
Første artikkelserie fra Sunnmørsposten

Torskebestand

i år og uår

HARALD YNDESTAD



ÅLESUND 30. APRIL 2013

Forord

Forvaltning av marine ressurser er basert på ideen om å beregne økosystemets framtid, for så å kunne kontrollere økosystemets framtidig. Denne ideen forutsetter imidlertid at utviklingen er forutsigbar. Dersom en ikke finner noe forutsigbart i naturen, kan en matematisk modell bare trenes opp til å fortelle noe om fortid. Den har ingen informasjon om framtiden. En bærekraftig forvaltning av marine ressurser forutsetter altså, at en er i stand til å identifisere noe forutsigbart i naturen.

I 1990-årene foretok jeg en analyse av en dataserie for Norsk Arktisk torsk. Spørsmålet var da om hvor lang tid framover en kan beregne biomassen. Det tok bare en halv time å undersøke dataserien i et matematikkprogram. Resultatet viste at utviklingen av biomassen er forutsigbar bare ett år framover i tid. Samtidig framkom det at der var en syklus på 6-7 år i dataserien. Spørsmålet var da om dette var en tilfeldighet, eller om der var en stasjonær syklus. Dersom der er en stasjonær syklus i utviklingen av bestanden, har en funnet en forutsigbar endring. En stasjonær syklus kan fortelle oss noe om når bestanden forventes å vokse, og når den forventes avta i framtiden.

Det tok meg 8 år og en dr.grad å få svar på dette spørsmålet. Forklaringen var at økosystemet i Barentshavet hadde tilpasset seg til en tidevannsbølge på 18.6 år. Norsk Arktisk torsk er gytemoden etter 6-7 år. Denne tiden faller sammen med 1/3 del av tidevannsperioden som er $18.6/3 = 6.2$ år. Med denne tiden fram til gytemoden alder får bestanden to gode årklasser når tidevannsperioden på 18.6 år fører mer varmt atlantehavsvann inn i Barentshavet, og en liten årsklasse når perioden snur. Dette var forklaringen på at jeg hadde observert en fluktusjon på 6-7 i biomassen.

Artikkelserien ble presentert i Sunnmørsposten fra 1998 til 2004, etter at temaene hadde vært presentert på internasjonale konferanser. Hensikten var den gang å gjøre temaet mer åpent tilgjengelig. Det har nå gått 10 år siden dette ble

skrevet. Det kan da være verd å ta et lite tilbakeblikk om bakgrunnen for artiklene, og hvordan det gikk videre.

Artikkel 1 fra 1997: Om årsakenes årsak

Årsakenes årsak er et begrep fra Aristoteles. Aristoteles mente at der foreligger en underliggende forutsigbar årsakenes årsak til endringer i naturen. Denne årsak mente han stammet fra himmellegemenes sykliske baner. En opfatning som hadde sine røtter i astrologi og som er betraktet som gammel overtro.

Det framgår av denne artikkelen at det kan være en kjerne av sannhet i denne gamle overtro. Mine egne analyser viste en sammenheng mellom endringer i månens bane, lange tidevannsbølger og endringer til biomassen i Barentshavet. Det Aristoteles kalte årsakenes årsak, kan forklares med endringer i gravitasjon fra himmellegemene, noe som først ble oppdaget langt senere av Newton. Aristoteles hadde også en spenstig teori om sykliske kjedereaksjoner i naturen. Huygens klokkependel forklarte senere hvordan slike sykliske endringer kan bre seg som en kjedereaksjon i naturen.

Figuren i artikkelen viser utviklingen av temperaturen ved Kolasnippet i Barentshavet. En av verdens lengste sammenhengende dataserier, tatt over en periode på 100 år av PINRO intitutet i Murmansk. Det framgår av figuren at den midlere fluktusjonen følger en periode på $3 \cdot 18.6 = 55.8$ år, der perioden på 18.6 år er styrt av tidevannet, som igjen er styrt av månen. Analysen av denne dataserien førte til at jeg ble invitert til PINRO instituttet i Murmansk, der jeg i flere dager foreleste om dataseriens egenskaper og hvilken betydning den har for forståelsen av økosystemet i Barentshavet.

Artikkel 2 fra 1998: Om fluktusjoner i forvaltning

I 1980-årene kom det et sammenbrudd i torskebestanden som førte til store frustrasjoner for fiskerinæringen, havforskere og offentlige myndigheter. Alle så at noe var galt, men det var mer uklart hva dette kunne være. I denne artikkelen er det foretatt en enkel beregning av den andel av bestanden som er tatt ut hvert år.

Figuren i artikkelen viser at uttaket har vært økende over flere 10-år, samtidig som den har hatt store svingninger. Artikkelen stiller spørsmål om det er klokt å regulere bestandsnivået på kort sikt med årlige kvoteendringer. Kanskje det er mer fornuftig med mindre årlige endringer i kvoter, og heller tillate større fluktasjoner i bestanden.

Artikkel 3 fra 1998: Om langsiktige kvoter

Fiskeridirektoratet hadde også et miniseminar der en diskuterte metoder for beregning av torskebestanden. På dette møtet fikk jeg med meg at tidligere års beregninger også blir tatt med i siste års beregninger. Med kjennskap til filterteori så jeg at denne metoden fører til en forsinkelse i beregning av fluktasjoner. Denne forsinkelsen fant jeg måtte være ca 3 år. Når fluktasjoner i rekruttering har en periode på ca 6 år og målingene har et etterslep på ca 3 år, kommer beregning og virkelighet i motfase. Dette var trolig en årsak til at kvotene kom noe skjevt ut på denne tiden.

Denne oppdagelsen førte til at jeg laget en biomassemodell der rekrutteringen hadde en syklus på 6 år, en vekstsyklus på 18.6 år og som beregnet utviklingen av biomassen mange år framover i tid. Resultatet viste at det tok ca 3 generasjoner, eller 15 til 20 år, å bygge opp en ny bestand. Beregningene viste videre at en nå stod framfor noen magre år, og at en først kunne forvente en ny oppgang rundt 2010. I ettertid har det vist seg at dette var en treffsikker beregning.

Artikkel 4 fra 2002: Om tilstanden for Norsk Arktisk torsk

Denne artikkelen beskriver noen lange linjer om årsakene til fluktasjonene til bestanden fra 1920-årene og framover. Samtidig ble det fremmet en advarsel. I Barentshavet var temperatursyklusen på 18.6 år i ferd med å gå inn i en kaldere periode. Min egen analyse av historiske data viste at sammenbrudd i bestandene for skrei, møretorsk, sild og lodde, kom når der var et sammenfall mellom nedgang i temperatur, og oppgang i tildeling av kvoter. Ny oppgang ble også her varslet å komme først fram mot 2010.

Artikkel 5 fra 2004: Om Møretorsken

Møretorsken er en ressurs som har dannet mye av det økonomiske grunnlaget for utviklingen av Jugendbyen Ålesund, og det vi nå kaller den maritime klyngen på Nordvestlandet. Artikkelen minner om at det ble fisket ca 1 million torsk pr år fram til i 1920-årene. Kombinasjonen av nedgang i temperatur og bedre utstyr til å ta samme antall fisk, førte til et økologisk sammenbrudd, som ennå ikke har tatt seg opp igjen. Budskapet i artikkelen er at Møretorsken er en ressurs som er blitt dårlig ivaretatt.

I ettertid har det vist seg at bekymringen for Møretorsken var berettiget. Det er nå innført begrensninger i fiske etter Møretorsk. Industribedrifter med forankring i fiskeriene, har også etterlatt seg giftstoffer som nå er en potensiell trussel for ny rekruttering i Borgundfjorden.

Artikkel 6 fra 2004: Om forvaltning i år og uår

En gang ble jeg invitert til Havforskningen i Bergen for å holde et foredrag. Etter foredraget var der en diskusjon om forvaltningsstrategier. En forsker hevdet at en bør ta ned store bestander av torsk. Begrunnelsen var at i perioder med stor bestand og lite mat, vil kannibalisme redusere oppvekst av ny bestand. Kommentaren fra en annen forsker var «Vi må ta vare på de gode årgangene».

Da jeg kom hjem tok jeg en sjekk av begge synspunkt ved å simulere utviklingen av biomassen over lang tid. Resultatet viste at en enkelt stor årsklasse har overaskende stor betydning når en beregner utviklingen over flere generasjoner. Dette var starten på et studie av hvordan biomassen tilbasset deg perioden på 18.6 år med resonans. Denne type beregninger viste samtidig meget tydelig, forskjellen mellom hva som er mest lønnsomt på kort sikt, og hva som er mest lønnsomt på lang sikt.

På dette tidspunktet hadde jeg analysert flere hundre dataserier. Det omfattet alt fra endringer i jordrotasjonen, tidevannsperioder fra timer til over hundrede år, oseanografiske data serier fra Stockholm til Murmansk, klima dataserier, arktiske

dataserier, biologiske dataserier fra plankton til torsk og vekstmodeller for hele næringskjeden i Barentshavet. Analyser av dataserie tar normalt utgangspunkt i Fourier spektrum analyse. Metoden forutsetter at der er samme statistikk over hele dataserien. Denne forutsentningen var ikke til stede for noen av de dataseriene jeg hadde analysert. Det var derfor nødvendig å utvikle egne analysemetoder. Etter mye prøving og feiling kom jeg fram til en metode som har mye til felles med de metoder som benyttes ved leting etter olje på havbunnen. Det var da mulig å sammenligne periodetider og tidspunkt for endringer i alle dataseriene.

