

Akustikk kan gje ny innsikt i kollektiv åtferd

Stiming hos fisk har lenge fasinert forskarar som har studert korleis og kvifor dette skjer. Akustikk har tidlegare vore nytta til å studera stimfenomen, og nye lovande akustikktilnærmingar kombinert med modellering gir betre forhold for slike studiar.

NILS OLAV HANDEGARD | nils.olav.handegard@imr.no

Med hjelp av dei gunstige eigenskapane til lyd som forplantar seg i vatn kan ein oppnå svært høg oppløysing i tid og rom. Akustikk er difor spesielt eigna til å observera finskala fiskefordeling og hurtige endringar i den.

Meir enn fisketeljing

Akustikk har til dømes vore nytta til å observera korleis romleg fordeling av

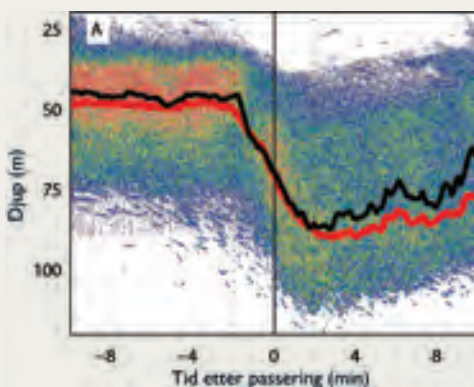
fisk vert påverka av fartøy som nærmar seg. Dette har hjulpet oss til å forstå korleis mengdemåla frå fartøya våre kan vera påverka av fiskeåtferd (figur 1).

Akustikk kan òg nyttast til å estimera åtferd direkte, som til dømes i kva fart og retning fisken sym. Ein lydimpuls vert sendt ut i vatnet og måler posisjonen til ekkoet som vert reflektert. Ved å kopla saman posisjonar mellom fleire pulsar kan ein

rekna ut symjebanen til fisken (figur 2). Dette fungerer fint dersom det berre er éin fisk i lydstrålen på ein gitt avstand. Dersom vi ser på eit tett lag, slik som i figur 1, fungerer ikkje denne teknikken. I slike tilfelle kan vi senda ekkoloddet inn i stimen for å løysa opp enkeltfisk (figur 2). Ved korte avstandar er strålen smal og det er færre fisk i observasjonsvolumet. Dermed er sjansen for å observera ein-skildfisk større. Slik kan vi ikkje berre studera fisken si naturlege symjeåtferd, men også studera endring i ekkostyrken langs banen til fisken. Denne endringa kan vi nytta til å estimera haleslagsfrekvensen og andre eigenskapar som er viktige for å forstå fisken sitt åtferdsmønster.

Kven bestemmer i stimen?

Mange dyr lever i grupper, og slike grupper organiserer seg på mange ulike måtar. Grupper er ofte hierarkisk organiserte, der nokre individ styrer åtferda til andre. Dette er vanleg for mange artar og spesielt i flokkar med få individ.



Figur 1. Fordeling av fisk observert av eit ekkolodd som er plassert på botnen og som "ser" oppover. Ekkogrammet viser endringa i vertikalfordeling av fisk når eit fartøy passerer over ekkoloddet, og i dette tilfellet er reaksjonen kraftig der fisken rører om lag 30 meter nedover mot botn.

Dei fleste som har sett dynamikken i fiskestimmar vil undra seg over korleis flokken greier å organisera seg. Sidan flokken er så stor og dynamikken så kraftig, er hypotesen at det ikkje er eit hierarki som dominerer åtferda i stimane.

Allereie på 1920-talet kom dei første hypotesane om korleis stiming hjå fisk fungerer. I 1927 skreiv Albert Eide Parr om teoretiske (mekanistiske) modellar for stimåtferd. Desse hypotesane vart vidareutvikla og seinare støtta av simuleringmodellar der ein prøver å gjenskapa dynamikken til fiskestimmar gjennom data-simuleringar. Slike simuleringar nyttar svært enkle reglar på individnivå og greier å skapa tilsynelatande svært realistisk stimåtferd på gruppenivå.

