

## 5.2

## Nyere modeller for bestandsforvaltning

Verktøy for å beregne størrelse og beskatning av fiskebestander ut fra fangst- og toktdata er utviklet over 20–30 år. I dag er tilgangen på gode data antakelig et større problem enn selve metodene. De siste 5–10 årene har nye tanker om langsiktige forvaltningsstrategier krevd nye typer verktøy som kan belyse både mulighetene for å nå forvaltningsmål og risikoen for bestanden ved ulike strategier.

Dankert Skagen

danker.t.skagen@imr.no

Bjarne Bogstad

bjar.te.bogstad@imr.no

Sigurd Tjelmeland

sigurd.tjelmeland@imr.no

Odd Nakken

odd.nakken@imr.no

Forskningens råd til myndighetene om forvaltning av fiskebestander har i hovedsak gjeldt neste års kvote. Grunnlaget er ICES beregninger av bestandens størrelse og beskatning. Rådene utformes ved å sammenholde beregningene 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.).

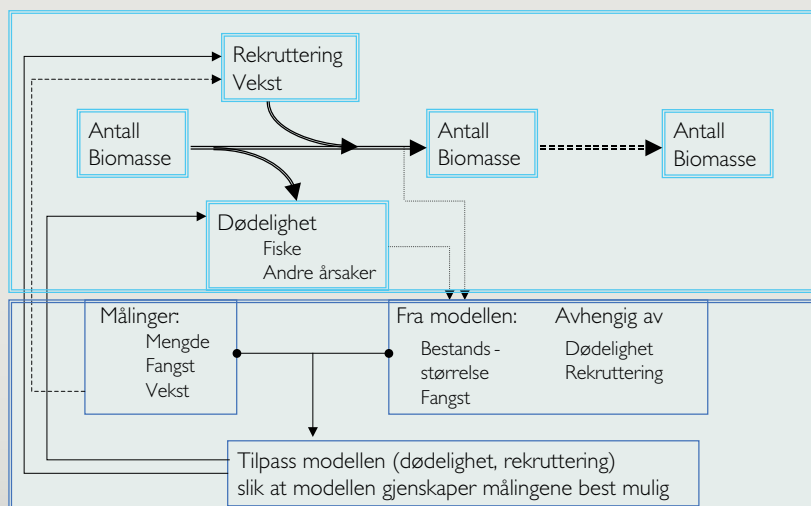
Denne typen rådgivning har røtter 30–40 år tilbake. I løpet av 1960-årene ble det klart at fisket hadde utarmet flere bestander. Samtidig ble det utviklet metoder for å beregne størrelsen på bestanden ut fra fangststatistikk. Dette la grunnlaget for regulering ved hjelp av vitenskapelig funderte kvoter.

ICES har etablert et stort apparat for å gjøre bestandsberegningene. Det blir samlet inn data fra fisket og gjennomført nasjonale og internasjonale tokt. Arbeidsgrupper beregner bestand og beskatning og lager prognoser for bestandsutviklingen de nærmeste årene. Dette er grunnlaget for de endelige rådene fra ICES.

Metodene for å beregne bestand og beskatning har også utviklet seg. Utover på 1970-tallet tok man i bruk mengdemålinger fra tokt (akustikk, trål og eggteiling) og merke-/gjenfangstresultater som supplement til fangststatistikken. Senere ble metodene tilpasset bestandenes egenskaper og tilgangen på data. I dag er antakelig presise beregninger heller et spørsmål om nok pålitelige og adekvate data enn om mer avanserte modeller.

#### Nye tanker om forvaltning

Rådgivningen har hovedsakelig vært innrettet mot kvoteregulering. Det har fungert bra i noen, men slett ikke alle tilfeller. Dette henger sammen med at kvotene bare dekker en del av det samlede fangstuttaket. I tillegg har beregningene ikke vært så nøyaktige som en ren kvoteregulering vil kreve, spesielt når beskatningen er høy. I mange tilfeller har beregningene, og der-



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.

med anbefalingene, vært for optimistiske, slik at de tilrådde kvotene har vært høyere enn det som i etterkant har vist seg å være forsvarlig.

Næringen og myndighetene er i økende grad opptatt av forutsigbarhet og stabilitet. Et utslag av dette er at myndighetene utarbeider forvaltningsregler (Harvest Control Rules) i samråd med forskningen og næringen. Harvest Control Rules er vedtatte regler (formler) for å beregne neste års kvote ved hjelp av årets bestandsberegning. 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 som nordøstarktisk torsk, hyse og sei, lodde i Barentshavet, makrell, kolmule, vågehval og begge de store sildebestandene våre. Flere er underveis.

