

## 6.1 Mengdemåling av fisk

**Odd Nakken**

De siste 20-25 år er tallrikhetsmål fra fisketellings-tokt blitt stadig mer anvendt for å beskrive tilstand og utviklingstendenser i fiskebestander. Sammen med resultater fra analyser av fangststatistikk utgjør slike mål grunnlaget for de årlige bestandsoversikter og -prognoser fra Det internasjonale råd for havforskning (ICES).

Inntil siste halvdel av 1970-årene var disse oversiktene og prognosene nesten uten unntak basert på fangststatistikk og oppgaver over fangst per enhet innsats i selve fisket. Fangst per innsatsdata ble etter hvert upålitelige, fordi effektiviseringen av fisket medførte at store fangstrater kunne opprettholdes selv om bestandene minket. Dette skapte et behov for fiskeriuavhengige data. Utover i 1960- og 1970-årene ble det derfor satset på utvikling av metodikk for direkte måling av fisketetthet i havet; metodikk som nå i to tiår eller mer er blitt anvendt til overvåking av fiskebestander. I dag er tallrikhetsmålinger fra fisketellingstokt den langt viktigste delen av ICES' datagrunnlag for mange store og kommersielt viktige bestander. Tallrikhetsmålene brukes i alt vesentlig som relative mål, indekser.

I denne artikkelen er det gitt en kortfattet framstilling av tre slike metoder for fisketelling; akustisk metodikk, bunntålmetermetodikk og egg- og larvemålinger. I tillegg skisseres prinsippene for mengdemåling av fisk ved hjelp av merkeforsøk.

**Akustisk mengdemåling****Prinsipp og målemetodikk**

Metoden baserer seg på at objekter i havet reflekterer lyd, det vil si de gir ekko. Styrken og varigheten av ekkoene fra en fisk eller en fiskestim er avhengig av art og størrelse av fisken og av tetthet og volum av stimen. Disse sammenhengene er etter hvert blitt rimelig godt fastlagte gjennom eksperimentelle og kontrollerte målinger. Ved å måle og lagre ekkostyrke og ekkovarighet langs kurslinjene, og observere hvilke arter og størrelser som bidrar til de akustiske målingene ved å ta prøver (trålfangster), kan en

regne ut hvilke fisketettheter ekkomålingene tilsvarer. De akustiske målingene og analysene foretas i BEI (Bergen Echo Integrator), et system som er utviklet av Havforskningsinstituttet, og som er i omfattende bruk rundt om i verden.

**Historikk**

Allerede midt i 1930-årene startet instituttet med systematiske ekkomålinger av torsk (skrei) og sild. Oscar Sund, som gjorde de første forsøkene med slike målinger i Lofoten i 1935, skrev samme året en liten artikkel til "Nature" der han sier: "Et sant estimat av mengden av fisk som registreres kan bare oppnås ved fortsatte studier der også fiskeforsøk blir tatt i bruk". Dette var begynnelsen til en metodeutvikling som fortsatte etter andre verdenskrig, og med særlig stor innsats de siste 20-30 årene.

**Status**

I dag anvendes metoden regelmessig på de fleste bestander av pelagisk fisk, og også på mange bunnfiskbestander. Figur 6.1.1 viser fordelingen av ekkotettheter av hyse i Barentshavet i februar 1996. Kartet er tegnet på grunnlag av målinger og analyser med BEI. Tilsvarende kart lages for andre arter. For å regne ekkotetthetene om til fisketettheter, bruker en de observerte lengdefordelingene av hyse i trålfangstene sammen med de etablerte sammenhengene mellom ekkotetthet og hyselengde. Beregningen utføres for mindre områder og hver enkelt 5 cm lengdegruppe. Resultatet blir et tall for fisketetthet (antall per kvadratnautiske mil) for hver lengdegruppe i hvert lite område. Multiplikasjon med arealet gir antall fisk i lengdegruppen i hvert område, og summering av alle områder gir totaltallet av fisk i lengdegruppen. Tabell 6.1.1 gir eksempel på en resultattabell etter at alders-/lengdenøklene også er anvendt. Kolonnen lengst til høyre i tabellen viser antallet hyse i hver lengdegruppe, mens rekken nederst gir antallet i hver aldersgruppe. Slike tabeller framstiller hovedresultatene fra alle fisketellingstokt.

