.....	43
Norskehavet.....	43
Norsk vårgytende sild.....	43
Makrell .....	44
Kolmule.....	44
Nordsjøen .....	45
Tobis.....	45
Nordsjøsild .....	45
3. Foreslå nødvendige forskningsoppgaver.....	45
Kort sikt.....	45
Lang sikt - Hjort Strategic Institute Project.....	47
Relevant aktivitet innen Havforskningsinstituttet sine programmer.....	51
4. Forslå tiltak for ICES .....	53
Referanser.....	53

## **Bakgrunn**

Der har vært noen store endringer i utviklingen av våre viktigste fiskebestander de siste årene. Disse endringene har til dels vært av dramatisk art (kollaps i kolmule), og vi vet at endringer i økosystemene har en tendens til å komme overraskende. Vi har for tiden en rekordstor torskebestand, en nedadgående sildebestand, en økende kolmulebestand (etter en stor og rask nedgang), og en rekordhøy hysebestand. Vår forståelse av hva som driver endringene i rekruttering, vekst og overlevelse er til dels mangelfull, og vi er i svært liten grad i stand til å forutsi slike endringer og dermed anvende slik kunnskap i vår forvaltning. Det nedsettes derfor et utvalg for å vurdere årsakene til nylige endringer, sannsynlig fremtidig utvikling i våre fiskebestander, og behovet for dedikerte forskningsoppgaver knyttet til dette.

## **Mandat**

1. Beskriv utvikling i vekst overlevelse og rekruttering hos våre viktigste fiskebestander de siste 5 årene og pek på sannsynlige årsaker til variasjonene.
2. Angi sannsynlig utvikling i vekst, overlevelse og rekruttering hos våre viktigste fiskebestander gitt forskjellige klimascenerier (økning/minkning) og ”betydelige” endringer i predator/byttedyr forhold.
3. Foreslå nødvendige forskningsoppgaver og tiltak for å ta mer hensyn til klima, mattilbud og bestandsinteraksjoner i økosystembasert rådgivning.
4. Foreslå tiltak for å øke interessen i ICES av prosessforståelse for variabilitet i fiskebestander og håndtering av dette i rådgivning.

## **Utvalgets medlemmer**

Geir Huse (leder)

Olav Sigurd Kjesbu

Harald Gjørseter

Bjarte Bogstad

Erling Kåre Stenevik

Jens Christian Holst

Petter Fossum

Randi Ingvaldsen

Geir Odd Johansen

Mette Skern-Mauritzen

# 1. Utvikling siste 5 år

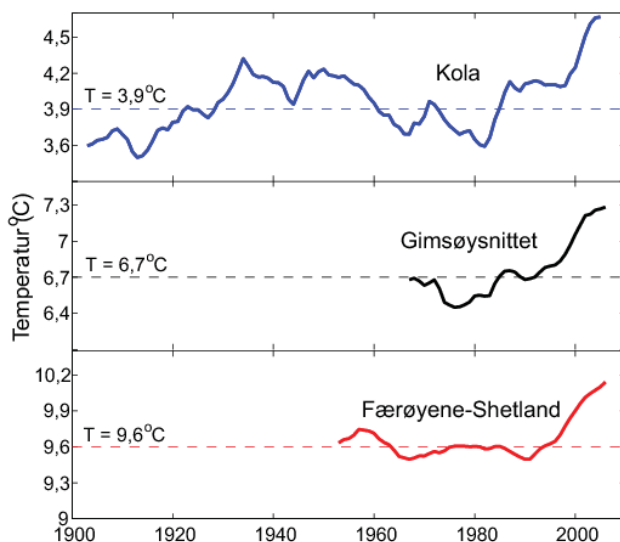
Beskriv utvikling i vekst, overlevelse og rekruttering hos våre viktigste fiskebestander de siste fem årene og pek på sannsynlige årsaker til variasjonene.

## Klimautvikling

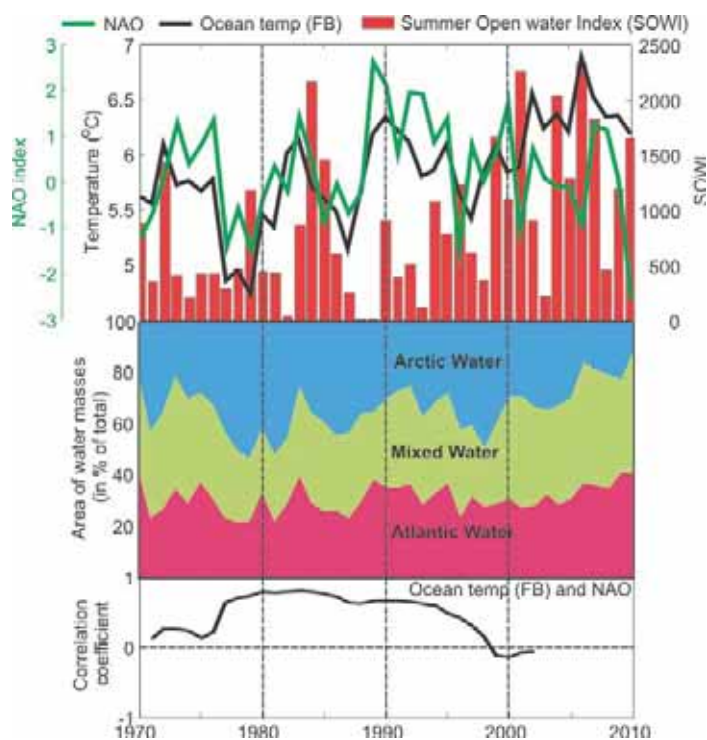
De norske havområdene er preget av stor klimavariasjon, så vel sesongmessig som fra år til år. Dette skyldes variasjon i storskala lufttrykkfelt og påfølgende variasjoner i vind, variasjon i mengde og temperatur i vannet som strømmer inn fra Nord-Atlanteren, lokalt varmetap fra hav til luft, og mengde av andre tilstøtende vannmasser som strømmer inn i havområdene.

Det siste tiåret har det vært bemerkelsesverdig varmt i de norske hav- og kystområdene. I samme periode har det vært en nedgang i silikat som følge av endret atlantehavsvann, og i Barentshavet og Arktis er det registrert en nedadgående trend i isdekke. De varmeste årene som noensinne er observert i Norskehavet var i løpet av det siste tiåret, og i Barentshavet var alle årene 2004-2007 varmere enn ved siste varmeperiode. I Barentshavet har de høye temperaturene også ført til endret vannmassefordeling (Figur 2). Områdene dekket av kaldt vann (arktisk vann) har minsket kraftig slik at mesteparten av havområdet i de siste årene har hatt temperaturforhold som tilsier at f.eks. torsk kan gå hvor den vil. I motsetning til de fleste andre tidsseriene har den storskala NAO-indeksen bare vært moderat i det siste tiåret (Figur 2).

De høyeste temperaturene i løpet av det siste tiåret ble i de norske hav og kystområdene målt i 2006. Siden har temperaturene hatt en nedadgående trend, spesielt i Barentshavet, men de er fremdeles relativt høye. Temperaturene i atlantehavsvannet var i 2011 omtrent som langtidsmiddelet i Nordsjøen, omtrent 0,3 °C over langtidsmiddelet i Norskehavet og vel 0,4 °C over langtidsmiddelet i Barentshavet.

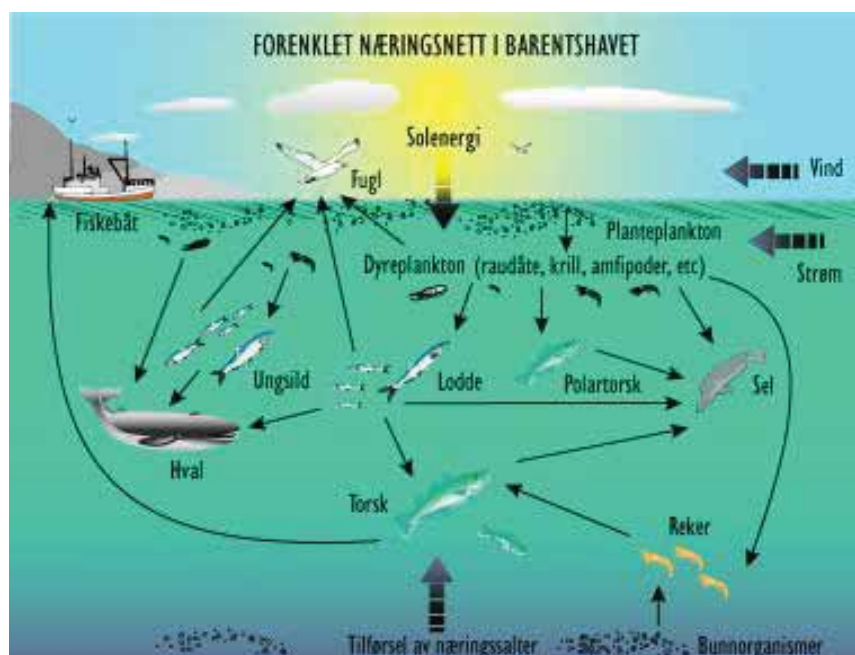


**Figur 1.** Temperatur i atlantehavsvannet mellom Færøyene og Shetland (rød kurve), i Gimsøysnittet (svart kurve), og i Kolasnittet (blå kurve). Langtidsmidlene beregnet fra 1970–2000 er henholdsvis 9,6 °C, 7,6 °C og 3,9 °C. Tidsseriene er ti års glidende midler. (Gjengitt med tillatelse fra FRS Marine Laboratory, Aberdeen og PINRO, Murmansk).



**Figur 2.** Tidsutvikling i NAO-indeks, temperatur i Fugløy-Bjørnøya, arealet av åpent vann i Barentshavet (øvre panel). Relativt areal av områdene dekket av atlantehavsvann, blandingsvann og arktisk vann ved bunn (midterste panel). 15-års glidende middel mellom NAO-indeks og Fugløy-Bjørnøya-temperaturer (nederste panel).

## Barentshavet



**Figur 3.** Næringsnettet i Barentshavet.



Figur 4. Kart over Barentshavet.

De spesielle klimatiske forholdene det siste tiåret har hatt flere dokumenterte effekter på økosystemet i Barentshavet (Figur 3, 4). Det er vist at de varme forholdene har ført til en økning i boreale dyreplanktonarter og påfølgende gode føde- og vekstforhold for artene som lever av disse, for eksempel torsk og lodde. Samtidig har det vært en nedgang i mengde arktisk dyreplankton, hvilket kan ha negative konsekvenser for den arktiske næringskjeden, deriblant polartorsk og andre arktiske beiterere. Det har også blitt vist at det har vært en forskyvning nordover av loddeområdene det siste tiåret og at dette sannsynligvis skyldes det varme klimaet. En slik forskyvning kan ha betydning for beiting og predasjon i økosystemet. Dessuten er det blitt vist at den trofiske kontrollen i økosystemet har endret seg over de siste 40 årene, sannsynligvis på grunn av endringer i klima og fiskeri.

## Lodde

### *Historikk med vekt på siste 5 år*

Den historiske utviklinga i bestand, rekruttering og fangst er vist i Figur 5, og utviklinga i individuell vekt er vist i Figur 6. Figur 7 og 8 visar døme på geografisk utbreiing om hausten. Som det går fram av figuren har bestandstorleiken veksla mykje gjennom perioden 1972 til 2011, som eit resultat av at rekrutteringa har veksla. Fangsten har vore regulert i høve til bestandsstorleiken, og har vore stansa heilt i periodar når bestanden har vore liten. Fleire hypotesar har vore lansert for å forklara årsaka til den kraftige vekslinga i rekruttering. Den som har størst tilslutning i dag er at mengda av ungsild i Barentshavet regulerer mengda loddelarver som overlever gjennom predasjon. Det byrjar å bli eit solid publisert evidensgrunnlag for denne hypotesa, men det er også klårlagt at det ikkje er ein enkel

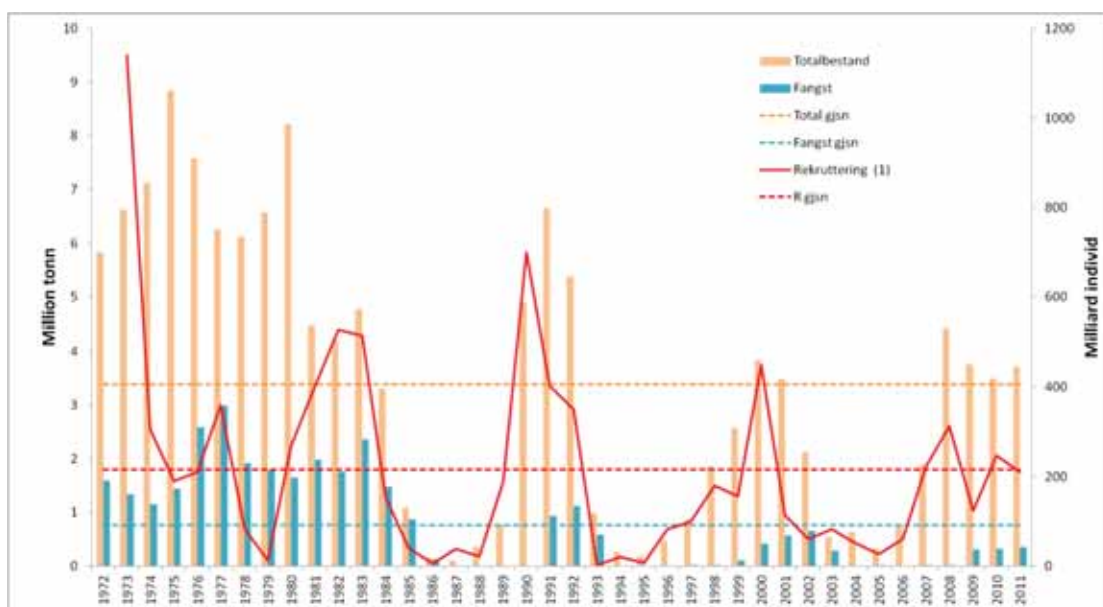
(omvendt) proporsjonalitet mellom mengda sild i Barentshavet og rekrutteringa til loddebestanden; snarare er det slik at store mengder ungsild i Barentshavet er ein naudsynt, men ikkje tilstrekkeleg faktor for å få dårleg rekruttering med etterfølgjande kollaps i loddebestanden.

Mot denne bakgrunnen er dei siste 4-5 åra uvanleg statiske når det gjeld lodda: rekrutteringa har veksla rundt gjennomsnittleg rekruttering, og totalbestanden har vore i overkant av gjennomsnittleg totalbestand når ein samanliknar med heile perioden.

Fisket på loddebestanden i Barentshavet vert regulert gjennom ein haustingsregel vedteken av Den norsk-russiske fiskerikommisjon. Regelen er funnen å vera i tråd med ei føre-var-tilnærming i ICES.

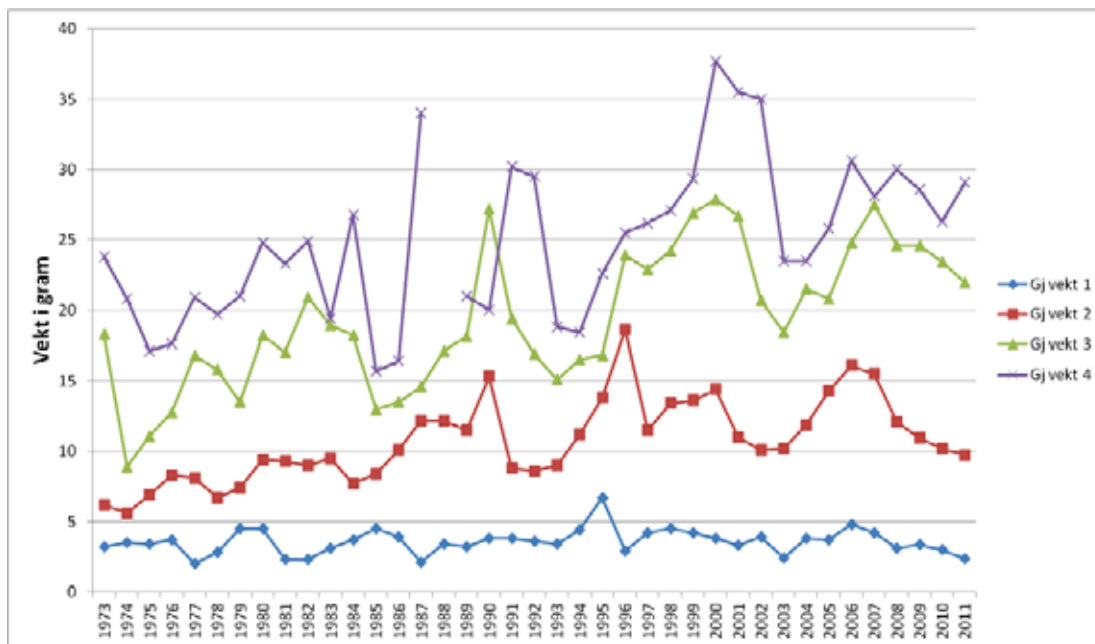
Som det går fram av Figur 6 har det ikkje vore nokon trend i vekta av 1-åringane over perioden 1973-2011. Men både vekta av 2-, 3-, og 4-åringane synest å ha auka gjennom heile perioden. Dei siste 5-6 åra har 2-, og 3-åringane hatt ein liten nedgang i vekt, medan 4-åringane har hatt konstante gjennomsnittsvecter denne perioden.

Utbreiinga av lodde i beitesesongen (slik han er observert under hausttoktet i Barentshavet) har endra seg ein del gjennom perioden. I eit arbeid som snart kjem ut har Ingvaldsen og Gjøsæter (i trykken) funne at endringane i utbreiing dels kan forklarast med endringar i bestandsstorleiken (jo større bestand jo større utbreiing som impliserer ekspansjon mot nord og aust) og i temperaturtilhøva (jo varmare vatn, jo lengre nord og aust strekkjer utbreiinga seg). Figur 7 visar utbreiinga i 1984 (typisk for kaldt hav og middels bestand) og Figur 8 visar utbreiinga i 2011 (varmt hav og middels bestand).

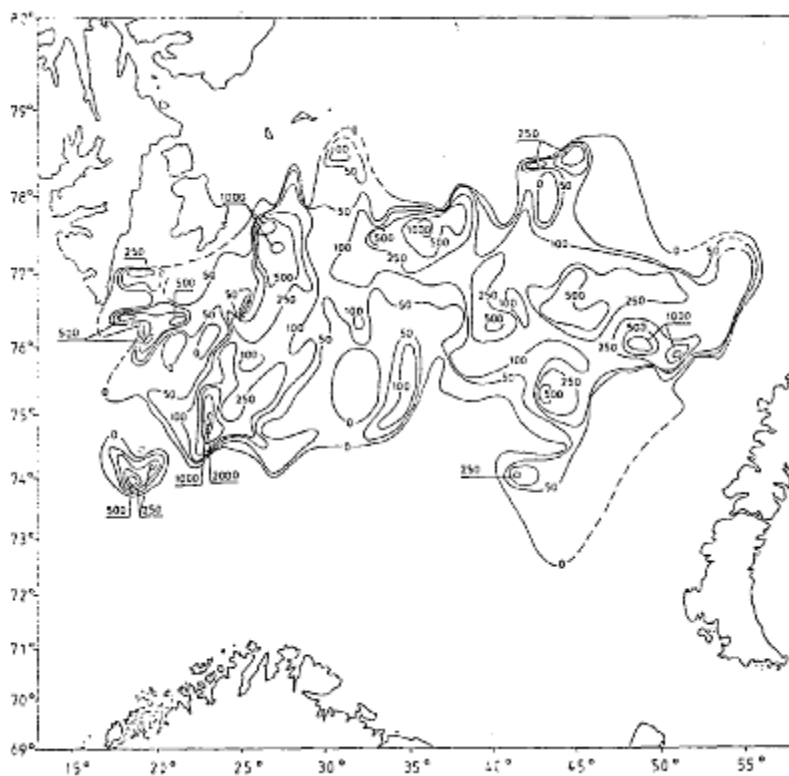


**Figur 5.** Utviklinga i bestand, rekruttering og fangst av lodde i Barentshavet frå 1972 til 2011.

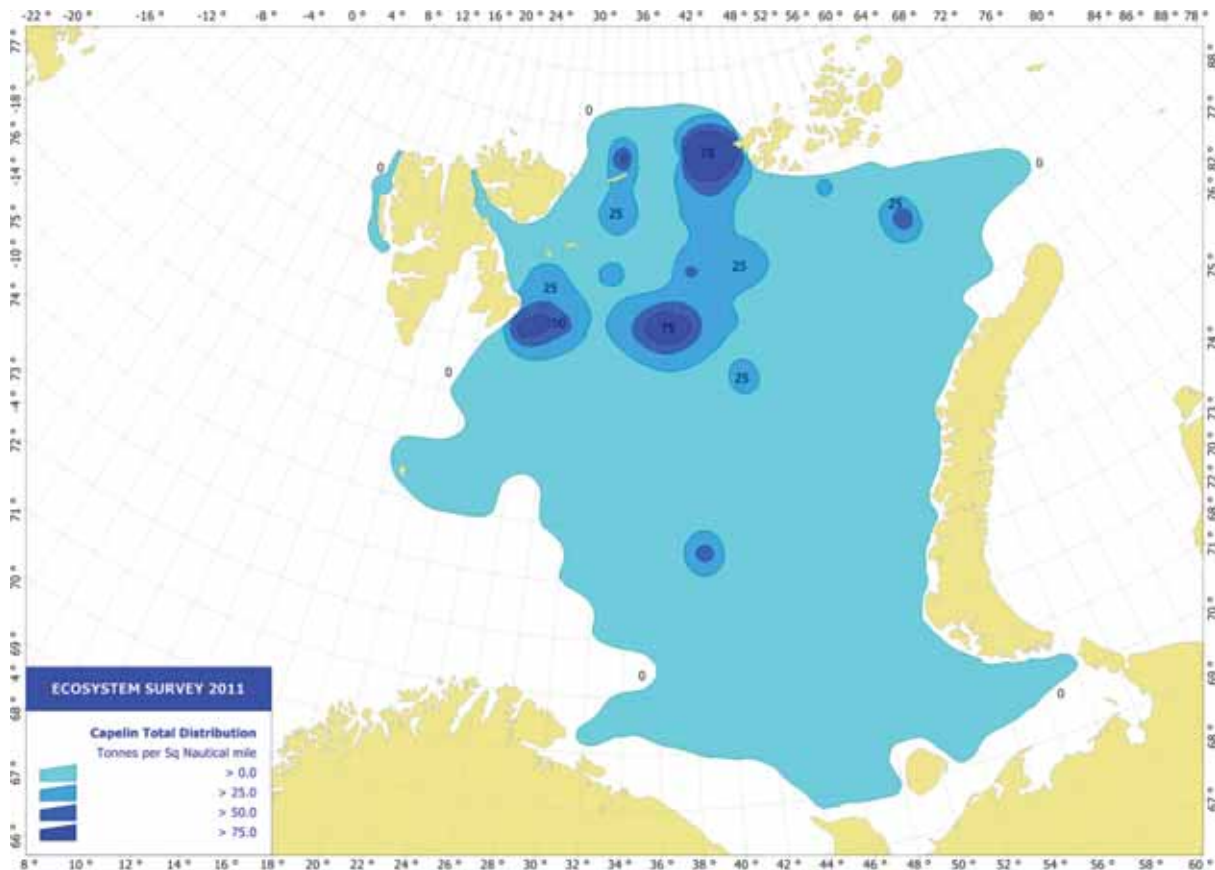




Figur 6. Gjennomsnittsvekt i gram målt om hausten for aldersgruppene 1-4 år av lodde i Barentshavet.



Figur 7. Utbreiing av lodde i Barentshavet hausten 1984.



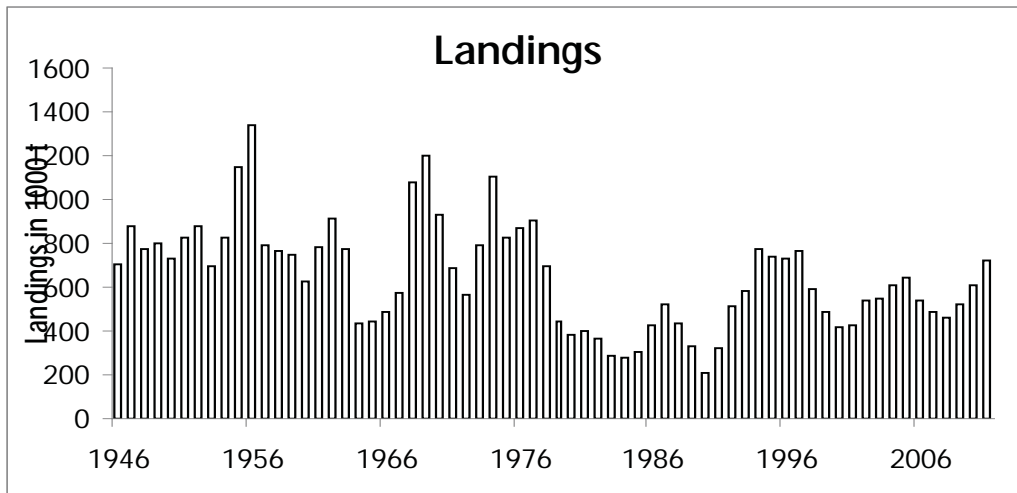
**Figur 8.** Utbreiing av lodde i Barentshavet hausten 2011.