Handlar om å overleva

Denne tilnærminga til å studera åtferd er mekanistisk, som betyr at ein er oppteken av korleis stimane fungerer som større einingar. Dette har fasinert og inspirert mange fagfolk, spesielt innan fysikk og matematikk. Innan biologien er ein ofte meir oppteken av dei ultimate forklaringsmodellane – eller kvifor det er slik – og då ofte innan eit evolusjonært perspektiv. Kva er det som har ført til slike åtferdsreaksjonar?

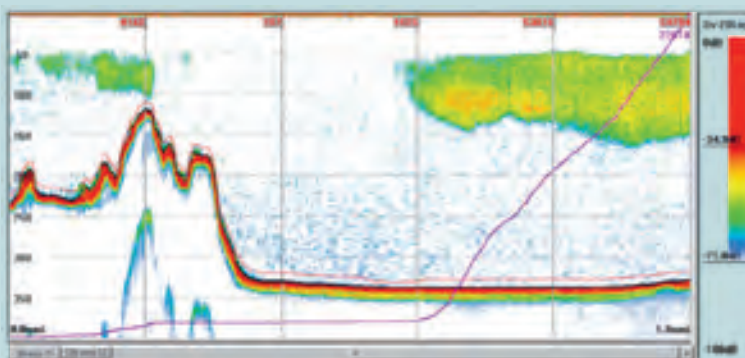
Det er vanleg å sjå det som ein fordel å vera mange i ei gruppe, men i havet kan store predatorar beita ned heile stimar. Å oppsøkje større stimar for å fordela risikoen på fleire individ er ikkje nødvendigvis ein god strategi i slike tilfelle. Ein meiner at stimåtferd er ein respons til dette, og det har vore peika på korleis byttedyra gjennom stiming kan forvirra predatorar slik at dei aukar sjansen for å

FAKTA

Akustikkhistorikk

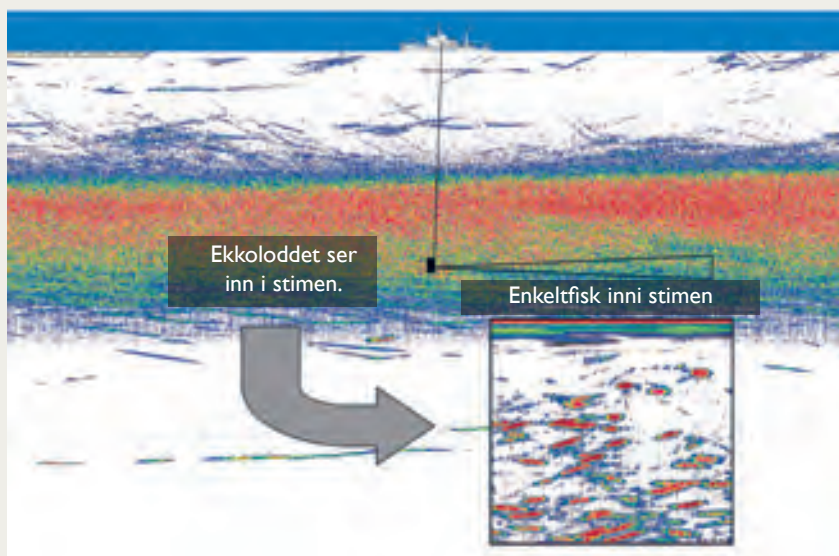
Vi har lenge visst at lyd går fort og langt i vatn. Leonardo da Vinci skreiv i 1490 at dersom ein lyttar under vatn, kan ein høyra båtar på svært lang avstand. Utviklinga av undervassteknologi som utnyttar eigenskapane til lyd skaut fart etter Titanic-forliset, som tydeleg demonstrerte behovet for å oppdaga hindringar i tide. Mot slutten av 1920-talet vart det utvikla system både for å kunna oppdaga ubåtar og for navigering.