Dårlig vær med mye luftbobler i vannet var lenge et stort problem for akustisk mengdemåling. Luftboblene

demper utsendt og reflektert lyd, og ekkostyrken blir lav og upålitelig. Mengden av luftbobler avtar raskt over de nærmeste to-tre meter fra skutebunnen, og de store forskningsfartøyene har nå svingerne i "senkekjøler" som slippes ned noen meter når vind og sjø tilsier det. Kvaliteten på de akustiske data øker betydelig, samtidig som operasjonstiden utvides.

Når fisken står i stimer nær overflaten, er ikke ekkoloddet velegnet som måleinstrument. I løpet av de siste år er det derfor utviklet en metode for å telle og størrelsesmåle stimer på sonar. Metoden kan nå brukes rutinemessig, og den er et meget godt supplement til ekkolodd/BEI-systemet i og med at den gir fisketettheter i et sjikt hvor dette systemet ikke "ser" tilfredsstillende.

### Feilkilder og videreutvikling av metodikken

Bruk av senkekjøler og tetthetsmåling med sonar har "avskaffet" to vesentlige kilder til feil i de akustiske målingene. Likevel, andre feilkilder kan føre til stor usikkerhet i anslagene for fisketetthet og fiskemengde, avhengig av art, størrelse og atferd. De viktigste av disse feilkildene er:

- *Usikkerhet med hensyn til fiskens ekkoevne*  
Ekkoevnen er avhengig av atferd, dyp, magefylling og modenhetsgrad (volum av gonadene). Det pågår forskning for å klarlegge disse sammenhengene slik at en i framtida kan anvende "situasjonsbetingete" tallverdier for ekkoevne i stedet for gjennomsnittsverdiene som brukes i dag.
- *Dødsone for akustisk registrering nær bunnen*  
Fisk som står nær bunnen blir ikke utskilt fra selve bunnekkoevnen. Denne fisken er imidlertid alltid inkludert i bunntålfangstene, og det arbeides med å kombinere fisketetthetsanslag fra de to metodikkene, bunntål og akustikk.
- *Størrelses- og artseleksjon i trålene*  
Trålens effektive fiskebredde og høyde er forskjellig for stor og liten fisk, og varierer fra art til art. For torsk og hyse er det etablert sammenhenger mellom fiskelengde og bunntålfangstens effektive fiskebredde. Det arbeides med å fastlegge tilsvarende sammenhenger for trålens effektive fiskehøyde, og det trengs tilsvarende undersøkelser også for pelagisk trål.

Tabell 6.1.1 Hyse. Antall i millioner i lengde- og aldersgrupper. Akustiske undersøkelser i Barentshavet vinteren 1996.  
Haddock. Numbers in millions by length and age. Acoustic surveys in the Barents Sea winter 1996.

Lengde (Length) (cm)	Alder (Årsklasse)/Age (yearclass)										Sum
	1 (95)	2 (94)	3 (93)	4 (92)	5 (91)	6 (90)	7 (89)	8	9 (87)	10+ (86+)	
10-14	93.9										93.9
15-19	154.9	58.4									213.3
20-24	0.1	154.6	1.8								156.5
25-29		16.1	28.0	2.6							46.7
30-34			12.0	6.1	3.3						21.4
35-39			2.1	8.9	15.1	6.1					32.2
40-44				6.9	29.8	30.5					67.1
45-49				6.5	16.2	62.9	0.2				85.9
50-54					9.4	39.6	4.1				53.1
55-59					2.4	10.1	2.4	0.3			15.1
60-64						0.9	1.2	0.4			2.5
65-69						0.1	0.2	0.1			0.4
70-74								+		+	0.1
75-79										+	+
<b>Sum</b>	248.9	229.1	43.9	31.0	76.2	150.2	8.1	0.8	-	0.1	788.2

## Bunntrålmotodikk

### Prinsipp og målemotodikk

Antallet fisk i hver bunntrålfangst blir omregnet til fisketetthet (antall per flateenhet) ved å dividere på det arealet bunntrålen har fisket over. Ved å ta et stort antall trålstasjoner fordelt i hele utbredelsesområdet til bestanden, får en frem en fordeling av bunntråltetthet tilsvarende fordelingen av ekkotetthet i figur 6.1.1. Arealet som bunntrålen fisker over er avhengig av trålstørrelse, dørspredning, lengden av sveipene, wirelengde (dyp) og distanse, i tillegg til art og størrelse. I løpet av de siste 10-15 år er det utviklet instrumentering som fortløpende overvåker trålen form og "atferd" under trålingen. Ved Havforskningsinstituttet er det også gjennomført målinger som har klarlagt sammenhengen mellom effektiv fiskebredde og fiskestørrelse av torsk og hyse. Disse sammenhengene benyttes i omregningen av fangstene til fisketettheter.