### **Nordøstarktisk torsk**

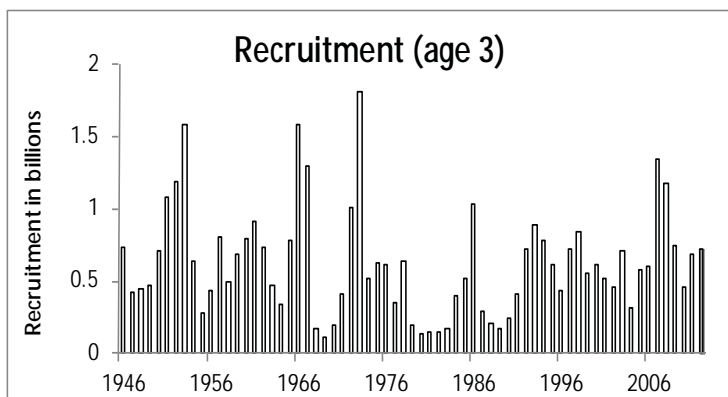
Den historiske utviklingen i bestand, rekruttering, fangst og fiskedødelighet er vist i Figur 9a-d. Figur 10 viser utviklingen i vekst og mattilbud og Figur 11 viser variasjonen i dødelighet forårsaket av kannibalisme. Torskens konsum er vist i Figur 12.

Etter at høstingsregelen ble innført i 2003 og det beregnede urapporterte fisket ble redusert fra over 150 000 tonn i 2005 til 0 i 2009, har torskebestanden økt kraftig. Gytebestanden er nå på et historisk høyt nivå, mens totalbestanden er på omtrent samme nivå som i perioden 1946-1955. Bestandsøkningen skyldes både en fornuftig forvaltning og gunstige klimaforhold. Årsklassene 2004 og 2005 er sterke (rundt det dobbelte av langtidsgjennomsnittet), mens de etterfølgende årsklassene er i nærheten av langtidsgjennomsnittet. Temperaturen har vært over gjennomsnittet i en lang periode, noe som er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig, betingelse for god rekruttering. Det er derimot ikke kjent hvorfor akkurat disse to årsklassene ble sterke. En minst like viktig effekt av den høye temperaturen er at både torsken og dens byttedyr har fått et betraktelig større leveområde, slik at det blir produsert nok mat til å fø en stor torskebestand. Den geografiske utbredelsen av torsken er den største som er observert i de 30 årene vi har hatt forskningstokt på denne bestanden, og på økosystemtoktet er det observert torsk nord til 81°N og øst til 56°Ø.

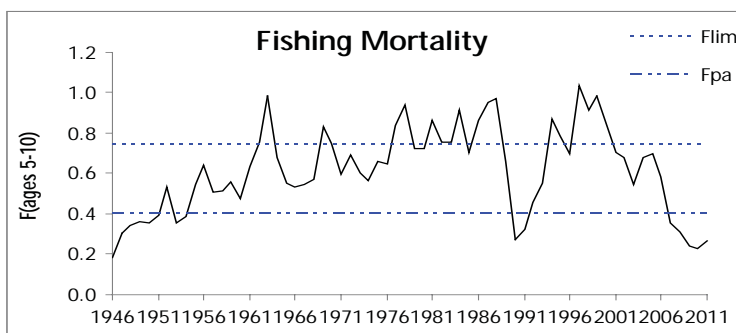
Som Figur 10 viser, har det vært en viss nedgang i den individuelle veksten hos torsk, noe som er normalt ved slike høye bestandsnivåer. Utviklingen i mengde fôr-fisk er også vist i Figur 10. Ut fra denne figuren ser det ikke ut til at den store torskebestanden så langt har hatt en negativ effekt på byttedyrbestandene, selv om torskens konsum har økt kraftig som følge av veksten i bestanden (Figur 12).



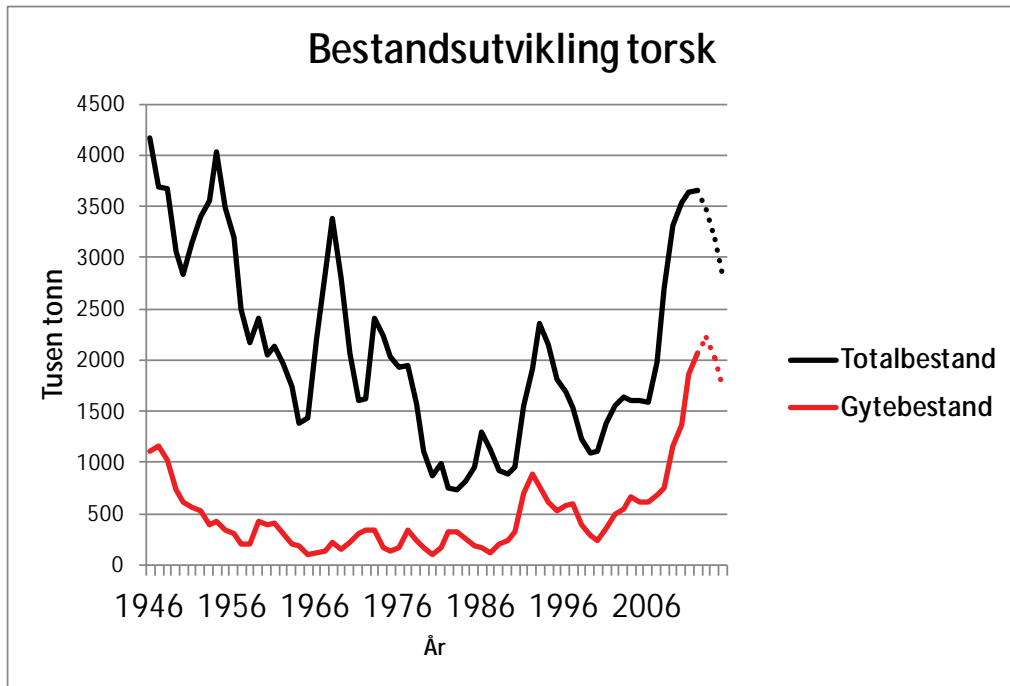
Figur 9a. Fangst av nordøstarktisk torsk.



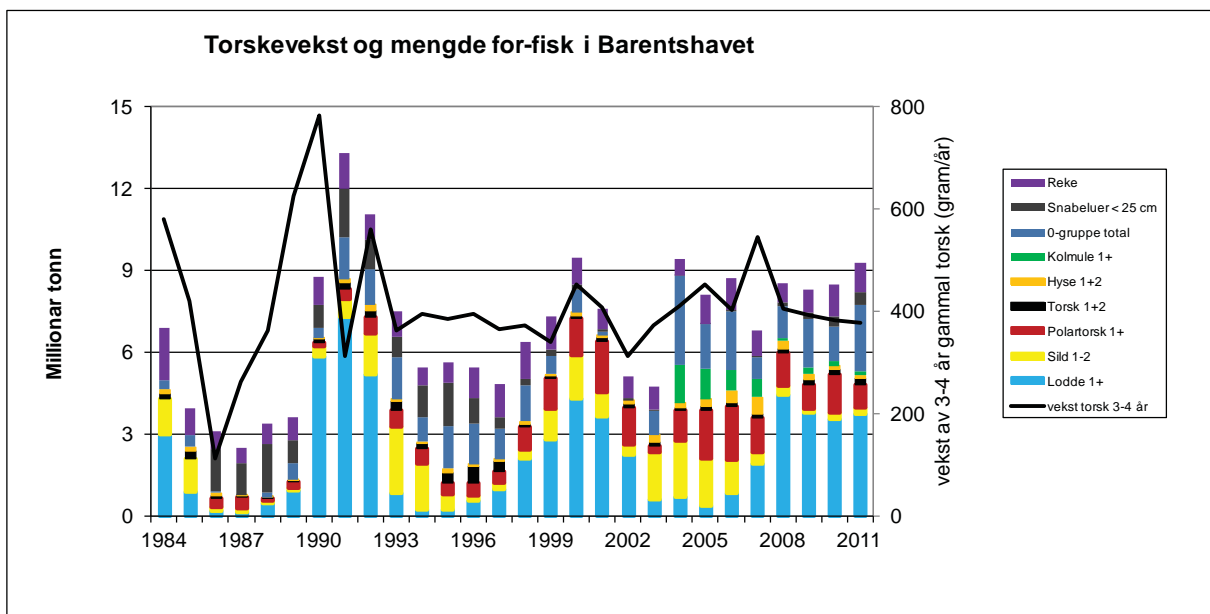
Figur. 9b. Rekruttering nordøstarktisk torsk.



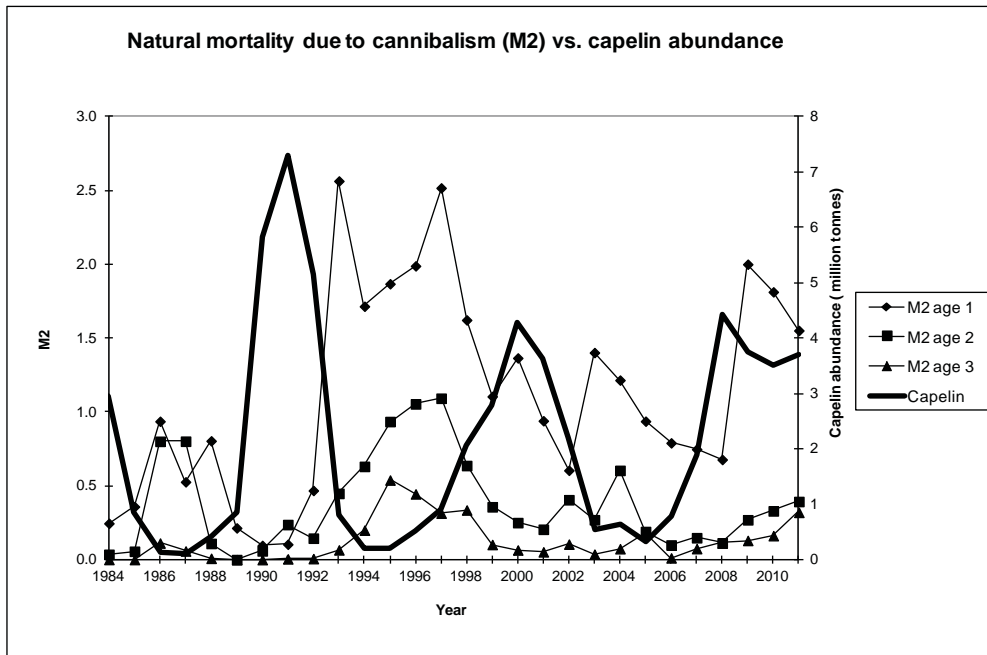
Figur 9c. Fiskedødelighet nordøstarktisk torsk.



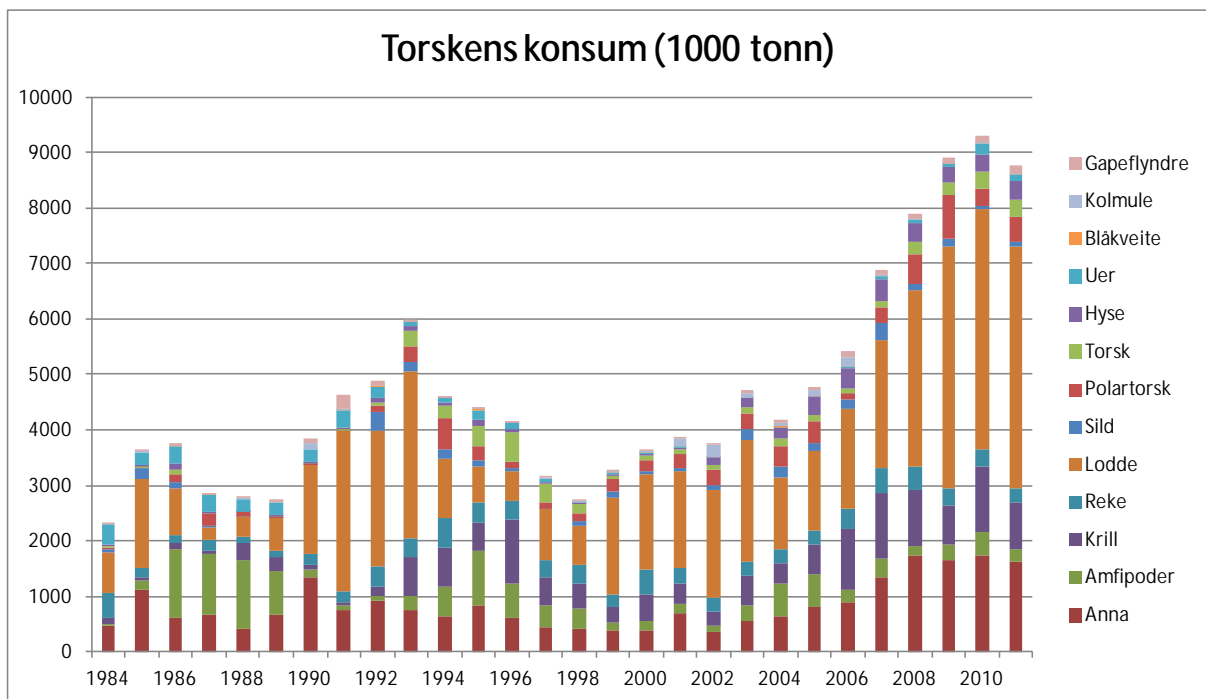
**Figur 9d.** Bestandsutvikling nordøstarktisk torsk. Stiplet linje: Prognose.



**Figur 10.** Torskevekst og mengde for-fisk i Barentshavet.



Figur 11. Dødelighet hos 1-3 år gammel nordøstarktisk torsk forårsaket av kannibalisme.

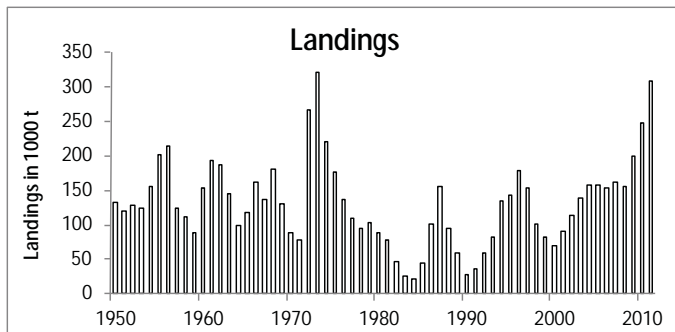


Figur 12. Torskens konsum i Barentshavet.

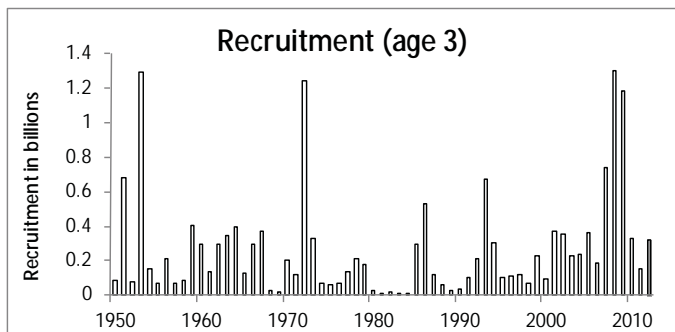
### Nordøstarktisk hyse

Den historiske utviklingen i bestand, rekruttering, fangst og fiskedødelighet er vist i Figur 13a-d. Figur 14 viser utviklingen i vekst og Figur 15 viser variasjon i dødelighet forårsaket av beiting fra torsk.

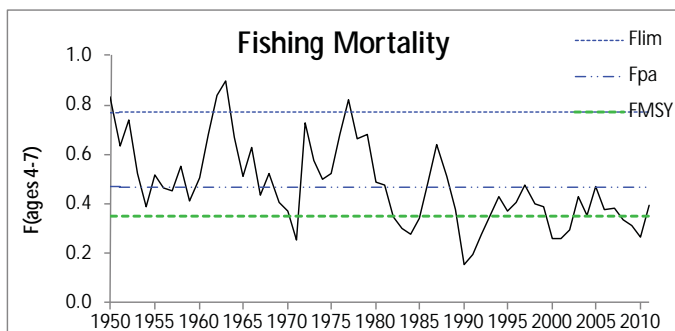
Årsklassene 2004-2006 av hyse er alle svært sterke, og førte til at bestanden i 2010-2012 var på et rekordhøyt nivå. Temperaturen har vært over gjennomsnittet i en lang periode, noe som er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig, betingelse for god rekruttering. Det er derimot ikke kjent hvorfor akkurat disse tre årsklassene ble svært sterke. Den individuelle veksten har gått noe ned, trolig på grunn av den store bestanden. På samme måte som torsken er hysa nå fordelt utover et rekordstort geografisk område. Fiskepresset på hyse har vært relativt stabilt, slik at det ikke har hatt stor innvirkning på bestandsutviklingen.



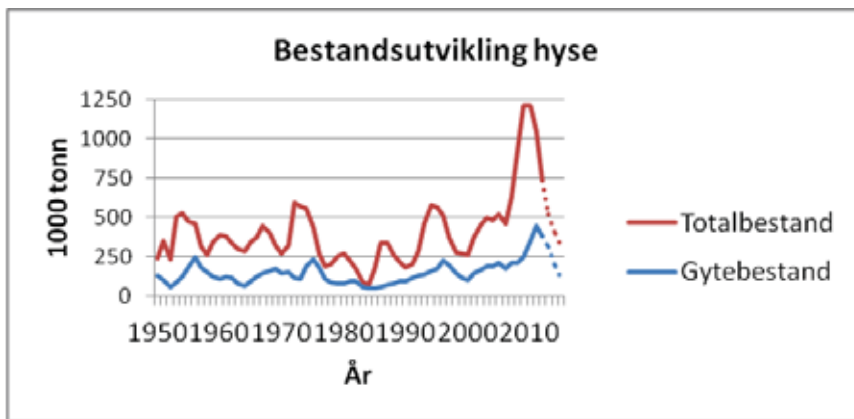
Figur 13a. Fangst av nordøstarktisk hyse.



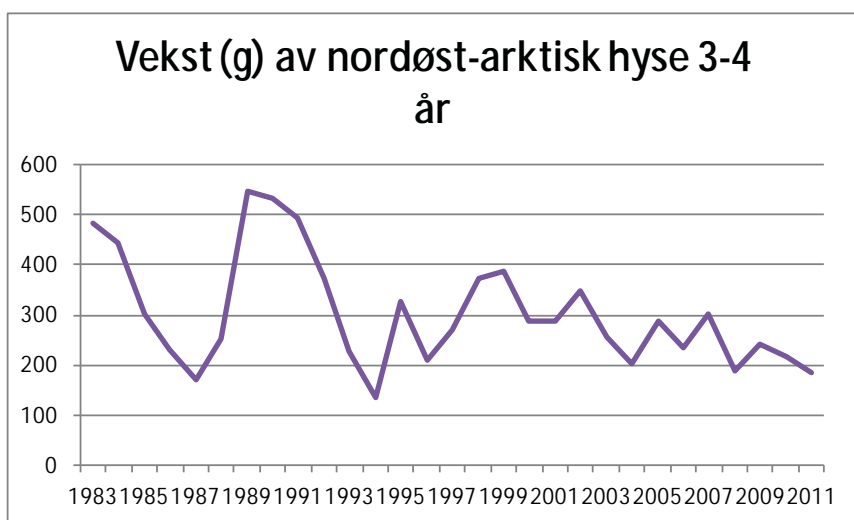
Figur 13b. Rekruttering av nordøstarktisk hyse.



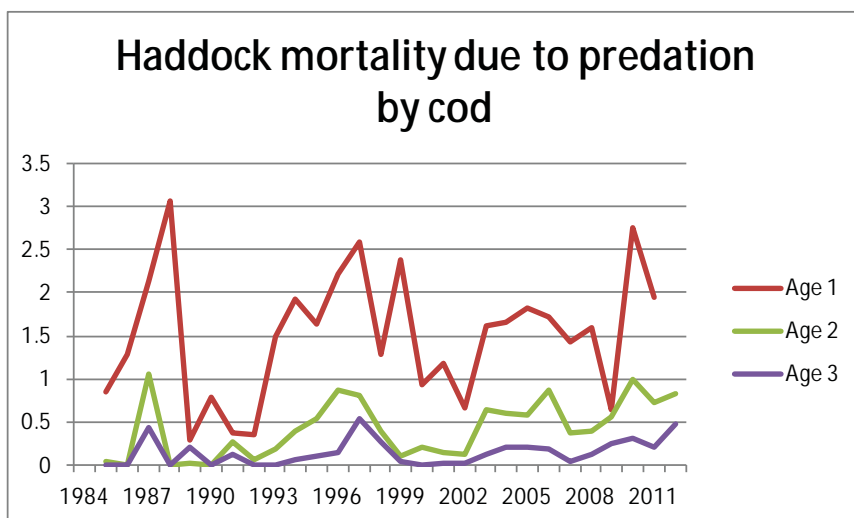
Figur 13c. Fiskedødelighet for nordøstarktisk hyse.



Figur 13d. Bestandsutvikling nordøstarktisk hyse. Stiplet linje: prognose.



Figur 14. Vekst av nordøstarktisk hyse (3-4 år). Data fra vintertoktet.



Figur 15. Dødelighet hos 1-3 år gammel hyse forårsaket av beiting fra torsk.

## Nordøstarktisk sei og sei i Nordsjøen/Skagerrak

### *Bakgrunnsinformasjon*

Sei i Nordsjøen/Skagerrak (NSSK) behandles under bestandsvurderingen sammen med sei vest av Skottland, men forvaltes deretter separat. Norge forvalter nordøstarktisk (nøa) sei, dvs. sei nord for 62°N, alene, mens for NSSK-sei gjøres dette i fellesskap med EU. Både nøa-sei (Figur 16) og NSSK-sei (Figur 17) er økonomisk viktige bestander med gjennomsnittlige årlige totale kvoter siden 1960-tallet på henholdsvis 163 000 og 151 000 tonn (merk at det årlige uttaket for NSSK-sei falt til ca. 100 000 tonn fra rundt 1990). Forvaltningsplaner (fangstregler) er på plass for begge bestandene. Kvoten skal maksmalt endres  $\pm 15\%$  fra år til år såfremt gytebestanden er over  $B_{pa}$ . Overfiske er ikke registrert som et problem; kvoten overstiger i mange tilfeller fangsten. I dagens situasjon forvaltes nøa-sei og NSSK-sei på en bærekraftig måte. For NSSK-sei er landingene nær det maksimale stabile langtidsuttaket, mens slike betraktninger krever mer arbeid for nøa-sei. For 2012 er kvoten for nøa-sei 164 000 tonn og 79 000 tonn for NSSK-sei. Norges andel er 89 and 52 %.

Det forhold at yngel og ungsei oppholder seg respektivt i strandsonen og på kystbankene, mens den voksne delen av bestanden til dels er utenfor kysten, medfører utfordringer for bestandsvurderingen, spesielt ved prediksjon av rekrutteringsstyrke ved alder 3 år. De tradisjonelle toktene kan ikke operere tett opp mot land og dekker dermed ikke oppvektsområdene for de tidligere livsstadiene. Et eget "seiskalletokt" (NORASS) gjennomføres av Havforskningsinstituttet på ungsei i Nordsjøen/Skagerrak. Sterke årsklasser kan "dukke opp" senere, som 2007-årsklassen i Nordsjøen som ble målt som sterk først ved alder 4 år, muligens grunnet forandringer i fisket. Stimdannelse er også en utfordring i seg selv for representativ prøvetaking. Både trål, not og garn er sentrale redskaper ved fiske på nøa-sei. Ulike fiskemønster og manglende område- og redskapsdekning (jf. bortfallet av leiefartøyet "Falkungen") vanskeliggjør splitting av fangststatistikken på ulike aldersgrupper, spesielt for de eldre aldersgruppene. Notfisket beskatter særlig 3-4-åringer og manglende kommersiell prøvedekning gjør fangstberegning på innkommende årsklasser krevende. Problemene er mye de samme i Nordsjøen, men her bruker man stort sett trål. For begge bestandene domineres fangstene av 4-7-åringer. Kjønnsmodningen skjer også i denne aldersperioden.