En viktig lærdom fra dette arbeidet var at klassisk skolematematikk er lite egnet til å beskrive de langsiktige endringer i naturen. Jeg ble derfor mer og mer skeptisk til etablerte modeller for modellering av biologiske systemer. Dette var en skepsis som stakk dypere enn bare valg av matematikk eller metode. Jeg mente at en ensidig bruk av datamodeller, med røtter i Newton mekanikk, hadde ført til at vi har mistet noe av den holistiske tankegang, som har røtter tilbake til Aristoteles. I denne artikkelen gjør jeg også et forsøk på å forklare problemet. Min nye forståelse av endringene i naturen, fikk etter hvert også konsekvenser for min egen forskning. Store modeller ble etter hvert erstattet med en sum av individbaserte simuleringmodeller for modellering av komplekse systemer.

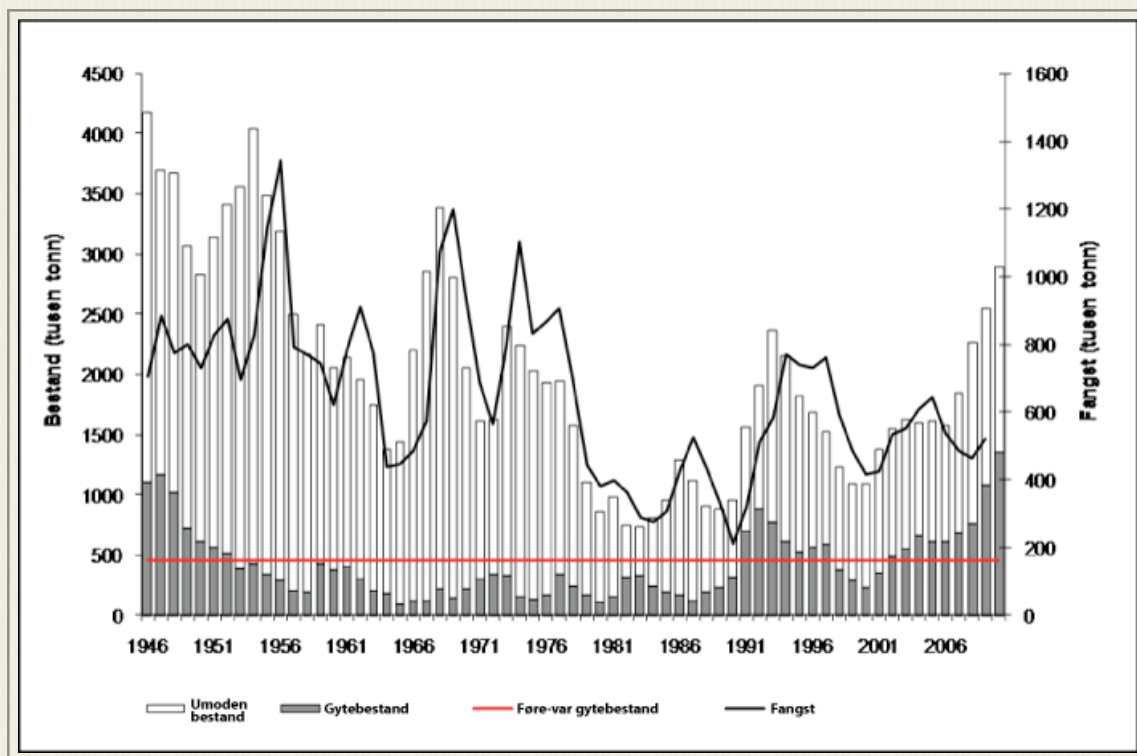
Artikkelen ble skrevet på et tidspunkt da temperaturen i Barentshavet gikk inn i en kaldere periode. Jeg var fortsatt bekymret for at en kom til å gjenta tidligere feil fra 1980-årene, ved å stole for mye på utilstrekkelige modeller. Det skulle vise seg at denne frykten var ubegrunnet. Bestanden ble forvaltet på en god måte i denne vanskelige perioden.

Etterord

Kunnskaper om signalteori fortalte meg at små endringer i lange tidevannsbølger kan ha stor effekt, nå de får virke over lang tid. Jeg syntes derfor det var merkelig at betydningen av lange tidebølger var lite kjent. Etter en stund begynte det å gå opp for meg, jeg hadde tatt fatt i et tabubelagt tema som hadde vært omstridd i mer enn 100 år. Dette førte til at jeg måtte gå tilbake i litteraturen, fra Georg H Darwin på 1800-tallet, til Otto Pettersson tidlig på 1900-taller og russiske forskere fram til 1960-årene. Russiske forskere hevdet at betydningen av månen lenge hadde vært ødelagt forskningstema. Årsaken var at en kjent tysk oseanograf, på begynnelsen av 1900-tallet, hadde uttalt at all forskning om sammenheng mellom månen, oseanografi og klima, er basert på gammel overtro. Russiske forskerne hadde siden den gang gjort sine egne undersøkelser, og konkluderte tørt med at uttalelsen, fra den tyske oseanografen, var forhastet.

Siden lite var gjort siden 1960-årene, valgte jeg å legge fram alle mine resultater først på internasjonale konferanser og deretter som internasjonale publikasjoner. Se vedlagt liste. Jeg hørte aldri noe om gammel overtro, men har et morsomt minne fra et ICES møte i Vigo. Her hørte jeg et rop fra salen «Hvem tror den mannen at han er, Gallieo?».

Arbeidet ble avsluttet med å presentere teorien om hvordan økosystemet utnytter resonans med lange tidevannsbølger for å optimalisere veksten i biomassen. Dette ble presentert på en ICES konferanse i Halifax i 2008 og som en artikkel i *Deep Sea Research II* i 2009. Da hadde jeg arbeidet med dette temaet i 14 år. Siden den gang er dette arbeidet sitert i ca 80 nye internasjonale publikasjoner, og ca 150 sitater siden arbeidet startet. Deler av arbeidet diskuteres fortsatt på en rekke internasjonale forum på internett.



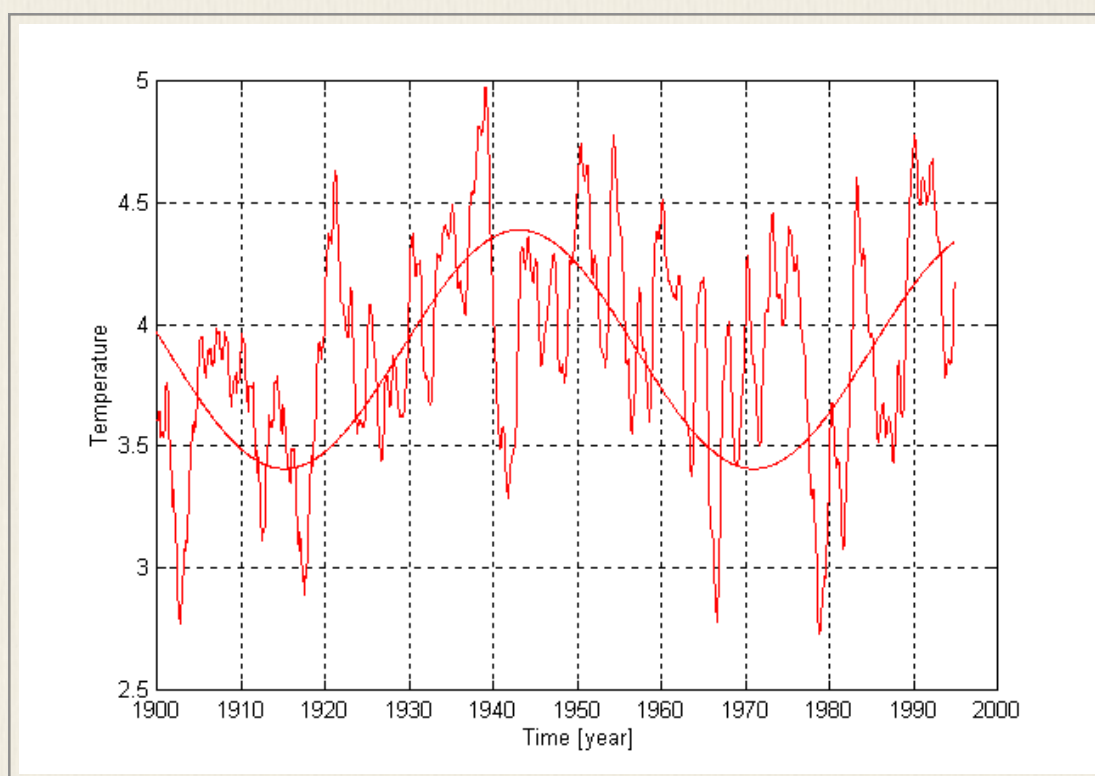
Figur. Utviklinga i bestand og fangst av nordaust-arktisk torsk 1946 – 2010.

Denne figuren framstiller utviklingen av biomassen for Norsk Arktisk torsk fra 1946 og fram til 2010. Det framgår av figuren at den store veksten i bestanden kom i 2010. Den kom ca 18 år etter at den var på topp i 1992 og ca $3 \cdot 18.6 = 55.8$ år etter toppen i 1956. Bestanden for Norsk Arktisk torsk kom til å følge de fluktuasjonene som i 1998 ble varslet i Sunnmørsposten.

Det ser altså ut å være en årsakenes årsak i naturen, en underliggende forutsigbar periode, styrt av månen, som påvirker havstrømmene, klima, næringskjeden i Barentshavet, og veksten i biomassen for Norsk Arktisk torsk. Det betyr at forvaltning av marine ressurser kan baseres på ideen, om å beregne bestandens framtid, for så å kontrollere bestandens framtid.

Torskebestanden i Barentshavet I

Årsakenes årsak



Figur Temperaturvikling og 55.8 år syklus

Forklaringer på endringer i naturen har alltid vært et sentralt forskningstema. Aristoteles introduserte i sin tid doktrinen om teleologi. Etter denne doktrinen var der fire årsaker til endringer i naturen. Det var objektets starttilstand, form under bevegelse, materialet og objektets forutbestemte skjebne. Den forutbestemte

skjebne igjen bestemt av årsakenes årsak som var posisjonen til månen og stjernene.