### Historikk

Instituttet startet systematiske bunntråltokt på ungfisk av torsk og hyse i Barentshavet i 1981. Undersøkelsene ble planlagt og gjennomført etter mønster fra tilsvarende amerikanske undersøkelser på østkysten av USA. Allerede etter to-tre år viste det seg at yngel og ungfisk var underrepresentert i fangstene sammenlignet med større og eldre fisk. Det ble derfor startet et forsknings- og utviklingsarbeid i samarbeid med FTFI, som har ført til en rekke forbedringer av motodikken. Resultatene har oppnådd internasjonal anerkjennelse, og etter sammenslutningen med tidligere FTFIs fangstseksjon er Havforskningsinstituttet blitt et kompetansesenter også innenfor slik motodikk. Blant annet har Canada nå tatt i bruk i sine bunntråltokt samme redskaper og motodikk som det Havforskningsinstituttet bruker.

### Status

Metoden anvendes både i Barentshavet og Nordsjøen. Den gir fordelingskart og resultater tilsvarende det som er vist i figur 6.1.1 og tabell 6.1.1. På samme måte som for akustisk mengdemåling, blir beregningen gjennomført for mindre områder og for hver enkelt lengdegruppe av den aktuelle arten.

Det er utarbeidet et kvalitetsikringssystem som spesifiserer trål og trålutstyr og muliggjør kvalitetskontroll av hvert enkelt trålhal. De siste år er det også gjennomført forsøk med avlåsning (strapping) av wirene, slik at dørspredningen holdes konstant uavhengig av wirelengde (dyp).

## Feilkilder og videreutvikling

Forbedret instrumentering for overvåkning av trål og trålgeometri har, sammen med kvalitetssikringssystemet, redusert og til dels eliminert feilkildene knyttet til selve gjennomføringen av trålhalet. Også svært mye av de atferdsbetingete feil er blitt redusert, men fremdeles er motodikken beheftet med en rekke svakheter som skaper usikkerhet i fisketetthetsanslagene. Disse svakhetene er i stor grad knyttet til fiskeatferden i fangstsituasjonen, og hovedspørsmålet er hvordan ulike arter og størrelser reagerer på fartøy og redskap. Et vesentlig spørsmål er:

*Hva er bunntrålen effektive fiskehøyde?*

Trålen har en høyde på ca. fire meter, men den fanger fisk som i uforstyrret tilstand står mye høyere over bunnen, fordi fisken skremmes ned når fartøyet passerer over den. Undersøkelser tyder på at stor torsk som står opptil 100 meter over bunnen blir fanget i bunntrålen, mens fiskehøyden for småfisk er langt mindre. Akustiske observasjoner av vertikale tetthetsprofiler av fisk og tilhørende bunntrålfangster studeres med sikte på å utvikle korreksjonsmotodikk for tetthetsanslagene fra bunntrål.

En annen svakhet som det arbeides med å utbedre/ eventuelt korrigerer for, er unnvikelse av småfisk under trålen.

Det er nylig utviklet et flerposesystem som gir muligheter til å ta opptil tre ulike prøver i ett og samme trålhal. Både for bunntrål og pelagisk trål vil dette gi oss verdifull kunnskap om størrelsesseleksjonens avhengighet av distanse (tauetid), og for pelagisk trål også om arts- og størrelsesfordelingen med dypet.

## Egg- og larveundersøkelser

### Prinsipp og målemotodikk

Prinsippet kan kortfattet skisseres slik: Når en vet hvor mange egg som er gytt og hvor mange egg en hunnfisk gyter, kan en finne ut hvor mange hunnfisk som har gytt. Feltdelen, eller eggtellingsdelen av motodikken, er i hovedsak lik bunntrålmotodikken. Med planktonhåv tas et stort antall håvtrekk fordelt i hele gyteområdet. Fangstene av egg blir omregnet til eggtettheter (antall per flateenhet), og multiplikasjon med tilhørende arealer gir totalt antall egg. Gyteområdet dekkes flere ganger i løpet av gysesongen. Antallet egg på ulike utviklingsstadier telles opp hver gang, slik at en får frem en eggproduksjonskurve,

gyteforløp, som viser antall nygytte egg per tidsenhet. Når disse dataene summeres over hele gytesesongen fås totalt antall gytte egg. Denne metoden brukes for å beregne eggproduksjonen og gytebestanden av både makrell og taggmakrell.