Sei har vært lite forsket på med hensyn til de mer grunnleggende mekanismer. Miljøinformasjon brukes ikke aktivt i bestandsvurderingen. Det er uklart om komponentene nord og sør for Stad er naturlig adskilte bestander eller bare forvaltningsmessige enheter. Gjennom merkeforsøk er det vist at eldre NSSK-sei kan vandre over til Færøyene, mens eldre nøa-sei vandrer både til Island, Færøyene og nordlige del av Nordsjøen. Dessuten er det i enkelte år en betydelig utvandring av unge individer av nøa-sei fra de sørlige delene av utbredelsesområdet til Nordsjøen, mens egg og larver blir ført med strømmen nordover fra Nordsjøen. Gytebestanden av nøa-sei inngår som en bærekraftsindikator i FKDs vurderinger av den økologiske tilstanden i Norskehavet.

### *1. Utvikling i vekst, overlevelse og rekruttering*

Gytebiomassen for nøa-sei har falt de senere år, mens rekrutteringen har vært moderat; den siste sterke årsklassen er fra 2002 (rekrutterte til fisket i 2005) (Figur 16). Tilnærmet eksakt det samme ses for NSSK-sei, men fallet i gytebiomasse er mindre og årlig variasjon i rekruttering lavere enn for nøa-sei (Figur 17). Tidsseriene viser en svak men positiv sammenheng mellom rekrutteringen i nord og sør. Forløpet og nivået i fiskedødelighet siden 1990-årene er mye likt for de to bestandene (Figur 16 og 17). Fiskedødeligheten har vært under  $F_{pa}$ , dvs. bærekraftig, siden 1996 for begge, men har siden begynnelsen av dette tiåret



gradvis beveget seg opp til  $F_{pa}$ -nivå. Analyser fra 1980 og frem til i dag viser at middelvekten for særlig de eldre aldersgruppene (7-10 år) har falt over tid. For nøa-sei flatet denne nedgangen ut på midten av 1990-talet, og det har siden vært relativt små variasjoner (Figur 18). Det brukes faste lengde-vekt-nøkler i bestandsberegningene. Ved evalueringen av fangstregelen for nøa-sei ble det funnet indikasjoner på svak tetthetsavhengig vekst for aldersgruppene 5-12 år (Figur 19).

Kommersiell CPUE for trål fra dager med minst 20 % sei og maksimalt 80 % sei i fangstene ble brukt fra og med 2010 "benchmark assessmentet" for nøa-sei, for aldersspennet 4-8 og for fangster fra 1994 av. Tidsseriene ble splittet i to i bestandsberegningene (1994-2001 og 2002-) for å tillate modellen å estimere fangbarhet for en tidlig og en sein periode (Figur 20). Det var mye støy i dataene helt innledningsvis og Figur 20 viser 5 års løpende gjennomsnitt fra 1998. I den seinere perioden synes det som den kommersielle trålflåten i større grad enn før går etter stor sei, og det årlige seitoktet viser et skifte til en mer sørlig seiutbredelse. Noe eksakt tidspunkt for skifte i fangbarhet ble ikke identifisert.

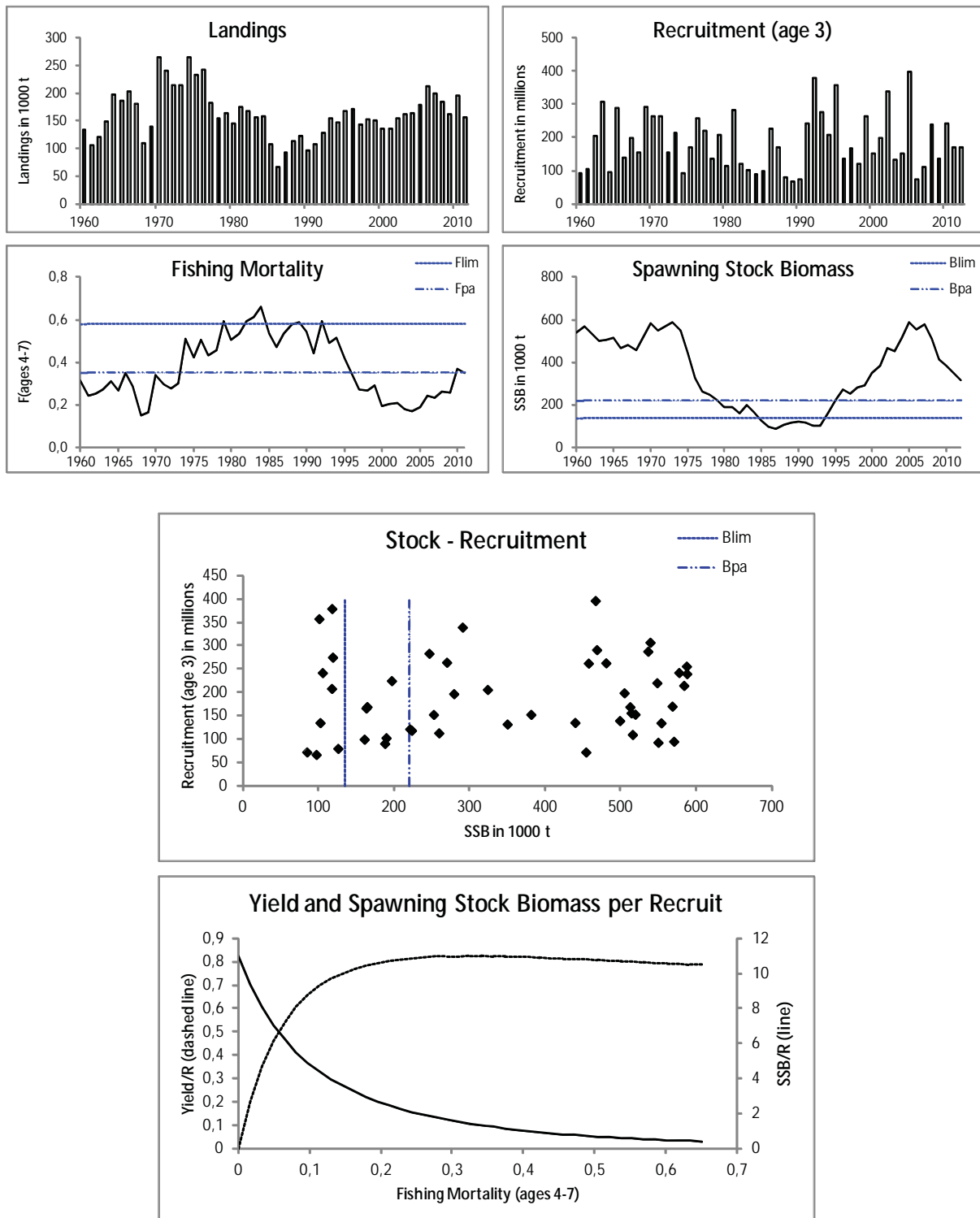
I prediksjon av rekruttering brukes langtids (geometrisk) gjennomsnitt fra VPA(XSA)-beregningene både for nøa-sei (1960-2009) og NSSK-sei (1988-2011). Dette innebærer at man antar en typisk rekruttering uten å ta spesielt hensyn til eventuelle miljøeffekter. Havforskningsinstituttet har tidligere prøvd å etablere tre observasjonsserier for nøa-sei for å predikere kommende rekrutteringsstyrke (årsklassestyrkesignal): 1) 0-gruppe seiobservatørprogrammet (1980-1984 og 2000-2009); 2) seilarveindeks (1996-2012) (en delaktivitet av "sildelarvetoktet") og 3) et eget 0-gruppeseitokt (1985-2002). Bortsett fra observatørdataene fra 1980-1984 hadde disse tilnærmingene en lav prediktiv verdi (Figur 21). Som for endring i kroppsvekt (Figur 19), er det her indikasjoner på tetthetsavhengige mekanismer. Det har vært vansker med "seiskalletoktet" for NSSK-sei grunnet manglende interkalibrering mellom de ulike fartøyene som har vært benyttet med det resultat at det ble fjernet fra årets bestandsberegninger.

Her ble det gjort én tilleggsanalyse på rekrutteringsproblematikken for nøa-sei og én for NSSK-sei hvor man henholdsvis så mer på betydningen av de storskala fysiske forholdene ved bruk av Kolasnippet, og de mer lokale fysiske forholdene ved bruk av den faste hydrografiske stasjonen "Indre Utsira". Det var en betydelig spredning i datapunktene (Figur 22 og 23). Antagelsen om et "hocky-stick recruitment" som brukes i MSY-beregningene for NSSK-sei virker å være en fornuftig antagelse å ta også for NØA sei, der denne tilnærmingen blir brukt i beregning av  $B_{lim}$ , som igjen er utgangspunktet for beregning av  $B_{pa}$ . Det var interessant å merke seg for nøa-sei at relativt varme år indikerte rekrutteringsstyrke på et moderat nivå, men med redusert variabilitet.

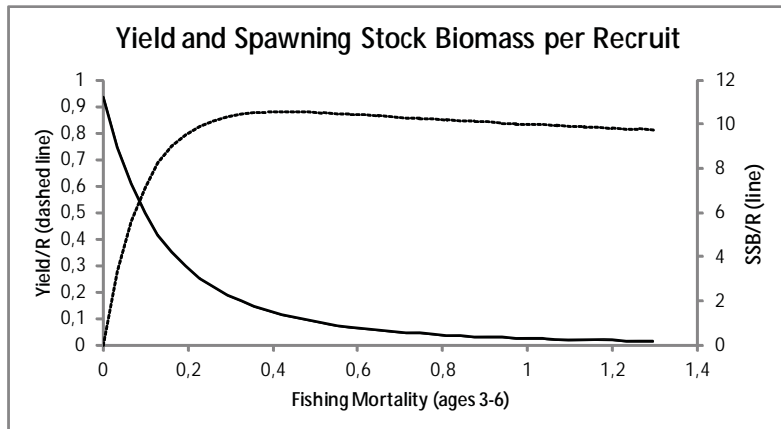
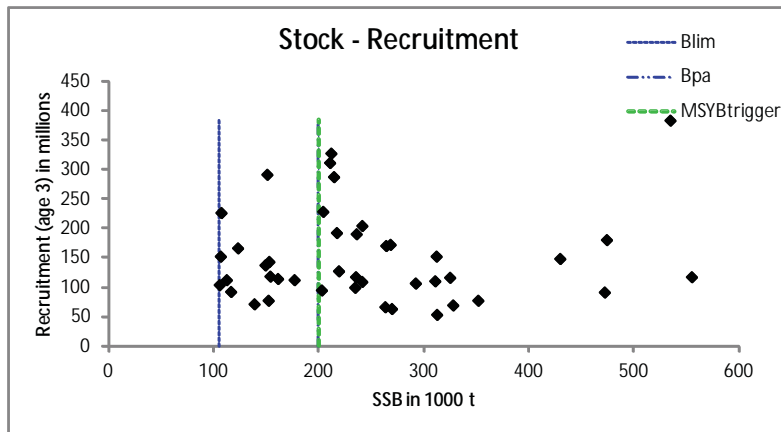
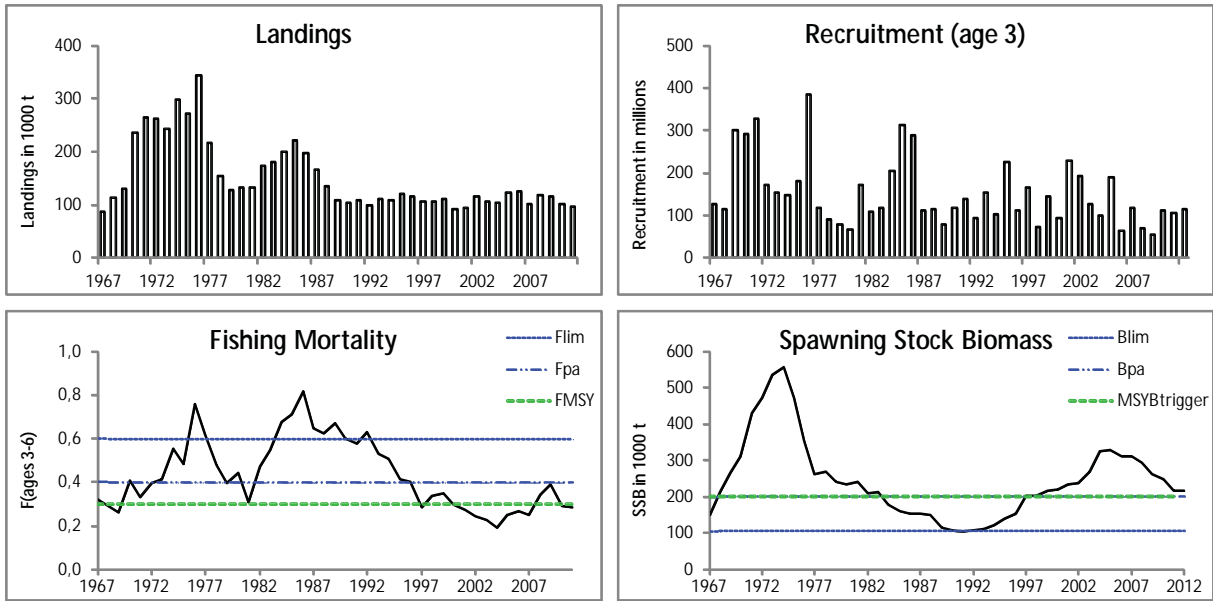
## 2. Angi sannsynlig utvikling

Det ventes at bestanden av nøa-sei vil avta de nærmeste årene (Figur 24), mens bestanden av NSSK-sei til en viss grad øker (Figur 25). Disse prediksjonene er usikre fordi 1) rekrutteringsmekanismene i hovedsak er uavklarte; rekrutteringen er basert på et langtidsmiddel, og 2) utviklingen i vekst er basert på gjennomsnittlig vekt-ved-alder i de tre siste år. Ettersom effekten av klimavariasjon, og mer spesielt temperaturvariasjon, på rekrutteringssuksess er for vag til å brukes spesifikt, kan man heller ikke gjøre noen robuste modellberegninger i så henseende. I tillegg kommer selvsagt usikkerheten i klimaprediksjonen.

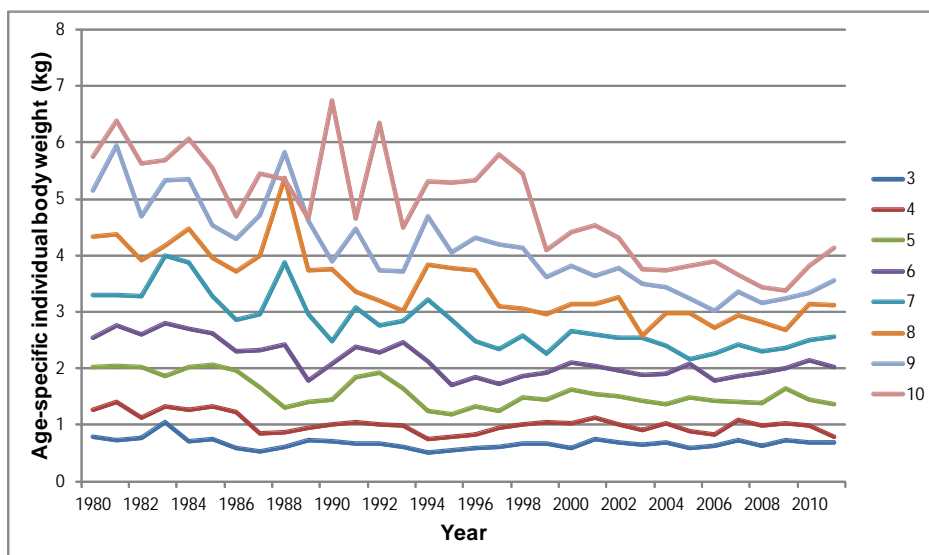
Med hensyn til kvote er det rimelig å anta at denne vil ligge på samme nivå som i dag for NSSK sei, altså rundt 100 000 tonn, selv om bestanden sannsynligvis vil øke i biomasse. Dette grunnet manglende sterke innkommende årsklasser. For nøa-sei ventes det at kvoten faller noe, ned til ca. 140 000 tonn, dvs. parallelt med fallet i bestandens biomasse. Dette er på nivå med teoretisk langtidsutbytte for gjennomsnittlig rekruttering og vekt-ved-alder, og dagens fiskemønster.



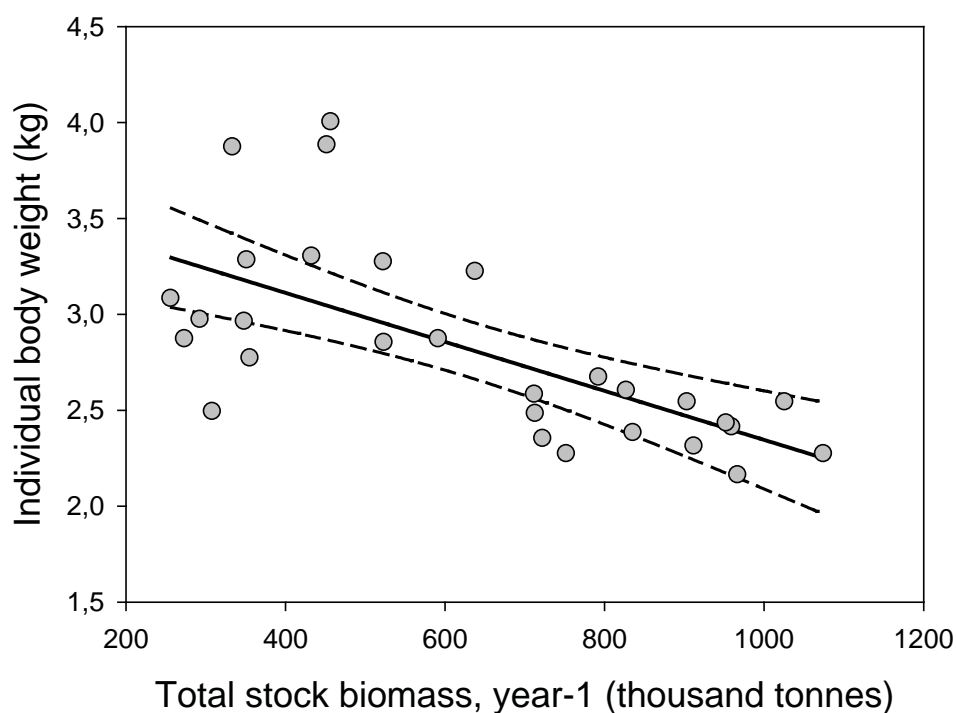
Figur 16. Landinger og ulike mål for bestandssituasjonen for NØA sei.



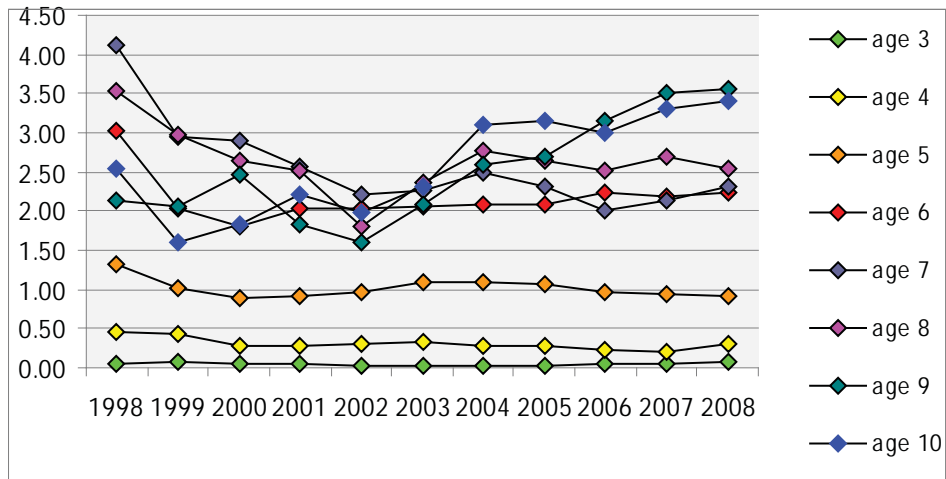
Figur 17. Landinger og ulike mål for bestandssituasjonen for NSSK-sei.



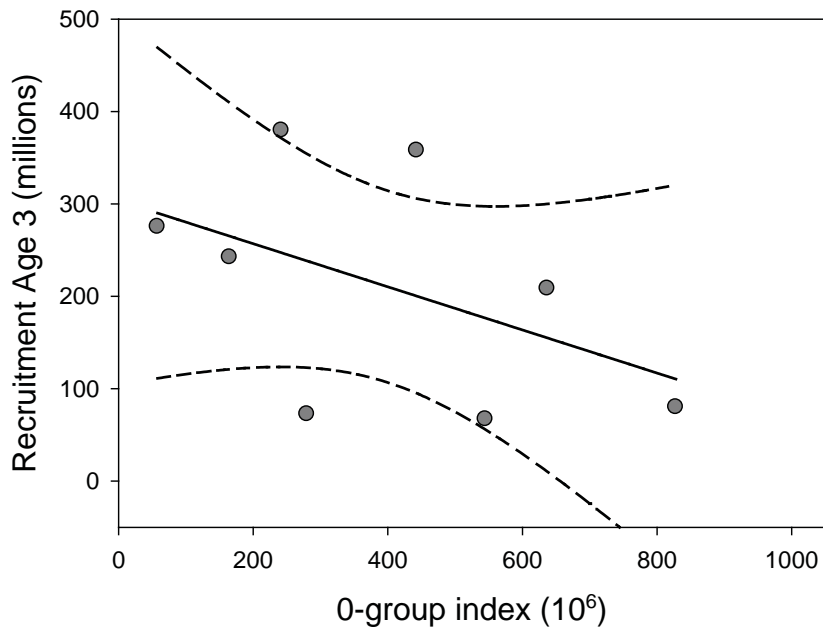
**Figur 18.** Utvikling i gjennomsnittlig individuell vekt hos nøa-sei ved gitt alder (3-10 år) i fangstene mellom 1980 og 2011.



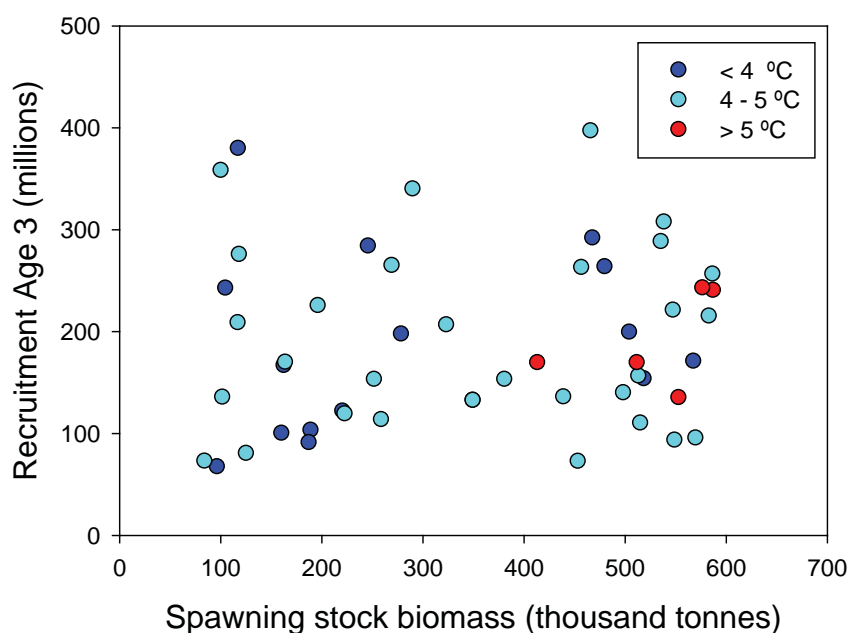
**Figur 19.** Gjennomsnittlig individuell vekt for aldersgruppe 7 av nøa-sei i fangstene mellom 1981-2009 i forhold til total biomasse året før (1980-2008). Hel og stiplet linje viser til den lineære tilpasningen og tilhørende 95 % konfidensband. Det ble funnet en signifikant sammenheng ( $r^2 = 0,440$ ;  $P < 0,001$ ;  $df = 27$ ). Basert på undersøkelser av Åge Fotland.



