

Modellverktøy for beregning av størrelse og beskatning av fiskebestander ut fra fangst- og toktdata har blitt gradvis utviklet over 20–30 år, og har nå nådd et stadium der tilgangen på gode data antakelig er den største begrensingen. Nye tanker om langsiktige strategier for forvaltningen krever nye verktøy som kan belyse både mulighetene for å nå forvaltningsmål og risikoen for bestanden ved ulike strategier. Artikkelen forklarer hvordan verktøy for bestandsberegning og simulering virker, og gir eksempler på forvaltningsregler for noen av våre viktigste bestander.

Dankert Skagen

dankert.skagen@imr.no

Bjarte Bogstad

bjarte.bogstad@imr.no

Sigurd Tjelmeland

sigurd.tjelmeland@imr.no

Odd Nakken

odd.nakken@imr.no

Historisk bakgrunn

Forskningens råd til myndighetene om forvaltning av fiskebestander har i hovedsak vært et råd om neste års kvote. Grunlaget for dette rådet er beregninger av bestandens størrelse og beskatning gjort av ICES. Rådene utformes ved at beregningene sammenholdes med bl.a. etablerte standarder for føre-var-forvaltning, vedtatte forvaltningsregler og fisket de siste årene. Hva det skal gis råd om er nedfelt i avtaler mellom ICES og forvaltningsorganisasjonene (NEAFC, EU, Den norsk-russiske fiskerikommisjon o.a.).

Denne rådgivningen har røtter 30–40 år tilbake. I løpet av 1960-årene ble det klart at omfanget av fisket hadde desimert flere bestander. Samtidig ble det utviklet metoder for å beregne størrelsen på bestanden ut fra fangststatistikk. Dette la grunlaget for regulering ved hjelp av vitenskapelig funderte kvoter.

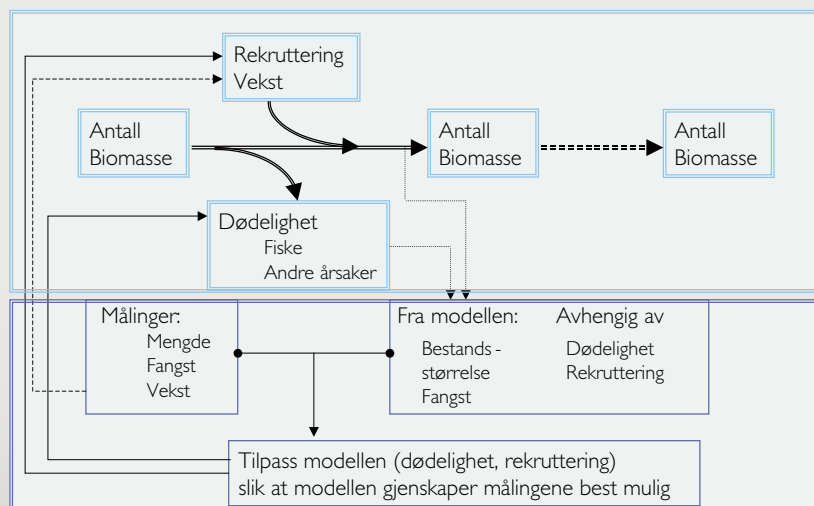
ICES har etablert et stort apparat for å gjøre bestandsberegningene. Det omfatter innsamling av data fra fisket, nasjonale og internasjonale tokt, videre arbeidsgrupper i ICES som beregner bestand og beskatning og lager prognoser for bestandsutviklingen de nærmeste årene, og endelig utformingen av ICES' råd.

Metodene for å beregne bestand og beskatning har også utviklet seg gjennom årene. Utover på 1970-tallet tok man i bruk mengdemålinger fra tokt (akustikk, trål og eggteiling) og merke-/gjenfangstresultater som supplement til fangststatistikken. Senere har det bl.a. vært en utvikling i retning av å tilpasse metodene til egenkapene ved bestanden og dataene, som beskrevet lenger nede. I dag er antakelig den viktigste begrensningen tilgangen på og kvaliteten til dataene, slik at mer presise og pålitelige beregninger heller er et spørsmål om mer pålitelige og adekvate data enn om mer avanserte modeller.