Endringer i torskebestand

Torskefisket i Barentshavet kan ha store endringer fra år til år og disse endringene får igjen store ringvirkninger for den økonomiske utviklingen langs kysten. For et par år siden ble det ved Høgskolen i Ålesund utført en livssyklusanalyse av en tråler. Vi fant da raskt ut at det er ikke noe problem å få solgt fangsten. Trålerens inntjening var i hovedsak bestemt av trålerens tildelte fangstkvote. Fangstknoten hadde igjen en sammenheng med torskebestanden, som igjen hadde sammenheng med mengden av ny rekruttering. Mengden med ny rekruttering av torsk kan imidlertid endre seg dramatisk fra år til år. Det neste spørsmålet ble da om dette er en forutsigbar endring. Eller med andre ord, er der en forutbestemt bakenforliggende årsak som før eller siden vil påvirke rederiets inntjening fra tråleren? I en frekvensanalyse av torskebestandens utvikling fra 1945 fant vi at den hadde en markert syklus på 6-7 år. Dersom denne har sammenheng med noe grunnleggende i naturen, kan

vi spå noe om framtiden og rederiet har en forhåndsinformasjon om når en kan forvente økte kvoter og om når en kan forvente en reduksjon.

Barentshavet er et møtested for den varme Golfstrømmen fra sør og kalde havstrømmer fra nord. Disse strømmene drar med seg store mengder næringssalter som danner grunnlaget for ett av verdens rikeste fiskerier. Det har lenge vært kjent at der er en sammenheng mellom utviklingen av temperaturen og de biologiske ressursene i Barentshavet. Små endringer på bare en halv grad får store ringvirkninger for rekruttering og vekst av de biologiske resurser i Barentshavet. Men hvorfor endres temperaturen i Barentshavet? Har også endringene i havtemperaturen en underliggende forutsigbar årsak?

Russiske temperaturdata

Et forskningsinstitutt i Murmansk har hver måned siden året 1900 målt havtemperaturen utenfor Kola i Barentshavet. Bare under revolusjonen og under krigsårene har der vært opphold i målingene, men i ettertid har de likevel greid å rekonstruere målinger fra denne perioden. Dette er derfor en helt unik måleserie av data som kan gi

svar på fundamentale endringer i havtemperaturen.

Russiske forskningsmiljø er i dag mer åpne enn en skulle tro. Ved å sende en enkel elektronisk post til Murmansk via Internett, fikk vi tilgang til de temperaturdata russerne hadde registrert over en periode på knapt 100 år. I en frekvensanalyse av dataene, oppdaget vi en sammenheng mellom periodiske endringer i havtemperaturen og en den stasjonære endring i jordrotasjonen på 18.6 år. Denne endringen i jordrotasjonen har igjen sin årsak i en påvirkning fra månen. I tråd med Aristoteles doktrine, kunne vi altså følge en årsakssammenheng om endringer fra torskekvoten videre bakover til månens bevegelse som årsakenes årsak. Videre fant vi en tredje overharmonisk syklus i temperaturen på $18.6 / 3 = 6.2$ år og en underharmonisk syklus på $18.6 * 3 = 55.8$ år.

Forutsigbare endringer

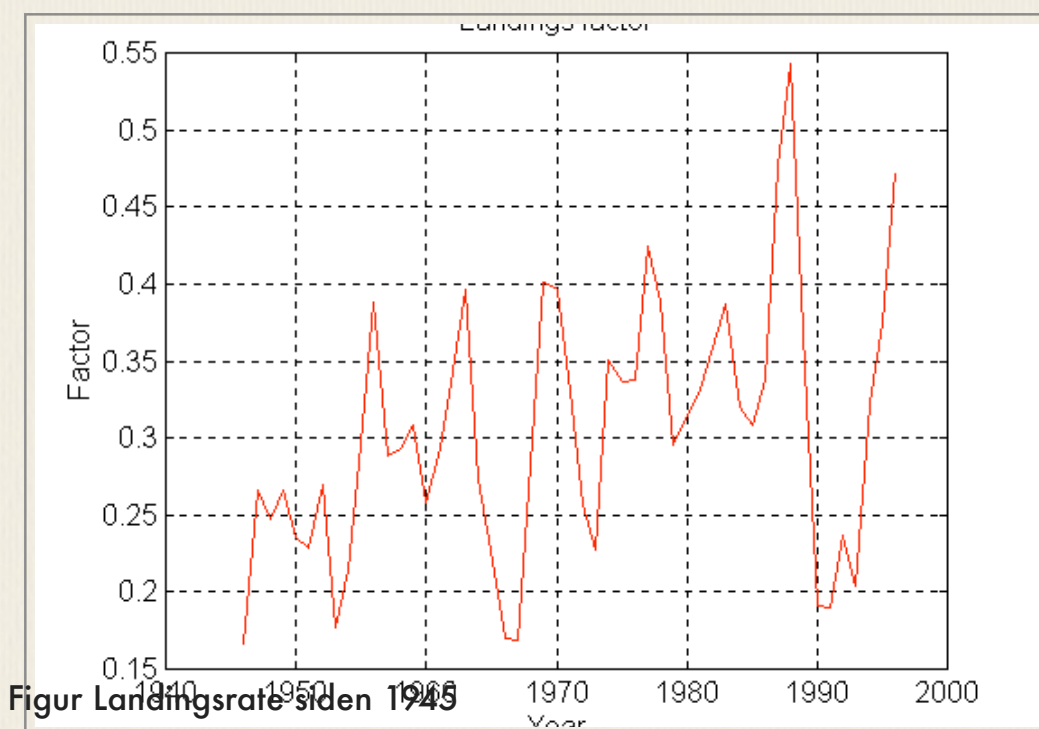
Det viste seg at syklusen på 6.2 år faller nøyaktig sammen med de årene der er god rekruttering av torskeyngel. Vi kan da beregne framover i tid når en kan forvente store kull med yngel. Videre fant vi at den underharmoniske

periode på 55.8 år følger middelverdien til temperaturserien. Den hadde en topp omkring år 1945 og at den vil nå en ny topp omkring år 2000. Denne syklusen påvirker veksten i hele torskebestanden.

Dersom denne teorien blir bekreftet av oseanografiske målinger, vil det kunne få stor betydning for planlegging av framtidige havressurser. Rekkevidden av dette er også at det nå er optimale forhold for bestandsutviklingen for torsk i Barentshavet og vi kan forvente en nedgang i vekstvilkårene i de neste 30 år.

Artikkel i Sunnmørsposten. Mars 1998.

Trenger vi en ny forvaltningspolitikk?



Figur Landingsrate siden 1945

Norsk arktisk torsk er en av de største bestander i verden. Dette har vært en lett tilgjengelig og rik ressurs som direkte og indirekte har dannet mye av grunnlaget for økonomien og bosettingen langs kysten. Store dynamiske endringer i bestanden får derfor virkninger for folk som er avhengig av denne næring. I den første artikkel beskrev vil hvordan denne bestanden blir påvirket av temperaturutviklingen i Barentshavet. I denne artikkelen skal vi komme mer inn hvordan vi selv forvalter denne rike ressursen.

Bestandens potensial

Torskebestanden i Barentshavet er i dag ca 500 tusen tonn. Vi kan så spørre oss. Hva er bestandens maksimale potensial? Eller hva kunne bestanden være i dag dersom den ikke var beskattet bestanden med fangst?

Rundt 1945 hadde vi trolig denne situasjonen. I krigsårene var det tatt ut lite av bestanden og temperaturen var på topp innenfor en syklus på ca 50 år. En må da forvente at torskebestanden på det tidspunktet nådde opp i mot sitt maksimale nivå. Bestandens nivå i 1945 er beregnet å være ca 4.000 tusen tonn eller ca 8 ganger større enn i dag. Noen mener det var enda større. Siden Barentshavet også nå er på topp innenfor en termisk syklus på 55 år, kan en anta at bestanden i dag kunne ligge omtrent på samme nivået.

En har i dag mye kunnskaper om vekstraten til en enkelt torsk. Verre er det å finne gode tall for hele bestandens dødelighet. I offentlige data blir det oppgitt at torskebestanden har en dødelighet på $F=0.2$ eller ca 20 % pr år. I letingen etter sammenhengen mellom temperatursykluser og biomasse, utviklet vi en større systemdynamisk modell av

torskebestanden. Vi fant da at med en gjennomsnittlig vekstrate de siste 50 år, vil bestandens maksimale potensial bli mer enn 20 000 000 tonn dersom dødeligheten var 20 %

Rekkevidden av denne enkle beregningen er at enten er der langt mer torsk i havet enn en tror, eller så er dødeligheten større enn antatt. Dersom vi antar at det maksimale potensialet er på 6 000 000 tonn, som er et mer realistisk nivå, er dødeligheten $F=0.31$ eller ca 30 %. Dette og andre kontrollberegninger, tyder dessverre på at det må være dødeligheten som må være større enn antatt.

Bestandens bærekraft

Et neste spørsmålet vi kan stille oss er: Hva er bestandens bærekraft? Eller med andre ord. Hvor stor andel kan vi ta ut i årlige kvoter uten at bestanden reduseres?

Videre beregninger viser at biomassen har en vekstrate på 1.2-1.5 per år avhengig av biomassens alderssammensetting. Siden 1945 har den hatt en gjennomsnittlig årlig vekst på ca 1.3 eller ca 30 % per år. Vekstraten er størst for små årsklasser. Dette er forklaringen på at

torskebestanden har en god evne til å ta seg opp igjen etter at den har vært nede på et lavt nivå

Ser en på den gjennomsnittlige landingsraten de siste 50 år, er denne også ca 0,3 eller 30 % per år. Dette er det samme nivå som den gjennomsnittlige vekstraten. En slik gjennomsnittsbetraktning viser også at dersom landingsfaktoren en mer enn ca 0,3 eller ca 30 % vil bestanden minke. Tar en ut mindre vil den vokse.