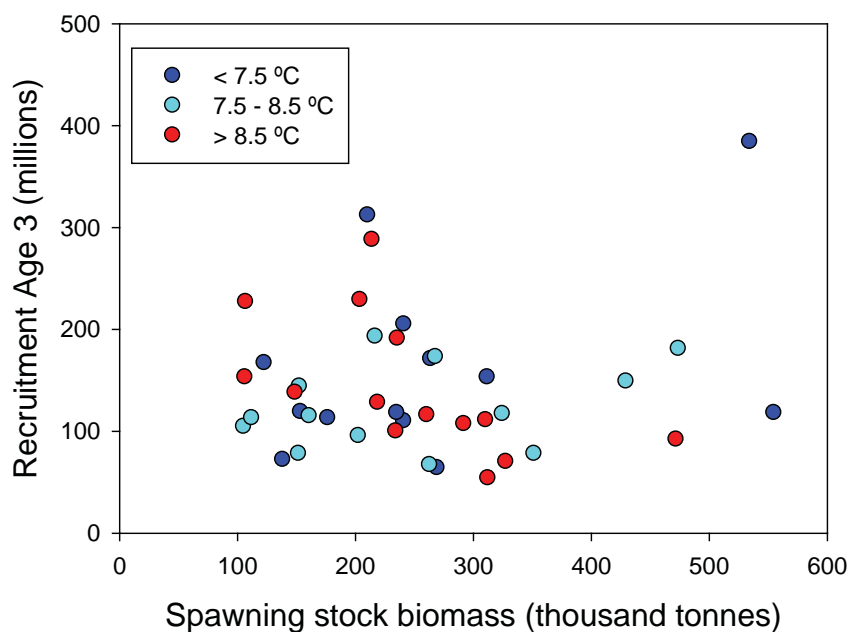
**Figur 20.** Fangbarhet (Index/N) for norsk trål CPUE for nøa-sei. 5-års løpende gjennomsnitt er brukt med siste år som referanseår. Basert på undersøkelser av Åge Fotland.



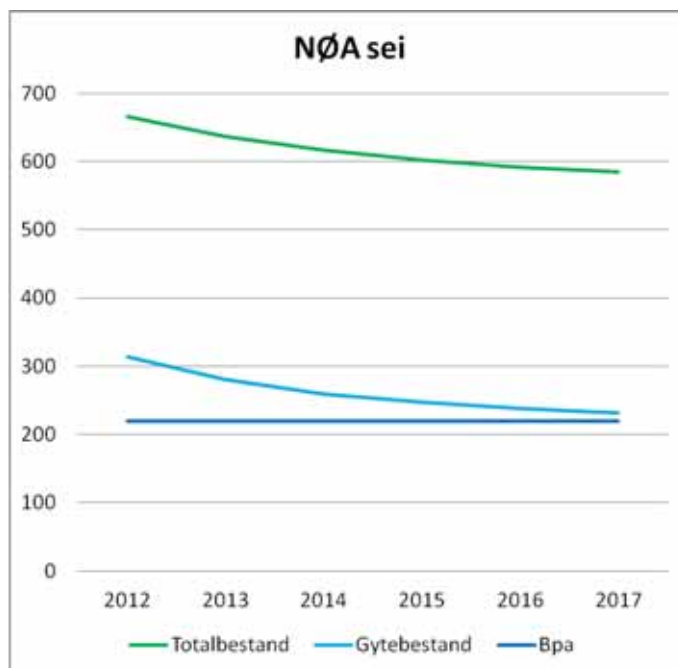
**Figur 21.** Sammenheng mellom 0-gruppeindeks og etterfølgende rekruttering ved alder 3 år fra XSA hos nøa-sei. 0-gruppe dataene viser til et eget 0-gruppe seitokt som ble gjennomført av HI i perioden 1985-1992 i april-mai langs Norskekysten (62-69 °N) inklusiv deler av Norskehavet (ut til 2 °Ø). Analysen ga ingen statistisk sammenheng ( $P = 0.229$ ). Hel og stiplet linje viser til den lineære tilpasningen og tilhørende 95 % konfidensband. Data hentet fra Nedreaas, K.H. 1995. The inability of the 0-group saithe survey to forecast the strength of the year-classes entering the fishery, s. 35-44. Proceedings of the sixth IMR-PINRO symposium, Bergen, 14-17 June 1994 (red. Arvid Høyen). IMR, Bergen, Norway.



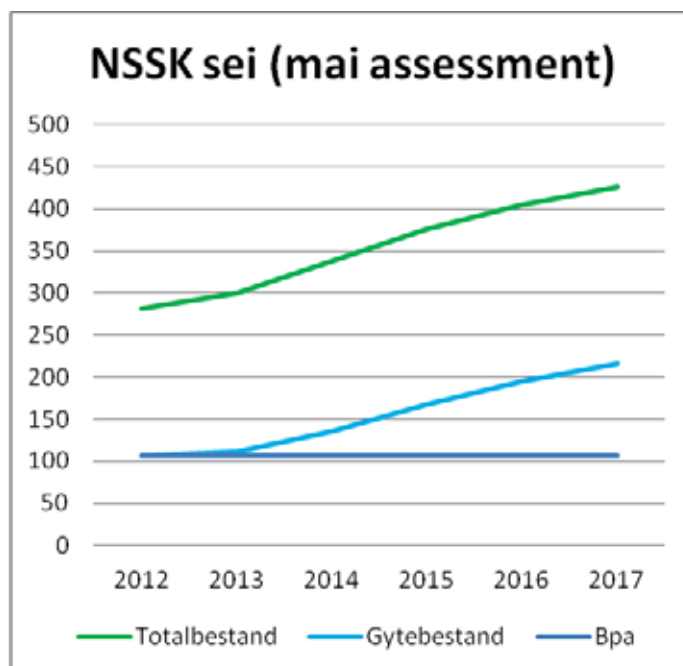
**Figur 22.** Rekruttering-gytebiomasse-plott for NØA sei splittet på tre temperaturkategorier ved bruk av data fra Kolasnippet. Rekrutteringen er målt 3 år etter måling av gytebiomasse og temperatur. Temperatur er gjennomsnittstemperatur opp til gytesesongen, 1. oktober – 1. mars, i 0-200 m dyp. I observasjonsperioden for temperatur og biomasse 1957-2009 fluktuerte temperaturen mellom 3,00 og 5,74 °C.



**Figur 23.** Rekruttering-gytebiomasse-plott for NSSK-sei splittet på tre temperaturkategorier ved bruk av data fra den faste hydrografiske stasjonen "Indre Utsira". Rekrutteringen er målt 3 år etter måling av gytebiomasse og temperatur. Temperatur er gjennomsnittstemperatur opp til gytesesongen, fra fjerde til første kvartal, i 50 m dyp. I observasjonsperioden for temperatur og biomasse 1968-2010 fluktuerte temperaturen mellom 7,03 og 10,58 °C.



**Figur 24.** 5-års prediksjon (2012-2017) for nøa-sei for totalbestand og gytebestand, og det biologiske referansepunktet  $B_{pa}$ , alle i tusen tonn. Analysen ble utført av Bjarte Bogstad.



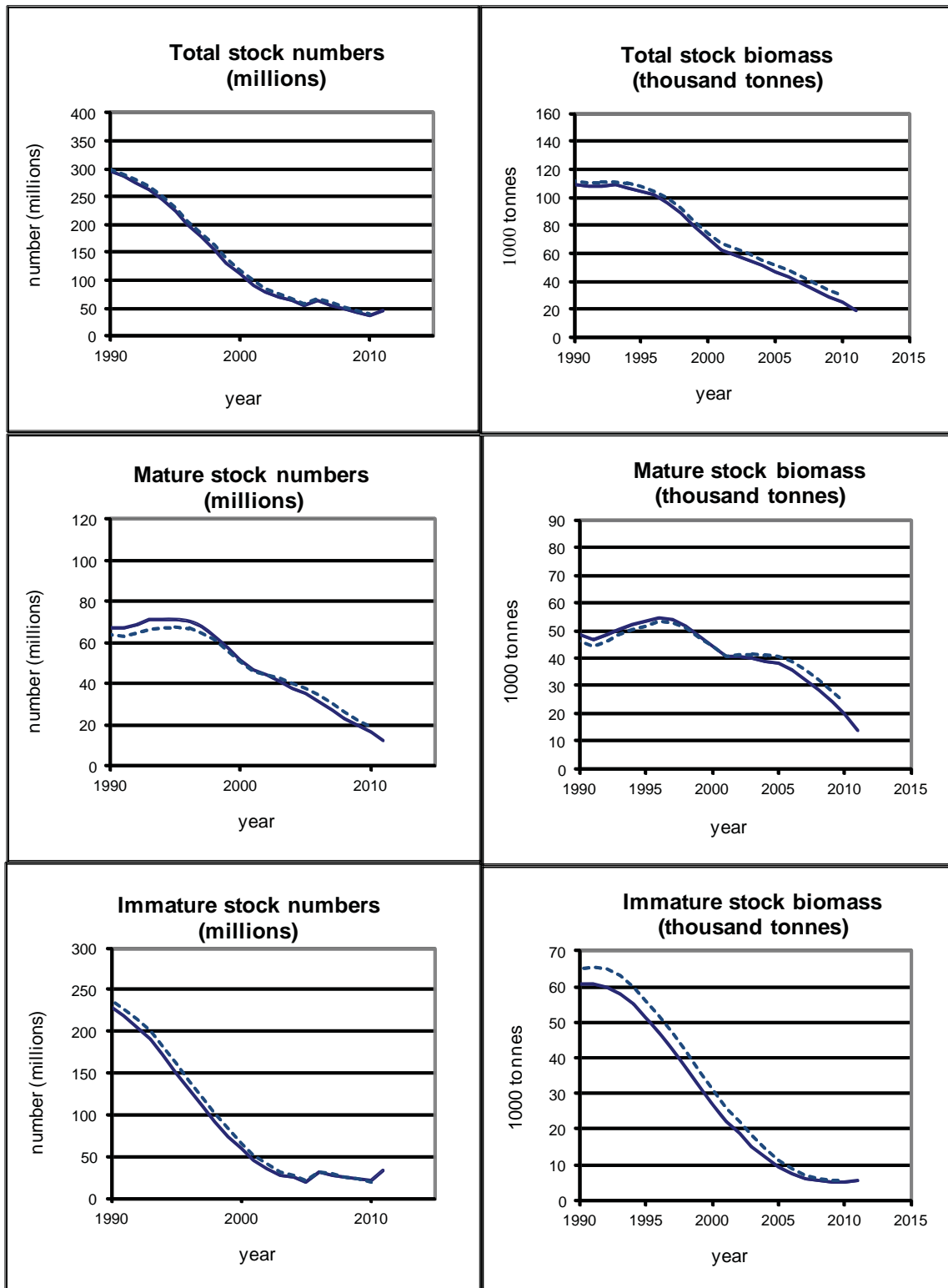
**Figur 25.** 5-års prediksjon (2012-2017) for NSSK-sei for totalbestand og gytebestand, og det biologiske referansepunktet  $B_{pa}$ , alle i tusen tonn. Analysen ble utført av Irene Huse.

### Vanlig uer

På grunn av hardt fiskepress og dårlig rekruttering har bestanden blitt kraftig redusert de siste årene, og dersom fangsten fortsetter på dagens nivå, vil bestanden kollapse helt innen få år.

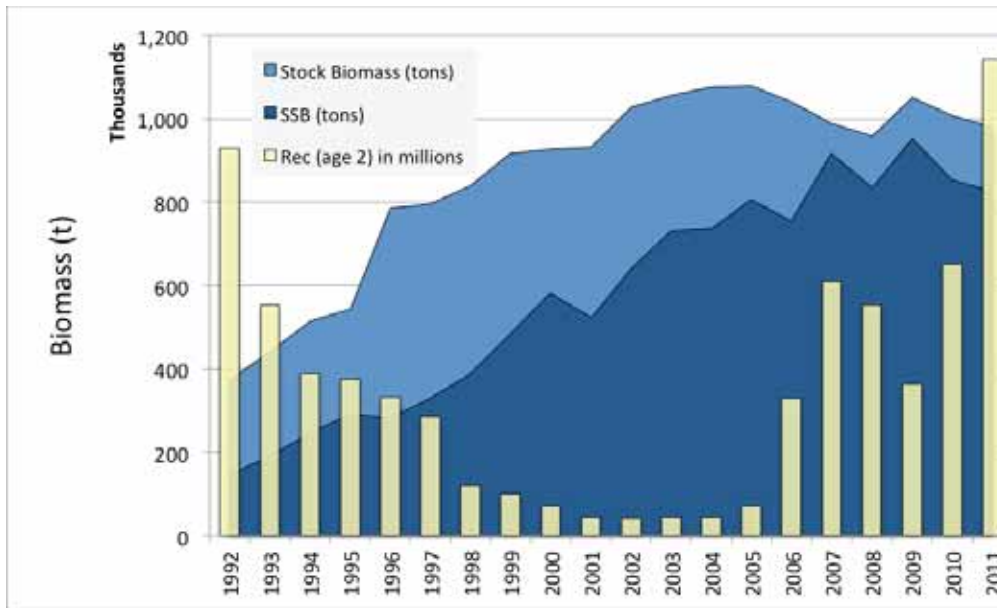
## Snabeluer

Bestandsutviklingen er vist i Figur 27. Rekrutteringen i bestanden har tatt seg opp igjen etter 2005. Gytebestanden har vært relativt stabil, dårlig rekruttering til gytebestanden har blitt balansert av lavt fiskepress. Ubetydelig vekstvariasjon.



Figur 26. Bestandsutvikling vanlig uer.

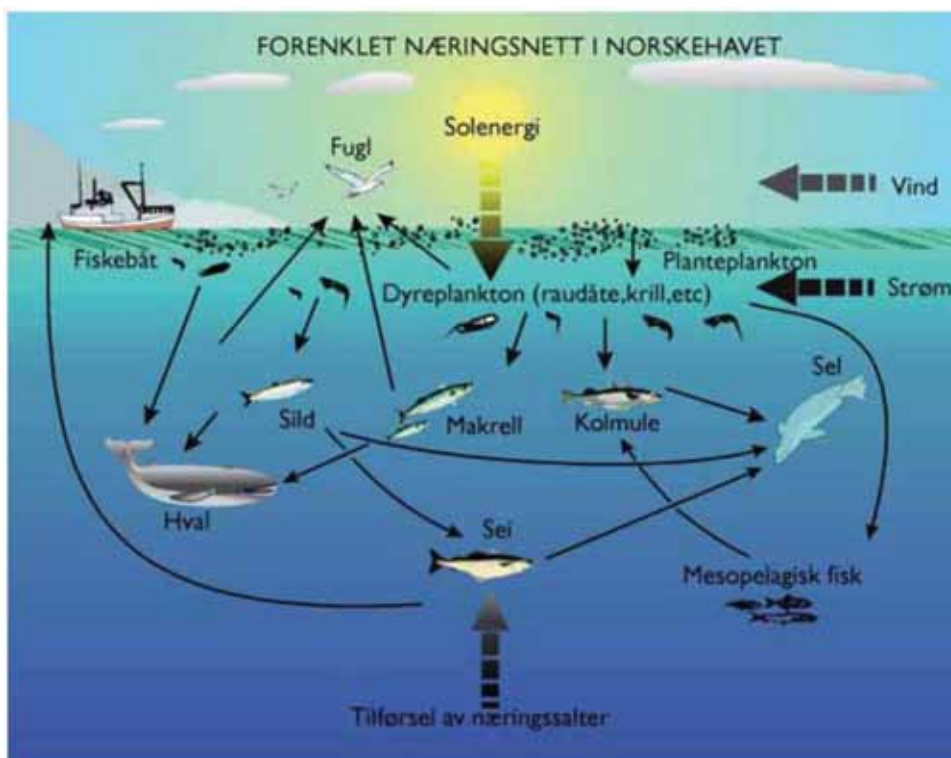




Figur 27. Rekruttering, totalbestand og gytebestand for snabeluer.

## Norskehavet

Næringsnettet (Figur 28) i Norskehavet (Figur 29) er i større grad knyttet til pelagialen enn økosystemet i Barentshavet og har store forekomster av dyreplankton som overvintrer i de dype bassengene og som skaper viktige beiteområder for planktonspisende fisk i sommerhalvåret.



Figur 28. Næringsnettet i Norskehavet.



Figur 29. Kart over Norskehavet.

### Norsk vårgytende sild

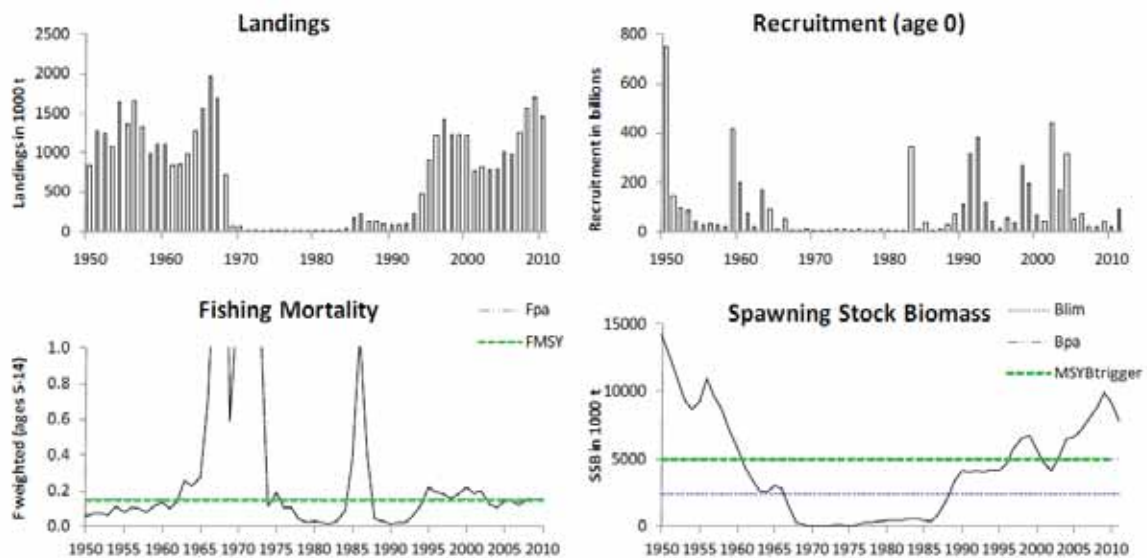
Utviklingen i gytebestand, rekruttering, fangst og fiskedødelighet er vist i Figur 30. Figuren viser at det har vært store svingninger i bestanden og at fiskedødeligheten har vært stabil på et relativt lavt nivå de siste 20 årene. Rekrutteringen er svært varierende med relativt få store årsklasser som i perioder dominerer gytebestanden og mange små årsklasser som nærmest ikke vises i de vitenskapelige prøvene som tas fra bestanden.

Det er ikke fullt ut kjent hva som forårsaker de store svingningene i rekruttering, men det har tidligere vært vist at høy temperatur sammenfaller med perioder der produksjonen i bestanden er høy uten at mekanismene har vært fastslått. Noen mekanismer som er knyttet til temperatur har vært undersøkt. Det har blant annet vært vist at overlapp i tid mellom sildelarvene og deres byttedyr er viktig og dette vil variere mellom år. Det er også indikasjoner på at tidlig klekking av sildelarvene og/eller rask transport nordover til oppvekstområdene i Barentshavet kan være fordelaktig for rekruttering. I tillegg til overlapp med byttedyr kan dette være knyttet til predasjon, siden sildelarvene utover våren og sommeren vil bli utsatt for økende predasjonstrykk fra en rekke arter langs driftsruten. Tidlig klekking/rask drift kan føre til mindre overlapp mellom sildelarvene og deres predatorer.

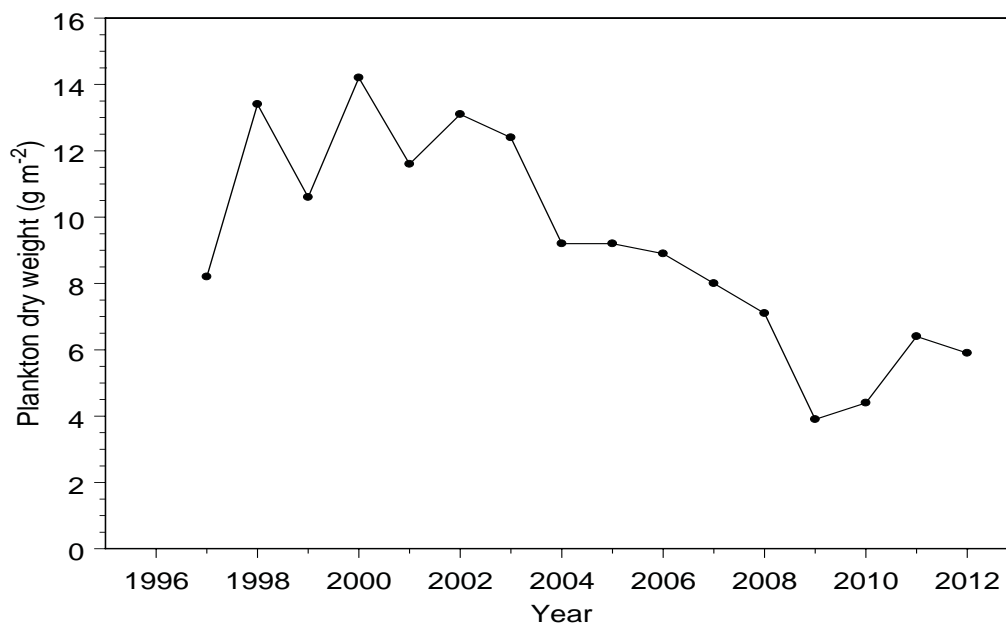
Lav beskatning i kombinasjon med en rekke sterke årsklasser i perioden 1991-2004 gjorde at bestanden økte kraftig fra midten av 1980-tallet fram til 2009. Etter 2004 har rekrutteringen vært svak, og de store årsklassene som er på vei ut av bestanden på grunn av fiske og naturlig dødelighet blir dermed ikke erstattet av nye store årsklasser. Dette har ført til en nedgang i bestanden etter 2009. I bestandsberegningen fra 2011 ble gytebestanden estimert til å være 7,9 millioner tonn. ICES sier i sitt råd at bestanden er ventet å minke de kommende år og kan

komme ned på nivå med  $B_{pa}$  (5 mill tonn) i 2014 eller 2015. I henhold til høstingsregelen som er vedtatt av kyststatene, skal fiskedødeligheten da reduseres for å spare gytebestanden.

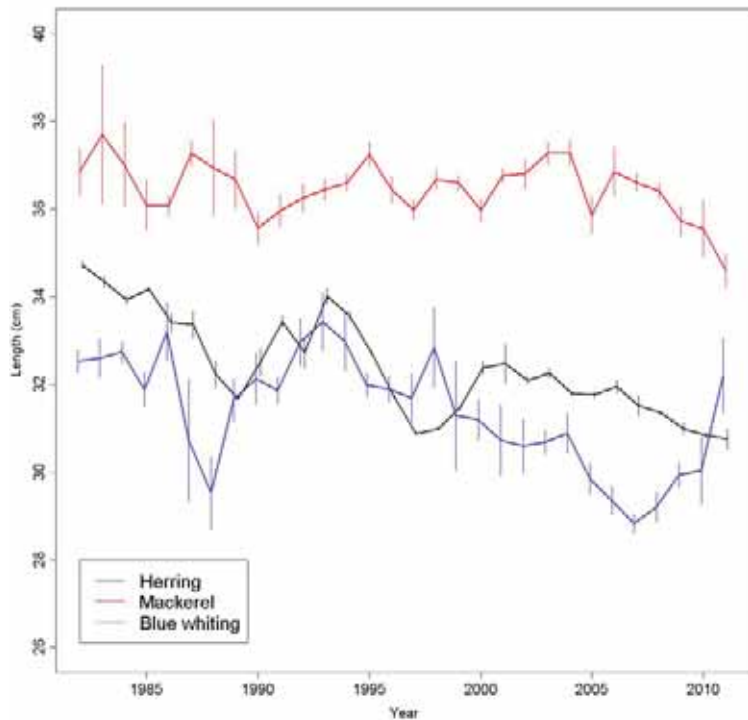
De senere år er det tegn på økt naturlig dødelighet i bestanden av Nvg-sild som blant annet antydes via meget tynne individer (Fultons  $k$  ned til ca. 0,4) i det vestlige Norskehav i august, og en bestand som faller vesentlig hurtigere enn dagens fiske, rekruttering, vekst og antatt naturlig dødelighet skulle tilsi. En analyse av total dødelighet,  $Z$ , for nvg mellom år i norskehavstoktet i perioden før og etter 2009 viser et taktskifte hvor  $Z$  er ca. 3 ganger høyere for den siste perioden. Det er flere mulige forklaringer på den endringen, blant annet for dårlig dekning, endret vertikalfordeling med dårligere akustisk tilgjengelighet, endret trålseleksjon og økt naturlig dødelighet, alt for de senere år. Viktigheten av å avklare disse forhold understrekes i kapittel 3.