Nye tanker om forvaltning skaper nye behov

Både i forskningsmiljøene og blant forvaltere er prosesser i gang i retning av en endret og utvidet rådgivning. Noen viktige momenter her er:

Kvoteregulering, som rådgivningen hovedsakelig har vært innrettet mot, har fungert bra i noen tilfeller, men slett ikke i alle.



Figur 5.2.1

Prinsippskisse av en bestandsberegningsmodell. Øverst, en modellbestand som endres fra år til år pga. rekruttering, vekst og dødelighet. Nederst, tilpasning av modellbestanden (dvs. valg av dødelighet og rekruttering) til det vi har av målinger fra den virkelige bestanden. *Outline of a stock assessment model. Upper part: A model stock that changes from year to year due to recruitment, growth and mortality. Lower part: Fitting the model stock (by selecting mortalities and recruitments) to observations from the real stock.*

Dels henger dette sammen med at kvotene bare dekker en del av det samlede fangstuttaket, dels at beregningene ikke har vært så nøyaktige som en ren kvoteregulering vil kreve, spesielt når beskatningen er høy. I mange tilfeller har beregningene, og dermed anbefalingene, vært for optimistiske, slik at de tilrådde kvotene har vært høyere enn det som i etterkant har vist seg å være forsvarlig.

Næringsutøvere og myndigheter er i økende grad opptatt av forutsigbarhet og stabilitet. Et utslag av dette er at myndighetene, i samråd med forskningen, utarbeider forvaltningsregler (Harvest Control Rules). Harvest Control Rules er vedtatte regler (formler) for å beregne neste års kvote ved hjelp av resultatene av årets bestandsberegning. Noen eksempler er beskrevet nedenfor. Reglene skal tilgodese flere hensyn:

- Sikre at bestanden ikke blir for hardt beskattet
- Unngå mindre kvoter enn nødvendig
- Holde kvotene så stabile som mulig fra ett år til et annet.

Slike regler er vedtatt for en rekke av våre viktigste bestander, bl.a. for nordøstarktisk torsk, hyse og sei, lodde i Barentshavet, og begge de store sildebestandene våre, og flere er underveis.

En videreføring av dette er å utarbeide forvaltningsstrategier, der langsiktige målsetninger og virkemidler inngår. Virkemidlene kan være kvoter, innsatsregulering og tekniske reguleringer (maskevidde, minstemål, bifangstregler, stenging av områder m.m.). Videre vil en strategi inneholde målsetninger, handlingsregler

(inkludert Harvest Control Rules) for forvaltningen, håndhevelse og tiltak for å skaffe nødvendige data. ICES er i gang med å utrede retningslinjer for hvordan slike forvaltningsstrategier kan evalueres, og Havforskningsinstituttet er aktivt med i dette arbeidet. For at en strategi skal være forenlig med føre-var-forvaltning, må den sikre bestanden mot å bli uforsvarlig liten. Forskningen kan også bidra med å kartlegge hva som må gjøres for å nå andre målsetninger og identifisere faktorer som er kritiske for at en strategi skal fungere. Å utarbeide en langsiktig forvaltningsstrategi er en omfattende oppgave der forskningen må bidra i en dialog med forvaltningen i hele prosessen.

Der er også et sterkt ønske både fra forvaltning og forskere om å se fiskerireguleringene i et videre perspektiv. For den enkelte fiskebestand innebærer økosystembasert forvaltning både at reguleringene tar hensyn til økosystemets påvirkning på bestanden, i den grad denne påvirkningen er mulig å forutse, men også at bestandens rolle i økosystemet tillegges vekt. Både for vår egen forskning og for det internasjonale arbeidet i ICES er dette store utfordringer.

Hvordan kan vi møte utfordringene?