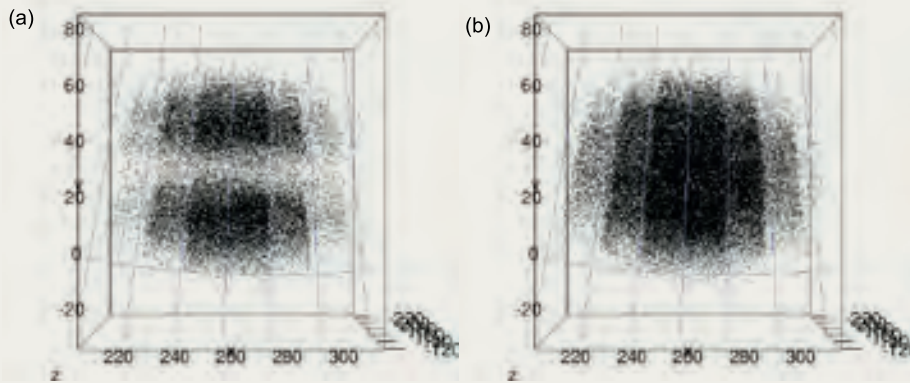
Ved bruk av desse systema såg ein ofte støy i vassøyla. Støyen viste seg å vera refleksjonar frå fisk, og tidleg på 1930-talet vart dette teke i bruk av innovative fiskarar til å lokalisera fisken. I 1935 publiserte Oscar Sund den første vitskaplege publikasjonen om fiskeriakustikk i det prestisjetunge tidskriftet Nature. Heilt sidan Sund sin artikkel og fram til dagens metodikk for mengdemåling av fiskebestandar har Havforskningsinstituttet vore aktiv med i utviklinga av fiskeriakustikken, ikkje minst gjennom eit produktivt samarbeid med den leiande teknologileverandøren Simrad.



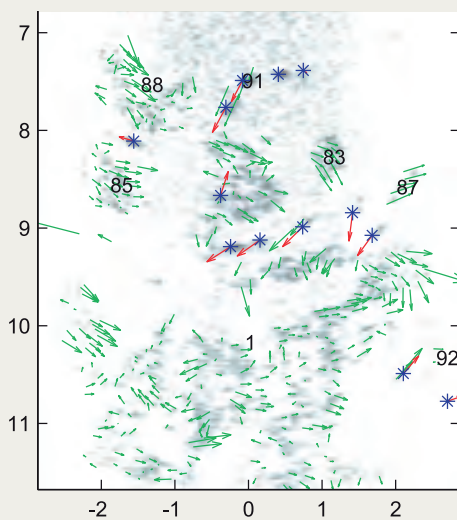
Eit typisk "ekkoqram", som er den vanlege måten å presentera ekkoloddata. Langs den horisontale aksen har ein tid, og dersom båten køyrer med konstant retning og fart, er dette det same som avstand. Langs den vertikale aksen har vi djupn. Den kraftige linja nedst er botnen, og dei kraftige registreringane over botnen er fisk. Det er mogeleg å rekna ut den totale reflekterte lydenergien, og det kan nyttast som eit mål på mengde fisk dersom dei akustiske eigenskapane til arten er kjent.

Figur 2. Bakgrunnsbiletet viser fordeling av sild sett frå fartøyet. Det vesle ekkogrammet viser kva vi ser dersom vi sender eit ekkolodd inn i stimen.





Figur 3. Bilete av to simulerte stimar der stimtettleiken er lik og der fiskane er jamt fordelt i stimen. (a) Ein simulert stim der orienteringa av fisken midt i biletet er mot fartøyet. Dette gjev eit svakare ekko enn begge endane av stimen, og ser ut som eit band med lågare tettleik midt i stimen. (b) Ein simulert stim der orienteringa til fisken er lik gjennom heile stimen. Desse døma viser at åtferda til fisken i stimen påverkar sonarbileta i stor grad, og at dette er viktig å ta med seg i tolkinga av akustikkdata frå sonar.