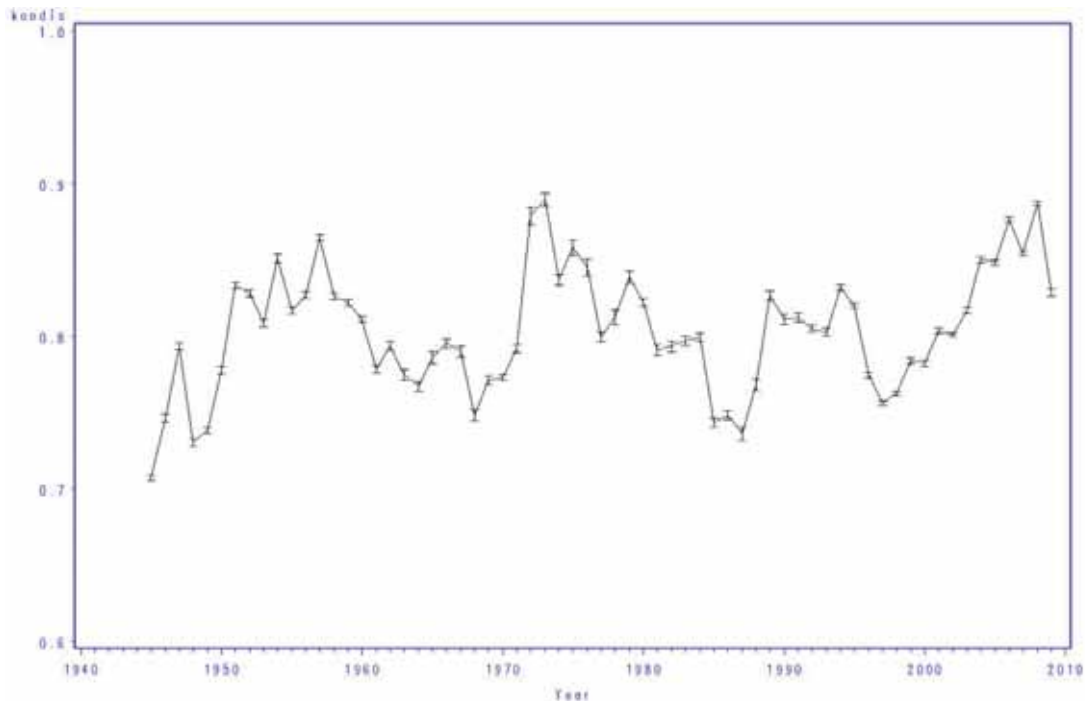
Figur 30. Norsk vårgytende sild. Fangst, rekruttering, fiskedødelighet og gytebestandsbiomasse fra ICES (2011).



Figur 31. Gjennomsnittlig tørrvekt av dyreplankton fra økosystemtoktet i Norskehavet i mai.



**Figur 32.** Gjennomsnittlig lengde ved alder 6 år for nvg-sild, kolmule og makrell. Fra Huse et al. 2012.



**Figur 33.** Kondisjon nvg-sild. Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor om høsten i gytebestanden (29-36 cm).

## Makrell

Utvikling i fangster, rekruttering, fiskedødelighet og gytebestand er vist i Figur 34. Generelt viser makrellbestanden mindre variasjon i rekruttering, bestandsstørrelse og fiske enn sild og kolmule. På den annen siden må bestandsvurderingen for makrell generelt anses som mer

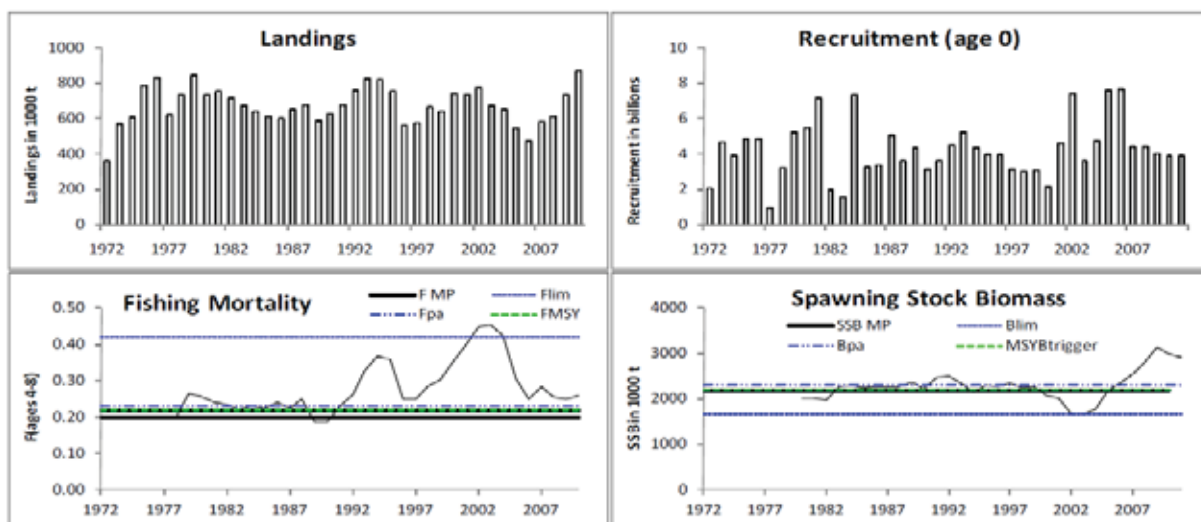
usikker enn for de to andre artene, blant annet fordi akustikk ikke kan brukes som mengdemålingsmetode og fordi det antas å være større mørketall i fangststatistikken for makrell sett i et historisk perspektiv. Denne usikkerheten kan altså gi seg utslag i mindre variasjon i estimatene enn det som er reelt, og det er også ting som tyder på at makrellbestanden er vesentlig større enn det vurderingen tilsier. Ved å bruke fangst per trålt areal kommer en for eksempel opp i en vesentlig større bestand, men det kan ikke gis sikre estimater for usikkerheten i målingene. Tilsvarende høyere estimater på bestandsstørrelse sammenlignet med ICA-modellen som brukes i ICES på makrell i dag, har blitt estimert fra makrelleggsurveyene, Hamre-modellen og merke-gjenfangst-teknologi (Tenningen et al. 2011) i tillegg til andre estimeringsmetoder som bayesisk modellering (Simmonds et al 2010).

Generelt ser makrellen ut til å klare seg bedre vekstmessig enn sild under det lave matregimet vi har observert i Norskehavet de senere årene. Den er en rask og effektiv svømmer og har et finere gjellegitter enn sild som gjør at den kan beite på yngre individer av *C. finmarchicus* og derved ha et større matfat tilgjengelig. Under det lave matregimet de senere år er makrell observert langt utenfor de tradisjonelle beiteområdene i Norskehavet, for eksempel inn i grønlandsk sone hvor det i 2012 foregår et kommersielt fiske på makrell, og beitende på lodde sør for Jan Mayen. I trålfangster med makrell og sild i blanding i mai 2012 var det påfallende at makrell generelt hadde til dels mye mat i magen, mens spesielt den store silden hadde lite mat i magene i samme hal. Tilsvarende ble observert i juli, men da med noe mer mat i sildemagene.

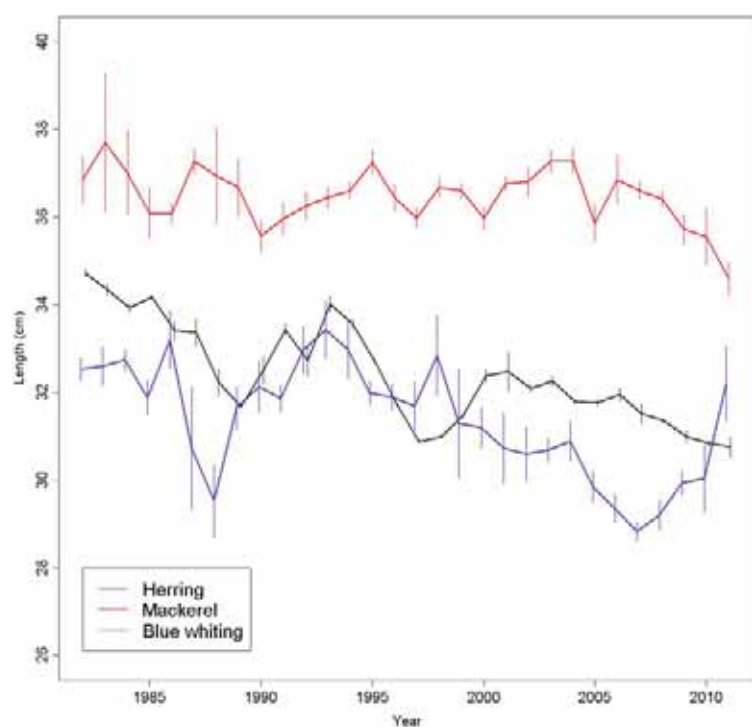
Ser man på individuell vekst (Figur 35) og bruker lengde ved alder som indikator, ser man en negativ trend som har akselerert de siste årene. Hos sild begynte denne negative trenden på et tidligere tidspunkt, men det kan nå se ut til at makrellens vekst avtar hurtigere enn sildens.

De senere årene har vi observert en endring i makrellens gyting og vandring ved at den gyter tidligere og kommer inn i Norskehavet tidligere enn det vi så før ca. 2010. De tre siste årene har vi også dokumentert makrellgyting i Norskehavet både ved egghåvtrekk og fangster av pir året etter. De siste to årene er det utviklet et nytt fiske etter makrell i Vestfjordområdet som starter sent i mai. Den tidligere nordvandringen av makrellbestanden betyr at den overlapper med drivbanene til larver og yngel av nvg-sild i mai-juni, og undersøkelser av mageinnhold har bekreftet at makrellen beiter på sildelarver og trolig også yngel. Havforskningsinstituttet arbeider med en hypotese som sier at makrellbestanden nå kan være en viktig årsklasseregulerende faktor for nvg-sild. Denne sammenhengen er ikke kvantifisert så langt, men det kan være belegg for å hevde at det ikke kan ventes store årsklasser av sild så lenge makrellbestanden har sin nåværende størrelse og tidlige nordvandring.

Den tidligere modningen og gyting hos makrell kan tenkes koblet mot den reduserte ernærings situasjonen sommeren før. Også hos nvg-sild ser vi at gonadeutviklingen skjer tidligere på høsten og det er tendenser til tidligere og hurtigere gjennomført gyting. Disse forholdene er ikke tilfredsstillende undersøkt, men det ligger godt til rette for slike analyser i Havforskningsinstituttets datasett.



**Figur 34.** Utvikling i fangster, rekruttering, fiskedødelighet og gytebestand for nordøstatlantisk makrell. Fra ICES Advice 2011.



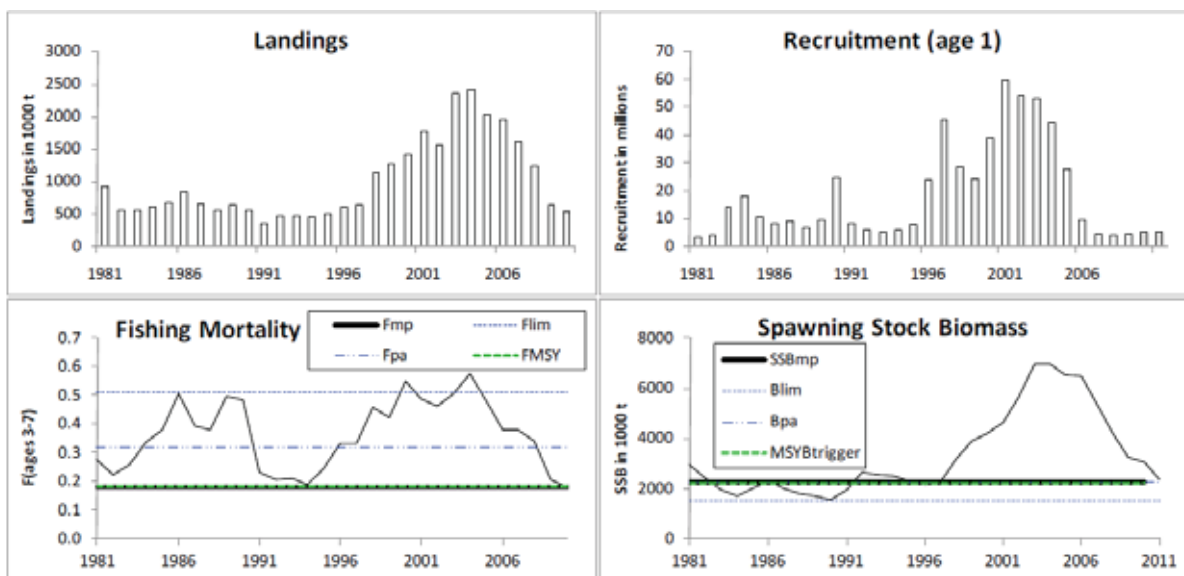
**Figur 35.** Gjennomsnittlig lengde ved alder 6 år for nvg-sild, kolmule og makrell. Fra Huse et al. 2012.

### Kolmule

Utviklingen i gytebestand, rekruttering, fangst og fiskedødelighet er vist i Figur 36. På grunn av en rekke sterke årsklasser i perioden 1996–2005, økte gytebestanden av kolmule kraftig til en topp på 7 millioner tonn i 2004. Rekrutteringen etter det har vært svak og gytebestanden har minket betydelig siden toppen i 2004. Gytebestanden ble i 2011 beregnet til å være 2,4 millioner tonn, noe som er like over  $B_{pa}$  (2,25 millioner tonn). Kolmule rekrutterer til gytebestanden allerede som 1–3 åringer, og variasjoner i rekruttering vil derfor tidlig vise seg i gytebestanden.

Det har vært vist at rekrutteringen til bestanden er knyttet til variasjoner i den nordatlantiske subpolare virvel, og at dette kan skyldes at overlappen mellom kolmuleyngel og predatoren makrell blir regulert av denne virvelen og/eller at virvelen påvirker mattilbudet til kolmulelarvene og dermed vekst og overlevelse.

Fiskedødeligheten var svært høy i perioder, men har på grunn av etablering av en høstingsregel blitt betydelig redusert de siste år. I sitt råd fra 2011 sier ICES at gytebestanden ventes å falle under  $B_{pa}$  i 2013. Siste års toktresultater tyder imidlertid på at det er økt rekruttering de siste år (spesielt 2009-årsklassen ser ut til å være sterk), og estimatet fra det viktigste toktet (gytefeltstoktet) viste en betydelig økning sammenlignet med året før. Dette toktet er det eneste fiskeriuavhengige målet på gytebestanden, og bestandsberegningen er svært følsom for variasjoner i dette toktet. Store variasjoner i estimatene fra toktet har ført til relativt store endringer i ICES sine beregninger av gytebestand og råd for TAC de siste år. De viktigste beiteområdene for kolmule er i Norskehavet på samme måte som for blant annet nvg-sild og makrell, med stort potensial for konkurranse om maten mellom de pelagiske bestandene. Den individuelle veksten hos kolmule ser imidlertid ut til å ha økt siden 2008 etter en lengre periode med reduksjon (Figur 36), noe som har vært forklart med redusert intraspesifikk konkurranse ved lav bestandsstørrelse for kolmule de siste årene.



Figur 36. Kolmule. Fangst, rekruttering, Fiskedødelighet og gytebestandsbiomasse fra ICES (2011).

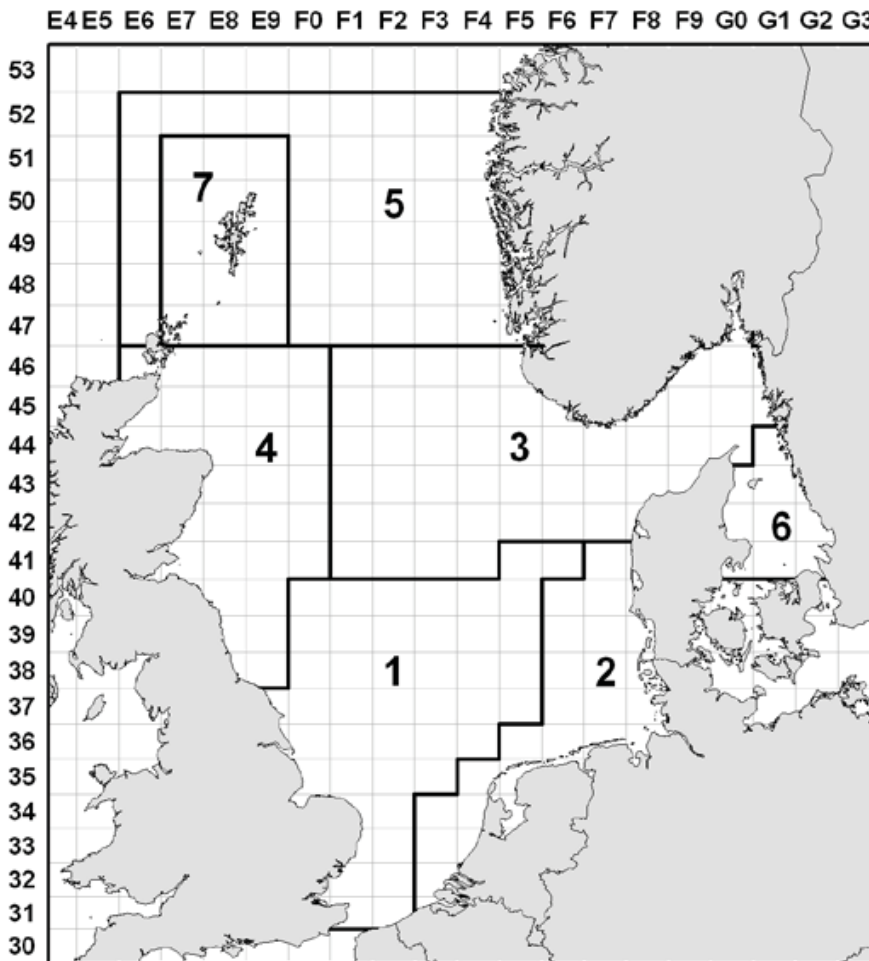
## Nordsjøen

### Tobis

Tobis i Nordsjøen utgjør eit bestandskompleks som for forvaltingsføremål er delt inn i sju område. Kompleksiteten i forvaltninga speglar biologien og utbreinga til tobis (sil) i dette området. Tobisen er utbreidd i lokale område med høveleg substrat (sand), og utanfor desse lokale områda er det lite eller ikkje tobis. Dette er ein fôrfisk som har ein liknande funksjon i Nordsjøen som det lodde har i Barentshavet. Kvar bestandskomponent synes vera oppretthalden av lokal rekruttering, noko som gjer at forvaltingsområda må tilpassast bestandskomponentane (sjå Figur 37). Figur 38 visar at dei totale landingane frå Nordsjøen

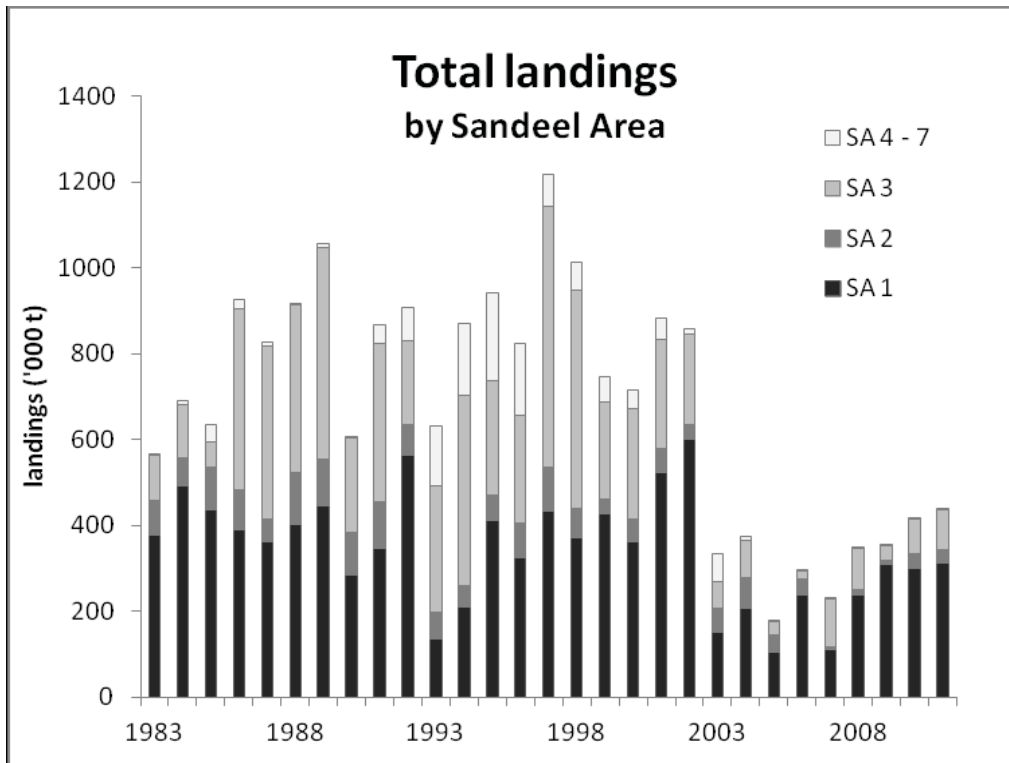
har variert mykje i perioden 1983-2011 (frå 0,2 til 1,2 mill. tonn) og at det dei siste åra har vore ein kraftig nedgang i fangstane frå dei nordlege områda (område 3-7). Figurane 39-41 visar bestandssituasjonen for områda 1-3. For dei andre områda er det for lite data til å gjennomføra ei analytisk bestandsvurdering. Sidan fisket startar allereie på 1-gruppestadiet (og historisk til og med på 0-gruppestadiet) så vert generasjonstida i bestanden svært kort (kortare enn det biologien i seg sjølv skulle tilseie) og høvet til å laga prognosar er svært redusert.

Tobis er ein ressurs der ein må tilpassa seg korttidsvariasjonane for å kunna hausta av bestandane, dvs. å følgja rekrutteringa nøye på kvart tobisfelt, og opna for fiske kor og når det synes å oppstå eit overskot. Dette har ein teke omsyn til i forvaltninga, der ein brukar ”in-season monitoring” i rådgevinga, og ser berre eit år eller mindre fram i tida.

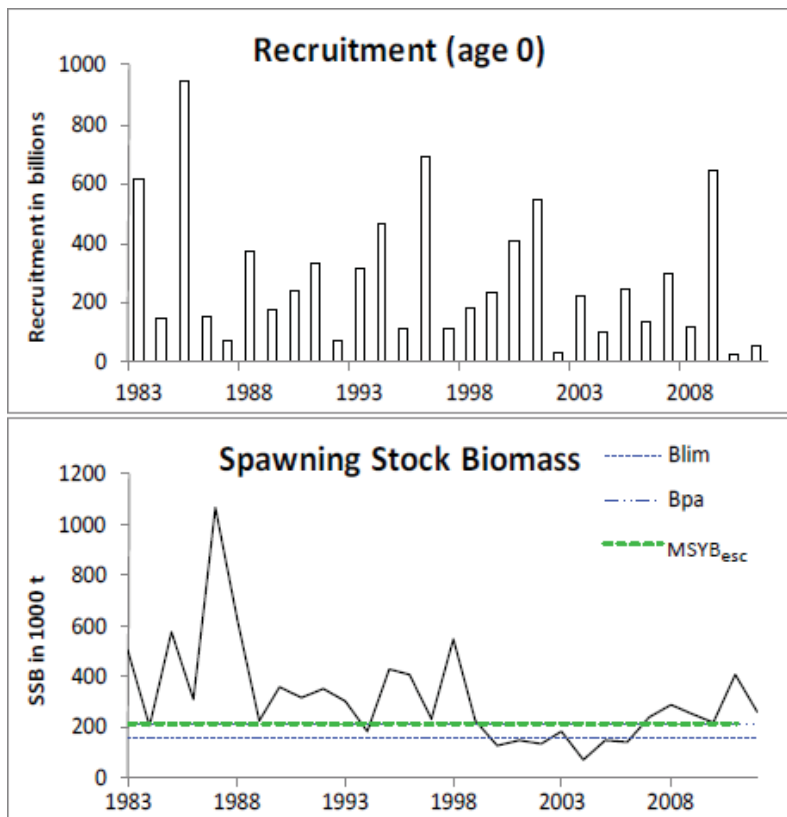


Figur 37. Forvaltingsområde tobis.