Å vedta forvaltningsstrategier er forvaltningens oppgave. Forskningen kan bidra med å fortelle om muligheter og begrensninger, og om avveininger mellom forskjellige målsetninger. Vi må da skaffe oss verktøy som setter oss i stand til å belyse følgene av forskjellige forvaltningstiltak. Måten å gå frem på er å simulere kunstige bestander, med egenskaper som ligner mest mulig på de virkelige. Med slike bestander kan vi så eksperimentere med

forskjellige regler for beskatningen. Vi kan la bestandene endre egenskaper, f.eks. slik vi har observert at de vil reagere på endringer i miljøet. Siden vi nå kjenner "fasiten", kan vi også studere hvor godt vi kan beregne bestanden med varierende kvalitet av dataene.

Slike beregninger kan overføres på den virkelige verden dersom våre simulerte bestander har de riktige egenskapene. Vi må derfor vite mest mulig om de bestandene vi vil studere, slik at vi vet hvilke egenskaper våre kunstige bestander skal ha, og vi må kartlegge hvilke egenskaper som i praksis betyr mest for sluttresultatet.

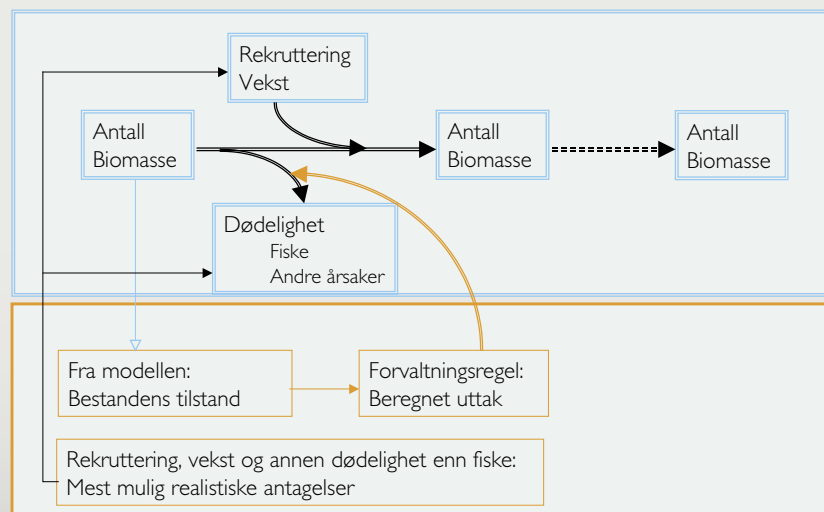
Hvordan fungerer modellene?

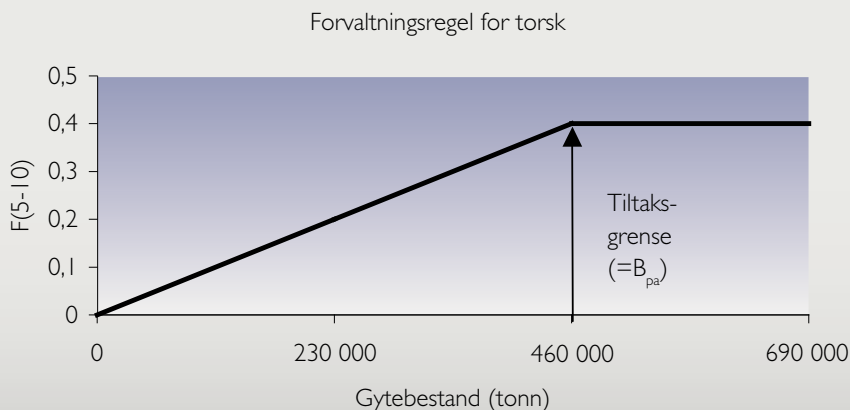
Figur 5.2.1 viser en prinsippskisse av en bestandsberegningsmodell. Den har to hoveddeler. Den ene (øverst) er en modell av en bestand, der antall fisk og biomasse endres fra ett år til det neste. Endringene skyldes at nye individer kommer til (rekruttering) og at individene vokser, og tap fordi fisk dør. Vanligvis deler vi bestanden opp i årsklasser, som vi kan følge over tid. Fordelen er at en årsklasse bare forandrer seg i antall fordi fisk dør. Det forenkler modellen betraktelig. Den andre hoveddelen (nederst) er å tilpasse resultater fra bestandsmodellen til fangster og målinger vi gjør på tokt. Det er flere måter å gjøre dette på, det viktigste skillet går på om vi forutsetter at de observerte fangstene er riktige eller ikke, fordi dette avgjør hvor sterkt vi vektlegger fangstdata i forhold til andre målinger i tilpasningsprosessen.