Figur 4. Grøne piler viser flyten av stimfisk i tette konsentrasjonar ved hjelp av ein teknikk som er basert på korleis den lokale strukturen i biletet flyttar seg. Aksane på figuren er meter i begge retningar. Dersom det er fisk i ein gitt posisjon, gjev dette eit mål på fart og retning til dei individa. Dei blå stjernene er predatorar som beitast på stimfisk. Dette systemet kan nyttast til å studera stimresponsen til naturlege predatorar i feltforsøk.

overleva. Denne prosessen vil over tid forsterka seg dersom sjansen for å overleva aukar. Forskarar har mangla gode verktøy for å studera og måla stimfenomen, men nye, lovande akustikkbaserte tilnærmingar kombinert med modellering gir forbetra høve til slike studiar.

Akustikk og åtferdsmodellar

Ei stor utfordring er korleis ein kan skaffa data for å testa dei mekanistiske modellane, og støtte til å diskutera dei ultimate forklaringsmodellane. For å testa dei mekanistiske modellane kan ein relativt enkelt få data frå små grupper i lab og kar, men utfordringa er å skalera dette opp til større grupper, og aller helst til felt. For fugleflokkar er det utvikla kamerateknikk for å observera farten til enkeltfuglar i store flokkar, men i vatn er dette vanskeleg grunna den korte rekkevidda til lys under vatn.

Sonar har vore nytta til å observera dei ”emergente” eigenskapane til fiskestimar, dvs. form og respons til stimar på gruppenivå. Dette er konsekvensen, eller summen, av reaksjonen til mange enkeltindivid. Utfordringa er at ulike typar av åtferd kan gje lik respons, og det er difor vanskeleg å finna ut kva mekanismen var i utgangspunktet. Eit verktøy som kan hjelpa her er simulering. Vi kan simulera ein stim av fisk, nytta ein modell som ”oversett” åtferda til eit akustisk signal (figur 3), og så kan vi undersøkje det simulerte akustiske signalet om det er råd å sjå skilnaden på to ulike mekanistiske åtferdsreglar.

For å sjå på åtferd til enkeltindivid treng vi andre verktøy. Ekkolodd, som vist i figur 2, kan observera åtferd til enkeltindivid i relativt tette stimar, men vert tettleiken for stor bryt metoden saman. Sonar med svært høg frekvens (>1 MHz)

gjev oss biletekvensar som liknar i stor grad på vanleg video, og sjølv om det er vanskeleg å følgja enkeltfisk over tid kan vi estimera fart og retning til eit individ lokalisert inne i eit lite område (figur 4). Dette kan nyttast til å testa stimmodellar på individnivå, og saman med observasjonar på gruppenivå har vi eit kraftig verktøy til å studera stimåtfærd for fisk på fleire skalaer.

CollPen skal gje svar

Forskningsrådet har finansiert eit 3-årig prosjekt på bruk av akustikk til å observera kollektiv åtferdsrespons hos sild, med spesielt fokus på respons til lydstimuli. Planen er å bruka resultat frå laboratorieforsøk som vert etterprøvde i merd der vi kan nytta akustikk til å observera åtferda. Det neste steget er å vurdere om vi kan få dette til i fisken sitt naturlege element.

Det er mange spørsmål som er aktuelle i eit slikt oppsett. Er det slik at byttedyr kan justera fluktresponsen avhengig av kva type predator stimuli vert relatert til? Er det slik at dei mekanistiske ”reglane” for korleis stimen fungerer er avhengig av predasjon? Kan reglane justerast i høve til kva type predator det er? Dersom sild har tilpassa seg livet til ein type predator og det skjer ei endring i fordeling mellom predatorar, korleis vil dette kunne påverke tilhøvet mellom artane? Kva rolle har den kollektive responsen i eit slikt tilfelle?

Spørsmåla er mange og spennande, og kan henda kan metodikk utvikla på Havforskningsinstituttet gje svar. Med oss i dette arbeidet har vi dei leiande miljøa, både nasjonalt og internasjonalt for å etablere ny, grunnleggjande forståing av økosystema og deira ressursar.