En videreføring av det som nå gjøres med forvaltningsregler vil være å utarbeide langsiktige forvaltningsstrategier, som omfatter både målsetninger for forvaltningen, handlingsregler (inkludert Harvest Control Rules), virkemidler, håndhevelse og tiltak for å skaffe nødvendige data. Virkemidler kan være kvoter, innsatsregulering og tekniske reguleringer (maskevidde, minstemål, bifangstregler, stenging av områder m.m.). ICES har gitt retnings-

linjer for hvordan forvaltningsstrategier kan evalueres. Skal en strategi være forenlig med føre-var-forvaltning, må den sikre en forsvarlig størrelse på bestanden. Men forskningen kan også bidra med å kartlegge hva som må til for å nå andre målsetninger og identifisere faktorer som er kritiske for at en strategi skal fungere. Utvikling av en langsiktig forvaltningsstrategi er en omfattende prosess, og forskningen må være i dialog med forvaltning og næring underveis i hele prosessen. Både forvaltning og forskere ønsker å se fiskerireguleringene i et videre perspektiv. Økosystembasert forvaltning innebærer at reguleringene både tar hensyn til økosystemets påvirkning på den enkelte bestanden, i den grad denne påvirkningen er mulig å forutse, og vektlegger bestandens rolle i økosystemet.

#### Hvordan kan vi møte utfordringene?

Det er forvaltningens oppgave å vedta forvaltningsstrategier. Forskningen kan bidra med å fortelle om muligheter, begrensninger og om avveininger mellom forskjellige målsetninger. Måten å gå frem på er å simulere bestander som ligner mest mulig på de virkelige. Med slike kunstige bestander kan vi eksperimentere med forskjellige regler for beskatningen. Vi kan la bestanden endre egenskaper, f.eks. slik det er observert at de reagerer på endringer i miljøet. Siden vi nå kjenner "fasiten", kan vi også studere hvor godt vi kan beregne bestanden med varierende kvalitet på dataene.

Slike beregninger kan overføres til den virkelige verden dersom den simulerte bestanden har realistiske egenskaper. Vår

kunnskap om hvordan bestanden vil utvikle seg i fremtiden er begrenset. Derfor må vi vite hvilke egenskaper som i praksis betyr mest for sluttresultatet og vi må sikre at strategien vil kunne fungere innenfor det vi mener er realistiske fremtidsscenarioer.

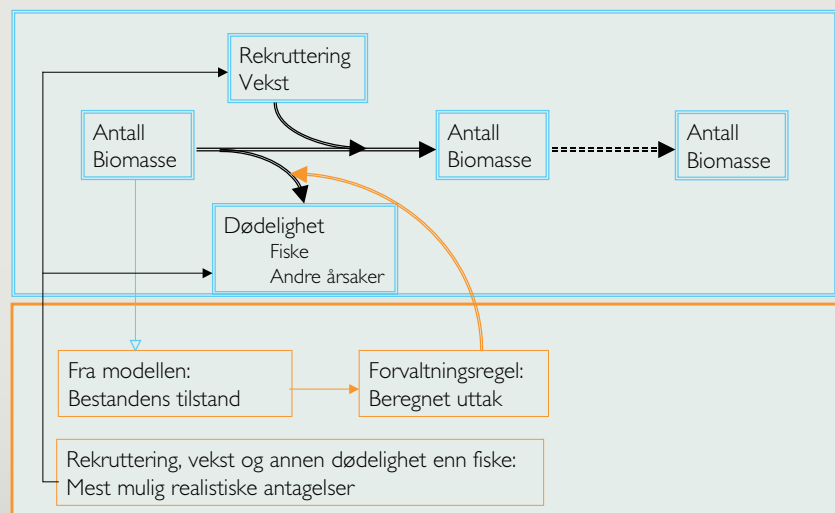
#### Hvordan fungerer modellene?

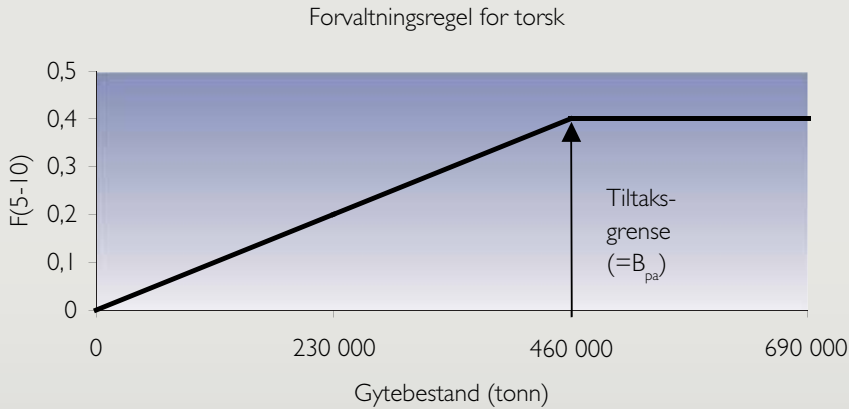
Figur 5.2.1 viser en prinsippsskisse av en bestandsberegningsmodell. Den har to hoveddeler. Den øverste er en modell av en bestand, der antall fisk og biomasse endres fra ett år til det neste. Endringene skyldes at nye individer kommer til (rekruttering), at individene vokser, og tap fordi fisk dør. 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 nederste delen viser hvordan resultater fra bestandsmodellen tilpasses fangster og målinger vi gjør på tokt. Det er flere måter å gjøre dette på. Det viktigste skillet er 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 bestandsberegning. Men her har vi i den andre hoveddelen (nederst) bygget inn forvaltningsregler som bestemmer hvordan beskatningen skal være. Den simulerte bestanden blir så utsatt for denne beskatningen, og vi kan følge utviklingen over tid. Slik ser vi om bestanden tåler den planlagte beskatningen, og får undersøkt om regelen fungerer i forhold til forvalt-

Figur 5.2.2

Prinsippsskisse 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**

Hovedtrekkene forvaltningsregelen for 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 principle in the 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.*

ningens målsettinger.