Denne figuren viser utviklingen av landingsraten siden 1945. Denne viser med all tydelighet at det prosentvise uttaket av bestanden har økt dramatisk de siste 50 år. Figuren viser også at i slutten av 1980-årene ble det tatt ut mer enn 50 % av bestanden. Som mange husker, så førte dette til et sammenbrudd i torskebestanden og store problemer for fiskeflåten. Det fremgår av figuren at vi nå, 10 år senere, er vi kommet opp i den samme situasjonen. Mye tyder på at skal vi unngå et nytt sammenbrudd, vil fangstkvotene komme til å bli redusert drastisk et par år framover.

Trenger vi en ny kvotepolitikk?

I den første artikkel var vi inne på at rekruttering av ny yngel ser ut til å følge en syklus på 6-7 år. Disse nye årgangene får så stor innflytelse på dynamikken i bestanden, at en lett kan komme til å tro at en rask vekst er en varig vekst. Etter det vi kan se av dataene, synes det å være en tidsforsinkelse mellom endring i bestand og endring av kvoter. Virkningen av denne tidsforsinkelsen er at kvoten øker for seint når bestanden stiger og at den reduseres for seint når bestanden synker. Eller med andre ord. En tar ut for små kvoter med torsk når bestanden stiger og for store kvoter når bestanden synker. Siden det er kvotene som bestemmer bestandens størrelse, fører denne forsinkelsen til en ustabilitet i bestanden.

Spørsmålet er da om vi ikke trenger en ny kvotepolitikk som er basert på en mer langsiktig regulering av bestanden. Av hensyn til bestanden og fiskeflåten burde en være mest tjent med at bestanden ble beskattet med mer stabile kvoter. Den kan da bygges opp bestanden gradvis til et ønsket nivå over et lengre tidsperspektiv.

Artikkel i Sunnmørsposten. Oktober 1998

Torskebestanden i Barentshavet

Hvilke kvoter bør vi sette de neste 10 år?



Store deler av verdens befolkning er avhengig fisk som matressurs. Denne befolkningen vokser i dag med ca 100 mill mennesker pr år. Resultatet er at fiskeressursene synker på nesten alle hav og prisen på fisk er i ferd med å bli dyrere enn kjøtt.

Norsk arktisk torsk er den største torskebestand i verden. Denne bestanden har direkte og indirekte dannet grunnlaget for vår bosetting og levevilkår nordover langs kysten i mer enn 1000 år. Hvordan kan vi så ta vare denne rike ressursen fra naturen, slik at den også i fremtiden kan gi oss et optimalt økonomisk utbytte.

Dette tema har vi drøfter i to tidligere artikler i Sunnmørsposten. Den første artikkelen beskrev temperaturutviklingen i Barentshavet og den andre beskrev sammenheng mellom kvote og bestandens bærekraft. Denne artikkelen, som er et sammendrag fra et foredrag ved Forskningsdagene i Ålesund, beskriver hvordan bestanden kan utvikle seg ut fra ulike kvotestategier.

Ved Høgskolen i Ålesund har vi nå utviklet en matematisk modell av torskebestanden i Barentshavet. Denne modellen er basert på åpne data fra havforskerne for perioden 1946 til 1998. Det er videre utviklet en vekstmodell og en rekrutteringsmodell for norsk arktisk torsk. Disse modellene tar hensyn teorien om at vekst og rekruttering styres av en forutsigbar temperatursyklus i Barentshavet. På den måten kan vi gjøre en analyse av

fortiden og samtidig gi gode estimater på framtidig utvikling.

Historikk

I 1940-årene var der optimale forhold for torskebestanden i Barentshavet og den fikk bygget seg opp til et maksimalt nivå. Dette resulterte i at vi helt fram til slutten av 1970 hadde kvoter på rundt 800.000 tonn. Fra 1960-årene fikk vi en gradvis nedkjøling av Barentshavet. Nedkjølingen førte til at bestanden fikk en redusert vekst og rekruttering som ikke ble kompensert med en reduksjon i kvotene. Resultatet ble et nesten sammenhengende overfiske som til slutt førte til et sammenbrudd på slutten av 1980-tallet. Lærdommen av dette må være at kvotens maksimale potensial, er noe som varierer med tiden.

Har vi en kvotepolitikk?

Dagens bestand blir nå fastsatt årlig på grunnlag av målinger og en beregnet bestand. Målingene av bestanden er som kjent en stor utfordring. Bestandens utvikling er også forskjellig fra år til år avhengig av størrelse, alderssammensetting, matforhold, naturlig dødelighet og temperaturforhold. Utviklingen fra år

til år er altså ikke direkte sammenlignbar. I tillegg vil tidsforsinkelsen fra måling av bestand til iverksetting av fangst ha betydning for veksten. Det er derfor vanskelig å forstå at det kan være mulig å utvikle en bærekraftig bestand uten en langsiktig overordnet kvotepolitikk.

Fastsetting av en kvotepolitikk er et politisk spørsmål som vi ikke vil kommentere her. Derimot kan det være av interesse å ta utgangspunkt i den matematiske modellen og studere rekkevidden av de ulike strategier innenfor en tidshorisont på ca 10 år.

Utviklingen av torskebestanden er som en vektstang der kvotene henger i den ene enden og veksten i den andre. Det betyr at dersom en tar ut mye en periode, må dette før eller senere kompenseres med mindre kvoter. Et viktig element i en kvotepolitikk må da være hvilken profil en setter på kvotene over en tidshorisont på ca 10 år.

Resultater av beregninger

Temperaturforholdene i Barentshavet er nå på nytt inne i en ny gunstig periode som tilsvarer den vi hadde i 1940-årene. Årsaken til at vi ikke kan ta ut kvoter på 800.000 tonn

nå, er at bestanden ikke har fått bygget seg opp på det nivået en hadde i disse årene.

Den gode nyheten nå er at bestanden ser ut til å ha potensial til å vokse fram til rundt år 2003. Deretter vil den synke noen år, før den får en ny topp rundt år 2010. Forløpet av denne utviklingen vil være bestemt av den valgte kvotepolitikk.

I 1998 var torskekvoten 650.000 tonn. Det framgår av pressen at russerne ønsker den samme kvoten også i 1999. Beregningene viser at en videreføring av en kvote på 650.00 tonn vil kunne gi et godt utbytte i 2-3 år framover. Deretter kommer et sammenbrudd som det vil ta 10-år å reparere. Etter denne strategien får vi altså kortsiktig stor gevinst, som må betales dyrt i ettertid.

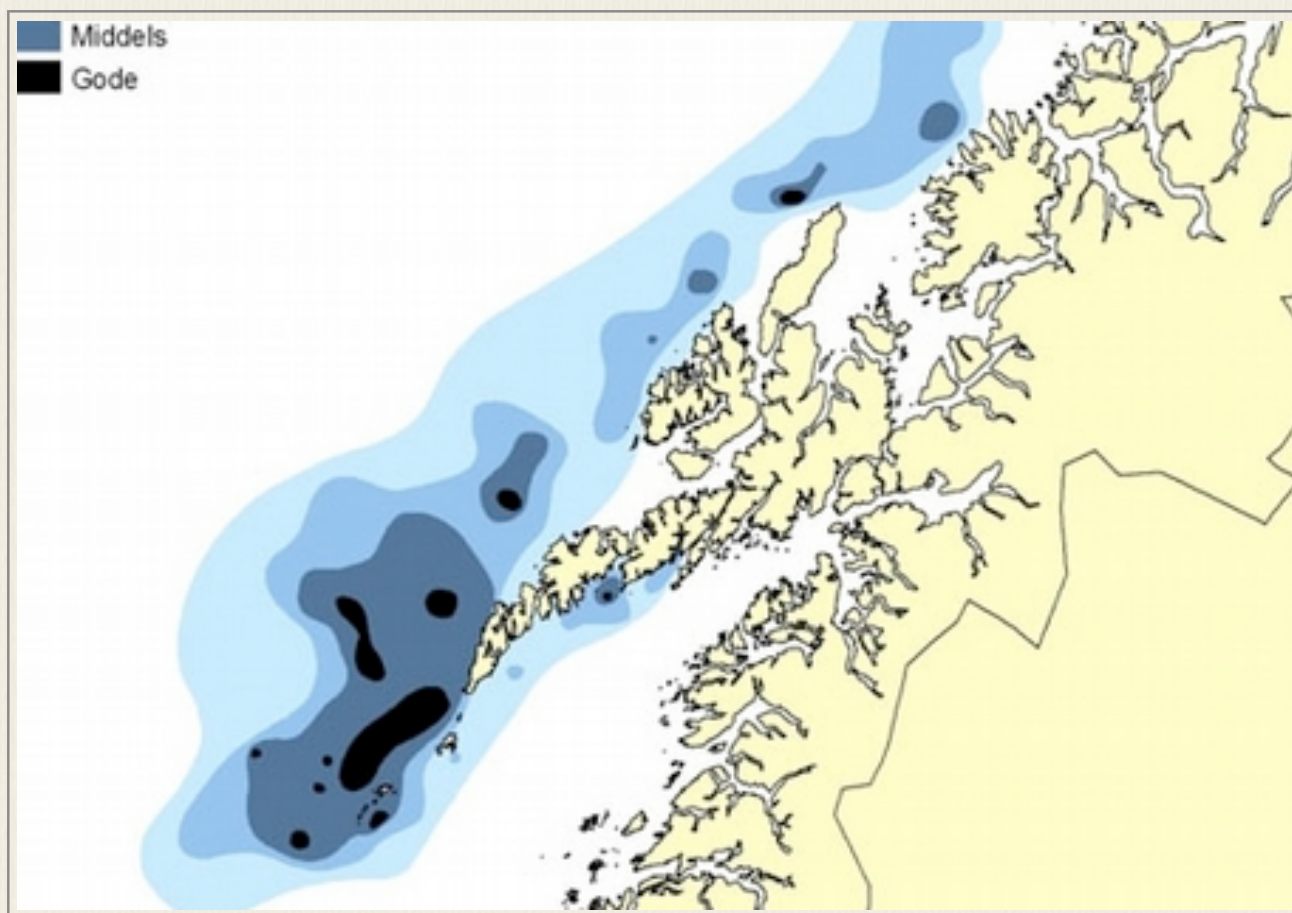
Med den profilen bestanden har i dag, ser det ut til at kvoten må ned til 450.000 tonn for at bestanden skal få en bærekraftig utvikling. Beregningene viser videre at biomassen da vil fordobles på 10 år. Den er da tilbake til det nivået vi hadde i 1950-årene og kvoten vil kunne økes til 800.000 tonn. Denne strategien gir altså mindre gevinst på kort sikt, men desto mer på lengre sikt.