I en simuleringsmodell som vist i Figur 5.2.2, har vi også en modell for bestanden (øverst), tilsvarende det vi har i en

Figur 5.2.2

Prinsippskisse av en simuleringsmodell. Øverst, en modellbestand som endres fra år til år pga. rekruttering, vekst og dødelighet. Nederst, en forvaltningsregel som bestemmer uttaket fra bestanden. Outline of a simulation model. Upper part: A model stock that changes from year to year due to recruitment, growth and mortality. Lower part: A management rule that determines the removal from the stock.



**Figur 5.2.3**

Hovedregelen for forvaltning av nordøstarktisk torsk. Fiskedødeligheten reduseres hvis gytebestanden faller under en tiltaksgrense, som ble satt lik gjeldende føre-var-nivå (B_{pa}). Når bestanden er større, beregnes en kvote svarende til en fast fiskedødelighet. The main harvest control rule for Northeast Arctic cod. The fishing mortality is reduced if the spawning stock biomass falls below a trigger level, that was set equal to the current precautionary biomass level (B_{pa}). When the stock is larger, the quota is calculated according to a fixed fishing mortality.

bestandsberegning. Men her har vi i den andre hoveddelen (nederst) bygget inn forvaltningsregler som bestemmer hvordan beskatningen skal være. Vår simulerte bestand blir så utsatt for denne beskatningen, og vi kan følge utviklingen over tid. Slik kan vi se både om bestanden tåler den planlagte beskatningen, og undersøke hvor godt regelen fungerer i forhold til forvaltningens målsettinger.

I slike simuleringer inngår faktorer som vi ikke kan spå eksakt i fremtiden, spesielt rekruttering og vekst, og hvilke aldersgrupper som vil bli beskattet. Vi kjører derfor en slik modell mange ganger, og velger rekruttering og vekst tilfeldig hver gang fra fordelinger som gjenspeiler variasjonen slik vi har sett den historisk. Vi får da frem usikkerheten i resultatene, og vi får vite om forvaltningsregelen fungerer godt nok når naturen varierer slik vi venter den vil gjøre. For eksempel kan vi se om en regel for å stabilisere kvotene fra år til år fungerer når vi har en slik blanding av sterke og svake årsklasser som vi må regne med for den bestanden vi betrakter.

Eksempler på modelltyper

Bestandsberegning

Den rutinemessige beregningen av de fleste bestandene våre gjøres med standard aldersstrukturerte metoder. I disse metodene er der bygget inn forutsetninger som enkelte ganger ikke passer, og slike standardmodeller kan heller ikke utnytte alle typer datakilder. Dette har ledet til utvikling både av generelle beregningsverktøy som gir større valgfrihet til å tilpasse modellen til egenskapene til bestanden og tilgangen på data, og av spesialiserte verktøy for enkelte bestander.

Merke-/gjenfangstdata og mageinnholdsdata er to datatyper som kan inkluderes i bestandsmodeller i tillegg til fangst- og toktdata. Mageinnholdsdata er sentrale i flerbestandsmodeller, hvor man tar hensyn

til samspillet mellom artene. Slike modeller kan både inkludere effekter av beiting (dødelighet av byttedyr, veksthastighet hos predator), og av blandingsfiskeri (en fiskeflåte fanger flere arter). Normalt vil man foretrekke aldersstrukturerte modeller, hvor hver årsklasse kan følges over tid. Dette er ikke alltid mulig, enten fordi fisken er vanskelig å aldersbestemme, eller fordi bestanden ikke betraktes som viktig nok til å forsvare et ressurskrevende program for aldersbestemmelse. I slike tilfeller kan lengdestrukturerte modeller være et alternativ. For bestander der veksthastigheten varierer mye fra år til år, og alderen kan bestemmes, har modeller med både alders- og lengdestruktur vist seg nyttige.