Eggantallet hos et individ av en gitt art er avhengig av størrelsen. Store hunner gyter flere (og større) egg enn små hunner. Sammenhengen er fastlagt, og antall egg per gram hunnfisk er tallfestet. Totalt antall gytte egg, dividert med antall egg per gram hunnfisk, gir sluttelig vekten eller biomassen av gytebestanden av hunnfisk. Prøvetaking viser hvor mye hannfisk og hunnfisk det er i gytebestanden. Vanligvis er dette forholdet nær 1:1.

### **Historikk og status**

Metoden har vært kjent lenge. Den har vært anvendt på makrell siden 1970-årene i et samarbeid mellom en rekke land, inkludert Norge. Den gir fordelingskart over eggteitheter til ulike tidspunkt av gytesesongen, kart som ligner på fordelingskartet i figur 6.1.1. Siden feltarbeidet krever stor fartøy-innsats, blir eggteitheter av makrell gjennomført bare hvert tredje år.

I tillegg til feltinnsatsen har det vært forsket på sammenhengene mellom individstørrelse og -kondisjon, og antall egg hvert individ gyter. Resultatene tyder på at eggantallet som gytes ikke bare er avhengig av størrelsen/vekten av morfisk, men også av kondisjonen. I år med lite tilgang på føde, ser det ut som om fisken utvikler og gyter færre (og mindre) egg enn i år med god fødetilgang. Ja, faktisk tyder resultatene på at i svært "magre" år kan morfisk reversere påbegynt eggutvikling og benytte denne energien til å opprettholde livet. I svært "fekte" år derimot kan det gytes mange flere egg enn normalt.

### **Feilkilder og videreutvikling**

Resultatene er selvsagt avhengige av at gyteområdet og gytetid blir tilstrekkelig dekket. De er også avhengige av at tallet som brukes for antall egg per gram morfisk er riktig. Det arbeides derfor med å tallfeste bedre sammenhengen mellom antall egg og størrelse og kondisjon hos morfisk.

Et annet forhold som er gjenstand for analyser er selve beregningen av totalt antall egg på grunnlag av eggteitheter som varierer svært mye fra lokalitet til lokalitet. Hvordan skal en innrette prøvetakingen - fordelingen av stasjoner - for å få størst mulig

presisjon i anslagene? Dette spørsmålet, som er felles for all direkte mengdemålingsmetodikk, søkes blant annet belyst med simuleringer.

### **Merkeforsøk**

#### **Prinsipp og målemetodikk**

I sin aller enkleste form kan formelverket som benyttes skisseres slik:

$$\frac{\text{Antall fisk i bestanden}}{\text{Antall merkete fisk i bestanden}} = \frac{\text{Antall fisk i fangsten}}{\text{Antall merkete fisk i fangsten}}$$

Dersom en holder rede på antall merker som settes ut, antallet merker som gjenfinnes, og antallet fisk som fanges, kan en ved hjelp av denne formelen regne ut antallet fisk i bestanden.

Forutsetningene er at:

- En vet hvor stor andel av fisken som tar skade og dør av merkingen.
- En vet hvor stor andel av merkene som blir gjenfanget uten å bli rapportert.
- En har merket tilstrekkelig mange fisk til at antallet gjenfunnete merker blir stort nok. Antallet gjenfunnete merker er også selvsagt avhengig av fiskedødeligheten eller beskatningsgraden.
- Den merkete fisken er godt blandet med den umerkede.