En tredje strategi å ta årlig en fast prosent av bestanden. Beregninger viser at dersom en hvert år tar ut opp til 25 % av bestanden, vil en sikre seg at bestanden vokser noe over dagens nivå, samtidig som en sikrer seg et godt utbytte.

En fjerde strategi er å fastsette et nivå på bestanden og så tilpasse kvotene år for år etter den naturlige syklusene på 6-7 år. Denne strategien krever at en samtidig er oppmerksom på at bestandens potensial for vekst også varierer med tiden.

Det dreier seg som nevnt om en av våre viktigste ressurser. En forsvarlig forvaltning av denne må fortsatt baseres på gode metoder for måling og beregning av bestandens utvikling. Etter det vi kan se, er det små muligheter til å forvalte denne på en god måte om en ikke også samtidig har en mer overordnet kvotestrategi.

Tilstanden for Norsk Arktisk torsk



Fra 1870 til 1930 var fangsten av Møretorsk ca 1 million torsk pr år. Det meste av denne bestanden er nå borte, og minnet om denne storhetstiden forsøker en nå å bevare i et Fiskerihistorisk museum. Om en nå studerer historiske tall for resten av torskebestanden, er det åpenbart at også denne nå står framfor en skjebnetid.

Oppgangstiden fra 1920-årene

Utviklingen av torskebestanden følger utviklingen av temperaturen i Barentshavet. Det er mye som tyder på at denne temperaturen påvirkes av lange tidevannsbølger, som igjen er påvirket av gravitasjonen fra månen. Denne sammenhengen kan vi utnytte til å forstå hvorfor bestanden har vokst i tidligere tider, hvorfor den har kollapset og hva vi kan forvente av vekst i bestanden for de kommende år.

I perioden 1920 til 1945 fikk vi en gradvis oppvarming av Barentshavet. Denne oppvarmingen stimulerte til en gradvis vekst i hele næringskjeden. Etter en vekstperiode på over 30 år, var torskebestanden i 1950-årene vokst til 3-4 mill tonn. I denne tiden var torskebestanden kanskje den største på 100 år og vi fikk de store fiskeriene med en fangst på ca 800 tusen tonn pr år.

Nedgangstid fra 1960-årene

Allerede før de store fiskeriene startet i 1950-årene, hadde temperaturen i Barentshavet begynt å snu. Vendepunktet kom omkring året 1945 og fra ca 1960 fikk vi en direkte avkjøling av Barentshavet. Resultatet av avkjølingen var redusert vekst og en

kraftig redusert rekruttering i bestanden.

Nedkjølingen av Barentshavet fortsatte utover i 1960- og 1970-årene med det resultat at rekruttering ble redusert gjennom hele perioden. Samtidig var beskatningen fortsatt på nivået 800 tusen tonn. Kombinasjonen av konstant beskatning og redusert rekruttering, førte til at beskatningsgraden økte utover i 1960- og 1970-årene. Til slutt kollapset torskebestanden til ca 1 mill tonn og det ble innført kvoter på ca 200 tusen tonn i 1980-årene.

Oppgangen i 1990-årene

Når krisen i fiskerinæringen var på høyeste i 1980-årene, var der allerede under utvikling ny periode med en mer kortvarig oppvarming av Barentshavet. Denne oppvarmingen førte til en rask ny rekruttering slik at torskebestanden i begynnelsen av 1990-årene økte fra 1 mill til ca 2.5 mill tonn.

Den raske tilveksten i torskebestanden førte til stor optimisme, og beskatningen økte ennå en gang til 800 tusen tonn. Det samme nivået som i de store fiskeriene i 1950-årene. Da optimismen var på sitt

høyeste, hadde utviklingen av temperaturen snudd. Denne gang i retning av en ny periode med avkjøling av Barentshavet. Avkjølingen av Barentshavet førte også denne gangen til redusert vekst og rekruttering. Bestandsvurderingene, som delvis var basert på historiske data, fanget ikke opp nedgangen i rekrutteringen, og vi fikk en overvurdering av bestanden.

O v e r v u r d e r i n g e n a v torskbestandene førte til at den ble utsatt for den største sammenhengende beskatningsgrad, som noen sinne er registrert. Den store nye tilveksten fra begynnelsen av 1990-årene, ble derfor tatt ut den i den andre halvdel av 1990-årene. I år 2000 var bestanden tilbake til 1 mill tonn som i 1980-årene.

Torskbestandene rekrutterer gode årganger i perioder på ca 6 år. Det betyr at fluktasjoner i bestandens størrelse er normalt og nødvendig, for at bestanden skal vokse over lengre perioder. Dette fører igjen til at bestanden har naturlige fluktasjoner i størrelse og aldersfordeling. Fluktasjoner i aldersfordeling fører igjen til at bestanden periodevis er spesielt sårbar for høy beskatning. En slik periode hadde vi i slutten av

1990-årene, da mer enn 80 % av bestanden ennå ikke var gytemoden.

Torskbestandene kan over tid øke sin biomasse med ca 30 % pr år. Det betyr at bestanden i lengden vil holde seg omtrent på samme nivå med en beskatningsgrad på ca 30 %. Offisielle tall viser at beskatningsgraden var 40 % 1995, 42 % i 1996, 50 % i 1997, 45 % i 1998, 40 % i 1999 og 37 % i 2000. Denne høye beskatningsgraden i 1990-årene, må nå betales med en tilsvarende reduksjon i beskatningsgraden i årene framover. Dette kan komme til å bli en tung bølge for fiskerinæringen.

Når bestanden i år 2000 var kommet ned på ca 1 mill tonn, ble det inngått en 3-årig russisk kvoteavtale om en beskatning på ca 400 tusen tonn for årene 2001, 2002 og 2003. Forutsetningen var da at gytebestanden skulle nå en sikker grense på 500.000 tonn i 2003-2004. Det er i dag vanneskelig å se hvor denne veksten i bestanden skal komme fra. Egne beregninger tyder på at vi vil få en beskatningsgrad på ca 35 % i 2002 og 40 % i 2003. Rekkevidden av denne kvoteavtalen er åpenbart at en fortsatt skyver problemene foran seg, med den konsekvens at det blir en enda tyngre

bør og bære for fiskerinæringen etter år 2003.

Mot 7 magre år

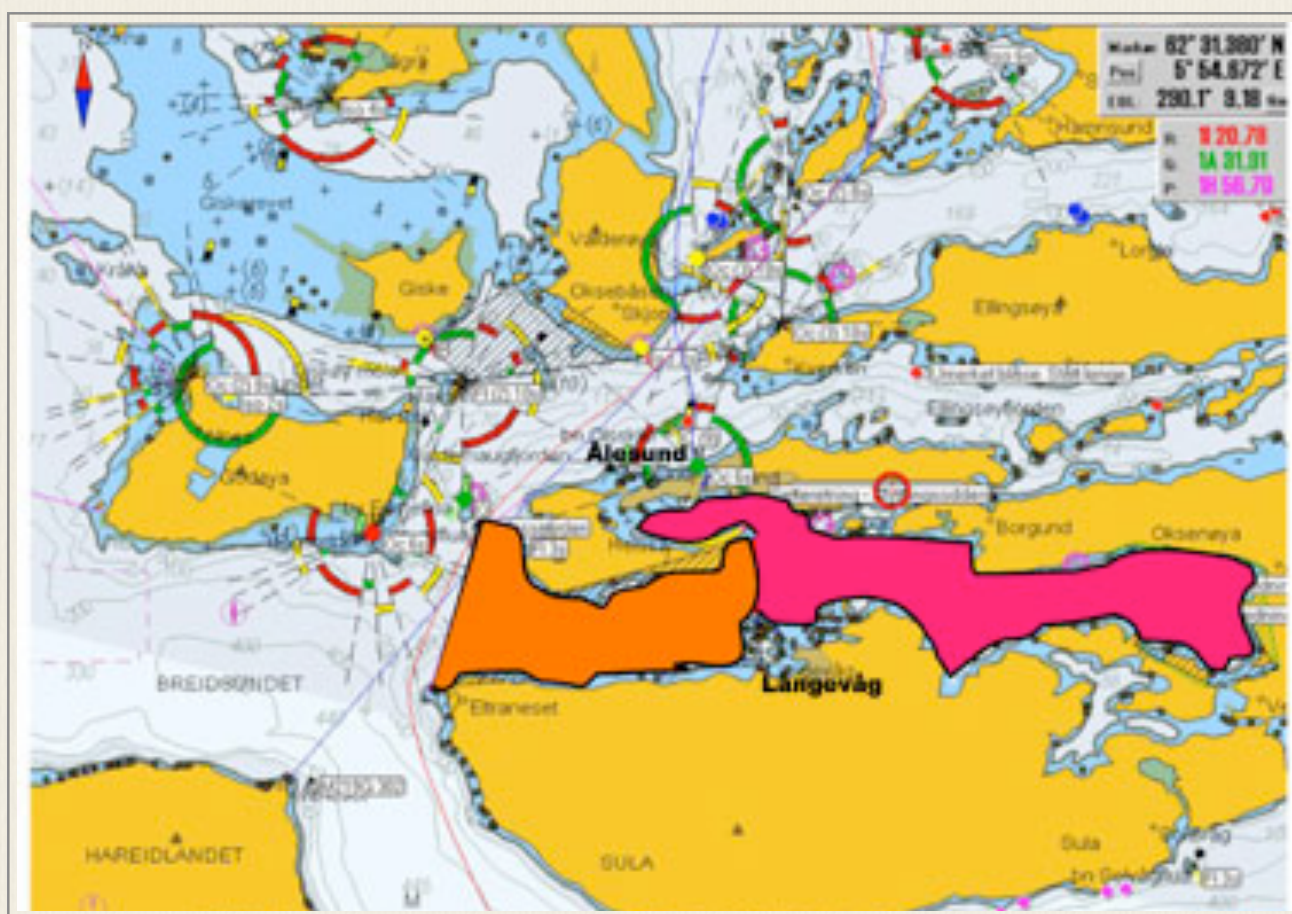
Torskebestanden må nå stabiliseres i en periode da Barentshavet fortsatt er inne i en nedkjølingsperiode med redusert rekruttering. Dette fører til at en nå står framfor en ytterst kritisk periode. Det framgår av egne prognoser at kvotene må halveres til 200.000 tonn fram til 2007, for at bestanden stabiliseres og øke noe i denne perioden. (Se notat på Internett: <http://ansatte.hials.no/hy/rep/>)