I slike simuleringer inngår usikre faktorer som rekruttering, vekst og hvilke aldersgrupper som vil bli beskattet. Modellen blir kjørt mange ganger. Rekruttering og vekst blir valgt tilfeldig hver gang fra fordelinger som gjenspeiler den historiske variasjonen. Slik får vi frem usikkerheten i resultatene, og vi får vite om forvaltningsregelen fungerer godt nok med slike naturlige variasjoner som vi må vente. For eksempel kan vi se om en regel for å stabilisere kvotene fra år til år fungerer når vi har en blanding av sterke og svake årsklasser som vi erfaringsmessig må regne med i den aktuelle bestanden.

### Eksempler på modelltyper

#### Bestandsberegning

Den rutinemessige beregningen av de fleste bestandene våre gjøres med standard aldersstrukturerte metoder. I metodene er det bygget inn forutsetninger som enkelte ganger ikke passer, og slike standardmodeller kan heller ikke utnytte alle typer datakilder. Dette har ført til utvikling både av mer fleksible beregningsverktøy som gir bedre mulighet til å tilpasse modellen til bestandens egenskaper og datatilgangen, og av spesialiserte verktøy for enkelte bestander.

I slike mer fleksible beregningsverktøy kan både merke-/gjenfangstdata og mageinnholdsdata utnyttes. Mageinnholdsdata er sentrale i flerbstandsmodeller, hvor man tar hensyn til samspillet mellom artene. Slike modeller kan inkludere effekter både 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 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 av 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 passende simuleringprogrammer. Regelen var vanskelig å bygge inn i eksisterende program, og det ble laget et nytt. Selv om simuleringprogrammet 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 simuleringverktøyene som har vært nødvendig for å kunne dekke nye varianter av forvaltningsregler og for å lære hvordan bestemte målsettinger best skal oppnås.

#### Eksempler på forvaltningsregler

##### Forvaltningsregelen for nordøstarktisk torsk

Høsten 2002 foreslo Den blandete norsk-russiske fiskerikommisjonen forvaltnings-

strategi 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 strategien og modifisert den 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. Det er imidlertid noen tilleggskriterier som gjør beregningene litt mer kompliserte. For å utjevne svingninger i bestanden, skal kvoten for neste år beregnes som gjennomsnittet av en føre-var-beskatning neste år og de to påfølgende årene. Dessuten skal det ikke være større endringen enn 10 % i kvoten fra år til år. 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 inneværende år eller i minst ett av de påfølgende tre årene.

##### Forvaltningsregelen for nordsjøisild

I 1997–1998 utarbeidet Norge og EU en forvaltningsplan for bestanden. Planen anviste 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. Forskere fra Havforskningsinstituttet og flere EU-land gjorde omfattende simuleringer for å kartlegge hvor stort fiskepress bestanden ville tåle hvis man skulle være rimelig trygg på at gytebestanden ikke 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. I 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 industrifisket. Avtalen er senere utvidet med en regel for hvordan fiskedødeligheten skal reduseres når bestanden kommer under føre-var-nivået og en regel som begrenser hvor mye kvoten årlig kan endres. De siste årene har rekrutteringen til bestanden vært dårlig. Årsaken er ikke klar, men er etter alt å dømme knyttet til miljøforholdene. Forvaltningsplanen har derfor blitt endret slik at beskatningen blir lavere så lenge bestanden er så liten som nå.

Forvaltningen av nordsjøsilde kompliseres ytterligere ved at sildefisket i Skagerrak beskatter en blanding av denne bestanden og baltisk vårgytende sild, slik at det må tas hensyn til begge bestandene i rådgivningen.

#### *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: Nok lodde får gyte til at det blir produsert normale årsklasser. Resten av den modne lodda kan fiskes. Den gjeldende regelen 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. Estimatet fra dette toktet blir oppfattet som en absolutt måling av bestandsstørrelsen. I motsetning til hva som er tilfellet for andre bestander, hviler ikke oppfatningen av bestandsstørrelsen på en beregningsmodell, men på direkte måling. Også dette stiller lodda i en særstilling. Deretter er vi imidlertid avhengig av en modell. Den brukes for å beregne størrelsen av gytebestanden omkring 1. april ut fra toktestimatet i september året før. I beregningen inngår en modell for modning og en 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 temperatur- og toktdata både

for lodde og torsk. Det arbeides for tiden med flerbstands forvaltningsregler for Barentshavet basert på Bifrost.

#### **Fremtidige oppgave**

Mer generelle forvaltningsstrategier skaper 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 requires 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.