Simulering av forvaltningsregler

Simuleringer av relativt enkle forvaltningsregler har vært gjort for mange bestander de siste årene. De fleste reglene har bestått i en fast fiskedødelighet som reduseres hvis bestanden kommer under en viss grense (se Figur 5.2.3), kombinert med en regel om at kvotene ikke skal endres med mer enn en viss prosent fra ett år til det neste.

Da forvaltningsregelen for nordøstarktisk torsk skulle undersøkes, fantes ingen programmer som kunne simulere den regelen som forelå. Regelen var vanskelig å bygge inn i eksisterende simuleringssystemer, og det ble laget et nytt program. Selv om det ble laget for å simulere nordøstarktisk torsk, er det enkelt å utvide og anvende på andre bestander etter behov.

Dette kan være et eksempel på den utviklingen og forbedringen av simuleringssystemer som foregår, både for å kunne dekke nye varianter av forvaltningsregler, og for å lære hvordan bestemte målsettinger best skal oppnås. Pågående studier av mulige forvaltningsregler for makrell er et annet eksempel, der Havforsknings-

instituttet også deltar sammen med flere andre institutter.

Eksempler på forvaltningsregler

Forvaltningsregelen for nordøstarktisk torsk

Høsten 2002 foreslo Den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon en forvaltningsstrategi for nordøstarktisk torsk. Strategien innebar at gytebestanden skulle holdes over føre-var-nivået ($B_{pa} = 460\,000$ tonn) samtidig som fangstkvotene skulle variere lite fra ett år til et annet. I samarbeid med kommisjonen har ICES evaluert den strategien som ble foreslått, og modifisert den slik at den nå er i tråd med føre-var-prinsippet under forutsetning av at fangstkvantumet blir tilnærmet riktig rapportert.

Hovedtrekkene i regelen er vist i Figur 5.2.3. Så lenge gytebestanden er over føre-var nivået kan fangstkvoten tilsvare en beskatning på føre-var-nivået. Der som gytebestanden kommer under føre-var-nivået, skal beskatningen reduseres tilsvarende.

Imidlertid er det noen tilleggskriterier som gjør at beregningene blir noe mer kompliserte. For å utjevne svingninger i bestanden, skal kvoten for neste år beregnes som gjennomsnittet av en føre-var beskatning neste år og i de to etterfølgende årene. Dessuten skal ikke endringene i kvoten fra år til år være større enn 10 %. Men, for at regelen skal være i tråd med føre-var-prinsippet, kom man fram til at regelen om maksimalt 10 % endring fra år til år ikke skal gjelde når gytebestanden blir under føre-var-nivået neste år eller i minst ett av de to etterfølgende årene.

Forvaltningsregelen for nordsjøisild

I 1997–1998 utarbeidet Norge og EU en forvaltningsplan for bestanden. Planen ga anvisning på hvor høy fiskedødeligheten skulle være når gytebestanden var over en tiltaksgrense på 1,3 millioner tonn. Denne grensen ble senere vedtatt som føre-var-