### **Historikk og status**

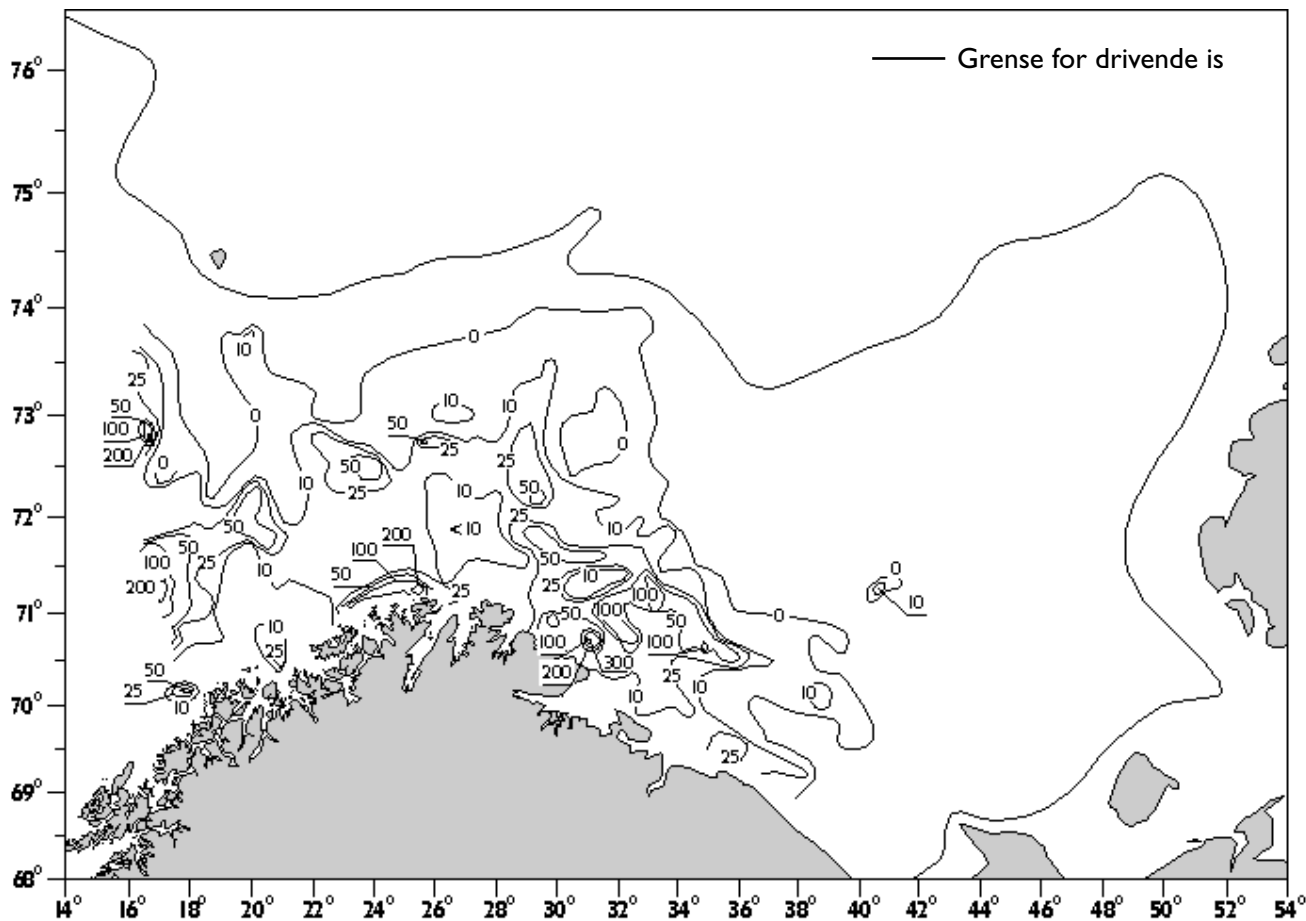
Metoden har vært benyttet svært lenge. Havforskningsinstituttet tok den i bruk i 1950-årene på norsk vårgytende sild og i 1960-årene på makrell. Det ble benyttet innvendige merker som ble "gjenfanget" av magneter i produksjonslinjene på sildolje-/sildemelfabrikkene. Utover i 1970- og 1980-årene ble all sild og etter hvert også makrell levert til konsum. Instituttet utviklet da spesielle merkedetektorsystemer som ble brukt både om bord i fartøyer og på transportlinjene ved konsummottak. I en lang periode i 1970- og 1980-årene, da bestanden av norsk vårgytende sild var på et lavmål, var merkeforsøkene instituttets viktigste datagrunnlag for vurdering av denne bestanden. Veksten i bestanden, og den lave fiskedødeligheten som ble holdt over en årrekke, gjorde resultatene mindre egnet for bestandsvurdering. De siste år er derfor overvåkingen av bestanden i hovedsak tuftet på akustisk metodikk.

### **Feilkilder og videreutvikling**

Feilen som introduseres er avhengig av i hvilken

grad de nevnte forutsetningene er oppfylte. Merke-  
 metodikken har imidlertid tatt en ny vending med  
 de elektroniske eller akustiske merkene som nå

er tatt i bruk ved instituttet. Hensikten med slike  
 merker er ikke mengdemåling, men atferdsstudier,  
 og forsøkene som hittil er gjort er svært lovende.



Figur 6.1.1 Hyse. Fordeling av ekkotetthet vinteren 1996 i Barentshavet.  
 Haddock. Distribution of echodensity winter 1996 in the Barents Sea.