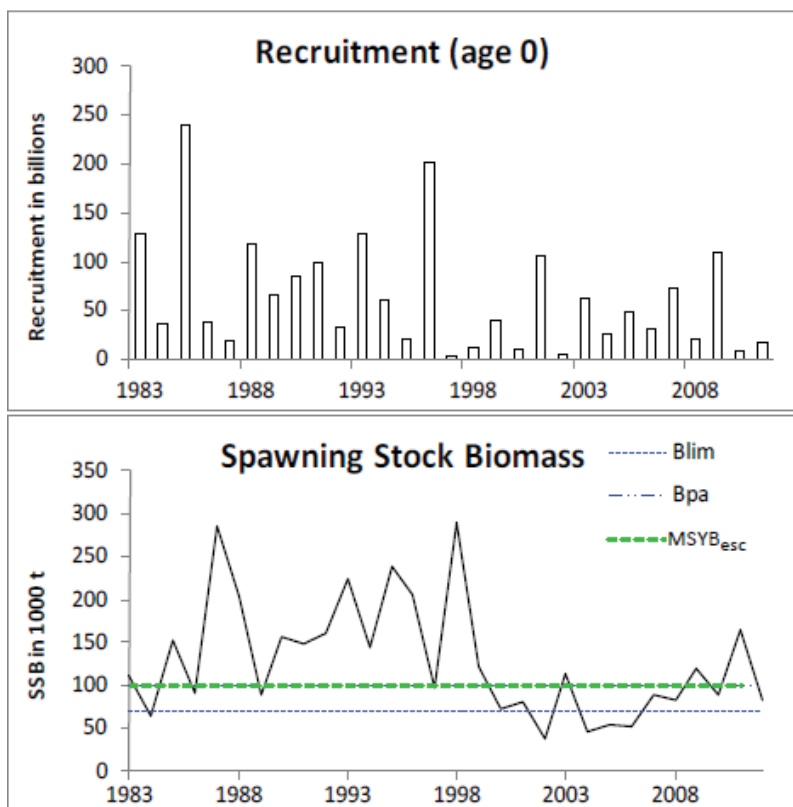




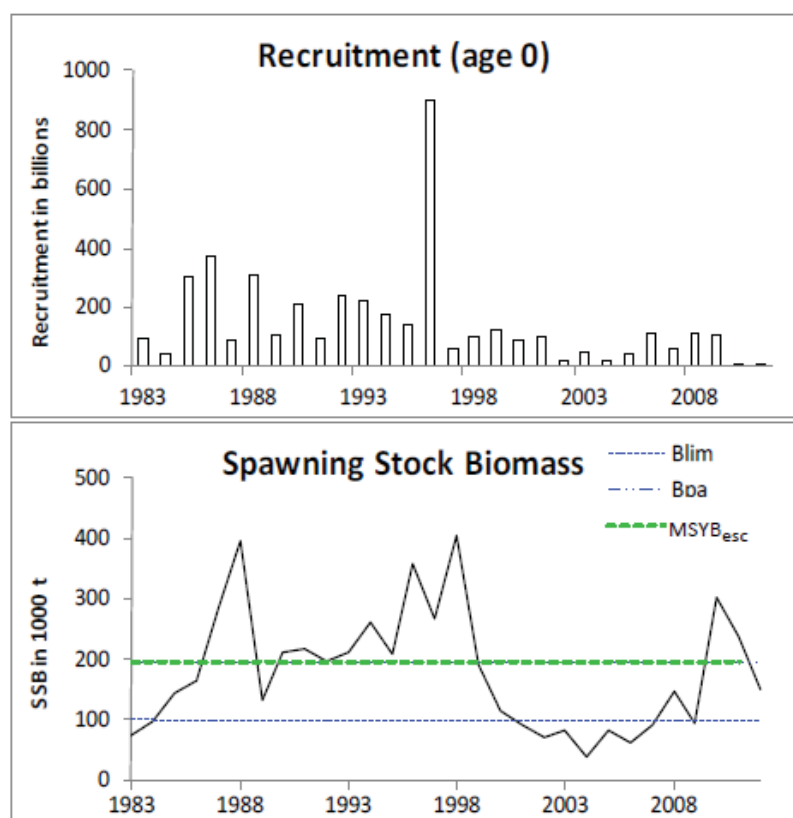
Figur 38. Landingar frå dei ulike forvaltingsområda for tobis.



Figur 39. Bestand og rekruttering for tobis i forvaltingsområde 1.



Figur 40. Bestand og rekruttering av tobis i forvaltingsområde 2.



Figur 41. Bestand og rekruttering av tobis i forvaltingsområde 3.

## Nordsjøsild

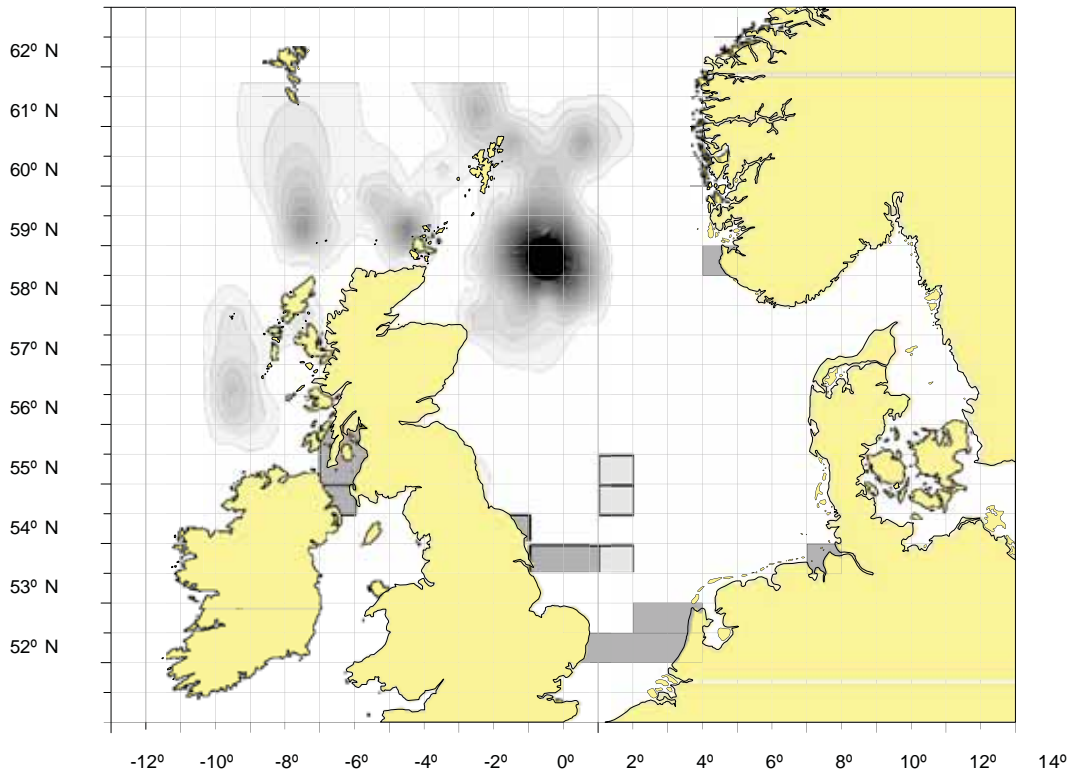
Nordsjøsilda finnes i Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat. Det finnes vårgytere, men bestanden er fullstendig dominert av forskjellige komponenter høstgytere som gyter fra juli til oktober langs kysten av Storbritannia. Figur 42 og 43 viser fordelingen av umoden og moden nordsjøsild sommeren 2011.

Bestanden opplevde en kollaps på slutten av 70-tallet, men strenge reguleringer førte til at bestanden var oppe på et normalt nivå igjen allerede på midten av 80-tallet. Det var spesielt de nordligste komponentene som vokste i denne perioden. Figur 44 viser gytefeltene til de forskjellige bestandskomponentene og utviklingen av de forskjellige bestandskomponentene er vist i Figur 45.

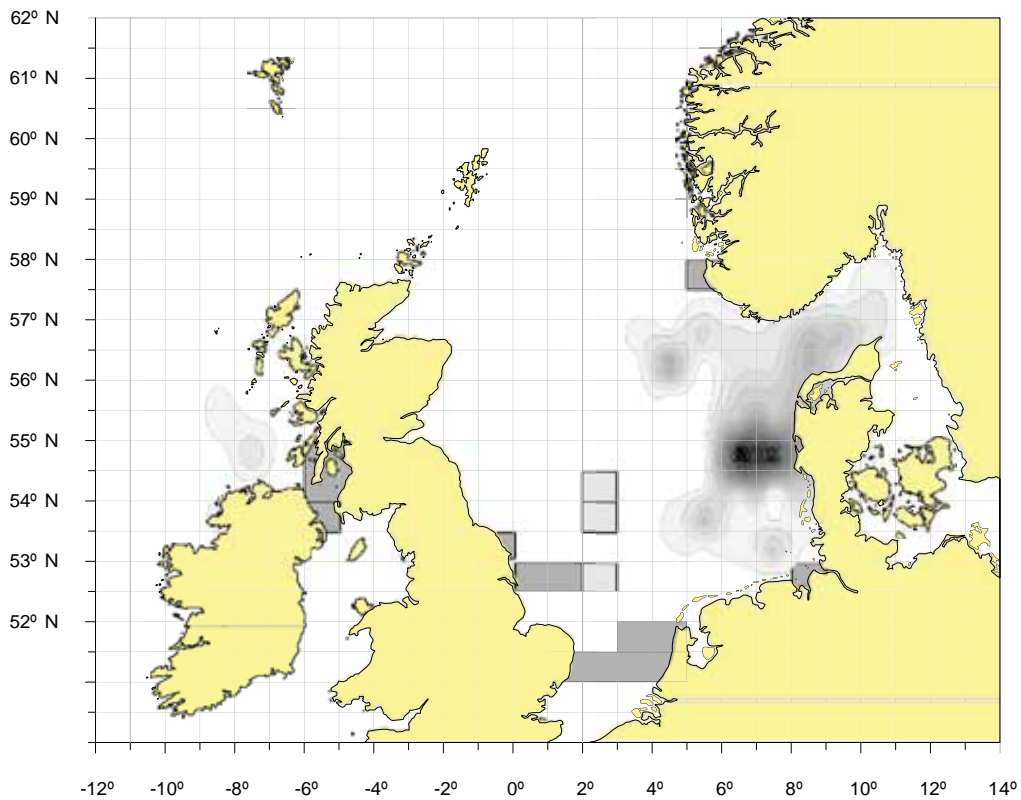
Når det gjelder selve gytingen, så gytes eggene rett over bunnen og synker så ned der de kleber seg til substratet. Eggene klekkes etter 2-3 uker avhengig av temperaturen, og larven svømmer så opp i overflatelaget. Plommesekken blir brukt opp i løpet av en ukes tid, og deretter ernærer larven seg av mikrodyreplankton som egg og nauplier av raudåte. Larvene driver med de rådende strømretningene fra gytefeltene ved kysten av England, Skottland, Shetland og Orknøyene over Nordsjøen og inn i Danske- og Tyskebukta. En del larver driver også inn i Skagerrak, og noen transporteres videre derfra med Den norske kyststrømmen opp langs norskekysten. Deres videre skjebne er usikker. Nordsjøsilda overvintret den første vinteren som larver. De metamorfoserer ikke (blir blanke og får et fungerende blodsystem) før neste vår/sommer. Samtidig utvikles en sterk stimulansadferd. Nordsjøsilda blir kjønnsmoden 2-3 år gammel.

Figur 46 viser et gytebestand/rekrutteringsplott. De siste årene har det vært rekrutteringssvikt i denne bestanden selv om gytebestanden er på et bærekraftig nivå. En grunn til dette kan være at dyreplanktonsamfunnet i Nordsjøen har endret seg både i kvalitet og kvantitet etter årtusenskiftet. En del små copepoder som (*Pseudocalanus* sp.) har blitt mye mindre tallrike og *Calanus helgolandicus* har tatt over for *C. finmarchicus* (raudåte). Næringsinnholdet i den altetende *C. helgolandicus* er mye dårligere for sildelarvene enn raudåta. Dette fører til stor larvedødelighet gjennom vinteren. Men foreløpig har strenge reguleringer klart å holde gytebestanden oppe på et bærekraftig nivå, og den har klart å produsere larvemengder opp mot langtidsmiddelet. Derimot har vintertoktet som måler mengden av overvintrende larver gitt nedslående resultater det siste tiåret. Hvis ikke denne trenden snur og en får inn nye sterke årsklasser vil ikke fisket etter nordsjøsild være bærekraftig i mange år til.

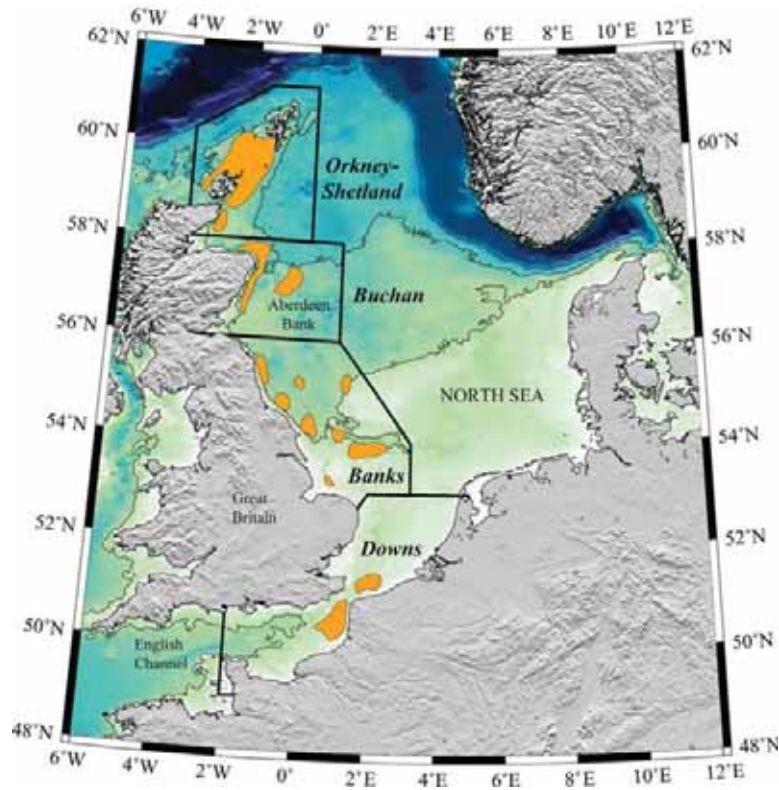
Kollapsen på slutten av 70-tallet kom av for hardt fiske blant annet med kraftblokk og snurpenot, mens en eventuell kollaps i våre dager vil skyldes et regimeskifte som ikke kan motvirkes med reguleringstiltak alene, og dermed er av mye mer alvorlig karakter.



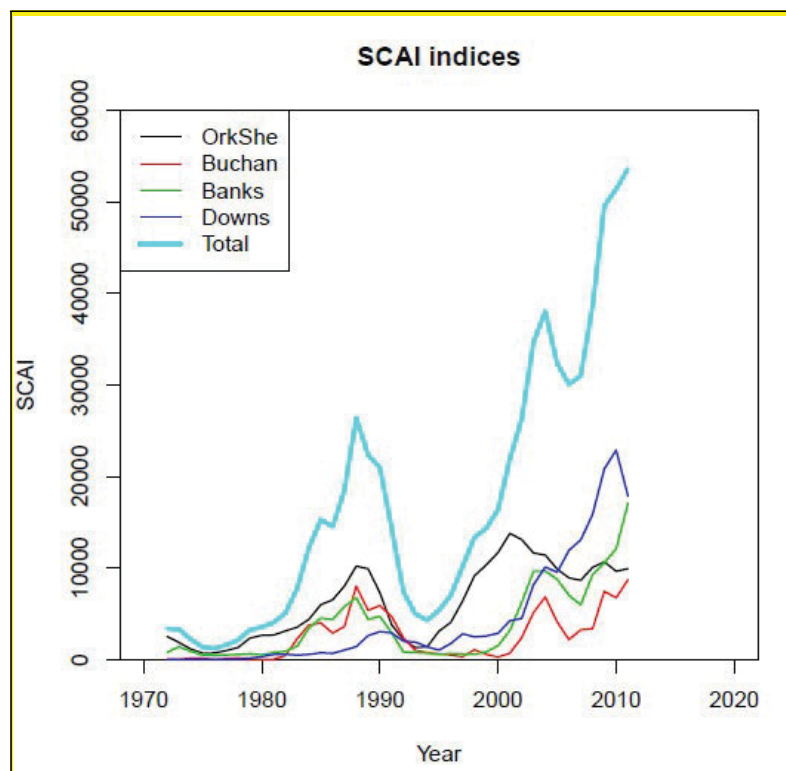
**Figur 42.** Biomassen av moden høstgytende sild i Nordsjøen tatt fra det felles akustiske surveyet i juni–juli 2011. Rektanglene 36F2, 38F2 og 39F2 (lys grå i sørlig del) ble interpolert fra tilgrensende områder. Rektanglene i mørkere grått i sørlig del av Nordsjøen og i Irskesjøen ble ikke dekket. Figurene er tatt fra ICES 2012 Report of the Herring Assessment Working Group for the Area South of 62 N (HAWG). ICES CM 2012/ACOM:06.



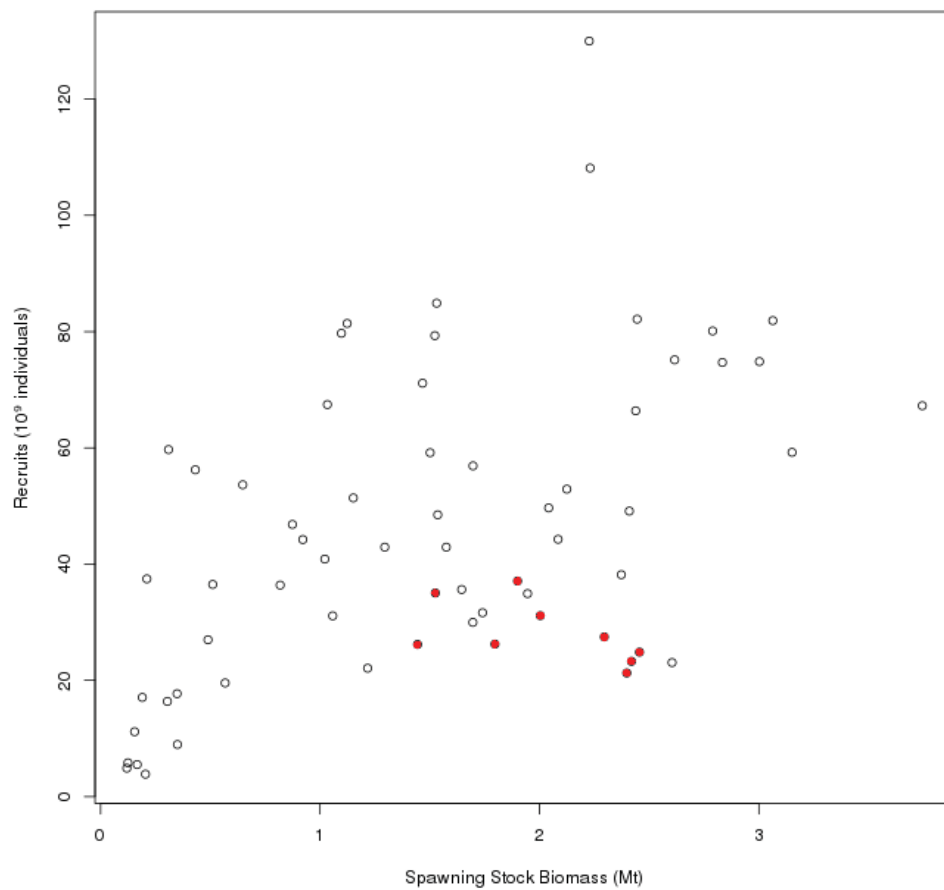
**Figur 43.** Biomassen av umoden høstgytende sild i Nordsjøen tatt fra det felles akustiske surveyet i juni–juli 2011. Rektanglene 36F2, 38F2 og 39F2 (lysegrå i sørlig del) ble interpolert fra tilgrensende områder. Rektanglene i mørkere grått i sørlige delen av Nordsjøen og i Irskesjøen ble ikke dekket.



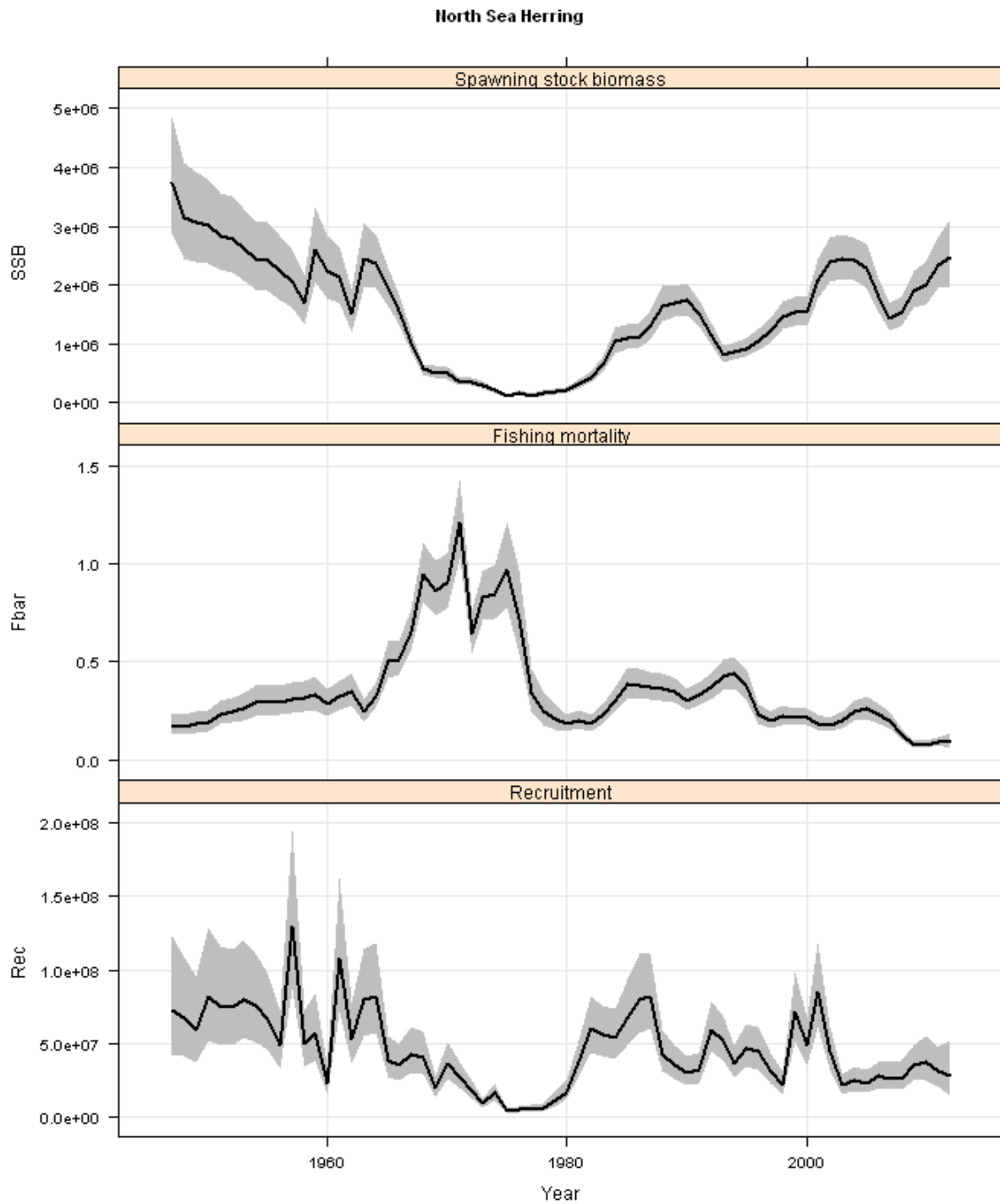
**Figur 44.** Tatt fra M.R. Payne (2010). Mind the gaps: a state-space model for analysing the dynamics of North Sea herring spawning components. ICES Journal of Marine Science, 67: 1939–1947. Kart over Nordsjøen med kjente gytefelt for forskjellige komponenter av nordsjøsil. Dybdekonturer er tegnet inn for 50, 100 og 200 m.



**Figur 45.** Utviklingen av de forskjellige nordsjøsilkomponentene fra 1970 og fram til i dag.



**Figur 46.** Gytebestand/rekrutteringsplott for nordsjøsil. Årsklassene etter 2001 er fylt med rødfarge for å vise den sammenhengende perioden med dårlig rekruttering.



**Figur 47.** Plott over nordsjøsilid med tilhørende usikkerhet, Gytebestand (topp panel), Fiskedødeligheten i aldersgruppene 2-6 (i midten) og rekruttering (bunnpanel).