nivå (B_{pa}) av ICES. I planarbeidet ble det gjort omfattende simuleringer av forskere fra Havforskningsinstituttet og flere EU-land for å kartlegge hvor stort fiskepresset bestanden ville tåle hvis man skulle være rimelig trygg på å unngå at gytebestanden falt ned mot kritisk lavt nivå (B_{lim} -nivå 800 000 tonn). Spesielt ble det lagt vekt på forholdet mellom uttak av voksen sild og ungsild. ICES var dette den første bestanden der en langsiktig forvaltningsplan ble basert på slike beregninger. Resultatet ble en samlet avtale der fiskedødeligheten på ungsild og eldre sild ble spesifisert hver for seg. Avtalen omfattet dessuten fordelingen av kvotene mellom Norge og EU, og mellom konsumfiske og bifangster i industri-fisket. Avtalen har senere blitt utvidet med en regel for hvordan fiskedødeligheten skal reduseres når bestanden kommer under føre-var-nivået og en regel som begrenser hvor mye kvoten kan endres fra ett år til det neste. De siste årene har rekrutteringen til denne bestanden vært dårlig. Årsaken er ikke klar, men er etter alt å dømme knyttet til miljøforholdene. Mulige endringer i forvaltningsplanen for å ta hensyn til dette skal utredes i løpet av våren 2008.

En ytterligere komplikasjon med forvaltningen av nordsjø-sild er at sildefisket i Skagerrak beskatter en blanding av denne bestanden og baltisk vårgytende sild. Tidligere ble kvoten i Skagerrak først og fremst bestemt av hensynet til nordsjø-silden, men i fremtiden skal tilstanden til begge bestandene tas i betraktning. I øyeblikket er vi i gang med å lage en revidert simuleringsmodell for beskatningen av sild i Skagerrak i et samarbeid mellom norske og danske forskere.

Forvaltning av lodde i Barentshavet

Forvaltning av lodde står i en særstilling. Fisket er rettet mot gytende lodde, som stort sett vil dø etter at den har gytt. Forvaltningsstrategien er tilpasset dette: Den skal sikre at nok lodde får gyte til å kunne produsere normale årsklasser, så kan resten av den modne lodda fiskes. Regelen som er etablert, er at fisket skal begrenses slik at det er minst 95 % sannsynlighet for at mer enn 200 000 tonn lodde får gyte.

Bestanden måles akustisk på et norsk-russisk tokt om høsten. Estimater fra dette toktet blir oppfattet som en absolutt måling av bestandsstørrelsen. I motsetning til hva som er tilfellet for andre bestander, hviler altså ikke vår oppfatning av bestandsstørrelsen på en modell, men på direkte måling. Også slik står lodda i en særstilling. Men deretter er vi avhengig av en modell for å beregne størrelsen av gytebestanden omkring 1. april ut fra toktestimatet i september året før. I denne beregningen inngår en modell for mod-

ning og en modell for beitingen fra torsk under gyteinnsiget. Forvaltningen av loddebestanden er dermed et steg på veien mot en flerbstandsforvaltning av artene i Barentshavet.

Modellene for modning og beiting fra torsk er tilpasset data ved hjelp av en flerbstandsmodell kalt Bifrost. Et stort datatilfang er nyttet, fra mageprøver og målinger av magetømmingsraten hos torsk, til temperaturdata og toktdata både for lodde og torsk. Det arbeides for tiden med å utvikle flerbstandsforvaltningsregler for Barentshavet basert på modellen Bifrost.

Fremtidige utfordringer

Med en utvikling i retning av mer generelle forvaltningsstrategier vil der være behov for en mer vidtfavnende rådgivning enn rene kvoteberegninger. Viktige stikkord er bl.a. bioøkonomiske hensyn, fiskerier som beskatter flere bestander i blanding, områdefordeling og lokale forvaltningstiltak, flerbstandsinteraksjoner og effekter av langsiktige klimaendringer. På noen av disse områdene har vi allerede mye å bygge på, men her ligger også store utfordringer.

New Model Tools for Stock Assessment

Model tools for stock assessment, i.e. estimation of stock abundance and exploitation based on catch and survey data, have evolved gradually over 20–30 years and have now reached a stage where the main limiting factor probably is the quality of the data. Recent developments in the direction of long-term strategies for management require new tools to evaluate both the possibility of reaching management objectives and the risk for the stock associated with various strategies. The article explains how assessment and simulation tools work, and gives examples of harvest rules for some of our most important stocks.