Den forventede oppgangen

Barentshavet har temperatursykluser på ca 18 år. Slik det nå ser ut, kan en ikke forvente en ny positiv temperaturutvikling før omkring år 2006-2007, som vil kunne begynne å gi ny vekst og økt rekruttering til bestanden fra omkring år 2010. Denne årsklassen vil kunne gi en god rekruttering når den er gytemoden omkring 6 år senere. Dette betyr at med den kvotepolitikk som har vært ført i de siste 10 årene, vil det i beste fall ta 15-20 år bygge opp igjen bestanden for norsk arktisk torsk.

Artikkel i Sunnmørsposten. Mars 2004

Møretorsken som ressurs



Månen ser så vakker og uskyldig ut når den titter fram på himmelen sene nattekvalder. Når den ser så uskyldig ut, er det fordi vi betrakter månen som et kaldt og passivt legeme, som bare reflekterer lys fra solen. Det vi har lett for å glemme, er den store gravitasjonskraften vi har mellom månen og jorden. Denne kraften påvirker tidevannet og jordrotasjonen. Nå er det slik at avstanden mellom jorden, månen og solen endres i sykliske mønster. Dette fører til sykliske endringer i gravitasjon fra månen og sykliske endringer i tidevannet.

Undersøkelser ved Høgskolen i Ålesund tyder på at disse sykliske endringene påvirker klimaet, næringskjeden i havet og fiskebestandene i Barentshavet. Vekst og fall i fiskeriene påvirker deretter økonomien i det vi kaller den marine- og maritime industrielle klynge på Nordvestlandet.

Lange tidevannsbølger

Temperaturforskjellen mellom ekvator og Nordpolen fører til at avkjølt vann synker ved den kalde isen i nord og flyter sørover som kalde dyphavsstrømmer. Dette balanseres med at oppvarmet vann fra ekvator trekker nordover, passerer stredet mellom Skottland og Færøyene og videre oppover langs norskekysten. Grener av strømmen flyter videre til Grønlandshavet, Barentshavet og havbassenget under Nordpolen. Barentshavet er forholdsvis grunt. Endinger i innflyt av atlantehavsvann får derfor stor betydning for temperaturen i Barentshavet. Sykliske endringer i gravitasjonen fra månen fører til lange vertikale og horisontale tidevannsbølger med perioder på ca 6, 18 og 55 år. Dette ser ut til å påvirke temperaturen i havstrømmene og innflyt av varmt atlantehavsvann til

Barentshavet. Sammenfall i tid mellom gytetidspunkt, havtemperatur og gode levevilkår blir så avgjørende for hvor nye larver som rekrutteres på Møre, og hvor mye som følger strømmen til mer eller mindre gode oppvekstvilkår i Barentshavet.

Jugendbyen Ålesund

Det er foretatt temperaturmålinger i havet utenfor Skottland, Færøyene og Barentshavet over en periode på mer enn 100 år. Disse målingene tyder på at Golfstrømmen har hatt en lang temperatur syklus på +/-1 grad Celsius over en periode på ca 55 år. Denne temperatursyklusen ser ut til å ha hatt et maksimum omkring årene 1885-90, 1940-45 og 1995.

Fra ca 1865 og framover til 1890 fikk vi en lang periode med gradvis oppvarming av havstrømmen forbi Skottland og innflyt av varmere atlantehavsvann til Barentshavet. I denne perioden vokste fangsten av Møretorsk fra ca 0,5 million til 1 million torsk pr år. Dette var i en vanskelig tid da mange dro til Amerika for å få arbeide. Andre satset på de mulighetene som lå i tilknytting til

fiskeriene på Møre. Ålesund fikk i denne perioden sin mest innovative periode med industriell nyskaping. I takt med veksten av fiskeriene, økte folketallet til et nivå som ikke er langt fra det tallet vi har den dag i dag. Grunnlaget for denne utviklingen av Ålesund var altså basert på veksten i fiskeriene, som igjen var basert på en positiv klimaendring, og som igjen ser ut til å være basert på temperaturendringer fra lange tidevannsbølger. Dette fiskeriet dannet det økonomiske grunnlaget for bygging av Jugendbyen. Mange husker ennå hvordan det ble tørket Møretorsk i store mengder på bergene rundt Ålesund.

Etter 1900 begynte mekaniseringens tidsalder. Seilskutenes tids var snart forbi. En synergieffekt mellom fiskeritradisjoner og handverkstradisjoner, skapte det vi i dag kaller den marine klynge. Den maritime klynge kom først i Ålesund og bygde seg etter hvert opp rundt slipper for fiskebåter på Nordvestlandet. Resultatet var utviklingen av den maritime industrielle klynge som utviklet bedre utstyr og bedre båter. En kunne så ta av bestanden der den var i

nesten all slags vær. Med en ny generasjon fiskebåter kunne en holde oppe en fangst på ca 1 million Møretorsk pr år fram til 1930. Unntaket var i perioden 1911 til 1916. I denne perioden økte fisket til ca 2-3 million torsk pr år.

Sammenbruddene

Når en har vært velsignet med gode fiskerier i mer enn to generasjoner, kan en lett glemme at der har vært dårligere tider. Allerede rundt 1895 begynte en ny periode med gradvis avkjøling av havet. Dette påvirket næringskjeden og det førte til en gradvis svekkelse av ny rekruttering til bestanden.

Vekst i bestanden følger fluktuasjoner i næringskjeden som igjen følger fluktuasjoner til temperaturen i havet. Endinger i bestandens størrelse er altså noe normalt og som er nødvendig for at den skal kunne tilpasse seg de naturlige endringer en har i næringskjeden. Biomassen for torsk ser ut til å ha en livssyklus som er tilpasset en tidevannsbølge på ca 6 og 18 år. Dette fører til at hele bestanden har en naturlig fluktuasjon av vekst og fall over perioder på ca 6 og 18 år.

Selv om lange tidevannsbølger har sin egen naturlige rytme, så skjer der i enkelte perioder noe uventet. Rundt 1920 skjedde der noe som forsinket tidevannsbølgen på 18 år. Dette førte til en lengre periode med avkjøling av havstrømmen nordover og en redusert innflyt av varmt atlantehavsvann til Barentshavet. I hele denne perioden må det ha vært minimal ny rekruttering til bestanden av Møretorsk.

Kombinasjonen av en klimaendring og en fortsatt høy fangst, førte til at vi i 1930 fikk et fullstendig sammenbrudd i bestanden av Møretorsk. Dette var trolig den første påførte biomasse kollaps i Nordsjøen. Sammenbruddet i bestanden av Møretorsk var så fullstendig, at den siden ikke har klart å bygge seg opp igjen til et naturlig nivå. Det betyr at vi i Ålesund opplevde noe av det samme som skjedde på Newfoundland i 1990-årene. Sammenbrudd av Møretorsk må ha påvirket hele den marine- og maritime klynge på Nordvestlandet. Det må derfor ha fått store følger for økonomien i Ålesund utover i 1930-årene.

Nå er det heldigvis slik at månen fortsetter på sin vandring. Når forholdene var på sitt verste, begynte temperaturen å dreie i en mer positiv retning. I perioden fra ca 1930 og framover til 1945 fikk vi en ny klimaendring med en gradvis oppvarming av havet. Denne klimaendringen la grunnlaget for oppbyggingen av sildebestanden. Sildebestanden ble bygget opp fra slutten av 1920-årene over tre 6-års generasjoner med optimal rekruttering. Bestanden var så på sitt høyeste rundt 1945. Denne gangen var der bestanden godt hjulpet av at det var ingen stor bestand av Møretorsk som jaktet på sildeyngel og der var minimal fangst på bestanden i krigsårene 1940-1945.

Etter den 2. verdenskrig ble det oppbygget opp en ny fiskeflåte. Sildebestanden var da så stor at noen trodde at havet var utømmelig. Men allerede rundt 1945 startet en ny klimaendring. Denne gangen i negativ retning. Kombinasjonen av en klimaendring, redusert rekruttering og høy fangst førte til at vi denne gangen også holdt på å miste sildestammen. Den nye sildestammen, som vi har

glede av i dag, kom etter en positiv 18-års tidevannsbølge fra begynnelsen av 1990-årene.