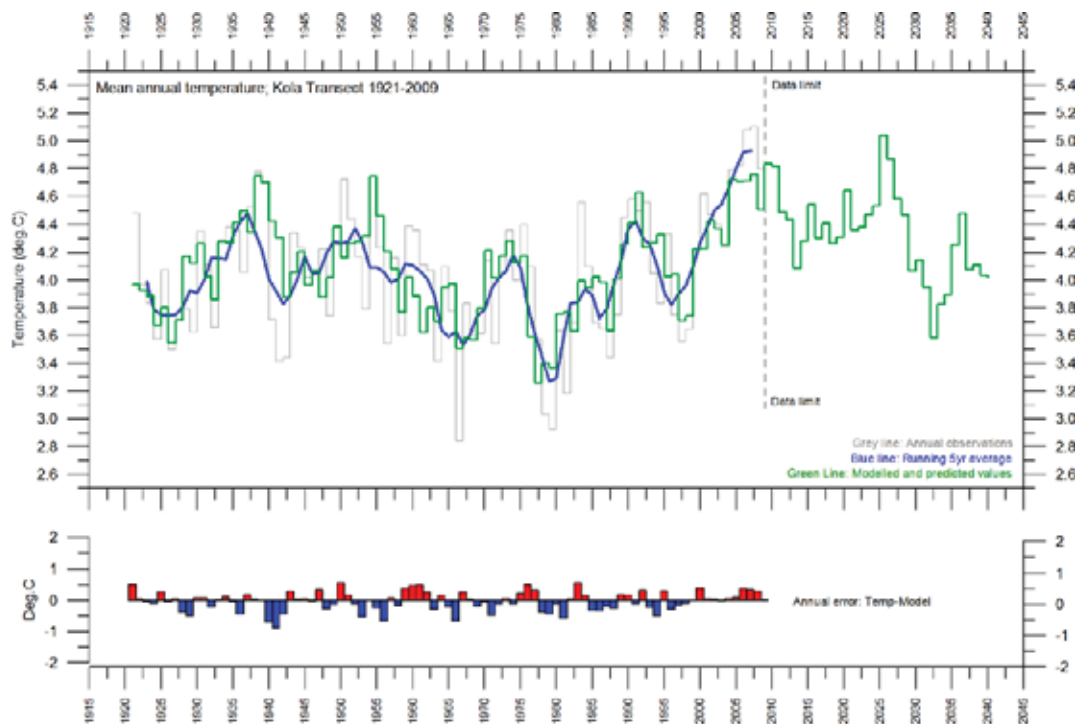
## 2. Prognose

Punkt 2 i mandatet: Angi sannsynlig utvikling i vekst, overlevelse og rekruttering hos våre viktigste fiskebestander gitt forskjellige klimascenerier (økning/minkning) og ”betydelige” endringer i predator/byttedyrforhold.

### Klima

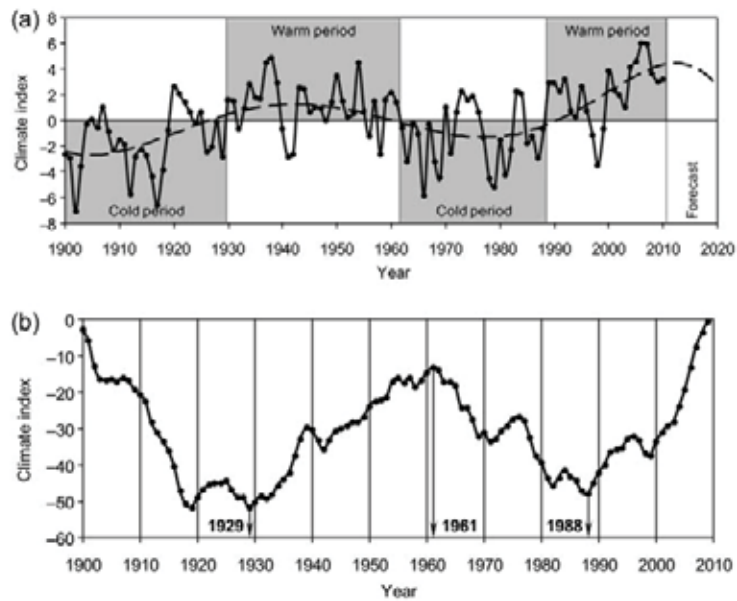
Temperatur- og klimaprognoser for naturlig klimavariabilitet kan lages ved hjelp av statistiske metoder. Med disse metodene identifiseres de ulike svingeperiodene i en tidsserie, og så fremskrives tidsutviklingen ved hjelp av dette. Disse metodene har relativt høy usikkerhet fordi det ikke inngår fysiske sammenhenger, men det er likevel det beste verktøyet som er tilgjengelig per i dag. En slik metode er brukt til å fremskrive temperaturen i Barentshavet (Figur 48). Ifølge denne metoden vil temperaturen i de neste 5-10 årene være lavere enn i dag, men likevel betydelig høyere enn ved kalde år eller perioder. Det vil bli en nedgang mot 2015, og deretter en økning. De predikerte variasjonene frem mot 2020 er imidlertid ikke store når man ser på hele tidsserien, og metoden antyder at temperaturen i Barentshavet i de neste 5-10 årene vil holde seg rundt langtidsmiddelet.

Tilsvarende analyser har vært kjørt på kombinerte tidsserier (AW temperatur, is og lufttemperatur) på PINRO (Figur 49). Den integrerte klimaindeksen (CI) for Barentshavet ble beregnet basert på disse tidsseriene, og en prediksjon av fremtidig klima frem til 2020 er gitt ved å ekstrapolere et sjettedegrads polynom tilnærmet CI (Figure 49). Resultatene er omtrent det samme som i Figur 48 tatt i betraktning de store usikkerhetene forbundet med dette.



**Figur 48.** Fremskrivning av årlig temperatur i Barentshavet ved hjelp av statistiske metoder. Klippet fra Boitsov et al 2012.





**Figure 5.** (a) CI for the Barents Sea 1900–2009 (solid line), its sixth degree polynomial approximation (dotted line), and the forecast up to 2020. (b) Cumulative curve of the Barents Sea CI, where 1929, 1961, and 1988 are years of the transition from cold to warm periods and vice versa. **Figure 49.** a) CI for the Barents Sea 1900-2009 (solid line), its sixth degree polynomial approximation (dotted line), and the forecast up to 2020. b) Cumulative curve for the Barents Sea CI, where 1929, 1961, and 1988 are years of the transition from cold to warm periods and vice versa. From Boitsov et al. (2012).

## Barentshavet

### Lodde

Det er vanskeleg å gi prognosar for lodde sidan generasjonstida er så kort. Berre to aldersgrupper utgjer det meste av den totale biomassen, så eitt eller to år med avvikande rekruttering får store konsekvensar for totalbestanden. Sidan talet på eittåringar (Figur 5) har vore relativt konstant på gjennomsnittsnivå i perioden fram til 2011, er det grunn til å venta at bestanden vil endra seg lite fram til 2013, under føresetnad av at haustingsregelen står ved lag, og beitinga på rekruttert lodde ikkje endrar seg vesentleg. Under føresetnad av at mengde 1-2 år gamal sild er viktigaste endringsagenten på rekrutteringa, kan vi utvida tidsvindauget for prognosen endå to år, fordi det tidlegast vil bli så mykje eitt år og eldre sild at det vil kunna påverka lodderekrutteringa negativt i 2013 (om sildeårgangen 2012 skulle bli sterk). Basert på denne føresetnaden kan vi altså ikkje venta oss vesentlege endringar i mengda vaksen lodde før tidlegast i 2015. Skulle mengda bli redusert, vil først fisket bli stoppa, og dersom reduksjonen held fram, vil mengda lodde som mat for andre bli redusert.

Det er grunn til å tru at føresetnaden om konstant beiting på lodde vil halda i prognoseperioden, sidan mengda torsk (i dei aldersgruppene som et mest lodde) vil minka dei neste åra medan den geografiske overlappen mellom torsk og lodde neppe vil kunna bli større enn han har vore dei siste åra. Dersom det er slik at det er lite mat for sjøpattedyr i Norskehavet, kan ein også sjå for seg eit scenario der større mengder kval kjem til å beita i Barentshavet i åra som kjem, og slik auka uttaket av lodde. På den andre sida vil mengda av torsk snart byrja å minka sidan rekrutteringa har vore veikare dei seinaste åra, og dette vil letta på predasjonspresset på lodde frå torsk om ikkje mange år. Eit anna scenario som kan påverka dette er ein kraftig nedkjøling av dei nordlege delane av Barentshavet, slik at enten berre

torsken, eller både torsken og lodda får redusert si utbreiing. Dette kan (men treng ikkje) påverke graden av overlapp mellom torsk og lodde.

Når lodda har greidd å oppretthalda eit høgt bestandsnivå dei siste fem åra, trass i ein rekordstor predatorbestand av torsk med stor overlapp med lodda gjennom heile året, og endåtil produsera eit overskot som har kunna fiskast, tyder det på at det finst naturlege reguleringsmekanismer som, så lenge ikkje rekrutteringa til loddebestanden vert hindra, syter for at torskebestanden ikkje vert større enn det systemet kan tola. Kva som vil skje dersom (dvs når) vi får neste sterke sildeårsklasse inn i Barentshavet, er eit anna spørsmål. Dei tre bestandskollapsa i loddebestanden dei siste 30 åra har lært oss at biomassen av lodde truleg kan reduserast monaleg to-tre år etter ei slik hending. Men den same historia har lært oss at det er vanskeleg å sjå føre seg korleis torsk og andre predatorar vil reagera på ei slik hending, det kan gå som under kollapsen på 1980-talet med drastiske følgjer for fleire predatorar, eller som under kollapsen på 2000-talet som knapt nok var merkbar, i alle fall for torsken. Løysinga på den gåta ligg i kva som elles måtte vera tilgjengeleg av mat for desse predatorane når ei slik hending måtte inntreffa.

## **Torsk**

Antar at forvaltningsreglene blir fulgt og ikke endres vesentlig.

En generasjon fram i tid – 6-7 år for torsk/hyse og 15 år for uer – vil bestandssituasjonen i stor grad være bestemt av alderssammensetningen i nåbestanden.

For torsk regner man med en viss bestandsnedgang de nærmeste årene (Figur 9d) etter som de sterke årsklassene 2004 og 2005 etter hvert forsvinner ut av bestanden og bestanden blir dominert av årsklasser av middels styrke. Årsklassen 2011 var rekordsterk på 0-gruppe stadiet, men ikke så sterk som 1-åring, det er ennå uklart om målingen som 1-gruppe kan være påvirket av manglende geografisk dekning.

Det er lite sannsynlig at klimaet skal bli så kaldt at god rekruttering ikke kan forekomme. Derimot er det mulig at klimaet blir såpass mye kaldere at leveområdet for torsken og dens byttedyr innskrenkes vesentlig, noe som vil kunne ha en negativ effekt på torskebestanden.

En god årsklasse av nvg-sild vil ofte, men ikke alltid, ha en negativ effekt på lodde-rekrutteringen gjennom beiting på loddelarver. En påfølgende reduksjon i loddebestanden kan, dersom det er dårlig tilgang på alternative byttedyr, i sin tur tenkes å føre til lavere vekst, senere kjønnsmodning og økt kannibalisme hos torsk. Dette er et scenario som kan varsles et par år på forhånd. Sannsynligheten for en sterk sildeårsklasse vil imidlertid avta dersom temperaturen blir redusert.

Den forsiktige beskatningen av torsk vil føre til at en stor del av bestanden er kjønnsmoden/stor fisk. Det er lenge siden økosystemet i Barentshavet har huset store mengder stor, fiskespisende fisk (uansett art), og effekten av dette på økosystemet gjennom predasjon er ikke så godt kjent, selv om russiske magedata fra 1930-1950-årene kan gi en indikasjon på torskens næringsvalg i perioder med mye og stor torsk.

## **Hyse**

For hyse har rekrutteringen etter 2006 vært på et mer normalt nivå, og bestanden ventes å avta sterkt i de kommende år (Figur 13). Begrensningen på 25 % årlig reduksjon i kvoten vil gi en

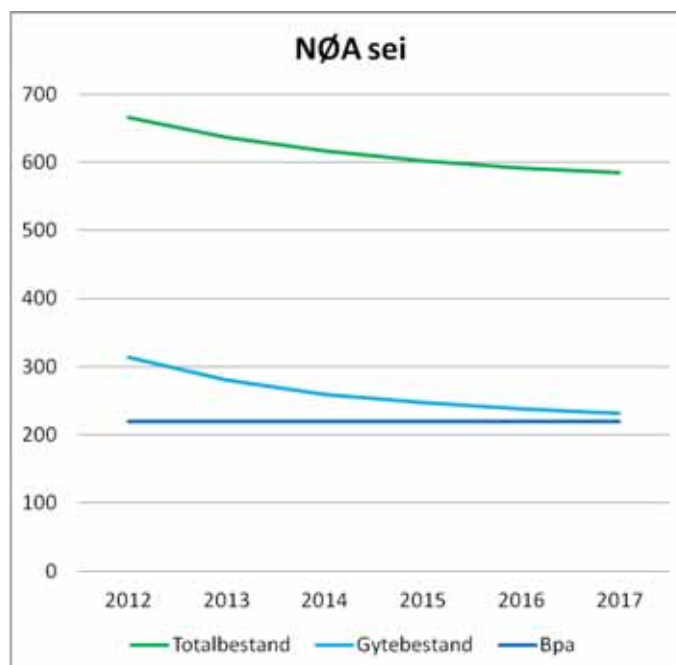
høy fiskedødelighet i årene som kommer, og forvaltningsregelen bør revurderes. Det kan tenkes at den individuelle veksten vil øke.

Det er lite sannsynlig at klimaet skal bli så kaldt at god rekruttering ikke kan forekomme. Derimot er det mulig at klimaet blir såpass mye kaldere at leveområdet for hysa og dens byttedyr innskrenkes vesentlig, noe som vil kunne ha en negativ effekt på hysabestanden.

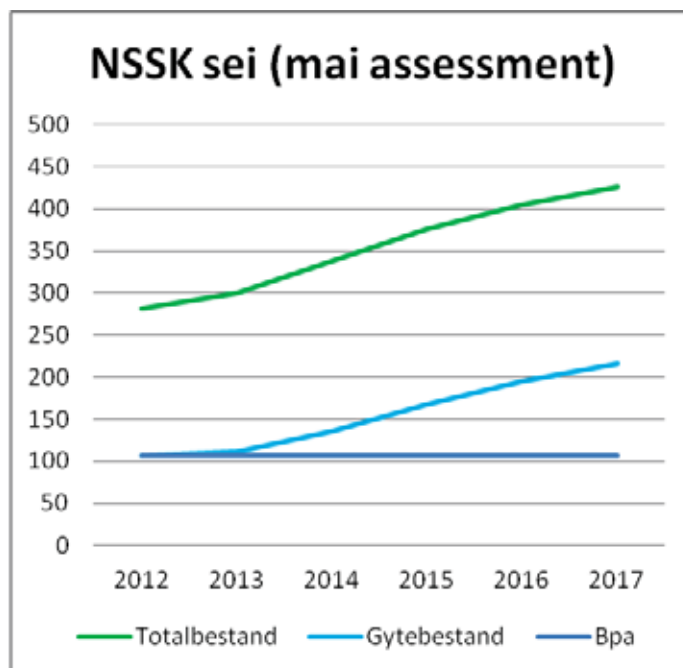
## Sei

Det ventes at bestanden av nordøstarktisk sei vil avta de nærmeste årene (Figur 24), mens bestanden av sei i Nordsjøen/Skagerrak til en viss grad øker (Figur 25). Disse prediksjonene er usikre fordi 1) rekrutteringsmekanismene i hovedsak er uavklarte; den modellerte rekrutteringen er basert på et langtidsmiddel, og 2) utviklingen i vekst er basert på gjennomsnittlig vekt-ved-alder i de tre siste år. Ettersom effekten av klimavariasjon, og mer spesielt temperaturvariasjon, på rekrutteringssuksess er for vag til å brukes spesifikt, kan man heller ikke gjøre noen robuste modellberegninger i så henseende. I tillegg kommer selvsagt usikkerheten i klimaprediksjonen.

Med hensyn til kvote er det rimelig å anta at denne vil ligge på samme nivå som i dag for NSSK-sei, altså rundt 100 000 tonn, selv om bestanden sannsynligvis vil øke i biomasse. Dette grunnet manglende sterke innkommende årsklasser. For nøa-sei ventes det at kvoten faller noe, ned til ca. 140 000 tonn, dvs. parallelt med fallet i bestandens biomasse. Dette er på nivå med teoretisk langtidsutbytte for gjennomsnittlig rekruttering og vekt-ved-alder, og dagens fiskemønster.



**Figur 50.** 5-års prediksjon (2012-2017) for nøa-sei for totalbestand og gytebestand, og det biologiske referansepunktet  $B_{pa}$ , alle i tusen tonn. Analysen ble utført av Bjarte Bogstad.



**Figur 51.** 5-års prediksjon (2012-2017) for NSSK-sei for totalbestand og gytebestand, og det biologiske referansepunktet  $B_{pa}$ , alle i tusen tonn. Analysen ble utført av Irene Huse.

### Vanlig uer

Her er fiskedødeligheten nå så høy at bestandsutviklingen først og fremst er avhengig av fisket i årene framover. På grunn av at bestanden er langlivet så forventes det ingen sterk økning i bestanden de nærmeste årene. Årsklassene det siste tiåret har vært svært svake, og mengden av umoden fisk går stadig nedover. Situasjonen er ventet å vare i mange år. En tilsynelatende liten bedring i rekrutteringa de siste årene er usikker og treng nærmere stadfesting. Ingen kunnskap om klimaeffekter på denne bestanden.

### Snabeluer

Gytebestanden ventes å avta noe i de neste årene fordi de årsklassene som er på vei inn i gytebestanden (1998-2005) er svake. Derimot vil den forbedringen i rekruttering som vi har sett etter 2005, bidra til en økning av den umodne delen av bestanden. Ingen kunnskap om klimaeffekter på denne bestanden.

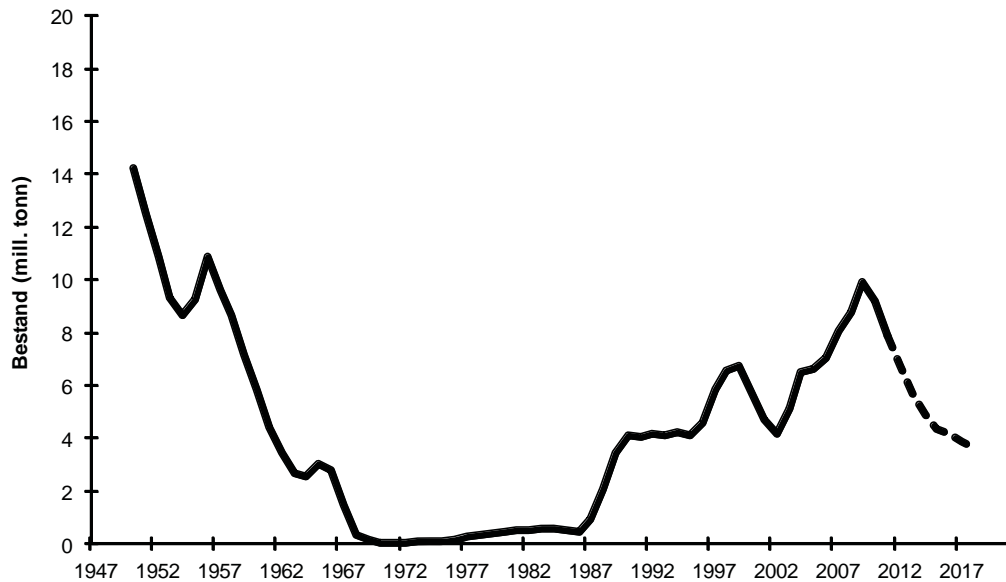
## Norskehavet

### Norsk vårgytende sild

En prognose for utviklingen i bestanden fra 2012 til 2018 er vist i Figur 52. Denne prognosen er basert på bestandsberegningen fra 2011. Siste års toktdata indikerer imidlertid at nedgangen i bestanden skjer raskere enn ventet ut fra fjorårets prognose, og at bestanden kan komme ned mot  $B_{pa}$  allerede i 2013.

Nvg-sild har viktige beiteområder i Norskehavet. En hypotese som ennå ikke er bekreftet er at en akselerert reduksjon i bestandsstørrelse hos nvg-sild kan skyldes økt naturlig dødelighet som følge av at matsituasjonen for pelagisk fisk i Norskehavet har forverret seg over lang tid ved at mengden av dyreplankton er redusert (Figur 31). Konkurransen om mat både innad i bestanden og med andre pelagiske bestander har samtidig økt ved at den totale biomassen av

pelagisk fisk kan ha vært høyere enn bæreevnen i Norskehavet. Den reduserte mattilgangen har ikke resultert i noen nedgang i kondisjon hos nvg-sild (kondisjonen har derimot økt), men lengde ved alder har gått ned i lengre tid (Figur 32, Figur 33). Fra 2012 blir det tatt hyppige målinger av fettinnhold i fileten både fra kommersielle prøver og tokt for å studere dette nærmere.



**Figur 52.** Norsk vårgytende sild gytebestandsbiomasse. Den stiplede delen av linjen (2012-2018) er en prognose basert på antakelser blant annet om lav rekruttering i perioden 2012-2015 og om at den eksisterende høstingsregelen blir fulgt i hele perioden.

## Makrell

Makrellbestanden var nede på et lavt nivå tidlig på 2000-tallet men har etter blant annet tre rekordsterke årsklasser 2002, 2005 og 2006 vokst kraftig frem til rundt 2010. I 2011 og 2012 er det observert mye ung makrell i Norskehavet og det er mye som tyder på at også 2010- og 2011-årsklassene er sterke. Makrellbestanden kan på denne bakgrunn ventes å forbli sterk noen år fremover. Makrellens hovedgyteområder ligger utenfor Norskehavet, og det er rimelig å anta at andre prosesser driver årsklassestyrke for makrell enn for sild som gyter i Norskehavet. De siste årene har gyteområdene flyttet seg nordover og det er observert gytende makrell i Norskehavet. Det er jobbet lite med å forstå makrellrekruttering, og det er ikke fremsatt hypoteser for å prøve å forklare variasjonen som observeres i årsklassestyrke. Det fangst-per-enhet-innsats (CPUE) baserte estimatet fra juli-august-toktet gir betydelig høyere bestandsestimat enn eksisterende bestandsvurdering. Usikkerhet i bestandsvurdering – nedgang – rimer dårlig med observasjoner av økning i Norskehavet.

## Kolmule

Det er ventet at bestanden vil øke i antall pga. ventede middels innkommende årsklasser. Informasjon fra tokt og fiskeri indikerer en høyere rekruttering (alder 1) både i 2011 og 2012. Disse dataene er imidlertid ikke av en slik kvalitet at de kan brukes som kvantitative mål i bestandsberegningen siden det er knyttet stor usikkerhet til tallene. Den antatte økningen i rekruttering vil imidlertid bidra til gytebestanden i 2013 og 2014 og dermed sannsynligvis reversere den nedadgående trenden i gytebestandsstørrelse.

## Nordsjøen

### Tobis

På grunn av den lave alderen i bestanden er det vanskelig å gi noen god prognose for tobisbestanden fremover. Men det har nylig blitt innført et nytt romlig "teigbasert" forvaltningsregime for tobisbestanden i norsk sektor. Dette regimet går ut på å dele alle tobisfeltene i to og så vekselvis stenge den ene halvdel helt for fiske. Denne forvaltningsplanen har fungert etter hensikten, men pga. elendig rekruttering er bestanden på kritisk lavt nivå. Forvaltningsplanen skal evalueres i 2013. Kvoten for 2013 er sterkt avhengig av rekrutteringen for 2012-årsklassen. Den første indikasjonen på styrken i denne får vi i desember. Den vil forhåpentligvis føre til at bestanden øker i mengde i årene fremover selv om rekrutteringen i norsk sone har vært dårlig de siste årene. Hovedhypotesen for rekrutteringssvikt er knyttet til reduksjonen i raudåte som man har sett i Nordsjøen de siste årene. I årets tobisfiske ble det rapportert om stort innslag av makrell på en del tobisfelt. Makrellen er trolig en effektiv predator på tobis og med økningen i makrell som en har sett i våre havområder de senere årene har nok predasjonen fra makrell økt tobisdødeligheten.