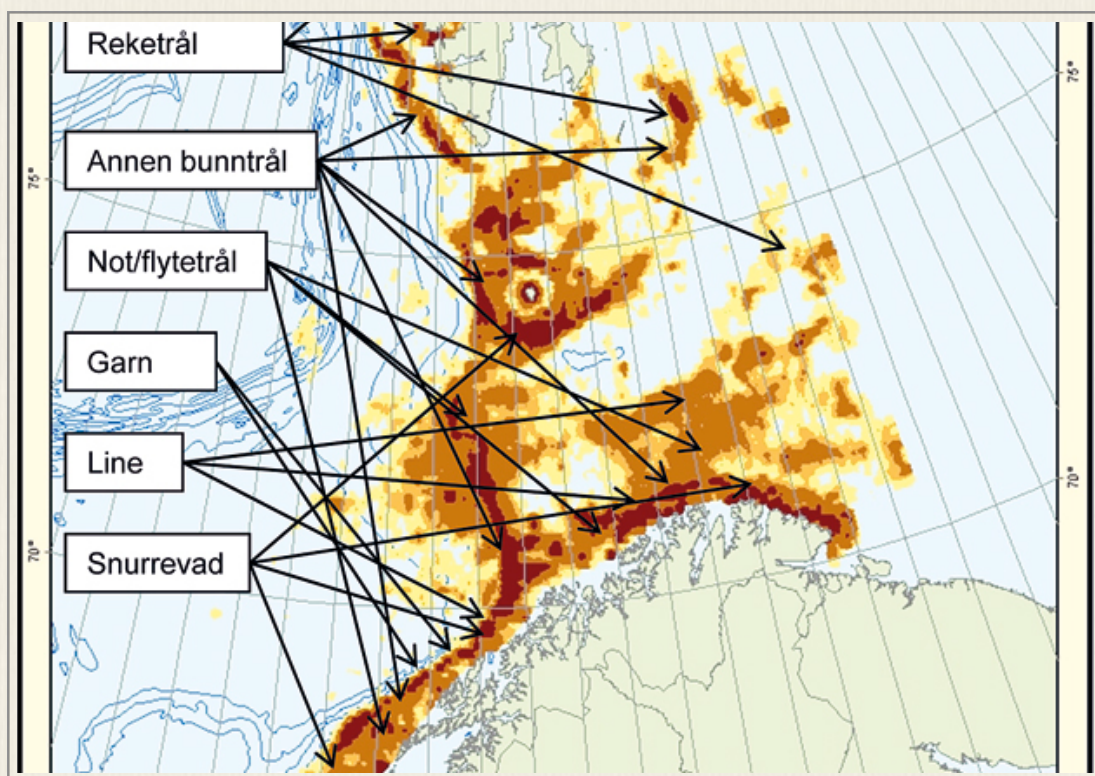
industrielle utviklingen på Nordvestlandet.

Bør vi bygge opp igjen bestanden?

Møretorsken har altså dannet mye av det økonomiske grunnlaget for etableringen av Ålesund som fiskeriby og den industri vi i dag kaller den marine- og maritime klynge på Nordvestlandet. Alt tyder på at fiskeriressursene i Nordsjøen og i Barentshavet blir presset ytterligere noen år til framover. Samtidig ligger det an til at vi om noen år kan få en ny periode med vekst i torskebestanden.

De gamle brukte å si at ”etter kakedag kommer bakedag”. Spørsmålet er da, om vi ikke tidspunktet for lengst er kommet, da vi bør bygge opp igjen bestanden av Møretorsk. Historiske data tilsier at denne bestanden har et potensial på ca 1 million tonn på år. Med en førstehånds pris på f. eks 30 kr pr kg, representerer dette en verdi på omkring 150 million kr pr år. Tar en med ringvirkningene, vil Møretorsken også i framtiden kunne bety mye for økonomien og den

Forvaltning av torsk i år og uår



Det kan se ut som om intensjonen med den langsiktige vitenskapelige forskning nå er glemt, og vi har fått slags regnskapssystem over tilstanden til fiskeressursene. Dette har igjen åpnet for en fordeling av havressurser basert på en mer kortsiktig forhandlingsøkonomi.

Fisket har til alle tider vært ryggraden for økonomien langs den norske kysten. Samtidig har fiskeriene alltid vært utsatt for store svingninger. I romanene til

Hamsun kan vi lese om hva som skjedde med folk når rikdommer bygget seg opp i gode år og når de forsvant i uår.

For 100 år siden begynte en med vitenskapelig marin forskning og vi fikk organisasjonen ICES for internasjonal marin forskning i de nordlige havområdene. Begrunnelsen var å finne årsakene til de store endringene i fiskeriene. En tenkte seg den gang at dersom en fant årsakene til vekslingen mellom gode år og uår, kunne en være mer i stand til å sikre et langsiktig økonomisk grunnlag for bosetting langs den norske kysten. På 100-års jubileum til ICES kom det fram at en i dag har langt mer kunnskaper om havområdene. Samtidig måtte en erkjenne at en ikke er kommet så mye lenger med å lage gode prognoser. Kunnskaper om hva som er i havet, er altså ikke det samme som kunnskaper om hvordan det utvikler seg i tid.

Forskning om forvaltning av naturen bygger på ideen om at dersom en kan beregne den framtidige utvikling i naturen, kan en også kontrollere den framtidige utviklingen i naturen. Å beregne utviklingen i naturen bygger igjen på forestillingen om at utviklingen i naturen er deterministisk eller

forutbestemt. Denne forestillingen, om at naturen er deterministisk, har alltid hatt et metodeproblem.

Skal en f. eks beregne framtiden for en fiskebestand, må en ta utgangspunkt i noe som påvirker bestanden i en forutsigbar retning. Der har gjennom historien vært to forskjellige konsepter for å danne seg en oppfatning av hvordan naturen forventes å utvikle seg i framtiden. Det er Aristoteles lære om den forutbestemte skjebne og det er Newtons lære om tingenes innebygde treghet.

Aristoteles konsept

Aristoteles konsept var basert på ideen om at alle årsaker og virkninger i naturen kan følges bakover i tid til en felles første årsak. Denne første årsak mente han ble styrt av bevegelsen til månen, solen og stjernene. Siden disse legemene hadde sykliske mønster, ville også naturen påvirkes i sykliske mønster. Derved trakk han den slutning at naturen har en forutbestemt skjebne.

Det viktige ved Aristoteles lære var ideen om at der er en sammenheng mellom all utvikling i naturen. Ideen om felles sammenhenger i naturen var også utgangspunktet til undersøkelsene

til de første pionerene. Teorien om faste vandringsmønstre i havet var f. eks basert på ideen om at vandringsmønstre til fiskebestander styres av noen mer grunnleggende sykliske mønstre i naturen. Kan en identifisere kilden til disse sykliske mønstre, kan en også danne seg en oppfatning om forventet fangst. I Norge studerte for eksempel Nansen sammenhengen mellom havstrømmer, utbredelse av alge, temperaturen ved Ona fyr og landinger av torsk i Lofoten. I Sverige studerte Ljung sammenhengen mellom landinger av sild og antall solflekker. Otto Pettersson studerte sammenhengen mellom landinger av sild og endringer i månens bane.

Newtons konsept

Innføring av datamaskiner førte til at en tok i bruk matematiske modeller for å beregne den framtidige utvikling av fiskebestandene. Disse modellene var basert på Newtons differensiallikninger som for lengst var tatt i bruk innen bl.a. fysikk og elektronikk. Ideen til Newton var å beregne framtiden ut fra kunnskaper om tingenes innebygde treghet. En stor biomasse har en stor treghet. Endringene framover kan da beregnes ut fra kunnskaper om

biomassens treghet. Når tilstand og treghet er kjent, kan en beregne hvordan biomassen forventes å utvikle seg framover i tid. Endringer i en biomasse kan formuleres med den enkle sammenhengningen $\text{Endring/tid} = \text{Vekstrate} * \text{Tilstand}$. Dette kan igjen formuleres med enkle modellen $dx/dt = A * x(t)$ der $x(t)$ representerer biomassen og A sier noe om biomassens treghet. Dersom modellen A og tilstanden $x(t)$ er kjent for ett år, kan en så beregne hvordan biomassen forventes å utvikle seg ved å løse differensiallikningen.

Det neste trinn i metoden er basert på ideen om at dersom du kan beregne framtiden til en biomasse, kan du også påvirke biomassen i en ønsket retning. Det kan vi lett gjøre ved å utvide vår modell til $dx/dt = Ax(t) - u(t)$ der $u(t)$ representerer hvor mye vi tar ut i årlige kvoter. Vi kan så beregne optimalt uttak innenfor en beregnet sikker grense.

Vanskelig å telle fisk

Nå er det som kjent vanskelig å telle fisk i havet. Det betyr at vi har en usikkerhet i måling. Målingen kan da formuleres som $y(t) = x(t) + w(t)$, der $w(t)$ representerer usikkerheten. Denne

usikkerheten søker en å redusere med statistisk analyse i tid og rom. Det er i prinsippet dette enkle konseptet en baserer seg på, når en forvalter våre fiskeressurser. Spørsmålet er om dette konseptet er realistisk i en langsiktig forvaltning.

Det har vist seg å være vanskelig å lage gode prognoser for fiskebestander. Problemet er at tregheten i biomassen varierer med tiden. Dette har sammenheng med alle de kompliserte prosesser som skjer i havstrømmer, klima, lysforhold, temperatur, næringskjede og prosesser mellom de forskjellige arter. Vår modell fra Newton må derfor endres til $dx/dt=A(t)x(t)+u(t)$. Vi har da et såkalt tidsvariant system. Det vil si at alle parametere i modellen endres med tiden. Det betyr at dersom vi skal lage en prognose for bestanden, må vi også ha en prognose for framtidig utvikling av modellen. Å lage en prognose for modellen er langt vannskeligere enn å lage en prognose for bestanden. Det er derfor vanlig å benytte modeller som er basert på historiske data. Dette fører uvegerlig til usikre prognoser, usikker teori om sikre grenser og at usikkerhet i måling kan lett forveksles med naturlige endringer i bestanden

Oppgang og nedgang

Et tidsvariant system avspeiler at fiskebestander ikke kan betraktes som en konstant produksjonsmaskin. Endringer i underliggende forhold i næringskjeden vil alltid føre til at bestandene har sine naturlige perioder med oppgang og nedgang. En forvaltning basert på bare historiske data vil derfor uvegerlig føre til at oppgangstider og nedgangstider lett blir oppdaget for seint. Fiskeriene starter for seint i de gode år og reduserer for seint i uår. Resultatet er at en forsterker vekslingen mellom god år og uår, og effekten blir det motsatte av hva som var intensjonen med forvaltningen.

Dette modellproblemet har en forsøkt å løse med flerbstandsmodeller. Ideen er å lage en modell som beregner hvor mye en art påvirker en annen art. Lager vi f. eks modeller av bestandene for torsk, sild og lodde, kan vi beregne hvordan bestandene forventes å påvirke hverandre i forhold til bestandenes størrelse. Det har imidlertid vist seg at ideen med flerbstandsmodeller også har sine begrensninger. Det viser seg at når tre modeller har en gjensidig kobling, blir prognosen avhengig av startverdien. Det vil si at vi får et såkalt

kaotisk system som begrenser muligheten for langtids prognoser. Dette har sammenheng med at modellene mangler en forankring i næringskjeden. Skal vi løse dette problemet, må vi utvikle modeller for hele næringskjeden ned til de fysiske forhold i havet. Da begynner vi igjen å nærme oss konseptet til Aristoteles.

I løpet av de siste 50 til 100 år har en innen den marine- og annen forskning nedlagt et omfattende arbeid for registrering av lange tidsserier. Disse tidsseriene sier noe om endringer i temperatur, tidevann, utbredelse av is, biomasse og mer. Det er mye som tyder på at vi nå snart kan begynne å høste fruktene av dette arbeidet.

Vi startet med at prognoser må ta utgangspunkt i noe forutsigbart. Noe av det mest forutsigbare vi har i havet er tidevannet, som er styrt av Månen. Spørsmålet er da om kunnskaper om tidevannet kan hjelpe oss med å lage bedre prognoser. En analyse av dataserier fra Barentshavet viser at temperaturen i Barentshavet og veksten av biomassen følger lange tidevannsbølger på ca 6 og 18 år. Siden tidevannet er deterministisk, vil sykliske endringer i havtemperatur og

næringskjeder også være deterministisk. Denne sykliske endringen i næringskjeden påvirker tregheten $A(t)$ i vår modell $dx/dt=A(t)x(t)-u(t)$. Vi kan da lage bedre prognoser for endringene i modellen $A(t)$ og vi kan lage bedre prognoser for når veksten i bestanden forventes å snu.

Økonomien på Nordvestlandet

Økonomien på Nordvestlandet er fortsatt avhengig av den marine og maritime klynge. Det kan se ut som om intensjonen med den langsiktige vitenskapelige forskning nå er glemt, og vi har fått slags regnskapssystem over tilstanden til fiskeressursene. Dette har igjen åpnet for en fordeling av havressurser basert på en mer kortsiktig forhandlingsøkonomi. Rekkevidden av en kortere planhorisont fører til at fiskeriene får en kortere periode med gode år og lengre periode med uår. En lengre periode med uår i en kapitalintensiv fiskerinæring, vil uvegerlig forplante seg videre til uår i den maritime klynge og hele økonomien på Nordvestlandet.



Referanser

Publications in international journals

1. Yndestad, H: 1999. Earth nutation influence on the temperature regime of the Barents Sea. ICES Journal of Marine Science; 56; 381-387.
2. Yndestad, H: 1999. Earth nutation influence on system dynamics of Northeast Arctic cod. ICES Journal of Marine Science; 56, 652-657.
3. Yndestad, H: 2001 Earth nutation influence on Northeast Arctic management. ICES Journal of Marine Science; 58; 799-805. 2001.
4. Yndestad H and Stene A: 2002. Systems Dynamics of Barents Sea Capelin. ICES Journal of Marine Science. 59: 1155-1166.
5. Yndestad H and Stene A: 2002 Systems Dynamics of Barents Sea Capelin. ICES Journal of Marine Science. 59: 1155-1166.
6. Yndestad, H: 2003. The code of Long-term Biomass cycles in the Barents Sea. ICES Journal of Marine Science. 60: 1251-1264.
7. Yndestad, H: 2004 The cause of Barents Sea biomass dynamics. Journal of Marine Systems. 44. 107-124. 2004.
8. Yndestad, H: 2006. The Lunar nodal cycle influence on Arctic climate. Journal of Marine Science. Journal of Marine Science. 63:401-420 (2006).
9. Tsonis, Anastasios A.; Elsner, James B. (Eds.). Nonlinear Dynamics in Geosciences. 2007, Approx. 600 p. 247 illus., 16 in color., Hardcover ISBN: 978-0-387-34917-6. Yndestad, H: 2007. Advances in Nonlinear Geosciences. "The Arctic Ocean as a coupled oscillating system to the forced 18.6 yr lunar nodal cycle".
10. Yndestad H. 2008 William R Turrell, Vladimir Ozhigin. Lunar nodal tide effects on variability of sea level, temperature, and salinity in the Faroe-Shetland Channel and the Barents Sea. Deep-Sea Research I. 55 (2008) 1201-1217.

11. Yndestad, H. 2008. Long tides influence on the climate dynamics and the ecosystem dynamics in the Barents Sea. Symposium on Ecosystem 25-26 August. Tromsø, Norway.
12. Yndestad H. 2009. [The influence of long tides on ecosystem dynamics in the Barents Sea](#) *Deep Sea Journal II*. 56 (2009) 2108-2116.

Publication on international conferences

13. Yndestad, H: 1996 "[Systems Dynamics of North Arctic Cod](#)" The 84'th international ICES Annual Science Conference. Hydrography. Committee. Iceland. October 1996.
14. Yndestad, H: 1997. Systems Dynamics in the Fisheries of Northeast Arctic Cod. 15th International System Dynamics Conference (ISDC '97). Istanbul. August 1997.
15. Yndestad, H: 2000 [The predestined fate](#). The Earth nutation as a forced oscillator on management of Northeast Arctic cod." The 18th International Conference of The System Dynamics Society. August 6-10, 2000. Bergen, Norway.
16. Yndestad, H: 2001b. General Systems Theory." The Forty-Fifth Meeting of the International Society for the Systems Sciences. July 8-13.
17. Yndestad H and Stene A: 2001 [System Dynamics of Barents Sea Capelin](#). ICES Annual Science Conference. 26-29 September. 2001 Oslo.
18. Yndestad H:2002. [The Code of Norwegian spring spawning herring Long-term cycles](#). ICES Annual Science Conference. Oct 2002. Copenhagen.
19. Yndestad H: 2003a. A Lunar nodal spectrum in Arctic time series. ICES Annual Science Conference. Sept 2003. Tallinn. ICES CM 2003/T.
20. Yndestad H. William R Turrell, Vladimir Ozhigin. 2004. Temporal linkages between the Faro-Shetland time series and the Kola section time series. ICES Annual Science conference in Vigo. September 2004. Theme Session M. Regime Shifts in the North Atlantic Ocean: Coherent or Chaotic?
21. Yndestad, H: 2003. [The Code of Long-term Biomass cycles in the Barents Sea](#). ICES Journal of Marine Science. 60: 1251-1264. Denne artikkelen ble av [GLOBEC](#) kåret til en av de 10 viktigste publikasjonene om klima og biomasse i 2004. [Se her](#)
22. Yndestad, H: 2006. "The Arctic Ocean as a coupled oscillating system to the forced 18.6 yr lunar nodal cycle". 20 Years of Nonlinear Dynamics in Geosciences. American Meteorological Society & European Geosciences Union. Rhodes, Greece. June 11-16, 2006.

23. Yndestad, H. 2006. Possible Lunar tide effects on climate and the ecosystem variability in the Nordic Seas and the Barents Sea. ICES annual conference. Session ICES CM 2006/C: Climatic variability in the ICES area 2000-2005 in relation to previous decades: physical and biological consequences 19-23 sept 2006. Maastricht, Netherlands.
24. Yndestad, H: 2006. "Possible Lunar nodal tide effects on climate and the ecosystem in the Nordic Seas and the Barents Sea". ICES annual conference. CM 2006/C:02. Climate variability in the relation to previous decades: physical and biological consequences. Maastricht, 19-23 Sept 2006.
25. Yndestad, H: 2007. "The Lunar nodal tide influence on the climate dynamics and the ecosystem dynamics in the the Barents Sea". Ecosystem Dynamics in the Norwegian Sea and Barents Sea. ECONORTH Symposium 12.th-15. March 2007. Tromsø. Norway.
26. Yndestad, H. 2008. The Barents Sea ecosystem dynamics as a coupled oscillator to long tides. Annual Science conference 22-26 September. 2008. Theme Session Coupled physical and biological models: parameterization, validation and application. ICES CM 2008/L:01
27. Yndestad, H: 2008. The Barents Sea ecosystem dynamics as coupled oscillators to long tides. ICES September 23-29. 2008. Halifax. ICES CM 2008/L01 Theme Session. Coupled physical and biological models: parameterization, validation and application.

Andre dokumenter

2001: Yndestad H: Tilstanden for Norsk Arktisk torsk. HiÅ Rapportserie. 2001/6

2004: Yndestad, H: The lunar nodal cycle influence on the Barents Sea. Doctoral Thesis at NTNU