### Nordsjøsild

Nordsjøsild hadde lenge en nedadgående trend i gytebestandsbiomasse knyttet til mange år med dårlig rekruttering. Til tross for dette har bestanden hatt en liten økning de siste årene. Dette er knyttet til at fiskedødeligheten har gått litt ned (Figur 47). Studier har knyttet den reduserte rekrutteringen etter 2000 til redusert overlevelse hos 0-gruppen på våren når den skal gå over til å spise raudåte (Payne et al. 2009). For å få til økning i bestanden må det komme økt rekruttering, og gitt den lave raudåtemengden vi har i Nordsjøen er dette ikke så sannsynlig i de nærmeste årene.

## 3. Foreslå nødvendige forskningsoppgaver

Punkt 3 i mandat: Foreslå nødvendige forskningsoppgaver og tiltak for å ta mer hensyn til klima, mattilbud og bestandsinteraksjoner i økosystembasert rådgivning.

Vi har delt forslagene til forskningsoppgaver i en kortsiktig innsats med sju konkrete tiltak og en mer langsiktig innsats knyttet til et strategisk instituttprogram (SIP). Den kortsiktige innsatsen fokuserer på forhold som vurderes å trenge rask avklaring, mens den langsiktige vil fokusere på mer grunnleggende forhold som sammen med de kortsiktige vil være viktige som grunnlag for en forbedret fremtidig økosystembasert forvaltning. Basert på diskusjonen i prognosedelen (2) ovenfor er det særlig situasjonen i Norskehavet som vi mener krever kortsiktige forskningsinnsats, og vi har fire forslag som fokuserer på norskehavsbestandene. I tillegg har vi ett forslag knyttet til torsk i Barentshavet, ett på mengdemåling av dyreplankton og ett generelt forslag for å bedre organiseringen av det økosystembaserte fiskeri-rådgivningsarbeidet.

### Kort sikt

#### 1. Estimere naturlig dødelighet hos sild i Norskehavet

Naturlig dødelighet er satt som en fast verdi i bestandsberegningen av norsk vårgytende sild. Hypotesen som bør undersøkes er om sult hos sild fører til økt naturlig dødelighet og om vi kan fremskaffe data som er gode nok til å erstatte de faste verdiene som brukes i bestandsberegningen i dag. Vi foreslår derfor toktaktivitet langs norskekysten og i

Norskehavet i april-juni 2013 for å samle inn sild og foreta biologiske og biokjemiske analyser av tilstand. Dette vil kreve en del ekstra toktaktivitet som kan legges inn som utvidelse av omsøkte tokt.

## **2. Endringer i fangbarhet og tilgjengelighet for akustikk**

Endringer i fangbarhet av sild i trål, dekningsgrad av toktene og endret tilgjengelighet for akustikk kan ha vært med å påvirke bestandsestimatene. Det ansees derfor viktig å undersøke nærmere disse forhold, både basert på foreliggende materiale og eventuelt forsøk/prosesstudier under toktene i 2012. I tillegg er det startet et arbeid med å estimere usikkerhet i toktene relatert til surveydesign, og dette arbeidet vil bli utvidet i 2012.

## **3. Predasjon fra makrell på sildelarver**

Makrell er velkjent som en effektiv beiter på fiskelarver. De siste årene har det stått en god del makrell i driftbanene til sildelarvene mellom Møre og Vesterålen i mai-juni. Mageprøver fra et begrenset område av driftsbanene har vist at det er sildelarver i noen av makrellmagene (pers komm. E.K. Stenevik) og vi ønsker å undersøke omfanget av dette. Vi foreslår derfor at det foretas innsamling av makrell på aktuelle tokt i 2013 for å undersøke denne mekanismen.

## **4. Foreta toktbasert bestandsvurdering av makrellbestanden**

Utfordringer i bestandsvurdering av makrell skyldes dårlig samsvar mellom vurderingen basert på fiskeri og eggtokt, og toktestimatene som baserer seg på trålt område (swept area). Vi foreslår derfor at det foretas en uavhengig bestandsvurdering for makrell basert på fiskeridata og toktdataene fra de internasjonale toktene (IESSNS) i juli-august 2010 og 2012. Bestandsvurderingen forelås gjennomført for to scenarier:

- direkte basert på resultatene fra toktet
- resultatene fra toktet korrigert for de ulike fartøyenes fangsteffektivitet

Bestandsvurderingene foretas i ICES standard forvaltningsmodell for makrell (ICA) og det regnes ut kvoter iht. forvaltningsregelen. Videre brukes den nye økosystembaserte ENAC-høstingsmodellen, til å vurdere effekter av ulike fiskeristrategier på bestandsutvikling og høstingsuttak.

## **5. Estimering av vekst hos torsk i Barentshavet som funksjon av næringsopptak**

De siste årene har torskebestanden i Barentshavet vokst og bredt seg utover store områder, spesielt om høsten. Det har vært antydning at næringsgrunlaget og tettheten av torsk kan være begrensende for individuell vekst. Det foreslås derfor en aktivitet der sesongvariasjon i vekst av torsk relateres til tetthet og næringsgrunnlag / næringsopptak. Dette vil være en fortsettelse av arbeidet som har foregått på predasjon fra torsk relatert til næringstilbudet de siste årene. Vekst og næringsopptak kan estimeres for ulike årsklasser og relateres til næringstilbud og tetthet. Dette vil kaste lys over problematikken rundt næringsbegrensning for store fiskebestander, som har vært sentral både i Norskehavet og Barentshavet den siste tiden.

## **6. Akustisk mengdemåling av makrodyreplankton**

Pga. store mengder med pelagisk fisk i Norskehavet og store mengder torsk i Barentshavet, har matsituasjonen for disse bestandene og beiteeffekter på byttedyra vært mye diskutert. I Norskehavet kan de store pelagiske fiskebestandene ha beitet ned dyreplanktonbestanden, og i Barentshavet er det knyttet usikkerhet til hvordan torsken påvirker sitt matfat, og hvor sensitiv torskbestanden er for en eventuelt ny kollaps i loddebestanden. Makrodyreplankton som krill og amfipoder er sentrale byttedyr i begge systemer, og gode data på makrodyreplankton-

produksjon, mengde og fordeling horisontalt og vertikalt er helt nødvendig for å forstå den trofiske dynamikken i disse systemene. Slike data er svært mangelfulle i dag. På kort sikt vil det derfor være viktig å få på plass gode samplingsregimer for makrodyreplankton. Det foreslås derfor en aktivitet på videreutvikling av akustisk mengdemåling av makrodyreplankton med skrogmonterte svingere og tauete farkoster.

### **7. Forslag til økosystembaserte rådgivningsteam ved Havforskningsinstituttet**

På grunn av oppgavens kompleksitet krever økosystembasert forvaltningsforskning at en samler bred kompetanse for målrettet innsats. For Barentshavet er det i noen grad på plass et rammeverk for å implementere kunnskaper om bestandsinteraksjoner og klimapåvirkninger i praktisk forvaltning. Det foreslås imidlertid å opprette et team på maks ti personer som skal jobbe målrettet med å utarbeide økosystembaserte forvaltningsråd i første rekke for det pelagiske kompleks i de nordiske hav (sild, kolmule, makrell). I tillegg til gruppedeltagerne skal teamet disponere et timebudsjett for innhenting av spesialisthjelp fra faggruppene, og ha myndighet til å få slik hjelp prioritert høyt nok. Det vil være avgjørende at deltagerne i teamet gis anledning til å konsentrere sin innsats innenfor gruppens sentrale aktiviteter. Teamet skal jobbe nært opp mot ICES for samkjøring med de prosesser som foregår der for implementering av økosystembasert forvaltning i det nordøstlige Atlanterhav. Det er viktig at arbeidet i denne gruppen (eller disse gruppene, om en for eksempel velger å opprette en for hvert havområde) har fokus på fiskerirelaterte oppgaver, og avgrenses mot for eksempel naturindekser, helhetlige forvaltningsplaner etc.

Følgende fagfelt/kompetanse forelås innledningsvis representert i teamet:

- Hydrografi
- Dyreplankton
- Fytoplankton
- Sykdom
- Modning/vekst
- Pelagisk fisk
- Bunnfisk
- Økologi
- Modellering
- Karttegning/visualisering
- Dataauthenting, tilrettelegging

### **Lang sikt - Hjort Strategic Institute Project**

Nedenfor har vi skissert innholdet i et strategisk instituttprosjekt for å dekke opp det vi ser som viktig langsiktig kompetanseoppbygging og forskningsinnsats knyttet til bedre forståelse og kvantifisering av nøkkelprosessene rekruttering, vekst og dødelighet hos våre mest sentrale fiskebestander. Dette er en naturlig forlengelse av de kortsiktige anbefalingene. Vi har skrevet denne delen på engelsk for å kunne bruke det direkte i en eventuell SIP-søknad.

In order to improve ecosystem based management of Norwegian fisheries, there is need for improving our understanding and quantification of vital rates of fish populations and ecosystem processes influencing these. We therefore propose the establishment of a strategic institute programme (SIP) at the Institute of Marine Research focusing on relevant research to advance this field. We further see this as a stepping stone for an SFF proposal anticipated in



2016. Due to the thematic overlap of this proposal with the seminal contributions of Johan Hjort, in particular his work published in 1914 (Hjort, 1914), we would like to link Hjort's name to this initiative. We would also mark the 100 year anniversary of his book with a symposium on his birthday 18 February. A dedicated issue in ICES Journal of Marine Science based on invited contributions is planned to be published in 2014, and will strengthen the focus on these topics even further.

Several reasons warrant pursuing this now, in addition to the timing with the anniversary.

1. Recent developments in our key fish stocks require improved understanding and quantification of the vital rates of these stocks, their variability, and how this relates to ecosystem dynamics. For example, there are working hypotheses related to predation by mackerel on larval blue whiting and herring that need to be addressed. Also, the effect of the exceptionally large piscivorous stocks on the Barents Sea ecosystem dynamics, and the large predator stocks' sensitivity to fluctuations in prey abundance and climate driven changes in habitat availability, are currently discussed.
2. Our modelling capabilities have improved substantially in recent years. Extended single-species assessment models, including impact by e.g. ocean climate or species interactions, are successfully implemented for few stocks only and should be further developed. There is also a development towards parsimonious assessment models with enhanced uncertainty estimation capability. Furthermore, we now have operational fine scale models for some of our key fish and plankton stocks (NORWECOM.E2E), as well as the comprehensive Atlantis Ecosystem Model. These modelling tools are valuable for investigating the interplay between ocean physics, plankton, fish and marine mammals. Also the models can be used in extended management strategy evaluation of effects of single- and multiple species harvest control rules on different parts of the ecosystem. However, management advice will also in the near future likely be based on simpler models which are extension of those used today (see wp4).
3. The development of time series of ecosystem observations covering physical properties and several trophic levels has provided us with data suitable for ecological studies. The modelling should not be done in isolation and it is critical that an integrated methodological approach founded on field studies, experiments and modelling is undertaken with the ambition of improving our understanding, but also delivering input on vital rates and parameterization of interactions to improve ecosystem based management strategies.
4. Finally, the ecosystem approach to fisheries management needs to be pushed forward both within IMR and ICES, and this initiative will serve as a test bed for how this can be applied to a specific problem.

A key issue in SIPs is the development of strategic institutional competence and methodology. We will aim at competence enhancement both in PhD, MSC, Post docs, and PIs. We believe that the proposed SIP will be a stepping stone for a SFF proposal in a few years time. We should therefore work strategically towards this in developing all the key aspects of an SFF proposal including magnitude of focused research, methods, publications and PI competence, international and national collaboration, efficient organization and management, and more process oriented field work.

### **Methodological approach**

1. Field sampling (stomach analysis, zooplankton production, etc.) with process studies and improved analysis of temporal and spatial variation of ecosystem processes.

2. Improved surveillance (quantification of abundance including uncertainty estimates, as well as geographical distribution) of all key elements in the ecosystem, from plankton to marine mammals.
3. Experiments on maternal effects, predation studies, starvation, stomach evacuation rates, bioenergetics, forage composition.
4. Modelling of whole life cycle models of fish stocks including larval drift, prey availability, and interactions with competitors and predators.

### **Overall objectives**

*Advance our understanding and the quantification of the vital rates that drive the great fish stocks of Northern Europe.*

### **Sub goals**

- *Improve understanding and quantification of recruitment processes in fish stocks.*
- *Improve understanding and quantification of natural mortality and growth in adult fish.*
- *Improve quantification of standing stocks of key ecosystem components.*
- *Develop ecosystem based management strategies based on improved quantification of vital rates and interactions in key fish stocks.*

In preparation for the SIP, or as part of it, there needs to be a comprehensive literature review of key aspects of the proposal as part of the development of a science plan for the project.

### **WP structure**

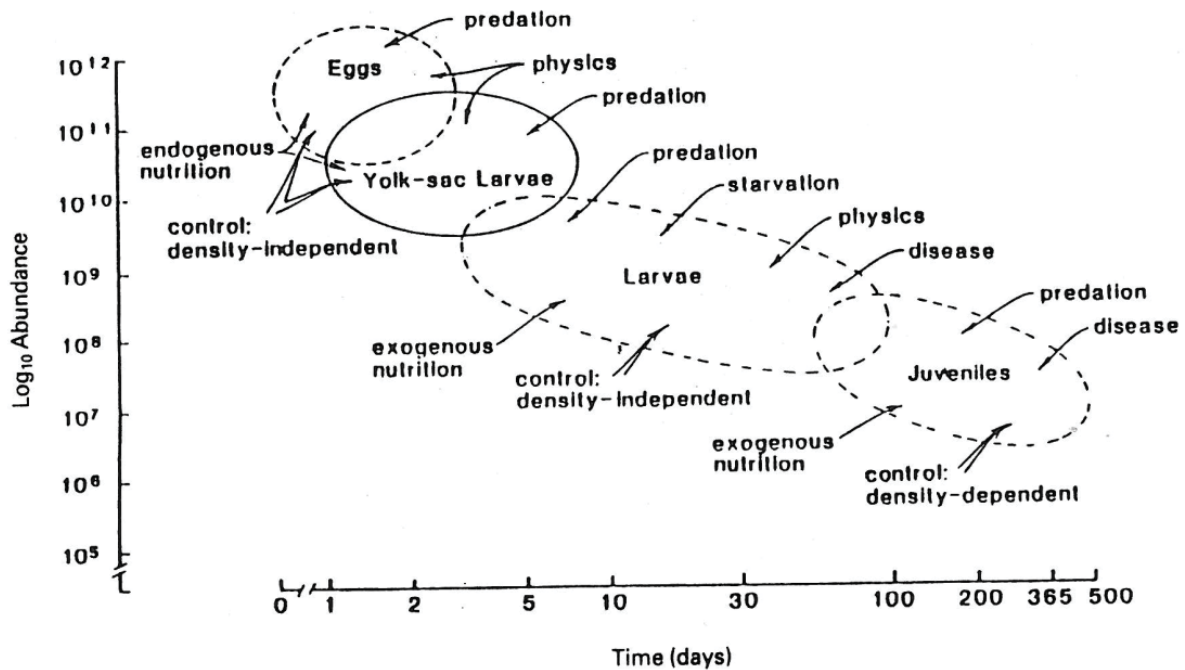
The WPs will be structured thematically with an initial WP on data availability and getting the historical material ready for analysis. The core of the project will be in WP 2 and 3 focusing on vital rates estimation through combining experiments, field studies and modelling. Finally in WP 4 we will draw on the results generated in the project and develop and test ecosystem based management strategies taking into account climate impact and ecological interactions in the ecosystem.

#### *WP1 Data availability*

Develop streamlined data series based on historical data. This will be based on the new and improved data flows available from the S2D and NMDC projects. WP1 will generate necessary output for common calculation of various data products such as zooplankton abundance indexes. This will ensure an easy way of generating these products and will allow a more efficient usage of resources. The WP will draw on ecological competence, but also on programmers for establishing libraries for easy calculation of the different time series and measures. This also includes the generation of effect time series (fishing effort etc.). Finally, WP1 will initiate new activities in data collection when required, such as e.g. improving the acoustic sampling of macro-zooplankton. This WP will also tailor output for model validation.

#### *WP2 Improved understanding and quantification of recruitment processes in fish stocks*

Fish recruitment is a complex process dependent on a range of different factors that varies between stocks, areas, and the development stage of the larvae. The different factors that can affect recruitment are illustrated in the figure below which shows that a broad approach to studying recruitment variability is needed. WP2 will integrate field studies, experiments and modelling to improve understanding and quantification of recruitment processes in fish stocks.



*WP3 Improved understanding and quantification of natural mortality and growth in adult fish*  
 WP3 will focus on key processes in relation to growth and mortality of adult fish. These can be challenging processes to elucidate and improved quantification of them can be used directly in stock assessment and management. The focus will be on stomach sampling for some areas/predators, bioenergetics studies, converting consumption to mortality, analysis of tagging data, understanding relationship between individual physiological state and starvation mortality, and understanding how mortality varies related to predator and prey stock sizes. Again the approach will be a combination of field work, experiments and modelling.

*WP4 Develop ecosystem based management strategies based on improved quantification of vital rates and interactions in key fish stocks*

In the final WP we will use the vital rates and modelling capability developed to investigate effects of different management strategies on the long term yields of our large marine ecosystems (North Sea, Norwegian Sea, Barents Sea). Test management strategies under different assumptions about climate, resource levels and stock sizes and develop robust ecosystem based harvest control rules for the key stocks. Develop flexible harvest control rules depending on the size of interacting fish stocks.

One approach which has proved very useful is to extend single-species assessment models (Plaganyi, 2007), where e.g. natural mortality or growth are made variable and dependent on other stocks' abundance. This has already been done e.g. for capelin, cod and haddock in the Barents Sea. For such approaches to work, the absolute abundance of stocks of predators and prey have to be known, and this approach, therefore, is conditional on improved stock size estimation methods. Further, the single species or multispecies assessment models will have to be further developed to include e.g. variable growth and natural mortality. Management strategy evaluation is made by long-term simulation applying the assessment models. Inclusion of species interactions and environmental effects is important both for short-term prediction of abundance and quotas as well as in long-term simulations. The NORWECOM.E2E and Atlantis models will be used for more comprehensive management

strategy evaluation to test the effect of different management regimes on the ecosystem components under varying ecosystem states.

### Relevant aktivitet innen Havforskningsinstituttet sine programmer

I tillegg til den foreslåtte aktiviteten foregår det allerede en god del relevant aktivitet ved Havforskningsinstituttet knyttet til kunnskapsområdet behandlet av utvalget. Dette er listet opp for de forskjellige programmene ved instituttet.

#### Økobest

Saksnavn	Prosjektleder	Satsingsområde
ENAC - Ecosystem based management of key fish stocks in the NE Atlantic under climate change using coupled biophysical and fisheries models	Holst, Jens Christian	Klimaendringers betydning
SVIM - Spatiotemporal variability in mortality and growth of fish larvae in the Lofoten-Barents Sea ecosystem	Bogstad, Bjarte	Oljeforurensning vs gyte/larve
HARVEST II - Harvesting marine cold water plankton species – abundance estimation and stock assessment	Melle, Webjørn	Overvåkings-/forvaltningssystemer
ADMAR - Adaptive management of living marine resources by integrating different data sources and key ecological processes	Kjesbu, Olav Sigurd	Økosystemovervåking/-tilnærming
Definelt - Developing fisheries management indicators and targets	Nash, Richard	Økosystemovervåking/-tilnærming
EURO-BASIN -	Melle, Webjørn	Økosystemovervåking/-tilnærming

#### Norskehavet

Saksnavn	Prosjektleder	Satsingsområde
Lakseforvaltning	Wennevik, Vidar	Annet
Pelagisk fisk i Norskehavet	Stenevik, Erling Kåre	Annet
DEEPFISHMAN WP 4 - Dev. of Appropriate Assessment Methodology	Planque, Benjamin	Bestandsberegningsmetodikk
Økosystemdynamikk i Norskehavet	Holst, Jens Christian	Klimaendringers betydning
Climate impacts on fish, fishery industry and management in the Nordic Seas	Stiansen, Jan Erik	Klimaendringers betydning
International Management of Pelagic Fisheries in the Northeast Atlantic	Stiansen, Jan Erik	Overvåkings-/forvaltningssystemer

#### Olje-fisk

Saksnavn	Prosjektleder	Satsingsområde
MERMAID	Bergh, Øivind	Annet
PRIBASE	Vikebø, Frode	Oljeforurensning vs gyte/larve
SYMBIOSES	Grøsvik, Bjørn Einar	Oljeforurensning vs gyte/larve

### Klima-fisk

Saksnavn	Prosjektleder	Satsingsområde
ØKOKLIM	Stiansen, Jan Erik	Økosystemovervåking/tilnærming
The effect of climate change on spawning performance of early life stages in North Atlantic teleosts	Kjesbu, Olav Sigurd	Klimaendringenes betydning
Klimaeffekter på pelagisk fisk	Slotte, Aril	Klimaendringers betydning
Svalbard planktonforskning	Rønning, Jon S.	Klimaendringers betydning
Fra plankton til sel	Haug, Tore	Klimaendringers betydning
ECCO - Effects of climate change on the Calanus	Melle, Webjørn	Økogenomisk met. Planktonøkologi

### Barentshavet

Saksnavn	Prosjektleder	Satsningsområde
Forvaltingsstrategier for Barentshavet	Tjelmeland, Sigurd	Annet
Bestandsrådgeving, Barentshavet	Gjøsæter, Harald	Annet
Bestandsvurdering Barentshavet	Bogstad, Bjarte	Bestandsberegning/metodikk
Forvaltningsplan - Overvåkingsgruppen	Sunnanå, Knut	Forskning for helhetlig forvaltning
Bar-Ecore	Planque, Benjamin	Klimaendringers betydning
Overvåking av bentos- og fiskesamfunn i Barentshavet	Johannesen, Edda	Overvåkingsmetodikk i økologisk perspektiv
Bestandsovervåking, Vintertoktet i Barentshavet	Wenneck, Thomas de Lange	Overvåkingsmetodikk i økologisk perspektiv
Havklima Barentshavet	Ingvaldsen, Randi Brunv	Overvåkingsmetodikk i økologisk perspektiv
Økotoktet - Økosystemtokt i Barentshavet	Stiansen, Jan Erik	Økosystemovervåking/-tilnærming
Trofiske interaksjoner og artsmangfold i Barentshavet	Dalpadado, Padmini	Økosystemovervåking/-tilnærming
Planktonovervåking i Barentshavet	Knutsen, Tor	Økosystemovervåking/-tilnærming
Skreitokt-BH	Berg, Erik	Økosystemovervåking/-tilnærming
Data fra fiskeriene	Kleiven, Stian	Bestandsberegning/metodikk

### Nordsjøen

Saksnavn	Prosjektleder	Satsningsområde
Popborealis	Gullborg Søvik	Verktøy for å identifisere populasjonsstruktur

## 4. Forslå tiltak for ICES

Punkt 4 i mandatet: Foreslå tiltak for å øke interessen i ICES av prosessforståelse for variabilitet i fiskebestander og håndtering av dette i rådgivning.

Nedenfor følger konkrete forslag for hvordan dette kan gripes an innen ICES.

1. Jobbe målrettet i arbeidsgruppene med denne typen problemstillinger knyttet til (jf. prosessen innen WGWIDE med fokus på å få inn prosesstudier og klimaeffekter), bl.a. ved å legge frem arbeidsdokument.
2. Oppfordre til bredere bemanning av arbeidsgrupper med komplementær kompetanse, både i fiskeriassessment og i metodikk/biodiversitets/økologiarbeidsgrupper.
3. Foreta strategisk bemanning av arbeidsgrupper fra Havforskningsinstituttets side og utvikle enkel deltakeroversikt til bruk under planlegging slik at instituttet sikrer representasjon der vi ønsker å være med og for å ha en historisk oversikt over deltakelse.
4. Foreslå sesjon på prosessforståelse for å bedre forståelsen av variabilitet i fiskebestander og håndtering av dette i rådgivning som temasesjon på ICES ASC.
5. Påvirke ACOM til å aktivt etterspørre dynamiske vitale rater ved utarbeidelse av terms of reference for bestandsrådgivningsgruppene (rekruttering, naturlig dødelighet, vekst).
6. Etablere arbeidsgrupper som "eies" i fellesskap av ACOM og SCICOM for å sikre tettere kobling mellom forskning, metodikkutvikling og anvendelse innen rådgivning.

## Referanser

- Hjort, J., 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe reviewed in the light of biological research. Rapp Proc Verb Réunion Cons Int l'Exp Mer 20, 1-28.
- Payne, M.R., Hatfield, E.M.C., Dickey-Collas, M., Falkenhaus, T., Gallego, A., Groger, J., Licandro, P., Llope, M., Munk, P., Rockmann, C., Schmidt, J.O., Nash, R.D.M., 2009. Recruitment in a changing environment: the 2000s North Sea herring recruitment failure. ICES J. Mar. Sci. 66, 272-277.
- Plaganyi, E.E., 2007. Models for an ecosystem approach to fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 477.